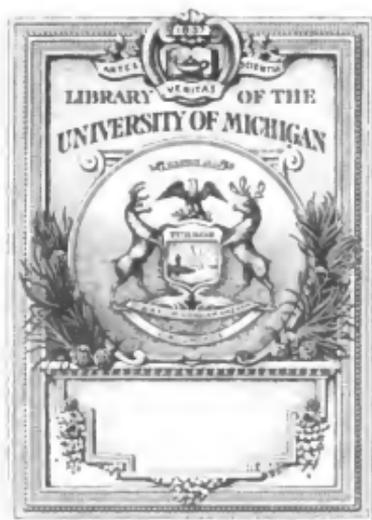


SCHWARZE  
Die Technik  
im Weltkriege

B 363517 100%





D  
639  
.M2  
S39

30-

# Die Technik im Weltkriege

Unter Mitwirkung  
von 45 technischen und militärischen  
fachwissenschaftlichen Mitarbeitern

herausgegeben von

<sup>o4</sup>  
**M. Schwarte**, 17,60-  
Generalleutnant z. D.



Mit vielen Skizzen im Text und 141 Abbildungen auf Tafeln

---

Berlin 1920 / Ernst Siegfried Mittler und Sohn

---

Alle Rechte aus dem Gesetze vom 19. Juni 1901  
sowie das Übersetzungsrecht sind vorbehalten.  
Copyright 1920 by E.S.Mittler&Sohn, Berlin.

---

ND

Refer. St.  
Moorthamer  
12-11-25  
11831

## Vorwort.

Der Gedanke zur „Technik im Weltkriege“ entstand zu einer Zeit, als der Ausgang des furchtbaren Ringens für uns noch günstig zu werden schien. Ein Hohes Lied sollte das Buch werden der deutschen Technik, der gewaltigen Erfolge des Arbeitsheeres der Heimat, das — ebenbürtig dem Heldentum des Kampsheeres der Front — diesem unter den schwierigsten Verhältnissen opferungsvoll die Waffen zum Kämpfen und Siegen schuf.

Es kam anders, als wir damals hoffen durften. Der Kampfwille und die Kampffreudigkeit, der Arbeitswille und die Arbeitslust des Volkes schwanden, und mit ihnen der Sieg. Die Frage lag nahe, ob ein Heldenlied der Arbeit jetzt noch einen Zweck in sich trüge. Aber gerade die aus den Gefechnissen geborene Erkenntnis, daß der entsetzliche Niedergang und der furchtbare Zusammenbruch der inneren Kraft des Volkes auch alles zu verschlingen und zu vernichten drohte, was ihm bis dahin Macht und Stärke, Glanz und Ehre, gewaltige Leistungen und unerhörte Erfolge gebracht hatte, alles, was ihm das jahrelange Aushalten im Kampfe gegen die ganze Welt überhaupt ermöglicht hatte — gerade diese Erkenntnis brachte den Plan des Buches zur Reife. Jetzt mußte erst recht Sorge getragen werden, daß die Erinnerung an die Siege der Frontheere, nicht minder aber auch an die machtvollen Leistungen der Heimatkämpfer lebendig bliebe als ein hoffnungsvolles Licht, an dem sich die Ohnmacht des zerrissenen, todmüden, schwerkranken, kraftlosen Volkes wieder zur Kraft emporrichten könne aus der heutigen Finsternis.

Nicht durfte man den Plan fallen lassen — jetzt drängte die Not des Volkes zu seiner Ausführung! Die Richtigkeit dieser Erkenntnis zeigte sich sofort in der Zustimmung, mit der die obersten militärischen Behörden, vor allem das Kriegsministerium und das Reichsmarineamt, den Plan begrüßten, und in der Förderung, die sie ihm in jeder Hinsicht — vor allem durch die Ramhaftmachung sachkundiger Mitarbeiter — zuteil werden ließen.

Gleiche Zustimmung und gleiche Unterstützung wandten die großen industriellen Werke dem Buche zu, die während des Weltkrieges in hervorragendem Maße an den Leistungen und Erfolgen der deutschen Technik mitgewirkt haben.

Ihnen allen, den Behörden und den Werken, vor allem aber auch den Mitarbeitern, sei an dieser Stelle herzlichst gedankt für das warme,

nie ermüdende Interesse, das sie dem Werke entgegentrug, dem sie ihr Wissen und Können widmeten.

Wärmster Dank sei aber auch dem Verlage ausgesprochen, von dem der Gedanke des Buches ausging und dem es gelang, das Werk in einer vornehmen, unter den heutigen Verhältnissen schwer zu erreichenden Ausstattung erscheinen zu lassen.

Der ganzen Fülle des während des Krieges Erdachten und Geschaffenen bis in alle Einzelheiten gerecht zu werden, ist heute noch nicht möglich. Auch auf Vollständigkeit kann das Buch keinen Anspruch machen. Das muß einer späteren Zukunft vorbehalten bleiben. Nur ein umfassendes Bild in großen Zügen kann das Buch bringen — aber auch das wird genügen, um das deutsche Volk in tiefster Erschütterung aufblicken zu lassen zu den ungeheuren Taten und Werten der Arbeit, die es zu vollbringen vermochte.

So möge das Buch hinausgehen in dem Sinne, in dem es ursprünglich gedacht war: als ein Triumphlied der aus dem deutschen Volke geborenen, in dieser gewaltigen Größe nie erwarteten körperlichen und geistigen Arbeitsenergie. Aber es gehe auch hinaus in dem Sinne, der allein ihm heute Daseinsberechtigung gibt: daß es in dieser Zeit der Zerstörung und Vernichtung aller Werte und Kräfte den Mut und die Seele durch die Erinnerung an das bisher Geseiftete stärke für die Notwendigkeit nie ermüdender, zielvoller Arbeit, aber auch für die Gewißheit des Erringens gleich großer und größerer zukünftiger Erfolge.

Charlottenburg, im Februar 1920.

**M. Schwarte.**

# Inhaltsverzeichnis.

Seite

**Vorwort** . . . . . 111

**Einführung: Deutsche Wehrmacht und Weltkrieg.** Von Generalleutnant **J. D. Schwarte**, Berlin-Charlottenburg . . . . . 1

## A. Landkrieg.

**I. Infanterie-Fernkampfswaffen** . . . . . 15

a. Die militärischen Grundlagen. Von Generalleutnant **J. D. Schwarte** . 15

b. Die technische Ausführung. Von Major o. D. **Kopf**, Ehlingen (Württemberg) und Hauptmann **Schmidt** (fr. Gewehr-Prüfungskommission), Spandau . . . . . 19

Hand- und Faustfeuerwaffen 19. — Maschinengewehre 23. — Die Munition 33.

**II. Infanterie-Nahkampfswaffen** . . . . . 37

a. Die militärischen Grundlagen. Von Generalleutnant **J. D. Schwarte** . 37

b. Die technische Ausführung. Von Dipl.-Ingenieur **Rumpff** (Rheinische Metallwaren- und Maschinenfabrik), Düsseldorf . . . . . 42

Die Handgranate 42. — Die Wehrgranate 45. — Der Granatwerfer 46. — Die Minenwerfer 47.

**III. Geschütze nebst Munition** . . . . . 60

a. Die militärischen Grundlagen. Von Generalleutnant **J. D. Schwarte** . 60

b. Die technische Ausführung. Von Professor Dr. **W. Schwinnning** (fr. Militärtechnische Akademie, jetzt Technische Hochschule), Dresden . . . . . 66

Die rüstungstechnischen Aufgaben der deutschen Industrie 71. — Neuanweisungen von Geschützen und Munition 72. — Die Herstellung des Massenbedarfs an Geschützen und Munition 81. — Erfahrungswerte 90.

**IV. Pulver und Sprengstoffe.** Von Professor Dr. **O. Poppenberg** (Militärtechnische Akademie), Berlin-Charlottenburg . . . . . 92

Organische Rohstoffe 94. — Pulver 97. — Sprengstoffe 106.

**V. Optische Hilfsmittel** . . . . . 114

a. Die militärischen Grundlagen. Von Hauptmann a. D. **Celaueber** (Carl Zeiss), Jena . . . . . 114

Beobachterfernrohre 114. — Richtmittel 115. — Entfernungsmesser 116. — Scheinwerfer und Signalgeräte 116. — Photographie 117.

b. Die technische Ausführung. Von Dr. **H. König** (Carl Zeiss), Jena . . 119

Beobachterfernrohre 119. — Richtmittel 121. — Kammandogeräte für Flottilien 123. — Entfernungsmesser 126. — Scheinwerfer und Signalgeräte 132. — Photographie 134.

**VI. Pionier- und Ingenieurkampfmittel.** Von Oberstleutnant **Jöhlein** (Abwärtungsstelle IV. Armee-Korps), Magdeburg . . . . . 137

a. Die militärischen Grundlagen . . . . . 137

	Seite
b. Die technische Ausführung . . . . .	141
Kampfmittel der Pianiertechnik im einzelnen 142. — Minen- krieg 152. — Straßen- und Brückenbau 158. — Schluß 159.	
<b>VII. Luftstampf- und Aufklärungsmittel . . . . .</b>	<b>160</b>
a. Die militärischen Grundlagen. Von Generalleutnant <b>J. D. Schwart</b> .	160
b. Die technische Ausführung . . . . .	169
1. Luftschiffe und Feldluftschiffergerät. Von Hauptmann <b>Wülffens</b> (Inspktion der Luftschiffertruppen), Charlottenburg . . . . .	169
Die Luftschiffe 169. — Das Feldluftschiffergerät 171.	
2. Flugzeuge und Luftstampfwaffen. Von Hauptmann <b>a. D. v. Butflar</b> (fr. Flugzeugmeisterei), Elberberg bei Kassel . . . . .	181
Flugmotoren. Von Diplom-Ingenieur <b>Schwager</b> (Flugzeug- meisterei), Charlottenburg . . . . .	189
Ausstattung. Von Hauptmann <b>a. D. v. Butflar</b> . . . . .	193
3. Der militärische Wertedienst. Von Dr. <b>Kaeyer</b> (Inspktion der Luft- schiffertruppen) Berlin-Charlottenburg . . . . .	194
4. Flugabwehr. Von Major <b>a. D. Kellner</b> (fr. Artillerie-Prüfungs- kommission), Bremen . . . . .	201
<b>VIII. Kampffahrzeuge.</b> Von Hauptmann <b>Fries</b> (Verkehrstechnische Prüfungs- kommission), Berlin-Schöneberg . . . . .	<b>204</b>
1. Straßenpanzerwagen . . . . .	204
a. Die militärischen Grundlagen . . . . .	204
b. Die technische Ausführung . . . . .	205
2. Geländepanzerwagen (Lants) . . . . .	207
a. Die militärischen Grundlagen . . . . .	207
b. Die technische Ausführung . . . . .	211
<b>IX. Verkehrsmittel . . . . .</b>	<b>219</b>
a. Die militärischen Grundlagen. Von Hauptmann <b>a. D. Wegner</b> (fr. im Pr. Kriegsministerium), Weimar . . . . .	219
b. Die technische Ausführung . . . . .	224
1. Eisenbahnen und Wasserstraßen. Von Hauptmann <b>Wegner</b> . . . . .	224
2. Kraftfahrwesen. Von Hauptmann <b>Fries</b> . . . . .	235
Brennstoffe und Vergaser 240. — Schmieröle 241. — Be- reifung 241. — Die Vereinheitlichung im Kraftfahrzeugbau 243.	
<b>X. Das Nachrichtenwesen . . . . .</b>	<b>245</b>
a. Die militärischen Grundlagen. Von Major <b>a. D. Ammon</b> (fr. Nach- richten-Kommandeur der A. K. a. Scheffer), Berlin-Tempelhof . . . . .	245
b. Die technische Ausführung . . . . .	248
1. Fernsprecher und Fernschreiber. Von Major <b>Ammon</b> . . . . .	248
2. Leucht-Nachrichtsmittel. Von Major <b>Ammon</b> . . . . .	261
3. Drahtlose Telegraphie. Von Ingenieur <b>O. Natz</b> (Befehlshaber für Drahtlose Telegraphie), Berlin . . . . .	262

	Seite
<b>XI. Gasampf- und Gasabwehrmittel</b> . . . . .	272
a. Die militärischen Grundlagen. Von Hauptmann <b>Geyer</b> (fr. im Generallstab), Berlin-Wilmersdorf . . . . .	272
Das Gasverfahren 273. — Gasminen und Gaswerfer 275. — Das Gaschießen der Artillerie 276.	
b. Die technische Ausführung . . . . .	278
1. Die Gasampfmittel. Von Professor <b>J. P. Kerstbaum</b> (Kaiser-Wilhelm-Institut), Berlin-Wilmersdorf . . . . .	278
2. Die Gasabwehrmittel. Von Dr. <b>H. Pils</b> (Kaiser-Wilhelm-Institut), Berlin . . . . .	293
<b>XII. Kriegsgeologie</b> . . . . .	305
a. Die militärischen Grundlagen. Von Oberstleutnant <b>J. D. Boelde</b> (fr. Chef des Kriegsvermessungswesens), Freiburg i. B.-Littenweiler . . . . .	305
b. Die technische Ausführung. Von Professor Dr. <b>H. Pöhlipp</b> (Uniaersität), Greifswald . . . . .	307
<b>XIII. Die Technik in der Etappe.</b> Von General der Infanterie <b>J. D. Schroeter</b> (fr. Armeewbtig. C), Schweidnitz . . . . .	315
a. Die militärischen Grundlagen . . . . .	315
b. Die technische Ausführung . . . . .	317

## B. Seekrieg.

<b>I. Kriegsschiffbau und Ausrüstung</b> . . . . .	327
a. Die militärischen Grundlagen. Von Regattenkapitän a. D. <b>Scheibe</b> (fr. Reichs-Marine-Amt), Berlin-Wilmersdorf . . . . .	327
Schiffsgattung und Schiffstyp 327. — Der Stand der Entwicklung zu Kriegsbeginn 327. — Die Entwicklung während des Krieges 329.	
b. Die technische Ausführung. Von Marine-Baumeister <b>Behhold</b> (fr. Reichs-Marine-Amt), Berlin-Groß-Lichterfelde . . . . .	331
<b>II. Torpedoboote, Schnell- und Fernlenkboote</b> . . . . .	347
a. Die militärischen Grundlagen. Von Kapitänleutnant <b>Paul</b> (fr. 2. Torpedoboote-Halbflottille), Kiel . . . . .	347
Torpedoboote 347. — Motortorpedo- und Fernlenkboote 350. — Artilleriewaffe 351. — Torpedowaffe 353.	
b. Die technische Ausführung. Von Marine-Baumeister <b>Kertcher</b> (Inspektion des Torpedowesens), Kiel . . . . .	355
Torpedoboote 355. — Schnell- und Fernlenkboote 368.	
<b>III. Schiffsmaschinenanlagen.</b> (Schiffskessel, Maschinen, Propeller, Hilfsmaschinen und Apparate.) . . . . .	369
a. Die militärischen Grundlagen. Von Marine-Oberhefingenieur <b>Cemte</b> (Marine-Stolten der Ostsee), Kiel . . . . .	369
b. Die technische Ausführung. Von Marinebaurat <b>W. Caudahn</b> (fr. Reichs-Marine-Amt), Berlin . . . . .	372
Maschinenanlagen für Kriegsschiffe und Torpedoboote 372. — Maschinenanlagen für Schnell- und Fernlenkboote 389.	

	Seite
<b>IV. Unterseeboote</b> . . . . .	391
a. Die militärischen Grundlagen. Von Korvettenkapitän <b>Bartenbach</b> (fr. Reichs-Marine-Amt), Berlin . . . . .	391
Stand des U-Bootsbaues bei Kriegsbeginn 391. — U-Bootsbau im Kriege 392. — Ausrüstung der U-Boote 395. — U-Bootsabwehr 396.	
b. Die technische Ausführung. Von Marine-Baurat Dr.-Ing. <b>Werner</b> (fr. Inspektion des Unterseebootsbauwesens), Kiel . . . . .	397
Stand vor dem Kriege 397. — Entwicklung im Kriege 403.	
<b>V. Schiffs- und Küstengeschütze; schwerstes Flachfeuer an der Westfront.</b> Von Korvettenkapitän <b>Kinzel</b> (fr. Reichs-Marine-Amt), Berlin-Südende . . . . .	424
a. Die militärischen Grundlagen . . . . .	424
b. Die technische Ausführung . . . . .	427
Artillerie an Bord 428. — Artillerie an der Küste 436. — Schiffsartillerie an der Landfront 437.	
<b>VI. Torpedos und Minen, Suchgerät.</b> Von Korvettenkapitän a. D. <b>Hinckmann</b> (fr. im Reichs-Marine-Amt), Bremen . . . . .	444
a. Die militärischen Grundlagen . . . . .	444
b. Die technische Ausführung . . . . .	448
Torpedos 448. — Minen und Minensuchgerät 453.	
<b>VII. Signal- und Fernsignalwesen.</b> Von Korvettenkapitän <b>Bindfell</b> (fr. Reichs-Marine-Amt), Berlin . . . . .	458
<b>VIII. Marine-Luftfahrt</b> . . . . .	471
a. Die militärischen Grundlagen. Von Korvettenkapitän <b>Bindfell</b> . . . . .	471
b. Die technische Ausführung. Von Marine-Baurat <b>Engberding</b> (fr. Reichs-Marine-Amt), Berlin . . . . .	478
Luftschiffe 478. — Seeflugzeuge 486.	
<b>IX. Kriegsschiff-, Luftschiff-, Seeflugzeughäfen, Werften, Dockanlagen</b> . . . . .	489
a. Die militärischen Grundlagen. Von Korvettenkapitän a. D. <b>Hinckmann</b> . . . . .	489
b. Die technische Ausführung. Von Marine-Baurat <b>Baß</b> (fr. Reichs-Marine-Amt), Berlin-Südende . . . . .	491

## C. Technik in der Heimat.

<b>I. Technische Erzeugnisse der Lebensmittelgewerbe.</b> Von Regierungsrat Dr. <b>Friedrich Kaerbach</b> (Reichsgesundheitsamt), Berlin-Wilmersdorf . . . . .	502
<b>II. Technik in der Metallwirtschaft.</b> Von Oberingenieur <b>Richard Tröger</b> (fr. Kriegsmetall-Aktien-Gesellschaft), Berlin-Zehlendorf . . . . .	514
Vor dem Kriege 514. — Aufbau der Kriegswirtschaft 515. — Ausgleich zwischen Zu- und Abgang 519. — Zusammenfassung 524.	

	Seite
<b>III. Textil-, Leder- und Kautschukerfabrikation . . . . .</b>	525
1. Textil- und Leder-Erzeugnisse. Von Dr.-Ing. Hermann Witt (fr. Artillerie- Berkstätten), Dresden-Hellerau . . . . .	525
Allgemeines 525. — Das Papiergarn und seine Veredelungen 526. — Zeulstoffgarne nach dem Rast- und dem Trodenplannoerfahren 528. — Die wichtigsten Erzeugnisse 529. — Ledererzeugnisse 530. — Schluß- bemerkungen 532.	
2. Kautschuk und Kautschukerzeugnisse. Von Dr. G. H. Hiltner, Berlin- Charlottenburg . . . . .	533
<b>IV. Die Stickstoffgewinnung im Kriege.</b> Von Geh. Regierungsrat, Prof. Dr. phil. Dr. ing. h. c. Nikolam Caro (Reichsstickstoffwerke Bielefeld), Berlin-Charlottenburg . . . . .	537
<b>V. Die Umstellung der Friedens- in Kriegsindustrie.</b> Von Diplom- Ingenieur R. J. Steinmetz (Fried. Krupp A. G.), Essen . . . . .	552
<b>VI. Technische Errungenschaften im Sanitätswesen . . . . .</b>	571
1. Arznei- und Verbandmittel, ärztliche Geräte usw. Von Generalober- arzt v. Tschold (fr. Hauptsanitätsdepot), Berlin-Charlottenburg . . . . .	571
Chemische Mittel, Arzneimittel 572. — Ärztliche, zahnärztliche Geräte 575 — Verbandmittel und deren Erzeugnisse 579. — Sanitäts- behälter, Sanitätswagen 581. — Krankenbeförderungsmittel 582. — Gaschutzgeräte 584.	
2. Sanierungsanstalten. Von Oberstabsarzt a. D. Prof. Dr. H. Heflich (fr. San. Departement des Kriegsministeriums), Berlin-Wilmersdorf . . . . .	586
3. Künstliche Glieder usw. Von Dr. R. Kadife (Prüfungsstelle für Erzeug- nisse), Berlin-Charlottenburg . . . . .	591
Arme 592. — Beine 594. — Stützapparate 596. — Erzeugnisse 596. — Normalisierung 597. — Leistungsfähigkeit der Amputierten mit den Erzeugnissen 597.	
<b>Schlußwort . . . . .</b>	598
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	600
<b>24 Bildertafeln am Schluß des Buches.</b>	

### Verzeichnis der Bildertafeln.

Bewehre und Maschinengewehre . . . . .	Tafel 1, 2
Minenwerfer . . . . .	" 3
Geschütze . . . . .	" 4
Optische Hilfsmittel . . . . .	" 5 bis 8
Luftkampf- und Aufklärungsmittel . . . . .	" 9 bis 11
Verkehrsmittel . . . . .	" 12, 13

---

Dampffahrzeuge . . . . .	Tafel 13, 14
Nachrichtenmittel . . . . .	" 15, 16
Kriegsschiffe . . . . .	" 17
Torpedoboote . . . . .	" 18
Schiffsbeschädigungen . . . . .	" 19
Schiffsmaschinen . . . . .	" 19
Unterseeboote . . . . .	" 20
Schiffsgeschütze . . . . .	" 21
Marine-Luftschiffe . . . . .	" 21, 22
Marine-Flugzeuge . . . . .	" 22, 23
Kriegsschiff-, Luftschiff-Häfen . . . . .	" 23
Erfahrungslieber . . . . .	" 24

---

---

---

# Einleitung.

---

## Deutsche Wehrmacht und Weltkrieg.

Von Generalleutnant z. D. Schwarte.

**K**riege sind Naturereignisse — Naturereignisse gewaltigster Art. Von anderen Naturereignissen unterscheiden sie sich vor allem dadurch, daß diesen die Menschheit in der Regel nur duldend und vergebend gegenübersteht, während sie im Kriege selbst als die eigentlich handelnde Urkraft zerstörend und sich selbst vernichtend auftritt. Mit den physikalischen oder meteorologischen Naturphänomenen haben sie aber eins gemein: daß jedes einzelne seine charakteristische Eigenart hat, daß sie bei unendlich vielen Ähnlichkeiten doch niemals die völlig gleichen Gestaltungen, nie dieselben Erscheinungsformen zeigen, sondern bei aller Ähnlichkeit im großen außerordentlich starke Verschiedenheiten im einzelnen, im Entstehen, im Verlauf und im Abschluß aufweisen.

Zahlreich sind die Momente, die dem zum Abschluß gekommenen Weltkriege eigenartige Erscheinungsformen aufprägten: das Aufgehen der in den Krieg verwickelten Völker bis zu den letzten kampfs- und arbeitsfähigen Individuen, unabhängig von Alter und Geschlecht, durch die Einführung und restlose Durchführung der allgemeinen Wehrpflicht auch in den ihr bisher aufs äußerste widerstrebenden Staaten und den mehr oder minder starken staatlichen Zwang zur Arbeit im Dienste des Krieges; die wirtschaftspolitische Ursache und die völlige Durchdringung des furchtbaren Ringens mit diesen Problemen an Stelle der religiösen, dynastischen, nationalistischen oder staatspolitischen Ursachen früherer Zeiten; die gegen früher unerhört großen Verhältnisse der Kampfführung nach Massen, Raum und Zeit und die starke Teilnahme nicht-arischer, halb- oder unzivilisierter Völker an dem Kampf hochstehender Kulturstaaten; die zielbewußte Beiseiteschiebung und brutale Außerkräftsetzung aller zur Einschränkung der Kriegsschrecken gemeinsam aufgestellten völkerrechtlichen Bindungen und die daraus entstehende zynische, grausame Ausdehnung der erbarmungslosen Vernichtung durch den Hunger, über die Kampfkräfte hinaus, auf das ganze Volk, einschließlic der Frauen, Greise und Kinder; die Vergewaltigung der öffentlichen Meinung vermöge einer jeden Bedenkens

baren Verwendung der Lüge in Wort, Schrift und Bild; und endlich die bis dahin unerhörte Einstellung aller sich zu Kriegszwecken nur irgendwie eignenden Hilfsmittel der Industrie und der Technik in den Dienst des Kampfes.

Daß die von der Technik geschaffenen Hilfsmittel nach dem Grade ihrer Entwicklung der Kriegsführung zur Verfügung gestellt wurden, ist natürlich auch früher geschehen und entspringt dem Zwang der Not. Daß sich aber geniale Erfindungsgabe, höchste Willensenergie und bis zum äußersten gesteigerter Arbeitswille aller personellen und mechanischen Kräfte restlos in den einen einzigen Gedanken der Vernichtung stellen konnten, das hatte man bisher nicht erlebt. Selbst in den größten Kriegen hatte das staatliche und völkische, das wirtschaftliche und kulturelle Leben, wenn auch eingeschränkt, seinen Fortgang genommen. Dieses völlige Aufgehen aller Lebensäußerungen in den einzigen Dienst des Krieges, das anfänglich wohl nur in den Gedanken Weniger bewußt lebendig war, zwang sich den Völkern allmählich, aber unentrinnbar auf durch die klare Erkenntnis, daß es sich bei diesem Kampf um Sein oder Nichtsein, um die Daseinsberechtigung und die weltpolitische Stellung im Kreise der Nationen auf viele Jahrzehnte hinaus handelte.

Daß die Äußerungen dieser Kraftfaktoren schließlich die staats- und sozialpolitische Weltanschauung ganzer Völker und Staaten umgestalten würden, das hat überhaupt niemand voraussehen können; sie ist in dieser umstürzenden Form erst durch den Verlauf, die äußeren Erscheinungen und inneren Entwicklungen des Krieges möglich geworden.

Zum erstenmal vielleicht wieder seit der Wandlung, die die Einführung des Schießpulvers in die Kriegsführung brachte, stellte sich die Technik als ein mitbestimmender, ja mitentscheidender Faktor der Kriegshandlungen heraus. Die gewaltige Entwicklung, welche Technik und Industrie im Lauf der letzten Jahrzehnte gewonnen, die ungeahnten Leistungen, die sie hervorgebracht hatten, waren selbstredend in allen Staaten von den Heeresverwaltungen zur Steigerung der Kampfkraft ihrer Truppen ausgenutzt worden — immer aber doch nur unter dem Gesichtspunkt, daß ihre Wirkung die Kampfführung erleichtern und begünstigen würde, nie aber in der Voraussicht, daß, wie die körperlichen und geistigen, die moralischen und ethischen Kräfte des lebendigen Menschen, so auch die mechanischen Kräfte der leblosen Maschinen von direkt entscheidendem Einfluß sein würden.

Am unrichtigsten war diese Bewertung wohl in Deutschland. In anderen, vor allem in den feindlichen Staaten, war die Erkenntnis der aus der Technik zu gewinnenden Kräfte und das Streben, sie sich nutzbar zu machen, sehr viel weiter gediehen. — Trotz der ungeheuren Entwicklung,

welche die deutsche Technik in den letzten Jahrzehnten durch unermüdete, zähe, auf streng wissenschaftlicher Grundlage aufgebaute, theoretische und praktische Arbeit genommen hatte, wußte die Welt draußen besser, was sie in der Welt und für Deutschlands Kraft bedeute, als die Heimat selbst. Daß sie Millionen des Volkes Untertun und Nahrung brachte, das sah ein jeder; in welchem Maße sie aber für unsere Existenz als Volk notwendig war, das zeigte erst der Weltkrieg mit seinen ungeheuren Forderungen. Er setzte erst ihre Unentbehrlichkeit für unser Dasein ins klare Licht; er brachte erst den der Technik ferneren Stehenden zum Bewußtsein, daß es kein Deutsches Reich ohne sie geben könne. Er lehrte aber auch die Technik selbst erst die unerschöpflichen Quellen kennen, aus denen sie schöpfen konnte; er weckte ungeahnte neue Kräfte, schuf neue Werte und gab erst die Möglichkeit eines erfolgreichen Endes.

Nicht an der Technik hat es gelegen, daß dieser Erfolg schließlich ausblieb. Die körperliche Erschöpfung und der seelische Zusammenbruch des Volkes waren das Ergebnis anderer Kräfte, die mit der Technik in keinem Zusammenhang standen. Im Gegenteil: ohne die Unterstützung und Hilfe der Technik wäre Deutschlands Widerstandskraft nicht bis dicht an den Sieg gekommen, wäre es früh schon zum Niedergang verurteilt gewesen.

Die Gründe für die in der Vorkriegszeit zweifellos bestehende Unterschätzung der aus der Technik dem Heere zuwachsenden Kräfte lagen wohl in den Geschehnissen der früheren Kriege und den Schlussfolgerungen, die man aus ihnen zog, ohne sie später den gewaltigen Fortschritten entsprechend zeitgemäß umzuwandeln. Sie lagen vor allem in der unzureichenden Kenntnis der maßgebenden Stellen im Staate, und speziell im Heere, über die Gewalt der aus der Technik geborenen Kräfte und der unrichtigen Bewertung, die man den Leistungen der technischen Industrie entgentrug.

Im Heere erklärt sich diese Unterschätzung durch die in seiner Entwicklung begründete geringe Beschäftigung des größten Teils des Offizierkorps mit technischen Problemen, die sich auch in der minderen Wertung der technischen Waffen äußerte. Wohl hatte im Lauf der Jahre eine Vermehrung der letzteren und, mit den fortschreitenden neuen Erfindungen, eine Ausgestaltung stattgefunden, aber bei weitem nicht in dem Maße, das ihrer Bedeutung gerecht geworden wäre und auch von einsichtigen Stellen schon im Frieden als notwendig erkannt und gefordert worden ist. Vom ersten Tage des Krieges ab machte sich die unzureichende Zahl technischer Truppen als schwerer Mangel empfindlich fühlbar; er hat, trotz immer wiederholter Vermehrung, bis zum Kriegsende nicht ausgeglichen werden können. Jedenfalls waren in dieser Hinsicht die Ententeheere

besser ausgestattet, und doch waren auch sie für die Anforderungen dieses Krieges nicht ausreichend.

Aber auch die Neuerungen, die die Technik in das gesamte volkswirtschaftliche Leben hineintrug, hatten von der Heeresverwaltung nicht die Förderung und Anerkennung gefunden, die sie verdienten; das was sie dem Heere an Kräftezuwachs bringen konnten, war von vielen Seiten nicht durchdacht oder doch nicht richtig eingeschätzt worden. Abgesehen von der unrichtigen Bewertung der in ihnen ruhenden Kräfte trug dazu bei: einmal ein zu stark ausgeprägtes Beharrungsvermögen, ein Widerstreben der alten Offiziere gegen die befürchtete Überschätzung der Technik und die Sorge um eine Minderung der ethischen und moralischen Faktoren im Heere; zum anderen waren es, sonderbarerweise, innerpolitische Rücksichten: die Angst vor dem Reichstage!

Etwa seit Beginn des 20. Jahrhunderts hatte der Generalstab die ungehemmte Ausnutzung der durch die gewaltig aufstrebende Technik dem Heere zur Verfügung gestellten neuartigen Kräfte gefordert und ein schnelleres Fortschreiten der im Heere betriebenen Versuche verlangt, auch selbst durch engere Fühlung mit der Industrie Einfluß auf sie zu gewinnen versucht. Der schnellere Abschluß der Konstruktion des halbstarren Militärluftschiffs, der Bau des Siemens-Schudert-Luftschiffs und der drehbaren Ballonhalle, die Übernahme des Zeppelin-Luftschiffs durch das Reich, die Klärung der Frage über Einführung des Kraftzuges und dessen zweckdienlichste Form, wurden auf sein Drängen energisch betrieben und durch Versuchsfahrten ihrer Lösung entgegengeführt; die Ausdehnung der Funkentelegraphie in der Heimat und auf die Kolonien wurde von ihm nachdrücklich gefordert, die steigende Bewertung der technischen Kräfte für Kriegszwecke durch die Bildung einer speziellen technischen Sektion zum Ausdruck gebracht. Wenn diese Bestrebungen fast durchweg auf Hemmnisse und direkten Widerstand bei anderen Reichsbehörden stießen, so war der Grund nicht immer eine falsche Einschätzung der Vorteile, sondern die Sorge vor dem Reichschatzkammern, das auf möglichste Einschränkung der finanziellen Ansprüche hindrängte, und seinerseits dazu gezwungen wurde durch die steten Forderungen des Reichstages, die Ausgaben für die Wehrmacht auf ein Mindestmaß herabzudrücken. Es darf und muß heute ausgesprochen werden, daß in dieser Hinsicht viele gesetzgebende Faktoren versagt haben.

Jeder Staatsmann (und hierzu wollen doch auch die Parlamentarier gerechnet werden), der einen Krieg kommen sieht, ist verpflichtet, seine erfolgreiche Führung durch die stärkste militärische Vorbereitung zu sichern, die überhaupt zu erreichen möglich ist. Daran hat es die politische Leitung fehlen lassen. Entweder haben Angehörige der Reichsregierung das

Herankommen wirklich nicht erkannt oder nicht sehen wollen — dann waren sie an falscher Stelle. Daß sie die Größe der Gefahr, die in der Mitwirkung Englands drohte, nicht erkannten, wissen wir vom früheren Reichskanzler selbst. Jedenfalls haben sie es verabsäumt, die Nähe und die Größe der Gefahr den vielfach in verschwommenem Pazifismus und den unseligen Phantomen einer internationalen Verbrüderung befangenen Volksvertretern in der Klarheit zu zeigen, die nötig war, um sie zu dem Entschluß zu bewegen, alle im Volke ruhenden lebendigen und mechanischen Kräfte für den unabwendbaren Waffengang vorzubereiten.

Daß die allgemeine Wehrpflicht in Deutschland nur noch auf dem Papier bestand (im Gegensatz zu Frankreich, wo man für die gewollte große Entscheidung alle Voll- und Minderdienstfähigen, zuletzt durch ausnahmslose dreijährige Dienstzeit, schon seit Jahren ausbildete), daß man bei uns die Reserve- und Landwehrübungen einschränkte, und die vorbereitende Schulung der Ersatzreserve mehr als zwanzig Jahre hindurch ausfallen ließ, hat uns der Möglichkeit beraubt, die im Volke vorhandene Überlegenheit aufzubringen, die uns den endgültigen Sieg an der Marne und der Yser gesichert hätte. Allerdings hätte auch die volle Ausstattung der — durch die Einstellung älterer Jahrgänge an sich eines stärkeren Rückhalts bedürftigen — Reserve- und Landwehr-Divisionen mit der vollen Batteriezahl und die Bereitstellung eines größeren Munitionsbedarfs, sowie die Aufstellung der für einen Zweifrontenkrieg benötigten schweren Artillerie und technischen Truppen dem Rechnung tragen müssen. Daß die Regierung auf die ihr als Pflicht obliegende Aufklärung der Volksvertreter verzichtete, ist die eine Schuld; die andere aber die, daß sie selbst ihre geringen Forderungen nicht zu erreichen verstand oder doch aus der Verweigerung nicht die Schlussfolgerungen zog.

Dem Generalstab war eine unmittelbare Beeinflussung des Reichstags unterlagt. Ihm blieb nur übrig, immer wieder die von ihm als unentbehrlich erkannten Forderungen zu stellen und durch direkte Einwirkung die Industrie zu Versuchen anzuregen und Verbesserungen anzustreben. Daß dies Erfolg hatte, möge (als Beispiel unter vielen) daran gekennzeichnet sein, daß der bekannte 42-cm-Mörser gewissermaßen als ein Privatunternehmen der Firma Krupp durch das Verlangen des Generalstabs entstand, ein Geschütz zu besitzen, das mit Sicherheit zum Sturmreißmachen der neuen Panzer- und Eisenbetonbauten in den französischen Festungen ausreichte. Erst nach Fertigstellung und Erprobung der (angeblich undurchführbaren) Konstruktion, die zunächst für Bahntransport und erst später für Kraftzug ausgearbeitet wurde, ist es von der Heeresverwaltung übernommen worden.

Wenn schließlich 1913 auf die ungestüme Forderung des allmählich unruhig werdenden Volkes, besonders auf das aufklärende Drängen und Werben des Wehrvereins, eine namhafte Verstärkung der Wehrkraft erreicht wurde, die jedoch im Gegensatz zu den das gleiche Ziel erstrebenden französischen und russischen Maßnahmen ihrer Eigenart nach nicht sofort, sondern erst nach langen Jahren wirksam werden konnte, so unterließ auch da noch die gleiche ausreichende Stärkung der technischen Kampfmittel. Nicht einmal dazu konnte man sich entschließen, die zur sofortigen Erzeugung von Kriegsmaterial nötige Umänderung der Friedensbetriebe der Fabriken durch Hergabe von Mitteln zur Beschaffung und Aufstellung der erforderlichen Maschinen sicherzustellen. Daß bei den heutigen, außerordentlich komplizierten Waffen Monate vergehen mußten, bis bei fehlender Vorbereitung eine regelmäßige Nachlieferung von Gerät und Munition einsetzten konnte, war nicht erkannt. Die Truppe hat draußen durch schwere blutige Opfer diese Kurzsichtigkeit bitter büßen müssen, die Heeresleitung vielfach ihre Entschlüsse und Maßnahmen dadurch beeinflußt gesehen.

Auch die Einfügung des Flugwesens in die Kampfkräfte des Heeres war nicht so gefördert, wie es nach ihrer Entwicklung möglich gewesen wäre. So mußte es kommen, daß die Franzosen auf diesem Gebiete zweifellos eine sofort fühlbare Überlegenheit in den Kampf führen konnten.

Eine wirtschaftliche und industrielle Vorbereitung des Krieges fehlte ganz. Sie ist vor dem Kriege vom Generalstab, aber auch von Personen aus industriellen und Handelskreisen gefordert worden — sie wurde von den verantwortlichen Reichsbehörden für unnötig gehalten. Man hielt es für undenkbar, daß England in Europa die gleiche ungeheuerliche Kriegsführung, wie gegen die Buren, zur Anwendung bringen könnte: die strikte Durchführung einer absoluten Blockade — selbst unter völkerrechtswidriger Einbeziehung der Neutralen. Man hielt aber auch aus einer ganzen Reihe von anscheinend überzeugenden Gründen die lange Dauer eines Krieges, wenn es wider Erwarten doch noch einmal zu einem solchen kommen sollte, für unmöglich und dementsprechend eine für Jahre ausreichende sorgfame Vorbereitung für überflüssig. Die einen anderen Verlauf vorhersehenden Aussprüche Bismarcks, Moltkes und Schlieffens waren den modernen Reichsleitern und erleuchteten Volksboten Hirngespinnste vergangener Zeiten! So kam es, daß für die Ansammlung von Rohstoffen, die für die Kriegsführung unentbehrlich, aber in Deutschland nicht vorhanden sind, gar nicht oder nur in ganz unzureichendem Maße gesorgt war. Daraus erklären sich auch die wechselvollen Ansichten und Strömungen der ersten Kriegswochen über die Erweiterung oder Einschränkung der indu-

striellen Betriebe, die aus den ungleichmäßig steigenden, mehrfach wechselnden Anforderungen der Front und der Heimat wiederholt notwendig werdenden Ausgleiche zwischen dem Kampfsheer draußen und dem Arbeitshcer der Heimat — Einflüsse, die nur hemmend auf den sofortigen Beginn und die gleichmäßige Weiterführung der Kriegsarbeit einwirken konnten. Daraus entstanden auch die durch Monate unzureichenden Leistungen der Industrie nach Kriegsbeginn, die durch die Einziehung zum Heer ihrer besten Arbeiter in dem Augenblick beraubt wurde, wo die nicht vorbereitete Umänderung des ganzen Betriebes eine erhebliche Verstärkung der Arbeitskräfte gefordert hätte. Wenn bei Kriegsausbruch nicht ein klardenkender, die furchtbare Gefahr erkennender Kriegsminister rasch entschlossen den Ratschlägen von weitsichtigen Männern des Weltwirtschaftslebens Folge geleistet hätte, so wäre unser Kampfermögen durch die Erschöpfung der Kriegsmaterialien schon 1915 zerbrochen.

Daß es nicht so kam, daß alles das, was unserm Volke fehlte und durch den Gegner abgeschnitten wurde, trotzdem in einem ausreichenden Maße Jahre hindurch zur Verfügung stand, verdankt es der Erfindungsgabe und dem Organisationstalent führender Männer der Technik und Industrie, welche allein die meist von ihnen selbst geschaffenen Grundlagen dazu kannten und auszunutzen vermochten. Seit dem Aufschwung, den die deutsche Technik und Industrie vor 1870/71 vorbereitet, aber in gewaltiger Kraft erst von da ab erreicht hat, hat sie zunächst dem deutschen Wirtschaftsleben das kennzeichnende Gepräge gegeben, dann aber allmählich auch in der Weltwirtschaft maßgebenden Einfluß gewonnen. Sie hat das nicht dem Zufall zu verdanken, sondern ihrem auf streng wissenschaftlicher Grundlage in unerbittlicher Logik weitergeführten Aufbau, aus dem ihre Leistungen erwachsen als das Ergebnis der ungeheuren, systematischen Arbeit ganzer Generationen hochbegabter Forscher und Männer der Theorie und der Praxis.

Die deutsche Industrie trägt keine Schuld daran, daß ihr im Frieden die Mitarbeit an der Vorbereitung für den näher kommenden Krieg verweigert wurde, daß sie sich nicht sofort mit voller Kraft und Leistungsfähigkeit in den Dienst der Kriegführung stellen konnte. Sie ließ sich dadurch aber nicht abhalten, sich sofort in großzügiger Weise den Bedürfnissen der Kriegführung anzupassen und die Umstellung ihrer Friedensbetriebe auf Kriegsarbeit durchzuführen. Sie lernte schnell, sich den furchtbaren Erschwernissen anzupassen, die der Mangel an geschulten Arbeitern ihr auferlegte und die schon nach kurzer Frist und in stetig steigendem Maße die Abschneidung der Auslandszufuhr forderte — sie wußte sie ungefährlich zu machen. Sie vermochte sich endlich in schnellem Entschluß und kraftvoller Energie der notwendigen Erweiterung der Betriebe anzu-

passen und schließlich den gewaltigen Anforderungen des Hindenburgprogramms gerecht zu werden, sowie das Hilfsdienstgesetz zur Höchststeigerung der Leistungen für die Kriegführung nutzbar zu machen. Die Frage, ob die finanzielle Seite dieser Entwicklung richtig gewesen ist oder nicht, ist hier nicht zu erörtern; die materiellen Leistungen für das Heer sind zweifellos ganz außerordentlich gewesen. Die Grenze dieser Leistungen waren die Beschränktheit der Kräfte und Rohstoffe, die innerhalb der deutschen Grenzen schließlich sich erschöpfen mußten, um so mehr als sie überdies die Bundesgenossen aus Eigenem mit versorgen mußten, indes die Gegner unbeschränkt über die Rohstoffe, die Werkstätten und Kräfte der ganzen Welt verfügten.

Was die deutsche Technik und Industrie auf allen Gebieten der Ausrüstung von Heer und Volk (denn auch auf dessen Lebensmöglichkeit erstreckte sich, wie schon hervorgehoben, der Vernichtungswille des unbittlichsten Gegners) geleistet haben, ist riesenhaft gewesen. Naturgemäß waren die Ergebnisse ihrer Art nach außerordentlich verschieden, je nachdem sie sich auf Landheer, Seemacht und Heimat erstreckten. Für keines konnten sie sich auf irgendwelche früheren Erfahrungen als gesicherte Grundlagen stützen — Deutschland hatte, als einziger Großstaat in Europa, seit mehr als 40 Jahren keinen Krieg geführt, also auch keine Erfahrungen sammeln können. Was von 1870/71 vorhanden war, war unbenußbar geworden, ohne daß dies immer erkannt wurde, vor allem eine durch die glänzenden damaligen Erfolge lebendig gebliebene, einseitige Überschätzung des persönlichen Moments. Vieles war auch erst im Entstehen; die Wahnidee des ewigen Friedens hatte selbst den Fortschritt der technischen Vorbereitung gehemmt — tatsächlich war Deutschland, mögen die Gegner es auch bestreiten, für diesen Krieg nicht gerüstet. Der Krieg selbst entwickelte aber vielfach auch erst die Forderungen, die die Industrie nunmehr auf allen Gebieten beschleunigt erfüllen sollte.

Für den Landkrieg ist charakteristisch, daß die eigentlichen Kampfwaffen der großen Massen, Gewehr, Maschinengewehr und Geschütz, obschon sich eine ganze Reihe von Verbesserungen zur Steigerung der Wirkung als notwendig erwiesen, in ihren Grundlagen unverändert blieben und so den Krieg überdauert haben. Gewehr und Geschütz blieben Schnellladewaffen, die durch Änderungen am Gerät oder an der Munition sich der Wirkungssteigerung oder der Eigenart neu auftretender Ziele anzupassen mußten. Das Maschinengewehr mußte vor allem den Erscheinungsformen des modernen Gefechts durch erhöhte Beweglichkeit und Feuerbereitschaft, andererseits aber auch den besonderen Bedingungen des Luftkampfes Rechnung tragen. Eine einschneidende Umgestaltung wurde bei

diesen Waffen nicht erreicht, dafür erzwang aber der Stellungskrieg eine Ergänzung derselben durch neue Kampfmittel. An Stelle der im Frieden immer erstrebten Einfachheit der Heeresausrüstung mit wenigen, leistungsfähigen Waffen trat eine außerordentliche Differenzierung. Wohl war sich die Führung der Schwierigkeiten dieser Entwicklung bewußt, die vor allem in der gesteigerten Ausbildung der Mannschaften und der Schwierigkeit des verschiedenartigen Nachschubs bestanden, war aber der Entwicklung gegenüber machtlos. In der Zahl der Hilfswaffen und der „unterstützenden“ Kampfmittel in dieser Entwicklung kam eben der Einfluß der Technik zum stärksten Ausdruck.

Die fast zu einem Versagen kommende Beschränkung der Infanterie mit ihren Fernkampf- (Handfeuer-) Waffen und der Artillerie im Stellungskrieg ließ die Nahkampfwaffen entstehen und zu einer Bedeutung emporwachsen, an die man nie gedacht hatte. Zuerst als Pionier- und Infanteriewaffen entstanden, ging ihre Entwicklung dahin, daß sie gewissermaßen ein Mittelglied zur Artillerie und teilweise auch dieser angegliedert wurden. Handgranate, Gewehrgranate, Granatwerfer verblieben der Infanterie, von den Minenwerfern die leichte Art, indes die mittleren und schweren einen Teil der Aufgaben der Artillerie übernahmen. — Die in Reichweite und Wirkung wiederholt gesteigerten Geschütze des Feldheeres reichten nicht aus; aus den Festungen, von der Küste und den Schiffen holte man die leistungsfähigsten Geschütze heraus, führte Geschütze von unerhörter Geschosswirkung und Schußweite in den Kampf, trieb den Munitionseinsatz zu geradezu phantastischen Massen, suchte durch Verbesserung der Sprengstoffe die Wirkung des Geschosses zu steigern und konnte schließlich doch einen schnellen, entscheidenden Erfolg nicht erreichen. So suchte man neue Wirkungen durch den Masseneinsatz gepanzerter Kampfraftwagen (Tants), durch die Einführung von Gasgeschossen, durch Rauch-, Nebelgeschosse usw., um doch nur wirkungsvolle Gegenmittel, aber keinen entscheidenden Erfolg auszulösen. Der Charakter des Stellungskrieges, die kolossalen Abgänge an Pferden, die Futternot und andere Verhältnisse forderten die Anwendung des mechanischen Zuges, des Kraftzuges, in stärkstem Maße. Der in diesem Umfang und dieser Ausgestaltung nie vorher erlebte Stellungskrieg war nur verständlich durch die ungeheuren Hilfsmittel, die ihm die Entwicklung der technischen Industrie zur Verfügung stellte, und in dieser Dauer nur möglich durch die Hilfe, die ihm die Kriegsgeologie zuteil werden ließ.

Stärker noch als in den eigentlichen Waffen machte sich die Bedeutung der Technik in den Hilfsmitteln der Krieg- und Gefechtsführung geltend. Die Beobachtungs- und Aufklärungsnotwendigkeiten brachten den Luftkampfmitteln, den Luftschiffen, vorübergehenden, dann aber den Flugzeugen

und Ballonen einen dauernden, ständig steigenden Einfluß, der sich in der gewaltig wachsenden Zahl geltend machte und zur Anwendung von Gegenmitteln zu ihrer Abwehr (Abwehr von der Erde und zur gegenseitigen Bekämpfung in der Luft) zwang. Diese neuen, eigenartigen Kampfverhältnisse forderten naturgemäß wieder besondere Kampfaffen.

Den gewaltigen Heeren, den räumlich ungeheuren Kriegsschauplätzen entsprachen die Anforderungen der Verkehrs- und Nachrichtenmittel. Da die Steigerung der Eisenbahnausnutzung über ein bestimmtes Maß hinaus und ihre weitgehende Vermehrung wegen der langen Bauzeit nicht möglich, die Fahrzeuge mit tierischem Zug aus den verschiedensten Ursachen versagten, trat auch hier der Kraftzug, der Kraftwagen, in bestimmender Weise auf. — Die Entwicklung und Massenverwendung der Nachrichten- und Verbindungsmittel mußte sich der ganzen Entwicklung der Kampfaffen anpassen und zu einer gewaltigen Bedeutung gelangen. Draht- und drahtlose Telegraphie und Telephonie und Erdtelegraphie setzten alle Heereskörper miteinander in Verbindung, ohne jedoch die einfacheren Signalmittel oder schließlich sogar die früher gebräuchlichen des tierischen oder menschlichen Boten überflüssig zu machen.

Drängte so die ganze Kampfentwicklung zu einer ungeheuren Steigerung der Leistungsfähigkeit aller technischen Kampf- und Hilfsmittel, so stellte sich dieser Forderung die Beschränkung Deutschlands auf seine Grenzen und auf die innerhalb derselben zu gewinnenden Rohstoffe hemmend entgegen. Es ist ein ganz besonderes Verdienst der Technik, daß sie trotz aller Hemmungen in der Lage war, alle Bedürfnisse des Heeres, nachdem einmal die anfänglichen Schwierigkeiten überwunden waren, restlos für sich und die darin vielfach von ihm abhängigen Bundesgenossen zu erfüllen, ohne daß die Güte der Waffen nennenswerten Abbruch erlitt. Wenn man (es sei das als ein Beispiel herausgegriffen) hört, daß die Infanterie- und Artilleriegeschosse in allen ihren Bestandteilen, von der Hülse bis zur Geschos- und Sprengmunition völlig anders geworden sind und haben werden müssen, so ahnt doch der Laie nicht, welsch ein Aufgebot von geistiger und materieller Arbeit hat geleistet werden müssen, um das anscheinend so Einfache zu erreichen. Und wie in diesem, so war es in allen Fällen.

Auch für die Seekriegführung zeigte sich eine ähnliche Entwicklung. Die Hauptkampfmittel, die Schiffe und ihre Bestückung, blieben in ihren Grundzügen unverändert. Die lange Bauzeit usw. verhinderte, daß während des Krieges äußerlich große Änderungen in die Erscheinung treten konnten. Daß innerhalb dieses Rahmens bei den während des Krieges fertiggestellten Bauten Verbesserungen auf Grund der Erfahrungen

der ersten Kriegszeit eintraten, ist selbstredend. Eine entscheidende Überlegenheit Deutschlands auf diesem Gebiet zu gewinnen, war aber nach Lage der Dinge ausgeschlossen. Auch hier waren es neuartige oder doch erst im Werden begriffene Waffen, die eine fast entscheidende Änderung der Kampfführung hervorriefen. Trat das U-Boot zeitweise bestimmend in den Vordergrund der eigentlichen Kampfhandlung, so gewannen der Minenrieg in der Abwehr und zum Schutz der heimischen Küsten, das Luftschiff und Flugzeug neben dem Aufklärungskreuzer maßgebende Bedeutung. Auch die Nachrichtenmittel, die Funken- und Unterwassertelegraphie stiegen zu hoher Vollkommenheit. In gleicher Weise wie für das Landheer traten auch hier die starken Hemmungen und Beschränkungen der verfügbaren Rohstoffe bestimmend auf; der Technik mußte es gelingen und gelang es schließlich durch Ersatzstoffe, die der heimische Boden hergab, durch Vergütung der Metalle und andere Fabrikationsmethoden Abhilfe zu schaffen.

Noch stärker war der Einfluß gerade dieses Umstandes bei den Leistungen der heimatischen Technik. Naturgemäß drängten auch hier alle Forderungen der Front zu einer aufs höchste gesteigerten Erzeugung. Bei den gewaltigen Ansprüchen des Heeres an die lebenden Kräfte mußte, da sich diese schließlich erschöpfen, hingestrebt werden auf eine weitestgehende Maschinisierung aller Betriebe, auf Ersatz der lebendigen durch mechanische Kräfte, und, wo das nicht anging, auf Ersatz der männlichen Arbeitskräfte durch weibliche Hilfskräfte. Der geringeren Körperkraft mußte aber wieder Rechnung getragen werden durch sinngemäße Vorrichtungen an den vorhandenen Maschinen und Werkstatteinrichtungen.

Die Abschneidung der Zufuhr aus dem Auslande war aber das einschneidende, schließlich entscheidende Element. Sie erstreckte sich nicht allein auf den Bedarf für die Ausrüstung des Heeres mit Kampfmitteln, sondern auch auf die Versorgung des ganzen Volkes mit Lebensbedürfnissen. Hier arbeitete der Erfinder- und Organisationsgeist für alle Teile des Volkes, die kämpfenden und die arbeitenden, Hand in Hand, ohne strenge Scheidung der beiderseitigen Bedürfnisse.

Daß Deutschlands Erzeugung an Nähr- und Futtermitteln schon im Frieden zur Ernährung des Volkes nicht ausreichte, wußte man; aber auch hier hatte man eine Kriegsvorbereitung, eine Ansammlung notwendiger Mengen von Nahrungsmitteln für eine lange Kriegsdauer, nicht für notwendig gehalten. Die ganze Welt, so glaubte man, wenn nötig durch die Vermittlung der neutralen Staaten, sollte das Volk ernähren helfen; eine Hungerblockade gegen Greise, Frauen und Kinder war völkerrechtlich und im christlichen Sittentodex ja ausgeschlossen. Man vergaß, daß das aus-erwählte Volk Gottes sich nie an göttliche Lehren und rechtliche Verträge

gehalten hatte, wenn es sein eigenstes irdisches Wohl galt! An diesem Irrtum, an diesem törichtem Vertrauen auf irdisches Recht ging der Widerstand des Volkes zu Ende. Die Hungerblockade war es, die dem Volke die Kerden zerriß, es der Propaganda der Gegner und den Hegeleien der nicht national denkenden Parteien verfallen ließ! Hat sie also schließlich den Zusammenbruch nicht verhindern können, so hat die Nährmittel-Technik doch ein überragendes Verdienst daran, daß unser Volk trotz der anfänglichen, direkt auf Verschwendung hinzzielenden Unsinnigkeiten und trotz der steigenden Wirkung des Hungers, über vier Jahre hindurch Kraft zum Kampf und zur Arbeit behielt.

In ähnlicher Form mußte Ersatz für alle die anderen Lebensbedürfnisse gesucht werden, die uns die Heimat nicht in notwendigen Mengen hergab. Kupfer und Nickel, Chrom und Mangan, Wolle und Baumwolle, Leder und Kautschuk, Getreide, Fette und Öle, Stickstoffprodukte und hundert andere Dinge des täglichen Bedarfs, ganz besonders aber auch die Bedürfnisse der Verwundetenpflege und der Krankenfürsorge — unser Vaterland gab sie uns nicht in dem Maße, wie es der ungeahnte Kriegsverbrauch erforderte. Hier hatte der deutsche Erfinder- und Organisationsgeist ein außerordentlich reiches und tief befriedigendes Gebiet der Betätigung. Ob die Art der Ernährungsorganisation die beste gewesen ist, kann und soll hier nicht erörtert werden. Was die Technik aber an Hilfsmitteln schuf, um den Lebensunterhalt überhaupt in dieser Form zu ermöglichen, das ist ein Ruhmesblatt für sie. Eine stärkere Anerkennung kann ihr kaum zuteil werden, als sie von einem unserer Gegner, Maurice Barrès, ausgesprochen wird: „Die deutsche Wissenschaft hat während der langen Periode von 4½ Jahren die Landwirtschaft und Industrie jenseits des Rheins, ja die ganze Nation ernährt. . . . Sie schuf die industrielle Herstellung der (für Munition und Landwirtschaft nötigen) Nitrate aus dem Stickstoff der Luft, und die deutsche Armee verfügte über die nötige Munition. Nach Kriegsausbruch hörte infolge der englischen Blockade die gesamte, sich auf 5 Milliarden belaufende Einfuhr von Rohstoffen auf. Wie sollten ohne die Rohstoffe die Apparate, die Waffen, die Kleidung, das Schuhwerk und die gewaltigen Massen von Gegenständen aller Art, die für das Volk in Waffen und die werttätigen Klassen nötig waren, hergestellt werden? Wie sollten ohne die Zufuhr von Getreide, Fleisch und Lebensmitteln aus dem Auslande 10 Millionen Soldaten und die ganze Zivilbevölkerung ernährt werden? Mit Recht sagten wir: Deutschland ist verloren. Die deutsche Chemie, die deutsche Technik retteten Deutschland. Sie löste dies anscheinend unlösbare Problem. Sie stellte die Schwefelsäure ohne die Schwefelkiese von Spanien her, destillierte Alkohol ohne Getreide und Kartoffeln, sie fand die Synthese des Kautschuks. Sie ver-

schaffte den Armen die Kleidung aus Papiersfasern, sie fand den Ersatz der seltenen Metalle und Ersatzmittel für Leder, Seife und Schmiermittel. Zehnmal sagten unsere ernstesten Spezialisten: Die Deutschen sind verloren, es fehlt ihnen dies und das, und zehnmal mußten sie erklären: Das ist ganz unbegreiflich. Sie sind darüber hinweg. Sie haben wieder einen Ersatz gefunden!“

Frankreich aber, so fordert Barrès, muß seine hohe Kultur und die intellektuelle und moralische Ausbildung auf ihr Maximum steigern, um ähnliches zu erreichen.

Wenn von Feindesseite eine solche bewundernde Anerkennung der Leistungen der deutschen Industrie und Technik ausgesprochen wird, so darf man wohl sagen, daß sie das Höchste getan haben, was überhaupt zu erreichen möglich war. Wenn sie den Sieg dadurch nicht haben erzwingen können, so trifft nicht sie die Schuld. Sie liegt in anderen Ursachen. Bedauerlich ist aber, daß die von ihr geschaffenen, gewaltigen Kampfmittel nicht in der rücksichtslosen Form und der zähen Konsequenz in die Kriegführung eingesetzt worden sind, daß sie zum Maximum ihrer Wirkung gelangen konnten. Hier und da mag das infolge falscher Einschätzungen geschehen sein, meist aber unter politischen Hemmungen, die sie um große Erfolge gebracht haben.

Daß die deutsche Staatsleitung von unserer wiederholten, gewaltigen technischen Überlegenheit nicht jedesmal sofort den nachhaltigsten Gebrauch gemacht hat, sondern zögernd und schwankend nur halbe Maßregeln zuließ, ist eine der Ursachen des schlimmen Ausgangs. Sobald England einmal die Zeit gewonnen hatte (den eisernen Willen dazu hatte es stets und uns nur anfänglich zu schwach eingeschätzt), die ihm und den Vereinigten Staaten zu Gebote stehenden unbegrenzten Hilfsmittel zu entwickeln und die Völker der ganzen Welt zur Unterstützung aufzubieten, war an einen siegreichen Ausgang des Ringens für uns nicht mehr zu denken.

Bei den unzureichenden Rohstoffen, über die wir verfügten, und die sich von Tag zu Tag mehr aufzehren mußten, konnte nur die rücksichtslose, schnellste Ausnutzung aller Kräfte und Mittel Aussicht auf Erfolg geben. Die Zeit konnte nicht für Deutschland arbeiten — sie konnte nur den Gegnern zugute kommen. Wie sie England und den Vereinigten Staaten die Möglichkeit gab, durch die erst einzuführende allgemeine Wehrpflicht die durch ihre Überzahl erdrückenden Heere kriegsmäßig zu schulen, so brachte sie ihnen die Möglichkeit, aus dem unererschöpflichen Born ihrer Rohstoffe und Hilfsquellen die deutsche Technik nicht an Güte und innerem Wert, wohl aber durch die Masse zu überwinden.

Einen Überblick über die Leistungen der Technik, ihre Ursachen und Wirkungen sollen die folgenden Blätter bringen. Eine erschöpfende Darstellung, die wirklich den ungeheuren Leistungen gerecht wird, ist erst nach Jahren eingehendster Arbeit möglich. Dem deutschen Volk durch diesen Überblick ein Bild dessen zu geben, was ihm an Leistungen und Hilfen unter den schwierigsten Verhältnissen aus der Hilfe der Technik erwuchs, darauf hat das deutsche Volk ein Anrecht — denn es kann stolz auf das sein, was seine in der Industrie schaffenden Volksgenossen ihm gaben; darauf haben aber auch die Männer der Technik und Industrie ein Anrecht, denn sie können stolz sein auf das Rüstzeug, das sie dem Heere und damit ihrem Volke in unermüdlicher Arbeit und unerschöpflicher Gedankentätigkeit brachten.

So werden die folgenden Blätter ein stolzes Denkmal der Ruhmes-  
taten sein, die — gleichwertig den Heldentaten der Kämpfer — deutscher  
Geist und deutsche Kraft, deutscher Wille und deutsche Arbeit im Dienste  
der Verteidigung des Vaterlandes vollbrachten.

---

---

---

# A. Landkrieg.

---

## I. Infanterie-Fernkampfswaffen.

### a. Die militärischen Grundlagen.

Von Generalleutnant z. D. S c h w a r t e.

Die Infanterie ist die Hauptwaffe" — so lautete Ziffer 264 des alten „Infanterie-Exerzier-Reglements. „Im Verein mit der Artillerie kämpft sie durch ihr Feuer den Gegner nieder. Sie allein bricht den letzten Widerstand.“ — Und die im Kriege herausgegebene Ausbildungsvorschrift für die Fußtruppen sagt gewissermaßen ergänzend: „Gewehre und Maschinengewehre sind die Träger des Widerstandes.“

Damit ist die schwere Aufgabe gekennzeichnet, die dem Feuer der Infanterie im Kampf beschieden ist. Um sie zu erfüllen, müssen die Quellen der Feuerkraft, Gewehre und Maschinengewehre, die Niedertämpfung des Gegners erzwingen können. Deshalb dürfen für sie nur die leistungsfähigsten, nur die wirkungsvollsten Waffen in Frage kommen.

Alle Heeresoerwaltungen erstrebten immer, die Truppen mit Feuerwaffen auszurüsten, die denen der Gegner überlegen, zum mindesten aber gleichwertig waren: an Wirkungsweite, Treffgenauigkeit, Feuergeschwindigkeit und leichter Handhabung, an Einfachheit und Dauerhaftigkeit. — So kam es, daß die Handfeuerwaffen aller Heere bei Kriegsbeginn zwar im Bau und in technischen Einzelheiten der Konstruktion verschieden, in ihrer Art und Leistung aber einander außerordentlich ähnlich waren. Alle Staaten gingen mit einem Schnellladegewehr in den Krieg, das auf der Magazin- oder Patetladung aufgebaut war, ein Kaliber von 6,5 bis 8 mm, eine Schußweite von über 2000 m und eine Anfangsgeschwindigkeit von 600 bis 850 m hatte.

Alle Bestrebungen nach einer Verbesserung liefen vor dem Kriege auf eine Steigerung der Feuergeschwindigkeit hinaus, und zwar durch Bau eines automatischen Schnellfeuergewehrs. Abgesehen von Mexiko (Mondragon-Gewehr) ist aber kein Selbstladegewehr zur Einführung gelangt. Alle Staaten behaupteten, im Besitz eines selbstbrauchbaren, sehr leistungsfähigen Selbstladegewehrs zu sein, das nur aus finanziellen Gründen nicht eingeführt würde, solange nicht eine andere Macht dazu überginge und die übrigen nachfolgen müßten.

Man hätte also erwarten sollen, daß bei der langen, die Herstellung neuer Waffen ermöglichenden Dauer des Krieges ein Staat sich zur Einführung eines Selbstladegewehrs entschlossen hätte. Allerdings wären die Mittelmächte bei der Beschränktheit ihrer Mittel dazu nicht instande gewesen. Welche Gründe auch die Entenemächte davon absehen ließen, ist nicht bekannt; wahrscheinlich waren die Schwierigkeiten (aber keine finanziellen), die vor dem Kriege seiner Einführung entgegenstanden, auch während desselben noch nicht beseitigt.

So blieben die Handfeuerwaffen unverändert. Sie haben die Anforderungen, die der Krieg stellte, auch im allgemeinen erfüllt, obschon die ihnen erwachsenden Aufgaben vielfach anders geartet waren (durch die Eigenart des Stellungskrieges, durch den Einsatz der Luftschiffe, Flugzeuge, Tanks usw.), als man im Frieden hatte vorhersehen können. — Außerordentlich groß war der Verbrauch; sehr groß war auch der Bedarf an kurzen Handfeuerwaffen (Selbstladepistolen), zu deren starker Verwendung der Grabenkrieg und die vielfachen Sonderformationen der Fußtruppen zwangen.

Die erstrebte Steigerung der Feuergeschwindigkeit hatte man im Frieden durch Einführung einer Maschinenwaffe erreicht. Durch diese Ausgestaltung war das Gewehr zwar komplizierter geworden und erforderte mehrere Bedienungsmannschaften; seine Feuerkraft war dafür aber auch um ein Vielfaches gesteigert. In allen Heeren hatte man Wert darauf gelegt, daß man für die Maschinengewehre keiner Sondermunition bedürfe. Sonst aber war die Waffe recht verschieden ausgebaut worden — vor allem in der Richtung, ob man sich zur Wasserkühlung oder Luftkühlung des Laufes, zum schweren Schlitten oder dem leichteren dreibeinigen Bod als Lafette entschlossen hatte. Diesen Grundfragen hatte sich auch der Transport der Waffe durch Hunde, Maultiere, Tragepferde oder bespannte Fahrzeuge anpassen müssen.

Das deutsche Heer ging mit dem außerordentlich soliden, aber auch sehr schweren Maschinengewehr 08 in den Krieg. Seine Leistungen waren hervorragend; seine hohe Bewertung blieb bis zum Kriegsende unverändert. Allerdings wurde seine Beweglichkeit beim Angriff durch sein großes Gewicht beeinträchtigt. Die erwünschte Änderung ließ sich bei dem schnell verlaufenden Bewegungskrieg 1914 nicht ermöglichen. Als aber auch in dem anschließenden Stellungskriege zahlreiche Gefechtsmomente ein leichteres Maschinengewehr oder ein Schulter-Selbstladegewehr als notwendig zeigten, als besonders bei feindlichen Einbrüchen die schweren Maschinengewehre in den Gräben nicht rechtzeitig zurückgeführt werden konnten, als endlich auch der Erfolg des ein großes Ziel darbietenden Schützens durch eine kleinere Lafette sich als dringend erwünscht zeigte, trat man an die

Neukonstruktion heran; durch sie erstrebte man zugleich den Ersatz des Gurimagazins durch ein angehängtes, eine sofortige Feuerbereitschaft gewährendes Kasten- oder Trommel- oder Streifenmagazin.

Die gleiche Notwendigkeit der Gewichtsverringerung hatte sich auch bei den Gegnern herausgebildet. Die von den Franzosen als erste herausgebrachte Lösung des Fusil mitrailleur machte sich in den Kämpfen recht unangenehm fühlbar, bis die deutsche Heeresverwaltung der Truppe mit dem leichten Maschinengewehr 08/15 eine mindestens ebenbürtige Waffe gab. Neben ihm blieb das schwere Maschinengewehr bestehen.

Die Forderung aufs höchste gesteigerter Feuerabgabe wurde im Kriege immer dringender, obschon die Mannschaftszahlen der Kompagnien dauernd abnahmen. Der Ausgleich konnte nur in einer ununterbrochenen Vermehrung der Maschinengewehre gefunden werden; den Weg beschritten alle Mächte. Aber nicht nur bei der Infanterie machte sich diese Notwendigkeit geltend, sondern bei allen Waffen; auch schien es bald erwünscht, daß die höheren Verbände besondere Maschinengewehrformationen als Reserve zu ihrer Verfügung erhielten. In welchem außerordentlich starken Umfange diese Vermehrung erfolgte, zeigt die Zusammenstellung S. 25.

So kam es, daß trotz stetig sich vermindender Mannschaftsstärken die Feuerkraft der Infanterieverbände zunahm; daß den Maschinengewehrtruppen die Durchführung des Feuerkampfes bis zur Entscheidung und den mit Maschinengewehren, Handgranaten und der blanken Waffe ausgerüsteten Stoßtruppen die Erzwingung des Erfolges zufiel.

Bevor die Schaffung der leichten Maschinengewehre die endgültige Lösung einer Erleichterung des Maschinengewehrs brachte, suchte sich die Truppe durch Herstellung behelfsmäßiger Lasetten zu helfen. Von diesen wurde eine Sonderkonstruktion — natürlich sorgfältiger durchgearbeitet — in die Ausrüstung übernommen: die Lasette zur Bekämpfung der Luftschiffe und Flugzeuge, die ein ungehindertes Schwenken um 360° und eine möglichst der Senkrechten nabekommende Erhöhung bei bequemem Sitz des Richtschüßen gestatten mußte (s. S. 29).

Eine besonders schwierige Aufgabe stellte die Forderung einer Angriffs- und Abwehrwaffe für die Luftfahrzeuge. Selbstredend kam hierfür nur ein Maschinengewehr in Frage, das aber nach seiner Konstruktion und seiner Lasettierung den eigenartigen Forderungen der sie tragenden Flugzeuge angepaßt werden mußte. In besonderem Maße traf das für Einsitzerflugzeuge zu, deren Führer gleichzeitig steuern und kämpfen sollte. Zahlreiche, sinnreiche Konstruktionen haben die Flieger zur Erfüllung ihrer schweren Aufgabe befähigt.

Blieben trotz der wechselnden neuen Aufgaben die Handfeuerwaffen in ihrem Aufbau unverändert, so brachten doch andere Kriegsverhältnisse

Änderungen mit sich. Der Mangel an Rohstoffen erzwang eine Umgestaltung insofern, als an Stelle hochwertiger Rohmaterialien Ersatzstoffe benutzt werden mußten, ohne daß doch die Güte der Waffe eine Minderung erfahren durfte. Dieser außerordentlich schwierigen Aufgabe ist die Technik bis zum Schluß gerecht geworden.

Wenn auch die Gewehre und Maschinengewehre im allgemeinen allen Anforderungen der Kämpfe entsprachen, so versagten sie doch einzelnen Sonderaufgaben gegenüber. Da die Waffen nicht geändert werden konnten, mußte die Munition den neuen Zielen angepaßt werden.

Gegen lebende und auch gegen tote Ziele des Bewegungskrieges reichte die alte Munition aus. Als der Stellungskrieg stärkere Deckungen hervorrief, als zu den verstärkten Brustwehren, Sandsäcken und starken Bohlen Schutzschilde aus Stahl, Nickel- und Chromstahl traten, genügte die Durchschlagkraft der Geschosse nicht mehr; ebenso nicht gegen die — wenn auch anfänglich schwachen — Panzerungen der Kraftwagen usw. Ausreichende Wirkung aber mußte geschaffen werden; man fand sie im deutschen Heere durch Einführung eines Geschosses mit Stahlkern, das erst gegen die stark gepanzerten Tanks seit Herbst 1917 versagte. Gegen diese gefährlichen Ziele fand man ein Gegenmittel nur durch die Wahl eines größeren Kalibers mit der dazugehörigen schweren Munition, durch das T-Gewehr.

Auch die Bekämpfung der Luftfahrzeuge (Luftschiffe, Flugzeuge, Fesselballone) war mit der ursprünglichen Munition nicht zu bewirken. Es galt einmal, zur Feststellung der Lage der Geschoszbahn zu dem schnell fliegenden Flugzeug eine Erkennbarkeit der Geschoszbahn zu erreichen; man fand die Möglichkeit durch die Leuchtspurmunition. Weiter galt es, Ballonhüllen, Ballonfüllungen und Benzinfüllungen in Brand zu setzen, um das Luftfahrzeug zum Absturz zu bringen; auch hierfür fand man ein Mittel in der Brandmunition.

Stärker noch, als auf die Herstellung der Waffen, wirkte die Rohstofflage auf die Munition ein. Außerlich mußte, schon um das auch auf Außerlichkeiten ruhende Vertrauen der Mannschaften nicht zu erschüttern, naturgemäß die Munition unverändert bleiben; aber außer der Form modelte sie sich im Kriege völlig um. Der Kupfermangel erzwang den Ersatz des Messings der Patronenhülse durch eine gezogene Stahlblechhülle — eine tief einschneidende, erst nach unzähligen, mühsamen Versuchen zur Brauchbarkeit ausgebildete Maßregel. Der Mangel an Nickel führte zu einer anderen Masse für den Geschossmantel; der Wegfall zahlreicher Rohstoffe forderte eine veränderte Herstellung der Ladung und des Zündsatzes. Alle diese Änderungen mußten ertragen werden; sie mußten auch durchgeführt werden, ohne daß die Eigenschaften des Schusses merklich hätten geändert

werden dürfen. Allen diesen zweifellos einschneidenden Maßnahmen konnte die deutsche Industrie in ausreichender Wirkung nachkommen.

So sind das alte Gewehr, das schwere Maschinengewehr 08 und das leichte Maschinengewehr 08/15 gegenüber allen Kampfansprüchen durch sachgemäße Anpassung an die neuen Kampfziele bis zum Kriegsende voll leistungsfähig geblieben. Den Waffen und der Munition mußten alle sonstigen, für den Gebrauch unentbehrlichen Geräte angepaßt werden; die Visiere, die Beobachtungsmöglichkeiten, das Meßgerät, die Zielfernrohre usw. steigerten durch eine sorgsam fortschreitende Entwicklung die Wirkung der Waffe selbst außerordentlich.

Eine ganze Reihe verschiedenster Großtaten der Technik und der Industrie nach Art und Masse sind notwendig gewesen, um durch einwandfreie Massenherstellung den deutschen Kampftruppen die Möglichkeit zähen, überlegenen Kampfes zu ermöglichen. Sie haben die ihr durch die Kampfverhältnisse auferlegten Ansprüche restlos erfüllt.

## b. Die technische Ausführung.

Von Hauptmann R o p f und Hauptmann S c h m i d t.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 1 und 2.)

### 1. Hand- und Faustfeuerwaffen.

Die Technik hatte die Armeen der kriegführenden Großmächte mit Feuerwaffen ausgerüstet, die wohl nicht als gleichwertig, jedoch allgemein als gleich brauchbar anzusehen waren.

Die Gewehre der Linientruppen waren durchweg Mehrladen mit Zylinderverschlüssen und — außer in England — mit symmetrischer Warzenverriegelung, sowie mit Selbstspannung. Als Patrone wurde eine flaschenförmige Metallpatrone mit rauchlosem Pulver verwendet. Der Drall, meist rechtsgängig, ist gleichmäßig, nur Italien hat zunehmenden Drall.

Von der Kavallerie und besonderen Formationen wurde ein kürzeres Gewehr oder ein Karabiner geführt, nur England und die Vereinigten Staaten hatten ihre Armeen mit einem verkürzten „Einheitsgewehr“ ausgerüstet.

Die von Tag zu Tag sich steigende Überlastung der Waffenfabriken brachte es mit sich, daß die Technik größere oder grundlegende Veränderungen an den eingeführten Waffen nur schwer oder gar nicht ausführen konnte. So ist es nicht zu verwundern, daß die im Frieden geführten Gewehre ziemlich unverändert beibehalten und nur die dringlichsten Abstände behelfsmäßig beseitigt wurden.

Deutschland war mit dem bekannten und im Laufe des Krieges sich sehr bewährenden Gewehr 98 (Schußf. 4,22 kg) ausgerüstet, einer Mauserkonstruktion mit Drehzylinderverschluß und mit einem im Mittelschaft versenkten, unten geschlossenen Kasten für 5 Patronen (Ladestriemen).

Die große Nähe der feindlichen Gräben im Stellungskrieg — bis 50 m — und damit der bei dem niedrigsten Visier 400 auf den nächsten Entfernungen ungünstige Haltepunkt veranlaßten dazu, die Gewehre durch Anpassung von Hilfskornen zum Fledschuß auf kürzere Entfernungen zu bringen. Die Beobachtungstätigkeit des Gegners durch schlecht sichtbare, kleine Scharten führte zur Ausgabe von Zielfernrohrgewehren (s. Abschnitt Optische Hilfsmittel). Die in den letzten Augenblicken einer Verteidigung notwendige höchste Feuerkraft machte die Ausrüstung des Gewehrs mit einem 25schüssigen Anstichmagazin notwendig.

Die Kampfführung in Gräben führte zu zahlreichen Hemmungen durch Verschmutzung. Abhilfe wurde zuerst durch einen Schloßschützer aus Stoff, später durch einen solchen aus Metall geschaffen, der, fest an der Kammer angebracht, sich mit derselben bewegte und kaum die Handlichkeit der Waffe verminderte. Dem Bestreben nach voller Deckung beim Schießen hinter der Brustwehr suchte die Industrie durch Schaffung eines Spiegeltolbens gerecht zu werden.

Für den Kampf bei Dunkelheit gab ein Leuchtvisier mit Leuchtkorn dem Gewehr eine erhöhte Verwendbarkeit.

In Flugzeugen und Luftschiffen wurden neben Maschinengewehren auch Selbstlader (Mauser-Selbstladekarabiner, Mauser-Festungselbstlader und Fliegerfeldladerkarabiner 15 System Mondragon) verwendet. Eine Anzahl Feldbatterien wurden versuchsweise mit diesem Selbstlader (Tafel 1,1; Schußf. 9,3 kg) ausgerüstet, einer 30 schüssigen Waffe mit festem, in der Nähe der Mündung angebohrtem Laufe, dessen durch sieben Warzen statt verriegelter Gradzugzylinderverschluß mit Hammerschloß durch ein Kolbengestänge betätigt wird, auf welches die durch die erwähnte Anbohrung ausströmenden Gase wirken. Dieser bis jetzt zuverlässigste und einfachste Selbstlader war dem später auftauchenden französischen Selbstladegewehr gleichen Konstruktionsprinzips bei weitem überlegen, zeigte sich aber im Felde gegenüber der weniger sorgfamen Behandlung zu empfindlich und bestätigte damit die Ansicht, daß die Selbstlader in ihrer heutigen Entwicklungsstufe für eine allgemeine Bewaffnung nicht als kriegsbrauchbar anzusehen sind.

Die von den Gegnern in den Kampf geworfenen Tanks brachten der deutschen Waffentechnik eine ihrer Glanzleistungen. Ein durchweg neues Gewehr mit dem unwahrscheinlich klingenden Kaliber von 13 mm, eine Einlader-Mauser-Konstruktion (Tafel 1,2; Schußf. 17,3 kg), wurde von der alt-

bewährten Waffenfabrik Mauser in der unglaublich kurzen Zeit von Dezember 1917 bis April 1918 fertiggestellt. Im April bereits begann die Ausgabe der aus der Massenfertigung kommenden T-Gewehre. Daß hierbei die Beschaffung der Maschinen und des Materials zu Läufen, Schloßteilen und Zubehör wegen ihrer abweichend großen Abmessungen auf besondere Schwierigkeiten stieß, sei besonders betont.

Die deutsche Kavallerie sowie einige Spezialformationen waren mit dem Karabiner 98 ausgerüstet, der sich bei etwas verminderten Schußleistungen im wesentlichen nur durch seine verringerte Lauflänge und andere Visierung vom Gewehr unterschied. Der durch diese Kürzung des Laues verursachte Nachteil des größeren Mündungsfeuers machte aber bald die Einführung eines Mündungsfeuerfängers notwendig, da die Kavallerieschützen nicht sofort als solche erkannt werden durften.

Österreich war mit einer Mannlicher-Konstruktion, Modell 95 mit Gradzugzylinderverschluss, ausgerüstet. Japan führte das aus mehreren Systemen kombinierte Arisaka Meidji 38, Italien eine nach Carcano abgeänderte Mannlicher-Konstruktion, Modell 91, dessen Karabinermodell wegen des umklappbaren Bajonets Erwähnung verdient.

Rußlands Linientruppen rückten mit dem Dreiliniengewehr M 91, Mosin-Nagant (Schußf. 4,4 kg) ins Feld, einem Mehrlader mit unten geschlossenem, mit abklappbarem Kastenbodendeckel versehenen Mittelschaftsmagazin für 5 Patronen (Ladestreifen) und Drehzylinderverschluss.

Frankreich paßte im Laufe des Krieges das an feinem, für die harte D Patrone viel zu kurzen Karabiner (Schußf. 3,1 kg) befindliche, 3 Patronen in Rahmen fassende Mittelschaftsmagazin dem Lebelgewehr 86/93 (Schußf. 4,25 kg) an, welches bis dahin mit einem im Vorderenschaft liegenden, einzeln zu ladenden Röhrenmagazin versehen war. Die plumpe, stark sich verjüngende Form der Patrone zwang dazu, das 25schüssige Magazin in Halbkreisform zu konstruieren.

Der im Laufe des Krieges bei einer Anzahl Formationen zur Einführung gelangende Selbstlader (Tafel 1, a; Schußf. 5,5 kg) für 5 Patronen in Rahmen beruhte auf demselben Konstruktionsgedanken wie der deutsche, war aber in technischer und konstruktiver Beziehung dem deutschen ganz erheblich unterlegen. Die mit ihm gemachten Erfahrungen entsprachen auch nach Vornahme von Verbesserungen keineswegs den darauf gesetzten Hoffnungen und führten ein Zurückgreifen auf das Lebelgewehr herbei.

Alle englischen Verbände waren mit dem kurzen Lee Enfield 03 (Schußf. 3,8 kg) als Einheitsgewehr\*) ausgerüstet. Bei ihm ist der Drehzylinderverschluss, mit einer mittleren Kammerwarze und der Kammerleit-

\*) Die Umbewaffnung der mit dem Kolb-Gewehr ausgerüsteten kanadischen Formationen erfolgte schon sehr bald.

schiene unsymmetrisch verriegelt, unpraktisch und schwach. Das abnehmbare Einsteckmagazin hält 10 Patronen (Streifenladung), die Rümme ist verstellbar. Die Waffe läßt eine gute Durchkonstruktion und gute Ausführung vermessen.

Dem Sportsinn der Angelsachsen Rechnung tragend, sind die Dienstgewehre mit der für den Schützensport sehr brauchbaren, für das Gesecht jedoch verfehlten Diopter-Visierung — an Stelle der Rümme tritt ein dem Auge möglichst naheliegendes, kleines Loch — ausgestattet. Auch Amerika hat diese Eigentümlichkeit an seinen Gewehren aufzuweisen.

Die Vereinigten Staaten besaßen in ihrem Einheitsgewehr Springfield M. 03 (Schußf. 4 kg), einer Mauserkonstruktion mit Kastenmagazin für 5 Patronen in Streifen, eine weit bessere Waffe als England. Gegen Ende des Krieges traten bei den Vereinigten Staaten-Truppen neue Einheitsgewehre, „U. S. Modell 1917“ (Tafel 1,4; Schußf. 4,6 kg), auf. Diese haben etwas größere Länge, seitlich angebrachte Hebefischerung, nur nicht verschlebbares Dioptervisier und einen Schloßhalter, der nicht mehr als Magazinsperre dient; das Magazin faßt 7 Patronen (Ladestreifen).

Die ungeheuren, plötzlichen Anforderungen an Waffen machten es bei uns und unseren Gegnern notwendig, auf Bestände älterer Waffen zurückzugreifen. Besonders hinter der Front befindliche Truppen wurden auf diese Art aushilfsweise bewaffnet. Auch von Beutegewehren, die für die verwendete Munition ungeändert wurden, wurde eifrig Gebrauch gemacht. Rußland war vor Beginn der amerikanischen Hilfe sogar gezwungen, bei Frontformationen auf alte Waffen zurückzugreifen und verwendete das im Jahre 1891 abgeschaffte Verdan II (Zylinderverschluß).

Im weit höherem Maße trat dieser Mangel bei den *F a u s t f e u e r w a s s e n* auf. Eingeführt war in der deutschen Armee die ausgezeichnete Pistole 08 (Schußf. 1 kg), ein Selbstlader von 9 mm Kaliber mit Kniegefehtverschluß und beweglichem Lauf, dessen im Handgriff untergebrachtes Magazin 8 Patronen faßte. Über 30 verschiedene Modelle von Selbstladepistolen mußten daneben zur Ausgabe gelangen; außer Mauser, Steyer und Wapard auch Taschenpistolen wie Browning, Dreyse und andere. Bei unseren Gegnern war ebenfalls von einer einheitlichen Ausrüstung mit Faustfeuerwaffen keine Rede.

Das Verlangen nach einer kurzen, aber leistungsfähigen Feuerwaffe für den Stellungskrieg veranlaßte, die Pistole 08 mit verlängertem Lauf und Anschlagkolben (Tafel 1,5), die für die Feldartillerie anstatt des Karabiners eingeführt war, mit einem 32 schüssigen Trommelmagazin zu versehen (Schußf. 3 kg). Da sie sich durchaus bewährte und durch ihre kleine und leichte Munition die Munitionsversorgung sehr erleichterte,

entschloß man sich für den Grabenkrieg zur Einführung der Maschinenpistole 18 (Tafel 1,6; schußf. 5,2 kg), einer kurzen 32schüssigen Maschinenwaffe für die Pistolenmunition 08, die alle Vorzüge einer Sturmabwehr- und Grabenwaffe vereinigete und ihre Brauchbarkeit glänzend bewies. Der Verschuß ist ein einfacher, massiger, gefederter Zylinderverschluß mit einem Schlagbolzenschloß, bei dem ein Einführen der Patrone in den Lauf nur bei sofortiger Zündung möglich ist. Die Ausbalancierung der Waffe erlaubt ein kürzeres oder längeres gezieltes Dauerfeuer von der Schulter in allen Anschlagsarten. Der aus der Waffenfabrik Theodor Bergmann, Suhl, hervorgegangenen, denkbar einfachsten Konstruktion ist es zu verdanken, daß trotz der ungeheuren Schwierigkeiten im Jahre 1918 in sehr kurzer Zeit sowohl eine Massenfertigung großen Stils, als auch eine gründliche Ausbildung der Truppe durchgeführt werden konnte. Die Maschinenpistolen wurden bei der Infanterie in Trupps zu 2 oder 6 Pistolen geführt.

Offenbar als Ersatz für leichte Maschinengewehre hatten die Italiener eine doppelläufige Maschinenpistole (Tafel 1,7), in einem Panzerschild montiert, eingeführt. Die Schußfolge ist außerordentlich groß, so daß die kleinen, 25 schüssigen Magazine rasch erschossen sind. Der leichte Frikionsdrehriegelverschluß arbeitet wenig zuverlässig.

Die Abgeschlossenheit Deutschlands von Zufuhr jeder Art zwang dazu, nur im Inlande vorhandenes Material zu verwenden. Am sichtbarsten trat dies an den Schäften der Gewehre zutage, welche nicht mehr aus Nußbaum, sondern aus Buchen-, Birken-, Ahorn- und Rüsternholz gemacht werden mußten, Hölzer, die sich teilweise bewährten.

Auch die zu Lauf und Verschuß verwendeten Stähle konnten nicht mehr aus dem hochwertigen Rohmaterial hergestellt werden. Auch hier mußte durch entsprechende Bearbeitung des schlechteren Ausgangsmaterials dieselbe Güte wie früher erzielt werden, was der Ausdauer und Güte unserer Industrie nahezu gelang.

## 2. Maschinengewehre.

Seit dem Russisch-Japanischen Kriege hatte sich in immer steigendem Maße die Erkenntnis Bahn gebrochen, daß das Maschinengewehr als Hilfswaffe der Infanterie nicht zu entbehren sei. Im Weltkriege entwickelte sich diese Waffe zu einer Hauptwaffe der Infanterie und zu einer Hilfswaffe aller Truppengattungen. (S. Zusammenstellung I, S. 25.)

Eine Weiterentwicklung der Technik konnte der Krieg nicht bringen, da, neben dem alle Erwartungen übersteigenden Waffenbedarf, die Industrie, besonders die auf sich selbst gestellte Deutschlands, nicht in der

Lage war, neue kriegsbrauchbare Systeme zu entwickeln. Der Forderung des Krieges nach einem Schulter-Maschinengewehr mußte durch Erleichterung der vorhandenen Waffen nachgekommen werden. Nur Frankreich brachte ein neues, aber unvollkommenes Maschinengewehrsystem heraus, da es anscheinend seine Maschinengewehre nicht entsprechend umändern konnte. Über das amerikanische Browning-System fehlen nähere konstruktive Angaben.

Am meisten im Gebrauch war das Maxim-System (1884 erfunden), das auch in Deutschland eingeführt ist. Das Kennzeichen des Maxim-Maschinengewehrs ist ein überknickter Kniegelenkverschluß, welcher sich beim Schuß zusammen mit dem Lauf zurückbewegt. Infolge Gleitens auf einer Kurve wird diese Überknickung aufgehoben, dadurch die Trennung von Lauf und Verschluß bewirkt und der Schlagbolzen gespannt; gleichzeitig wird die Patronenhülse aus dem Lauf und eine neue Patrone aus dem Zuführer gezogen. Durch eine seitlich angebrachte Zugfeder, welche durch die vorher beschriebene Bewegung gespannt wurde, wird der Verschluß wieder nach vorn bewegt, dadurch gleichzeitig eine neue Patrone in den Lauf geschoben und eine weitere im Zuführer vorgerückt, sowie die leere Hülse ausgestoßen. Solange der Abzug durch ein Druckstück zurückgezogen wird und sich Patronen im Gurt befinden, schießt das Maschinengewehr ununterbrochen — Dauerfeuer. Die Schußfolge beträgt durchschnittlich 100 Schuß in 12 Sekunden.

Der Lauf ist von einem Mantel umgeben, der Wasser — im Winter Kühlflüssigkeit — enthält, um die schnelle Erhitzung des Laufes zu verhindern. Die deutsche Marine hat ein vom Maschinengewehr 08 etwas abweichendes Schloß — ähnlich dem russischen.

Die sonstigen Abweichungen der Maxim-Maschinengewehre der übrigen Staaten sind unwesentlich. Als Schießgestell hat nur Deutschland den Schlitten eingeführt, die übrigen Staaten verwenden einen Dreifuß, Rußland die Sokolow-Lafette.

Das kurz vor und nach Kriegsausbruch in England eingeführte Vickers-Maschinengewehr, ebenfalls nach dem Maxim-Prinzip gebaut, ist durch Umkehrung des Schloffes und durch Verlegung der Abzugsvorrichtung nach oben erheblich erleichtert, der Schloßmechanismus vereinfacht worden. (Anzahl der Teile: beim deutschen Maschinengewehr 08 235, russischen Maschinengewehr 202, beim Maschinengewehr Vickers nur 144.)

Alle Maxim-Systeme haben sich im Kriege voll bewährt und den französischen Maschinengewehren überlegen gezeigt. Diese (Maschinengewehr 07, Tafel 1,8 und Hotchkiss-Maschinengewehr) sind schwerer als die neueren Maxim-Maschinengewehre (siehe Zusammenstellung II, Seite 30/31), und haben eine nicht ausreichende Luftkühlung (Kühlrippen bzw. Kühl-

Zusammenstellung I. Ausstattung der Truppen mit Maschinengewehren.  
1914 und 1918.

Truppen	Deutschland		Österreich		Frankreich		England		Rußland		Japan		Amerika	
	1914	1918	1914	1918	1914	1918	1914	1918	1914	1917	1914	1918	1914	1918
Infanterie-Datalione . . . . .	12	24	2	8-10	2	12	64	2	48	10-12	12	64		
Infanterie-Regimenter . . . . .	6									8			2	
Kavallerie-Regimenter . . . . .		12		4			2			2	2		12	
Kavallerie-Brigaden . . . . .						2								
Summe bei den Infanterie-Divisionen . . . . .	24	108	24	80	24	108	576	24	64	336	32	36	18	225
Summe bei den Kavallerie-Divisionen . . . . .	6	6-12	72		6	6	48	30	48	8	6	12		
Außerdem Artillerie-Zeitelungen . . . . .		8				9		9	9				berf.	
Flak-Zeitelungen . . . . .		39		berf.		berf.		berf.	berf.		?			?
Skolonnen und Train		berf.				"								?
Außerdem Bewaffnung der Flieger, Sanfts, Panzerkraftwagen, Autos, M.G.-Züge usw. . . . .				berf.		"			berf.		berf.			?

Erklärung: s = schwere M.G., l = leichte M.G.

wulste). Durch eine Bohrung des feststehenden Laufes wirken die Gase auf einen unter Federdruck stehenden Kolben, durch den die übrigen Teile in Tätigkeit gesetzt werden, um das Entriegeln, Öffnen und Schließen des Verschlusses, Ausziehen und Auswerfen der Patronen bzw. Hülsen, Schließen und Verriegeln des Verschlusses zu bewirken. Der Grabzugverschluss des Hotchkiss-Maschinengewehrs besitzt den Vorzug größerer Einfachheit vor dem später eingeführten Maschinengewehr 07 und hat sich im Kriege besser bewährt, sodaß es 1916 mit einigen unwesentlichen Verbesserungen wieder eingeführt wurde. Die Schußfolge beim Hotchkiss-Maschinengewehr beträgt 100 Schuß in 11 Sekunden, einschließlich Nachladen der Metallabstreifen. Beim Maschinengewehr 07 gestattet ein Feuerregler eine verschiedene Schußfolge.

Beim italienischen Fiat-Revelli-Maschinengewehr bewegen sich Lauf, Hülse und die lange viertantige Kammer verriegelt zurück, bis ein im Kasten befindlicher Verriegelungshebel die Kammer freigibt, die nunmehr allein weiter zurückläuft. Die Patronenversorgung erfolgt durch ein Kastenmagazin mit 50 Patronen, das durch eine besondere Umfahrvorrichtung von links nach rechts durch den Kasten hindurchgeführt wird.

Das in Österreich-Ungarn eingeführte Schwarzlose-Maschinengewehr zeichnet sich durch einfachen Bau aus und hat sich dem Maxim-Maschinengewehr ebenbürtig gezeigt. Der wassergekühlte Lauf ist feststehend und wird wie bei den französischen Maschinengewehren nach vorn herausgeschraubt, ein Nachteil gegen die Maxim-Maschinengewehre, bei denen der Laufwechsel nach dem Schützen zu erfolgt. Das Kennzeichen des Schwarzlose-Maschinengewehrs ist ein schwerer, durch eine Feder abgestützter, unverriegelter Kniegelenkverschluss, der beim Schuß durch den Gasdruck sich zurückbewegt und das Maschinengewehr betätigt. Da das Herausziehen der Hülse noch während der Klemmwirkung des Gasdrucks erfolgt, mußte ein selbsttätiger Oler angebracht werden.

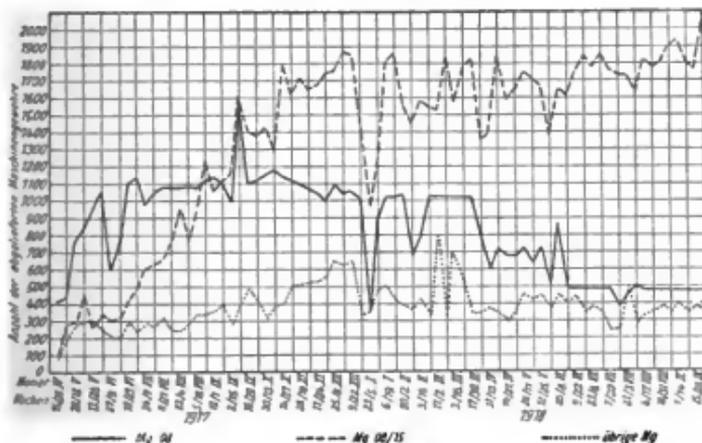
Handmaschinengewehre waren im Anfang des Krieges bei keinem Staat in Gebrauch, die vorhandenen leichten Maschinengewehre (l. Hotchkiss- und engl. Lewis-Maschinengewehr) dienten nur zur Flugzeugbewaffnung.

Die ersten Kämpfe des Jahres 1914 zeigten bereits, daß die Ausstattung mit Maschinengewehren nicht genügte. Da die Heimat zunächst nicht in der Lage war, den großen Anforderungen an Maschinengewehre nachzukommen, mußten sich die Truppen mit den zahlreich vorhandenen Beute-Maschinengewehren behelfen, von denen die russischen Maschinengewehre für S-Rmunition umgeändert wurden.

Außer der Gewehrabrik Spandau und den Deutschen Waffen- und Munitionsfabriken, die das Maschinengewehr 08 fertigten, konnten nur zwei andere Fabriken, Bergmann in Suhl und die Rheinische Metallwaren-

fabriken in Sömmerda schon bei Kriegsausbruch Maschinengewehre herstellen (das Bergmann-Maschinengewehr 15 und Dreysse-Maschinengewehr). Trotzdem diese Maschinengewehre noch Mängel zeigten, die erst im Verlauf des Krieges abgestellt werden konnten, wurden sie der Truppe überwiesen, um dem empfindlichen Mangel abzuhelpfen. Die beiden letzten Systeme sind einander ähnlich und zeichnen sich durch einfachen Bau aus. Der bewegliche Lauf und Gradzugzylinderverschluß bewegen sich anfangs stark verriegelt zurück. Die Vorholfeder befindet sich im Dedel.

Die dringend notwendige, erhebliche Steigerung der Erzeugung konnte aber erst durch Einrichtung neuer und durch Heranziehung von Privat-



Halbmonatliche Erzeugung an Maschinengewehren 1917/18.

fabriken, sowie durch Änderung des Fabrikationsganges bei weitestgehender Unterteilung erzielt werden. Die nun einsehende gewaltige Steigerung der Maschinengewehrfertigung veranschaulicht vorstehende Kurve.

Der bei Ausbruch des Krieges nur bei einzelnen Truppenteilen in Versuch befindliche Schutzhild wurde sämtlichen Truppen ins Feld nachgeschickt. Bei der beschleunigten Massenherstellung zeichnete sich besonders die Bismarckhütte in Oberschlesien insofern aus, als sie die Schilde außerordentlich schnell herstellte und mit Wagen und Kraftwagen auf eigene Kosten an die Ostfront sandte. Der 25 kg schwere Schild schützte die gesamte Maschinengewehr-Bedienung gegen Schrapnells und bis 200 m gegen Infanteriegeschosse. Er hat in bedecktem Gelände und im Stellungskriege oft gute Dienste geleistet, sich aber bei den später auftretenden Kampfzörmern wegen seiner Größe und Schwere nicht bewährt. Der kleine

russische Schild bot nicht genügend Schutz; Versuche mit dreiteiligen Schilden sind nicht zum Abschluß gekommen. Ein von der Firma Benzli in Graubenz kostenlos gelieferter Mantelpanzer schützte den Mantel des Maschinengewehrs und deckte den Schitz des Schildes ab; es machte aber das Maschinengewehr noch schwerer, fand daher nur an ruhigen Fronten Verwendung. Zur Abdichtung zererschossener Maschinengewehr-Mäntel dienten Federklammern. Die Einführung eines Rückstoßverstärkers, mit dem die Maschinengewehre der anderen Staaten schon im Frieden ausgerüstet waren, brachte ein zuverlässigeres Arbeiten der Waffe und glich dadurch etwaige Mängel der Massenfertigung aus. Mit dem Rückstoßverstärker wurde ein Mündungsfeuerdämpfer verbunden, um die Erkennbarkeit feuernder Maschinengewehre bei Nacht zu erschweren. Leuchtvisiere erleichterten das Nichten bei Nacht. Die Patronenlasten und Wassertessel 08 wurden durch Patronenlasten und Wasserlasten 15, die statt 2, nur noch 1 Patronengurt zu 250 bzw. weniger Wasser enthielten, ersetzt, weil das Gewicht der alten Patronenlasten und Wassertessel den Mann in der Feuerzone bei der Bewegung zu sehr behinderten. Später erleichterten „Maschinengewehrhandwagen“ die Fortbewegung des Maschinengewehrgeräts und der Munition auf längere Strecken. Maschinengewehr-Gebirgsabteilungen und Kavalleriezüge mit besonderer Maschinengewehrausrüstung (Maschinengewehr-Tragefäße, Kragen, Gebirgsfahrzeuge, statt der Schlitten Dreifuß usw.), wurden aufgestellt. Um das Einfrieren der Kühlfüssigkeit zu verhindern, wurden Heizvorrichtungen ausgegeben.

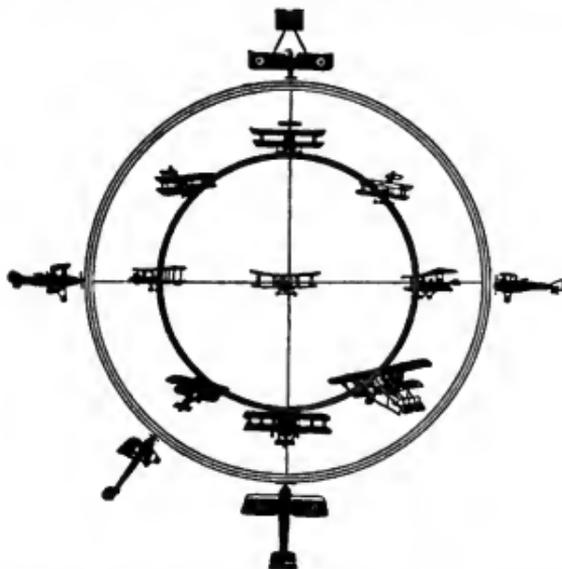
Die durch Druck betätigte Abzugsvorrichtung wurde in eine solche durch Zug geändert. Um den Einfluß der auf die Maschinengewehre schädlich einwirkenden Gase bei Gasangriffen aufzuheben, wurde das Maschinengewehr-Reinigungsfett 16 eingeführt, das in Verbindung mit dem kältebeständigen Maschinengewehr-Öl 16 ein gutes Schmiermittel bildete. Trotz der Schwierigkeiten der Öl- und Fettversorgung, gelang es, das Heer ausreichend mit diesen wichtigen Schmiermitteln zu versehen.

Die Forderung schnellster Verwendungsmöglichkeit des Maschinengewehrs führte zunächst dazu, auf den nahen Entfernungen den im Grabenkrieg schweren und unhandlichen Schlitten durch die Maschinengewehr-Hilfslafette zu ersetzen; diese Lafette ermöglichte gleichzeitig mit Hilfe von eingegrabenen Pfählen, Kolonnen-Dreifußen oder eines Auffahstüdes zum Maschinengewehr Schlitten und bei Anwendung eines Kreistorns den Beschuß auf Flieger und gestattete auch die Verwendung sämtlicher Beute-Maschinengewehre (Tafel 1, a).

Die Forderung, mit den in zweiter und dritter Linie aufgestellten Maschinengewehren die vorderste Stellung oder bei verdeckter Aufstellung die Deckung zu überschießen, zwang dazu, den Maschinengewehren in-

direktes Schießen zu ermöglichen. Neben besonders hierfür geeigneter Munition wurden Richtmittel eingeführt, an deren Schaffung die Firma Emil Busch, Rathenow, in hervorragender Weise beteiligt war. Die Richtmittel bestanden aus einem Richtkreis mit Auffahrohr (einer Art Schützengrabenspiegel) zum Bestimmen von Seiten- und Höhenrichtung, dem Richtaufsatz am Maschinengewehr zum Einstellen der gewollten Richtungen und einem Ableseinstrument, dem Meßdreieck. Bervollständigt wurden diese Richtmittel durch Begrenzungsvorrichtungen, welche die Garbe nach Seite und Höhe zwangsausüßig begrenzten und dem Entfernungsmesser, der hier seine Vorzüge voll entfalten konnte.

Der Kampf gegen niedrigfliegende Flugzeuge führte zu einem einfachen, für die meisten vorkommenden Fälle ausreichend genauen und sich



gut bewährenden Zielmittel, dem Kreisform, dessen Zielweise aus der vorstehenden Skizze hervorgeht.

Auch unsere Gegner führten auf diesem Gebiete ähnlich geartete Neuerungen ein.

Die wechselnden Kampfformen nötigten aber zu weiteren Erleichterungen und führten zur Einführung der leichten Maschinengewehre.

Es wurde unbedingt gefordert, daß das Maschinengewehr nur von einem Mann getragen und im Notfall auch bedient werden konnte. Diese

## Zusammenstellung II. der eingeführten Raifinengewehr-Konstruktionen.

Zf. Nr.	Staat und Art	Korn über mm	Patronenzuführung		Schießgefäß	Gewichte			Verschöpfungsmittel	
			Art	Anzahl der Patronen		eigentl. Pat. ohne Wasser	Pat. mit Wasser	Patrone		
1.	I. Deutschland R. G. 08 . . . . .	7,9	Gurt Gurt- trommel	250 100	Schlitzen	17,5	21,5	31,5	53	
2.	I. R. G. 08* . . . . .					im Flugzeug	13,2	16	1	17
3.	R. G. 08/15* . . . . .					Gabelstübe	11	.	.	11
4.	I. R. G. 08/15* . . . . .					im Flugzeug	12,5	.	1	13,5
5.	R. G. 08/18* . . . . .					Gabelstübe	11	12,8	.	12,8
6.	R. G. 14 (Parabelum*) . . . . .					im Luftschiff	9,5	.	.	9,5
7.	I. R. G. 14* . . . . .					im Flugzeug	12	.	1	13
8.	R. G. 15 (Bergmann*) . . . . .					Gabelstübe	10,2	20,2	1	21
9.	Drenje R. G.* . . . . .					.	.	.	.	.
10.	II. Österreich- Ungarn Schwarzlose . . . . . I. Schwarzlose* . . . . .	250 8	Dreifuß Gabelstübe	19,6	22,4	19	41,4	Tragtier		

Soweit nicht in Aufschlüsse aber Flugzeuge eingebaut, Flugzeuge: und zwar für Schw. R. G. Projektilen, für I. R. G. G. Reitwagen (Ventilschiffen).  
An der Feuerzone: Handwagen.  
Ob. R. G. R. und Kav. R. G.züge auf Tragtieren.

III. Frankreich										
11.	Hotchkiss	24 300	Dreifuß	24	23	47	} am Anfang des Krieges } Tragtiter, später kleine } Karren			
12.	L. Hotchkiss *)	24	im Stützgeug Dreifuß	12	.	12	} Erhöhe			
13.	Pr. G. 07	25 300	Gewehrflüge	25	33	58	}			
14.	Reuß militärlleuer *)	20		9	.	9	}			
IV. England										
15.	Maxim-Pr. G. Pr. II.	250	Dreifuß	28	32	54	}			
16.	G. Blakers Pr. G.	250		13	17	39	}			
17.	Cemls Pr. G. *)	47	Gewehrflüge	12,5	.	15,3 13,8	} Tragtiter und Stützgeug			
18.	Cott Pr. G.	200 u. 250	Dreifuß	17	.	21	}			
V. Rußland										
19.	Maxim-Pr. G.	250	Dreifuß Räder	19	23	55	} zweiträd. Geschwragen } ober Tragtiter			
20.	Tablen	25	Gewehrflüge	9	.	9	} Tragtiter			
21.	Cott Pr. G. *)	250 u. 200	Dreifuß	17	.	38	} Geschwragen ober } Tragtiter			
VI. Italien										
22.	Pr. G. 11	250		14	18	37	} zweiträdige Wagon ober } Tragtiter			
23.	Viat 14	50		17	22	43	}			
VII. Amerika										
24.	I. Browning Pr. G.	350		.	16	?	} Tragtiter und Stützgeug			
25.	I. Browning Pr. G.	20 u. 40	Gewehrflüge	7	.	7	}			

\*) Erst im Kriege eingeführt Pr. G.

Aufgabe war nur durch Einführung eines leichteren Schulter-Maschinengewehrs, wie es die Engländer bereits im Lewis-Maschinengewehr und die Franzosen im Fusil mitrailleur besaßen, zu lösen.

Das Konstruktionsprinzip des Lewis-Maschinengewehrs (Tafel 2,1), ursprünglich für Flugzeuge eingeführt, ist das des Hotchkiss-Maschinengewehrs. Der Schlagbolzenansatz der mit einer Zahnstange verbundenen Kolbenstange zwingt — nach etwa 40 mm Rücklauf — die durch Warzen verriegelte Kammer zur Drehung und damit zur Entriegelung. Bei weiterer Rückwärtsbewegung wird die uhrfederartige Zugfeder gespannt, eine obere Kammerwarze bewirkt die Drehung der aufgesetzten Patronentrommel, deren Patronen von oben vor das Laufloch fallen. Die Schußfolge beträgt 100 Schuß in 15 Sekunden, einschließlich Laden der 47 Patronen enthaltenden Patronentrommel. Die eigenartige Laufkühlung (radial in einem offenen Mantel angeordnete Rippen) ermöglicht die Abgabe von 500 bis 600 Schuß hintereinander. Empfindlich sind die nur 47 Schuß enthaltenden Patronentrommeln. Leichtes Gewicht, Handlichkeit und Einfachheit (nur 66 Teile gegen 235 Teile beim Maschinengewehr 08), machen es handlich und brauchbar.

Die Franzosen haben das Lewis-Maschinengewehr neben dem Flugzeug-Hotchkiss-Maschinengewehr geführt, die Infanterie wurde mit dem Fusil mitrailleur (Tafel 2,2) ausgerüstet. Dieses einfache, aber auch technisch unvollkommene, gewehrartig gebaute Maschinengewehr wird durch langen Rücklauf, starr verriegelten Gradzugzylinderverschluss mit losem drehbaren Verschlusskopf und Schlagbolzenstoß gekennzeichnet.

Das sehr empfindliche, offene, fischelförmige Magazin, dessen Feder leicht erlahmt, faßt 25 Patronen, die im Einzel- oder Reihenfeuer abgegeben werden; eine am Maschinengewehr befestigte Gabelstütze dient als Auflagegestell, die Luftkühlung durch ein auf den Lauf aufgeschobenes Aluminium-Rohr ist nicht ausreichend.

Trotz seiner großen Nachteile hat dieses einfache Maschinengewehr, weil es in Massen schnell an die Front gebracht werden konnte, einen großen Einfluß ausgeübt.

Es zwang die deutsche Industrie zu schnellster Herstellung leichter Schulter-Maschinengewehre. Eine Neukonstruktion war wegen der Kürze der Zeit ausgeschlossen. Man mußte sich darauf beschränken, das bewährte Maschinengewehr 08 den Verhältnissen gemäß umzugestalten. So entstand das Maschinengewehr 08/15, bei dem die, die innere Tätigkeit (Verschluß und Ladeeinrichtung) nicht berührenden Teile unverändert gelassen wurden (Tafel 2,3). Eine Trommel mit 100 Patronen (Patronentasten 16) gab stete Feuerbereitschaft; als Schießgestell diente eine Gabelstütze.

Dieses Maschinengewehr war an Feuerkraft den leichten Maschinengewehren der Feinde überlegen, doch erfüllt es an Einfachheit und Handlichkeit nicht die Anforderungen, die an ein leichtes Infanterie-Maschinengewehr gestellt werden müssen. Als Vorteil erschien der Beibehalt des bereits eingeführten, bekannten Systems, so daß eine Neuausbildung vermieden wurde.

Das gleiche Maschinengewehr, aber mit abnehmbarem Anschlagkolben und Luftkühlung, wurde später für Kavallerie und Radfahrer als Maschinengewehr 08/18 eingeführt (Tafel 1, a).

Die zur Flugzeugbewaffnung bestimmten leichten Maschinengewehre 08 und 08/15 entsprechen den bei der Infanterie eingeführten Maschinengewehren, nur daß an Stelle des Wassermantels Luftkühlung getreten ist. Als Maschinengewehr 14 fand ein nach dem Magim-Prinzip gebautes, aber erleichtertes Maschinengewehr mit zentral gelagerter Feder für Luftschiffe, mit Luftkühlung für Flugzeuge Verwendung.

Die Österreicher versuchten das Schwarzlose-Maschinengewehr durch Fortlassung des Wassermantels und Anbringung einer Schulterstütze als Handmaschinengewehr zu verwenden.

Rußland nahm das vom Russisch-Japanischen Kriege her bekannte Maschinengewehr (in Deutschland als Mustete von den Musketen-Bataillonen geführt), wieder in Gebrauch.

Italien beschränkte sich auf die Verwendung der Maschinepistole (siehe Pistolen Seite 23).

So hat die Entwicklung der Maschinengewehrmasse im Kriege zur Trennung zwischen dem vielseitigen schweren Maschinengewehr der Maschinengewehrtruppen und dem leichten Schulter-Maschinengewehr des Infanteristen geführt. (Vgl. Zusammenstellung II, Seite 30/31.)

Aufgabe der Technik wird es sein, in Zukunft diese Abgrenzung konstruktiv noch schärfer durchzuführen.

### 3. Die Munition.

Den meisten Neuerungen und grundlegendsten Änderungen war der Schießbedarf unterworfen.

Gewehre und Maschinengewehre verschossen dieselbe Munition. Die Patronenhülse war bei allen Munitionsarten desselben Staates naturgemäß gleich, ebenso das Pulver, wenn auch die Ladungen meist geändert wurden.

Die Patronenhülsen aus mehr oder weniger hochwertigem Messing (65 bis 75 % Cu) hatten Flaschenform mit konischem Pulverraum und teils Rippen, teils Ränder für die Auszieherkralle oder den Patronenträger. Nur Japan und das 13-mm-Kaliber hatten eine Rand-Rippenhülse.

Das Pulver war meist reines Schießwollpulver (Blättchen), nur wenige Staaten hatten nitroglycerinhaltige Schießwollpulver (Faden- oder Röhrenform).

Die Zündung geschah durch den Schlag des Schlagbolzens auf ein zentral gelagertes Zündhütchen mit Knallquecksilberfüllung.

#### Normale Munition.

Deutschland besaß in seinem Spitzgeschöß (Tafel 2,4), mit rund 900 m/sec Anfangsgeschwindigkeit ein auf den nahen Entfernungen außerordentlich rasantes Geschöß, dessen Treffgenauigkeit nicht so leicht zu überbieten war.

Frankreich hatte in seiner balle D (Tafel 2,6) bei rund 740 m/sec Anfangsgeschwindigkeit, einem Spitzgeschöß mit oerjüngtem Ende aus Kupfer, im Kriege aus Tombak, ein auf den nahen Entfernungen dem S-Geschöß unterlegenes, auf den weiten Entfernungen erheblich überlegenes Geschöß.

Für die Wahl der Geschößarten war, außer den für die Munitionsausrüstung so wichtigen Gewichtsoerhältnissen (150 Patronen S wiegen mit Ladestreifen 3,75 kg, 150 balle D Patronen dagegen mit Laderahmen 4,6 kg), die taktische Anschauung über den Feuerkampf maßgebend gewesen: der Deutsche suchte auf den nahen Entfernungen die Entscheidung im Feuerkampf herbeizuführen, der Franzose wollte das Feuer bereits auf großen Entfernungen entscheidend aufnehmen.

In dem für schwere Maschinengewehre und vor allem für das indirekte Schießen eingeführten schweren S-Geschöß (Tafel 2,2), mit 785 m/sec Anfangsgeschwindigkeit erstand aber der balle D ein auf allen Entfernungen überlegener Gegner.

England verschoß sein bekanntermaßen als Dum-Dum wirkendes Geschöß, Marke VII (Tafel 2,7), mit 745 m/sec Anfangsgeschwindigkeit, dessen Kern aus zwei Teilen besteht. Den vorderen Teil des nickelkupferplattierten Mantels füllt eine Aluminiumspitze aus, die später durch eine Papiereinlage ersetzt wurde, den hinteren Teil füllt Blei. Diese leichte Spitze hatte auf nahe Entfernungen eine etwas bessere Präzision zur Folge.

Die Vereinigten Staaten verwendeten ebenfalls ein Spitzgeschöß (Tafel 2,8) mit der sehr großen Ladung von 3,5 g und 825 m/sec Anfangsgeschwindigkeit, ebenso Rußland (Tafel 2,9) mit rund 900 m/sec und Japan (Tafel 2,10).

Während alle diese Spitzgeschöße nur mäßige Abweichungen von den Leistungen des deutschen S-Geschößes aufweisen, waren die Leistungen der von Österreich (Tafel 2,12) mit 620 m/sec und Italien (Tafel 2,11) mit 710 m/sec geführten Geschöße mit ogioaler (abgerundeter) Kopfform in ballistischer Beziehung erheblich schlechter.

## Sondermunition.

Das Auftreten widerstandsfähiger Ziele, besonders von Schuttschilden, Flugzeugen usw. setzte die Wirkung der Bleikerngeschosse sehr herunter. Der Stahl des Panzers mußte mit dem Stahl des Geschosses bekämpft werden. Der Einbau des Kerns in die Panzergeschosse fand bei allen Staaten in ähnlicher Weise statt. Andere Arten, wie Stahlspitzengeschosse, ganze Stahlgeschosse usw., hatten sich nicht bewährt. Der Kern aus bestem Wolframstahl (Tafel 2,14), wurde in den mit einem dünnen Bleihemd ausgefüllerten Stahlmantel hineingepreßt. Die Konstruktion ist nicht sehr einfach, weshalb die Engländer (Tafel 2,10) diese auch bald verließen und zu der einfacheren französischen Bauart (Tafel 2,15) übergingen, bei welcher der Kern nur in einem Kupfermantel, sinngemäß der Kugel D, gebettet ist.

Amerika bzw. Rußland verwendeten eine ganz besondere Konstruktion, indem sie den Kern von oben einsetzten, das Geschos also an der Spitze offen ließen und diese Spitze entsprechend dem mittelbaren Führungsmittel aus Blei oder Kupfer (Tafel 2,17 u. 18) fertigten. Diese Geschosse erzielten aber keine Besserleistung.

In diese Gruppe gehört auch das T. (Tant-) Geschos (Tafel 2,13), von 13 mm Kaliber, das ähnlich wie das deutsche Panzergeschos gebaut ist und außerordentlich günstige ballistische Leistungen aufweist. Auch diese 13 mm Munition wurde in der überaus kurzen Zeit von etwa 3 Monaten konstruiert und erprobt, was um so mehr bedeutet, als Hülsen, Pulver, Zündhütchen und Geschos neben dazu notwendigen Versuchsläufen usw. vollständig neu herzustellen und aufeinander abzustimmen waren, um die vorgeschriebenen Leistungen zu erreichen.

Einen Überblick über die Leistungen der Panzergeschosse gibt folgende Tabelle:

	Entfernung			
	100 m	200 m	400 m	1000 m
Deutsche S-Munition . . .	5,5 mm	5,2 mm	4,2 mm	2 mm
„ Panzer-Munition . . .	11 „	10,5 „	9 „	5,5 „
„ L-spur-Munition . . .	„	„	6 „	3 „
„ 13 mm . . . . .	26 „	23,5 „	21,5 „	18 „
Französische Kugel D . . .	5 „	4,5 „	4 „	2,2 „
Englische Marke VII . . .	5 „	5 „	4 „	1,8 „
Französische Panzer-Munition	—	10 „	—	—

(Die Zahlen geben die noch bedeckende Schildstärke in mm an.)

Der Kampf gegenüber den immer zahlreicher auftretenden Fliegern ließ den Wunsch auftreten, die Geschosflugbahn sichtbar zu machen. Als das brauchbarste und zuverlässigste ergab sich das Lichtspurgeschos, das seine Flugbahn durch eine am hinteren Ende austretende sichtbare Flamme kenntlich macht. Hier gingen die einzelnen Staaten verschiedene

Wege. Während Deutschland (Tafel 2,20) und England (Tafel 2,22) das Lichtspurgeßoh als Wirkungsgeschoß — mit eingelegtem Stahlkern — bauten, begnügten sich Frankreich (Tafel 2,21) und die Vereinigten Staaten (Tafel 2,23) mit einem reinen Leuchtgeschoß. Erstere beiden Staaten konnten also mit den Lichtspurgeßossen schon Flugzeuge wirksam bekämpfen, während die letzteren ihre Leuchtgeschoße mit anderen Geschoßen zusammen verfeuern mußten, wenn sie Wirkung haben wollten. Frankreich verwandte aus Flugzeugen noch Leuchtspurgeßosse aus Bronze von 11 mm Kaliber (Tafel 2,24), hauptsächlich zum Bekämpfen von Fesselballonen, die aus einem auf 11 mm ausgebohrten Maxim-Maschinengewehr verschossen wurden.

An der Fertigung der deutschen Lichtspurgeßosse, die bis auf 900 bis 1000 m leuchteten, waren besonders beteiligt: die Chemische Fabrik Th. Goldschmidt in Essen, die Autogen Gasakkumulatoren A. G. in Berlin, sowie die Farbwerke Höchst a. M.

Dem Bestreben, jeden Treffer im Flugzeug verderbenbringend zu gestalten, entsprangen die sogenannten Phosphorgeschoße (Tafel 2,25 bis 2,27). An diesen Geschoßen, die mit gelbem Phosphor gefüllt waren, schmolz durch die Erwärmung des Geschoßes im Lauf ein mit Lichtlot geschlossenes Loch auf, so daß der erwärmte Phosphor austrat, der sich bei Berührung mit der Luft entzündete. Der austretende Phosphor setzte die im Flugzeug entstehenden Benzin- usw. Dämpfe in Brand. Die später verbesserte Konstruktion (deutsche: Tafel 2,25 und englische: Tafel 2,27) hatte noch erhöhte und zuverlässigere Wirkung, da beim Auftreffen die im hinteren Teile des Geschoßes befindlichen Bleistücke den vorn befindlichen Phosphor gewaltsam aus dem Geschoß herauspreßten oder den Mantel sogar sprengten. Als Nebenerscheinung machte der ausfließende Phosphor die Flugbahn durch Rauch- bzw. Lichtpunkte kenntlich. Sehr verdient machten sich um die Herstellung der Phosphorgeschoße die Fabrik für Feinmechanik Carl Lindström in Berlin, die Farbwerke Höchst a. M. und die Chemische Fabrik Merck in Darmstadt.

Die größte Schwierigkeit bei der Konstruktion derartiger Geschoße bestand darin, daß sie ungefähr dieselben ballistischen Leistungen aufweisen mußten wie die Normalgeschoße. Das war natürlich bei den veränderten Gewichts- und Formverhältnissen nicht restlos möglich. Da aber die Sondergeschoße nur beschränkte Reichweite besaßen, so brauchte diese Forderung auch nur innerhalb dieser Grenzen (Lichtspurgeßosse bis 1000 m, Phosphorgeschoße bis 400 m) erfüllt zu werden, was auch so gut gelang, daß alle diese Geschoßarten, um größte Wirkung zu erreichen, ohne weiteres miteinander gemischt verfeuert werden konnten. Die Streuung war natürlich größer geworden.

Die Herstellung der Munition war sehr beeinflusst durch den Rohstoffmangel. Die an Stelle der Messinghülle eingeführte Eisenhülle wurde besonders durch die staatlichen Munitionsfabriken und die Württembergische Metallwarenfabrik Geislingen durch lange und schwierige Versuche bei schon erschwelter Materialbeschaffung erst voll verwendbar gestaltet. Die nickeltupferplattierten Geschossmäntel mußten durch tombakplattierte und galvanisch verkupferte ersetzt werden, das zum Ziehen der Mäntel verwendete Flußeisen war nicht mehr das gute alte. Auch Zündhütchen und Pulver mußten aus Mangel an Quecksilber und Baumwolle sich Umänderungen gefallen lassen. Die Stahlsterne der Panzer- und Leuchtspurgeschosse mußten aus reinem Kohlenstoffstahl hergestellt werden, der durch Bearbeitung vergütet werden mußte. Bei der riesigen Ausnutzung der Industrie, der Fülle der Aufgaben und der Schnelligkeit der geforderten Abhilfe waren diese Erschwerungen nicht leicht zu überwinden, vor allem, da eine Verschlechterung der Leistungen auf keinen Fall eintreten durfte.

Bedenkt man, daß die Munitionsindustrie nur auf ungeheure Massenfertigung eingestellt war, also die größte Trägheit bei Umänderungen aufwies, daß mit deren Fertigfabrikaten die Armee bei dem ungeheuren Verbrauch sozusagen „von der Hand in den Mund“ lebte, und ein Nachlassen sich daher sofort an der Front bemerkbar machen mußte, so darf man sagen, daß die Munitionsindustrie die sich immer mehr steigenden Ausgaben aufs glänzendste löste und ihre Pflicht gegen das Vaterland voll erfüllte.

## II. Infanterie-Nahkampfwaffen.

### a. Die militärischen Grundlagen.

Von Generalleutnant *J. D. Schwarte*.

**N**ahkampfwaffen der Infanterie gab es schon vor Kriegsbeginn. Bei den Kämpfen um Port Arthur hatten Russen und Japaner dort, wo die Feuerwaffen versagten, sich durch feldmäßig hergestellte Handgranaten zu helfen gesucht. Unter Anlehnung an eine sorgfältiger durchkonstruierte Handgranate war schon damals eine Gewehrgranate entstanden. — Bei der Übertragung der Lehren des ostasiatischen Krieges in die europäischen Heere wurden Hand- und Gewehrgranaten auch in die deutschen Vorschriften aufgenommen, aber als ein gewissermaßen exotisches, aus den dortigen örtlichen und völkischen Verhältnissen entstandenes Erzeugnis, dem man keine entscheidende Bedeutung beilegte. Pioniere sollten in der feldmäßigen Her-

stellung von Handgranaten geübt sein; an eine sorgfältig durchkonstruierte Waffe und eine systematische Schulung dachte niemand.

Auch Minenwerfer gab es vor dem Kriege im deutschen Heere. Allerdings hatte man diese neue Waffe lediglich aus den Bedürfnissen des Festungskrieges heraus gebaut, um bestimmte Aufgaben (Zerstören der Drahthindernisse, der Panzer und Betonbauten) zu lösen, zu denen die weit abstehende schwere Artillerie nicht befähigt war. Man wollte große Sprengladungen aus kurzer Entfernung, also mit größter Treffgenauigkeit und Beobachtungsfähigkeit, gegen jene kleinsten, widerstandsfähigsten Ziele schleudern können. Dieser Forderung entsprach es auch, daß ein „schwerer“ Minenwerfer der erste seiner Art war.

Die von ihm bei den Versuchen erwiesene gewaltige Wirkung als Angriffswaffe führte naturgemäß zu einem Gegenstück, einer gleichartigen Abwehrwaffe, für den Verteidiger. Man wollte ein ähnlich gebautes Gerät besitzen, das beweglicher, also leichter, sein sollte und dessen Wirkung gegen die schweren Minenwerfer und die weniger widerstandsfähigen, feldmäßigen Einbauten des Belagerers ausreichen würde. Es entstand als „mittlerer“ Minenwerfer, dessen Einführung in die Festungsbestände 1914 befohlen wurde, während der schwere Minenwerfer ein Bestandteil des Pionier-Belagerungstrains wurde.

Die Gleichberechtigung der Handgranate mit der Schußwaffe, das Auftreten der Minenwerfer im Feldkriege und der Einsatz beider Waffen in ungeheuren Massen sind allerdings Erscheinungen, die sich erst aus den Kampfbedingungen des Weltkrieges entwickelten — ebenso, daß sie vielfach in den Gefechten eine direkt entscheidende Rolle gewinnen konnten. — Die Absicht, die wirkungsvolle Waffe des Minenwerfers zu einer unmittelbaren Hilfswaffe der Infanterie in Gestalt eines leichten Geräts auszubilden, hatte 1914 noch zu keinem abschließenden Ergebnis geführt.

Die Einführung der Minenwerfer war geheim gehalten worden und damit auf die deutsche Armee beschränkt geblieben. Immerhin wirkten sie trotz ihrer geringen Zahl und sehr beschränkten Munitionsausrüstung bei Lüttich, Namur und Antwerpen vortrefflich mit.

Die Handgranate erlebte dagegen erst im Stellungskrieg ihre Neubelebung. Die Schützengruppen waren bei dem „Wettkampf nach dem Meere“ als Gräben an den Stellen erstarrt, wo die beiderseitigen Kräfte ins Gleichgewicht gekommen waren. Sie lagen vielfach einander dicht gegenüber und wurden, als man sich von der Notwendigkeit des längeren Aushaltens in ihnen überzeugte, immer besser ausgebaut. Je tiefer sie wurden, desto mehr versagten die Gewehre mit ihrer flach gestreckten Flugbahn. Trotzdem ging der Kampf weiter. Der Zwang, hierbei den Gegner auch dicht hinter den steilen Grabenwänden erreichen zu müssen, führte zu

einer ganzen Reihe behelfsmäßiger Wurfaffen, die zwar modernste Sprengstoffe benutzten, aber sonst fast an mittelalterliche Waffen erinnerten. Immerhin hatten sie, trotz ihrer Urwüchsigkeit, wenigstens etwas Erfolg, indes die Feueraffen ganz versagten.

Die heimatische Industrie nahm die im Felde entstandenen Notwendigkeiten als Grundlage, um für sie zuerst in behelfsmäßiger, später in sorgfältig durchkonstruierter Form Wurfaffen für nächste, nahe und mittlere Entfernungen zu schaffen. Aus den mit der Hand geschleuderten Konfervendosen, die mit einer in einfachster Art zur Detonation gebrachten Sprengladung gefüllt waren, entwickelte sie die Handgranaten in verschiedenster Gestalt, aus den mit feldmäßigen Mitteln geworfenen Ladungen die Gewehrgranate, den Granatwerfer und den leichten Minenwerfer — alle gegen lebende Ziele bestimmt.

So zeigte sich die eigenartige Erscheinung, daß man bei der im Frieden dauernd erstrebten Wirkungssteigerung der Handfeueraffen in eine zu einseitige Richtung gekommen war. Die Artillerie hatte sich allerdings als Flach- wie als Steilfeuerwaffe entwickelt. Aber um eine ausreichende Wirkung zu bringen, war die letztere zu Mindestschußweiten gezwungen, welche infolge der natürlichen Streuung die erforderliche Treffgenauigkeit gegen kleinste Ziele ausschloß. Die große Sprengwirkung der Geschosse gefährdete bei Beschießung des feindlichen vordersten Grabens überdies die dicht davor stehende eigene Grabenbesetzung auf das schwerste.

Die Wirkung der im Felde geschaffenen Wurfaffen erwies sich als gering, gegen Eindeckungen leichtester Art gleich Null. Die große Wirkung der bei den belgischen Festungen erprobten Minenwerfer lud zu ihrem Einsatz auch im Stellungskriege ein. Aber ihre Zahl war zu klein. Der sofortigen starken Vermehrung standen große Hindernisse entgegen — vor allem die nicht vorhergesehenen ungeheuren artilleristischen Bedürfnisse und der außerordentliche Sprengstoffbedarf, da für beides nicht vorgesorgt war. Auch war die heimische Industrie auf die Herstellung von Minenwerfern in großen Massen nicht eingerichtet; nur die Rhein-Metallwaren- und Maschinenfabrik in Düsseldorf, die an ihrer Entwicklung von Beginn an maßgebend mitgewirkt hatte, konnte — in anfänglich beschränktem Umfange — sofort in die Massenherstellung eintreten.

Die Verhältnisse an der Front drängten. So kam es, daß man als Aushilfe die feldmäßigen Konstruktionen der Truppe hinter der Front und in der Heimat durch in der Herstellung einfache, behelfsmäßige, aber doch etwas wirkungsvollere Erzeugnisse ersetzte (Mausler-, Lanz-, Ehrhardt-, Magener-, Genter-, Albrecht-W. W.). Mit ihnen half sich die Truppe über die kritische Zeit, in der die Franzosen, von der amerikanischen Industrie auf das stärkste unterstützt, Geschütze, behelfsmäßige Minenwerfer und

Munition in weit überlegenen Mengen an die Kampffront bringen konnten.

In der Heimat schloß man die Konstruktion des leichten gezogenen Minenwerfers beschleunigt ab und steigerte die Herstellung aller gezogenen Minenwerferarten so weit, wie es Arbeiter- und Materialverhältnisse irgend zuließen. Gleichzeitig wußte man sich auch den schlechter werdenden Rohstoffen und dem Sprengstoffersatz anzupassen.

Dabei stieg mit der wachsenden Stärke der Feldbefestigungen der Bedarf unaufhörlich. Die sehr guten Schußleistungen der Minenwerfer, die, eng an die Infanterie angegliedert, bei ihrer zunächst grundsätzlich beabsichtigten geringen Schußweite auch in ihrer Nähe in Stellung gingen, hatten aber nunmehr zur Folge, daß die feindliche Artillerie ihr Feuer gegen sie vereinigte und durch die massierte Aufstellung große Verluste entstanden. Das führte zur Zurückziehung der Minenwerfer hinter die Infanterie. Andererseits aber rief die allmählich eintretende Tiefenstaffelung der gesamten Stellungen des Gegners die Forderung hervor, auch deren rückwärts liegende Teile unter Feuer zu nehmen — wenigstens bis zu der Grenze, wo die eigene Artillerie ihre volle Wirkung entfalten konnte. Diese Forderung konnte nur durch eine Steigerung der Schußweite erfüllt werden; mit ihr verband man den Wunsch einer Steigerung der Feuereschwindigkeit. Beiden wurde die Industrie gerecht; sie konnte es, weil sich unterdes eine Reihe anderer Werte auf die Herstellung von Minenwerfern und vor allem von Minenwerfermunition eingerichtet und umgestellt hatte.

Infolge der gesteigerten Wirkung aber vermochten die Minenwerfer nunmehr die Artillerie von einem Teil ihrer Rahkampfaufgaben zu entlasten. Man nutzte das um so lieber aus, als der Materialverbrauch bei ihnen erheblich geringer war als bei der Artillerie, weil kleinere Werte zu ihrer Herstellung herangezogen werden konnten, die für artilleristischen Bedarf nicht in Frage kamen, und weil endlich zu dem Bedarf des eigenen Heeres der recht erhebliche Bedarf der Bundesgenossen trat.

Das kam scharf zum Ausdruck, als das sogenannte Hindenburg-Programm von der Industrie eine Verdoppelung der bisherigen Erzeugung für alles Heeresgerät, für die Minenwerfer aber eine Verdreifachung um das Fünf- oder Sechsfache forderte.

Die an der Front eingefetzten Minenwerfer waren bei Lüttich, Namur, Maubeuge und Antwerpen von Pionieren bedient worden; dabei blieb es auch zunächst, obgleich die steigende Zahl der behelfsmäßigen und der gezogenen Minenwerfer erhebliche Anforderungen an die — an sich schon viel zu geringen — Kräfte der Pionier-Bataillone und Kompagnien stellte. Man hatte Minenwerferabteilungen mit 2 bis 6 Werfern zusammengestellt,

bis im Sommer 1915 für jedes Armeekorps je eine leichte, mittlere und schwere Minenwerferabteilung formiert wurde. Damit ergab sich aber auch die Möglichkeit eines anderen taktischen Einsatzes. Hatte man sie bisher einzeln zu bestimmten Aufgaben eingesetzt, so gab die größere Zahl verschiedenartig wirkender Minenwerfer nunmehr die Möglichkeit, wirkungsvollstes Steilfeuer gegen bestimmte Teile der feindlichen Gräben zu bestimmten Befehlsaufträgen zusammenzufassen. Außerdem wurden Minenwerferbataillone aufgestellt zur Verfügung der Obersten Heeresleitung, die an besonders wichtigen Stellen als Verstärkung eingesetzt werden sollten.

Im Herbst 1915 erhielt jede Division eine Minenwerferkompagnie, die anfangs 2 schwere, 4 mittlere, 6 leichte, später 3 schwere, 6 mittlere, 12 leichte Minenwerfer umfaßte, 1916 jede Division zwei Minenwerferkompagnien, jede Armee ein besonderes Minenwerferbataillon. Auch Gebirgs-Minenwerferkompagnien zu 4 mittleren, 8 leichten Minenwerfern wurden formiert.

Mit dieser Ausstattung kämpften die deutschen Heere die Sommeschlacht durch. In dieser zeigte sich aber, daß die infolge ihres Gewichts an den Aufstellungsort gebundenen schweren und mittleren Minenwerfer in dem rasenden Trommelfeuer der vielfach überlegenen feindlichen Artillerie zertrümmert wurden, während sich die leichter beweglichen leichten Minenwerfer ihm vielfach entziehen und dann bei der Abwehr entscheidend eingreifen konnten. Der Forderung, daraufhin nochmals die Zahl der Minenwerferverbände zu vermehren, stellte sich aber der Mannschaftsmangel entgegen. Man schritt zu der Aushilfe, die leichten Minenwerfer den Infanteriekompagnien zu überweisen und den Minenwerferverbänden nur die mittleren und schweren Minenwerfer zu belassen. Um die Infanterie mit der neuen Waffe schnell vertraut zu machen, wurden Armeeminenwerferschulen eingerichtet — eine Maßregel, die vollen Erfolg hatte.

Zu dem Wunsche einer nochmaligen Steigerung der Schußweiten traten aus den sich immerzu ändernden Kampfverhältnissen heraus aber dauernd weitere Forderungen. Die Grabeneinbauten wurden immer widerstandsfähiger und gleichzeitig immer tiefer versenkt; das zwang zu größerer Eindringungstiefe der Minen (d. h. zu Zündern mit Verzögerung) und gesteigerter Sprengwirkung der schweren Minen. Das bewegliche Angriffsverfahren des Jahres 1917 und die Offensiven von 1918 forderten andererseits, wollte man bei ihnen nicht auf die bewährten Minenwerfer verzichten, eine erhöhte Beweglichkeit der leichten Minenwerfer. Endlich zwang die zunehmende Gefährlichkeit der Tanks zu einer ihrer Widerstandskraft angepaßten, gesteigerten Wirkung. Auch diesen neuen Forderungen wurde die deutsche Industrie gerecht. Ein Flachbahngestell ergab

auch für die Minenwerfer eine größere Verwendungsmöglichkeit, ein La-fettenschwanz eine der Infanterie angepasste Beweglichkeit; die notwendigen Änderungen umfaßten anfangs die leichten, später aber auch einen Teil der mittleren Minenwerfer.

Endlich gelang es auch, die Minenwerfer — allerdings in einer ganz abweichenden Bauart — für den Gas Kampf herzurichten und dazu einzu-legen; die Bedienung dieser Waffe überließ man den besonderen Minen-werferbataillonen der Armeekorps.

In dieser Ausgestaltung traten die Minenwerfer in den letzten Kampf des Jahres 1918 ein; an ihnen hat es nicht gelegen, wenn er nicht zum Erfolge führte! — Als neue Waffe, anfangs dem eigenen Heere fremd und mit Mißtrauen aufgenommen, den Gegnern unbekannt, wußten sie sich, von der Heeresleitung verständnisvoll gefördert und von der heimatischen Industrie dauernd nach Wirkung und Zahl gesteigert, zu einem mit-entscheidenden Kampfmittel zu entwickeln, dem der Gegner bis zum Schluß nichts Gleichwertiges entgegenstellen konnte. Sie waren eins der un-entbehrlichen Kampfmittel, die es uns ermöglichten, der ungeheuren Über-legenheit der Feinde über vier Jahre hindurch das Gleichgewicht zu halten.

## b. Die technische Ausführung.

Von Dipl.-Ingenieur R u m p f f.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 3.)

### 1. Die Handgranate.

Zu Beginn des Feldzuges war der Infanterie diese später für sie schier unentbehrliche Waffe ganz unbekannt. Die Gefechtslage erforderte anfangs auch nicht dieses Kampfmittel, da die Schußwaffe während des Bewegungskrieges ausschlaggebend war. Als später die Fronten erstarrten und sich die Gegner auf Wurfweite gegenüberlagen, wurde die Nachfrage nach der Handgranate plötzlich eine sehr große. Es mußten besondere Pionierkommandos aufgestellt werden, um den Bedarf der Kampftruppe an Handgranaten zu befriedigen. Die Truppe half sich zunächst selber und stellte in den Pionierparks behelfsmäßige Handgranaten her. Diese bestanden aus einer kleinen Sprengladung, die durch eine ein-fache Zündschnur und besonderen Reibzündsatz eine Sprengkapsel und dadurch die Sprengladung zur Detonation brachte. Man benutzte zur Herstellung von Handgranaten nicht nur freie Ladungen, sondern auch leere, gebrauchte Konservendbüchsen, Holzkrüben, Pappschachteln mit und ohne Draht bzw. Nägel und dergl. und stellte so mehr oder weniger voll-kommene Wurfgeschosse her. Die Handhabung dieser behelfsmäßigen Waffe

war nicht ungefährlich und erforderte neben einer persönlichen Geschicklichkeit große Überlegung und Kaltblütigkeit. Infolgedessen konnte sich ihr Gebrauch auch nur auf besondere Pionierkommandos beschränken oder auf kleine Trupps der Infanterie, die durch Pioniere ausgebildet wurden.

Es war klar, daß diese Herstellung von Handgranaten nur ein vorübergehender Zustand sein konnte, da die Fronttruppen allein nicht imstande waren, ihren großen Bedarf an dem neuen Kampfmittel selber zu decken. Man trat daher in der Heimat sogleich an die Schaffung einer Handgranate heran, die weit vollkommener und mit wirtschaftlicheren Mitteln den gleichen Zweck besser erfüllte wie die bisherigen feldmäßigen Konstruktionen. Die Technik sah sich dabei sehr ernststen Schwierigkeiten gegenübergestellt. Friedenserfahrungen lagen nur in beschränktem Maße vor, und so mußte man eine Reihe von Unvollkommenheiten mit in den Kauf nehmen, die stets bei der Einführung einer neuen Waffe, besonders im Felde, sich einstellen. Es war vorauszusehen, daß sich dadurch manche Schwierigkeiten für die Fertigung ergeben würden, die einmal in dem dauernden Umlernen der Truppe und vor allem in der womöglich gänzlichen Umstellung in der Fabrikation der Handgranate lagen. Die gewonnenen Felderfahrungen mußten dazu benutzt werden, um die neue Waffe zu verbessern. Die hierdurch bedingte Beweglichkeit in der Fabrikation mußte aber gefordert werden, da ohne eine solche die Konstruktion einer einwandfreien Waffe nicht möglich war. Die Unzuträglichkeiten, die durch das Auftauchen neuer Arten Handgranaten bei der Truppe entstanden, waren eher zu ertragen und wurden durch dauernde Unterweisung im Gebrauch der neuen Waffe behoben.

Die *Kugelhandgranate* war die erste, welche in größeren Mengen in der Heimat hergestellt wurde und auch bereits im Frieden erprobt worden war. Sie bestand aus einer gußeisernen Hohlkugel mit Schwarzpulverfüllung und wurde durch eine Zündschnur mit einer Reibzündung zur Detonation gebracht. Ihre Herstellung war einfach und vom technischen Standpunkte aus auch leicht durchzuführen, da sie in jeder, auch der kleinsten Eisengießerei erfolgen konnte. Ihr größter Nachteil lag in ihrer Empfindlichkeit gegen Rässe und ihrem etwas zu großen Gewicht. Vorteilhaft war die große Transporticherheit, da ihr die gegen jeden Stoß empfindliche Sprengkapsel fehlte. Um größere Wurfweiten zu erzielen, verließ man später die Kugelform und schuf die kleinere, ebenfalls gußeiserne *Eierhandgranate*, die bis zum Ende des Feldzuges in großen Mengen hergestellt wurde.

Der Wunsch nach größerer Wurfweite war maßgebend für die Konstruktion der *Stielhandgranate*. Diese enthält Sicherheitssprengstoff, der durch eine besondere Sprengkapsel und Zündschnur detoniert.

Der schwere gußeiserne Körper ist durch eine leichte Blechhülle ersetzt. Durch Befestigung an einem hohlen hölzernen Stiel zur Ausnahme der Zündvorrichtung erreicht man eine größere Wurfweite, ohne den Werfenden selbst wesentlich anzustrengen. Ihr größter Nachteil ist die notwendige Sprengkapsel, die beim Transport und bei der Ladung viele blutige Unfälle verursachte. Man half sich dadurch, daß die Sprengkapsel besonders transportiert und erst unmittelbar vor dem Gebrauch durch die Truppe selbst eingesetzt wurde.

Da eine gewisse Gefährlichkeit wegen der Sprengkapsel trotzdem bestehen blieb, suchte man nach weiteren technischen Vervollkommnungen, um den Werfenden möglichst vor Unfällen zu schützen. Die Forderung der Truppe, die Handgranate so zu bauen, daß der Werfende unbedingt gegen frühzeitiges Losgehen gesichert ist, bildete die Unterlage für die mannigfaltigsten Neukonstruktionen, die alle außer der geforderten Sicherheit für den Werfenden noch eine einwandfreie Sprengwirkung am Ziel und möglichst auch die Steigerung der Wurfweite bezweckten. So entstand eine Menge neuer Formen der Stielhandgranate, die sich meist in der Art der Anfeuerung der Zündschnur unterschieden. Man versuchte z. B. durch Einführung eines besonderen Zündhütchens die Zündschnur erst dann durch einen Schlagbolzen zu entzünden, wenn die Handgranate die Hand des Werfenden verließ. Nach diesem Grundsatz waren die deutschen Stielhandgranaten mit Vöfelficherung, die englischen Kugel- und die französischen birnenförmigen Handgranaten gebaut.

Man ging noch einen Schritt weiter und versuchte die Detonation der Granate erst beim Aufschlag durch eine besondere Aufschlagzündung zu erreichen. Hierzu war ein regelmäßiger Flug der Granate notwendige Voraussetzung, denn der Aufschlagzünder konnte nur beim Auftreffen auf diesen wirken. Durch Anbringen von Bändern und Stoffschirmen am hinteren Ende der Waffe suchte man diese Forderung zu erfüllen. Ferner benutzte man die Zentrifugalkraft der flachen, nach Art der alten griechischen Diskusscheiben geworfenen Diskushandgranate dazu, um die Detonation im Aufschlag zu erreichen. Alle diese Konstruktionen, die eine einwandfreie Zündung der Handgranate im Aufschlag bezweckten, gelangten nur versuchsweise an die Front und konnten wegen ihres verwickelten mechanischen Aufbaues nicht mit der technisch einfacheren Abreißzündung in Wettbewerb treten. Auch die Erprobung eines Modells, dessen Zünder im Fluge durch ein Windflügelrädchen entzündet wurde, führte aus dem gleichen Grunde zu keinem Erfolg. Es blieb nach mannigfachen, durch zahlreiche Unglücksfälle teuer erkauften Versuchen bei der schon im Frieden erproben und als behelfsmäßige Form eingeführten Stielhandgranate mit Abreißzündung.

Der enorme Frontbedarf — er dürfte sich durch die Großkampftage im Sommer 1917 und Frühjahr bis Sommer 1918 auf etwa 30 Millionen im Monat belaufen haben — bedingte von selbst einen einheitlichen Typ, für welchen man beim deutschen Heere die Form der Eierhandgranate und der Stielhandgranate wählte.

## 2. Die Gewehrgranate.

Im Frieden hatte man versucht, kleine Granaten auf Entfernungen bis etwa 200 m mittels des Infanteriegewehrs zu schießen. Diese Versuche führten zur Konstruktion einer Art gußeiserner Kugelhandgranate, die auf einem langen, in die Seele des Gewehrs passenden metallenen Stiele, dem Schießstock, saß. Durch die Ladung einer Infanteriepatrone konnte diese Granate im Steilfeuer verschossen werden. Dabei wurde die Patrone durch die Gewehrkammer, die Granate mit Schießstock von vorne eingeführt. Infolge des hohen Gewichtes der Gewehrgranate verstärkte sich auch der Rückschlag des Gewehres bedeutend. Man schoß daher mit auf dem Oberschenkel aufgesetzten Gewehr und verwendete später, um die Treffsicherheit zu erhöhen, schmiedeeiserne Gestelle. Diese erste, im Frieden nur in geringem Umfange erprobte Konstruktion zeitigte bei der Massenfertigung im Kriege wenig zuverlässige Ergebnisse und führte besonders zu großen Abnutzungen der Gewehre. Häufige Frührepiierer traten durch die wenig sachgemäße Lagerung im feuchten, schmutzigen Schützengraben auf. Infolgedessen war das Zutrauen zu dieser Waffe nicht sehr groß, ihre Verwendung — ursprünglich für den Festungskrieg als Pionierwaffe gedacht — auch gering, besonders als im Verlaufe des Feldzuges die Granatwerfer die Aufgabe der Gewehrgranaten besser erfüllten. Trotzdem glaubte man, der Infanterie eine Gewehrgranate geben zu müssen, damit sie für alle Fälle gerüstet sei; sie besaß dann im Gewehr eine Art Reserve, falls die Granat- oder Minenwerfer nicht zur Stelle waren. Die Technik hat auch hier während des Krieges ein neues und wesentlich verbessertes Modell der Gewehrgranate geschaffen. Man verzichtete bei der Neukonstruktion auf den langen Schießstock, der beim Munitionstransport in die zerwühlten vordersten Stellungen nur zu leicht Beschädigungen ausgesetzt war, und ließ die Kraft der austretenden Gase und des Infanteriegeschosses unmittelbar auf die Granate wirken. Zu dem Zweck wurde auf die Gewehrmündung ein sogenannter Schießbecher aufgesetzt, der zur Aufnahme der eigentlichen Granate diente. Diese besitzt einen sich schwach konisch verengenden Kanal, der gleichsam die Fortsetzung des Gewehrlaues bildet. Durch diesen Kanal tritt das S-Geschoß beim Abschuß und entzündet ein Zündhütchen, wodurch die Granate scharf wird, während die nachströmenden Pulvergase die Granate hinausgeschleudern.

Die Entwicklung der Gewehrgranate ist bei fast allen Armeen die gleiche gewesen. Eine ähnliche Bedeutung für den Nahkampf der Infanterie, wie sie die Handgranate und der Granatwerfer erlangten, hat sie jedoch nie bejessen.

### 3. Der Granatwerfer.

Der Wunsch, die Wurfweite der Handgranaten zu vergrößern, fand im Kriege auch noch eine andere Lösung durch den Bau des Granatwerfers. Auch hier versuchte man, zunächst durch behelfsmäßige mechanische Hilfsmittel, die vorhandenen Handgranaten auf größere Entfernungen, als sie von Hand erreicht werden konnten, zu schleudern.

Diese primitive Art der Wurfweitensteigerung ließ eine ganze Anzahl von Apparateformen entstehen, die jedoch nicht über das Versuchsstadium hinaustamen. Hierher gehören zum Beispiel die Wurfmaschinen von Bofsch u. a. m. Diese Hilfsmittel konnten die Forderungen der Truppe nach einer Wurfweitensteigerung der Granate nicht erfüllen; man wandte sich einer neuen Lösung zu, die besonders auf den ungarischen Seminarlehrer Bécer zurückzuführen ist. Dieser brachte den sogenannten Granatwerfer in Vorschlag, der später bei den verbündeten Armeen eingeführt wurde. Mit dieser Vorrichtung wurde eine Wurfgranate bis auf etwa 250 m geschossen. Der Granatwerfer bestand aus einer mit einem Sporn versehenen Bettungsplatte, auf welcher sich ein sogenannter Schießstock der Höhe und Seite nach mit Hilfe von Teilungen und Libellen einstellen ließ. In dem Schießstock war eine Schlagvorrichtung untergebracht, welche die Patrone der Wurfgranate entzündete. Mit dem Granatwerfer trat zum ersten Male ein Schießgerät in die Erscheinung, welches die Geschosse nicht aus einem Rohr schleuderte, sondern umgekehrt von einem Stocke ein über diesen gestülptes rohrartiges Geschöß verfeuerte. Diese Art des Schießens war zwar seit mehr als 100 Jahren bekannt und im Jahre 1855 in England patentiert worden, hatte aber bis zur Schaffung des neuen Granatwerfers keine Verwendung gefunden. Die Wurfgranate bestand aus einem gerillten Körper aus Temperguß, der mit Sprengstoff gefüllt war. In den Gußkörper war ein stählerner, hohlgebohrter Schaft eingeschraubt. In seinem Innern trug dieser eine Infanteriepatrone, am äußeren hinteren Ende des Schaftes als Steuer vier Flügel. Die Zündung erfolgte durch einen vorn aufgeschraubten einfachen Aufschlagzünder. Es war jedoch bei dem auftretenden großen Bedarf an Wurfgranaten unwirtschaftlich, derartig hochwertiges Material, wie es der hohle Schaft der Granate darstellte, in Massen anzufertigen und zu verschießen. Diesen Nachteil suchte die Rheinische Metallwaren- und Maschinenfabrik (Rh. W. u. M. F.) zu beheben und verfab die Wurfgranate mit einem von einem Rohr umgebenen massiven Stiel, so daß die Wurfgranate aus einem Rohr ver-

schossen werden konnte. Die Versuche führten erst gegen Ende des Krieges zu einem befriedigenden Abschluß, so daß eine allgemeine Einführung des neuen Modells nicht mehr erfolgte. Der alte Granatwerfer, nach dem Stand seines Erfinders „Priesterwerfer“ genannt, hatte sich aber sehr gut eingeführt und war auch einfach herzustellen, so daß die Massenfertigung keine Schwierigkeiten bereitete. Das ursprüngliche Modell erfuhr später eine Änderung durch die Firma Alfred Wolff. Diese stellte den Oberteil des Granatwerfers lose auf die Bettung und ließ ihn beim Schuß zurücklaufen. Dadurch wurde eine größere Standfestigkeit der verhältnismäßig kleinen Bettung erzielt.

Wiederum war es ein Österreicher, welchen der Gedanke, die Feuergeschwindigkeit des Granatwerfers beträchtlich zu steigern, zur Schaffung des sogenannten Granatschnellwerfers führte. Mit Hilfe von Preßluft gelang es ihm, besonders gestaltete Wurfgranaten durch ein langes Rohr zu treiben und so eine hohe Feuergeschwindigkeit zu erreichen. Das gleiche Treibmittel wurde in der französischen Armee bei ihrem Preßluftgranatwerfer verwendet, während bei den übrigen Armeen Pulver als Treibmittel genommen wurde.

#### 4. Die Minenwerfer.

##### Vorgeschichte und Entwicklung der Minenwerfer im Frieden.

Als wertvollste Unterstützung beim Sturm auf den feindlichen Graben, als willkommenes wirksames Mittel zur Beunruhigung der Gegner, als sicherste Maßnahme zur Beseitigung der Hindernisse und nachhaltigster Zerstörung feindlicher Gräben und Stützpunkte unmittelbar vor dem Angriff im engsten Zusammenwirken mit der stürmenden Truppe: durch diese stets von der Kampftruppe anerkannten vorzüglichen Leistungen spielten die Minenwerfer die erste Rolle unter den Angriffswaffen der Infanterie.

Die Minenwerfer, in ihrer jetzigen Form ebenso wie die Handgranate, Gewehrgranate und der Granatwerfer recht eigentliche Kriegskinder, im Sturm und Not der Zeit groß geworden und weiter vervollkommenet, waren im Frieden schon so weit durchgebildet worden, daß die deutsche Armee im August 1914 zum Schrecken und Erstaunen der Feinde mit dieser neuen und durchaus kriegsbrauchbaren Waffe in den Kämpfen um die belgischen Befestigungen große Erfolge erzielte.

Seitdem am 18. April 1907 durch das Ingenieurkomitee der Rheinischen Metallwaren- und Maschinenfabrik (Ehrhardt) in Düsseldorf die ersten Grundlagen für die Leistungen dieser neuen Waffe gegeben worden waren, ist durch die unermüdlige Arbeit besonders zweier Männer, des

damaligen Hauptmanns im Ingenieurkomitee (jetzt Oberstleutnants) Koch und Direktors Karl Böller der Rh. M. u. M. F. (1916 verunglückt) die Grundform des Minenwerfers geschaffen worden.

Ursprünglich sollte der Minenwerfer die Pioniere im Kampf um stark besetzte Punkte unterstützen und als Laufgrabenmörser besonders für den Angriff auf Festungswerke zur Zerstörung der feindlichen Hindernisse vor und im Festungsgraben sowie der Panzer und Beobachtungsstände dienen. Zu diesem Zwecke sollte dieser Mörser Geschosse mit 50 kg Sprengladung auf 200 bis 300 m Entfernung werfen und dabei eine so große Treffsicherheit besitzen, daß man mit dem Einzelschuß darauf rechnen konnte, in der angegebenen Entfernung ein Ziel in Panzergröße zu treffen.

Diese Forderung wurde erst erfüllt, als man nach den ersten Versuchen von der ursprünglich beabsichtigten Konstruktion eines glatten Rohres abfiel und auf Vorschlag der ausführenden Firma einen gezogenen Vorderlader mit Rohrrücklauf baute. So entstand der „schwere gezogene Minenwerfer“, welcher granatenähnliche Langgeschosse, die sogenannte „schwere Wurfmine“, mit dem respektablen Gewicht von 97 kg 400 m weit schoß. Als Treibladung verwendete man rauchschwaches Plattenpulver, das elektrisch, später durch eine Reibzündschraube gezündet wurde; die Sprengladung wurde durch einen Doppelzünder, der als Brenn- und Aufschlagzünder wirkte, zur Detonation gebracht. Die gewünschte geringe Streuung war bei der Konstruktion der Rh. M. u. M. F. auch erreicht worden. Man ging dann daran, einen Minenwerfer kleineren Kalibers, den „mittleren Minenwerfer“, zu bauen, welcher ursprünglich als Abwehr und zur Bekämpfung feindlicher Minenwerfer gedacht war. Er sollte einen Bestandteil der Festungsarmierung bilden und war in einzelnen Forts fest eingebaut. Seine Geschosse, die „mittlere Wurfmine“, enthielten etwa 17 kg Sprengstoff, wogen 51 kg und konnten etwa 750 m weit geschossen werden.

Schließlich ging man noch einen Schritt weiter und baute den „leichten Minenwerfer“, der mit kleinen Wurfgeschossen die Arbeit der schanzenden Infanterie beim Angriff auf Festungen stören sollte. Seine Geschosse enthielten etwa 0,55 kg Sprengstoff und wogen 4,5 kg. Die Schußweite betrug 1000 m. Die Treibladung war bei diesen Geschossen am Boden der Mine befestigt und wurde durch eine Schlagzündschraube mittels Schlagbolzens entzündet.

Mit dieser neuen Waffe war die Kampfkraft der Pioniertruppe erheblich verstärkt worden. Man wies die Minenwerfer, entsprechend ihrer Bestimmung, den Festungspionieren zu, von denen eine Kompanie in der Bedienung des neuen Gerätes ausgebildet wurde. Bei Kriegsausbruch war die Waffe noch gänzlich unbekannt, da man ihre Konstruktion geheim

gehalten hatte. Infolgedessen besaßen auch die Gegner keine auch nur einigermaßen ähnliche Waffe, wodurch der deutschen Armee erhebliche Vorteile erwuchsen. Die weitere Entwicklung des Feldzuges zum Stellungskrieg brachte der Infanterie ähnliche Aufgaben wie der Festungskampf. Infolgedessen wurden die Minenwerfer für diese Zwecke bei den Angriffen der Infanterie eingesetzt und entwickelten sich im Verlaufe des Feldzuges zur mächtigsten Angriffswaffe der Infanterie.

### Die Minenwerferwaffe.

Die von der Rh. M. u. M. F. im Auftrage des Ingenieurkomitees hergestellten Minenwerfer sind kleine mörserartige Steilfeuergeschütze, die als Vorderlader ausgebildet sind, und schießen mit Rohrerhöhungen von 45° bis 70°. Sie können auf zwei Rädern an einer Deichsel gefahren oder an eine Art Prohe oder vierrädrigen Wagen mit einer kurzen Stange aufgehängt werden. Beim Schießen werden die Räder abgenommen und der Werfer steht auf der Bettung. Zum Transport in den Schützengräben sind die Werfer so zerlegbar, daß kein Stück schwerer ist wie 240 kg, so daß sie getragen werden können. Der leichte Werfer ist außerdem leicht auf zwei Tragtiere zu verladen (Tafel 3, a). Die Minenwerfer besitzen gezogene Rohre und einen Rohrrücklauf, da man nur durch letzteren eine genügend leichte Lafette und damit eine wesentliche Gewichtersparnis erzielen konnte. Der gleiche Grund hatte zu der Wahl des Vorderladers geführt, da man dadurch den schweren Verschuß entbehrlich machte.

Um nun trotz des Vorderladersystems den Minen eine Drehung um ihre Achse während des Fluges zu erteilen — den Drall, der das Langgeschloß vor dem Überschlagen sichert —, mußten an der Mine selber metallene Vorsprünge, sogenannte Führungsbänder, angebracht werden, welche in die Züge des Rohres paßten. Auf diese Weise erhielt die Mine beim Durchtritt durch das Rohr die erforderliche Drehung. Diese Führungsleisten hatten aber den großen Nachteil, daß sie einen gasdichten Abschluß vereitelten. Man suchte diesem Übelstand durch ein über den Boden nach hinten überragendes weiches Kupferband abzuwehren. Dieses wurde beim Abschluß durch die Pulvergase ausgedehnt und legte sich an die Rohrwandung an. Infolge Kupfermangels mußte diese Form des Führungsbandes während des Krieges wieder verlassen werden. Dadurch traten unliebsame Erscheinungen auf, die ihre Ursache zumeist in der mangelhaften Viderung und, damit im Zusammenhang, in der unregelmäßigen Pulververwertung hatten. Da man erst Mitte 1918 in den Besitz geeigneter photographischer Apparate gelangte, um die Vorgänge beim Abschluß der Minenwerfer verfolgen zu können, war man nicht in der Lage, diese Fehlerquelle sofort in ihrer richtigen Bedeutung einzuschätzen. Man suchte

die Ursachen der durch die unregelmäßige Verbrennung oft herbeigeführten Kurzschüsse in der fehlerhaften Zusammensetzung des Treibmittels, das zu Kriegsbeginn aus rauchschwachem Plattenpulver bestand. Als man dann die ursprüngliche Form der durch einen Preßpandekel verdrämmten Treibladung ausgab und dafür eine lose eingelegte, mit einer Beiladung von Schwarzpulver entzündete Plattenpulverladung wählte, schienen sich die gesürchteten Kurzschüsse wesentlich herabzumindern, und man glaubte damit einen schießtechnisch bedeutenden Erfolg erzielt zu haben. Trotzdem ließen sich die Kurzschüsse nicht ganz vermeiden, da ihre wahre Ursache nicht in der Zusammensetzung der Treibladung, sondern in dem konstruktiv mangelhaften Abschluß zwischen Rohr und Geschöß begründet war.

Die Zündung der Sprengladung in der Mine erfolgte beim Auftreffen auf das Ziel durch einen besonderen Zünder, der so gefertigt war, daß er in jedem Fall in Tätigkeit trat, sei es, daß die Mine mit der Spitze oder mit dem Boden zuerst den Boden berührte. Dieser Zünder wurde vor dem Abschuß auf die Mine aufgeschraubt — nur bei den leichteren Minen war er bereits auf die Minenhülle aufgeschraubt — und durch Entfernen des Vorstellers entschert. Durch den beim Abschuß austretenden Stoß wurde ein Zündhütchen und damit ein Pulverfaß entzündet, welcher dann nach einer gewissen einstellbaren Zeit eine Sprengkapsel und damit die große Sprengladung der Mine selber zur Detonation brachte. Für den Fall, daß dieser Brennzünder versagte, war eine zweite Zündvorrichtung vorgesehen, welche die Detonation auch dann einleitete, wenn die Mine auf den Boden fiel.

An der Vervollkommnung dieser im Anfang des Feldzuges äußerst empfindlich konstruierten Minendoppelzünder ist sofort nach Kriegsbeginn weitergearbeitet worden. Vor allen Dingen wurde die Forderung erhoben, den Zünder weniger stoßempfindlich, aber trotzdem sicher funktionierend zu machen. Eine Reihe von Unglücksfällen, die durch zu frühzeitiges Krepieren der Minen vor oder gar im Rohr auftraten, wurden hauptsächlich auf den empfindlichen Zünder zurückgeführt. Es ist der Technik gelungen, den Minenzünder so abzuändern, daß er diese Mängel nicht mehr aufwies. Man erreichte dieses zunächst durch eine einfache Verstärkung der Sicherheitsfeder und dann — vor allen Dingen bei den leichteren Minen — durch die Konstruktion eines besonderen Ausschlagzünders, der nur im Ausschlag die Mine zur Detonation brachte.

Der Doppelzünder wurde dann weiterhin durch eine einfache Verbesserung zu einem Zünder mit Verzögerung ausgebaut, derart, daß die Sprengkapsel nur durch den Brandsaß des Zeitzünders und dann in Tätigkeit tritt, wenn die Mine in das Ziel oder den Boden tief eingedrungen ist.

Diese Forderung des Eindringens der Mine in den Boden wurde erst im Verlauf des Feldzuges erhoben, als die zu zerstörenden Ziele immer widerstandsfähiger wurden. Solange die Zerstörung der Hindernisse kurz vor dem Sturm die Hauptaufgabe der Minenwerfer war, konnte es ziemlich gleichgültig bleiben, ob die Mine mit der Spitze oder dem Boden zuerst den Boden berührte, wenn sie nur gut in das Ziel kam. Infolgedessen störte auch für diese Aufgaben der bei den großen Erhöhungen über 60° durch das Austreten von Rauch- und Bodentreffern sich bemerkbar machende zu starke Drall der Minen nicht, wogegen es eine wesentlich zu steigernde Schießleistung bedeutete, als man die Forderung nach dem unbedingten Spitzentreffer aufstellte.

Auch diese Aufgabe ist gelöst worden. Sie wurde durch Verkleinerung der Schußbereiche der einzelnen Ladungen erreicht, derart, daß die mit den großen Erhöhungen zu schießenden Entfernungen fortfielen, um mit einer weiteren Zwischenladung, jedoch kleineren Erhöhung erreicht zu werden. Man steigerte auf diese Weise zwar die Anzahl der einzelnen Treibladungen, erzielte jedoch eine bessere Schußleistung.

Die Treibladungen bestehen, wie bereits erwähnt, aus Nitroglyzerin-Plattenpulver. Im Verhältnis zum Minengewicht ist ihr Gewicht sehr klein und beträgt bei der schweren Mine z. B. nur 285 bis 300 Gramm, also 0,3 % des Geschossgewichtes. Diese geringe Menge Treibpulver ist außerdem noch in mehrere — bei den leichten Minen in 5, bei den mittleren in 7, bei den schweren Minen in 9 — kleinere Teile geteilt, um die Schußweiten in geringen Abstufungen von 10 zu 10 m unter Benutzung einer genau einstellbaren Rohrerhöhung zu unterteilen und so die Schießleistung des Werfers zu erhöhen.

Diese Treibladungen werden vor dem Einsetzen der Mine in das Rohr auf den Boden des Rohres in eine besondere Ladungskammer eingelegt und durch eine von außen anschraubbare Abreißzündschraube — zu Beginn des Feldzuges auch elektrisch — gezündet. Dieses ziemlich umständliche Ladeverfahren vereinfachte sich bei dem leichten Minenwerfer, da bei diesem gleichzeitig mit der Mine auch die Treibladung und die Zündschraube — in diesem Fall eine Schlagzündschraube — in das Rohr eingebracht wird. Die Unterbringung der Treibladung bei der leichten Mine geschieht in einer besonderen Höhlung am Boden der Mine, die durch einen starken Zwischenboden von dem Sprengladungsraum getrennt ist. Ein zum Fertigmachen der Ladung abschraubbares Bodenstück trägt in der Mitte die Schlagzündschraube und gleichförmig um diese angeordnet sechs Löcher, durch welche die Pulvergase ausströmen müssen, um auf den Rohrboden zu stoßen und dadurch die Mine in Bewegung zu setzen. Eine besondere dünne Platte schließt bis zur Entzündung der Treibladung diese

van der Luft ab. Dadurch ist eine gleichmäßige Verdämmung und eine gute Pulverwertung gleichzeitig gewährleistet, da der Gasdruck erst dazu dienen muß, um die Verschlusscheibe zu zerstören. Dadurch wirkt er günstig auf eine rasche Pulververbrennung. Obgleich diese Verhältnisse einfach erscheinen, hat es einer ganzen Reihe langwieriger Versuche bedurft, um diese Fragen zu klären. Die Schaffung einer sicheren und gleichmäßig wirkenden Verdämmung der Treibladung gestaltete sich zu einer schwierigen Aufgabe, deren technische Lösung viele Arbeitskräfte und Zeit erforderte.

### Die behelfsmäßigen Minenwerfer.

Bis zum August 1914 waren 70 schwere und 110 mittlere Minenwerfer im Besitz der Truppe, während die Versuche mit dem leichten Minenwerfer gerade abgeschlossen waren. Dieser geringe Bestand reichte jedoch bei weitem nicht aus, um den täglich steigenden Bedarf an der Front zu decken. Nichts war natürlicher, als daß die Truppe zur Selbsthilfe griff und sich mit behelfsmäßigen Mitteln einen Ersatz für die fehlende Waffe zu schaffen suchte, ein Vorgang, wie wir ihn bei der Besprechung der Handgranate bereits feststellen konnten.

Es entstanden so an der Front die behelfsmäßigen Minenwerfer, welche meist nach ihren Erfindern benannt wurden. Es waren dies in der Hauptsache der behelfsmäßige Minenwerfer von Mauser, der Ragener-Minenwerfer und der sogenannte Erdmörser. Beim Mauser-Minenwerfer wurde die Mine, die ein Kaliber von 9,5 cm besaß, aus einem glatten, dünnwandigen Rohr mittels Schwarzpulver verschossen, das man durch eine Infanteriepatrone mittels Schlagbolzen entzündete. Die Detonation der Sprengladung wurde eingeleitet durch eine Sprengkapsel mit Zündschnur, welche man vor dem Abschuß anbrannte. Das Rohr lagerte auf einem primitiven Flacheisengestell, welches leicht zu transportieren war und gestattete, dem Rohr eine bestimmte Erhöhung zu geben.

Besser durchgebildet war der Ragener-Minenwerfer, welcher ähnlich wie der mittlere Minenwerfer, jedoch ohne Rücklauf gebaut war. Die verschossene Sprengladung war in einer starken Blechhülle untergebracht und am unteren Ende mit einer gasdichten Filzüberzug versehen. Die Lafette war bedeutend schwerer, als die des vorgenannten Modells und gestattete ebenfalls, dem Rohr eine bestimmte Erhöhung zu erteilen, um die Schußweite zu regulieren.

Interessant wegen ihrer nicht zu übertreffenden Einfachheit waren die sogenannten Erdmörser, welche eine Sprengladung in einem faßähnlichen hölzernen oder eisernen Behälter aus einer schachtartigen Erdgrube mittels einer Schwarzpulvertreibladung verfeuerten, wobei die Sprengladung in einfacher Weise durch eine Zündschnur mit Sprengkapsel entzündet wurde.

### Die Vermehrung der Minenwerfer.

Alle diese ersten behelfsmäßigen Formen traten in den Hintergrund, als die Vorbereitungen in der Heimat so weit gediehen waren, daß eine umfangreiche Bewaffnung der Armee mit der neuen Waffe mit den vorhandenen technischen Mitteln durchgeführt werden konnte. Diese Umstellung der heimischen Industrie auf die Fabrikation von Minenwerfern und insbesondere deren Munition ist und bleibt ein Ruhmesblatt in der Geschichte der preußischen Pioniere und der deutschen Industrie.

Der Frontbedarf war so groß, daß die bisherige Herstellerin der gezogenen Minenwerfer, die Rheinische Metallwaren- und Maschinenfabrik in Düsseldorf, allein nicht mehr in der Lage war, den riesigen Bedarf des Hindenburgprogramms zu decken. Eine Verfügung des Kriegsministeriums bestimmte, daß die Firma ihre sämtlichen Werkstattzeichnungen und Fabrikationserfahrungen einer großen Reihe anderer Firmen mitteilte, damit der Frontbedarf gedeckt werden konnte.

Da niemand die Dauer des Krieges und den riesigen Bedarf an Rohstoffen aller Art vorausgesehen hatte, war es besonders für diese junge Waffe außerordentlich schwer, die notwendigen Materialien zu bekommen, um dem Heer brauchbare Fabrikate zu liefern. Im Vergleich zu den Waffen der leichten und schweren Artillerie waren die Pionierformationen für den Ersatz ihrer Minenwerferwaffe mehr wie ungenügend mit Rohstoffen bedacht worden. Mehr als anderswo fehlte es gerade bei der Beschaffung der Munition an den nötigen Werkstoffen. Dabei war gerade die Minenwerfermunition so außerordentlich empfindlich gegen jede Materialverschlechterung, wie kein Geschoh der Artillerie. Auch die Werfer selbst waren infolge der Forderung nach geringstem Gewicht und möglichst großer Beweglichkeit so leicht gehalten, daß für sie nur das beste Material Verwendung finden konnte. Die Minenwerfer waren gleichsam der leistungsfähige, aber hochempfindliche Flugzeugmotor unter den Großkraftmaschinen der Artillerie.

Seit dem Herbst 1915 arbeitete im Ingenieurkomitee die Minenwerfer-Abteilung in unermüdlicher, nervenzerrüttender Anspannung, um die infolge der ungünstigsten wirtschaftlichen Verhältnisse unüberwindlich scheinenden technischen Schwierigkeiten zu meistern, die fast jede Woche erneut durch den Mangel an einem unentbehrlich scheinenden Rohstoff austraten. Wenn man bedenkt, daß, hierdurch veranlaßt, im Laufe zweier Jahre mehr als 150 verschiedene Arten mittlerer, über 60 verschiedene Arten schwerer und mindestens 80 verschiedene Arten leichter Wurfminen gefertigt worden sind, so versteht man, mit welcher fieberhaften Tätigkeit gearbeitet worden ist, um trotz der ungeheuren technischen Schwierigkeiten dem Heere die nötige Munition zu sichern. Es ist verständlich, daß in der

Truppe ein Unwille gegen die sich dauernd ändernde Munition und gegen die Fülle von neuen Munitionsvorschriften entstand, aber diese Vorwürfe mußten von der Heimat widerspruchslos ertragen werden, da man kein anderes Mittel hatte, um bei der herrschenden Rohstoffknappheit besser zu verfahren.

Für die Artillerie war dieser Mangel an Rohstoffen längst nicht so fühlbar, da kein Artilleriegeschosß derartig dünne Hülsen braucht wie die Minen, bei denen wegen der gesteigerten Schußweite und des Handtransports durch die zermühten vordersten Stellungen die Gewichtsersparnis den Hauptauschlag gab. Außerdem waren für die Artillerie genügende Mengen Rohstoffe vorhanden, da man deren Bedarf am ehesten einzuschätzen gelernt hatte, wogegen der Bedarf der gänzlich neuen Minenwerferwaffe insofern Fühlens jeglicher Erfahrung nicht zu übersehen war. Die natürliche Folge war, daß die größten Schwierigkeiten in der Beschaffung des notwendigen Stahles — die Verwendung von Sparmetall bei Minenwerferzündern und sonstigen Teilen war stillschweigende Voraussetzung — für die Lieferung der Hülsen und Rohre auftraten. Zuletzt sah man sich sogar gezwungen, überhaupt auf Nickelstahl zu verzichten und nickelfreie Rohre zu verwenden.

#### Die Ausbildung der Minenwerfertruppe.

Dieser Steigerung an Gerät stand eine entsprechende Vermehrung der Bedienungsmannschaft gegenüber.

Für die aus den Pionieren hervorgegangene Minenwerfertruppe, die im Vergleich zu der im Frieden vorgesehenen Bestimmung der Minenwerfer jetzt zu weit größeren Aufgaben verwendet wurde, genügte nicht mehr die im Frieden ausgearbeitete Bedienungs- und Schießvorschrift. Man sah sich gezwungen, die neue Truppe nach einer neuen Vorschrift auszubilden, die im Herbst 1916 fertiggestellt wurde und die bisherigen Fronterfahrungen berücksichtigte. Es war auch für die Minenwerfer eine technische Notwendigkeit, solche Dienstvorschriften während des Krieges dauernd zu verbessern und veraltete durch neue zu ersetzen. Denn gerade bei der Bedienung einer Vorderladerwaffe, wie sie die Minenwerfer darstellten, kam es darauf an, jeden unnötigen Handgriff zu vermeiden, um hohe Feuergeschwindigkeit und Sicherheit in der Bedienung zu erreichen, die für einen erfolgreichen Einsatz der Werfer notwendige Voraussetzungen waren. Hinzu kamen die Verbesserungen des gesamten Schießverfahrens, das in seiner ursprünglich für den Festungskrieg berechneten Form für den Feldgebrauch sich als unbrauchbar erwiesen hatte. Es war nicht nur notwendig, die bisherigen indirekten Richtverfahren, die man von der Artillerie übernehmen konnte, für das Schießen mit dem Minenwerfer anzuwenden,

man war vielmehr gezwungen, in kürzester Zeit durch die Truppe selbst die stets verdeckt stehenden und ihr Ziel niemals sehenden Werfer mit Hilfe der Magnetnadel und anderen Winkelmessvorrichtungen auf die Ziele einzurichten. Bedenkt man, daß es für den überraschenden Angriff darauf ankam, daß die ersten Schüsse der Werfer — bei manchen Unternehmungen sind überhaupt nur etwa 5 bis 6 Schuß aus jedem Werfer abgefeuert worden — sicher im Ziel sitzen mußten und ein Einschleßen nicht stattfinden durfte, so kann man sich ungefähr einen Begriff von der zu leistenden vermessungstechnischen Arbeit machen, die unter den schwierigsten Verhältnissen trotzdem mit peinlichster Genauigkeit auszuführen war. Bei keiner anderen Waffe spielte die für die Verhältnisse der Minenwerfer erst im Kriege geschaffene Vermessungstechnik eine so bedeutende und den Erfolg unter Umständen in Frage stellende Rolle.

#### Entwicklung der Minenwerfer im Kriege.

Es war vorauszusehen, daß die ursprüngliche Aufgabe der Minenwerfer mit den veränderten Kampfformen sich stark erweitern würde. Man vermehrte nicht nur die Zahl der Minenwerfer, sondern verlangte von ihnen auch eine größere Schußleistung, wobei jedoch ihre Treffsicherheit möglichst erhalten werden sollte. Diese Forderung der Schußweitensteigerung war der Anlaß zu einer Rekonstruktion aller Arten der Minenwerfer, deren Rohre und Rohrrücklauf entsprechend verlängert wurden und deren Treibladung eine andere Zusammensetzung erhielt. Für die Industrie mußte aber jede auch noch so geringfügige Änderung in den Ausmessungen einzelner Teile schwerwiegende Folgerungen haben, da damit nicht nur die Zeichnungen, sondern auch alle Meßwerkzeuge, insbesondere für die Massenfertigung die Lehren und Toleranzen, geändert werden mußten. Dies erforderte wiederum einen großen Beamtenapparat und eine äußerst sorgfältige Arbeit der Abnahmekommandos, da sonst Fehler unvermeidlich und Nachprüfungen undurchführbar waren.

Trotz dieser Schwierigkeiten gelang es der Rh. W. u. M. F., zum Frühjahr 1916 ein neues Minenwerfermodell, und zwar den I. Minenwerfer n. A. mit einer Schußweite von 1300 m, an die Front zu bringen. Dieser neuen Waffe folgte alsbald ein neuer mittlerer Minenwerfer (m. M. B. 16) mit einer Schußweite von 1160 m, welchen die gleiche Firma zusammen mit dem Ingenieurkomitee gebaut hatte. Im Frühjahr 1917 folgte dann der Schw. Minenwerfer 16 mit einer Schußweite von 960 m.

Tafel 3, 1, 3, 2 und 3, 3 zeigen den schweren, mittleren und leichten Minenwerfer 16 in Feuerstellung und Marschbereitschaft.

Mit dieser Steigerung der Schußweite — sie betrug beim schweren Gerät über 100 v. H., beim mittleren 50 v. H., beim leichten 20 v. H. —

war die Grenze der Schußleistungen unter Beibehalt der bisherigen Form erreicht. Die Ende 1917 gestellte Forderung der Obersten Heeresleitung, die Schußweite der Minenwerfer auf 2000 m zu steigern, konnte mit dem alten Modell nicht mehr erfüllt werden, und man sah sich gezwungen, eine gänzliche Neukonstruktion vorzunehmen. Es wurde auch eine ganze Reihe Firmen, wie z. B. die Rheinische Metallwaren- und Maschinenfabrik, F. Krupp, Maschinenfabrik Thyssen, Maschinenfabrik Ehlingen, Gute Hoffnungshütte, Henschel & Sohn, aufgefordert, an der Neukonstruktion teilzunehmen. Der Kriegsausgang verhinderte jedoch den Beschuß eines nach den neuen Entwürfen gefertigten Probemodells.

Das Auftauchen französischer und englischer sogenannter Flügelminenwerfer veranlaßte auch die deutsche Armee, in einen Versuch mit einem derartigen Geschütz einzutreten, da man hoffte, auf diese Weise mit einfachen Mitteln die Schußleistung steigern zu können. Die ersten Versuche wurden an der Front mit den maschinellen Einrichtungen eines besonders gut eingerichteten Pionierparks durchgeführt und zeitigten als Ergebnis den sogenannten Abrecht-Minenwerfer.

Dieser Werfer schoß eine etwa 100 kg schwere Wurfmine auf 1000 m. Er bestand aus einem glatten, geschmiedeten Rohr, in das die Mine in der üblichen Weise von vorne geladen wurde. Die Mine besaß an ihrem hinteren Ende vier flügelartige eiserne Bleche, welche den Flug der Mine regeln sollten und vor allen Dingen die Aufgabe hatten, die zur richtigen Detonation erforderlichen Spitzentreffer zu erzielen.

Ähnliche Flügelminenwerfer wurden dann im Winter 1916/17 vom Ingenieurkomitee durch Hauptmann Weihe konstruiert und zum Gebrauch an der Front eingeführt. Versuche, die Schußweite dieser Werfer zu steigern, veranlaßten weiterhin die Firma H. Lang in Mannheim und die Ehlinger Maschinenfabrik, ähnliche Werfer zu bauen.

Da diese Werfer ohne Rohrrücklauf schossen, erforderten sie eine sehr schwere Bettung, um die rückwirkende Energie beim Abschuß zu vernichten. Man glaubte sich dadurch helfen zu können, daß man die schwere Bettung in zahlreiche Einzellasten zerlegte und diese aus einzelnen Holzbalken zusammensetzte.

Ogleich die technische Herstellung von Werfer und Munition bei den Flügelminenwerfern bedeutend einfacher war als die Fabrikation der gezogenen Werfer, konnten die glatten Flügelminenwerfer insolge der großen Streuung der Geschosse doch nicht in ernstem Wettbewerb mit den gezogenen Minenwerfern treten.

Infolgedessen wurden sie von der Truppe auch nur als Notbehelf neben den gezogenen Werfern angesehen und da verwendet, wo es weniger auf genaues Schießen als auf Beunruhigen des Gegners ankam.

Ein ungleich bessere Schußleistung wurde bereits 1915 mit den sogenannten *L u f t m i n e n w e r f e r n* erzielt, bei welchen man die Spannkraft stark verdichteter Luft dazu benutzte, um die Mine aus dem Rohr zu treiben. Diese Werfer besaßen glatte Rohre; die Minen wurden ebenfalls, wie die später gebauten Flügelminen, durch zwei am hinteren Teil des Geschosses angebrachte Blechflügel gesteuert. Diese Luftwerfer hatten noch einen weiteren schießtechnisch besonders wertvollen Vorteil, da sie nur mit einer Erhöhung zu schießen brauchten und die verschiedenen Schußweiten durch die Veränderung des Luftdruckes sehr genau erreichten. Der Fortfall des Mündungsseuers gestattete es schließlich, die Werfer so versteckt aufzustellen, wie dies mit keinem anderen Werfer möglich war.

Diesen unfeugbaren Vorteilen standen jedoch größere Nachteile entgegen, wegen deren man auch von einer umfangreicheren Einführung des von der Maschinenfabrik Esslingen geschaffenen Modells ab sah. Es war dies die notwendige Luftverdichtungsanlage und die unentbehrlichen Stahlflaschen für die verdichtete Luft, bei deren Transport in die Stellung der Inhalt durch die feindlichen Geschosse zu sehr gefährdet war.

Eine weitere wesentliche Vergrößerung ihrer Wirksamkeit erhielten die *Minenwerfer* 1915/16 durch ihre Verwendung für *Gas*kampfmittel. Es wurden zunächst aus den *Minenwerfern* Minen mit *Gas*stoffüllung verschossen, ähnlich wie die *Artillerie Gas*granaten verfeuerte. Da man aber bald aus der verschwindenden Wirkung der wenigen Geschosse erkannte, daß ein erfolgreicher *Gas*kampf nur durch den Einsatz einer wesentlich größeren Menge von *Werfern* und *Munition* zu erwarten war, sah man seit 1917 von einer Verwendung der *Minenwerfer* für den *Gas*kampf ab und baute besondere *Gas*werfer. Diese bestanden nur aus einem gezogenen Rohr, das nur auf ein *Spornblech* gestützt, ohne jede weitere *Lafette*, unter einer bestimmten Neigung in die Erde eingegraben wurde. Die *Gas*minen wurden dann aus diesen Rohren durch elektrische Zündung der *Treibladung* in großer Menge gleichzeitig abgeschossen.

Ebenso wie die *Artillerie* Geschosse für verschiedene *Kampfs*zwecke besaß, rüstete man die *Minenwerfer* mit besonderen *Minen* aus, die einen *Brand* saß, eine *Rebel* flüssigkeit oder einen *Leucht* saß enthielten.

Eine gänzlich neuartige Verwendung von fast kultureller Bedeutung fand der leichte *Minenwerfer*, als im Winter 1916/17 die sogenannte *Nachrichte* n m i n e konstruiert wurde. Diese diente dazu, *Nachrichten* aus der vordersten Linie nach rückwärts zu geben, wenn die sonstigen (elektrischen usw.) *Verständigungsmittel* versagten. Mit diesem Geschoh konnte man kleine *Schriftstücke*, in einem Geschoh verpackt, bis zu etwa 1800 m weit mit großer *Treffsicherheit* verschießen. Das Geschoh teilte

sich kurz vor dem Auftreffen und bezeichnete die Stelle, an der es niederfiel, durch ein Licht- oder Rauchsignal, so daß es leicht gefunden werden konnte.

Beim Auftreten der Tanks suchte man der Infanterie eine Waffe gegen dieses neue Kampfmittel zu geben. Es war eine glückliche Idee, hierzu den leichten Minenwerfer so umzubauen, daß er gegen die Tanks verwendet werden konnte. Eine Panzermine war von der Rh. M. u. M. F. geschaffen worden und bewährte sich gegen Panzer bis zu 20 mm Stärke vorzüglich. Gleichzeitig ging man daran, den leichten Werfer, welcher diese Mine verfeuern sollte, mit einer besonderen Flachbahnlafette auszurüsten, die einen direkten Schuß gestattete. Damit war es möglich, in kürzester Zeit die leichten Werfer an der Front für den Kampf gegen die Tanks zu verwenden, eine Lösung, die sonst wohl (bei der Inanspruchnahme aller technischen Hilfsmittel) unmöglich gewesen wäre.

Für den Endkampf im Frühjahr—Sommer 1918 waren auch die Minenwerfer neu gerüstet. Zwar mußte man den größten Teil der mittleren und alle schweren Werfer wegen des zu schwierig werdenden Munitionserfases bei der beweglichen Verwendung als Heeresreserve zurücknehmen. Die leichten Minenwerfer kämpften dagegen tapfer mit in ihrer neuen Lafettierung gegen den übermächtigen Feind als stärkste Feuerwaffe der Infanterie, der sie unterdes hatten eingegliedert werden müssen. (Tafel 3,4 und 3,5 zeigen den leichten Minenwerfer in Flachbahnlafette.)

Vergleicht man diese kurz geschilderte Arbeit der deutschen Industrie und der Minenwerfertruppe mit den Ergebnissen, die bei den übrigen Armeen bei der Konstruktion eines brauchbaren Minenwerfers erzielt wurden, so findet man nirgends auch nur annähernd ein gleiches Bild.

Die österreichische Armee besaß zu Kriegsausbruch zwar Kenntnis von den preußischen Minenwerfern, hatte aber auf die Einführung verzichtet. Später bauten die Stoda-Werke ein Modell, das dem mittleren Minenwerfer am meisten ähnelte. Trotzdem ist die Sponzo-Offensive im Juli 1917 von deutschen Minenwerfertruppen mit deutschem Gerät eingeleitet und erfolgreich durchgeführt worden.

Die französische Armee ließ ihre Minenwerfer grundsätzlich nur von Soldaten zweiter Klasse oder von schwer vorbestraften Mannschaften bedienen, was bezeichnend für die Güte und das Ansehen der Waffe ist. Sie verfügte über Flügelminenwerfer, welche eine Mine schossen, die an ihrem hinteren Ende mit einem Schießstock versehen war, der in das eigentliche Werferrohr gesteckt wurde. Drei Steuerflügel am verjüngten Ende der Mine sollten den Flug besser gestalten, erzielten aber keine wesentliche Trefffähigkeit. Ein Aufschlagzünder brachte die Mine beim Auftreffen auf die Spitze zur Detonation. 1915/16 wurde ein Flügelminenwerfer eingeführt, der dem deutschen Modell als Vorbild diente. Seine Schußleistungen waren nicht besser wie die des deutschen Modells.

Die italienische Armee besaß einen ähnlichen Flügelminenwerfer wie die französische. Die erbeuteten Stücke sind von der deutschen Armee an der Westfront wieder verwendet worden.

Die englischen, russischen und die übrigen Armeen verwendeten Modelle, die man nur mit den behelfsmäßigen deutschen Minenwerfern vergleichen kann.

Einen Einfluß auf die technische Durchbildung der deutschen Minenwerfer, wie sie vom Ingenieurkomitee in Verbindung mit der Rheinischen Metallwaren- und Maschinenfabrik geschaffen worden sind, haben die fremden Minenwerfer nicht ausgeübt.

Dieser anscheinende Mangel an Interesse bei den feindlichen Armeen für einen Minenwerfer mit gleicher Schußpräzision, wie sie der deutsche Minenwerfer besaß, ist bezeichnend für die Rolle, welche die Übermacht der Technik bei den feindlichen Armeen überhaupt spielte. Da diesen die Hilfsquellen der ganzen Welt zur Verfügung standen, brauchten sie keinen Wert auf eine bis zum äußersten gesteigerte Wirkung des einzelnen Schusses zu legen, wie dies die auf ihre eigenen Hilfsmittel angewiesene deutsche Armee tun mußte. Infolgedessen finden wir bei den Gegnern gar keine Waffe, welche den deutschen Minenwerfern zu vergleichen war, und verstehen auch, daß es bei dem Überfluß an Munition entbehrlich war, eine bessere Schußleistung zu erreichen, als sie die behelfsmäßigen Konstruktionen ergaben. Dagegen finden wir bei der deutschen Armee das rastlose Streben, eine möglichst große Schußpräzision zu erreichen. Man gab diesen Grundsatz erst dann auf, als man die Flügelminenwerfer einführte, mußte aber bald erkennen, daß sich die deutsche Armee den Luxus einer unbegrenzten Munitionsverschwendung, wie sie durch das ungenaue Schießen dieser Waffe bedingt war, nicht leisten konnte. Bei den Gaswerfern jedoch, wo es nur darauf ankam, möglichst viel Gastampfstoff in kürzester Zeit auch auf kleinere Entfernungen hin (bis 3000 m) zur Wirkung zu bringen, ohne den ausgesprochenen Zweck, ein eng begrenztes Ziel zu treffen, konnte man von dem Grundsatz eines genauen Schießens abweichen. Infolgedessen benutzte man nur Rohre ohne jede Lasette und erzielte dadurch eine enorme Materialersparnis. Eine gleiche Schießweise für den Gastampf war auch in der englischen Armee im Gebrauch.

So kennzeichnet gerade die Entwicklung der deutschen Minenwerferwaffe am schärfsten den bedeutenden Einfluß, den die Technik innerhalb der deutschen Kriegsführung überhaupt ausgeübt hat. Nur durch äußerste Ruhbarmachung aller technischen Hilfsmittel war man in der Lage, dem bedeutend überlegenen Gegner erfolgreich Widerstand zu leisten und fehlende Menschenkräfte durch hochwertige Kampfmittel zu ersetzen.

### III. Geschütze nebst Munition.

#### a. Die militärischen Grundlagen.

Von Generalleutnant z. D. Schwarte.

W anders als bei der Infanterie äußert sich die Kampftätigkeit der Artillerie. Jene trägt ihre Stoßkraft zur Herbeiführung der Entscheidung bis zum Einbruch in den Feind, nachdem sie sich, gemeinsam mit der Artillerie, durch Niederkämpfung des Gegners dazu den Weg gebahnt hat. Sie hat also zwei Aufgaben — die Artillerie nur die eine: höchste Wirkung ihres Feuers. Diese starke Einseitigkeit fordert die bis aufs äußerste gesteigerte Leistung ihrer einzigen Waffe, des Geschützes.

Wenn auch die Artillerie schon bald nach Kriegsbeginn aus eigenem Antrieb beginnend und später allgemein Karabiner, Anschlagpistolen, Handgranaten und Maschinengewehre erhielt, so geschah das nur zur Selbstverteidigung im Falle der Not, nicht zum Eingreifen in die Kampfscheidung. Die Existenzberechtigung der Artillerie gründet sich also auf die Erfüllung höchster Feuerwirkung zur richtigen Zeit und von der richtigen Stelle aus. Das bedingt größte Schußweite, große Feuer- geschwindigkeit, starke Wirkung des Einzelschusses, ausreichende Treffgenauigkeit, Anpassungsfähigkeit der Flugbahn, ausreichende Beweglichkeit und Schnelligkeit, einfache Bedienung und weitgehende Ausnutzung des Geländes. Diese Forderungen waren die Richtschnur für ihre Entwicklung während des Krieges.

Die deutsche Artillerie trat ein in den Weltkrieg mit einer diesen Forderungen bis zu einem bestimmten Maße entsprechenden guten Waffe und guter Ausbildung, keineswegs aber mit einer (wie 1870/71) ausgesprochenen Überlegenheit, wie sie der hohe Stand der deutschen technischen Industrie sehr wohl ermöglicht hätte. Im Gegenteil: Die gegnerischen Feldkanonen waren den deutschen an Wirkung überlegen; die schwere und mittlere Flachfeuerartillerie war auf beiden Seiten einander ebenbürtig; nur durch die verhältnismäßig starke Ausstattung mit leistungsfähigem Stelkeuer erhielt sie einen gewissen Ausgleich. — Vor allem zeigte die französische Feldkanone sich der deutschen stark überlegen; auch die Rimaiskanone, anfangs in starker Minderzahl, übertraf die schwere Feldhaubize an Wirkungsweite. Zu der Überlegenheit des französischen Materials trat aber auch eine erhebliche Überlegenheit in der Technik des Schießverfahrens, der Schießkunst. Die deutsche Infanterie mußte durch blutige Opfer die Kosten der artilleristischen Unterlegenheit tragen und hätte es in noch

stärkerem Maße tun müssen, wenn nicht die deutsche Steilfeuerartillerie den Ausgleich geschaffen hätte.

Der große Nachteil der erheblich geringeren Schußweite der deutschen Feldgeschütze machte sich sehr bald nach Kriegsbeginn mit einem solchen Nachdruck geltend, daß die Forderung nach einer Verbesserung des Materials laut wurde. Durch die Einführung der Feldkanone 16, der leichten Feldhaubitze 16 und der Krupp'schen leichten Feldhaubitze wurde das Gleichgewicht gewonnen. Die stärkere Betonung der Beweglichkeit (durch leichteres Gewicht des Geräts) im Frieden war die Ursache der Beeinträchtigung der Wirkung gewesen. Aber auch die Munition stand nicht auf der Höhe, die man hätte besitzen können. — Die einseitige Bevorzugung des Brennzünderschusses bzw. des Schrapnells machte sich allerdings nicht geltend, solange der Bewegungskrieg der Artillerie lebende Ziele — offen oder hinter geringen Deckungen — bot. Sobald der Stellungskrieg mit seinen an Stärke und Güte dauernd zunehmenden Deckungen in den Vordergrund trat, versagte er. Auch das Einheitsgeschöß der leichten Feldhaubitze, an sich eine technisch hervorragende Konstruktion, erfüllte nicht die Erwartungen, die eine so teure, komplizierte, schwierig herzustellende Munition gerechtfertigt hätte.

Das Streben, mit einer geringsten Zahl von Geschütz- und Geschößarten, also mit einfachster Ausstattung, den Krieg durchzuführen, ist erklärlich; es erwies sich aber als irrig. Der Weltkrieg mit seiner großen Verschiedenheit der Ziele und Kampfverhältnisse zwang zu einer ununterbrochenen Differenzierung.

Zu alledem aber trat ein anderer Übelstand, der fast zur Katastrophe geführt hätte und zuerst behoben werden mußte, bevor an eine Verbesserung des Materials gedacht werden konnte. Ganz unvorbereitet war die Heeresverwaltung auf den ungeheuren Munitionsverbrauch, der im Winter 1914/15 zur direkten Not wurde, als die heimischen Bestände aufgezehrt waren. Wohl hatte der Generalstab dauernd auf die notwendige Erhöhung der bereit zu haltenden Munitionsvorräte gedrängt. Kriegsministerium und Finanzministerium hatten den Klagen des urteilslosen Reichstags über Verschwendung und seiner Forderung nach äußerster Sparsamkeit über Gebühr nachgegeben. Diese übertriebene Sparsamkeit hatte aber weiter dazu geführt, alle Maßnahmen und Vereinbarungen mit der Industrie zu unterlassen, die durch zweckmäßige Vorbereitungen eine sofortige Umstellung und Erweiterung der Betriebe und einen schnellsten Beginn der Waffenherstellung sichergestellt hätten. Zu der falschen Einschätzung des Munitionsverbrauchs trat hier eine völlig falsche Einschätzung der Schwierigkeiten, die selbst einer höchstentwickelten, leistungsfähigen

Industrie aus einer solchen Umgestaltung erwachsen müssen. Auch für diese Irrtümer mußte die Infanterie die Opfer tragen.

Die erste Folge der mangelnden Borausicht war eine erhebliche Verschlechterung der Munition. Die Friedensmunition war hervorragend gut gearbeitet. Ihre Herstellung erforderte aber die Verwendung von Maschinen, die nur in einer für den Friedensbedarf ausreichenden Zahl vorhanden waren und deren Aufstellung Monate erforderte. — Die Not an der Front aber war dringend. So griff man zu einer Aushilfsmunition (Graugußgeschosse mit einfachstem Zünder), die — das kann jetzt ausgesprochen werden — sehr minderwertig war. Erst als — nach einer kurzen Übergangszeit von Stahlguß, usw. Geschossen — die heimische Industrie Preßstahlgeschosse wieder in ausreichender Güte und Menge herstellen konnte, sühlte sich die Truppe den Gegnern wieder gewachsen. Aber nur der Umstand, daß auch bei den Feinden Munitionsmangel bestand, hat damals starke Rückschläge verhindert.

Das, was der Truppe als Unterlegenheit am ersten sichtbar wurde, war die geringere Schußweite, die dem Gegner gestattete, sich außerhalb der deutschen Reichweite zu halten. Der Mangel an Sondergeschützen für die Fliegerbekämpfung forderte die Aufstellung von Flakgeschützen (-zügen oder -batterien), die ausschließlich für diesen Zweck bestimmt blieben, aus den sich entsprechend vermindernenden Feldbatterien. In gleichem Sinne wirkte das Auftreten der Tanks in ununterbrochen steigender Zahl und Vervollkommnung. Beide Aufgaben forderten, da die übrigen Kampfaufgaben der Artillerie sich nicht verminderten, dringend eine Vermehrung der Artillerie. Sie forderten aber weiterhin auch ein anderes Schießverfahren und eine andere Geschoszwirkung; die Ausstattung mit entsprechendem Richtgerät und mit Sondermunition war die Folge, der die heimische Industrie gerecht werden mußte, soweit sie nicht durch Sondergeschütze in noch vollkommenerer Weise bessere Abwehrmöglichkeiten brachte.

Die Notwendigkeit, der Infanterie leichte, bewegliche Geschütze für bestimmte Aufgaben (im Grabenkampf, bei den Durchbruchschlachten usw.) unmittelbar beizugeben, brachte die Konstruktion von Grabenkanonen und zerlegbaren Infanteriegeschützen kleineren Kalibers, aber auch von leichteren Feldgeschützen. — Es traten aber noch weitere Forderungen an die deutsche Heeresverwaltung, die man im Frieden nicht hatte voraussehen können, und zwar durch die Notwendigkeit der Hilfe für die Verbündeten. Auf Kriegsschauplätze in den Karpathen und Alpen, im Balkan und in Palästina hatte man sich nicht vorbereiten können; eine Artillerie für sie bestand nicht. Geschütze und Munition, Gerät und Transportmittel — alles mußte neu geschaffen werden, wenn auch aus den Kolonialfeldzügen und

durch den Vorgang Österreich-Ungarns gewisse Grundlagen vorhanden waren. Die Kampfmittel, die sehr bald schon die deutsche Technik den deutschen Artilleristen zur Verfügung stellte, haben sich durchaus bewährt.

Schon im September 1914, als der Bewegungstriebe sich langsam zum Stellungstriebe verwandelte, hatten die Franzosen Belagerungs-, Festungs- und Schiffsgeschütze zur Unterstützung der Feldartillerie herangezogen. Als sich bei der stetig wachsenden Stärke der ausgebauten Stellungen erkennen ließ, daß die Feldartillerie gegen sie wirkungslos blieb, daß aber auch die wenigen Batterien schwerer Artillerie des Feldheeres nicht ausreichten, um der langen Kampffront die notwendige Abwehr- und Angriffsstärke zu geben, und als sich im besonderen der Mangel eines mittleren Flachseuers jenen feindlichen Geschützen gegenüber schwer fühlbar machte, zog man auch deutscherseits die zur Bekämpfung der Festungen nicht mehr notwendigen mittleren und schweren Geschütze der Belagerungsartillerie heran. Ihre Zahl genügte nicht; schon im Winter 1914/15 griff man auf Festungsgeschütze, selbst ehrwürdigen Alters, zurück; man setzte eroberte feindliche Geschütze nach den notwendigen Änderungen ein. Aber alle diese Maßregeln reichten nicht aus, um mit den — nicht allzu zahlreichen und nicht voll modernen — 10-cm- und 13-cm-Kanonen das Gleichgewicht im Artilleriekampf zu gewinnen. Die Notwendigkeit, Straßen, Knotenpunkte, Lager, Flieger- und Ballonhöfen usw. bis weit in das Hintergelände zu beschießen, trat aber bei jedem feindlichen Großangriff zwingender in die Erscheinung. Die Forderung der Heeresleitung löste die Industrie durch den Bau einer langen 15-cm-Kanone mit rund 22 km Schußweite; Industrie und Reichsmarineamt lösten sie weiter durch die Umgestaltung von Küsten- und Schiffsgeschützen für den Landkrieg. Die letzte Konstruktion auf diesem Gebiet bot dem Gegner noch einmal eine furchtbare Überraschung, als ein neu konstruiertes Geschütz die bis dahin für unmöglich gehaltene Schußweite von mehr als 120 km zeigte.

Das stete Ringen zwischen Festungsbau und Belagerungsartillerie hatte vor dem Kriege scheinbar mit einer Überlegenheit des ersteren geendet, als er der Artillerie im Eisenbeton und veredelten Panzerstahl Objekte höchster Widerstandskraft entgegenstellen konnte. Die üblichen schwersten Geschütze (21-cm-Mörser und französischer 270-mm-Mörser) hatten jedenfalls, wie die Schießplatzversuche bewiesen, gegen sie keinen Erfolg. Deshalb hatte Deutschland um 1900 einen — schwer beweglichen — 30,5-cm-Mörser geschaffen, dessen Existenz geheim gehalten wurde; Österreich-Ungarn eine 30,5-cm-Haubitze von ähnlicher Wirkung gebaut — beide Geschütze waren jedenfalls in der Lage, die damaligen Betonbauten im Einzelschuß wirksam zu schädigen. Gegen die auch dann noch gesteiger-

ten Ausmaße, der modernsten Eisenbetonbauten (Antwerpen, Verdun, Toul, Belfort) schien allerdings auch dieses Geschütz unzulänglich. Deshalb hatte nach Angaben und Wünschen des Generalstabs Krupp den 42-cm-Mörser konstruiert, der — völlig geheim gehalten — bei Kriegsbeginn die stärksten Forts in Trümmer schlug und ein so gewaltiges Aussehen erregte. Es ist sein Geschick gewesen, daß ihm mit dem Aufhören des Festungskampfes keine Ziele mehr geboten waren, die seine Wirkung voll hätten auslösen können — gegen die unscheinbaren Ziele der „Stellungen“ im Westen und Osten versagte er. So ist ein erheblicher Fortschritt der Steilfeuerartillerie nicht mehr erforderlich geworden und, angesichts der sonstigen ungeheuren Anforderungen, auch unterblieben. Französische und englische Konstruktionen gleicher Art sollen fertiggestellt worden sein, sind aber nicht zur Wirkung gelangt.

Zu den Änderungen und Neuherstellungen am Geschütz traten gleichzeitig Änderungen am Geschoh, um eine gesteigerte oder abweichende Wirkung zu erzielen. — Die Steigerung der Schußweite, die durch Änderungen des Rohrs erzielt wurde, wurde abermals erhöht durch eine schlankere Gestalt des Geschohkörpers. — Der Umstand, daß zur Niederkämpfung des Gegners, seiner Artillerie wie seiner Infanterie, sich die bisherigen Artilleriegeschosse nicht als stark genug erwiesen, führte zur Einführung von Geschossen mit betäubenden, tränenerzeugenden oder giftigen Gasen, die vielfach erfolgreich eingesetzt, zu besonderen Schutzmaßnahmen (Gasmasken) zwangen, um ihre Wirkung auszuschalten. Ein weiteres Mittel zur Erleichterung des Angriffs kam, speziell von gegnerischer Seite, durch Benutzung von Nebel- und Rauchbomben zur Anwendung. Es blieb eben kein Mittel unversucht, um die Wirkung der Artillerie bis aufs höchste zu steigern; daß die durch die Blockade erzeugte Beschränkung der Rohstoffe Deutschland auch hierin in einen starken Nachteil setzte, der nur durch gesteigerte Leistungen der Technik ausgeglichen werden konnte, bedarf kaum der Erwähnung.

Zu diesen und unzähligen anderen Schwierigkeiten trat aber ein weiterer Nachteil, der sich von Monat zu Monat stärker fühlbar machte: der starke Abgang und dementsprechend der Mangel an selbstbrauchbaren Pferden. Was bei der schwersten Artillerie schon im Frieden aus anderen Gründen (Größe der zu bewegenden Lasten) notwendig geworden war, forderten die Kampf- und Ersatzverhältnisse nun auch für schwere und mittlere Artillerie: den Übergang vom tierischen zum mechanischen Zug. Vor 1910 hatte man, da der Kraftzug damals noch nicht ausreichend entwickelt war, die schwersten Mörser auf Volk- und Feldbahn bis in die Batteriestellungen bringen müssen. Entsprechend der gewaltig steigenden Leistungen der Kraftzugmaschinen waren die neueren schwersten Mörser

— ähnlich wie die österreichischen Motorbatterien — für Kraftzug gebaut worden, natürlich unter zweckmäßiger Teilung des Gesamtgewichts in mehrere Einzellaften.

Da er sich im Kriege bewährte, forderte man für die jetzt notwendig werdenden schweren und mittleren Rekonstruktionen sofort die Verwendung von Kraftzugbewegung. Und als die Entwicklung der Tanks zeigte, daß auch zerstücktes, unebenes Gelände überwunden werden konnte, drängte dies auf die Frage hin, auch die leichte Artillerie auf Kraftzug zu überweisen; bewegliche Flakgeschütze hatten sich seiner, allerdings auf Wegen, schon vorher bedient. Die Unempfindlichkeit gegen Gase, die Unabhängigkeit von Pferdefutter und Untertunst und die Verkürzung der Marschkolonnen hatten bei den Gegnern trotz deren unbeschränkter Pferdeersatzes diese Entwicklung schon früher angebahnt. Die Versuche verhießen auch bei uns guten Erfolg, als das Kriegsende sie abschloß.

Die lange Kriegsdauer und die Ansprüche, die von den Bundesgenossen gestellt wurden, forderten Höchstleistungen der Industrie. Das trat um so mehr in die Erscheinung, als der Mangel an bestimmten Rohstoffen infolge der Blockade die bisher geübte Vergütung des Wertstoffs ausschloß. Dabei gestatteten die Kampfoerhältnisse aber nicht, von den hochgeschraubten Forderungen an das Präzisionschießen abzulassen. Von den verschiedenen Feuerarten, die sich im Stellungskrieg usw. herausbildeten (Störungs-, Sperr-, Zerstörungs-, Vernichtungsfeuer, Feuerkugel und Feuerwalze), erforderten die meisten ein außerordentlich genaues Feuer, wenn nicht die eigene Infanterie starker Gefährdung ausgesetzt sein sollte.

Je stärker sich das Präzisionschießen ausbildete, desto zwingender wurde der Drang, sich durch starke Deckungen und Mastierungen dagegen zu schützen; das aber steigerte wieder die Forderungen nach weitgehendem Ausbau der Beobachtungsmöglichkeiten. Erd-, Hochstand-, Ballon- und Fliegerbeobachtung, Sicht- und Schallmehrupps wirkten zum guten Erfolg zusammen; sie forderten ihrerseits aber hierzu wieder eine außerordentlich starke Vermehrung der Nachrichtenmittel und an den Geschützen selbst eine Verbesserung der Richtmittel.

Alle Faktoren mußten zusammenwirken, um die aus den Kampfoerhältnissen, wie sie sich im Weltkriege entwickelten, entstehenden und von der Technik erfüllten Forderungen an die Geschütze und Geschosse tatsächlich auch zur höchsten Wirkung zu bringen. Was die Heeresverwaltung auf allen Gebieten forderte — die Technik hat allem erfolgreich gerecht werden können.

## b. Die technische Ausführung.

Von Professor Dr. Schwinning.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 4.)

Der Weltkrieg ist in seinem Ausgange durch die Ausnutzung der Technik, deren Bedeutung in allen Phasen des Krieges überragend hervortrat, regiert worden.

Schon in Friedenszeiten suchten alle Staaten von den Fortschritten der technischen Wissenschaft für die Weiterbildung der Kriegswaffen Nutzen zu ziehen, wenn auch die ausschlaggebende Wichtigkeit der Technik für den Verlauf eines Krieges von militärischer Seite vielfach unterschätzt wurde. Sie stützten sich hierbei auf die Mitarbeit der privaten Kriegsindustrie, die besonders in Deutschland, England und Frankreich hoch entwickelt war, wissenschaftlicher Forscher und militärischer Behörden. Den besonderen Anforderungen der Heere entsprechend sind die meisten Fortschritte der Landartillerie in Deutschland und Frankreich entstanden. Die Firmen Krupp, Ehrhardt, Schneider usw. sind weltbekannt. Die englischen Werke Armstrong, Beardmore, Vickers usw. wandten ihre Tätigkeit hauptsächlich der Marineartillerie zu, die auch von den deutschen und französischen Werken, in erster Linie ganz besonders von Krupp, sehr gefördert worden ist. Auch Österreich und die Vereinigten Staaten hatten bedeutende Kriegsmaterialfabriken. Staaten mit geringerer Industrie, z. B. Italien, Rußland, Serbien usw., wandten sich zur Deckung ihres Bedarfs an Landartillerie zumeist an die deutschen und französischen Werke. Dies war schon aus dem Grunde notwendig, weil die Geschützkonstruktion, um jederzeit allen modernen Fortschritten folgen zu können, außerordentlich kostspielige Versuche und große Erfahrungen erforderte, die nur bei industriell sehr hochstehenden Spezialfabriken erreicht werden können. Diese ausländischen Kriegsmaterialaufträge waren vor dem Kriege volkswirtschaftlich recht bedeutungsvoll. Bei der Wahl ihrer Vergebung an deutsche oder französische Firmen sprachen häufig nicht nur technische, sondern besonders auch politische und finanzpolitische Erwägungen der betreffenden Auslandstaaten mit. Für die Deckung des Bedarfs anderer Staaten an Marineartillerie war aus diesen Gründen fast immer England in Betracht gekommen, trotz der vielfach überragenden Leistungen Krupps.

Die Steigerung der Leistungen der Geschütze von 1870 bis 1914 wird durch die nachfolgenden Zahlentafeln 1 und 2, welche einen Vergleich zwischen den um 1870 in Deutschland eingeführten Geschützen der Landartillerie und den etwa bei Ausbruch des Weltkrieges neuesten Konstruktionen von Krupp und Ehrhardt bieten, veranschaulicht.

3 a b e n t e n t a f e l 1.

	Erbstanonen				Stanonen der schweren Artillerie in Krüblerlafette				
	1864 (70) 8-cm-Stanone C/84	1912 Strupp	1912 Ehrhardt	1870 12-cm-Stanone	1913 Strupp	1913 Ehrhardt	1870 15-cm-Stoblafette	1914 Strupp	1913 Ehrhardt
Rohrer . . . . .	80	75	75	120	105	105	150	150	150
Rohrlänge . . . . .	24,6	30	31	18	35	35	35	38	35
Gewichtsmenge des Geschosses / m/sek	4,34	6,5	6,5	16,2	16	16	20,3	51	51
Gewichtsmenge des Geschosses / m/sek	341	510	525	332	650	700	307	700	655
Wucht an der Zündung / mt	25,7	86,2	91,4	90,8	344	400	131	1 235	1 113
Sperrhöhe / m		{ - 10°	{ + 65°		- 5°	400		- 5°	- 5°
Größe Schußm. (horiz. Gefäß-Stand) / m	3450	8700	7100	6080	12 900	13 000	4500	16 200	15 000
Geschütz in Feuerstellung . . . . .	790	960	980	1890	2 800	2 800	4255	8 850	7 300
Geschützfahrzeug . . . . .	1580	1620	1620		3 450	3 155		7 800	7 800
Wegfahrzeug . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	?
Rohrmagen mit Rohr . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	?

3 a b e n t e n t a f e l 2.

	Erbbaubügeln				Schwere Haubigen (Krübler) in Krüblerlafette				
	1870 15-cm-Stanone	1911 Strupp	1912 Ehrhardt	1912 Strupp	1870 21-cm-Stärker C/70	1912 Strupp	1914 Ehrhardt	1912 Strupp	1914 Ehrhardt
Rohrer . . . . .	150	105	105	150	210	210	210	280	280
Rohrlänge . . . . .	14,2	14	17	15	14	14	15	12	12
Gewichtsmenge des Geschosses / m/sek	27	16	16	41	80	125	140	340	305
Gewichtsmenge des Geschosses / m/sek	253	330	350	375	350	350	340	300	300
Wucht an der Zündung / mt	90,4	100	100	294	250	781	824	2 008	1 400
Sperrhöhe / m		{ - 5°	{ + 43°	{ - 3°		+ 20°	bis + 60°	bis + 20°	+ 20°
Größe Schußweite . . . . .	4400	7200	8250	8900	2600	9000	8900	10 100	7 550
Geschütz in Feuerstellung . . . . .	2740	1115	1156	2250	nicht in Lage	5800	6500	13 675	9 850
Geschützfahrzeug (mit Rohr) . . . . .	1830	1890	1890	2550	4320	3680	4320	7 935	6 400
Wegfahrzeug . . . . .	—	—	—	—	4180	3650	4180	9 030	5 950
Rohrmagen mit Rohr . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Schußweite und Wucht des Einzelschusses sind danach außerordentlich gestiegen. Gleichzeitig ist jedoch auch die Feuerechnelligkeit und die Treffgenauigkeit ungemein erhöht worden. Die Transportfähigkeit hat ebenfalls eine weitgehende Förderung erfahren. 1870 war das schwerste deutsche transportfähige Kaliber der 21-cm-Mörser M 70 mit nur 2600 m Schußweite und 80 kg Geschossgewicht. Dagegen verfügte die deutsche Armee 1914 als schwerstes Steilfeuer über den berühmten 42-cm-Mörser mit etwa 900 kg Geschossgewicht und etwa 10 km Schußweite, der mit Kraftzug fahrbar war.

Der wichtigste Wendepunkt in der Geschützentwicklung seit 1870, der auch für die zukünftige Entwicklung maßgebend geblieben ist, war die Einführung der Rohrrücklaufasetten. Die hohe Beanspruchung der Lafette beim Schuß wurde hierdurch herabgedrückt, und die Leistungen der Rohre konnten unter Ausnützung der großen Fortschritte der Pulverindustrie, die seit Einführung der rauchschwachen Pulver erreicht wurden, sehr weitgehend gesteigert werden. Das Rohrrücklaufprinzip fand deshalb schon in den achtziger Jahren hauptsächlich für ortsfeste Geschütze vielfache Anwendung. Um 1890 zeigte zuerst ein deutscher Erfinder, Haußner, daß es durch ausreichende Verlängerung des Rohrrücklaufes außerdem möglich ist, beim Schuß ein völlig ruhiges Stehen von Rädergeschützen, die früher dabei sprangen oder weit zurückliefen, zu erreichen. Die erste praktische Einführung eines Geschützes dieser Art erfolgte aber in Frankreich in der 75-mm-Feldkanone, die sich auch noch in diesem Kriege als eine sehr gute Konstruktion erwiesen hat. Die völlig ruhig stehenden Rohrrücklaufgeschütze ermöglichten eine sehr viel höhere Feuerechnelligkeit und eine Steigerung der Leistungen und der Treffgenauigkeit. An dem Aufsatz konnten nunmehr, da die starke Beanspruchung durch das Springen des Geschützes fortfiel, auch Visierfernrohre angebracht werden, die erst eine volle Ausnutzung der Präzision der modernen Waffen ermöglichten. Endlich gestatteten die ruhig stehenden Rädergeschütze auch die Anwendung von Schußschilden für die Bedienung, die einen zuverlässigen Schuß gegen Infanteriefeuer und Schrapnellkugeln bieten.

Das Rohrrücklaufsystem eroberte sich von etwa 1900 an, von den Feldkanonen ausgehend, die Anwendung bei allen Rädergeschützarten. Die konstruktive Ausbildung der Rohrrücklaufbremsen und Vorholer (Feder- und Luftvorholer) ist in den einzelnen Ländern und je nach den Anforderungen der Geschützart unter Beibehaltung des von allen Heeren angenommenen Grundprinzips verschiedenartig erfolgt. Die technisch vielfach sehr interessanten Lösungen können im Rahmen dieses Aufsatzes nicht im einzelnen verfolgt werden.

Maßgebend war weiter noch die Ausbildung der Verschlüsse und der

Richteinrichtungen. Auch hier haben die einzelnen Länder verschiedene Wege beschritten.

Deutschland wählte hauptsächlich den Keilverschluß mit Patronenhülsen für die Aufnahme der Pulverladung, Frankreich und England bevorzugten die Schraubenverschlüsse und nahmen die Patronenhülse nur für die kleineren und mittleren Kaliber an. Beide Verschlußarten sind als vorzügliche Schnellfeuerverschlüsse durchgebildet worden. Der deutsche Schubturkel-Keilverschluß hat sich sehr gut bewährt. Er erfordert für alle Kaliber die Anwendung von Patronenhülsen, die beim Schraubenverschluß für große Kaliber durch Anwendung einer plastischen Liderung entbehrt werden können, bietet aber dafür dem Schraubenverschluß gegenüber wesentliche Vorteile für die Sicherheit der Bedienung.

Für besonders hohe Anforderungen an die Feuerschnelligkeit waren schon vor dem Kriege Geschützkonstruktionen entstanden, bei denen sich der Verschluß durch die Rücklaufbewegung des Rohres selbsttätig öffnete und nach Einführung der neuen Ladung auch selbsttätig schloß. Nur das Laden und Abfeuern erfolgt durch die Geschützbedienung. Diese Geschützart war für Spezialzwecke durch Einführung selbsttätiger Ladevorrichtungen weiter ausgebaut worden, um ein sehr gesteigertes Schnellfeuer abgeben zu können. Die Komplikation dieser Selbstladevorrichtung beschränkte aber, sobald man sich nicht mit sehr kleinen Kalibern begnügte, ihr Anwendungsgebiet. Die selbsttätigen Verschüsse haben dagegen besonders für Flugabwehrkanonen, „Flak“, im Kriege Bedeutung erlangt.

Die Steigerung der Schußweiten erforderte die Ausbildung der um 1870 noch sehr primitiven Richt- und Visiereinrichtungen. Auch auf diesem Gebiete war 1914 schon sehr viel erreicht worden. Die Lafetten hatten schnell und präzise arbeitende Seiten- und Höhenrichtmaschinen erhalten, bei denen wiederum Deutschland und Frankreich vielfach verschiedenartige Wege gegangen waren. An Stelle von Kämme und Korn war das Visierfernrohr getreten, dessen wichtigste Vervollkommnung in der Form des Rundblickfernrohres von der deutschen Industrie erfunden ist. Auch für die Zieleinrichtungen (Aufsätze) selbst lagen vorzüglich durchgearbeitete Lösungen vor. Allerdings war für Spezialgebiete, insbesondere für die Flugabwehrgeschütze, die Entwicklung trotz vieler Vorschläge noch nicht zum Abschluß gekommen.

Als ausschlaggebend für die Wirkungssteigerung der Geschütze kamen endlich noch die Fortschritte in der Geschößkonstruktion, besonders aber der ungeheure Aufschwung der Pulver- und Sprengstoffindustrie seit der Einführung der rauchschwachen Pulver hinzu. Dem Geschützkonstrukteur wurden dadurch Treibmittel zur Verfügung gestellt, die eine außerordentliche Steigerung der Geschößgeschwindigkeit und der Mündungsenergie gestatteten.

Für die Ausnutzung aller Fortschritte, die durch die grundlegenden konstruktiven Erfindungsgebanten angebahnt waren, ist die Steigerung der Leistungen der Stahlindustrie, die dem Konstrukteur immer hochwertiger Werkstoffe an die Hand gab, ausschlaggebend gewesen. Die Waffe ist in noch weit höherem Maße wie die meisten anderen Maschinen in ihren Leistungen von den Werkstoffen abhängig. Die Erfahrungen im Waffenbau, die den Anlaß zur Einführung einer Reihe besonders legierter hochwertiger Stahlsorten gegeben hatten, haben damit auch für die allgemeine Industrie sehr wichtige Fortschritte gezeitigt. Der Konstruktionsstahl der Geschütze ist ja unverändert auch für andere Zwecke, die hohe Anforderungen an die Werkstoffe stellen müssen, z. B. im Automobilbau, verwendbar. Die Materialerfahrungen der Waffentechnik haben deshalb auch über die Kriegszeit und über die Rüstungsindustrie hinaus eine sehr weitgehende allgemeine volkswirtschaftliche Bedeutung. Es ist kein Zufall, daß die großen Geschützfabriken, voran Krupp, aber auch Armstrong, Ehrhardt, Bickers usw., mit sehr bedeutenden Qualitätsstahlwerken verbunden sind.

Die Zahlentafeln 1 und 2 (S. 67) kennzeichnen den Stand der von der deutschen Waffenindustrie 1914 erreichten Entwicklung der Leistungen der einzelnen Geschützharten für die verschiedenen Verwendungszwecke der Landartillerie. Eine eingehendere Darstellung des Standes der Waffentechnik bei Kriegsausbruch, als sie der Raum hier gestattet, gibt die Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1914, S. 1653 ff. (Schwinning, „Die modernen Kriegswaffen“). Bei Kriegsbeginn finden wir also in diesen Konstruktionen bereits eine sehr weitgehende Ausnutzung der neuesten Fortschritte der Technik für die Leistungssteigerung der Schußwaffen. Die eingeführten Waffen waren den Fortschritten nicht in allen Beziehungen gefolgt, wobei insbesondere die Kostenfrage vielfach den Ausschlag gegeben hat.

Deutschlands Feldartillerie war mit der 7,7-cm-Feldkanone 96 neuer Art und der leichten 10,5-cm-Feldhaubitze in Rohrrücklauf Lafette ausgerüstet.

Die Feldkanone 96 n. A. ist im Jahre 1906 durch Modernisierung der alten Feldkanone 96, welche noch eine starre Lafette aufwies, entstanden. Sie ist ein leichtes Rohrrücklaufgeschütz, das um etwa 300 kg geringeres Gewicht, aber auch eine niedrigere Leistung als die französische Feldkanone hat. Die französische Feldkanone war in dieser Hinsicht dem deutschen Geschütz überlegen.

Die leichte Feldhaubitze in Rohrrücklauf Lafette, die kurz vor dem Kriege zur endgültigen Einführung als Ersatz der veralteten leichten Feldhaubitze ohne Rohrrücklauf gelangte, war dagegen ein den modernen Anforderungen der Lafettentkonstruktion durchaus entsprechendes Geschütz mit ständig langem Rohrrücklauf.

In der Bewaffnung der schweren Artillerie war Deutschland den

fremden Staaten überlegen. Die schwere Feldhaubitze 13 mit 15 cm Kaliber und besonders der Mörser mit 21 cm Kaliber waren beide neuzeitliche, gut durchgebildete Geschütze.

Die wichtigsten Flachfeuergeschütze waren (von älteren Geschützen abgesehen) die 10-cm-Kanone und die 13-cm-Kanone. Die seinerzeit recht gute 10-cm-Kanone 04 war veraltet. Es lagen aber bereits alle Unterlagen für die Einführung der modernen 10-cm-Kanone 14 (Kruppscher Konstruktion) vor. Die Ausrüstung mit Flachfeuergeschützen, denen die Heeresverwaltung weniger Bedeutung beigelegt hatte, war nicht ebenso hochwertig wie die mit Steilfeuergeschützen. Als modernes Flachfeuergeschütz höherer Leistung war außer der 10-cm-Kanone nur noch die 1908 eingeführte 13-cm-Kanone vorhanden, der zwar Frankreich anfänglich kein gleichwertiges Geschütz entgegenstellen konnte, die aber doch den neuesten Anforderungen schon nicht mehr voll entsprach.

Diese Bewaffnung der schweren Artillerie wurde durch die schwersten Steilfeuergeschütze ergänzt.

Jahrelange Versuche hatten zu zwei Konstruktionen von 42-cm-Mörsern von seiten der Firma Krupp geführt, von denen die eine mit größerer Schußweite auf den Bahntransport angewiesen war und eine verhältnismäßig zeitraubende Bettungsanlage erforderte. Die andere Konstruktion mit etwas geringerer Schußweite gestattete dagegen durch Teilung des Geschützes in Rohr, Lafette und Bettung einen von der Bahn unabhängigen Transport mit Kraftzug und war schnell feuerbereit. Diesem Geschütz hatte in beiden Ausführungen bei Kriegsausbruch von seiten der feindlichen Staaten keine irgendwie gleichwertige Konstruktion entgegengestellt werden können. Es bewährte sich bei der Belagerung der ersten Festungen in Belgien um so mehr, da die feindlichen Verteidiger auf das Auftreten eines derartigen Geschützes nicht vorbereitet und die belgischen Betonbefestigungen seiner Zerstörungswucht nicht gewachsen waren.

Gebirgsartillerie hatte das deutsche Heer fast gar nicht, dagegen waren im österreichischen Heere die Konstruktionen zerlegbarer Geschütze für den Gebirgstransport vorzüglich ausgebildet.

Flugzeugabwehrkanonen, deren Konstruktion noch in Entwicklung begriffen war, waren nur in sehr beschränkter Zahl vorhanden, wie sie für Versuchszwecke beschafft worden waren. Eine planmäßige Bewaffnung mit Flak lag nicht vor.

### Die rüstungstechnischen Aufgaben der deutschen Industrie.

Die Aufgaben, die der deutschen Industrie mit Kriegsausbruch entgegentraten, lagen in drei Richtungen.

Erstens handelte es sich um die Schaffung neuer Konstruktionen, die die Leistungen der eingeführten Waffen verbessern sollten, oder die neue,

für die Kriegführung notwendige Aufgaben (z. B. weittragende Geschütze, Lanfbefämpfung usw.) lösen mußten.

Zweitens mußte die Deckung des ungeheuer großen Massenbedarfs an Geschützen und Munition erreicht werden. Es handelte sich dabei um die Fertigung eingeführter und erprobter Modelle von Gerät und Munition. Auch hier waren aber vielfach Neukonstruktionen und durchgreifende Änderungen erforderlich, um fabrikatorisch leichter zu erzeugende Waffen- und Munitionsteile zu erhalten. Die Anlagen der Industrie mußten umgestellt und den neuen Aufgaben angepaßt und neue Werkzeugmaschinen und Fabrikeinrichtungen geschaffen werden.

Drittens brachte die Rücksicht auf die Rohstofffrage sehr schwierig zu lösende Aufgaben mit sich. Durch die Blockade war eine Reihe von Stoffen ganz abgebrochen, andere konnten nur in einer für den Massenbedarf nicht genügenden Menge zur Verfügung gestellt werden. Hier mußten also sowohl Ersatzwerkstoffe als auch Ersatzkonstruktionen, die den weniger hochwertigen Eigenschaften der Ersatzmetalle gerecht wurden und gleichzeitig der Rücksicht auf die Massenfertigung angepaßt waren, geschaffen werden.

Diese drei Aufgaben sollen im einzelnen betrachtet werden.

#### Neukonstruktionen von Geschützen und Munition.

Vor Kriegsbeginn war in Deutschland die Ansicht vorherrschend, daß das geringere Gewicht der Feldkanone 96 n. A. den Mangel der kleineren Mündungsleistung gegenüber der französischen Feldkanone völlig ausgleichen und größere Schußweiten entbehrlich machen würde. Es trat aber im Kriege bald zwingend das Bedürfnis nach einem leistungsfähigeren Feldgeschütz auf. Das Geschütz sollte eine höhere Mündungsgeschwindigkeit und gleichzeitig auch ein größeres Höhenrichtfeld in der Lafette haben, um eine größere Schußweite ohne Eingraben des Lafettenschwanzes zu erreichen.

Da die deutsche Heeresverwaltung Feldkanonen mit größerer Schußweite vor Kriegsbeginn für entbehrlich gehalten hatte, lag hierfür bisher kein bereits erprobtes Modell vor. Die Aufgabe wurde dadurch gelöst, daß das etwas verlängerte Feldkanonenrohr in eine der Konstruktion der leichten Feldhaubitze entsprechende Lafette mit großem Erhöhungsbereich (nach einem Vorschlage von Böller) gelegt wurde. Dadurch ist ein Geschütz mit etwa der gleichen Mündungsleistung wie die der französischen Feldkanone, aber einem Höhenrichtfeld in der Lafette bis zu 40 Grad erreicht worden. Das Gewicht dieses als Feldkanone 16 bezeichneten Geschützes wurde jedoch für eine Feldkanone sehr groß. Es beträgt in Feuerstellung 1325 kg gegen 1137 kg für die französische Feldkanone und 945 kg für die Feldkanone 96 n. A. Technisch war die Konstruktion der F. K. 16 eine geschickte Leistung,

denn sie ermöglichte es, in sehr kurzer Zeit ohne langdauernde Versuche in die Massenfertigung einer Feldkanone von den erforderlichen hohen ballistischen Leistungen einzutreten. Selbstverständlich kann man von einer in so kurzer Zeit geschaffenen Konstruktion, die so weit als möglich die Fabrikationseinrichtungen der bereits vorhandenen Geschützmodelle ausnutzte, nicht erwarten, daß sie in jeder Beziehung das höchste Maß des erreichbaren technischen Fortschrittes ergab. Sie hat der französischen Feldkanone gegenüber den Vorteil des größeren Erhöhungsbereiches in der Lafette, den Nachteil des höheren Gewichtes. Die Schußweite ist der gleichen Mündungsenergie entsprechend für gleiche Erhöhungswinkel bei den bisher üblichen Geschossen etwa dieselbe, wie die der französischen Feldkanone. Bei 40 Grad Erhöhung wurden rund 9 km Schußweite erreicht. Die dringend notwendige weitere Steigerung hierüber hinaus bis auf 10,7 km wurde schließlich durch die Einführung einer neuen, von Schwinnig angegebenen Geschosart mit einer neuartigen Spitzenform, die die Bezeichnung „C-Geschosse“ erhielt, ermöglicht.

Für die beiden Feldhaubitzen, die leichte Feldhaubitze und die schwere Feldhaubitze, lagen die Verhältnisse technisch weit günstiger, da diese Geschütze besser dem modernen Stande der Technik entsprachen.

Die schwere Feldhaubitze erfuhr eine Umkonstruktion durch die Einführung eines Luftvorholers Krupp'scher Konstruktion an Stelle des zu hoch beanspruchten Federvorholers. In der Vorholerkonstruktion liegt ein prinzipieller Unterschied zwischen der deutschen und französischen Waffentechnik vor. In Deutschland wurde von jeher der Federvorholer bevorzugt, sobald er anwendbar ist, während die französische Industrie fast allgemein Luftvorholer vorschlug. Der Federvorholer hat den Vorteil, daß er die infolge der hohen Drücke in den Luftzylindern recht schwierige Abdichtungsfrage der Kolben und Kolbenstangen vermeidet und die Montage im Felde durch ungeübte Mannschaften erleichtert. Er setzt aber ein außerordentlich hochwertiges Federmaterial voraus. Die deutsche Stahlindustrie hat diese schwierige Aufgabe gelöst, und zwar für Kanonen leichten und mittleren Kalibers in sehr einwandfreier Weise. Werden aber wie bei 15-cm-Haubitzen und ähnlichen Geschützen die Beanspruchungen der Feder noch durch große Rücklaufgeschwindigkeiten besonders gesteigert, so ist die Aufgabe der Federfabrikation für die Massenfertigung so schwierig, daß dem Luftvorholer der Vorzug gegeben werden muß. Bei Feldkanonen kann man geteilter Ansicht sein. Hier haben sich sowohl die deutschen Federvorholer, wie auch die, allerdings komplizierten, Luftvorholer der französischen Feldkanonen gut bewährt.

Für die leichte Feldhaubitze erwies sich eine Steigerung der Schußweite als dringend notwendig, da sie sonst in vielen Fällen gegen die fran-

zöfische Feldkanone machtlos bleiben mußte. Auch beim Mörser war eine größere Schußweite erwünscht. Die Aufgabe konnte bei beiden Geschützen ohne grundsätzliche Änderungen der Lafettenkonstruktion durch eine Verlängerung der Rohre gelöst werden. Das Rohr der leichten Feldhaubitze wurde von 12 auf 22 Kaliber verlängert und die Schußweite von 6300 auf 8250 m (mit C-Geschossen) erhöht.

Die schwersten Geschütze, die 42-cm-Mörser, haben sich unverändert gut bewährt.

Frankreich und England mußten dagegen erst während des Krieges die Ausrüstung mit Steilfeuergeschützen hoher Leistung, die von Schneider, Vickers usw. konstruiert wurden, völlig neu schaffen, wodurch im Anfang eine technische Unterlegenheit der schweren feindlichen Artillerie vorlag. Diese ist allerdings später durch geschickte Heranziehung der Industrie ausgeglichen und hinsichtlich der Menge der Geschütze sogar gegen Ende des Krieges für eine Reihe von Geschützharten in das Gegenteil gewandelt worden.

Für die Kanonen der schweren Artillerie erwachsen der deutschen Industrie vollständig neue Aufgaben. Es war ein Geschütz in Raderlafette notwendig, das an Schußweite und an Geschößgewicht die 13-cm-Kanone bei guter Transportfähigkeit erheblich übertreffen mußte. In sehr geschickter Weise wurde diese Aufgabe von Ehrhardt und Krupp gelöst. Die 15-cm-Kanone 16 (Tafel 4, 1, 2 u. 3) ist ein Geschütz, das einen Erhöhungsbereich in der Lafette bis etwa 40 Grad und mit rund 50 kg Geschößgewicht eine Mündungsgeschwindigkeit von 760 m/sec hat. Es erreicht eine größte Schußweite von 22 bis 23 km und steht auch im Flachbahnschuß völlig ruhig. Die Konstruktion ist sehr geschickt und weist vor allem in der Gewichtsfrage völlig neue Wege. Sie ist besonders unter Berücksichtigung der Kürze der Zeit für Durchbildung und Versuche ein sehr schönes Beispiel für die Leistungsfähigkeit der deutschen Waffenindustrie.

Die interessanteste Aufgabe bei diesen und anderen schweren Geschützen, z. B. 42-cm-Mörser usw., ist die Transportfrage. Das gesamte Gewicht einer abgeprohnten 15-cm-Kanone ist etwa 9,8 t, hiervon entfallen auf das Rohrgewicht rund 4,1, auf die Lafette 5,7 t. Auch bei der Zerlegung des Geschützes in einen Rohrwagen und ein Lafettensfahrzeug werden die Fahrzeuge für Pferdezug sehr schwer. Hier tritt der Kraftzug ein. Schon in Friedenszeiten war der Kraftzug für die 42-cm-Mörser erprobt. Der 42-cm-Mörser wurde in vier Fahrzeugen gefahren, je einer für Rohr, Lafette, Bedienung und Zubehör mit Hilfskran für die Montage. Die Ausbildung der Kraftwagen war auf diesem Gebiete noch in der Entwicklung. Die Schlepper (Traktoren) sind von den wichtigsten Automobilfabriken (Daimler, Lanz usw.) im Kriege weitergebildet worden. Besondere Schwierigkeit bietet dabei der Transport über ungünstiges

Gelände und der unvermeidliche häufige Wechsel der Geländeart. Die Einführung von verstellbaren Greifern an den Schlepprädern, die auf Chausseen durch einfache Handgriffe ganz zurückgezogen werden können, erwies sich als sehr vorteilhaft. (Vgl. hierzu Abschn. „Verkehrsmittel“.) Besonders ungünstige Geländestrecken werden durch Seilzug überwunden. An der Schleppmaschine ist eine Winde mit Drahtseil angebracht. Der Schlepper fährt allein vor, wird an geeigneter Stelle verankert und zieht dann das Geschütz durch das Drahtseil mittels der von dem Wagenmotor angetriebenen Winde langsam heran. Durch diese Hilfsmittel kann eine geschickte Bedienung fast jedes Gelände passierbar machen.

Die Geschütze aller Staaten waren bisher nur für den Transport mit geringen Geschwindigkeiten, wie sie der Pferdezug gestattet, gebaut. Eine erhebliche Steigerung der Transportgeschwindigkeit, die ein Kraftzug an sich ohne Weiteres zulassen würde, ist bei den älteren Geschützfahrzeugen für schwere Kanonen oder Haubitzen nicht möglich, da die sehr starken Stöße in schneller Gangart bei diesen Lafetten Brüche unvermeidlich machen würden. Bei den 15-cm-Kanonen wurde deshalb neuartige eine Federung der Geschützfahrzeuge, die ausgeschaltet werden kann, vorgesehen. Das gefederte Fahrzeug kann mit einer sehr viel höheren Geschwindigkeit gefahren werden und gestattet dadurch die Ausnutzung dieses großen Vorteils des Kraftzuges. Die Federung fand daher auch bei anderen neuen Geschützen (langem 21-cm-Mörser) Anwendung (Tafel 4, 4 u. 5). Bei französischen Geschützen finden sich ebenfalls Bestrebungen in dieser Richtung. So hat der 220-mm-Mörser (Schneider) Gummibereifung erhalten. In Deutschland konnte mit Rücksicht auf die geringen Kautschukvorräte Gummibereifung bei Fahrzeugen und Lastkraftwagen nur in sehr beschränktem Umfang herangezogen werden.

Es war auch in vielen Fällen erwünscht, bei älteren Geschützen die größere Geschwindigkeit des Automobiltransportes ausnutzen zu können. Kleinere Geschütze konnten ja auf einem Anhängewagen verladen und so hinter Kraftzug befördert werden. Bei schwereren Geschützen ist dies naturgemäß nicht möglich. Eine sehr interessante Lösung für den Transport schwerer ungesfederter Geschütze bietet der Bräuersche Lastenverteiler (Tafel 4,2). Bräuer hängt das zu befördernde Geschütz in einem Sprengwert auf, das einerseits auf dem schleppenden Kraftfahrzeug und andererseits auf einem Anhängewagen aufliegt. Diese Aufhängung in dem Sprengwert erfolgt durch eine konstruktiv geschickt gelöste Vorrichtung derart, daß die Räder des Kraftzuges und des Anhängers etwa gleichen Achsdruck erhalten. Es wird also die Last auf die Achsen gleichmäßig verteilt und dadurch eine Verringerung des Achsdruckes gegenüber einem normalen Geschützfahrzeuge, bei dem der schleppende Kraftwagen nur zieht, aber nicht am

Tragen teilnimmt, erreicht. Das Verfahren ermöglicht den Automobiltransport vorhandener, auch älterer, Geschütze auf guten Straßen mit sehr großer Geschwindigkeit. Leider ist es zu sehr an gute Straßen gebunden und versagt leicht in unwegsamem Gelände. Sein Anwendungsgebiet ist also ein beschränktes und für die neueren Geschützkonstruktionen ist deshalb der übliche Kraftzug mit gefedertem Geschützfahrzeug gewählt worden (Tafel 4, a).

Der Kraftzugtransport hat durch den Krieg eine sehr gesteigerte Bedeutung erhalten, sowohl hinsichtlich der Möglichkeit, große Lasten zu befördern und sehr schnelle Transporte zu ermöglichen, als auch mit Rücksicht auf die Unabhängigkeit von schwer zu beschaffendem Pferdmaterial und von äußeren Einflüssen (z. B. Futtermittelversorgung, Schutz gegen giftige Gase, Unterbringung usw.). Im In- und Auslande finden sich deshalb Versuche, den Kraftzug auch für Geschütze mittleren Kalibers (z. B. für schwere Feldhaubitzen) und sogar für Feldgeschütze zu verwenden. Hier liegen in allen Ländern vielseitige Konstruktionen vor, deren Entwicklung noch nicht zum Abschluß gelangt ist. Für die schwersten Wagen finden sich neben Radgürtel und Greiferkonstruktionen auch (besonders in England und Amerika) Fahrzeuge nach dem Raupensystem (Caterpillarsystem), bei dem die erforderliche Auflagefläche bei schlechtem Boden durch einen um die Vorder- und Hinterräder laufenden Traggürtel gegeben werden. Das System hat z. B. in abgeänderter Form bei allen Tanks Anwendung gefunden. Für leichtere Geschütze sind leichte Kraftzugwagen, sogenannte Kraftproben, ausgeführt worden, die den Pferdezug ersetzen sollen. Die Transportfrage der Geschütze, die im Kriege in vielen Richtungen neuartige Bedeutung gewann, wird in der Zukunft die Geschützkonstruktionen viel mehr als bisher beeinflussen.

Zur Gruppe der Transportfragen gehört auch die Betrachtung der Eisenbahngeschütze. Beim Eisenbahngeschütz wird die Lafette durch einen auf einer normalen Vollbahn fahrbaren Eisenbahnwagen gebildet, der ein auf einem Sockel oder einer Plattform schwenkbares Rohr trägt. Sowohl Haubitzen als auch Flachfeuergeschütze sind als Eisenbahngeschütze im In- und Auslande gebaut worden. Ansätze hierzu lagen in Frankreich bereits vor Kriegsbeginn vor; im Kriege ist die Ausbildung dieser Geschützart von allen Staaten sehr gefördert worden. Der Vorteil dieser Art der Aufstellung der Geschütze liegt darin, daß sie in normalen Zügen auf Voll- und Schmalspurbahnen sehr schnell transportfähig und schußbereit sind. Bei großen Kalibern ist selbstverständlich auch hier eine Zerlegung des Geschützes für den Transport notwendig. Die Geschütze sind als Haubitzen bis zum 42-cm-Kaliber (Frankreich) gebaut worden. In Deutschland wurden besonders Marinerohre durch Krupp für den Bahntransport eingerichtet. (Vgl. hierzu Abschnitt B V.)

Befonders interessante und neue Aufgaben bot die Flugzeugbekämpfung. Das Flugzeug, dem vor dem Kriege militärisch hauptsächlich als Beobachtungsmittel Wert zugesprochen wurde, entwickelte sich zu einem Kampfwertzeug ersten Ranges, das durch Bombenabwurf, Maschinengewehrfeuer usw. starke Wirkung erzielte. Die Zahl der Flugzeuge wuchs und ihre Konstruktion und die Technik der Flieger vervollkommneten sich sehr schnell. Außer der Bekämpfung durch Kampfflugzeuge wurde daher die Frage der Ausbildung und die Beschaffung von Abwehrgeschützen sehr dringend. Technisch bietet die Aufgabe besonders für die Richt- und Visiereinrichtungen viele Schwierigkeiten. Die Krümmung der Flugbahn der Geschosse fordert, daß für hochliegende Ziele der Winkel zwischen Ziellinie und Rohrachse nicht nur als Funktion der Entfernung (wie beim Schießen auf horizontalem Gelände), sondern gleichzeitig als Funktion der Höhe bestimmt wird. Diese Einstellung des Aufsahes als eine Doppelfunktion soll durch die Richtmittel sehr einfach, wenn möglich automatisch, erfolgen. Außerdem ist aber die Berücksichtigung der schnellen Bewegung des Flugzeuges erforderlich. Ein modernes Flugzeug hat eine Geschwindigkeit von 20 bis 40 m in der Sekunde. Ist also beispielsweise bei einer Zielentfernung von 5000 m die Geschosßflugzeit 19 Sekunden, so hat das Flugzeug in der Zeit vom Abfeuern des Schusses bis zu dem Augenblick, wo das Geschosß die Flugzeugentfernung erreicht, bereits eine Strecke von 380 bis 760 m zurückgelegt. An der Visiereinrichtung muß also ein entsprechendes Vorhalten der Rohrachse gegenüber der Ziellinie nach Seite und Höhe, für dessen Art und Größe auch die Richtung des Fluges zu beachten ist, eingestellt werden. Außerdem sind die Lageeinfüsse (Luftdichte usw.) zu berücksichtigen. Für die optische und mechanische Industrie erwachsen hier die Aufgaben der Konstruktion und schnellen Fertigung sehr genauer Entfernungsmesser und der Schaffung von Instrumenten zur Bestimmung der Richtung und Geschwindigkeit der Flugzeuge (Auswanderungsmesser) und der Konstruktion von Visiereinrichtungen, an denen alle Funktionsbestimmungsgrößen so eingestellt werden können, daß das Endergebnis der richtigen Winkelbestimmung automatisch ohne Rechnung erhalten wird. Geistvolle, vielfach auch recht komplizierte Einrichtungen sind für diesen Zweck erdacht worden. Bei einfacheren Visiereinrichtungen dienen besondere von der Bedienung leicht zu handhabende Rechenhilfsmittel oder Rechenapparate zur schnellen Ermittlung der Einstellungsgrößen des Aufsahes und der Zünder. Für die Festlegung aller dieser Beziehungen waren sehr umfangreiche und schwierige wissenschaftliche ballistische Untersuchungen erforderlich. Der Nutzen dieser gründlichen wissenschaftlichen Arbeit ist bei den praktischen Erfolgen sehr in Erscheinung getreten. (Vgl. Abschnitt A V.)

Für alle Flaks (wie die Flugzeugabwehrkanonen abgefürzt bezeichnet werden) ist eine sehr schnelle Schußbereitschaft und große Feuergeschwindigkeit mit Rücksicht auf die hohe Flugzeuggeschwindigkeit notwendig. Die automatischen Verschlüsse haben daher vielfach Anwendung gefunden. Die Richtung der Geschütze muß ferner schnell dem Flugzeuge folgen können. Die Richtvorrichtung für das Rohr soll daher sehr schnell arbeiten und die Bestreichung großer Höhenwinkel und, wenn möglich, eines vollen Kreises für die Seitenrichtung gestatten. Bei Rädergeschützen, deren Richtmaschinen für die feine Seiteneinstellung im allgemeinen nur 3 bis 5 Grad nach jeder Seite umfassen, ist die Aufgabe durch Hinzufügung einer einfachen Hilfsbettung Kruppischer Konstruktion, durch welche das Geschütz um einen senkrecht stehenden Drehzapfen, dessen Achse durch die Mitte der Radachse geht, um einen vollen Kreis in horizontalem Sinne schwenkbar wird, gelöst worden. Die Verankerung des Geschützes mit der Hilfsbettung ersetzt in diesem Falle den Sporn. Für den gleichen Zweck wurden auch in Räderlafetten fahrbare Sockelflaks konstruiert.

Um schnell Flaks an gefährdete Punkte bringen zu können, ist der schon in Friedenszeiten angewendete Gedanke, Geschütze in Pivotlafette direkt auf einem Kraftwagen zu montieren, weiter ausgebildet worden. Diese Geschütze sind mehr als die Rädergeschütze von den Transportwegen abhängig. Sie sind aber mit hoher Geschwindigkeit fahrbar und außerordentlich schnell schußbereit und können mit sehr leistungsfähigen Geschützen ausgerüstet werden. Diese Flaks in Kraftwagen haben sich als wirkungsvolle Geschütze, die sehr schnell herangezogen werden können, auch für die Tankbekämpfung bewährt. Die neuen Aufgaben, die hier zu lösen waren, erstreckten sich sowohl auf die Geschützkonstruktion (Richteinrichtungen, unabhängige Visierlinie nach Höhe und Seite, Verschlusskonstruktion usw.) als auch auf die Kraftwagenumbildung und die Verankerung des Kraftwagens beim Schießen. (Abbildung einer schweren 8,8-cm-Kraftwagenflak L/45 s. Tafel 4, e.)

Die Verankerung muß völlig gegen Verschiebung durch die starken seitlichen Kräfte beim Schießen sichern, soll aber die Feuerbereitschaft und das Gewicht des Kraftwagens möglichst wenig beeinflussen. Sie ist durch am Wagen angebrachte seitlich herausklappbare Streben oder Platten mit Einschlagspornen erreicht worden. (Vgl. auch Abschnitt A VII, 4.)

Der große Bedarf an Flaks konnte aber nicht durch ausschließlich für diesen Zweck einwandfrei durchkonstruierte Geschütze gedeckt werden. Für weniger wichtige Plätze wurden aus vorhandenen älteren Geschützen durch zum Teil sehr einfache Hilfsaufstellungen, die das erforderliche große Höhen- und Seitenrichtfeld ermöglichten, behelfsmäßige Flaks geschaffen. Die zum Teil recht geschickten Konstruktionen konnten aber nur einen Behelfszweck haben und sind für die Entwicklung der Waffentechnik ohne

weitere Bedeutung geblieben. Sie lassen zwar infolge der weniger großen Geschossgeschwindigkeit, der geringen Feuergeschwindigkeit und der dem Spezialzweck wenig entsprechenden älteren Visiereinrichtungen nur geringe Wirkung erwarten, haben aber ihren Zweck erfüllt.

Auch die 3,7-cm-Maschinenkanonen sind als Flaks verwendet worden. Ihre große Feuergeschwindigkeit ist hiersür sehr wertvoll, aber ihre geringe Schußweite beschränkt ihr Anwendungsgebiet sehr, besonders seit die Flieger für Angriffe und Beobachtung sehr große Höhen aufsuchen.

Auch die Munitionsfrage bietet für die Flugzeugbekämpfung eine Reihe von Sonderaufgaben. Die Zünderkonstruktion mußte besonders durchgebildet werden, da die Brennzünder in großen Höhen Störungen ergeben. Mit Rücksicht auf die Schwierigkeit des Einschießens mit der üblichen Munition sind Lichtspur- und Rauchspurgeschosse ausgeführt worden, die die Flugbahn des Geschosses gut verfolgen lassen.

Für die Bewaffnung der Flugzeuge selbst sind neben den üblichen Maschinengewehren kleinkalibrige (2 bis 3 cm Kal.) automatische Geschütze mit guter Wirkung entstanden.

Sondertonstruktionen wurden endlich noch für die Infanteriebegleitgeschütze und für die Geschütze zur Lantbekämpfung notwendig. Die Lants sind besonders von unseren Feinden in kurzer Zeit zu einem sehr wichtigen Kampfmittel ausgebildet worden. Mit Maschinengewehren und leichten Geschützen ausgerüstet und durch Panzerschuß gegen Infanteriefeuer auch aus nächster Entfernung völlig gesichert, ermöglicht ihre nach dem Raupen- (Caterpillar-) System durchgebildete eigenartige Konstruktion das Durchfahren fast jedes Geländes, ohne daß Schützengräben, Drahthindernisse usw. ein Hindernis bieten. In Deutschland ist die Beschaffung einer entsprechend großen Zahl von Wagen mit Rücksicht auf den übrigen Kampfmittelbedarf erst verhältnismäßig spät in Angriff genommen worden. Das massenhafte Auftreten feindlicher Wagen unter Ausnützung künstlicher Nebel usw. machte die Aufgabe ihrer Bekämpfung außerordentlich dringend und wichtig. Den Feinden war es auch gelungen, die anfänglich sehr geringe Geschwindigkeit der Lants bei ihren späteren leichten Panzerkraftwagen erheblich zu steigern. Die schnell heranzuziehenden Kraftwagenflaks bewährten sich zwar gut, es waren aber gleichzeitig infolge des Massenauftretens der Lants Sonderwaffen, die leicht in großer Zahl in der vordersten Linie angewendet werden konnten, notwendig. Hiersür hat unter anderem die Rheinische Metallwaren- und Maschinenfabrik eine geschickte Lösung gegeben. Diese Abwehrmittel kamen aber zu spät, um noch der Lantgefahr Herr zu werden.

Auch die Gebirgsgeschütze gewannen für den Krieg in den Gebirgsländern Bedeutung. Derartige Geschütze wurden von Krupp und Ehrhardt auf Grund älterer Erfahrungen, die die Werke durch Auslandsieferungen

gewonnen hatten, hergestellt. Auch von Stoda sind Gebirgsgeschütze geliefert worden, die sehr wertvolle neue Grundgedanken für die Konstruktion zerlegbarer Geschütze aufweisen.

**Neukonstruktionen von Munition.** Für alle Geschützarten wurden neue Konstruktionen von Geschossen und Zündern erforderlich. Hierbei handelte es sich teils um besonders weittragende Geschosse, teils um Steigerung der Wirkung, teils um die Lösung von Spezialaufgaben, zum Beispiel Brandgeschosse, Rauchgeschosse, Nachrichtengeschosse, Gasgeschosse, bei denen die Unterbringung des flüssigen Gasstoffes manche konstruktive Schwierigkeit bot, usw.

Um den Luftwiderstand gering zu halten, wurden neue Spitzgeschosse, insbesondere die bereits erwähnten C-Geschosse und die Haubengeschosse, eingeführt. Bei den Haubengeschossen für größere Kaliber ist auf die durch die Innentkonstruktion des Geschosses bedingte stumpfe Geschosspitze zur besseren Überwindung des Luftwiderstandes eine sehr schlanke Haube (nach Vorschlag von Krupp) aufgesetzt, die auch den Zünder bedeckt.

Besonders viele wichtige Aufgaben bot die Zündertkonstruktion. Das Austreten von Rohrdetonierungen, die zum großen Teil auf Zünderfehler zurückzuführen waren, erforderte einen rohrförmigen Zünder, der auch in dem Falle, daß die Sprengkapsel des Zünders durch irgendwelche Umstände vorzeitig schon im Geschützrohr zur Explosion kommen sollte, keinesfalls eine Detonation der Ladung herbeiführen durfte, solange sich das Geschos noch im Rohr oder kurz vor dem Rohr befand. Dieser an sich schon früher, aber in verhältnismäßig komplizierter Weise gelösten Aufgabe wurde durch geschickte neuartig konstruierte Abschlußvorrichtungen zwischen Sprengkapsel und Ladung, die sich erst nach einer gewissen Zeit nach dem Abschuß öffnen, in fabrikatorisch einfacher Weise entsprochen. Auch die Empfindlichkeit der Aufschlagzünder mußte gesteigert werden. Die üblichen Zünder, die durch Trägheitskräfte beim Aufschlag wirksam wurden, funktionierten zu langsam, so daß das Geschos, besonders bei weicherem Boden, verhältnismäßig tief eindrang, ehe es zur Explosion kam und dadurch an Wirkung verlor. Die Lösung wurde in der Weise gefunden, daß die Zünder einen an der Spitze des Geschosses vorstehenden Schlagstift erhielten, der direkt durch den Aufschlag in das Zündhütchen getrieben wurde. Die Sicherungen gegen vorzeitiges Scharfwerden wurden auch bei diesem Prinzip in einwandfreier Weise gelöst. Endlich ist auch die Konstruktion der mechanischen Zünder (Uhrzünder) sehr vervollkommenet worden. An diesen Zündertkonstruktionsaufgaben haben sich außer den bekannten Werken der Rüstungsindustrie (vor allem Krupp in Verbindung mit Gebr. Thiel, Ruhla) auch eine größere Reihe anderer Fabriken (Jungbans, A. E. G. usw.) mit sehr gutem Erfolge beteiligt.

Überblickt man das gesamte Gebiet der Neukonstruktionen von Geschützen und von Munition, die für die Steigerung der Wirkung oder für besondere neue Kriegsaufgaben notwendig waren, so muß man feststellen, daß darin von der Industrie unter Zusammenarbeit mit den Heeresbehörden sehr Bedeutendes geleistet worden ist und daß die deutsche Technik auf diesem Gebiete hinter anderen Nationen in keiner Beziehung zurückstand und vielfach Überrasingendes geleistet hat. Eine Reihe von Aufgaben, die fast unglaublich schienen, wurden gelöst; ich erinnere an das berühmte 150 km weit schießende Krupp'sche Geschütz. Die deutsche Heeresverwaltung konnte sich für diese Aufgaben auf die Erfahrungen und auf die Ingenieure der außerordentlich hoch entwickelten deutschen privaten Rüstungsindustrie, insbesondere Krupp und Rheinmetall, stützen. Für besondere Aufgaben haben aber auch andere Fabriken, die erst neu an diese Gebiete herantraten, wertvolle Neuerungen geschaffen, obgleich es nicht möglich war, den Erfindungsgeist der gesamten deutschen Technik völlig auszunützen, da infolge der früher für erforderlich gehaltenen äußerst weitgehenden Geheimhaltung aller Waffenfragen das Verständnis für die eigenartigen besonderen Anforderungen waffentechnischer Fragen im Frieden nur auf einen engen Kreis von Ingenieuren und Forschern beschränkt geblieben war.

#### **Die Herstellung des Massenbedarfs an Geschützen und Munition.**

Sehr viel ungünstiger lagen bei Kriegsausbruch und auch noch während des Krieges die Vorbedingungen für die schnelle Umstellung der Industrie zur Erzeugung des Massenbedarfs an eingeführten Geschützen, Gerät und Munition. Die Bedeutung der Technik war trotz der außerordentlichen Leistungen der deutschen Industrie weit unterschätzt worden. Man sah sie zwar als ein sehr wertvolles Hilfsmittel an, ohne aber die Schwierigkeiten, die überragende und ausschlaggebende Wichtigkeit der technischen Fragen und die Bedeutung sachmännischen Wissens voll zu würdigen.

Bei Kriegsausbruch lag zwar ein hervorragend durchgearbeiteter militärischer Mobilisierungsplan vor. Ein industrieller Mobilisierungsplan aber, der die sofortige vollständige Ausnützung der Werke der Großindustrie für die Kriegsmaterialerzeugung sicherstellte, der die Vergebung der Aufträge auf Waffen und Munition festlegte, der die Umstellungsarbeiten der einzelnen Werke, Neubauten, Arbeiterfragen usw. sofort bestimmte, war nicht vorgesehen. Selbst bei den größten Kriegsmaterialwerken Krupp und Ehrhardt entstanden deshalb durch die weitgehende sofortige Einziehung von Arbeitern und Beamten Anfangsschwierigkeiten. Für die Verteilung der Aufträge an die allgemeine Industrie unter Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit der einzelnen Werke lagen bei den Heeresbehörden noch

nicht die erforderlichen großen technisch-wirtschaftlichen Erfahrungen vor. Die Industrie und die Heeresverwaltung standen deshalb vor sehr schwierigen Aufgaben unter vielfach ungünstigen Verhältnissen, besonders da man anscheinend nicht mit einem langen Kriege gerechnet und deshalb nur einen für den Kriegsbedarf bei weitem nicht genügenden Munitionsbedarf vorgesehen hatte.

Für die sofort einsetzenden riesigen Aufträge auf Munition, Geschütze usw. konnte es sich nur um die Fertigung von bereits erprobten Modellen handeln. Jede Neukonstruktion, für die nicht bereits alle Fertigungsunterlagen, Zeichnungen usw. bis ins kleinste festlagen, mußte zu Verzögerungen führen und deshalb für diesen ersten Massenbedarf, auch wenn sie eine Verbesserung der Leistung der Waffen versprach, möglichst vermieden werden. Schon die Beschaffung der Lehren, Arbeitszeichnungen usw. für das eingeführte Gerät stellte die Industrie im Hinblick auf die gebotene Eile vor schwierige Aufgaben. In einzelnen Fällen waren aber trotzdem sofort Umkonstruktionen erforderlich, teils weil die eingeführten Modelle (insbesondere von Zündern) nicht in allen Fällen unter Berücksichtigung der modernen werkstattstechnischen Anforderungen der Massenfertigung entworfen waren, teils mit Rücksicht darauf, daß die erforderlichen Fabrikationseinrichtungen noch nicht in ausreichendem Maße vorhanden waren. Der Bedarf an hochwertigen Stahlgeschossen konnte daher auch in den ersten Kriegsmonaten nicht ausreichend gedeckt werden. Es wurden deshalb große Aufträge auf Gußeisengeschosse mit einem sehr einfachen Auslösezünder vergeben, da die deutschen Graugußgießereien wenig Beschäftigung hatten und die unvorbereitete Herstellung und die Bearbeitung solcher Geschosse fabrikationstechnisch am leichtesten möglich ist. Waffentechnisch ist aber ein Gußeisengeschoss infolge seiner geringeren Wirkung ein Rückschritt gegen die hochwertigen Preßgeschosse und auch gegen Stahlgußgeschosse. Die Erzeugung der besonders wichtigen Preßgeschosse erforderte die Erstellung großer hydraulischer Preßanlagen. Durch die Leistungsfähigkeit der deutschen Maschinenbau- und Stahlindustrie ist diese Aufgabe in verhältnismäßig sehr kurzer Zeit gelöst worden, wobei zu berücksichtigen ist, daß zumeist auch die erforderlichen Konstruktionsgrundlagen, Zeichnungen, Entwürfe usw. erst neu aufgestellt werden mußten.

Dem Graugußgeschoss folgten zunächst Typen von Stahlgußgeschossen und von Geschossen, die aus vollen Stangen durch Ausbohren einer Höhlung für den Sprengstoff hergestellt wurden, bis die angestrebte Leistungsfähigkeit an Preßgeschossen erreicht war. Das gebohrte Geschoss war in sehr geschickter Weise auf die Massenerzeugung zugeschnitten. Hochwertiger ist aber hinsichtlich der Materialeigenschaften wie auch der Stahlersparnis das gepreßte Geschoss. Die wichtigsten Aufgaben fielen bei der

Geschosserzeugung der Stahlindustrie zu, in erster Linie mit Rücksicht auf die Deckung des Stahlbedarfes. Die verfügbaren hochwertigen Rohstoffe, insbesondere die Manganerze, wurden knapp. Die Heeresverwaltung kam dieser Sachlage durch Revision der Abnahmebedingungen weitgehend entgegen. Außerdem mußte aber die Stahlindustrie ihre Erzeugungsverfahren so umgestalten, daß für die Desoxydation nur äußerst verringerte Mangagemengen gebraucht wurden und auch die Anwendung von Aluminium, Ferrosilizium usw. möglichst eingeschränkt wurde. Auch diese schwierige Frage wurde befriedigend gelöst. Dies ist auch für die Zukunft im Hinblick auf die Abhängigkeit vom Auslande sehr wichtig. Da die Erzeugung der Martinstahlwerke immer mehr in Anspruch genommen wurde, versuchte man, den Thomasstahl für die Geschosserzeugung heranzuziehen. Die metallurgische Aufgabe war nicht leicht, da bisher die Thomaswerke fast ausschließlich Träger, Schienen und ähnliche Massenerzeugnisse gefertigt hatten, während hier ein Stahl von höheren Festigkeitseigenschaften erforderlich war, der gleichzeitig auch sehr hohen Ansprüchen an die Güte der Desoxydation, das Freisein von Fehlstellen usw. genügen mußte, was besonders mit Rücksicht auf den sehr schnellen Verlauf des Thomasprozesses Schwierigkeiten bot. Für Walzstangen für gebohrte Geschosse gelang aber auch dies durch Zusammenarbeiten der Industrie und der Heeresverwaltung allgemein in kurzer Zeit. Einige Werke haben die Aufgabe auch für Pressgeschosse gelöst. Unsere Stahlindustrie hat sich während des Krieges sowohl auf diesem wie auch auf anderen Gebieten ihrer Aufgabe voll gewachsen gezeigt.

Deutschland stand von dem Augenblicke an, wo England in den Krieg eintrat und sich die Vereinigten Staaten an den Kriegsmateriallieferungen für die Entente beteiligten, der Industrie der ganzen außerdeutschen Welt gegenüber. Die amerikanische Hilfe fiel im Hinblick auf die reichen Erfahrungen der dortigen Werke in der Organisation für die Massenfertigung und die unerschöpflichen wirtschaftlichen Hilfsmittel der Vereinigten Staaten besonders schwer ins Gewicht. Um nicht von dieser Überlegenheit an industrieller Macht schnell erdrückt zu werden, war die restlose Erfassung der gesamten Leistungsfähigkeit unserer Industrie, die ja glücklicherweise über hervorragend tüchtige Ingenieure und Arbeiter und über langjährige Schulung in der schnellen Umstellung auf neue technische Aufgaben verfügte, unbedingt notwendig.

Die Grenzen der technischen Leistungsfähigkeit Deutschlands waren einerseits durch die Zahl der Arbeitskräfte (Ingenieure und Arbeiter), andererseits durch die vorhandenen und neu erstellbaren Fabrikeinrichtungen und die verfügbaren Rohstoffe beschränkt. Hinzu kommt, daß der größte Teil der Arbeiter in waffenfähigem Alter als Soldaten zum Heeres-

dienst eingezogen und durch viel weniger leistungsfähige und unerfahrene Kräfte, insbesondere Frauen, ersetzt werden mußte. Es mußte also angestrebt werden, die so begrenzte gesamte Arbeitsfähigkeit des Landes in möglichst vollkommener Weise zur Erzeugung des Kriegsbedarfs (im allgemeinen Sinne) auszunützen, so daß jeder Arbeits- und Materialverlust möglichst vermieden und das Maximum an Gesamtleistung erreicht wurde. Damit fiel der Heeresleitung eine technisch-wirtschaftliche Aufgabe zu, deren Lösung außerordentliche Schwierigkeiten bieten mußte, um so mehr, da alle Vorbereitungen fehlten. Die Heeresverwaltung schuf hierfür als Zentralstellen für die industriellen Fragen das Kriegsamt und speziell für das Beschaffungswesen das diesem zugehörige „Wumba“ (Waffen- und Munitionsbeschaffungswesen). Dem Kriegsamt wurde auch die bereits bestehende Kriegsrohstoffabteilung angegliedert. Der Gedanke der Zentralisierung aller industriellen Fragen war zweifellos richtig und unbedingt notwendig. Nur dadurch konnte die Möglichkeit geschaffen werden, die vielen Einzelansprüche an die Fertigung von Geschützen, von Munition und von anderem Kriegsgerät, von Eisenbahnmaterial und von allem sonstigen Bedarf klar gegeneinander abzuwägen und ihrer Bedeutung entsprechend unter Berücksichtigung der Anforderungen der Obersten Heeresleitung festzusetzen und ein bestimmtes Fertigungsprogramm für die ganze Industrie aufzustellen.

Die Behörden haben sich ihren Aufgaben mit außerordentlicher Arbeit und großer Tatkraft gewidmet. Wenn das angestrebte Ziel trotzdem nicht voll erreicht wurde, so haben einige Mängel der Organisation wesentlich mitgesprochen. Die Zuständigkeit des Kriegsammtes umfaßte nicht das gesamte Gebiet der Ausnützung der Industrie für alle Verwendungszwecke, sondern sie war (mit Ausnahme der für alle Verwendungszweige zuständigen Kriegsrohstoffabteilung) auf das Gebiet des Heeresbedarfs beschränkt, und die des Wumba im besonderen auf die Fragen, welche mit der Beschaffung des zur Heeresbewaffnung gehörigen Bedarfs (dem später noch Kraftfahrzeuge usw. zugeteilt wurden) zusammenhängen. Diese Einschränkung mußte die Durchführung eines ausgeglichenen Fertigungsprogramms für die Gesamtindustrie erschweren. Die Leistungsfähigkeit der Gesamtindustrie können wir uns ja als ein Sammelbecken vorstellen, aus dem alle einzelnen Verbrauchsstellen, die Fertigung von Geschützen, von Munition, von Eisenbahngerät, von Marinebedarf, von landwirtschaftlichen Maschinen, von Baumaterial usw., je nach ihrer Bedeutung versorgt werden mußten und bei dem der Zufluß durch die nützliche Arbeitsleistung und der Abfluß durch den Bedarf sämtlicher Stellen dauernd von einer leitenden Zentralstelle aus im Einklang zu halten war. War einmal die Industrie voll in Anspruch genommen, so mußte ja jede

einseitige Steigerung der Fertigung irgendeines Erzeugnisses, seien es Flugzeuge, Kraftwagen, Geschütze oder Marinebedarf, einen Rückgang an anderen Produkten bedingen, der durch die erforderlichen neuen Umstellungsarbeiten gegebenenfalls noch vergrößert wurde.

Andererseits war das Wumba dadurch sehr belastet, daß es nicht nur für die grundlegenden Fragen, sondern auch für die Erteilung und Erledigung aller Einzelbestellungen zuständig war. Dies führte dazu, daß das Wumba schnell zu einer der größten Behörden anwuchs, zwang aber auch zu einer sehr weitgehenden Unterteilung in Einzelressorts, die naturgemäß die gleichmäßige Durchführung allgemeiner Gesichtspunkte erschwerte. Gerade in den grundlegenden Fragen mußte aber die Hauptaufgabe der Zentralstellen liegen. In erster Linie stand die Aufrechterhaltung und Förderung einer möglichst reibungs- und störungsfreien Produktion und die Anpassung des allgemeinen Fertigungsprogramms, der Abnahmebedingungen und der Gestaltung der Erzeugnisse an die vorhandenen und neu erstellbaren Einrichtungen für die Massenerzeugung. Jede unnötige Umstellung in den Betrieben, jede vermeidbare Aufstellung von entbehrlichen Fabrikeinrichtungen oder Bauten, die nicht zur Hebung der Massenfertigung beitragen, jede Überlastung unserer Transportwege durch ungeeignete Wahl der Erzeugungsorten mußte ja zu einer Arbeitsverschwendung und daher zu einer Verminderung der nutzbaren Gesamtleistung führen. Bei der Verteilung der Aufträge für die Massenfertigung mußte auch angestrebt werden, daß keine Zersplitterung der Arbeiten der einzelnen Betriebe der Werke durch zu viele verschiedenartige Bestellungen eintrat. Ein Betrieb, der zum Beispiel nur ein oder zwei Geschosarten herstellt und hierfür passend eingerichtet ist, wird im allgemeinen viel mehr leisten als ein Betrieb der gleichen Größe, der 10 bis 20 verschiedene Arbeiten ausführt. Höchste Leistungsfähigkeit in Massenartikeln ist nur durch die Beschränkung der Fertigung auf möglichst wenige Gegenstände zu erreichen. Auch für die Heranziehung und schnelle Durchbildung des Abnahmepersonals, für die Bereitstellung von Lehren usw. ist die Beschränkung der Fabrikation im Einzelbetriebe auf möglichst gleiche Erzeugnisse förderlich. Besondere Umstände (Versorgung mit Werkstoffen, Ausnutzung vorhandener Maschinen usw.) können allerdings in manchen Fällen ein Abgehen von diesem Grundsatz, der immer anzustreben bleibt, als notwendig erscheinen lassen. Sehr wichtig war es auch, daß auf die Entlastung der Transportwege (Eisenbahnen) dadurch bei der Verteilung der Aufträge Rücksicht genommen wurde, daß soweit als möglich weite Transporte zwischen Stahlwerken, Bearbeitungswertstätten und Ablieferungsstellen vermieden werden sollen. Bekanntlich hat sich auch bei der Friedensfertigung in unseren Großbetrieben (Thomasstahlwerken, großen Maschinenfabriken

usw.) die möglichste Vereinfachung und Abkürzung aller Transporte innerhalb des Wertes bei allen Neuanlagen als äußerst wertvoll für die Steigerung der Leistungsfähigkeit erwiesen.

Die Abnahmebedingungen, die für die Leistungsfähigkeit der Industrie im Krieg und Frieden größte Bedeutung haben, mußten den Kriegsverhältnissen angepaßt werden.

Die hohen Anforderungen an Lagerbeständigkeit werden in Friedenszeiten für manchen Heeresbedarf schärfere Abnahmebedingungen nötig machen, als es für den auf schnellen Verbrauch berechneten Kriegsbedarf erforderlich ist.

Die Abnahmebedingungen für den Kriegsbedarf mußten dagegen unbedingt so gefaßt werden, daß sie gestatteten, die höchste Leistungsfähigkeit der deutschen Industrie für die Erzeugung kriegsbrauchbaren Heeresbedarfs schnellstmöglich zu erreichen. Es mußten also aus diesen Kriegsabnahmebedingungen alle Bestimmungen fortfallen, welche die Schnelligkeit der Herstellung verminderten oder die Deckung mit möglichst leicht zu erhaltenden Rohstoffen erschwerten, soweit sie nicht für die Kriegsbrauchbarkeit der Munition und des Geräts unbedingt erforderlich waren.

Das schließt nicht aus, daß in Friedenszeiten in manchen Beziehungen höhere Anforderungen gestellt werden, die wegen der im Frieden erforderlichen großen Lagerbeständigkeit oder auch um auf die Industrie zur Steigerung der Qualitätserzeugung einzuwirken, notwendig sein können. Es muß aber auch im Frieden der ebenso für Heeres- wie auch für Zivilbedarf gültige Grundsatz festgehalten werden, daß eine Abnahmebedingung so gefaßt sein muß, daß sie die Lieferung von einwandfrei brauchbarem Material sicherstellt, daß sie aber andererseits nicht unnötig über diese Sicherstellung hinaus schärfer sein soll.

Unnötige Schärfen der Abnahmebestimmungen, die eine schwierigere Fabrikation erfordern, beeinträchtigen die Leistungsfähigkeit und erhöhen in Friedenszeiten unnötig den Preis, denn jedes Werk wird die Preise entsprechend den Fabrikationschwierigkeiten festsetzen. Die Aufstellung von Abnahmebedingungen, die dem Gebrauchszweck so angepaßt sind, daß sie einerseits die Lieferung einwandfrei brauchbaren Materials völlig sichern, aber andererseits unnötige Forderungen vermeiden, ist eine sehr wichtige und oft schwierige Aufgabe.

Bei der Beurteilung der Anforderungen, die an das Material während der Kriegszeit gestellt werden können und müssen, ist immer der Gesichtspunkt zu beachten, daß die Aufgabe die sein mußte, die Leistungsfähigkeit der Industrie, auf den gesamten Heeresbedarf verteilt, möglichst wirtschaftlich auszunutzen. Muß bei stark gesteigerter Leistungsfähigkeit mit einer gewissen Verminderung der Qualität gerechnet werden, so ist zu erwägen,

ob die Schädigungen an Munition und Geschützen und an Wirkung, die durch die Beeinträchtigung der Qualität direkt oder indirekt entstehen (z. B. Geschützverluste durch Rohrdetonierer, Verminderung des Vertrauens der Truppe usw.), durch die gesteigerte Leistungsfähigkeit der Industrie reichlich aufgehoben wird oder nicht. Im ersteren Falle steigt trotz eines größeren Prozentsatzes an Schäden durch die Steigerung der Leistungsfähigkeit die Gesamtwirkung, im zweiten Falle dagegen wird die Steigerung der Leistungsfähigkeit infolge der Verminderung der Qualität unwirtschaftlich sein. Es handelt sich auch hier also um eine wirtschaftliche Frage, nämlich um die Aufgabe, aus der Leistungsfähigkeit der Industrie die höchste Gesamtsumme an Wirkung des Kriegsmaterials zu erreichen.

Von höchster Bedeutung war auch die Arbeiterfrage. Zwei Forderungen standen einander gegenüber. Einerseits forderte die Front jeden verfügbaren Mann als Soldat an, andererseits mußten die erforderlichen Arbeitskräfte sichergestellt werden. Einwandfrei wäre auch diese Frage nur durch gemeinsame Entscheidung der Obersten Heeresleitung und eines allgemein zuständigen Kriegsamt unter Abwägung aller Einzelgesichtspunkte, der rechtzeitigen Sicherstellung des Ersatzes usw., zu lösen gewesen. Die plötzliche Einziehung von eingearbeiteten und daher nur schwer und manchmal fast gar nicht ersetzbaren Arbeitskräften, ehe für rechtzeitigen Ersatz gesorgt war, hat nicht selten zu Verzögerungen der Fertigung Anlaß gegeben.

Ein außerordentlich wichtiges Arbeitsgebiet bildete ferner die Regelung der Preisgestaltung der Produkte und der Arbeitslöhne während der Kriegszeit. Die hier getroffenen Entschlüsse mußten in jedem Falle weit über die Kriegszeit hinaus eine einschneidende Wirkung für unsere wirtschaftliche und soziale Entwicklung haben.

Wenn bei dieser Fülle von grundlegenden schwierigen Aufgaben, die dem Wumba zufallen mußten, in technisch-wirtschaftlicher Beziehung mancher vermeidbare Fehler vorgekommen ist, so hat hier auch der Umstand mitgewirkt, daß die Entscheidung aller dieser Fragen, die die gründlichste Kenntnis aller Grundlagen unseres technisch-industriellen Wirtschaftslebens, aller Faktoren, die es beeinflussen, die Beherrschung der volkswirtschaftlichen Gesichtspunkte und der Arbeiterfragen, die zuverlässige Beurteilung der Leistungsfähigkeit und der Sonderart der einzelnen Werke, die Kenntnis der modernen Methoden der Massenfertigung, die sichere Entscheidung des fabrikationstechnischen Einflusses der konstruktiven Gestaltung und der Abnahmebedingungen der Erzeugnisse usw. voraussetzt, fast ausschließlich in militärischen Händen blieb. Die Unterschätzung technischen und wirtschaftlichen Könnens, die leider in Deutschland vielfach festgestellt werden mußte, hat sich auch hier als ungünstig erwiesen.

Es ist, bei voller Würdigung der ungeheuren Arbeitsleistung des Wumba und der übrigen Heeresbehörden, wohl anzunehmen, daß ein sachmännisches, mit allen Verhältnissen der Industrie vertrautes Kriegsamts, das für die Aufstellung und Innehaltung der grundlegenden Richtlinien, für die Ausnutzung der Industrie für den Bedarf aller Verbrauchsstellen (Armee, Marine usw.) zuständig gewesen wäre, eine einwandfreiere Ausnutzung der industriellen Leistungsfähigkeit Deutschlands ermöglicht und Fehlgriffe, wie sie zum Beispiel bei der Aufstellung des sogenannten Hindenburgprogramms vorgekommen sind, vermieden hätte. Besonders aber hätte eine solche Zentralbehörde der Obersten Heeresleitung jederzeit darüber Aufschluß geben können, in welchem Umfange die Ansprüche der Armee, der Marine, der Eisenbahn usw. an die industrielle Leistungsfähigkeit des Landes unter Berücksichtigung der Verminderung der Arbeitskräfte durch den Nachschub von Soldaten und die Verringerung der Leistungsfähigkeit des Arbeiters infolge der zunehmenden Ernährungsschwierigkeiten überhaupt in ihrer Gesamtheit dauernd aufrechterhalten werden konnten, wodurch es für die Heeresleitung möglich gewesen wäre, rechtzeitig eine sichere Beurteilung der Grenzen der technischen und damit auch der militärischen Leistungsfähigkeit des Landes zu gewinnen.

Bei der Anpassung der Abnahmebedingungen an die Kriegsverhältnisse und der Umgestaltung von Konstruktionen im Hinblick auf die Anforderungen der Massenfertigung haben die Prüfungsbehörden (Artillerie-Prüfungs-Kommission, Gewehr-Prüfungs-Kommission usw.) und das dem Wumba zugehörige „Fabo“ (Fabrikationsbureau) gemeinsam gearbeitet. Es gelang bei einer Reihe von Geschützteilen usw. durch zweckmäßige Änderung der Formgebung, durch die Verwendung von Stahlguß an Stelle schwer zu beschaffender Schmiedeteile usw. Beschleunigung der Fertigung und dadurch eine Steigerung der Gesamtproduktion zu erreichen, die für die Bedarfsdeckung sehr wichtig war.

Besondere Betrachtung verdienen die im Kriege begonnenen Vereinheitlichungsarbeiten, da sie eine dauernde Bedeutung für unsere Volkswirtschaft behalten werden. Früher wurde sowohl beim Waffen- als auch beim allgemeinen Maschinenbau auf die übereinstimmende Gestaltung immer wiederkehrender Konstruktionselemente nicht genügender Wert gelegt, obgleich die volkswirtschaftliche Bedeutung für die Friedensindustrie schon von vielen Seiten seit langem erkannt war. Zum Beispiel hatte die Artillerie ihr besonderes Schraubensystem, daneben bestanden im Maschinenbau ein Duzend mehr oder minder abweichender Gewindearten. Paßstifte, Handräder, Lager usw. wurden von den meisten Werken verschieden ausgeführt und häufig sogar bei den einzelnen Maschinenmodellen eines Werkes nicht gleichartig gestaltet. Das bedingt unnötige immer wieder-

lehrende besondere Konstruktionsarbeit, erfordert große Lager von Vorratsteilen und erschwert Reparaturen. Soll z. B. ein Auto außerhalb seines Fertigungsortes repariert werden, so muß entweder die Reparaturwerkstatt über ein außerordentlich großes Lager an Vorratsteilen aller möglichen Systeme verfügen, oder, was zumeist der Fall sein wird, es muß erst der erforderliche Ersatzteil von der Fabrik bezogen werden, wodurch Verzögerung und erhebliche Verteuerung eintritt. Diese Mängel, die ja nur durch eine allgemeine Vereinbarung der gesamten Industrie beseitigt werden können, mußten besonders hervortreten, als bei Kriegsbeginn die Einrichtungen der gesamten Industrie für eine einheitliche Aufgabe ausgenutzt werden sollten. Vorräte an Schrauben, Nieten, Werkzeugen, Lehren usw. der einzelnen Werke waren nicht austauschbar und konnten deshalb nur in ungenügendem Maße ausgenutzt werden. Zur Schaffung allgemeiner Vereinbarungen entstand der vom Verein Deutscher Ingenieure ins Leben gerufene „Normenausschuß der Deutschen Industrie“, der „Nadi“. Die Bedeutung der Vereinheitlichungen liegt, wenn sie auch durch den Krieg veranlaßt worden sind, in erster Linie auf wirtschaftlichem Gebiete. Um einen Wiederaufbau unseres Wirtschaftslebens zu ermöglichen, muß in Zukunft jede unnötige Verschwendung nützlicher Arbeit vermieden werden. Die Arbeitsökonomie muß bei einem so armen Lande wie Deutschland, das fast allein auf den Ertrag seiner Arbeit angewiesen ist, in viel höherem Maße wie früher durchgeführt werden. Die Einigung aller industriellen Werke auf einheitliche Schrauben, Paßstifte und sonstige Elemente bedeutet in dieser Beziehung einen außerordentlich wichtigen Schritt. Sie gestattet eine weitgehende Spezialisierung und die Herstellung von vielen Teilen in Spezialfabriken, eine Erleichterung von Reparaturarbeiten usw. Die Lager von Vorratsteilen können kleiner gehalten werden, Verwaltungs- und Konstruktionsarbeit wird vermindert, ohne daß irgendeine Einbuße an Qualität zu befürchten ist. Mit klarem Blick hat sich unsere gesamte Industrie diesen Bestrebungen, deren voller Nutzen ja nur durch eine allgemeine Einigung zu erreichen ist, angeschlossen und gewidmet. Die Arbeiten des Nadi haben bereits zu endgültigen Vereinbarungen über die Gewindefsysteme, Schrauben, Muttern, Paßstifte, Wellen usw. geführt. Andere Arbeiten stehen dicht vor dem Abschluß. Neuerdings sind hierzu die besonders wichtigen Bestrebungen zur Typisierung von Maschinen usw. getreten. Gerade durch die Beschränkung der Fabrikate seitens der einzelnen Werke oder Konzerne auf nur wenige Typen kann eine sehr weitgehende Steigerung und Verbilligung der Massenfertigung ohne Einbuße an Qualität erreicht werden. Ein glänzendes Beispiel hierfür ist die beispiellose Entwicklung der Fordwerke in Amerika für den Automobilbau.

Selbstverständlich muß bei der Aufstellung aller dieser Normalisierungs- und Typisierungsmaßnahmen der Gesichtspunkt leitend bleiben, daß sie die Industrie fördern sollen, aber keinesfalls eine Fessel für den Fortschritt der Technik bilden dürfen. Dies ist aber dadurch gesichert, daß die Industrie selbst die Aufstellung und die Vereinbarung der Normen in die Hand genommen hat und der stets starre gesetzliche Zwang vermieden ist.

### Ersatzwerkstoffe.

Sehr vielseitige Aufgaben verursachte die Abschneidung der Rohstoffzufuhr. Die Bewirtschaftung aller dieser Stoffe, die nicht in unbeschränkter Menge zu erhalten sind, wurde in der Kriegs-Rohstoff-Abteilung (KRA.) vereinigt, und zwar in der sehr glücklich gewählten Art, daß diese Behörde für alle Rohstoffverwendungsgebiete in der Heeresverwaltung, der Marine, der Eisenbahn, der Industrie usw. zuständig war. Diese Bewirtschaftung konnte aber nur die zweckentsprechende Verteilung sicherstellen und auf die Steigerung der heimischen Förderung hinwirken. Dem tatsächlich vorhandenen Mangel an den wichtigsten Sparstoffen, Kupfer, Zinn, Nickel usw., konnte nur dadurch begegnet werden, daß sofort Arbeiten der hierfür zuständigen Heeresbehörden gemeinsam mit der Industrie einsetzten, um den Verbrauch an solchen Sparstoffen zu vermindern und Ersatzwerkstoffe zu schaffen. Diese Erfassung aller Vorräte in Industrie und Haushaltungen einerseits und die Sparmassnahmen und Erzeugung von Ersatzmetallen andererseits haben aber den Erfolg gehabt, daß trotz der Abschneidung aller Zufuhr bis zum Ende des Krieges keine Beeinträchtigung der Kriegsmaterialerzeugung durch Rohstoffmangel einzutreten brauchte, und daß der Rohstoffmangel nicht zum Frieden zwang (vgl. hierzu Abschnitt C II).

Nur einige Beispiele der äußerst vielseitigen Arbeiten auf diesem Gebiete mögen hier Erwähnung finden.

Für die Geschützrohrfertigung gelang es, den Nickelgehalt ohne Einbuße an Qualität weitgehend zu vermindern, ja sogar einen nickelfreien Stahl mit unverringertem Zähigkeit zu erzeugen. Diese Arbeiten werden auch über die Kriegszeit hinaus Wichtigkeit behalten, denn der Nickelstahl ist mit Rücksicht auf seine Zähigkeit gegen stoßweise Beanspruchung ein sehr wichtiger Konstruktionsstahl des allgemeinen Maschinen- und Automobilbaues, und unsere Nickelvorräte wurden in Friedenszeiten hauptsächlich aus dem Auslande eingeführt. Eine größere Unabhängigkeit vom Auslande wird auch in den Frieden übergehen.

Auch für Schutzhilde, die bei allen modernen Rädergeschützen zum Schutze der Bedienung gegen Schrapnell- und Infanteriefire erforderlich sind, konnte der Nickelgehalt allmählich fast vollständig entbehrlich gemacht

werden, ohne daß eine Gewichtserhöhung, die mit Rücksicht auf die Transportfähigkeit der Geschütze vermieden werden mußte, erforderlich war.

Für Zünder wurde an Stelle des Messings in sehr weitgehendem Maße Preßzink und legiertes Zink verwendet. Die Festigkeitseigenschaften der Zinklegierungen, sowohl in gepreßtem als auch in gegossenem Zustand, sind außerordentlich gesteigert worden, so daß wir hier ein Material vor uns haben, daß auch für die allgemeine Industrie, solange die Knappheit an Kupfer andauert oder die Zufuhr rationiert werden sollte, vielfach einen sehr erwünschten Ersatz für Messing bietet, wenn es auch nicht in jeder Beziehung die Eigenschaften dieses hochwertigen Wertstoffes erreicht.

Die Patronenhülsen wurden in Friedenszeiten im In- und Auslande allgemein aus Messing mit hohem Kupfergehalt (etwa 72 v. H.) hergestellt. Dieses Metall ist hierfür wegen seiner vorzüglichen Ziehbarkeit und hohen Festigkeit und Zähigkeit besonders gut geeignet. Es gelang aber, auch für eine große Zahl von Hülsenarten das Messing durch Eisen zu ersetzen.

Da Eisen nicht in gleichem Maße verarbeitungsfähig wie Messing ist, mußte die Hülsenkonstruktion dem angepaßt werden und an Stelle der früher einteiligen Messinghülse eine in verschiedenartiger Weise aus Boden und überdem Mantel zusammengesetzte zweiteilige Hülse treten.

Einen sehr hohen Kupferverbrauch erforderten die Führungsringe der Geschosse. Um ihn zu verringern, wurde zunächst die Formgebung der Ringe geändert. Später gelang es aber auch, das Kupfer vollständig durch sehr weiches Eisen in einwandfreier Weise zu ersetzen.

Sehr wichtig waren auch die Arbeiten, die den Ersatz besonders hochwertiger Stahlherstellungsverfahren durch besser für die Massenerzeugung geeignete Verfahren zum Ziel hatten. Geschützrohrstahl wurde zum Beispiel im Frieden in Deutschland fast ausschließlich im Tiegel erzeugt, weil der porenfreie und sehr gleichmäßige Tiegelstahl am besten die hohen Zähigkeitsanforderungen zu erfüllen gestattete. Da aber der Bedarf an solchem Stahl in der Kriegszeit ungeheuer anstieg, wurde die Erzeugung im Martinofen und im Elektroofen in Angriff genommen. Es gelang unseren hochstehenden Qualitätsstahlwerken, auch diesen außerordentlich hochwertigen legierten Stahl ohne irgendwelche Qualitätseinbuße im Martinofen zu erzeugen. Hierbei ist eine Reihe von Fortschritten im Martinprozeß erreicht worden, die für die Friedenszeit eine sehr große wirtschaftliche Bedeutung für unsere Stahlindustrie bei den bevorstehenden Konkurrenzkämpfen mit dem Auslande behalten werden.

Der Rückblick auf das technische Schaffen Deutschlands während des Kriegs entrollt auch auf dem Gebiete der schweren Waffen ein Bild bewundernswürdiger Leistungen, die durch deutschen Erfindungsgeist und deutsche Arbeit erreicht wurden. Wenn auch jetzt die Kriegsindustrie zu

einem bedeutungslosen Faktor unseres Wirtschaftslebens herabgesunken ist und bleiben wird, so ist doch ein solcher Rückblick gerade in dieser Zeit des Zusammenbruches wertvoll. Er zeigt, wie ungeheure Leistungen das deutsche Volk vollbringen kann, wenn ein großes gemeinsames Ziel den Arbeitswillen aller, der Leiter und der Arbeiter, stählt. Ein solches großes Ziel liegt aber jetzt für friedliches Schaffen vor uns, es gilt aus dem Trümmerhaufen Deutschland für unsere Kinder und Enkel neu aufzubauen. Nur gemeinsame rastlose Arbeit der Arbeiter, Ingenieure und Leiter der Werke kann das erreichen. Dann aber wird sie das ferne Ziel erreichen und — wie im Kriege in Kriegserzeugnissen — auch in Friedensleistungen der übrigen Welt ebenbürtig sein.

## IV. Pulver und Sprengstoffe.

Von Professor Dr. Otto Pöppenbergr.

Durch zahlreiche Versuche sind in langer Friedensarbeit für die einzelnen Waffen und Geschosse des deutschen Heeres die leistungsfähigsten Pulverarten sowie, unter Berücksichtigung der erforderlichen Sicherheit, die wirkungsvollsten Sprengstoffe erprobt und für den Kriegsfall festgelegt worden. Je nach der geforderten Verbrennungsgeschwindigkeit und den erforderlichen Leistungen war Nitrozellulosepulver oder Nitroglycerinpulver mit entsprechender Oberfläche und Zusammensetzung vorgesehen, und als Sprengstoff war, abgesehen von Hexanitrodiphenylamin und einigen anderen Nitrokörpern, die für Spezialwaffen benutzt wurden, das jahrelang erprobte und bewährte Trinitrotoluol allgemein verwandt.

Mit diesen glaubte die Heeresverwaltung auch den Krieg bis zum Schluß durchführen zu können. Doch schon nach wenigen Wochen Krieg waren die Vorräte und die sofort eingesezte gesteigerte Produktion den ungeahnten Bedürfnissen und Anforderungen des Feldheeres nicht mehr gewachsen. Die dauernd steigenden Bedürfnisse an Munition aller Art zwangen bald zur Verwendung anderer Explosivstoffe, die im Frieden für den Krieg nicht vorgesehen und erprobt waren. Eine Fülle von Arbeiten war zu erledigen. Man suchte zwar für die schweren Kaliber der Fußartillerie am Erprobten soweit wie möglich festzuhalten. Das gleiche galt für die schweren Geschütze der Marine, man mußte aber auch hier teilweise zu Ersatzsprengstoffen übergehen. Neben der dauernd steigenden Schußzahl traten sehr bald schon Neuansforderungen für neugeschaffene Kampfmittel hinzu.

Während des Stellungskrieges entwickelten sich die Nahkampfmittel, Handgranaten, Gewehrgranaten usw., und vor allem die Minenwerfer, die bei Ausbruch des Krieges nur in bescheidener Anzahl vorhanden waren und ins Feld gesandt werden konnten. Aus den Minenwerfern wurde eine Nahkampfsartillerie, deren Minen 50 kg und mehr Sprengstoff verschlangen und daher auf neue, in der Militärtechnik noch nicht benutzte Sprengstoffe angewiesen waren. Weiter kommt der gewaltige Ausbau der Luftkampfwaffen hinzu, deren Munitionsbedarf der Entwicklung der Waffe entsprechend ungeahnt stieg. Der Monatsbedarf der Handgranaten und ähnlicher Nahkampfmittel, deren Lieferung in ansangs bescheidenem Umfange vorgesehen war, stieg in die Millionen pro Monat.

Die Anforderungen der Heeresverwaltung an die vom Feinde blodierte Heimat wuchsen dementsprechend von Monat zu Monat. Ihnen konnte natürlich nur genügt werden bei rationellster Wirtschaft und weitgehendster Erprobung und Benutzung von Ersatzmaterialien.

Zwar war die Pulver- und Sprengstoffindustrie Deutschlands schon vor dem Weltkriege hoch entwickelt, doch sie wäre nicht imstande gewesen, den dauernd neuen und steigenden Wünschen und Aufträgen der Heeresverwaltung zu entsprechen, wenn sie nicht von ihrer viel mächtigeren Schwester, der Farbenindustrie, weitestgehend unterstützt worden wäre, die mit ihrem großen Stabe von hervorragenden Chemikern und Technikern, mit ihren reichen Erfahrungen in Organisation und Massenfäbritation, besonders auf dem Gebiete der anorganischen Großindustrie, überall helfend eingriff. Die Aufgaben, die an die chemische Großindustrie gestellt wurden, waren wissenschaftlich und technisch gewaltig. Die chemische Großindustrie nahm nicht nur die Herstellung der Sprengstoffe auf, sondern sorgte vor allem für die Bereitstellung der unbedingt notwendigen Ausgangsmaterialien. Die Pulver- und Sprengstoffindustrie ist abhängig von zahllosen Rohstoffen, Baumwolle, Glycerin und vor allem Salpeter und Schwefelsäure, den Produkten der chemischen Großindustrie. Im Frieden, wo die Welt zum Bezuge von Rohstoffen, wie Baumwolle, Salpeter, Schwefelerzen, Phosphaten, Fetten usw., zur Verfügung stand, war die Fäbritation einfach; das von der Welt abgeschlossene Deutschland war, abgesehen von einem geringen Import aus den nordischen Ländern, auf sich selbst angewiesen. Es mußten neue Wege beschritten werden, neue Fäbritationen aufgenommen, Ersatzstoffe geschaffen, Rohstoffe, deren Verarbeitung im Frieden nicht lohnend gewesen wäre, benutzt werden.

Die Aufgaben der chemischen Industrie waren mannigfacher Art. Erstens handelte es sich darum, die Rohstoffe für die eingeführten erprobten Materialien zu schaffen und diese im Frieden bewährten Produkte in ihrer

Fabrikation gewaltig zu steigern, und zweitens Ersatzstoffe aus verfügbaren Rohmaterialien zu liefern.

Bekanntlich sind die modernen Pulver und Sprengstoffe Salpetersäurederivate organischer Verbindungen, die durch den sogenannten Nitrierprozeß bei Gegenwart von Salpetersäure und Schwefelsäure sich bilden. Die Grundlage für die Sprengstoffertigung ist daher die Erzeugung der Säuren, Salpetersäure und Schwefelsäure, sowie die Herstellung der zu nitrierenden Ausgangsmaterialien wie Zellulose, Glycerin, Toluol, Benzol, Naphthalin usw.

Dem Umfange dieses Aufsatzes gemäß kann das gewaltige Schaffen der chemischen Industrie nur von hoher Warte aus betrachtet werden, von der nur die Großtaten zu sehen sind und die Einzelheiten verschwinden. Die Bearbeitung der Einzelheiten muß einer späteren eingehenderen Betrachtung vorbehalten bleiben.

#### Anorganische Rohstoffe.

**Salpetersäure.** Bis vor dem Kriege war der wichtigste Rohstoff, der Salpeter, aus dem Auslande bezogen worden. Er stammte aus den natürlichen Lagerstätten, den Salpeterminen Chiles, oder aus der jüngsten chemischen Großindustrie, den Salpeterwerken Norwegens. Die bei Ausbruch des Krieges zur Verfügung stehenden Salpetermengen waren mit Rücksicht auf den gewaltigen Verbrauch nur recht bescheiden, doch die chemische Industrie Deutschlands hatte die Vorarbeiten für die Erzeugung künstlichen Salpeters aus der Luft so weit gefördert, daß ein Salpetermangel für den Ausgang des Krieges, wie von dem Feinde angenommen, nicht entscheidend wurde. Deutschlands Industrie war bei den Werken in Norwegen beteiligt gewesen und konnte die dortigen Betriebserfahrungen mit den Ergebnissen eigener, weiterer wissenschaftlicher Forschung zum Aufbau einer heimischen Salpeter- bzw. Salpetersäureindustrie nutzbringend verwenden. Auch war das Oswaldsche Verfahren der Verbrennung des Ammoniaks zu verdünnter Salpetersäure so weit ausgebaut, daß es in den Großbetrieb übernommen werden konnte. Das hierfür notwendige Ammoniak mußten die Gasanstalten und Kokereien liefern, doch konnte es auch nach Frank-Caro aus dem Kalziumtarbid über das Zyanamid hergestellt werden. Ferner war das Habersche Verfahren der Synthese des Ammoniaks aus dem Luftstickstoff und Wasserstoff schon vor dem Kriege so weit durchgebildet, daß die erste Anlage der Badischen Anilin- und Sodafabrik in Oppau in Betrieb genommen war und allen Erwartungen entsprach. Bei der Wichtigkeit dieser Industrie während des Krieges und für den Wiederaufbau Deutschlands ist ihr ein besonderes Kapitel gewidmet (f. Abschn. C V) und soll hier nur in groben Zügen skizziert werden.

Die erwähnten Verfahren der Aufbarmachung der Luft für den Kriegszweck lieferten die Salpetersäure anfangs in so verdünnter Form, daß sie für die Herstellung von Sprengstoffen nicht geeignet war. Es galt also, sie zu konzentrieren. In der ersten Zeit geschah dies ausschließlich dadurch, daß man Natronsalpeter herstellte, der durch Kristallisation gewonnen wurde und für die Herstellung der konzentrierten Säure diente; später gelang es, durch geeignete Absorption des Wassers durch Schwefelsäure nach dem Paulingschen Verfahren und den Verbesserungen der chemischen Großindustrie einen beträchtlichen Teil der Luftsalpetersäure in sogenannter dicker Form direkt zu erzeugen. So einfach die Konzentration über die primäre Herstellung des Natronsalpeters erscheint, bot sie doch gewaltige Aufgaben. Die Herstellung des Natronsalpeters wurde durch einfache Neutralisation mit Soda und Kristallisation der eingedampften Lauge durchgeführt. Aber die Soda mußte geschaffen werden, und was das bei den Mengen an erforderlicher Salpetersäure bedeutet, kann man sich erst vorstellen, wenn man die Produktionszahlen betrachtet. Abgesehen von geringen Mengen, die für andere Zwecke Verwendung fanden, mußten monatlich etwa 50 000 t Soda hergestellt werden. Diese Zahl spricht für sich. Die Industrien mußten neue Anlagen schaffen und die alten erweitern. Die Anforderungen waren gewaltig, um dieser Produktion zu genügen.

Für viele Bergwertsprengstoffe des Friedensbedarfs bildete der Ammonsalpeter die Basis. Bei der dringenden Forderung der Militärverwaltung, die Sprengstoffproduktion immer mehr und mehr zu steigern, mußten bei den Bergwertsprengstoffen ähnlich zusammengesetzte Ammonsalpetersprengstoffe zur Einführung gelangen. Es war daher geboten, einen Teil der dünnen Salpetersäure, die aus Luftstickstoff gewonnen war, bzw. regenerierte Abfall Säure durch Neutralisation mit Ammoniak sogleich in Ammonnitrat überzuführen. Die dünne Lösung wurde eingeeengt und zur Kristallisation gebracht. Die Menge betrug bis zu 14 000 t monatlich. Bedenkt man, daß diese Menge pro Monat die Jahres-Friedensproduktion noch übersteigt, so kann man ein Bild von der erforderlichen Erweiterung dieses Industriezweiges gewinnen.

Auch für den Salpeter des Schwarzpulvers, dessen Produktion für Sprengzwecke und zur Herstellung von Zünderpulver gewaltig gesteigert wurde, mußte die künstliche Salpetersäure das Ausgangsmaterial liefern.

**Schwefelsäure.** Ein Rohstoff gleicher Wichtigkeit wie die Salpetersäure ist für die Herstellung der Pulver und Sprengstoffe die Schwefelsäure, denn keine Nitrierung läßt sich ohne Schwefelsäure durchführen, kein Sprengstoff, abgesehen von einigen Initialzündmitteln, ohne die Verwendung der Schwefelsäure bereiten. Für die Schwefelsäure ist der Rohstoff der Schwefelkies und die Zinkblende. Vor dem Kriege wurde,

wie bei der Salpetersäure, der Natronsalpeter, der Hauptteil der Rohstoffe für die Schwefelsäure, die Kiese, abgesehen von der ober-schlesischen Erzeugung aus Zinkblende, eingeführt. Die deutsche Schwefelsäureindustrie benutzte vor allem spanische und schwedische Kiese, insbesondere den Riotinto-Kies. Wenn auch die Vorräte in Deutschland an Kies bedeutend waren, so konnten sie doch den Anforderungen der gesteigerten Industrie nicht lange genügen. Zwar war die ober-schlesische Produktion aus Zinkblende steigerungsfähig und wurde mit allen Mitteln gefördert, schon um das für die Zünderfertigung notwendige Zink zu beschaffen, doch sie war allein, wenn die ungleich wichtigere west- und mitteldeutsche Schwefelsäureindustrie aus Mangel an Kies ausfiel, den dauernd steigenden Anforderungen nicht gewachsen. Wenn auch die Zufuhr an schwedischen Kiesen nach Kräften aufrechterhalten wurde, so mußten doch neue Quellen für die Beschaffung von Schwefelerzen erschlossen werden. Während der Friedenswirtschaft hatte man das Schwefelkiesvorkommen in Meggen im Siegerlande nicht weiter beachtet. Die Erze waren zu arm an Schwefeleisen und konnten im Weltmarkt mit den spanischen Kiesen die Konkurrenz nicht aufrechterhalten, doch in der Kriegsnot griff man auf die Meggener Kiese zurück. Sie boten ein äußerst wichtiges Rohstofflager für die dringend benötigte Schwefelsäure. Die Meggener Gruben wurden in großzügigster Weise ausgebaut und erreichten eine Produktion von etwa 70 000 t im Monat.

Um die Produktion zu steigern, wurde zeitweise mit den Erzen auch Schwefel abgeröstet, doch geschah dies nur in Fällen dringendster Not; denn auch der Schwefel war nichts weniger als im Überfluß vorhanden. Die Hauptmenge des Schwefels lieferte im Frieden Sizilien. Mit der Kriegserklärung Italiens wurde auch diese Zufuhr verschlossen und äußerste Sparsamkeit für die Bestände an Schwefel war dringend geboten. Zwar erzeugte man in Deutschland aus Schwefelwasserstoff und Sodarückständen, dem Kalziumsulfid, geringe Mengen an Schwefel und steigerte diese Produktion nach Möglichkeit, doch bei dem Bedarf, der für die Schwarzpulvererzeugung, für das Vulkanisieren des Kautschuks, für die Vertilgung der Reblaus in Weinbergen dringend zur Verfügung stehen mußte, war für die Schwefelsäurefabrikation nur in Fällen dringendster Not Schwefel abzugeben, zumal da die Hoffnung auf die Schwefelproduktion in den von der Badischen Anilin- und Sodafabrik in Neckarzimmern aus Gips errichteten Anlagen den gehegten Erwartungen nicht entsprach.

Bei dem Mangel an Rohstoffen für die Schwefelsäurefabrikation lag der Gedanke nahe, den heimischen Gips und das Staßfurter Magnesiumsulfat für die Gewinnung der schwefligen Säure, dem ersten Zwischenprodukt der Schwefelsäurefabrikation, nutzbar zu machen. Wissenschaft und

Technik wandten sich diesem Problem zu. Unter den mannigfachen Vorschlägen bekam allein das der Zementfabrikation analoge Verfahren der Gewinnung von schwefliger Säure und damit von Schwefelsäure aus Gips unter Erhitzung desselben mit Kieselsäure und Tonerde gemengt, im Rotierofen praktische Bedeutung. Die Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co. in Leverkusen haben dieses Verfahren ausgebildet und größere Mengen Schwefelsäure danach hergestellt; ob es sich jedoch über die Kriegszeit halten wird, muß die Zukunft lehren. Es wird davon abhängen, ob es gelingt, das gleichzeitig entstehende Reaktionsprodukt, den Zement, in solcher Güte zu erzeugen, daß er mit dem normal hergestellten Zement die Konkurrenz aufnehmen kann.

Die Industrie der Sprengstoffe benötigt die Schwefelsäure in höchst konzentrierter Form bzw. stark schwefelsäureanhydridhaltig. Im Anfang des Krieges konnte man selbst für die Nitrierung des Toluols mit gewöhnlicher konzentrierter Schwefelsäure nicht auskommen, sondern mußte die Nitrierung mit schwefelsäureanhydridhaltiger Säure durchführen. Da als Abfallprodukt der verschiedensten Nitrierungsprozesse verdünnte Säuregemische wiedergewonnen werden, so galt es, diese wieder in brauchbare Form überzuführen. Zu diesem Zwecke gab man stark schwefelsäureanhydridhaltige Säure hinzu. Es mußte demnach die Produktion der stark schwefelsäureanhydridhaltigen Säure vor allem gefördert werden. Diese Aufgabe, die auf Grund der reichen Erfahrungen der chemischen Großindustrie an sich keine Schwierigkeiten bot, war aber bei dem während des Krieges herrschenden Mangel an Arbeitskräften, Baumaterial und sonstigen Rohstoffen schwer durchzuführen. — Für die Herstellung der Schwefelsäure bzw. des Schwefelsäureanhydrids nach dem Kontaktverfahren ist unbedingt neben der Kontaktsubstanz (in vielen Fällen Platin) Asbest notwendig, der in geeigneter Form zu den knappsten Materialien gehörte. Ein Glück war es, daß die U.-Deutschland außer mit anderen wertvollen Rohstoffen auch mit Asbest, den Heimathasen wieder erreichte.

Der absolut vorherrschenden Stellung der Salpetersäure und Schwefelsäure als Rohstoffe in der Explosivstoffindustrie entsprechend ist die Erzeugung dieser beiden wichtigsten Ausgangsprodukte für sich gesondert behandelt. Die übrigen Ausgangsmaterialien der Pulver- und Sprengstoffindustrie sollen bei den betreffenden Produkten, zu deren Gewinnung sie dienen, besprochen werden.

## 1. Pulver.

### 1. Nitrozellulosepulver.

Das Pulver für die Geschütze der verschiedensten Kaliber bestand teilweise aus Nitrozellulosepulver und zum Teil auch aus Nitroglyzerinpulver.

Die Pulverarten waren bezüglich ihrer Zusammensetzung und ihrer Verbrennungsgeschwindigkeit der beanspruchten Leistung der Geschütze angepaßt; danach waren Form und Zusammensetzung gewählt. Das Ausgangsmaterial für alle diese Pulverarten war die Baumwolle, die als Abfallprodukt der Spinnereien in Form der Linters für die Nitrierung, wie der Herstellungsprozeß für die Nitrozellulose bezeichnet zu werden pflegt, benutzt wurde.

Die Einfuhr von Baumwolle war unterbunden. Die Vorräte an Linters verringerten sich bei dem gewaltigen Bedarf dauernd. Sie mußten gestreckt oder durch andere Produkte ersetzt werden. Die Bestände an Baumwolllumpen waren ziemlich bedeutend. Man griff daher auf diese zurück. Die Lumpen wurden sorgsam gereinigt und bildeten, zum Teil mit Linters gemischt, das Ausgangsmaterial für die Nitrozellulose. Die Lumpen mußten natürlich einem gründlichen Reinigungsprozeß unterzogen werden; die industriellen Anlagen hierfür waren neu zu schaffen.

Umfangreiche Vorarbeiten hatten schon den Beweis geliefert, daß auch der Holzzeßstoff ein geeignetes Rohmaterial für die Schließwollfabrikation darstellt. Der Holzzeßstoff wird nach dem Sulfitverfahren oder mit Natronlauge von den Verunreinigungen, den inkrustringierenden Substanzen des Holzes, befreit und auf Papiermühlen zu Papier verarbeitet. In dieser Gestalt als Nitriertrepppapier stellt die Holzzeßulose eine geeignete Form für die Überführung in Nitrozellulose dar. Die Vermeidung der Papierherstellung und direkte Nitrierung gelang erst spät. Auch hierfür galt es, neue Industrien zu schaffen bzw. vorhandene Anlagen derartig auszubauen, daß sie allen Anforderungen genügten. Das Holz mußte bereitgestellt werden, sein Antransport war zu regeln, es mußte gekleint werden; für die beim Sulfitverfahren notwendigen Chemikalien war zu sorgen.

Es ist selbstverständlich, daß derartige Umstellungen von Linters zuerst auf Linters und Lumpenwolle, dann auf Holzzeßstoff in Form von Nitriertrepppapier manche Schwierigkeiten boten. So war bei der Nitrierung der Lumpenwolle die Viskosität der Nitrozellulose etwas anders, was besonders bei der Herstellung von Blättchenpulver kleinerer Abmessung störend in Erscheinung trat. Bei der Nitrierung des Trepppapiers bedurfte man einer größeren Säuremenge. Dadurch ging die Leistungsfähigkeit der Nitrierzentrifugen zurück, was wieder eine Aufstellung neuer Nitrierzentrifugen notwendig machte. Auch war der erreichte Stickstoffgehalt der Nitrozellulose um einige Zehntel-Prozent geringer als bei der Nitrierung von Linters. Es mußte daher die Zusammensetzung des Pulvers etwas geändert werden. Eine Fülle von Aufgaben bot sich, die jedoch alle ihre geeignete Lösung fanden. Die Überführung der Zeßulose in die gewünschten Nitrozellulosen wurde gemäß den langen Friedenserfahrungen in

Deutschland mittels der bewährten Nitrierzentrifugen und zum Teil in Topfnitrierungen nach amerikanischem Muster durchgeführt. In diesen wurde die Baumwolle bzw. das Nitriertrepppapier mit etwa der dreißig- bis fünfzigfachen Menge geeigneter Nitrier Säure ungefähr nach 30 Minuten in Nitrozellulose übergeführt. Versuche, die Nitrierzeit zu verkürzen, waren zum Teil von Erfolg und erhöhten die Leistungsfähigkeit der vorhandenen Anlagen. Nach Abschleudern der Säure enthielt das Nitriergut immerhin noch etwa 30 % Säure. Den steigenden Anforderungen entsprechend mußten die Nitrierhäuser vergrößert, die Zahl der Zentrifugen vermehrt werden; auch wurde die Zelluloidindustrie auf die Herstellung militärischer Wollen umgestellt und lieferte mit den ungeahnt erweiterten alten und neuen Schießwollfabriken das Rohmaterial für die Pulverfertigung.

Nach der Nitrierung der Zellulose wird diese bekanntlich mit viel kaltem Wasser gewaschen. Hierbei gehen die 30 % Säure, die in der Nitrozellulose noch vorhanden sind, verloren, was einen großen Säureverlust, besonders der so wichtigen Salpetersäure, bedeutet. Versuche, die Salpetersäure enthaltende Mischsäure aus der Nitrozellulose durch Verdrängung mit stark gekühlter Schwefelsäure wiederzugewinnen, hatten besonders nach dem Vorschlage von Berl Erfolg, sind aber noch nicht zur allgemeinen Durchführung gekommen.

Nach der kalten Wäsche folgen die wiederholten heißen Wäschen, um die Wolle stabil zu machen, damit ein lagerbeständiges Pulver erhalten wird. Auch wurde mit Erfolg das osmotische Verdrängungsverfahren angewandt. Im Frieden mochte man im Interesse der Sicherheit beim Waschen des Guten vielleicht zu viel getan haben. In der Zeit möglicher Produktionssteigerung mußte man aber darauf bedacht sein, diesen warmen Waschprozeß möglichst abzukürzen und rationell zu gestalten im Interesse der Dampfersparnis, was bei der Kohlenknappheit ein Gebot größter Wichtigkeit war. Von einem Kohlenverbrauch von etwa 35 Kilo Kohle pro Kilo Pulver kam man auf etwa 9 Kilo Kohle.

Die Verarbeitung der Nitrozellulose auf Nitrozellulosepulver wird in den Knetmaschinen nach Werner-Pfleiderer unter Zusatz der die Verbrennungsgeschwindigkeit beeinflussenden Substanzen, die auch gleichzeitig den Gelatinierungsprozeß fördern, wie Kampfer, Zentralit, und Diphenylamin, das die Stabilität erhöht, mit Alkohol und Äther gelatiniert. — Eine Reihe chemischer Produkte ist demnach für die Pulverfabrikation notwendig, deren Beschaffung bzw. Ersatz sichergestellt werden mußte.

**Kampfer.** Den Kampfer hatte bisher Japan geliefert. Nur ein Teil wurde auf synthetischem Wege hergestellt. Mit Ausbruch des Krieges war der Bezug von Kampfer unmöglich geworden. Daher mußte die synthetische Produktion desselben erweitert werden. Doch hierzu braucht

man Terpentinöl, das auch nicht in genügender Menge zur Verfügung stand. Deutschlands Wälder mußten es liefern. Die Kiefern wurden angebohrt und das aus ihnen auslaufende Harz gab nach der Destillation neben anderen Grundstoffen für die Laderzeugung Terpentinöl. Doch außerordentliche Sparsamkeit mit Kampfer war geboten. Es zeigte sich, daß viele Pulverarten, so z. B. das für das Feldgeschütz, auch ohne Kampferzusatz mit der geforderten Leistung hergestellt werden konnten. Nur allein für die Fertigung des Infanteriepulvers, und zwar für die Oberflächenbehandlung, durch die ein progressiver Abbrennungsprozeß erzielt werden sollte, wurde in der letzten Kriegszeit noch Kampfer verwendet, konnte aber auch hier durch Zentralit ersetzt werden.

**Zentralit.** Zentralit und ähnliche Produkte, wie Akardit, sind Harnstoffderivate, zu deren Herstellung Phosgen, Benzol und Methylalkohol im wesentlichen gebraucht werden. Diese Stoffe wurden auch für die Herstellung der Gastampfstoffe in größerem Umfange benötigt und waren daher, besonders der Methylalkohol, zeitweise knapp; doch Versuche bewiesen, daß an Stelle der Methylidiphenyl-Harnstoffprodukte auch die entsprechenden Äthylkörper in gleicher Weise zu verwenden waren. In letzter Zeit ist daher im wesentlichen ein Zentralit mit Äthylalkohol erzeugt worden. Die Herstellung des Diphenylamins bot keine Schwierigkeiten.

**Alkohol.** In der Hauptmenge sind für die Gelatinierung Alkohol und Äther notwendig, und zwar braucht man für 100 kg Nitrozellulose etwa das 1½fache an Alkohol- und Äthergemisch. Da der Äther aus Alkohol mit Schwefelsäure hergestellt wird, so ist für die Pulverfertigung der wichtigste Rohstoff der Alkohol. Bekanntlich wird der Alkohol in der Hauptmenge durch die alkoholische Gärung aus Kartoffeln erzeugt. Daneben werden geringe Mengen aus Melasse und Sulfitlauge, einem Abfallprodukt der Zelluloseherstellung aus Holz, gewonnen. — Bei den schlechten Ernährungsverhältnissen war die Bereitstellung der für die Alkoholerzeugung notwendigen Kartoffelmenge eine äußerst schwierige Aufgabe.

Für 1 kg Alkohol wird etwa die neun- bis zehnfache Menge Kartoffeln gebraucht. Bei einer Monatsfertigung von rund 5000 t Nitrozellulosepulver handelt es sich bei einem 1,5fachen Alkoholverbrauch um die Bereitstellung von 900 000 t Kartoffeln pro Jahr. Die dringendste Forderung bei der Nitrozellulosepulverfabrikation war daher, soviel wie möglich an Alkohol zu sparen und den Alkohol weitmöglichst wiedergewinnen. Das Pressen der Pulvermasse in die beabsichtigte Form und das Trocknen der Pulverstränge und der geschnittenen Pulverelemente wurden derart vorgenommen, daß die Äther und Alkohol enthaltende Luft abgesaugt werden konnte; sie wurde dann in Schwefelsäuretürme oder zuletzt über Kohle geleitet, wo sich der Alkohol und Äther kondensierte und

nach erneuter Destillation wieder in den Betrieb zurückging. Durch diese Maßnahme verringerte sich nach Verbesserung der Apparatur für die Wiedergewinnung der Alkoholverbrauch von anfänglich 168 kg auf 135 kg pro 100 kg Pulver im Durchschnitt. Diese Alkohol- und Ätherwiedergewinnungsanlagen mußten zum Teil aber erst geschaffen werden, doch hat die Industrie auch diesen Anforderungen entsprochen.

## 2. Nitroglyzerinpulver.

In gleicher Weise wie der Bedarf an Nitrozellulosepulver stieg auch der an Nitroglyzerinpulver für die schwereren Kaliber der Fußartillerie und der Marine.

Die Rohmaterialien für die Fertigung des Nitroglyzerinpulvers sind die Nitrozellulose und das Nitroglyzerin. Die Fertigung der Nitrozellulosemengen und die umfangreichen Aufgaben, die hierbei zu lösen waren, sind bereits erwähnt; bemerkt sei nur noch, daß für die Herstellung des Nitroglyzerinpulvers vorteilhaft eine Nitrozelluloseart benutzt wird, die bei der Gelatinierung mit Nitroglyzerin eine dünnflüssige Gelatine liefert, die sogenannte PE-Wolle, die durch Nitrierung bei etwas höherer Temperatur hergestellt wird.

Der weitere Rohstoff für das Nitroglyzerinpulver, das Nitroglyzerin, wird durch Nitrierung oder besser Veresterung des Glycerins durch Salpetersäure bei Gegenwart von Schwefelsäure gewonnen. Das Glycerin ist ein Spaltungsprodukt der Fette und Öle, das bei der Seifen- und Kerzenfabrikation abfällt und im Frieden bei der reichlichen Einfuhr von Fetten und Ölen aus dem Auslande in genügender Menge vorhanden war. Wie anders aber war es, als die Fettzufuhr aufhörte und die Fettvorräte mehr und mehr einschrumpften! Es war ein verantwortungsvoller Entschluß, bei dem Mangel an Fett für die Bevölkerung immer noch etwas von dem so dringend für die Ernährung notwendigen Fett für die Glycerinergewinnung spalten zu müssen. Mit allen Kräften wurde daher darauf hingearbeitet, das Glycerin zu erzeuhen oder es auf anderem Wege zu erzeugen.

Für den Ersatz des Nitroglycerins waren von den Köln-Rottweiler Pulverfabriken die Vorarbeiten schon geleistet. In der Fabrik Düneberg war ein Verfahren ausgearbeitet worden, im Röhrenpulver das Nitroglycerin durch Trinitrotoluol zu ersetzen. Um ein ballistisch gleichwertiges Pulver zu erzeugen, ging man von etwas höher nitrierter Nitrozellulose aus, als sie gewöhnlich zur Nitroglyzerinpulverfabrikation benutzt wird, und gelatiniert die Nitrozellulose unter erhöhten Walzen bei starkem Druck und formt die Gelatine bei höherer Temperatur gleichfalls unter hohem Druck. Eine Möglichkeit der Herstellung dieses Trinitrotoluolpulvers war

natürlich nur dann gegeben, wenn das Trinitrotoluol reichlicher vorhanden war. Unter diesen Bedingungen konnte sowohl ein Teil des Nitroglyzerins als auch das gesamte durch Trinitrotoluol ersetzt werden. Nur für Pulver kleinerer Abmessungen war man noch auf Nitroglyzerin angewiesen.

**Glykoll.** Ein dem Glyzerin nahe verwandter Körper ist das Glykoll ( $C_2H_4O$  [OH]<sub>2</sub>), das sich in ähnlicher Weise mit Salpetersäure und Schwefelsäure verändern läßt und ein Dinitroglykoll bildet, das in seinen Explosiv- und sonstigen Eigenschaften dem Nitroglyzerin äußerst nahe steht. Das Glykoll hoffte man im Großbetriebe synthetisch fertigen zu können. Zwar war hiesfür auch wieder der Alkohol aus den Kartoffeln das Ausgangsmaterial, doch da für die Ernährung Kohlenhydrate reichlicher vorhanden waren als Fett, entschloß man sich, diesen Weg zu beschreiten. Der Alkohol wurde mit Salzsäure und Chlor in das Dichloräthylen übergeführt und dann zu Glykoll verestert. Leider dauerte es ziemlich lange, bis das Glykoll praktisch in Erscheinung trat. Immer wieder boten sich neue Schwierigkeiten und die Produktion verzögerte sich von Monat zu Monat. Und als endlich etwas größere Mengen verfügbar wurden, zeigte es sich, daß es zur Pulverfertigung seines niederen Siedepunktes und der leichten Flüchtigkeit wegen, die die Arbeiter unangenehm belästigte und unangenehme physiologische Wirkungen ausübte, nicht recht geeignet war. Doch im Bergbau war das Bedürfnis und die Nachfrage nach Dynamiten außerordentlich groß. Bei dem Mangel an Glyzerin konnten nur sehr geringe Mengen zur Verfügung gestellt werden. Für die Herstellung von Bergwerksdynamiten war das nitririerte Glykoll verwendbar und ersetzte das Nitroglyzerin im Dynamit.

**Glyzerin.** Das Problem der Glyzeringewinnung war gestellt, und deutscher Forschungsgelbst ruhte nicht eher, bis es gelöst war. Viele Wege wurden vorgeschlagen, doch nur einer erwies sich als gangbar. Auf Veranlassung von Dr. Constein wurde bei den Vereinigten Chemischen Fabriken in Charlottenburg ein Verfahren durchgebildet, durch geeignete Gärung aus dem Zucker bis zu 14 % Glyzerin und später bis zu etwa 20 % zu gewinnen; der Rest des Zuckers wurde in Alkohol bzw. Methylhydrat verwandelt. Leider ging auch dieses Verfahren wieder auf Kosten der Ernährung und verkürzte die schon schmale Zuckerration noch mehr. Die Protogesellschaft, wirksamst unterstützt durch staatliche Behörden, übertrug das Gärungsverfahren in den Großbetrieb, benutzte vorhandene Zuckerraffinerien und Brennereien und brachte es, von Monat zu Monat mit der Produktion dauernd steigend, nach Überwindung anfänglicher Schwierigkeiten auf die vorgeschriebene Höhe von 1000 Monatstonnen. Der Erfolg krönte die reichlichen Mühen, denn es galt bei dieser Produktionsleistung vieles zu erweitern und neu zu schaffen. Zuerst mußten

die Nährsalze für die Gärungsbakterien bereitgestellt werden, Phosphate und Natriumsulfid. Dann mußten Verfahren ausgearbeitet werden, um die Nährsalze möglichst wiederzugewinnen. Schwierigkeiten bot es ferner, die gewaltigen Massen von Glyzerinschlempen zu destillieren und Dynamitglyzerin daraus darzustellen. Destillationsanlagen mußten geschaffen werden. Sollte das Wirken der Protolgesellschaft und der sie unterstützenden Behörden auch nur annähernd erschöpfend behandelt werden, so wäre dies eine Aufgabe für sich.

Für die Herstellung des Nitroglycerinpulvers stehen zwei Wege zur Verfügung, die anfangs gemeinsam laufen. Zuerst wird die Nitrozellulose mit dem Nitroglycerin, oder wenn man nach dem Verfahren der Köln-Rottweiler Pulverfabriken Trinitrotoluolpulver herstellen will, Nitrozellulose mit Trinitrotoluol unter evtl. Nitroglycerinzusatz nach dem Verfahren von Lundholm und Sagers unter Wasser gemischt. Hier kann nur ein evtl. Zusatz von Diphenylamin und Zentralit gemacht werden. Es entsteht so die Pulverrohmasse.

Nach dem Düneberger Verfahren der Köln-Rottweiler Pulverfabriken wird die Masse dann unter geheizten Walzen bei hohem Druck gelatiniert und bei etwa 80° in Pressen unter gleichfalls hohem Druck geformt. Dieses Verfahren hat den großen Vorteil, daß für die Pulverfertigung kein Lösungsmittel benutzt wird. Das Pulver, das geformt die Presse verläßt, ist sofort benutzbar und braucht nicht wie beim Nitrozellulosepulver einen längeren Trocknungsprozeß durchzumachen, um Lösungs- und Gelatinierungsmittel wieder zu entfernen. Bei Pulverarten größeren Durchmessers nimmt das Trocknen längere Zeit in Anspruch und vermindert die Leistungsfähigkeit der Fabriken wesentlich. Das Verfahren der Köln-Rottweiler Pulverfabriken bot also gegenüber der Herstellung der Nitroglycerinpulver mittels Äzeton wesentliche Vorteile.

Nach dem älteren Verfahren, das teilweise auch während des Krieges, besonders für Blättchenpulver, benutzt wurde, wird die Pulverrohmasse durch heiße Walzen von Wasser befreit und dann im Pfeilerer mittels Äzeton durchgelatiniert. Durch die Benutzung von Lösungsmitteln für die Gelatinierung wird die Masse leichter formbar und braucht für ihre Formgebung unter Walzen und Pressen geringere Drücke, wodurch eine Entzündungsmöglichkeit verringert wird. Nach dem Trocknen muß das Gelatinierungsmittel entfernt werden, ein Nachteil, zu dem noch der hinzukommt, daß ein neuer Rohstoff, das Äzeton, als Gelatinierungsmittel gebraucht wird, dessen Beschaffung Schwierigkeiten bereite.

**Ä z e t o n.** Das Äzeton entsteht bei der Destillation des Holzes. Für 100 t Nitroglycerinpulver werden unter Berücksichtigung der Wiedergewinnung beim Trocknungsprozeß etwa 20 t verbraucht. Bei einer Fertigung

von etwa 3000 t Nitroglycerinpulver war der Azetonbedarf bedeutend, so daß seine Erzeugung wesentlich erhöht werden mußte, zumal Azeton auch noch für andere Kriegszwecke Verwendung fand. Man suchte Ersatz zu schaffen. Verschiedene Ester, besonders essigsaures Methyl, leisteten für die Gelatinierung von Nitrazellulosen die gleichen Dienste. Letzteres fand in der Pulverfabrikation als Azetonersatz Eingang. Als jedoch das dringende Bedürfnis nach Gummi dessen Synthese notwendig machte und hierfür das Ausgangsmaterial auch Azeton war, wurde die Azetonfrage kritisch. Zwar verfügte man schon über ein Verfahren, Azeton durch Destillation von essigsaurem Kalk herzustellen, doch auch dieses Verfahren war von der Holzdestillation, die die Essigsäure lieferte, abhängig. Für die Erzeugung der Essigsäure mußte die Synthese helfend eingreifen. Ein geeignetes Ausgangsmaterial war das Azetylen, das nach den Patenten von Hoechst, Griesheim und der Alexander-Walker-Gesellschaft unter dem Einfluß von Quecksilberfalzen Wasser addiert und Athylaldehyd liefert, der leicht zu Essigsäure oxydiert werden kann. Hoechst und die Alexander-Walker-Gesellschaft haben größere Anlagen auf dieser Grundlage geschaffen, die Essigsäure über das Kalksalz in Azeton übergeführt und so die Rohstoffe für die Nitroglycerinpulverfabrikation und den künstlichen Gummi bereitgestellt.

Die Pulverfabriken entwickelten sich zu Städten. Besuchte man sie in Zwischenräumen von einigen Monaten, so kannte man sie nicht wieder. Neuere Anlagen wurden zu neuen hinzugefügt, und doch mußte man sich klar darüber werden, daß die Steigerung der Pulverfertigung eine Grenze in den bisher benutzten Rohstoffen haben mußte. Man versuchte daher, auf anderer Grundlage für das Nitrozellulosepulver Ersatz zu schaffen.

### 3. Ammonpulver.

Schon vor Jahren waren von der österreichischen Marine Versuche durchgeführt worden, eine Mischung von Ammonsalpeter mit etwa 14 % Kohlenstoff, fein gemischt und zu Körnern verpreßt, für Schießzwecke zu verwenden. Dieses Pulver sollte neben geringeren Mündungsfeuererscheinungen auch die Ausbrennung in der Waffe vermindern. Es galt also jetzt, Versuche mit diesem Pulver auszunehmen. Die erste Herstellung fand in Felixdorf bei Wien statt. In Deutschland waren es die alten Schwarzpulverfabriken in Schopp, St. Ingbert und Kriewald, die die Herstellung von Ammonpulver aufnahmen. Das Fertigungsverfahren war analog dem des alten Schwarzpulvers. Die sorgsam gekleinten, getrockneten und gesiebten Materialien, Ammonsalpeter und Kohle, wurden auf Läusern weiter gekleint und gemischt, wodurch auch eine Dichtung des Materials erzielt wurde. In der ersten Zeit wurde dieser Prozeß auf den Läusern 4 bis 5 Stunden lang durchgeführt, später jedoch, um die Pro-

duktion zu erhöhen, durch anfängliches Hinzufügen von Wasser, Aus- und Einbringen der Masse eingerechnet, auf  $1\frac{1}{2}$  Stunden abgekürzt. Diese Rohmasse wurde mit einem Druck von etwa 1200 Atm. zu Primärkuchen gepreßt, die zer Schlagten und gekleint wurden. Die so gewonnenen Körner bestimmter Größe wurden dann erneut zu Sekundärtörnern mit etwa einem Druck von 500 Atm. verpreßt. Als geeignete Form erwies sich die von Ringen zu etwa 170 bis 200 g. Auch kleinere Zylinder zu 50 g Gewicht ergaben brauchbare Schußergebnisse. Das Ammonpulver sollte Ersatz für das Pulver des Feldgeschützes werden, doch gaben bei ausschließlicher Verwendung desselben zeitweilig auftretende Ausreißer mit zu hohem Gasdruck zu Bedenken Anlaß. War es so gefährlich, das Geschützpulver ganz durch Ammonpulver zu ersetzen, so waren die Versuche von teilweisem Ersatz desselben durchaus zufriedenstellend. Man verwandte etwa auf die Hälfte verkürztes Röhrenpulver (etwa 250 g) und füllte den oberen Teil der Kartusche mit zwei Ammonpulverringen oder einer entsprechenden Zahl kleiner Zylinder aus. Unter diesen Bedingungen erreichte man dieselbe Leistung wie beim Nitrozellulosepulver und vermied weitestgehend das Mündungsfeuer. Der chemischen Natur des Ammonsalpeters entsprechend war natürlich auch das Ammonpulver stark hygroskopisch, die Kartuschen mußten daher durch Abdichtung gegen Wasseraufnahme absolut geschützt werden. Auf Grund der günstigen Ergebnisse wurde die Fertigung des Ammonpulvers mit aller Kraft aufgenommen und neue Fabriken errichtet. Es ist selbstverständlich, daß man es auch bald für andere Kaliber einführte, womit eine willkommene Ersparnis an Nitrozellulosepulver und damit an Alkohol eintrat. Das Verfahren der Herstellung des Ammonpulvers war reichlich kompliziert. Man suchte daher nach Vereinfachungen.

Die Herstellung des sogenannten Weißpulvers, einer Mischung aus Salzen der organischen Sulfosäuren mit Salpeter, war durch Raschig ausgearbeitet. Lösungen dieser Salze wurden in konzentrierter Form auf erhitzten Walzen eingedampft, wodurch neben innigster Vermischung die Trocknung der Pulversubstanzen herbeigeführt wurde. Dieses Verfahren wurde von den Köln-Rottweiler Pulverfabriken zur Fertigung des Ammonpulvers angewandt, da sie hofften, die umständliche Vorbehandlung des Ammonpulvers, das Primärpressen und Körnen, zu vermeiden und den auf den erhitzten Walzen eingetrockneten Pulverfah direkt verpressen zu können. Doch auch hier traten Ausreißer beim Beschießen auf, so daß sich diese Absicht nicht verwirklichen ließ. Die auf den Walzen erhaltene Masse mußte daher analog der Schwarzpulverfabrikation primär und sekundär verpreßt werden; die Walzen ersetzten also nur die Häuserwerke.

Das Problem, ein direkt zu verpressendes Ammonpulver zu fertigen, wurde von der Krause-K. & G., München, im Verein mit der Badischen

Ammon- und Sodafabrik Ludwigshafen gelöst. Die Firma Krause hatte eine Apparatur konstruiert, in der Lösungen durch eine äußerst schnell laufende Zentrifugalschleife, die in einem Hause eingebaut war, zu Nebeltropfen versprüht werden. Während des Herabfallens der Tropfen werden diese durch entgegenströmende erhitzte Luft vom Wasser befreit und die entwässerte Masse fällt körnig auf den Boden, von dem sie kontinuierlich entleert werden kann. Benutzt wurde für die Herstellung des Ammonpulvers eine konzentrierte Lösung von Ammonsalpeter, in der äußerst feine Kohle aufgeschlemmt war. Da bei diesem Verfahren keine Nachzerkleinerung der Kohle mehr eintritt, mußte dafür Sorge getragen werden, daß die benutzte Kohle äußerst fein war. Zu diesem Zwecke wurde sie vorher in Knetmaschinen unter Kochsalzzusatz bei Gegenwart von etwas Wasser durchgeknetet und dann wieder vom Kochsalz befreit. Das nach dem Krause-Verfahren eingedampfte Material stellte eine innige Mischung beider Komponenten dar und wurde automatisch zu Segmenten verpreßt, die bei direkter Verpressung eine gute Schußleistung ergaben. Drei solcher Segmente wurden zu einem Ringe als Ladung in die Kartusche zusammengestellt. Die Fertigung des Ammonpulvers nach den verschiedenen Arten betrug etwa 3000 Monatstonnen.

Für die Fußartillerie, bei der gewöhnlich nicht, wie bei der Feldartillerie, Metallkartuschen benutzt werden, sondern die Laborierung in Kartuschbeuteln erfolgt, war die Laborierung der Ammonpulver nur in Feuchtigkeit undurchlässigem Einschluß möglich. Das Ammonpulver muß, der chemischen Natur seiner Hauptkomponenten, des Ammonsalpeters entsprechend, stark wasseranziehend sein. Jede Möglichkeit der Wasseraufnahme muß bei der Verwendung von Ammonsalpetermischungen als Pulver unbedingt vermieden werden. Bei den Feldartilleriegeschossen war eine Veränderung der Ladungen durch die Laborierung in Metallkartuschen und wasserdichtem Abschluß derselben durch Kork- oder Lörzplatten, die als Ersatz für Kork benutzt wurden, und Abdichten mit Lack gewährleistet. Das Problem des Einschusses von Ammonpulver für Fußartillerielaborierung löste die Pulverfabrik Düneberg in der Art, daß sie die Ammonpulverkörper in Nitroglyzerinpulverschachteln einschloß. Es ist selbstverständlich, daß die Form der verschiedenen Körper dem Geschütz angepaßt werden mußte und so für die verschiedenen Kaliber Ammonpulver wechselnder Abmessung gepreßt werden mußten. Bei dieser Laborierung zeigte das Ammonpulver ebenfalls den Vorteil der Verringerung der Mündungsfeuer bei Fußartilleriegeschützen und war selbstauchbar.

## 2. Sprengstoffe.

Die Pulverfertigung ist mehr ein Spezialgebiet, das sich auf die reichen Friedenserfahrungen aufbaut, die durch jahrelange Arbeit in den Fabriken

des Staates und der verschiedenen Privatkonzerne erworben war; sie blieb daher im wesentlichen auch diesen Fabriken während des Krieges vorbehalten. Anders jedoch liegt es bei der Herstellung der Sprengstoffe, besonders der, die chemisch-einheitlicher Natur sind. Ihre Herstellung beschränkte sich nicht auf die eigentlichen Sprengstofffabriken, sondern wurde in der Erkenntnis der bitteren Notwendigkeit, trotz aller Gefahrmomente für ihre bestehenden wertvollen Friedensanlagen, von der chemischen Großindustrie ausgenommen; und manch wertvolle Anregung, die zur Steigerung der Produktion, zur Erzielung größerer Reinheit und zur Ersparung von Rohstoffen führte, ist von ihr ausgegangen. In großzügigster Weise nahm die chemische Großindustrie in Verbindung mit den bestehenden Sprengstofffabriken bei Beginn des unheilvollen Krieges zur Verteidigung des Vaterlandes die Erzeugung der Rohstoffe für die Sprengstoffindustrie sowie die Sprengstoffabrikation selbst auf und suchte mit ihren reichen technischen Erfahrungen die Gefahrmomente mehr und mehr auszuschalten. So dienten Sprengstoffindustrie und chemische Industrie mit allen zu Gebote stehenden Mitteln dem Vaterlande.

**Trinitrotoluol.** Als Sprengstoff zum Füllen der Geschosse war im Frieden das Trinitrotoluol vorgesehen. Es entsteht durch Nitrieren aus dem Toluol. Das Toluol wieder ist ein Destillationsprodukt der Steinkohle, das im Steintohlenteer der Gasanstalten und Kokereien enthalten ist und aus diesem durch Destillation gewonnen wird. Ein Teil des Toluols ist, mit Benzol gemischt, auch im Leuchtgase enthalten. In den Kokereien wird das Toluol gemeinsam mit dem Benzol den Kokereigasen durch geeignete Waschprozesse entzogen.

Anlagen, die zur rationellen Gewinnung der Nebenprodukte der Koksherstellung noch nicht eingestellt waren, wurden schleunigst entsprechend umgebaut; auch wurde durch Einschaltung von Waschapparaten in Leuchtgasfabriken, soweit es noch nicht geschehen war, das Benzol und Toluol weitgehend aus dem Leuchtgase entfernt. — Im Frieden wurde vielfach ein gewisser Prozentsatz Toluol im Benzol gelassen, um dessen Gefrierpunkt herabzudrücken, was für die Benutzung des Benzols als Betriebsstoff für Motore, besonders in kälteren Jahreszeiten, von Vorteil war. Bei dem Toluolbedarf war es selbstverständlich, daß dieses Toluol weitmöglichst durch Destillation dem Benzol entzogen wurde. — Unter Ausnutzung aller dieser Möglichkeiten, die Toluolproduktion zu steigern, gelang die Herstellung von etwa 3000 Monatstonnen. Die Bemühungen, synthetisch Toluol aus Benzol zu erzeugen, blieben ohne Erfolg.

Die Hauptmenge des Toluols wurde zur Herstellung von Sprengstoffen benutzt. Nur ein geringer Teil wurde bei der eintretenden Zuckerknappheit auf Süßstoff verarbeitet oder diente zur Herstellung des als Konservierungsmittels benutzten benzoesauren Natrons. Die Herstellung

des Trinitrotoluols aus dem Toluol geschieht durch Nitrierungen mittels Schwefelsäure und Salpetersäure, und zwar gewöhnlich in der Weise, daß man mit steigender Säurekonzentration stufenweise in drei Prozessen je eine Nitrogruppe in das Toluol einführt und die Abfallsäuren der höheren Nitrierungsstufe für die niedrigere benutzt. Im Frieden arbeitete man bei der Herstellung des Trinitrotoluols aus dem Dinitrotoluol mit stark schwefelsäure-anhydridhaltigen Säuren, und nahm die Nitrierung bei höheren Temperaturen, teilweise bis 150°, vor. Dieses Verfahren bot der hohen Temperatur wegen Gefahrmomente, die zum Ausbrennen der Nitrierapparate, wenn nicht gar zu Explosionen führen konnten. — Die dringende Notwendigkeit, Schwefelsäureanhydrid zu sparen, führte zu Versuchen, die Menge des Schwefelsäureanhydrids herabzusetzen bzw. dasselbe ganz zu vermeiden. Es gelang schließlich, in Großbetrieben Trinitrotoluol herzustellen bei Temperaturen von höchstens 120° und unter Verwendung konzentrierter Schwefelsäure, bzw. einer Säure, die nur wenige Prozent Schwefelsäureanhydrid enthielt. So war das Gefahrmoment herabgedrückt und auch das wertvolle Schwefelsäureanhydrid gespart, was bei der Gesamtlage der Schwefelsäurewirtschaft von außerordentlicher Bedeutung war.

Zur Reindarstellung wurde im Frieden das Trinitrotoluol durch Umkristallisieren aus Alkohol oder Toluol gereinigt. In den Lösungsmitteln verblieb die Verunreinigung, das sogenannte flüssige Trinitrotoluol, zurück, das nach Abdestillieren des Lösungsmittels gewonnen und zur Herstellung von Bergwerksprengstoffen benutzt wurde. Der Mangel an Lösungsmitteln verbot bei der Massenfertigung ein allgemeines Umkristallisieren des Trinitrotoluols. Nur für wenige Geschosarten, an die besondere Anforderungen gestellt wurden, verwandte man zur Füllung umkristallisierte Produkte mit dem Schmelzpunkt 81°, die zu entsprechenden Sprengladungen verpreßt wurden.

Um durch direkte Nitrierung ein möglichst reines Trinitrotoluol zu erzeugen, modifizierten die chemischen Fabriken das Nitrierungsverfahren derart, daß sie nur diejenigen Zwischenstufen weiterritrierten, die ein reines Trinitrotoluol ergaben. Bekanntlich entstehen schon bei der Überführung des Toluols in das Mononitrotoluol drei isomere Verbindungen, das o., p. und m.-Produkt, von denen das Metaprodukt bei weiterer Nitrierung die den Schmelzpunkt des fertigen Trinitrotoluols beeinflussenden Substanzen liefert. Durch Destillation schied man daher das Metanitrotoluol ab und nitrierte nur die o. und p.-Verbindung weiter, während das Metaprodukt, evtl. nach Überführung in das Metadinitrotoluol, Absatz und Verwendung für Bergwerksprengstoffe fand. Neben der Steigerung möglicher Ausbeute an Trinitrotoluol aus dem verfügbaren Toluol gebot

die unbedingt notwendige Sparfameit an Salpeterfäure eine möglichst gute Ausnutzung der Säure. Durch Austausch gemeinsamer Verfahren gelang es, die Herstellungsbedingungen so zu gestalten, daß 67 % Stickstoff der angewandten Salpeterfäure ausgenutzt wurden.

Die Hauptmenge des Trinitrotoluols wurde für die Herstellung der Sprengladungen in gegoffenem oder geschmolzenem Zustande verwandt; denn die Herstellung von gegoffenen Sprengladungen ist wesentlich einfacher als die gepreßter, da zur Herstellung gepreßter Sprengladungen die Aufstellung besonderer Pressen erforderlich ist. Nur bei besonders wichtigen Geschossen wurde eine gepreßte Sprengladung verwandt.

**Trinitroanisol.** Die Unmöglichkeit der Produktionssteigerung an Toluol und damit an Trinitrotoluol forderte die Herstellung und Erprobung neuer Sprengstoffe. Die Fabrikation des in der Literatur bekannten, doch praktisch noch nicht erprobten Trinitroanisols wurde von der Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation ausgenommen. Die Grundsubstanz hierfür war das Benzol, das in immerhin reichlicheren Mengen vorhanden war. Durch Nitrierung und Chlorierung wurde mittels Methylalkohol und Alkali das Dinitroanisol, das bei weiterer Nitrierung leicht bei Ausnutzung von 84 % des in der Salpeterfäure enthaltenen Stickstoffs in das Trinitroanisol überzuführen war.

Die sprengtechnischen Eigenschaften des Trinitroanisols sind recht gute. Seine Sprengkraft ist etwas größer als die des Trinitrotoluols, doch ist es dementsprechend auch etwas empfindlicher. Sein Erstarrungspunkt liegt bei 64 bis 65°, genügt also gerade noch für seine Verwendungsmöglichkeit als Sprengladung in Geschossen. Unangenehm sind seine physiologischen Wirkungen auf den Organismus. Es erzeugt Schwellungen, eine unangenehme Eigenschaft, die einer weitgehenden Verwendung hinderlich war. Als Füllstoff für kleinere Kaliber war es ungeeignet, da die Arbeiter beim Füllprozeß kleiner Geschosse leichter mit dem Sprengstoff in Berührung kommen. Es wurde daher nur für größere Kaliber benutzt. Gefüllt wurden mit Trinitroanisol Wurfminen, Abwurfbomben und Minen für die Marine.

**Pikrinsäure.** Der sprengkräftigste, aber auch dementsprechend stoßempfindlichste Explosivstoff, die Pikrinsäure, die einst fast ausschließlich als Füllmittel für Geschosse verwendet, dann aber durch das weniger stoßempfindliche Trinitrotoluol verdrängt wurde, kam wieder zur Bedeutung. Das Ausgangsmaterial für ihre Herstellung, das Phenol, ist im Teer in etwas größerer Menge vorhanden als das Toluol. Es wird aus diesem durch die chemische Behandlung mit Natronlauge gewonnen. Die Einführung der drei Nitrogruppen mittels Schwefelsäure und Salpeterfäure in das Phenol läßt sich leicht in einer Operation mit guter Säureausnutzung

durchführen; etwa 84 % des Stickstoffs, der Salpetersäure, werden von der Piktrinsäure aufgenommen. Die Piktrinsäure wurde sowohl im geschmolzenen Zustande als Geschosßfüllung, wie vor allem in Form von Preßkörpern als Zündladungskörper in ausgebreitetem Maße verwendet. Die Piktrinsäure stellt das geeignetste Material dar, um die durch das Zündhütchen der Geschosßzündungen eingeleitete Detonation der Sprengkapsel auf den eigentlichen Sprengstoff zu übertragen, denn für die Einleitung ihrer Detonation sind nur geringe Mengen Knallquecksilber in der Sprengkapsel notwendig, während die Einleitung der Detonation der sonstigen Sprengstoffe wesentlich größere Mengen von Knallquecksilber erfordert. Die Benutzung eines Zündladungskörpers aus gepreßter Piktrinsäure bedingt nicht nur eine wesentliche Ersparnis des Knallquecksilbers, mit dessen Grundstoffen, Quecksilber, Alkohol, Salpetersäure, streng hausgehalten werden mußte, sondern bietet außerdem eine sichere Gewähr für die richtige Detonation der eigentlichen Geschosßfüllung. Obwohl die aus dem Phenol hergestellte Piktrinsäuremenge sehr bedeutend war, reichte sie doch nicht aus, um den dauernd steigenden Bedarf zu decken. Es mußten daher noch andere Methoden ausgearbeitet werden, die ein anderes Ausgangsmaterial als das Phenol benutzten, das etwas reichlicher zur Verfügung stand. Vorn Benzol ausgehend stellten die Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co. nach einem neuen Verfahren über die Sulfosäure bzw. das Chlorbenzol Piktrinsäure her.

**Dinitrobenzol.** Im Frieden war das Dinitrierungsprodukt des Benzols kaum als Sprengstoff betrachtet worden; doch es zeigte sich, daß das Dinitrobenzol bei starker Initiierung durch einen Kopfguß aus Trinitrotoluol recht gut mitdetonierte. Es fand daher infolge des etwas reichlichen Vorhandenseins feines Ausgangsmaterials, des Benzols, ausgedehnte Verwendung als Geschosßfüllmittel. Zwar besitzt es unangenehme physiologische Eigenschaften; doch lernte man durch Verbesserung der Füllanlagen, derart, daß bei möglichster Sauberkeit im Betriebe Frischluft den Füllräumen zugeführt und an den Füllorten selbst Absaugevorrichtungen geschaffen wurden, die Giftwirkungen des Dinitrobenzols weitgehendst auszuschalten. Die Zuführung des Dinitrobenzols zu den Füllstellen geschah in abgeschlossenen Röhrenleitungen.

### Gestreckte Sprengstoffe.

Obwohl alle organischen Verbindungen, die praktisch in Sprengstoffe übergeführt werden konnten, dem Nitrierungsprozesse unterworfen wurden, reichte die Sprengstoffherzeugung bei den immer wachsenden Anforderungen des Feldheeres nicht aus. Die Menge der Sprengstoffe mußte notwendigerweise vermehrt werden; das ging aber nicht anders als auf dem Wege, daß

man die Sprengstoffe zu strecken versuchte. Die Streckung mußte derart erfolgen, daß die sprengtechnischen Eigenschaften der Nitrokörper möglichst wenig verringert wurden und der Sprengstoff noch die für die Laborierung dringend notwendige Eigenschaft der Gießbarkeit besaß. Die Forderung möglichstster Erhaltung der Sprengkraft machte nur solche Zusätze geeignet, die in der Mischung mit Sprengstoffkomponenten selbst Sprengstoffnatur besaßen. Aus den Erfahrungen der Herstellung der Bergwerksprengstoffe war die Tatsache bekannt, daß Nitrokörper mit Ammonsalpeter gemischt wirkungsvolle und gut detonierbare Sprengstoffkompositionen darstellten. Ammonsalpeter war vorhanden oder konnte in genügender Menge durch die Erweiterung der Salpeter- und Ammonianlagen geschaffen werden. Es war demnach nur noch die weitere Forderung der Gießbarkeit und gleicher Laborierbarkeit wie die der Nitrokörper zu erfüllen. Auf Grund zahlloser Versuche wurde im Verhältnis 60:40 von Nitrokörpern zu Ammonsalpeter eine gut gießbare Mischung gefunden. Diese Streckung bedeutete einen gewaltigen Zuwachs an Sprengstoffen und der Zahl der zu füllenden Geschosse; mit Ausnahme von besonders wichtigen Spezialgeschossen, für deren Füllung nur eine relativ geringe Menge an Trinitrotoluol notwendig war, wurde durchgängig die Streckung eingeführt. Die Artilleriegeschosse wurden mit gestrecktem Trinitrotoluol, mit gestrecktem Dinitrobenzol, gewisse Wurfminen mit gestrecktem Dinitrobenzol oder Trinitroanisol gefüllt. Durch den Zusatz von Ammonsalpeter zu den Nitrokörpern wurde zwar die Brisanz der Nitroverbindungen etwas beeinträchtigt, aber die bei der Explosion entstehende Gasmenge so wesentlich vermehrt, daß die Geschoszerlegung und die Durchschlagskraft der Sprengstücke kaum verändert wurde. Beim Dinitrobenzol wurde sogar durch den Zusatz von Ammonsalpeter die Sprengwirkung erhöht. Wenn auch das Gießen des gestreckten Sprengstoffs infolge der Giftigkeit des Dinitrobenzols erneute Schwierigkeiten bot, so wurden diese durch weitere Verbesserungen der Füllanlagen überwunden.

Nur die Pikrinsäure konnte auf diesem Wege nicht gestreckt werden, da einerseits ihre Säurenatur einen Zusatz von Ammonsalpeter unmöglich machte, andererseits ihre Wirkung als Initialzündmittel verringert worden wäre.

### Gießbare Ammonsalpeter-Sprengstoffe.

Trotz der gewaltigen Steigerung an Sprengstoffen, die durch die Streckung ermöglicht wurde, reichte die verfügbare Menge immer noch nicht, um allen Forderungen zu genügen. Der Gehalt der Sprengstoffe an Ammonsalpeter mußte noch weiter erhöht und Nitrokörper, wenn möglich, ganz vermieden werden. Die Aufgabe bestand also darin, gießbaren

Ammonsalpeter herzustellen. Gewisse organische Verbindungen, wie Natriumazetat, Dyziandiamid und oxalsaures Anilin, bewirken ein Herabdrücken des Schmelzpunktes von Ammonsalpeter, dem zweckmäßig noch etwa 10 % Natronsalpeter zugefetzt sind, bis auf etwa 100°, so daß die Möglichkeit der Herstellung von Schmelzen mit hohem Ammonsalpetergehalt gegeben ist. Werden solche Schmelzen mit einem starken Kopfguß eines kräftig detonierenden Sprengstoffs versehen, so detonieren sie mit. Gesteigert wird jedoch die Sprengwirkung wesentlich, wenn etwa 10 bis 20 % Trinitrotoluol der Ammonnitratmelze zugefügt werden.

**Ammonal.** Auch verwendete man für Artilleriegeschosse Ammonnitrat Sprengstoffe mit ähnlicher Zusammensetzung wie das bekannte Ammonal in gepreßter Form. Da Trinitrotoluol nicht verfügbar war, wurde ein neues technisches Verfahren zur Nitrierung des Naphthalins zum Trinitronaphthalin ausgearbeitet und das Ammonal unter Zusatz von etwa je 20 % Aluminium und Trinitronaphthalin hergestellt und zu Sprengladungen im größten Umfange verpreßt.

#### Sicherheits Sprengstoffe.

Ferner wurden für gewisse Geschosse, und besonders für Rahtampfmittel-Kampfwaffen, ähnlich zusammengesetzte Sprengstoffe wie die Sicherheits Sprengstoffe des Bergbaues in gestopfter Form benutzt. Die Herstellung dieser Sprengstoffe bot den Vorteil, daß die Abfallnitrotörper, das flüssige Trinitrotoluol, unreine Dinitroverbindungen, hiersür Verwendung finden konnten. Die Sprengstoffe wurden durch innige Mischung der Komponenten in Knetmaschinen hergestellt. Anfangs war der Mischung 4 % Nitroglycerin zugefetzt; später wurde das Donarit aus etwa 80 % Ammonsalpeter, 18 % Nitrotörpern und 2 % Holzmehl gefertigt. Schwierigkeiten verursachte dauernd die Beschaffung der Nitrotörper, und je nach ihrer Herstellungsmöglichkeit wurden die verschiedensten Nitroverbindungen für die Herstellung der Ammonsalpetersprengstoffe benutzt. Sie fanden für Pioniermunition, zur Füllung von Minen und Wurfsminen, sowie in den Handgranaten in gestopfter Form Verwendung.

#### Perchloratsprengstoffe.

Die starke Ausnutzung der Ammonsalpeterproduktion für die Streckung der Nitrotörper vermehrte die Zahl der herzustellenden Sprengladungen und Geschosse bedeutend; doch bald zeigte es sich auch hier wieder, daß auch die Erzeugungsmöglichkeit des Ammonsalpeters beschränkt war, obwohl man anfangs glaubte, daß eine Produktion von etwa 14 000 t Ammonsalpeter sicherlich allen Anforderungen genügen würde. Eine weitere Steigerung der Sprengstoffertigung war nur möglich unter Be-

nutzung anderer Sauerstoffträger, wie Chlorate oder Perchlorate. Die Chlorate und die daraus hergestellten Sprengstoffe waren im Anfang des Krieges fast das einzige geblieben, worauf der Bergbau bestimmt rechnen und sich einstellen konnte. Die übrigen notwendigen Sprengstoffe mußte er sich meistens durch die ausschlaggebende Tatsache der sonst eintretenden Verminderung der Kohlenförderung erkämpfen. Der Bergbau sollte sich mehr und mehr der flüssigen Luft bedienen, deren Verwendung als Sprengstoff dank der zahlreichen Neuerungen sowohl bezüglich des Herstellungsverfahrens der flüssigen Luft, wie der Patronen und Zünder, als auch in bezug auf den Transport der Luft und ihre Beständigkeit in widerstandsfähigen Gefäßen wesentlich verbessert war. Die Chloratsprengstoffe waren wegen der Beanspruchung des Sprengstoffs beim Schuß nicht sicher genug. Anders lag es bei dem etwas stoßsicheren Perchlorat. Dieses bot eine Steigerungsmöglichkeit der Sprengstoffertigung. Versuche bewiesen, daß aus dem Perchlorat unter Zusatz von etwa 44 % Nitrotörpern, die aus Dinitrobenzol und Dinitronaphthalin bestanden, sich ein gießbarer Perchloratsprengstoff herstellen ließ. Der Zusatz von Dinitronaphthalin war gemacht, um das Dinitrobenzol zu strecken. Die Gießbarkeit der Perchloratsprengstoffe bot den Ammonsalpetersprengstoffen gegenüber den Vorteil, daß die Füllung im Geschloß beim Schuß sich nicht zusammenschloß, ein Umstand, der andernfalls leicht zu Blindgängern führen konnte. Die Herstellung des Perchlorats wurde im größten Umfange ausgenommen. Die anfängliche Monatsproduktion von 1200 t wurde bald auf 2000 t gesteigert. Verwendung fand der gießbare Perchloratsprengstoff in gewissen Wurfminen. Seiner schweren Initiertfähigkeit wegen mußte eine zentrale Zündung eingeführt werden, die die Detonation der Sprengkapsel auf den Perchloratsprengstoff übertrug. In seiner Wirkung, besonders bei Erdwirkung, war der Sprengstoff recht gut.

Auch zur Streckung der ammonsalpeterhaltigen militärischen Sicherheitsprengstoffe fand das Kaliumperchlorat Verwendung, indem im Perdit etwa 12 % des Ammonsalpeters durch Kaliumperchlorat ersetzt wurden, was den Vorteil leichterer Zündfähigkeit durch die Sprengkapsel bot.

Erwähnt werden soll noch, daß für gewisse Zwecke der Marine das heganitrodiphenylantin, das durch Nitrierung des Diphenylamins gewonnen wurde, Verwendung fand, und für Initialzündungen, die besonders kräftig sein sollten, das Tetranitromethylamin benutzt wurde. Ebenso wurde das Knallquecksilber der Sprengkapseln teilweise durch Bleiazid ersetzt.

Gewaltiges hat die chemische Großindustrie während des Krieges geleistet. Es war nicht die Aussicht auf Gewinn, sondern die Liebe zum Vaterlande, die Pflicht gegen die Brüder im Felde, das Bewußtsein, helfen

zu können, was sie zur Lösung und industriellen Verwirklichung aller Probleme führte. Sie ist, obwohl die ganze Welt unter Aufwand aller Kräfte und ungeheurer Kapitalien ihr entgegenstand, unbefiegt geblieben und wird hoffentlich auch beim Wiederaufbau des deutschen Vaterlandes im unbedingten Vertrauen auf ihr durch wissenschaftliche Forschung aufgebautes Können deutschem Fleiß und deutscher Arbeit Geltung verschaffen.

## V. Optische Hilfsmittel.

### a. Die militärischen Grundlagen.

Von Hauptmann a. D. Reine Weber.

Die Wichtigkeit, welche der Technik für die Kriegsführung innewohnt, war schon vor dem Kriege erkannt. Diesem Umstande ist es zu danken, daß Deutschland mit einem technisch gut, wenn auch nicht vollkommen, ausgerüsteten Heere in den Krieg eintrat. Die Behauptung, daß die technische Ausrüstung der feindlichen Heere der unsrigen überlegen war, trifft nicht durchweg zu. Auf einem Gebiet haben sie uns jedenfalls trotz aller Bemühungen nicht erreicht; dies ist das optische Gebiet. Leider aber war die Wichtigkeit der optischen Hilfsmittel für die Kriegsführung auch bei uns nicht genügend erkannt. Allerdings bot sich auch erst im Laufe des Krieges reiche Gelegenheit zu besonderen Erfahrungen. Es sei beispielsweise an die Artillerie-Regtruppe erinnert, welche erst im Kriege durch die früher nicht so klar hervorgetretene Notwendigkeit entstanden, durch Festlegen der feindlichen Mündungsfeuer einen Anhalt über die Lage der Batteriestellung zu gewinnen.

In folgendem soll versucht werden, die wichtigsten Anwendungen optischer Hilfsmittel darzulegen.

#### A. Beobachterfernrohre.

Während i. a. für den Beobachter, der nur Erkundungen vorzunehmen hat, der Feldstecher wegen seiner handlichen Bauart das geeignetste Instrument ist, genügt er für einen Schießleitenden, der die einzelnen Schüsse seiner Abteilung genau festzuhalten hat, nicht mehr. Er bedarf hierzu eines festliegenden Geräts mit höheren optischen Leistungen.

Meist wurde dabei an der üblichen  $10\times$  Vergrößerung festgehalten; doch fanden auch Feldstecher mit stärkerer Vergrößerung, zumeist auf Stativ, und speziell stärker vergrößernde Fernrohre zum Gebrauch in un-

gedeckter wie in gedeckter Stellung, Einführung. In der Vergrößerung ging man dabei bis  $72 \times$ . Die Höhe des Ausblicks über dem Einblick des Fernrohres bewegt sich in weiten Grenzen von 25 cm (über der Grabendeckung) bis zu 25 m, um freien Ausblick auch über höhere Baumbestände zu haben.

### B. Richtmittel.

Während seit Anfang des Jahrhunderts das Zielfernrohr als Richtmittel für Geschütze unentbehrlich geworden war und für Jagdgewehre weitere Verbreitung gefunden hatte, war die Ausrüstung der Militär-gewehre wohl bisher an der Preisfrage gescheitert; wir mußten erst vom Feinde die Dringlichkeit lernen. Für Maschinengewehre hatte man bereits vor dem Kriege mit der Einführung begonnen.

Schon vor dem Kriege hatte die optische Industrie an Zielfernrohren gearbeitet, die den Fliegern ein Mittel geben sollten, aus Flugzeugen Bomben gezielt abzuwerfen. Das bisher angewandte Verfahren, so nahe an das Ziel heranzugehen, daß eine grobe Schätzung der Geschwindigkeitsverhältnisse vom Flugzeug genügt, um zu treffen, war auf die Dauer nicht durchführbar. Das Verfahren hatte den Vorzug größerer Einfachheit, aber den großen Nachteil, daß der Flieger sich stark der gegnerischen Feuerwirkung aussetzen mußte. Infolge der einsetzenden Abwehrmaßnahmen mußten die Flugzeuge größere Höhen aufsuchen, um sich ihnen zu entziehen. Damit verbot sich für den Bombenabwurf das bisher gebrauchte Verfahren. Denn mit den zunehmenden Höhen wird auch die Strecke größer, um die die Aufschlagstelle, insolge der Eigengeschwindigkeit des Flugzeuges und der Abtrift durch den Wind gegenüber dem Ort, den das Flugzeug im Abwurfmoment einnimmt, seitlich verlegt wird.

Ebenso war man nicht über die ersten Versuche mit den Richtmitteln für die Flugabwehrkanonen (Flak) hinausgekommen. Beim Schießen auf bewegliche Ziele muß vorgehalten werden, da das Ziel vom Kommando an bis zum Zeitpunkt der Detonation einen beträchtlichen Weg zurücklegt (vgl. hierzu auch Abschnitte III und VII). Ohne genaues Vorhalten ist also eine Treffwirkung auch bei Sprenggeschossen unmöglich. So trat außer der technischen Vervollkommnung des Geschützes die Notwendigkeit ein, Apparate zu schaffen, mit denen schnell und sicher die richtigen Kommandos für das Vorhalten ermittelt werden konnten. Wenn auch das Flakschießen auf Grund von Schätzung und Erraten der Absichten des Fliegers als besondere Kunst ausgebildet wurde, so zeigte sich doch, daß i. a. bessere Treffergebnisse erzielt werden, wenn auf Grund gemessener oder geschätzter Flugrichtung und Geschwindigkeit die genauen Kommando-größen, wie Brennlänge des Zünders, Rohrerhöhung und Seitenrichtung, mit einem geeigneten Kommandoapparat ermittelt werden.

### C. Entfernungsmesser.

Lange vor Kriegsbeginn hatte man in den größeren Militärstaaten danach gestrebt, an Stelle des stets ungenauen Entfernungsschähens ein Mittel zu finden, um die Entfernungen genau messen zu können.

Bei der Infanterie hatte sich die Erkenntnis des Nutzens des Entfernungsmessers zuerst durchgesetzt. Zu Anfang des Krieges war die Einführung eines in langen Versuchen erprobten Modells vorbereitet, das im Liegen, Knien und Stehen, sowohl freihändig wie auf Stativ, gebraucht werden konnte und einen Meßbereich bis 4000 m hatte. Am wichtigsten war seine Benutzung für Maschinengewehrabteilungen. Bei der Artillerie war im Gegensatz zur Infanterie ein Einschließen möglich, so daß viele Autoritäten den Standpunkt einnahmen, der beste Em. ist der Schuß. Hier zeigte sich zuerst beim Flakschießen, wo ein Einschließen ausgeschlossen war, die Notwendigkeit der Einführung eines Em., der natürlich größeren Meßbereich als ein Infanterie-Em. haben mußte und demgemäß nur für Stativgebrauch eingerichtet sein konnte. Der weitere Wunsch leichter Transportfähigkeit führte zur Ausbildung zusammenklappbarer Em.

Der Grabenkrieg zwang dazu, ein Instrument zu schaffen, bei welchem der Messer gegen das feindliche Feuer geschützt ist. Der Infanterie-Em. genügt diesen Anforderungen nicht, er zwingt den Meßmann zum Aufgeben der Deckung. Er wird daher die Messungen so schnell wie möglich vorzunehmen versuchen; darunter muß die Meßgenauigkeit stark leiden.

Das führte zum Bau eines Entfernungsmessers, der die Messungen gedeckt aus dem Graben heraus ermöglicht, indem nur der Ausblick des Instruments über die vorliegende Deckung hinausragt.

Ursprünglich war dieser Entfernungsmesser zur Verwendung durch Minenwerferabteilungen gedacht. Durch die außerordentlich zweckmäßigen Anordnungen fand er auch schnell Eingang bei der Infanterie.

### D. Scheinwerfer und Signalgeräte.

Mit fortschreitender Entwicklung der Beobachtungsfernrohre nahm die Sicherheit der vorbereitenden Gesehtstätigkeit bei Tage ab. Sie mußte immer mehr in die späteren Nachmittagsstunden oder die Nacht verlegt werden, um die eigene Tätigkeit dem Feinde geheim zu halten. Das führte zur Schaffung von Geräten, mit denen man die Bewegungen des Gegners auch in der Dunkelheit erkennen konnte.

Während der A. S.-Scheinwerfer und der elektrische Glühlampenscheinwerfer der sechtenden Truppe auf dem Fuße folgten, fanden die mit größeren Parabolspiegeln und Bogenlampen ausgerüsteten Scheinwerfer bei ortsfesten Flakbatterien, an der Küste und auf Schiffen Verwendung.

Die beiden ersteren Geräte dienten zur Beleuchtung des nahen Vorfeldes der Gräben und der Hindernislinien.

Dazu war es erforderlich, den Betrieb unabhängig von den rückwärtigen Verbindungen zu machen. Dies ist erreicht, indem die für die Unterhaltung nötigen Stoffe in jeder Niederlage beliebig lange und in beliebigen Mengen lagerungsfähig sind.

Die große Wichtigkeit der Signalgeräte wurde offenbar, als die Verbindung mit Fernsprecher auf die Dauer sich als ungenügend erwies, da das immer mehr gesteigerte Artilleriefeuer die Leitungen zwischen den Befehlsstellen immer wieder zerriss.

Diese Verhältnisse erheischten ein leichtes selbstbrauchbares Gerät, welches die Fernsprechverbindungen voll ersetzen konnte.

Die schnelle und sichere Übermittlung der Ergebnisse der zur Erkundung eingesetzten Flieger gibt die Grundlage fürs Gesecht. Solange diese Möglichkeit fehlte, verloren die besten Meldungen ihren Wert, wenn zwischen Feststellung der Vorgänge beim Gegner und Auswerten der Beobachtungen lange Zeit lag, während welcher sich die Verhältnisse änderten. Bestimmte Meldungen haben für den Batterieführer nur dann Wert, wenn ihm diese im Augenblick der Feststellung zugehen.

Nachdem in dem M.-Blink 16 ein kriegsbrauchbares Gerät zur Verständigung auf dem Erdboden geschaffen war, war es das gegebene, dieses zur Vermittlung zwischen Flieger und Gesechtlinie umzuändern. Der Firma Carl Zeiß gelang es, ein Signalgerät zu bauen, welches den an dasselbe gestellten militärischen und technischen Anforderungen genügte.

Die Erfahrungen, welche beim M.-Blink 16 gesammelt wurden, wurden verwertet, und so ist ein Gerät in Anlehnung an dieses entstanden. Die Eigenart der Verwendung forderte eine Änderung der Streuungsverhältnisse. Während beim mittleren Blinkgerät zwei feste Stationen vorhanden sind, die Streuungsverhältnisse daher eng sein können, ist beim Fliegergerät nur eine feste Station vorhanden, wodurch es notwendig wurde, große Streuung zu wählen, um das Flugzeug nicht so leicht aus dem Gesichtsfeld zu verlieren.

### E. Photographie.

Vor Einführung der Scherenfernrohre geschah die gegenseitige Verständigung über eine feindliche Stellung am besten durch Ansichtsflizzen. Von geschickter Hand entworfene Skizzen können wohl ein einigermaßen gutes Bild über das Gelände beim Gegner geben. Sie sind jedoch immer nur ein roher Notbehelf, der für die heutige Kriegführung, die auch Einzelheiten im Gelände fordert, nicht immer genügt.

Die Scherenfernrohrkamera entstand dazu, das im Scherenfernrohr vergrößert sichtbare Gelände photographisch festzuhalten. Die so entstehenden Einzelaufnahmen, zu einem Rundbild zusammengesetzt, bieten ein sicheres Hilfsmittel zur Verständigung bei Meldungen zwischen den Kommando- und Beobachtungsstellen.

• Eine der wichtigsten Aufgaben wurde die Feststellung von Veränderungen im Gelände. Hat der Beobachter ein bereits vor Tagen gemachtes Rundbild vor sich und vergleicht die ihm verdächtig vorkommenden Stellen mit der Beobachtung des Scherenfernrohres, so kann er mit Sicherheit angeben, ob die Bäume noch an derselben Stelle stehen, ob sich Erdhaufen gebildet haben, ob Gräben im Hintergrunde weitergeführt oder ergänzt worden sind. Auch bei rückwärtigen Kommandostellen können die gleichen Feststellungen gemacht werden, wenn zwei Aufnahmen desselben Geländes vom gleichen Beobachtungsstand aus von verschiedenen Logen vorliegen.

Auch Stereoaufnahmen, deren Betrachtung mit dem Stereoskop den Einblick in das Gelände in vielen Fällen sehr wertvoll ergänzen konnte, lassen sich mit dem Scherenfernrohr besonders leicht herstellen.

Dies kann, ohne den Standpunkt zu ändern, geschehen, indem man die Scherenarme mehr oder weniger spreizt und bei unänderter Richtung des Fernrohres erst hinter dem rechten, dann hinter dem linken Arm eine Aufnahme desselben Geländeauschnittes macht. Ist bei den großen Entfernungen und geringem Tiefenunterschied im Gelände eine größere Grundlinie erwünscht, so rückt man das Scherenfernrohr nach der ersten Aufnahme um einige Meter seitwärts, richtet die Schere wieder auf das gleiche Geländestück und macht die zweite Aufnahme. Das Auswerten der mit Hilfe der Scherenfernrohrkamera aufgenommenen Bilder mußte dem Führer eine gute und sichere Grundlage geben für einen beabsichtigten Angriff.

Mit der Entwicklung und Ausgestaltung der Flugzeuge mußte auch die Ausrüstung derselben gleichen Schritt halten.

Die anfängliche Aufgabe, das von oben Erkundete in eine Generalstabskarte einzuzichnen, an Hand welcher von den höheren Stellen wichtige Entscheidungen getroffen wurden, erfuhr bald eine Erweiterung. Es genügte nicht mehr, nur skizzenhaft das Gesehene niederzulegen; es wurde notwendig, die Verhältnisse beim Gegner auf photographischem Wege festzuhalten; denn nur auf diesem Wege ist es möglich, auch die Einzelheiten, die manchmal von ganz besonderer Bedeutung sind, zu Papier zu bringen. Erst damit gewann das Flugzeug für die Heeresleitung als Aufklärungsmittel die jetzige Bedeutung.

Mit Hilfe der Fliegerkamera wurde es möglich, die Vorgänge beim Gegner schon auf weite Entfernungen bis in das kleinste hinein festzu-

halten. Den Kommandostellen war ein Mittel gegeben, an Hand der Aufnahmen das Gelände zu beurteilen und danach Entschlüsse zu fassen.

Auch für Vermessungszwecke hat man sich die Photographie dienstbar gemacht.

Die Fernkamera 3 m ist aus dem Bedürfnis des Stellungskrieges entstanden, seine Geländeeinzelheiten bei größerem Abbildungsmaßstab schon auf sehr große Entfernungen wiederzugeben. Sie dient daher nur für die Aufnahmen von festen Standorten aus und hat vorzugsweise bei den Vermessungsabteilungen des Großen Generalstabes Verwendung gefunden.

Wenn auch, wie erbeutete Stücke erwiesen haben, unsere Gegner in der Entwicklung der Technik nicht lässig gewesen sind, so darf wohl mit Recht behauptet werden, daß wir ihnen auf dem optischen Gebiet weit voraus geblieben sind.

## b. Die technische Ausführung.

Von Dr. A. König.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 5 bis 8.)

### A. Beobachtungsfernrohre.

Das Scherenfernrohr (S. F.) hat sich, wie im Russisch-Japanischen Kriege, auch in diesem Kriege als unentbehrliches Beobachtungsmittel besonders für die Artillerie gezeigt. Es stellte sich nur für manche Zwecke das Bedürfnis heraus, die Arme zu verlängern sowie die optische Leistung zu steigern. So entstand das S. F. 17 (Tafel 5, 1) mit 15maliger oder mit 10- und 20maliger Vergrößerung und einer Verfeinerung des Ausblicks gegen den Einblick um 500 mm, während diese beim alten S. F. nur 320 mm beträgt. Mit Rücksicht auf die widerstandsfähige und doch leichte Konstruktion wurde unter Verzicht auf die gestreckte Beobachtungslage der Arme das Gelenk in die Nähe des Ausblicks verlegt. Dadurch war es auch möglich, die beiden Einzelfernrohre von zwei Beobachtern gleichzeitig benutzen zu lassen. Halbscheren für einäugigen Gebrauch fanden vielfach Verwendung; ebenso wurden die Feldstecher durch Aufsetzen eines Spiegelvorsahrohrs (Tafel 5, 2) auf das eine Objektiv unter Erhöhung des Ausblicks um 360 mm für Grabenbeobachtung geeignet gemacht. Eine Art größeres Scherenfernrohr, bei dem die schwenkbaren Arme in jeder Lage für die Beobachtung benutzt werden können, ist das Hypostop (Tafel 5, 4), das beschränkte Verwendung fand. Man kann sich so bequem der Deckung anpassen, daß der Ausblick eben gerade darüber reicht. Das kleinere Modell ermöglicht Ausblickshöhen von 1,6 bis 3,2 m über dem Auge von der gestreckten bis zur erhobenen Lage der Arme. Von der gestreckten bis zur

nach unten gerichteten Verpackungslage der Arme kann zwar auch beobachtet werden, es hat dies aber für gedeckte Beobachtung nur selten, wie hinter Bäumen, Bedeutung. Das größere Modell hat Ausblickshöhen von 1,6 bis 3,8 m. Durch Aufstellung auf dem Beobachtungswagen kann man bei dem kleineren Modell bis zu einer Ausblickshöhe von 6,1 m über dem Boden kommen. Bei beiden Modellen können zwei Beobachter gleichzeitig einäugig beobachten. Jedes besitzt eine Einrichtung, um bei dem einen Rohr ein Linsensystem vorübergehend einzuschalten, das ein Übersichtsbild von ganz schwacher Vergrößerung und sehr großem Gesichtsfeld gewährt. Einrichtungen zum Messen der Seitenrichtungen und des Geländewinkels sind selbstverständlich vorhanden.

Um noch größere Ausblickshöhen bis zu 26 m auszunutzen, dient das Mastfernrohr (Tafel 5, 2), bei dem man sich auf einäugige Beobachtung beschränkt. Es wurde bei der Fußartillerie an Stelle der unsicheren Beobachtungsleiter und bei den höheren Stäben viel benutzt. Das Mastfernrohr ist auf einem eigens dafür hergerichteten Wagen aufgebaut. Beim Fahren wird der Mast in zusammengeschobenem Zustande umgelegt; beim Beobachten dient der Wagen als Untergestell für den ausgezogenen Mast, der nur bei starkem Wind noch durch Seile verankert wird. Da die Linsen erhebliche Durchmesser haben, sind sie neben dem Mast in einem beim Auschieben mitgenommenen Oberteile und einem festen Unterteile untergebracht. Die Ausblickshöhe kann von 9 bis 26 m über dem Erdboden gewählt werden; außerdem ist noch ein Sitz angebracht, um aus 4,5 m Höhe über dem Erdboden mit dem Scherenfernrohr beobachten zu können. Für die Seitenrichtungen wird der ganze Mast um seine Vertikalachse gedreht, für die Höhenrichtung ist am oberen Ende ein Rippspiegel angebracht, der durch ein ausziehbares Gestänge im Mast von unten betätigt wird.

Zur Beobachtung aus Unterständen diente das Feldferrohr, ebenfalls nur für einäugige Beobachtung. Durch Benutzung von Zwischenrohren stehen dabei mehrere verschiedene Beobachtungshöhen von 3,9 bis 6 m, vom Fuß des Beobachters gerechnet, zur Verfügung. Geeignetes Zubehör dient zum Einbau in einen Schacht und zum Einziehen und Auschieben aus diesem; für freie Aufstellung hinter Mauern und Wällen dient ein Dreibeingestell; endlich kann das Rohr auch in Bäumen oder Hochständen benutzt werden.

Daneben fanden noch stärker vergrößernde gewöhnliche Doppelfernrohre Verwendung, insbesondere ein Doppelfernrohr mit 12-, 20- und 40facher Vergrößerung und 80 mm Objektivdurchmesser und ein solches mit 33-, 52- und 72facher Vergrößerung und 110 mm (Tafel 5, 3) Objektivdurchmesser; das letztere ist gleichzeitig für einäugige Beobachtung von zwei Personen eingerichtet; dieselben Typen fanden auch als einfache Fernrohre für

einäugige Beobachtung Verwendung. Zur Abhaltung von störendem seitlichen Licht dienten namentlich beim Beobachten von Signalen Abflußbrillen, die lichtdicht in die Okularmuskeln passen.

### B. Richtmittel.

Das Richten über Kümme und Korn hat den Nachteil, daß Ziel, Korn und Kümme in verschiedenen Ebenen liegen und nicht gleichzeitig scharf gesehen werden können. Dieser Nachteil wird besonders von älteren Personen mit verringerter Akkommodation (Anpassung des Auges an das scharfe Sehen in verschiedener Entfernung) empfunden, beeinträchtigt aber auch bei anderen die Genauigkeit des Schießens. Daneben ließ der Grabenkrieg, bei dem man es mehr wie sonst mit kleinen Kopfzielen zu tun hat, eine Fernrohrvergrößerung erwünscht erscheinen. Bei dem Zielfernrohr wird das Ziel in der Ebene des Abkommens abgebildet, das Auge sieht daher beide gleichzeitig vollkommen scharf. Die Gewehrzielfernrohre waren Linsenzielfernrohre von 3- und 4facher Vergrößerung (Tafel 6, 1). Für die Maschinengewehre wurden in Deutschland Prismenfernrohre mit 2,2- und 2,5facher Vergrößerung, in Osterreich Linsenzielfernrohre von 2,9facher Vergrößerung (Tafel 5, 7) benutzt. Das Linsenzielfernrohr bietet hier den Vorteil, daß man mit dem Objektiv näher an den Schußschild herangehen und so die Durchblicköffnung im Schild kleiner halten kann. Die Schraube zur Verstellung des Abkommens mit Entfernungsteilung entspricht dem Kimmenschieber beim gewöhnlichen Visier. Zur Deckung des Schützen wurden am hinteren Ende des Gewehres vielfach Spiegelkolben benutzt. Bei dem Zielglas, das sich durch einfachere Bauart und Anbringung empfiehlt, ist die Kümme durch eine halbe Linse ersetzt, durch die das Auge das Korn gleichzeitig mit dem über die Linse anvisierten Ziel scharf sieht; ein dahinter gefestetes galileisches Fernrohr dient zur Vergrößerung des Ziels.

Bei den Geschützen finden bekanntlich vorwiegend die für indirektes Richten nach Hilfszielen geeigneten Rundblickfernrohre als Richtmittel Verwendung; der Richtkanonier ist dabei durch den Schußschild gedeckt. Das Bedürfnis nach Neuerungen zeigte sich nur bei den Flugabwehrkanonen (Flak). Als Richtmittel begnügte man sich zunächst vielfach mit dem einfachen Diopter, da die freie Übersicht für das Auffinden des Zieles von großem Vorteil ist; insbesondere wurde bei den Maschinengewehren ein Doppeltorn benutzt, das einen Anhalt für die Streugrenzen gab. Doch drängte die Verlegung der Fliegerbekämpfung auf immer größere Entfernung zur Einführung von Zielfernrohren. Hierfür eignen sich besonders Zielfernrohre (Tafel 6, 2), die man als auf die Seite gelegte Rundblickfernrohre ansehen kann. Bei ihnen wird mit der Objektivachse dem Ziel gefolgt.

während das Okular in unveränderter horizontaler Richtung stehen bleibt und so eine bequeme Kopfhaltung ermöglicht.

Sieht man beim Bombenabwurf vom Luftwiderstand ab, so fällt die Bombe in einer Parabel, da sie einerseits mit zunehmender Geschwindigkeit unter dem Einfluß der Erdanziehung fällt und andererseits sich mit der Geschwindigkeit des Flugzeuges weiterbewegt. Um ein Erdziel zu treffen, muß sie abgeworfen werden, wenn das Flugzeug um die Strecke, die es in der von der Flughöhe abhängigen Fallzeit zurücklegt, vor dem Punkt über dem Erdziel sich befindet. Die Visierlinie nach dem Ziel ist dann um den Vorhaltewinkel gegen die Vertikale geneigt, dessen Tangens gleich der Vorhaltstrecke dividiert durch die Flughöhe ist. Es kommt also auf die Flughöhe und Fluggeschwindigkeit an. Legt man zunächst eine bestimmte Flughöhe zugrunde und beobachtet, in welcher Zeit das Ziel selbst oder ein Hilfsziel eine bestimmte Strecke in einem senkrechten oder unter bestimmter Neigung abwärts gerichteten Fernrohr durchwandert, so gibt diese Meßzeit einen Anhalt dafür, wie groß die Fluggeschwindigkeit ist und um wieviel demgemäß vorgehalten werden muß. Man hält unter dem dieser Meßzeit entsprechenden Winkel vor, der unmittelbar an der Stoppuhr abgelesen wird, indem man abwirft, wenn die unter diesem Winkel gegen die Vertikale geneigte Visierlinie durch das Ziel geht. Die verschiedene Flughöhe wird berücksichtigt, indem man die Meßstrecke entsprechend der Flughöhe wählt, oder indem man den Vorhaltewinkel aus einer Tabelle entnimmt, die Flughöhe und Geschwindigkeit als Eingang besitzt. Um im schwankenden Flugzeug eine fest nach unten gerichtete Visierlinie zu schaffen, kann das Visier nach Libelle in der richtigen Lage gehalten werden, oder es geschieht dies selbsttätig durch ein Pendel oder einen Kreisel. Noch besser ist die Einrichtung der Focuslibelle oder des Focuspendels; bei letzterem pendelt die Visiermarke um das Objektiv eines Fernrohres als Zentrum, bei ersterem ist das Abschlußglas der Libelle nach einer Kugel mit dem Mittelpunkt im Objektiv geschliffen und die Libellenblase dient als Visiermarke; dadurch ist in beiden Fällen die Visierlinie immer senkrecht nach unten gerichtet. Auch bei den Abwurfsfernrohren wurde die Einrichtung zur fortlaufenden Anzeige der momentanen Geschwindigkeit benutzt. Es kann aber hier darauf so wenig eingegangen werden wie auf die Mittel, um die durch den Luftwiderstand bewirkte Rück- und Abtrift des Geschosses zu berücksichtigen. Um dem Flugzeugführer die Angaben für die zum genauen Überfliegen des Zieles zu steuernde Richtung zu übermitteln, wurden besondere Steueranzeiger mit elektrischer oder mechanischer (Bowdenzug) Übermittlung konstruiert. Beim Zielapparat (Tafel 5, a) wird das Fernrohr nach Libelle im Gesichtsfeld in der richtigen Lage gehalten und nach Stoppuhr beobachtet, wie

lange ein Ziel braucht, um vom Nullpunkt einer Leitung bis zu dem mit der in Betracht kommenden Flughöhe bezifferten Teilstrich zu wandern. Aus einer Tabelle entnimmt man den Vorhaltewinkel, für den eine zweite Leitung im Gesichtsfelde vorgesehen ist. Wenn das Ziel an dem mit dem Vorhaltewinkel bezifferten Teilstrich einsteht, wird abgeworfen.

Der Zielapparat (Tafel 6, 2) besitzt eine Focusslibelle. Mit dem seitlichen Knopf T kann ein Spiegel um das Objektivende gedreht und so die Visierlinie gegen das Lot verstellt werden. Die Verstellung wird sowohl außen am Triebknopf wie am Rand des Gesichtsfeldes abgelesen. Man beobachtet die Zeit, in der das Ziel von  $13^\circ$  bis  $15^\circ$  nach hinten wandert. In dem Balzentaften W wird die Flughöhe mit dem einen Knopf, die Stoppzeit mit dem anderen Knopf eingestellt, worauf die Fluggeschwindigkeit über Grund und der Vorhaltewinkel abgelesen werden kann. Dieser Winkel wird mit Knopf T eingestellt und die Bombe abgeworfen, wenn das Ziel auf Libelle einsteht.

### C. Kommandogeräte für Flakschießen.

Beim genauen Schießen auf ein bewegliches Ziel, wie es Flugzeuge und Ballons darstellen, muß aus der Bewegung des Zieles auf den Ort des Zieles für einen späteren Zeitpunkt geschlossen werden, da von dem Zeitpunkt, wo die Bewegung festgestellt wird, bis zum Zeitpunkt, wo das Geschöß zerpringt, das Ziel einen beträchtlichen Weg zurücklegt (vgl. auch Abschnitte III und VII). Kurs-, Geschwindigkeits- und Höhenänderungen des Zieles in dieser Zeit, der Vorbestimmungszeit, sind bisher in genauer Weise nicht berücksichtigt worden, da die Aufgabe der Vorausbestimmung des Ortes und der entsprechenden Kommandos ohnehin schon recht verwickelt ist, und die Annahme, daß die Flugzeugbahn dieselbe Krümmung und Neigung während dieser Zeit beibehält, keineswegs immer zutreffen wird; man kann ja nicht wissen, wie der Flieger während dieser Zeit umsteuern wird. Man nimmt daher gewöhnlich an, daß der Flieger während der Vorbestimmungszeit in der Richtung der Anfangstangente in der Bahn mit gleichbleibender Geschwindigkeit in der gleichen Höhe über dem Erdboden weiterfliegt. Es sind also für den Anfang der Vorbestimmungszeit gegeben: Seitenrichtung, Entfernung, Höhe, Geschwindigkeit und Flugrichtung. Die Vorbestimmungszeit setzt sich zusammen aus der Zeit, die für die Messung der Bewegung gebraucht wird, der Zeit der Kommandoermittlung und -abgabe, der Zeit für das Laden des Geschützes und der Flugzeit des Geschosses. Die Summe der ersten drei Größen mag als Verzugszeit bezeichnet werden. Um die Verzugszeit herabzudrücken, muß von dem Kommandoapparat verlangt werden, daß er die Kommandos möglichst rasch und bequem ab-

lesbar liefert und von der Geschützbedienung, daß sie gut eingeübt ist. Für die Verkürzung der Flugzeit ist hohe Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses erforderlich.

Bei dem für direktes Richten bestimmten Am. Peres (Tafel 6, 4) wird die Bewegung des Zieles während ein Drittel der Flugzeit beobachtet. Während ein Beobachter Anfang und Ende dieser Zeit nach einer Stoppuhr mit Teilung für Entfernung und Höhe, deren Angabe durch den Entfernungsmesser geliefert wird, ankündigt, stellt ein anderer fest, wie weit das Ziel auf einer Neßplatte mit horizontalen und vertikalen Linien auswandert, die in der Bildebene des Fernrohres angebracht ist, das bis zum Anfang der Stoppzeit auf den Flieger gerichtet gehalten wird. Da die Neßlinien mit dem dreifachen Betrag der Winkelwerte beziffert sind, sind die abgelesenen Zahlen die in der Flugzeit zurückgelegten Komponenten des Fliegerweges und gelten als Kommandos für Höhen- und Seitenvorhalt, um die das noch im Moment des Abfeuerns auf das Ziel gerichtete Geschüßvisier gegen das Geschüß zu verstellen ist.

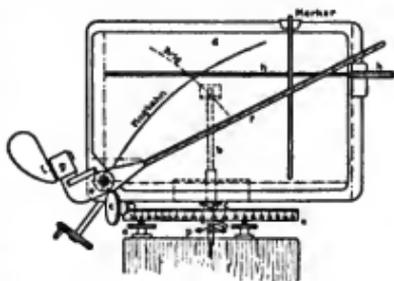
Um den Entfernungsvorhalt und demgemäß die Kommandos für Brennlänge des Zünders und Ausschub bestimmen zu können, dient die Kommandoscheibe. In dem Höhenvorhalt ist das Maß für die Annäherung des Fliegers enthalten; aus ihm und der Entfernung und Höhe des Zieles ergibt sich daher auch bei gleichbleibender Höhe der Entfernungsvorhalt. Zu dem Zweck sind auf der Scheibe Entfernung, Höhe und Höhenvorhalt einzustellen.

Der Am. Peres zeichnet sich durch einfache Konstruktion aus, der daher schnell in größeren Mengen beschafft werden konnte; bei der hohen Entwicklung der Flugtechnik während des Krieges zeigte sich aber später, daß er für Frontverhältnisse nicht rasch genug arbeitet. Diesen Nachteil sucht der Am. Schönian zu beseitigen. Die Geschwindigkeit, mit der sich das Flugzeug bewegt, hängt nicht nur von der Leistung des Motors ab, der ihm eine bestimmte Eigengeschwindigkeit erteilt, sondern es kommt noch darauf an, in welcher Richtung und Stärke der Wind weht. Wird das Flugzeug durch die Eigengeschwindigkeit in einer Sekunde um 40 m nach Norden bewegt und weht der Wind in der Stärke von 10 m in der Richtung nach Nordwesten, so erhält man die Bewegung des Flugzeuges unter gleichzeitiger Einwirkung beider, wenn man das Flugzeug zuerst um 40 m nach Norden von A nach B und dann um 10 m nach Nordwesten von B nach C sich bewegen läßt. Die Strecke A C stellt dann die Fluggeschwindigkeit des Flugzeuges nach Größe und Richtung dar. Man kann nun sowohl die Fluggeschwindigkeit aus der Eigen- und Windgeschwindigkeit ableiten, als auch umgekehrt aus der Flug- und Windgeschwindigkeit die Eigengeschwindigkeit. Die Eigengeschwindigkeit sieht man bei diesem Apparat als eine

für einen bestimmten Flugzeugtyp unveränderliche Größe an, indem man von der Geschwindigkeitsänderung durch Änderung der Flugneigung oder der Motorleistung absteht. Man bestimmt sie vor dem Schießen durch Messen der Flug- und Windgeschwindigkeit; letztere kann auch von einer Wetterwarte gemeldet werden. Am Kommandoapparat wird zu Beginn des Schießens die Eigengeschwindigkeit sowie die Windgeschwindigkeit und Richtung eingestellt, während des Schießens wird nur die Flugrichtung eingestellt, der Apparat bildet selbsttätig die Fluggeschwindigkeit. Daraus leitet er weiter in Verbindung mit der vom Entfernungsmesser gelieferten Flughöhe und mit dem beim Anvisieren eingestellten Geländewinkel die Kommandos ab. Dieser Apparat ist auch für indirektes Richten geeignet. Bei dieser Richtart sind Geschütz und Kommandoapparat für eine Grundrichtung gleich orientiert. Es wird Seitenrichtung, Gesamterhöhung und Brennlänge kommandiert. Die Schwierigkeit der Zielanweisung bei Fliegergeschwadern fällt hier weg.

Es ist auch die elektrische Übertragung der Seitenrichtung und Erhöhung vom Kommandoapparat auf das Geschütz versucht worden. Überhaupt sind wohl auf keinem Gebiet so viel Versuchsapparate in der Heimat wie in den Artilleriewerkstätten hinter der Front gebaut worden. Darunter befanden sich Kommandoapparate, bei denen die horizontale Projektion des Fliegerweges auf einer Tischplatte ausgezeichnet wurde, ferner solche, bei denen beim Verfolgen des Fliegers mit dem Richtfernrohr die momentane Fluggeschwindigkeit und Richtung fortlaufend angezeigt wurde. Ebenso wurde die Vereinigung des Entfernungsmessers mit dem Kommandoapparat versucht. Andere Einrichtungen betreffen die Berücksichtigung des Einflusses, den die Änderung des Luftgewichts auf die Treffpunktslage hat.

Es soll hier noch in groben Zügen die Jakobsche Kommandotafel (siehe nebenstehende Skizze) als Beispiel eines im Felde entstandenen Apparats beschrieben werden. Auf einem Untergestell befindet sich ein Seitenrichtkreis, über dem die Tafel d schwenkbar angebracht ist. Vor ihr ist parallel zu ihr das Visierfernrohr g mit Entfernungslinial f klippbar angebracht, mit dem so der Flieger angerichtet werden kann. Vor der Tafel kann ein horizontales Höhenlinial h auf und ab bewegt und ein Wertelinial quer entlang geschoben werden. Die Tafel stellt die Verhält-



Jakobsche Kommandotafel.

nisse in der Vertikalebene durch Flugzeug und Geschütz in verkleinertem Maßstabe dar und trägt Kurven für die Flugbahnen und die Brennlängen des Geschosses. Der Flieger wird dauernd angerichtet, dabei wird das Höhenlineal auf die gemeldete Entfernung am Entfernungslineal eingestellt, dann stellt die Bewegung des Schnittpunktes dieser Lineale die Annäherungsgeschwindigkeit (Änderungsgeschwindigkeit der Karten-Entfernung) des Fliegers dar. Die Zeit, die zum Zurücklegen eines bestimmten Stückes der Teilung auf dem Höhenlineal gebraucht wird, wird mit einer Stoppuhr festgesetzt und bildet ein Maß für die Annäherungsgeschwindigkeit; die Stoppuhr ist so geteilt, daß diese Geschwindigkeit unmittelbar abgelesen wird. Ein Zirkel ist so eingerichtet, daß der Spitzenabstand nach dieser Geschwindigkeit und der Geschößflugzeit, sowie der Verzugszeit gestellt werden kann, so daß er gleich dem vom Flieger in dieser Gesamtzeit zurückgelegten Annäherung ist; dabei ist die Geschößflugzeitteilung nach Brennlänge beziffert, da die Geschößflugzeit angenähert als nur abhängig von der Brennlänge angesehen werden kann. Mit diesem Zirkel wird auf der Tafel vom Schnittpunkt der Lineale aus der Treffpunkt abgegriffen und dort Brennlänge und Gesamtrohrerhöhung abgelesen. Für das Vorhalten nach Seite wird nach einer zweiten Stoppuhr während eines Bruchteils  $1/2,7$  der Geschößzeit ein Knopf niedergedrückt und dadurch ein Schleppzeiger beim Richten des Fernrohres mitgenommen, der um das 2,7fache voreilt und so die Ablesung der Seitenrichtung für den Treffpunkt gibt.

#### D. Entfernungsmesser.

Erst der modernen Technik ist es in langjähriger Arbeit und nach vielen kostspieligen Versuchen gelungen, einen brauchbaren Militär-Entfernungsmesser zu schaffen. Bei der Bedeutung dieses Geräts scheint es angebracht, auf das Wesen dieser Erfindung etwas näher einzugehen. Die Grundlagen der Entfernungsmessung sind im wesentlichen nicht andere, als beim Erkennen der Entfernungsunterschiede in unserer näheren Umgebung durch das beidäugige Sehen, das man auch mit Recht als stereostopisches (körperliches) Sehen bezeichnet. Die Art, wie man insbesondere mit dem stereostopischen Raumbild-Entfernungsmesser die Raumverhältnisse ermittelt, ist nichts anderes als eine Weiterbildung des körperlichen Sehens mit beiden Augen in dem Sinne, daß die Reichweite gesteigert wird und für die zahlenmäßige Feststellung gesorgt wird. Der körperliche Eindruck beim bewaffneten beidäugigen Sehen beruht darauf, daß jedes Auge ein Projektionsbild der äußeren Gegenstände mit ihm selbst als Projektionszentrum erhält und daß diese Bilder entsprechend der verschiedenen Lage der Augenzentren etwas verschieden sind. Zwei Punkte, die für das eine Auge sich in derselben Visierlinie befinden und daher in der Projektion an

derselben Stelle erscheinen, erscheinen für das andere Auge mehr oder weniger seitlich in der Projektion verfehlt, je nachdem der Entfernungswert dieser Punkte größer oder kleiner ist. Diese Auffassung findet ihren Beleg darin, daß die photographischen Aufnahmen von zwei verschiedenen Standpunkten, durch ein Stereoskop (Raumseher) betrachtet, einen körperlichen Eindruck derselben Art hervorbringen, wie man ihn im beidäugigen Sehen von körperlichen Gegenständen hat. Es ist nun verständlich, daß man um so feinere Entfernungswertunterschiede erkennt, je größer einerseits der Abstand der Objektive bei der Aufnahme ist, da ja der Entfernungswertunterschied sich um so weniger verkürzt, je mehr von der Seite gesehen wird, und andererseits in je größerem Maßstabe die Bilder den Augen geboten werden, da die für das Erkennen der Entfernungswertunterschiede entscheidenden perspektivischen Verschiedenheiten dabei größer gezeigt werden. Ebenso wird aber auch beim Sehen durch ein Doppelfernrohr das Erkennen der Tiefenunterschiede des Raumes gesteigert, je größer der Abstand der Ausblicks- (Objektiv-) Achsen (die Basis, Standlinie) ist, der durch Spiegelverfälschung auf das Vielfache des Augenabstandes gebracht werden kann, und je stärker das Fernrohr das Bild vergrößert.

An und für sich ist jedes derartige Doppelfernrohr mit genügend erweitertem Objektivaabstand, wie es z. B. das Scherenfernrohr ist, als Grundlage eines Entfernungsmessers (Em.) geeignet. Zweckmäßig sind jedoch die beiden Fernrohre in einem gemeinsamen Querrohr vereinigt, wobei für Anpassung des Okularabstandes an dem Augenabstand gesorgt ist. Es handelt sich nur darum, es mit einer Einrichtung zu versehen, um die Entfernung zahlenmäßig bestimmen zu können. Zu diesem Zweck sind in den Ebenen der beiden Fernrohre Skalen angebracht, die man sich dadurch entstanden denken kann, daß in der Landschaft auf einem zickzackförmigen, in die Tiefe führenden Weg in geeigneten runden Entfernungen Pfähle aufgestellt sind und wo diese in den Bildebenen abgebildet sind, Marken eingerissen werden; für das beidäugige Sehen bilden die Marken also einen Ersatz für die Distanzpfähle, und zwar können sie beim Nichten des Entfernungsmessers nach Höhe und Seite in der Landschaft unter Beibehaltung ihrer Entfernung herum bewegt werden, so daß es auf diese Weise keine Schwierigkeit mehr bereitet, die Ziele in der Landschaft der Entfernung nach zwischen die Distanzpfähle einzugliedern und so die Entfernung des Zieles nach den den Marken beige-schriebenen Zahlen auszudrücken, zu messen. Diese Art Raumbild-Entfernungsmesser bezeichnet man als solche mit fester Skala. Man kann sich aber auch mit je einer Marke in jeder Bildebene begnügen, von denen die eine gegen die andere quer verschieblich ist. Diese ruft den Eindruck hervor, als ob der Distanzpfahl sich in der Landschaft vor und zurück bewegte. Man dreht nun den Knopf, der zum

Verschieben der Marke dient, so lange, bis die räumlich gefundene Marke in derselben Entfernung erscheint wie das Ziel. Mit dem Knopf ist eine Anzeigevorrichtung verbunden, die für die verschiedenen Größen der Verschiebung statt dieser selbst unmittelbar die Entfernung anzeigt. Diese Art Entfernungsmesser bezeichnet man als solche mit Wandermarke.

Aus praktischen Gründen ersetzt man allerdings die Verschiebung der einen Marke durch Verschiebung des einen Bildes, da es nur auf die gegenseitige Lage von Bild und Marke zueinander ankommt. Durch die Bildverschiebung wird der Richtungsunterschied der Strahlenbüschel, die vom Ziel nach den Enden der Basis des Em. verlaufen, ausgeglichen. Ferner verwendet man, um den räumlichen Eindruck leichter hervorzubringen, statt der einzelnen Marken ein Markensystem, dessen einzelne Marken gegen die mittlere eigentliche Meßmarke etwas vor und zurück liegen.

Obwohl die Messung mit dem Raumbild-Entfernungsmesser den natürlichen Bedingungen des Sehens am meisten entspricht, haben doch die für einäugiges Sehen eingerichteten Entfernungsmesser größere Verbreitung gefunden. Augenfehler oder einseitige Ausbildung der Augen durch Mikrostropieren oder Monokeltragen machen viele Personen, namentlich des Offizierstandes, für die Messung ungeeignet. Auch hatte man vielfach Bedenken, ob in der Aufregung des Gefechtes nicht Störungen eintreten könnten; dieses hat sich allerdings nicht bestätigt. Der Raumbild-Em. ist gegenüber anderen Em. besonders vorteilhaft für Messung schnell beweglicher Ziele, wie Flugzeuge, und von Zielen mit unscharfer Begrenzung, wie Sprengwolken.

Bei den für einäugiges Sehen bestimmten Entfernungsmessern werden die von den Objektiven an den Enden der Basis gelieferten Bilder in einem Gesichtsfeld übereinander gezeigt, bei Entfernungsmessern für Land- und Luftziele ist das eine Bild umgekehrt und so über das andere gesetzt, als ob es an der Trennungslinie der beiden Teilbilder gespiegelt wäre, daher der Name Kehrbild-Entfernungsmesser. Eine Baumspitze, die an die Trennungslinie stößt, stößt auch in dem Kehrbild von der entgegengesetzten Seite dagegen. Es wird so genau erkannt, ob die beiden Spitzen ohne Seitenverfehlung übereinander stehen. Je nach der Entfernung des Zieles sind die Spitzen in verschiedenem Betrage gegeneinander verschoben, entsprechend der verschiedenen Perspektive von den Enden der Standlinie des Em. und die Verschiebung des einen Bildes bis zur genauen Übereinanderstellung gibt so ein Maß für die Entfernung, die wieder an einer Teilung unmittelbar abgelesen werden kann. Die Verschiebung wird hier wie auch beim Raumbild-Em. mit Wandermarke durch ein Glasteilpaar (Kompensator) bewirkt, das die Strahlen des einen Bildes in verschiedenem Betrage abzulenken vermag. Die beiden Keile können nämlich gegenein-

ander um die Achse des Lichtdurchtritts entgegengesetzt verdreht werden; in der einen Grenzstellung verstärken sich ihre Wirkungen, in der anderen schwächen sie sich, dazwischen erfolgt der Übergang von der kleinsten zur größten Ablenkung. Der Kompensator hat den Vorteil, daß mit verhältnismäßig groben Drehungen der Glasteile sehr geringe Ablenkungen der Strahlen mit Sicherheit genau in der gewünschten Größe erzeugt werden können.

Soll bei einem Entfernungsmesser von 1 m Basis bei 5000 m Entfernung auf 100 m genau gemessen werden, so handelt es sich um die Erkennung des Unterschiedes der Visierrichtungen von dem einen Ende A der Basis nach zwei Punkten C und D, die um 5000 und 5100 m von dem anderen Ende B der Basis in der gleichen Richtung entfernt liegen. Die Richtung BC weicht von AC um  $\frac{1}{5000} = 41,25''$  und die Richtung BD von AD um  $\frac{1}{5100} = 40,44''$ . Es muß also ein Unterschied von  $0,84''$  erkannt werden. Damit gewinnt man ein Verständnis dafür, welche Schwierigkeiten die Technik zu überwinden hatte, um den inneren Aufbau des Entfernungsmessers derart durchzubilden, daß kleinste Lagenveränderungen der Teile durch Erschütterung oder Durchbiegung infolge von ungleicher Erwärmung, namentlich durch Sonnenstrahlen, nicht die Anordnung der optischen Teile und damit den Gang der Lichtstrahlen störten. Das äußere Rohr trägt demgemäß nur die Endprismen. Diese sind in besonderer Art als sogenannte Penta(Fünfeck)prismen ausgestaltet, so daß Verdrehungen auf ihrer Grundfläche die Ablenkung der Lichtstrahlen gar nicht und Verkippungen sie nur wenig beeinflussen. Das Innenrohr mit den übrigen für die Justierung wichtigen Teilen ist in dem Außenrohr gegen mechanische und thermische Einflüsse geschützt kardanisich aufgehängt. Daneben muß die Erfahrung des Konstrukteurs und die Geschicklichkeit des Mechanikers ihr Bestes hergeben. Da man trotzdem nicht für längere Zeit die richtige Justierung (Anzeige) des Entfernungsmessers gewährleisten kann und die Prüfung nach Zielen in bekannter Entfernung nicht immer möglich ist, werden besondere Justiermittel vorgesehen. Die einfachste und bei richtigem Gebrauch unbedingt zuverlässige Justiereinrichtung ist die Justierlatte, die zwei Strichmarken im Abstand der Basis des Em. als Ersatz für ein unendlich entferntes Ziel trägt. Sie wird von einem Dreibein gestellt getragen und mit einem optischen Visier auf den Em. ausgerichtet. Man visiert dann mit dem Em. mit dem einen Objektiv die eine, mit dem anderen die andere Marke an und stellt sie durch Drehen der Berichtigungswalze genau übereinander. Vorbedingung ist natürlich, daß mit der Meßwalze auf Entfernungsanzeige  $\infty$  gestellt war.

Ferner muß die Höhenjustierung des Em. vorher berichtigt sein; darunter versteht man beim Rehrbild-Em., daß mit dem Heran-

treten eines Punktes in dem einen Teilbild auch derselbe Punkt im anderen Teilbild gleichzeitig an die Trennungslinie herantritt; beim Raumbild-Em., daß der gleiche Punkt in dem einen und dem anderen Bild mit zwei zusammengehörigen Markenbildern in gleicher Höhe steht. Die Genauigkeit der Entfernungsmessung wird um so kleiner, je weiter die Ziele entfernt sind. Der prozentische Fehler wächst in demselben Verhältnis wie die Entfernung, weil bei größerer Entfernung der Messung ein kleinerer Winkel zugrunde liegt, der bei der gleichbleibenden Ungenauigkeit der Winkelmessung prozentisch um so mehr verfälscht wird, je kleiner er entsprechend der größeren Entfernung ist. Der absolute Fehler muß also mit der Entfernung noch stärker, und zwar im Verhältnis des Quadrats der Entfernung wachsen, das heißt bei der zweifachen bzw. dreifachen Entfernung auf das vierfache bzw. neunsache. Ist der Entfernungsfehler bei 1000 m 10 m, so ist er bei 4000 m  $4 \times 4 \times 10 = 160$  m. Als Mittel, um die Genauigkeit der Entfernungsmessung zu erhöhen, kommen in der Hauptsache die Steigerung der Basis und der Fernrohrvergrößerung in Betracht. Da man aber mit einem militärischen Entfernungsmesser auch unter ungünstigen Meßverhältnissen arbeiten muß, (wie unruhiges, zitteriges Bild infolge ungleicher Erwärmung der Luft, unsicheres Wetter, Ziele mit verschwommener, undeutlicher Begrenzung) so ist der Steigerung der Vergrößerung eine Grenze gesetzt, und man ist in letzter Linie auf die Steigerung der Basis angewiesen, die wiederum das Gewicht und damit die Transportfähigkeit des Entfernungsmessers entscheidend beeinflusst.

Die Teilung, an der die Entfernung abgelesen wird, ist entweder am Rande des Gesichtsfeldes durch Projektion und Spiegelung dem Messer sichtbar gemacht (Innenablesung) oder außen für einen besonderen Ableser angebracht (Außenablesung). Letzteres empfiehlt sich dann, wenn der Messer kontrolliert werden soll oder aus mehreren Messungen das Mittel gebildet werden soll.

Der bei der Infanterie eingeführte Rehrbild-Entfernungsmesser hat eine Basis von 70 cm (Tafel 6, 5),  $11 \times$  Fernrohrvergrößerung und Meßbereich von 200 bis 10 000 m, er mißt unter günstigen Verhältnissen bei 4000 m noch auf 100 m genau. Das Gewicht ohne Behälter beträgt 5 kg. Es läßt sich daher noch gut freihändig messen, und zwar mit den Händen im Untergriff, am besten, wenn man die Ellenbogen aufstützen kann, sei es im Liegen auf die Erde oder sei es, wie besonders für Messung von Flugzeugen geeignet, im Sitzen auf die angezogenen Knie. Beim Em. sind vorspringende Teile nach Möglichkeit vermieden. Die Meßwalze c ist rechts vom Meßmann versenkt angebracht, die Entfernungsteilung erscheint in der Bildebene am Rande des Gesichtsfeldes. Die Walzen für Höhen-

und Entfernungsberichtigung liegen unter einem um das Rohr drehbaren Ring *f* verdeckt. Die Endpuffer *g* sichern gegen Stöße.

Für den Grabenkrieg und überhaupt für gedeckte Messung dient der Graben-Entfernungsmesser mit 50 cm Standlinie (Tafel 6, 9). Von dem Querrohr ist ein Rohr nach unten geführt und so der Einblick um 32 cm tiefer als der Ausblick gelegt. Die Fernrohrvergrößerung ist ebenfalls eine 11fache. Der Meßbereich erstreckt sich auf 150 bis 10 000 m, unter günstigen Verhältnissen erreicht man bei 4000 m noch eine Genauigkeit von 145 m. Er besitzt ebenfalls in der Nähe des Okulars 8 die Meßwalze 12 und die Höhenberichtigungswalze, etwas höher die Schraube 17 für Entfernungsberichtigung. Er läßt sich auf dem Gestell mit Schrauben 24 a und b horizontieren. Er kann mit Libelle 28 für Geländewinkelmessung eingerichtet werden und kann in Verbindung mit dem Artilleriemeßkreis auch für Messung der Seitenrichtung dienen.

Für die Flakbatterien war ein guter Entfernungsmesser unentbehrlich, sie waren vorwiegend mit dem Kehr bild-Entfernungsmesser von 1,25 m Standlinie (Tafel 6, 7) ausgerüstet. Dieser besitzt eine 18 × Fernrohrvergrößerung, einen Meßbereich von 600 bis 15 000 m und bei günstigen Verhältnissen eine Genauigkeit von 34,5 m bei 4000 m Entfernung, die allerdings bei so schnell beweglichen Zielen, wie den Flugzeugen, kaum erreicht wird. Das Okular a ist der bequemeren Kopfhaltung wegen um 60° gegen die Zielrichtung geneigt. Der Em. allein wiegt 15 kg. Da bei Kehr bild-Entfernungsmessern Spitzen an den Zielen sich besonders gut für die Messung eignen und diese bei Erdzielen gewöhnlich oben, bei Luftzielen unten liegen, ist ein Umschalter *f* angebracht, durch den nach Bedarf die oberen Spitzen an der unteren Trennungslinie oder die unteren Spitzen an der oberen Trennungslinie gegenübergestellt werden. Der Em. besitzt ferner Feintriebe für Höhenbewegung *g*, Meßwalze *h*, Höhenberichtigungswalze *k*, Entfernungsberichtigungswalze *l*, nebst Verfahrtring *m* für letztere beiden Walzen, Teilung für Entfernungsberichtigung *g*, Hebel für vorfschaltbares Farbglas, zwei Suchervisiere *d* und *e*, äußere Entfernungs- teilung *s*, neben der Innenablesung im Okular, die ihr Licht durch das Fenster *i* erhält. Am rechten Ende ist endlich ein Höhenmesser angebracht. Dieser besitzt ein Pendel mit roter und schwarzer Entfernungsteilung, das in Öl gedämpft vor einer Nektteilung schwingt, deren schwarze Linien die Höhen und deren rote Linien die Kartenentfernung des Zieles angeben, entsprechend der Abhängigkeit von der Entfernung, wie sie durch den Entfernungsmesser gemessen wird und dem Geländewinkel, nachdem sich das Pendel beim Anrichten des Zieles gegen das Nekt stellt.

Größere Genauigkeit entsprechend der größeren Standlinie erreicht man mit dem ähnlich eingerichteten Kehr bild-Em. von 2 m Standlinie (Tafel 6, 8);

noch weiter ist diese gesteigert bei dem zusammenklappbaren Raumbild-Em. von 4 m Standlinie (Tafel 6, a). Er besitzt  $19\times$  Vergrößerung und hat einen Meßbereich von 2000 bis 50 000 m, unter günstigen Verhältnissen eine Genauigkeit von 10 m bei 4000 m. Sein Gewicht allein beträgt 56 kg. Das Rohr besteht aus drei Teilen, die für die Verpackung und den Transport nebeneinander geflappt werden. Das Okular ist ebenfalls um  $60^\circ$  geneigt. Das Rohr trägt aufsteckbar ein Sucherfernrohr  $4\times$  Vergrößerung mit Hilfsvisier, ein Richtfernrohr mit  $6\times$  Vergrößerung für den Seitenrichtmann, ein Doppelfernrohr mit  $6\times$  Vergrößerung für den Schießleiter, ferner drei nachts selbstleuchtende Hilfsvisiere. Außerdem sind am Rohr angebracht: Meßwalze, Entfernungsteilung für Außenablesung, Berichtigungswalzen für Höhen und Entfernung unter dem Verschlussring und Teilung für Entfernungsberichtigung. Für Nachtmessungen ist eine von Elementen gespeiste elektrische Beleuchtung mit Verdunklungswiderstand für die Meßmarke und die Entfernungsteilung vorgesehen. Zwei Hebel dienen zum Vorschalten von Berichtigungsvisieren bei Justieren nach der Latte, da beim Raumbild-Em. dafür gefordert werden muß, daß die Markten auf der Latte in unendlicher Entfernung abgebildet werden, um gleichzeitig mit den Meßmarken im Em. scharf gesehen werden zu können. Der Höhenmesser besteht hier aus einer Trommel, die in einem kleinen Rohr über der Teilung liegt und sich entsprechend dem mit dem Em. eingestellten Geländewinkel um ihre Achse dreht, während ein Zeiger sich entsprechend der eingestellten Entfernung an ihr entlang bewegt und auf ihr unmittelbar Höhe und Kartenentfernung des Zieles anzeigt.

### E. Scheinwerfer und Signalgeräte.

Der AS-Scheinwerfer 25 (Tafel 7, 1) besitzt einen Glashohlspiegel mit Rückversilberung von 25 cm Durchmesser und 9 cm Brennweite. Die hintere Fläche ist eine Kugelfläche, während die vordere Fläche so von der Kugel abweichend bearbeitet ist, daß ein vom Brennpunkt des Spiegels ausgehendes Strahlenbüschel nach Reflexion am Spiegel als Parallelbüschel austritt, das Licht also auf engem Raum zusammengehalten wird. Eine Streuung findet ganz allgemein nur innerhalb des Raumwinkels statt, unter dem die Lichtquelle im Abstand der Brennweite des Spiegels erscheint. Je kleiner also die Lichtquelle und je größer die Brennweite, desto geringer die Streuung; die Brennweite wählt man allerdings mit Rücksicht auf gedrängten Bau gewöhnlich so kurz wie möglich. Die Lichtquelle wird durch Erhitzen eines Glühkörpers mit einer Acetylen-Sauerstoffflamme erzeugt. Das Acetylen wird aus Kalziumtarbid entwickelt, der Sauerstoff aus einem Chlorat enthaltenden Gemenge, dem sogenannten

festen Sauerstoff. Die Bedienung kann durchweg aus verdeckter Stellung erfolgen, darunter das Richten mit Lenkstange, das Öffnen des Gehäusedeckels und der Gasähne, das Anbrennen der Sparflamme; bei geschlossenem Deckel brennt nur diese Flamme. Der Brenner kann genau in den Brennpunkt des Spiegels eingestellt werden. Die Streuung kann von 3 bis 9° verändert werden. Bei mittleren Luftverhältnissen und geringster Streuung ist bis zu etwa 500 m Entfernung eine gute Befeuchtungswirkung zu erzielen. Beim elektrischen Glühlampenscheinwerfer (Tafel 7, 2) dient als Lichtquelle eine Glühlampe, die bei 12 Volt Spannung 6 Ampere Stromstärke verbraucht. Der hier verwendete Glasparabolspiegel hat bei 330 mm Durchmesser nur 62,5 mm Brennweite. Als Abschluß dient ein Streuglas zur gleichmäßigen Verteilung des Lichts innerhalb des Leuchtfeldes, ohne dieses zu vergrößern. Die Leuchtweite beträgt etwa 600 m bei 6° Seitenstreuung. Für größere Scheinwerfer verwendet man Parabolspiegel bis zu 2 m Durchmesser in Verbindung mit elektrischen Bogenlampen. Diese dienen namentlich zur Fliegerabwehr bei Nacht.

Das Spiegelsignalgerät (Tafel 7, 3) wurde ursprünglich mit Acetylen-Sauerstofflicht betrieben und hatte den gleichen Durchmesser wie der AS-Scheinwerfer 25. Auf dem Dreibeinstativ ist es mit einem Untergestell zum groben und feinen Richten in Seite und Höhe, entsprechenden Winkerteilungen sowie Libelle versehen. Ein 6× Prismensfernrohr an der Seite dient zum Einrichten. Die Parallelität des Lichtbündels mit dessen Wiserlinie kann durch einen einklappbaren Tripelprismenstreifen jederzeit geprüft werden, der die wertvolle Eigenschaft besitzt, daß er unabhängig von seinen Lagenänderungen das Licht immer parallel zum Eintritt mit entsprechender Versehung zurückwirft. Der Glühkörperhalter trägt zwei Glühkörper, um den zweiten einschalten zu können, falls der erste unbrauchbar geworden ist. Der Glühkörper läßt sich in Richtung der Spiegelachse zum genauen Einstellen in den Brennpunkt verschieben. Die Morseleuchte in der Nähe der Lichtquelle wird durch Drücken des Tasters in die Lichtgebestellung gedreht. Der Taster kann durch einen Niegel zum Geben von Dauersicht festgehalten werden. Beim Übergang zum elektrischen Glühlicht wurde der Strom zunächst von einer Batterie von Taschenelementen geliefert. Wegen des großen Gewichts und der Unbequemlichkeit des Ladens ging man bei dem großen Blinkgerät 16 (Tafel 7, 4) dazu über, den elektrischen Strom durch einen Tretnotor in Verbindung mit einem Dynamo zu erzeugen und verwendete einen Parabolspiegel von 250 mm Durchmesser. Die beiden Zugketten, die durch die Trittbretter heruntergezogen werden, greifen in zwei freilaufende Kränze ein. Beim Hochheben des Fußes wird der Kranz durch eine Uhrfeder zurückgeführt, und das zugehörige Trittbrett durch die Zugkette hochgezogen. Durch dreimalige

Kettenradüberetzung im Gesamtbetrage von 1 : 74,4 wird erreicht, daß bei 24 Doppelschwingungen (24maliges Senken eines jeden Trittbrettes in einer Minute) der Dynamo 2150 Drehungen macht und so einen Gleichstrom von 8,5 Volt Spannung und 2,5 Ampere Stromstärke erzeugt. Um das Durchbrennen bei zu schnellem Treten zu vermeiden, ist ein selbsttätiger Spannungsregler eingebaut. Der Treimotor hat ein Gesamtgewicht von 21,5 kg. Beim mittleren Blinkgerät mit 130 mm Spiegeldurchmesser diente ein Kurbeldynamo zur Stromerzeugung. Als leichtes Infanteriegerät wurde ein solches von 85 mm Spiegeldurchmesser mit 8 Elementen benutzt (Tafel 7, c).

Beim Luftverkehrs-Blinkgerät 17 (Tafel 7, e) begnügte man sich mit einem 130 mm großen Parabolspiegel von  $10^\circ$  Streuung. Als Lichtquelle dient eine elektrische Glühlampe von 12 Volt Spannung, 1,2 Ampere Stromverbrauch und 16 HK. Die 10 mm lange Glühfadenspirale liegt in der Achse. Die Glaskugelbirne ist zur Hälfte um den Sockel herum verspiegelt. Dem Gerät sind auch rote Glühlampen beigelegt, da z. B. in Schnee und leichtem Nebel die roten Zeichen besser lesbar sind. Als Gebevorrichtung dienen in der Rückwand des Gehäuses eingebaute Druckknöpfe. Ein federnder Hebel, der über einen der Drucktaster geschoben werden kann, dient als Dauerlichthebel. Zum Anrichten dient ein Doppelring- (Lyman) Visier. Eine Glaslinse in der Mitte des Visiers leuchtet auf, sobald die Glühlampe brennt. Zur Stromerzeugung dient ein Batteriefasten. Das Gerät kann auch von der Erde aus auf Stahlhelmen Verwendung finden, wobei das Halten weniger ermüdet.

#### F. Photographie.

Die Scherenfernrohr-Kamera (Tafel 7, r) ist für ein Plattenformat  $9 \times 12$  cm eingerichtet, als Objektiv dient eine Anastigmatlinse von 20 cm Brennweite. In Verbindung mit dem Scherenfernrohr  $10\times$  erhält man so eine Gesamtbrennweite von 2 m. Die größte relative Öffnung ist  $1/40$  bis  $1/50$ . Der Verschluss ist ein einfacher, hinter dem Objektiv wirkender Zeitverschluss. Wenn die Belichtungszeit es erlaubt, wird mit dunkelgelbem Filter photographiert; bei hellgelbem Filter genügt die halbe Belichtungsdauer. Ohne Filter mit Chrom-Isolarplatten wird die Belichtungsdauer nochmals  $5\times$  verkürzt. Die größte Schärfe erhält man mit dunkelgelbem Filter und Öffnung  $1/70$ . Als Sucher dient die andere Hälfte des Scherenfernrohrs, eventuell in Verbindung mit einem auf das Okular aufgesteckten Vorfahlspiegel. Ein feldmäßiger Gerätefahrent hält alles, was zum raschen und sauberen Entwickeln der Platten und zur Herstellung von Papierabzügen nötig ist, einschließlich einer zusammenklapp-

baren Dunkelkammer. Stereo-Aufnahmen werden meist nacheinander von den Endpunkten der Basis gemacht. Zu ihrer Betrachtung dient ein Stereoskop, das auch zur Vergleichung von nur zeitlich verschiedenen Bildern benutzt wird, um Veränderungen im Gelände festzustellen, die durch eine gewisse Unruhe im Bilde, eine Art Glanzerscheinung, auffallen. Einzelheiten werden mit einer großen Lupe abgesehen.

Schon vor dem Kriege war die Ausbildung der Ballonkammern für Aufnahmen vom Fesselballon aus gefördert worden. Dabei hatte sich die Notwendigkeit herausgestellt, von den anfänglichen Brennweiten von 30 cm zu größeren bis 120 cm überzugehen. Letztere hat dann auch im Kriege die Hauptrolle gespielt, da man mit Rücksicht auf die weittragenden Geschütze den Ballon immer weiter hinter die Front zurückziehen und die Erkundung auf immer größere Entfernungen ausdehnen mußte (Tafel 8, 2). Von dem Plattenformat  $16 \times 16$  ging man später zu dem Einheitsformat  $13 \times 18$  cm über, das auch für die Fliegerkammern eingeführt wurde. Die Fliegerkammer war zunächst mit einem sehr lichtstarken Objekt von 25 cm Brennweite und dem großen Öffnungsverhältnis  $1 : 3,5$  ausgerüstet, da man in geringen Höhen und vorwiegend früh und abends zur Zeit der geringsten Luftwirbel zu fliegen pflegte. Das Plattenformat war so nur  $9 \times 12$  cm. Sie wurde als Handkammer benutzt und der Schließverschluss mit Pistolenabzug bedient, der das eigenartige Aussehen und den davon abgeleiteten Namen Pistolen-Kammer bedingte (Tafel 8, 1). Die Kammer war zunächst mit Doppeltassette, später mit Wechseltassette ausgerüstet. Der Sucher bestand aus Klappvisier und Rahmen. Hinter dem Objektiv befindet sich ein Gelbglassfilter, der gegen eine farblose Glasscheibe ausgetauscht werden konnte. Als man dazu überging, die Beobachtungsfuge auch bei besserem Licht zu machen, ging man mit dem Öffnungsverhältnis auf  $1 : 4,5$  herunter und konnte nun das größere Einheitsplattenformat  $13 \times 18$  cm einführen. Als man durch die Abwehrmittel genötigt wurde, größere Beobachtungshöhen aufzusuchen, ging man hier von schrägen freihändigen Aufnahmen, mit denen man verzerrte, also nicht farntreue Aufnahmen des Geländes erhielt, zu senkrechten Aufnahmen mit im Flugzeug eingehängter und nur von der Hand gerichteter Kammer über. Die Brennweiten wurden daher auf 36 und 50 cm, ja sogar bis 70 cm erhöht, da für das Erkennen ebenso feiner Einzelheiten die Brennweiten in demselben Verhältnis vergrößert werden müssen, wie die Höhe, in der sich das Flugzeug bei der Aufnahme befindet. Von besonderer Bedeutung war auch die Reihenbildkammer, die es ermöglichte, die der Reihe nach überflogenen Geländestreifen in der richtigen Reihenfolge aneinander anschließend auf einem Film zu photographieren, der später zerschnitten

und dessen Teile genau einander angepaßt wurden. Das Öffnen und Schließen des Verschlusses und das Weiterschalten des Filmes für eine neue Aufnahme wird hier selbsttätig von einer Auslösevorrichtung besorgt, die mit dem Motor des Flugzeuges gekuppelt ist und entsprechend der Flughöhe eingestellt werden kann, da ja der auf das Filmstück aufgenommene Geländestreifen um so größer ist, je höher das Flugzeug sich über dem Boden befindet. Der Filmstreifen für eine Aufnahme war zunächst  $6 \times 25$  cm groß bei der Verwendung eines Objektivs  $f = 25$  cm, mit dem Öffnungsverhältnis  $1 : 4,5$ . Später ging man zu 50 cm Brennweite bei  $1 : 5$  Vergrößerungsverhältnis und Filmgröße  $8 \times 50$  cm über; daneben wurde auch für diese Brennweite Wechseltasche mit Platte  $13 \times 18$  cm gebraucht. Noch größeres Gesichtsfeld und damit verringerte Arbeit des Aneinanderpassens der einzelnen Bilder bot die Reihenbildkammer  $24 \times 30$  cm mit dem gleichen Objektiv mit Doppeltasche  $24 \times 30$  cm. Diese wurde in einer besonderen Ausführung sowohl für selbsttätige Aufnahme mit Motorantrieb und Rolltasche, und auch für Aufnahmen von Hand mit Doppeltasche eingerichtet. Für die Aufhängung trugen die Kammern zwei radartige Ansätze, die mit radial angeordneten Federn in an der Flugzeugwand befestigten Gabeln ruhten. Die Neigung der Kammern wurde durch einen parallel der Seitenwand pendelnden Gradbogen aus Glas gegenüber einem Index angezeigt und durch eine Hilfslinse mit photographiert, ebenso war für die Messung der Verkantung eine parallel zur Platte pendelnde Gradscheibe aus Glas mit photographischer Hilfslinse angeordnet. Die Aufnahmen geben das Gelände nur richtig wieder, wenn die Objektivachse senkrecht nach unten gerichtet ist; im anderen Falle tritt in der Richtung, in der die Objektivachse gekippt ist, eine Verkürzung und damit eine Verzerrung des Bildes ein. Zur Entzerrung durch Umphotographieren wurden besondere Apparate konstruiert. Bei Aufnahmen, die schräg nach vorn von Hand gemacht waren und wo die Verzerrung sehr stark ist, wurden alte und neue Platten in solchen Neigungen und Abständen von dem zum Umphotographieren dienenden Objektiv aufgestellt, daß ein durchweg scharfes Bild auf der Zielpatte entsteht. Bei senkrecht nach unten gemachten Aufnahmen wurde das Bild der Platte durch ein Objektiv zunächst auf einem Schirm entworfen, der zur Objektivachse so geneigt war, wie die Erdoberfläche zur Ausnahmehachse. Dann wurde dieses Bild durch ein Objektiv mit Objektivachse senkrecht zum Schirm aufgenommen.

Für die Fernkamera zu Vermessungen von festem Standort wurde ebenfalls das Plattenformat  $13 \times 18$  cm gewählt, das Objektiv hatte 3 m Brennweite und  $1/50$  relative Öffnung. Um die Länge der Kamera auf  $1\frac{1}{2}$  m zu verkürzen, wurde ein Teß-Objektiv genommen, dessen Vorder-

glied zum Einstellen für verschiedene Entfernungen verschiebbar ist. Es ist mit einem Zeitverschluss und Gelbfilter ausgerüstet. Zum Richten der Kamera dient ein Sucherfernrohr von  $4\times$  Vergrößerung.

Die Abbildungen 8, 3, 4, 5 zeigen (stark verkleinert) eine Aufnahme mit Scherenfernrohr-(Schützengraben-)Kamera aus 5,5 km Entfernung, eine Fliegeraufnahme mit Reihenbild-Kamera aus 6300 m und eine Fliegeraufnahme mit Einzelbild-Kamera aus 5100 m Höhe.

## VI. Pionier- und Ingenieurkampfmittel.

Von Oberstleutnant F ü h l e i n.

### a. Die militärischen Grundlagen.

Die Pioniertechnik richtet den Boden des Feld- oder unvorbereiteten Kriegsschauplatzes für den Kampf zu, die Ingenieurtechnik den des Festungs- oder vorbereiteten Kriegsschauplatzes; im Stellungskrieg greifen sie untrennbar ineinander über. Sie stehen in Wechselwirkung mit der feindlichen Waffenwirkung und Pioniertechnik. Gegen jene sollen sie Deckung schaffen, gegen diese das eigne Vordringen, d. h. den Nahkampf, unterstützen. Je stärker die Waffenwirkung, desto stärker die Deckung, desto stärker auch die Nahkampfmittel. Die Deckungsmittel sind aber der Lage und Stärke nach starr, die Mittel der Waffentechnik beweglich; jene sind beschränkt, diese frei in der Übertragung der Heimattechnik an die Front. Daher sind die Deckungsmittel der sprunghaft schnellen Entwicklung der Waffentechnik nur nach und nach gefolgt; die Nahkampfmittel dagegen machten sie gleichschnell mit.

Die Entwicklung der Pioniertechnik war auf den Kriegsschauplätzen verschieden je nach den eingesehten Kräften, Mitteln und Hilfsquellen, nach Gelände und Zeit der Kämpfe.

Während die Pioniertechnik in den feindlichen Heeren bei allen Waffen aus Überlieferung oder infolge neuerer Kampferfahrungen gepflegt wurde, bestand in der deutschen Wehrmacht vor dem Weltkriege eine allgemeine Abneigung gegen den „Spaten“, d. h. die technischen Kampfmittel, aus Sorge, daß der Angriffsgeist durch sie erstickt werden könnte. Man überließ im Frieden und zunächst auch im Kriege beim *A u s m a r s c h*, *S o r m a r s c h* und *R ü c z u g* dem Pionier alle technische Betätigung. Handgranate und Minenwerfer traten zunächst als neue Kampfmittel der Pioniere hinzu.

Nachdem der Bewegungskrieg zum Stehen gekommen war, kammerten sich beide Gegner mit allen Mitteln der Technik an den Boden. Die Waffen des Feldkrieges versagten gegenüber der Feldebefestigung; ihrer Verstärkung begegnete man durch stärkeren Ausbau. Der Kampf wurde zum **Stellungskrieg**; aus der Feldebefestigung entwickelte sich die behelfsmäßige Festung vom Meer bis zu den Alpen. Handgranate, Minenwerfer, Gas, Nebel und Flammenwerfer gesellten sich den alten Waffen und gestalteten, im Verein mit der sich steigenden Waffenwirkung, Abwehr und Angriff um.

Der feldmäßige **Kampfsgraben** wurde für ständigen Aufenthalt und gegen die Dauerwirkung der Waffen und des Wetters ausgebaut. Die Beleuchtung des Vorfelds wurde vermehrt, die Hindernisse wuchsen zu gewaltigen Drahtseibern; Stände für neue Abwehrwaffen und immer stärker, größer und zahlreicher werdende Unterstände änderten das Grabenbild. Die Verwendung von Handgranate und Drahtschere als neuer, von Sandfackel und Sappe als alter Kampfmittel wurde hoch entwickelt.

Wo die Annäherung über Tage nicht mehr möglich war, ging man in die Erde; der **Minenkrieg** wurde von den unteren Befehlsstellen ausgenommen in selbständigem Entschluß, um taktisch wichtige Stellungsstücke zu zerstören. Die ersten großen Erfolge durch Überraschung ermutigten zur Fortsetzung und zwangen zu Gegenmaßnahmen. Beim Begegnen unter der Erde war der angreifende und untersuchende Teil taktisch und technisch im Vorteil. Obwohl das Tiefergehen ein wachsendes Mehr von Menschen, Arbeit und Baustoffen verlangte, entwickelten sich ganze unterirdische Stellungen mit mehreren Treppen über und hinter einander; unter schwerster körperlicher Anstrengung wurde technisch schwierige Bergmannsarbeit vollbracht, mit anderem Ziel — der Vernichtung des Feindes — und unter ungünstigeren Verhältnissen als im Frieden — im Kampf mit Wasser, Erde, Luft, Feuer und Menschen. — Oft schienen die Erfolge nicht im Verhältnis zu den Mühen und Opfern zu stehen; wurde deshalb der durch Eintönigkeit und Begleiterscheinungen nervenzerrüttende Minenkrieg in seiner Schwere auch vielfach nicht genügend bewertet, so war er doch wichtig für die örtliche Kampfscheidung, solange beide Gegner die Kampflinien starr festhielten.

Als mit zunehmender Waffenwirkung die Streitkräfte nach der Tiefe gestaffelt wurden, entstand die **Stellung in mehreren Linien**. Die Abwehr forderte vermehrte Deckung, der Angriff vermehrte technische Kampfmittel.

Der durch Flieger, Punktschießen, Bernebeln, Bergasen, Trommelfeuer, Feuerwalze und Tankgeschwader verstärkte Angriff erzeugte die **Zonenbefestigung** und deren elastische Verteidigung. Unter

Verzicht auf weites Schußfeld wurde die Kampfstellung als Hinterhangstellung der Sicht von der Erde aus entzogen. Hinter dünnsten Schützenzeilern mit leichten Maschinengewehren, in Trichtern, Stollenlöchern und übriggebliebenen Unterständen wurden Maschinengewehrneister, schußsichere Unterstände, Tankgeschütze, Beobachtungs- und Befehlsstände im Gelände angelegt. An Stelle durchlaufender Gräben bildete die Hauptwiderstandslinie daher ein selbst für den eigenen Flieger nur an Tüchern und Flammzeichen erkennbares Netz von Trichtern und Unterständen, ein braunes Meer, wo Deckung gegen Sicht die beste Deckung gegen Feuer bedeutete. Einfachste Mittel schufen notdürftigen Splitter- und Wettereschuß, einfachste Drähte ergänzten das natürliche Hindernis des schlammigen, stadtichten Erdbreis. Auf die vorderste Kampfzone von 1 bis 2 km Tiefe folgten ähnliche Zonen mit Tankfallen und stärkeren Hindernissen in mehreren Reihen nebeneinander längs und schräg durch die Stellung, mit breiten Erdgräben und starken Unterständen, als Artillerieschuß-, 2., 3. und rückwärtige Stellungen, untereinander verbunden durch Riegelstellungen. Technische Kampfmittel trugen, im Zusammenwirken mit Fliegern, Tankgeschützen und Artillerie, den sofortigen Gegenstoß der Stoßtruppe, den vorbereiteten Gegenangriff der Sturmtruppe und Unterstützungstruppen über Hindernisse und Trichterfeld vor.

Die festungsartig ausgebauten Stellungen waren nur durch den aufsorgfältigste taktisch und technisch vorbereiteten Großangriff zu durchbrechen. Für die überwältigende Masse von Angriffstruppen und Waffen, Kolonnen, Munition und Baustoffen wurden in monatelanger unauffälliger Arbeit im vielfach kahlgewüstelten Kampfgebiete Unterkunft, Fliegerdeckung, Wasserversorgung und Wege geschaffen; in vorderster Linie gedeckt gestapelt Geräte und Baustoffe für das Überwinden des Kampf- und hintergeländes sowie Vorräte für die Nahkampfmittelkolonnen bereitgelegt. Nach Feuervorbereitung wurde mit technischen Mitteln aller noch gebliebene tote und lebendige Widerstand gebrochen.

Die im Weltkrieg umkämpften Festungen waren meist veraltet, zum Teil Werke mit hohem Aufzug und verstärkten Betonbauten, zum Teil reine Panzerfestungen. Unter dem Druck der moralischen Wirkung des schwersten Steilschusses sprengte und räumte die Besatzung teils freiwillig die Werke, größtenteils übergab sie sich der in kühnem Handstreich mit Sprengladung und Art vorbrechenden Sturmtruppe. In zähem Stellungskrieg verteidigte Festungen aber hielten sich mit Erfolg, gestützt auf ständige Werke und tief gegliederte technische Mittel.

Die auf den Sonderkriegsschauplätzen durch Klima, Geländebeschaffenheit, Unerforschlichkeit und Entfernung hervorgerufenen Schwierigkeiten stellten letzten Endes überall Nachschubfragen, die vor

den Kampfaufgaben zu lösen waren. Die Pioniertechnik im Kampf beschränkte sich daher dort meist auf einfachsten Stellungsbau.

Die deutschen Infanterie-Divisionen hatten 1 (Feld-) Pionierbataillon zu 3 (seit 1917 2) Kompagnien nebst einem Scheinwerferzug, später aufgestellte nur eine Kompagnie. Außerdem wurden 7 (Festungs-) Pionierregimenter mit je einem Belagerungstrain mobil, die bald Feldbataillone wurden. Alle technischen Hauptdienstzweige der Pioniere entwickelten sich fort auf der Friedensgrundlage, aber als Kampfmittel nicht mehr allein der Pioniere, sondern aller Waffen. Die Zahl der Pioniere, d. h. der ausgebildeten Kampftechniker, reichte besonders seit Beginn des Stellungskrieges bei weitem nicht aus. Der Stellungskampf zwang alle Waffengattungen zum Lösen von pioniertechnischen Aufgaben. Die Tätigkeit des Berufspioniers wuchs dafür über das Friedensmäßige weit hinaus; anfangs noch Vorarbeiter der anderen Waffen, führte er schließlich nur technisch schwierige Arbeiten, namentlich im feindlichen Feuer, aus: Fußübergänge, größere Brücken und Unterstände, Hindernisse, Minenkrieg, Hilfsfähigkeit beim Angriff, rückwärtige Stellungen, — und besorgte den Nachschub der technischen Mittel.

Für die neuen technischen Kampfmittel wurden, zum Teil schon 1914, in schneller Folge und großer Zahl, Sonderpioniere aufgestellt: Gas-, Flammen-, Minen- und Scheinwerfertruppen; Flüssigluft-, Bohrmaschinen-, Starkstromkompagnien, Unterwasserschneidetrupps. Für den Minenkrieg wurden nach Bedarf aus Berg- und Fachleuten der Truppe, später, als die Bergleute für die Heimat herausgezogen wurden, auch aus Ungeübten, Pionier-(Mineur-)Kompagnien errichtet und durch den Kampf selbst ausgebildet.

Allmählich wurde die pioniertechnische Fortbildung aller Waffen mangelhafter, oberflächlicher und einseitiger aus Mangel an Zeit, Ruhe und Kenntnissen, sowie durch die Verschlechterung des Erfases. Aus dieser Not heraus entstanden Sturmbataillone, Sturmtrupps und Stoßtrupps. Zusammengesetzt aus beherzten, jungen, gefunden Leuten unter jugendfrischen tatkräftigen Führern, eigneten sie sich in kurzer Zeit die militärischen und technischen Fertigkeiten an, um alle Hindernisse zu überwinden und allen nervenerschütternden Einflüssen zu trotzen. Als Träger der Hauptnahkampfwaffen stellten sie die angewandte Pioniertechnik im Angriff dar. Was der Sturmtrupp gegen Ende des Krieges leistete, war zu Kriegsbeginn Aufgabe des geschulten Pioniers. Das erste Sturmbataillon, das sich einen Namen machte, war ein Pionierbataillon.

Technische Hilfstroppe im Kriege waren Armierungsbataillone und Straßenbaukompagnien. Sie leisteten Tüchtiges unter militärisch brauchbaren und technisch sachkundigen Offi-

zieren; ohne Zucht und guten Geist wurden sie zum Hemmschuh und zur Gefahr. — Das gleiche gilt für Zivilarbeiter, die verwendet wurden beim Bau von Straßen und rückwärtigen Stellungen.

Die höheren Kommandobehörden wurden technisch beraten von Generalen und Stabsoffizieren der Pioniere; besondere Bauübungen schufen rückwärtige Stellungen.

Die Ausbildung der Pioniere im Gebrauch ihrer Kampfmittel war gut; die neuen technischen Kampfmittel wußten sie schnell vortrefflich zu verwenden. Ihre Kampfätigkeit war in jeglicher Lage hervorragend — ihre Zahl genügte weder zu Beginn, noch zum Schluß des Krieges.

## b. Die technische Ausführung.

Allgemeines. Kennzeichnend für den Weltkrieg ist ein allmähliches ungeheures Anhäufen der pioniertechnischen Kampfmittel im Stellungskrieg nach Masse, Stärke und Wucht, entsprechend der Steigerung der Waffenwirkung, und die Rückkehr zu den einfachsten technischen Kampfmitteln, sobald der starre Stellungskampf in die bewegliche Stellungsschlacht übergeht.

Des Raumes wegen bringe ich nur, was im Weltkrieg neu oder verändert erscheint.

Ausrüstung der Truppen. Die Friedensausrüstung der Truppen mit technischen Kampfmitteln ist bekannt. Die tragbare Ausrüstung des Pioniers neben dem Infanteriegepäck war zu schwer; nach anstrengendem Marsch wurden trotzdem noch technische Leistungen gefordert. Erkundungs- und Tornisterwagen erwiesen sich als unumgänglich nötig, anderseits die Sturmausrüstung (jeder Mann 2 Sandsäcke mit je 4 bis 5 Stiel-, dazwischen Eierhandgranaten, Drahtschere, 1 Stück Schanzzeug; verteilt Spreng- und kleines Baugerät) als zweckmäßige Marschausrüstung.

Pionierkolonnen fehlten; sie wurden in den Nahkampfmittelkolonnen als notwendiges Hilfsmittel geschaffen.

Die erste Ausrüstung genügte allenfalls für den Bewegungskrieg, aber nicht für den Stellungskrieg. Da die Heimat die plötzlich einsetzenden Anforderungen zunächst nicht befriedigen konnte, weil sie auf Massenfertigung so vielen und verschiedenen Kriegsbedarfs nicht vorbereitet war, half sich die Truppe selbst durch Ausnützen von pioniertechnischen Mitteln des Kriegsschauplatzes. Dieser mußte hergeben, was irgend technisch verwendbar war; für viele technische Dinge blieb die Front dauernd auf Selbsthilfe angewiesen.

### Kampfmittel der Pioniertechnik im einzelnen.

#### Erkundungsmittel.

Der Kompaß mit selbstleuchtender Nadel und der Sternhimmel wurden als Richtungsmittel in Dunkelheit und Trichterfeld fast jedem Manne geläufig, Grabenspiegel und Prismen- oder Armeebewachungsfernrohr im Graben unentbehrlich.

#### Dekungsmittel.

Dekung gegen Sicht. Die Wirkung der heutigen Waffen beruhte größtenteils auf der gegen früher vermehrten Beobachtung. Dekung gegen Sicht ging deshalb der Dekung gegen Feuer vor. Der Kämpfer lauschte der Natur die Kunst ab, sich der Umgebung in Farbe und Form anzupassen und dadurch schwer erkennbar zu machen gegen Sicht von der Erde, wie später besonders gegen Sicht aus der Luft.

Feldgrau und nachher Feldbunt, Schneehemd, Zeltbahn und Zweige machten Kämpfer und Kriegsgerät, die Egge festgetretene leuchtende Pfade in der Farbe dem Gelände gleich. Natürliche Masten aus Gebüsch, Bäumen und Häusertrümmern, künstliche Masten aus Draht- oder Stoffgeflechten und Zweigen, endlich künstliche Nebel verbargen Menschen, Kriegsgerät, Stellungen, Verkehr und Arbeit. Alle Bauten wurden dem umliegenden Gelände angepaßt oder unregelmäßig in der Geländebedekung verteilt. Man lernte Gräben, Bauten und Hindernisse so anlegen, daß sie sich auf dem Fliegerbilde nicht abhoben. Nichts zeigt so gut, wie vielseitig und vor allem wie veränderungsfähig die Pioniertechnik war, als dieser eine Zweig, die Dekung gegen Sicht, die Kunst der Anpassung an das Gelände.

Trüßwaffen. Der Stellungskrieg schaltete die Bedenken wegen des Gewichts schußsicherer Panzer aus; empfindliche Verluste, namentlich durch Kopfschüsse aus Fernrohrbüchsen, zwangen zur Verwendung. Der deutsche Stahlhelm, praktisch und künstlerisch schön aus vergütetem Chromnickelstahl (Festigkeit 180 bis 200 kg/qmm) hergestellt, schuf vollen Schutz gegen Splitter und Infanteriegeschosse. Brustpanzer, Radenschuß, Schulter- und Herzplatte, Kriech- Geh- und Gruppenschilder waren zu schwer und boten nur ungenügenden Schutz.

#### Stellungsbau.

Der Stellungsbau mußte der Kampflage, dem Gelände und dem zu erwartenden Feuer Rechnung tragen. Daher wirkte die Steigerung des Feuers nach Menge, Gewicht und Sprengpunktslage forgesetzt umwälzend. Was bei Beginn des Stellungskriegs schützte, genügte später nicht mehr gegen schwerstes Flach- und Steilfeuer; was anfangs deckte, weil es der

Sicht von der Erde entzogen war, tat es nicht mehr bei gesteigerter Beobachtung aus der Luft. Schließlich war keine Stellung mehr verteidigungsfähig zu halten, man mußte sich mit einfachsten Mitteln im zerwühlten Gelände einrichten.

**B a u s t o f f e.** Neben den natürlichen Baustoffen (Erde, Stein und Holz) verwandte der Stellungsbau ungeheure Massen künstlicher Baustoffe. **E i s e n** in allen Formen wurde benutzt für Bekleidung und Deckung, namentlich aber für Eisenbeton und in unermesslichen Mengen als blanker und Stacheldraht für Hindernisse. Der **P a n z e r**, bisher nur am Geschütz bekannt, erschien plötzlich in unzähligen Formen in der Stellung: am meisten als flacher, gewölbter oder zusammenlegbarer Grabenschild aus 9 mm-Nickelstahl; anfangs viel als Postenhaube und Scharte mit doppelter Blechwandung und Kies- oder Betonfüllung; als 20 bis 40 mm starke Eisenplatte über Beobachtungsschächten oder in ganzen Posten- und Unterständen; als 200 mm starke Beobachtungstuppel in rückwärtigen Stellungen. In den schweren Abwehrschlachten erhielt sich von alledem nur der flache Stahlschild.

**B e t o n** wurde, weil anpassungsfähig und überall leicht herzustellen, schließlich Hauptdeckungsmittel, vor allem als Eisen- (oder im Notfall Schiffs-) Beton. Um an Arbeit am Feinde zu sparen, wurden gelöchte Betonsteine, besser mit als ohne Drahteinlage, verwendet, der glatte Bierkant bewährte sich weniger als der Falzstein. Für Senkschächte wurden Betonsteine mit Ringsalzen und Eisenringen benutzt.

Die Hauptschwierigkeit beim Stellungsbau war das Heranschaffen der Baustoffe. Beförderungsmittel, Kräfte und feindliches Feuer mußten bedacht werden.

Was für Mengen an Baustoffen zu bewältigen waren, ergibt eine Zusammenstellung des Bedarfs nur für Unterstände in einer rückwärtigen Stellung — die Zonenbefestigung hatte aber stets mehrere solcher Stellungen hintereinander. Für eine Division von 10 km Frontbreite waren vorgesehen: betoniert 72 Unterschupfe, 12 M.-B.-Stände, 45 Artilleriebeobachtungsstände (mit 8 Tankgeschützen) zu je 100 cbm, 54 Unterstände zu 200 cbm, 6 Befehlsstellen zu 150 cbm, 100 Stollendecken zu 25 cbm; miniert 54 Unterstände zu 100 cbm, 6 Befehlsstellen zu 150 cbm Bodenbewegung: d. h. rund 31 000 cbm Eisenbeton oder 75 000 t Schotter und Kies, 12 000 t Zement, 3000 t Eisen und 6300 cbm Bodenbewegung. Erforderlich waren dafür — nur für eine Division und eine Stellung — 9300 Eisenbahnwagen und 3000 Arbeiter, von denen nur 2200 am Bau selbst schafften, mit 1 100 000 Arbeitsstunden.

**W a h l d e r S t e l l u n g.** Im Kampfe entstandene Stellungen wurden meist nur durch taktische, selten durch technische Gesichtspunkte be-

stimmt, so daß sie oft technisch ungünstig lagen, der Sicht und dem Feuer ausgesetzt und in ungünstigem Boden. Später wurde die Deckung gegen Sicht und Feuer wichtiger als Schußfeld, so daß man auf den Hinterhang ging und in Boden, wo die Bedingungen für Erdarbeit und Abwässerung günstiger waren; neben dem Taktiker sprachen jetzt Techniker und Geologe mit bei der Auswahl der Stellung.

**Umgeleände.** Anfangs erstrebte man wegen der eigenen Waffenwirkung Freimachen des Vorfeldes; nach und nach wurde es wichtiger, Deckung gegen Sicht zu behalten, dem Gegner aber gute Zielpunkte im Gelände zu nehmen. Von Scheinanlagen wurde viel Gebrauch gemacht.

**Der Graben.** Die technische Ausführung der Anlagen richtete sich nach der taktischen Lage, unter möglichster Deckung gegen feindliche Sicht und Feuerwirkung. Zur Annäherung an den Feind wurde im Anfang des Stellungskriegs die völlige Sappe benützt, oft ganz mit Brettern und Erde eingedeckt (russische Sappe). — In rückwärtigen Stellungen wendete man — wir zu spät für wirklichen Nutzen, die Franzosen schon seit 1914 — zur Arbeits- und Zeitersparnis Schützengrabenbagger (Greif-, Vöffelbagger, Grabmaschine mit und ohne Böschungsschneider) an; sie wurden für den Großangriff zu — sich nicht bewährenden — Schleppmaschinen umgebaut.

Der Graben, zuerst in langer Linie sich dem Gelände anschmiegend, mußte bald unregelmäßig geführt werden in wellen-, säge- oder zinnenförmigen Schlägen. Anfangs eng und tief, wurde er bald durch Feuer ungangbar und deshalb nach und nach breiter gemacht. Rückwärtige Stellungen stellte man schließlich nur noch muldenförmig her wegen des Erkennens durch Flieger.

Die Tiefe des Grabens hing ab von den Bodenverhältnissen. Bei hohem Grundwasser wurden die Grabenwände auf den gewachsenen Boden aufgesetzt, in moorigem Gelände sogar die ganze Stellung auf Pfahlrosten betoniert. Solche Wehren mit Erde davor hielten gut, dünne Erdwälle weniger.

**Bekleidung.** Die steilen Böschungen der Grabenwände wurden verkleidet. Schweres Feuer aber warf alles durcheinander und teilte die zerschmetterten Teile unter Erdmassen fest; selbst in verbreiterten Gräben bildeten die Trümmer, namentlich Eisenteile und Betonklöße, schwer zu beseitigende Hindernisse und eine Splittergefahr. Schließlich wurden die Gräben in Erde geböschet oder, wo die Bekleidung gar nicht entbehrt werden konnte, kurze Bretter und Hürden hinter Pfählen oder U-Böden verwendet. Die Grabensohle wurde mit loser Bohlenbahn oder Lattenrosten abgedeckt, damit sie ausdünsten und entschlamm werden konnte. —

**Grabenarten.** Der Kampfgraben erhielt neben den Kampf- und Alarmeinrichtungen Unterkunftsräume, Beobachtungsstände

usw. Neu waren die Stände für Maschinengewehre, Schießgestelle, Granat-, Schein- und Minenwerfer, sowie Beobachtungs- und Meßstellen. Offene Aufstellung erwies sich nach und nach als vorteilhafter als in Räumen mit Scharten.

Auch Deckungsgraben und Annäherungsweg wurden allmählich als Kampfgräben ausgebaut, damit sie zu Abwehr und Gegenstoß ausgenutzt werden konnten.

**Brustwehr.** Die Brustwehr war flach und einfach gehalten. Der Grabenschild auf der Brustwehr war geschägt, bis ihn das K-Geschoß durchschlug; er wurde zurückgezogen, um das Ridel anderweit zu verwerten. Im Trichterfeld tauchte er wieder auf als einfachste Deckwehr. — Als Schutz gegen Handgranaten mußten federnde Abweigsitter, in der Bauart ähnlich der Stahlfedermatratze, hergestellt und schräg auf die Brustwehr gestellt werden.

**Untertreteräume.** Bauart. Die leichte Eindedung, übergelegt oder angelehnt, und der hölzerne Unterschlupf unter der Brustwehr verschwand bald vor dem Steilfeuer; sie tauchten im Trichterfeld wieder auf als angelehnter Wellblechbogen und als Wellblech- oder Schurzholzunterschlupf, gedeckt hinter Steilabfällen oder Betonräumen. Der gezimmerte, fest gebaute und verspreizte Holzunterstand behielt seinen Wert bis zu Ende des Krieges, wenn er durch Lage und verstärkte Ummantelung dem Feuer angepaßt wurde. — Der Wellblech- und der Betonunterstand endlich wurden ungeheuer viel verwendet, in jeder Größe, jedem Boden, Deckungsstoff und zu jedem Zweck. — Keine Eisenunterstände aus 20-mm-Platten, ursprünglich bestimmt zur Ummantelung mit Beton, wurden schilderhausartig oder als Wohnkästen eingebaut.

Der Schurzholzrahmen des Mineukriegs erschien neu im Stellungsbau. Allmählich lernte die Truppe dem Mineur den minierten Unterstand ab: Treppen- oder Schleppschächte führten in Stollen der jeweiligen schufssicheren Tiefe, die sich schließlich zu großen Unterständen in 8 bis 10 m Tiefe entwickelten, mit 2 und mehr weit getrennten Eingängen. Schiebender Boden zwang zum Ersatz des Schurzholzrahmens durch den festen Türstod.

In Fels gehauene Höhlen wuchsen allmählich zum minierten Unterstand oder zur gewaltigen Stollenkaserne; als solche wurden auch die sogenannten Katakomben, natürliche oder künstliche Felshöhlen in den Kalk- und Kreideseffen Nordostfrankreichs, ausgenutzt. — Unter eingesehendem Gelände wurden lange Tunnel gebaut, die sich glänzend bewährten; sie nahmen allen Verkehr und Nachschub, sowie häufig Kampf- und Unterkunftsräume auf. Wenn solche Stollen und Tunnel zu wenig Eingänge,

Dedung und Lüftung hatten, wurden sie aber mehrfach zu Menschenfallen und daher, wie auch minierte Unterstände, in vorderster Linie schließlich verboten.

Deckung gegen Feuer. Bodenverhältnisse, Steigerung der Kaliber und Zündung mit Verzögerung änderten dauernd den Schutz, den Untertreteräume gewährten; auch die dafür gebräuchlichen Begriffe schwankten. Im Nachfolgenden bedeutet: *splittersicher* deckend gegen Volltreffer kleiner und gegen Sprengstücke mittlerer Kaliber (15 cm); *schußsicher* gegen Dauerfeuer mittlerer, Einzeltreffer schwerer (21 cm) und Sprengstücke schwerster Kaliber (36 cm); *bombensicher* gegen Dauerfeuer schwerer und Einzeltreffer schwerster Kaliber.

Die Decke, anfangs wenig Erde über Brettern, Bohlen oder Blech, wurde bald hergestellt aus Rundhölzern, Schwellen, I-Trägern oder Schienen mit Erde, Steingeröll oder Steinpadungen darüber, schließlich aus mehreren solchen Lagen im Wechsel, u. U. mit Zement vergossen oder verstärkt durch eine harte Aufstreichschicht.

Mit dauernd verstärkten Erdvorlagen gewährten diese Decken in den ersten Jahren Splitter- und ziemliche Schußsicherheit, weil die Geschosse beim Auftreffen sofort detonierten. Der Aufschlagzünder mit Verzögerung änderte das: lose Eindedungen wurden auseinandergeschleudert und die innere Decke zerschmettert. Alle Decklagen mußten fest untereinander verbunden werden. Gegen die ganz schweren Kaliber mit minenartiger Wirkung genügte auch das nicht mehr.

Eine ähnliche Entwicklung machte der Beton durch von dünnen Stampfwänden bis zur schweren Eisenbetondecke. Die Truppe verlor fast das Vertrauen zu den Betonunterständen, da Wände und Decken durchbrochen wurden oder infolge von Rutschflächen abschoren. Eisenbeton mit mehreren, gut verbundenen Einlagen nahe den Außenflächen gewann damit erhöhte Bedeutung.

Mehr und mehr aber mußten alle Unterstände durch stärkeren Bau, Versteifung und Sohle gesichert werden, auch gegen schwerstes Flachfeuer mit Verzögerung. Betonstände von nicht genügend tiefer Lage — die schweren Geschosse drangen bis 7 m in die Erde ein — erhielten Grundplatten von 0,5 bis 1 m Stärke, die bei kleinen Räumen überragten, um ein Umfanten zu verhüten.

Eingänge von minierten Unterständen wurden durch Ummanteln mit Sandfäden oder Beton oder durch Betondeckplatten geschützt; der Aufwand an Stoffen, Arbeit und Zeit stand jedoch in keinem Verhältnis zum immer zweifelhaften Erfolg.

Gegen Steilfeuer waren anfangs gemischte Decken aus Holz, Eisen und Erde oder Steinen mit 0,5 m Splitters-, mit 1 m schußsicher; gegen

Ende des Krieges erst mit 1 und 3 m. Beton mußte entsprechend auf 0,75 und 2 m, Eisenbeton auf 0,5 und 1,5 m verstärkt werden; kein Raum durfte mehr als 2 m Spannweite haben. Bombensicherheit war zu erreichen durch Erde von 10, Fels von 7, Beton von 3, altes Zementziegelmauerwerk von 2,5 m Stärke. Beton und Ziegelmauerwerk hielten sich gegen schwerste Treffer besser als Eisenbeton: dieser zerfiel, jene bröckelten ab und bekamen nur Sprünge; anscheinend hängt das mit den inneren Spannungen zusammen, die beim Abbinden des Eisenbetons entstehen. Eisen erwies sich von 2 cm Stärke an als splittersicher, in Hartguypanzern von 10 und Eisenpanzern von 15 cm an als schußsicher. Der wunde Punkt aller selbmäßigen Eisendeckungen war die Verbindungsstelle mit dem Beton.

**Bauliche Einrichtungen.** Die Eingänge von Unterständen bedurften nach und nach stärkerer Sicherung gegen Gase durch getränkte Vorhänge, Hochlegen und künstliche Lüftung, sowie gegen Luftdruck und Sprengstücke durch gebrochene Führung oder starke Türen.

**Scharten,** erst groß, dann als flache Schlitze gebaut, verschwanden, als Trommelfeuer den Ausblick verhinderte und weil sie den Stand aus der Erde hoben und verrieten.

Je mehr das Feuer zunahm und der einzelne Stand selbständig wurde, desto notwendiger war gesicherte Beobachtung aus jedem Stand heraus; alle Unterstände erhielten daher zuletzt **Schächte** zum Herauschieben des Sehrohrs.

Beim **Heizen** im Schützengraben konnte nur die rauchschwache Holzlohle verwendet werden. Als **Beleuchtung** erschienen neu Karbid- und elektrische Handlampen oder elektrischer Strom von rückwärts; dieser, bevorzugt wegen Sicherheit, Gesundheit und Annehmlichkeit, fiel mit dem Aufhören des Stellungskampfs weg.

**Räume nach Zweck.** Aus den Unterschlupfen im Kampfgraben wurden allmählich starke und große Unterstände für verschiedenste Zwecke in und hinter der Stellung. Schließlich bildete sich eine Art Einheitsstand heraus, an den Einrichtungen für Sonderzwecke ausgeschlossen wurden: der Betonunterstand für zwei Gruppen in zwei Räumen von etwa 2×3 m Grundfläche.

Hoch herausragende Scharten- und versenkte Schachtstände verschwanden schon bald; in der Zonenbefestigung und im Trichterfeld hielt sich nur der versenkte einfache, aber starke Unterstand, aus dem die Bedienung mit Waffen und Gerät im Bedarfsfalle auf die offene Brustwehr eilte.

**Führerunterstände,** zunächst nur für engere Stäbe allein bestimmt, erweiterten sich nach und nach für Fernsprecher, Nachrichten- und

Stoßtrupps zu Gruppen von Unterständen (Befehls- und Befechts-ständen), die u. U. durch schußsichere Gänge verbunden wurden. —

Beobachtungs- und Messstellen entwickelten sich im Feuerbereich von offenen oder leicht eingedeckten Erd- und Hochständen zu starken, oft turmartigen Betonbauten oder minierten Unterständen mit Beobachtungsschacht.

Sanitätsräume erhielten auch für Krankentragen geeignete, gesicherte Eingänge. Außerdem wurden in den Gräben Rischen und Unterstände für Munition, Abhorchstellen, Fernsprecher, Maschinen, Aborte, Wasserbeden u. dgl. weniger oder mehr schußsicher angelegt.

Ortsbefestigung. Befestigte Orte wurden, als in Trommelfeuer die Trümmer alles oerschütteten und einen einheitlichen Kampf unmöglich machten, zu Menschenfallen, so daß man die Verteidigung stärksten, auch dem eigenen Artilleriefeuer standhaltenden Maschinengewehrständen hinter Hindernissen überließ.

Sonstige Stellingseinrichtungen. Hindernisse. Als erste Hindernisse wurden fast nur das Pfahldrahthindernis in 5 bis 10 m Breite, selten Ast- und Baumoerhau, verstärkt durch Stacheldraht, Wolfsgruben und spanische Reiter verwendet. Der Zwang, in kurzer Zeit lange Hindernislinien herzustellen, führte zu einfachsten, schnell aufzubauenden Hindernissen mittelst eiserner Schraubspähle, in Form von Schnelldrahthindernissen (dachförmigen Sperrn aus Winkel-eisen und Stacheldraht oder Walzen aus Stacheldrahtspiralen), Stachel-drahtrollen, eisernen spanischen Reitern und Spinnen. Die Verringerung des Schußfelds bei der Hinterhangstellung zwang zu mehreren Reihen von Hindernissen hintereinander, so daß ungeheure Massen von Drahtgewirren die Stellungen durchzogen. Als diese Flächen sich auf dem Fliegerbild zu stark abhoben, wurden einfache hohe Drahtzäune, aus Stacheldraht oder Hühnerdrahtgeflecht, vielfach hintereinander angelegt, oder bei wenig Zeit und Baustoffen Stolperdrähte gespannt; selbsttätige Alarmzeichen, wie Klingeln, erhöhten die Wirksamkeit.

Selbst tödlich wirken sollten Startstromhindernisse und Hindernisminen. Startstromhindernisse, nur möglich dadurch, daß die Front selbst Startstrom erzeugte, wurden hergestellt als mehrere feste und schwer übersteigbare Zäune hintereinander, die gut isoliert und elektrisch zu laden waren, u. U. innerhalb von Drahthindernissen. Sie blieben wirksam, auch wenn an einigen Stellen Erdschluß entstand.

Der neu auftretende Panzersturmwagen (Tant) rief, da die bisher üblichen künstlichen und Gelände Hindernisse ihn nicht aufhielten, neuartige Hindernisse im Bereiche der Lantabwehrwaffen hervor, die Lant-

fallen: Überschwemmungen in Niederungen, breite, tiefe Gräben mit steilen Rändern in offenem Gelände, Barrikaden, mehrfache Reihen von starken, schräg in den Boden einbetonierten Schienen, Durchstiche oder Sprengtrichter in Engwegen; endlich selbsttätige Landminen.

**Beleuchten des Vorfeldes.** Zu Beginn des Stellungskrieges waren die Mittel zum Beleuchten des Vorfeldes einfachster Art, bis die anfangs nur in geringer Zahl vorhandene Leuchtpistole sie alle verdrängte, selbst den in Mengen beschafften Scheinwerfer, der vor dem Dauerfeuer der Artillerie nicht bestehen konnte. Kunstvolle Leuchtkörper mit Fallschirmen, z. T. verschossen aus Geschützen und Mineuwerfern, erreichten 1 Minute Brenndauer und mehr.

**Verkehrsweg.** Solange der Artilleriekampf sich in mäßigen Grenzen hielt, ging der Verkehr zu und in den Stellungen vielfach über freies Feld auf Fußpfaden (bei nassem und weichem Boden Rost- und Bohlenwegen), auf Wegen aller Art, deren Zahl aber starke Anforderungen stellte, und auf zahlreichen Bahnen (Förderbahnen — z. T. aus mit Winkel-eisen benagelten Hölzern —, Schienenhänge- und Seilbahnen mit Hand- und Maschinenantrieb). In den schweren Kämpfen der Abwehrschlacht blieb nur der mühselige, unsichere Pfad der Trägertolonnen durchs Trichterfeld.

**Kraftanlagen.** Vorhandene elektrische Kraftanlagen wurden frühzeitig ausgenutzt, um Untertünfte und Stellungen mit Licht und Kraft zu versorgen. Umformer und — wegen häufiger, empfindlicher Stromunterbrechungen bei schwerer Beschießung eingerichtete — eigene kleine Kraftstellen wurden dicht an der Front schußsicher untergebracht, Lokomobilen, Dampfmaschinen, Kohöl- und Benzin- (auch Kraftwagen-) Motore von 6 bis 40 PS., Dynamomaschinen und Elektromotoren dazu beigetrieben. Sie speisten Starkstromhindernisse, Pumpen, Lüfter, Förder- und Bohrmaschinen, Lichtanlagen und Füllstationen. Gebaut und unterhalten wurden sie von ausgebildeten Abkommandierten der Truppe; um sie bei dem häufigen Truppenwechsel bodenständig zu machen, wurden später besondere technische Formationen, Starkstrom- und Wirtschaftskompanien, geschaffen, die im Kriege zu einer zwingenden Notwendigkeit wurden.

**Entwässerung.** Die ersten vordersten Stellungen waren wegen ungünstiger Führung meist schlecht abzuwässern. Daher wurden schließlich Stellungen und Unterstände planmäßig, z. T. mit Maschinenkraft und durch besondere Truppen, entwässert, neue Anlagen nach geologischen Gutachten, technischen Grundrissen und mit gleichmäßigem Gefälle ausgehoben.

Der jahrelange Stellungskrieg, vielfach in wasserreichen Gegenden, veranlaßte die Beschaffung von Pumpen in verschiedenster Art und

ungeheurer Menge. Die anfänglich allein gebrauchten Schützengraben-(Membran-) Pumpen versagten oft infolge schlechter Pflege und Mangels an Dichtungstoffen. Wenig Raum beanspruchten und vorzüglich arbeiteten Flügelumpen. Bei geringen Steighöhen leisteten Schneckenpumpen gute Dienste. Für große Hubhöhen und starken Wasserandrang wurden mit Kraft, meist Elektrizität, angetriebene Kreiselpumpen (mit wagerechter Welle und unmittelbar gekuppeltem Motor, 100 bis 200 l Minutenleistung und 20 bis 25 m Förderhöhe) und Abteufkreiselpumpen (mit stehender Welle, 250 l Minutenleistung, 50 bis 60 m Förderhöhe, nur wenig Platz einnehmend) verwendet. Außerhalb der Stellungen waren Pump- und Hebewerke aller Art in Betrieb. — Als Schmiermittelerfatz diente häufig sandfreier Ton.

**Wasserversorgung.** In vielen Kriegsgebieten wurde die Wasserversorgung, namentlich großer Truppenmassen, schwierig. Brunnenbaukommandos und Wirtschaftstruppen schufen, z. T. schußsicher und bis in die vorstersten Linien hinein: Brunnen, Hebewerke, Sammelbecken, Wasserleitungen, Zapfstellen und Pferdetränken; Kondensatoren und Trinkwasserbereiter machten unreines Wasser genießbar. Bade- und Entlaufungsanlagen mit Bannen- und Brausebädern, mit Dampf- und Heißluftentkeimung entstanden.

Besonders tätig waren die Brunnenbaukommandos vor Großangriffen. Z. B. wurde im Frühjahr 1918 auf einem Gefechtsstreifen von 8×10 km Wasser für etwa 70 000 Mann und 20 000 Pferde gleich rund 500 000 l täglich durch etwa 200 Brunnen in 15 bis 40 m Tiefe aufgeschloffen.

#### Festungsbau.

Bei den zuletzt erbauten Festungen erstrebte man vor dem Kriege dem Gelände angeglichene sturmsfreie Gruppenbefestigungen mit schußsicheren Räumen und Panzerbatterien. Durch die Armierung sollten Vor- und Zwischengelände behelfsmäßig, d. h. ähnlich wie im Stellungskrieg, ausgebaut werden, im Anschluß an die im Frieden geschaffenen schußsicheren, gut verteilten Räume. Grundfatz war: weites Schußfeld, ringartige Anordnung der Gruppen um den vielfach nicht mehr geschlossenen Kern der Festung herum. — Der Festungsbau war damit auf dem richtigen Wege; ebenso waren die Deckungsstärken ausreichend. Aber das Auflaffen der Kernumwallungen, des Schutzes gegen Handstreich, war ein Fehler. Beton, Eisenbeton, altes Zementziegelmauerwerk, starke Panzer und felbmäßige Zwischenbefestigung haben, wo sie die planmäßigen Höchststärken hatten, im Feuer sofort ausgebeßert wurden und gegen Erkennen von der Erde wie aus der Luft geschützt waren, der schwersten Beschießung widerstanden. Größere zerstörende Wirkung war technischen Schwächen der Werke zuzu-

schreiben: den Wänden, Decken, Panzern, Mauerwinkeln, Türen, die nicht auf dieminenartige Wirkung der schwersten Geschosse berechnet waren, — oder mangelnder Deckung gegen Beobachtung. Aber selbst Werke, die nur noch Trümmerhaufen bildeten, waren noch mindestens so verteidigungsfähig wie das Trichterfeld der Abwehrschlacht.

Im Laufe des Krieges wurden auch die nicht angegriffenen Festungen nach den neuesten Erfahrungen des Stellungskrieges umgestaltet und aus ihnen tiefgegliederte besetzte Zonen gemacht mit Vorfeld, Hauptwiderstandslinien, stärksten Widerstandsnestern und mit Riegelstellungen, die auch quer durch die Festung hindurch liefen, endlich mit schußsicheren Verkehrs- und Maschinenanlagen und Werkstätten.

Dadurch, daß die Festung technische und taktische Formen des Stellungskrieges übernommen hat, hat sie sich den Forderungen der Schlacht angepaßt, ohne an strategischer Bedeutung einzubüßen.

### Zerstörungsmittel.

**Sprengdienst.** Die Sprengtechnik ist durch die Handgranate Gemeingut des Heeres geworden.

Die Sprengstoffe sind an anderer Stelle behandelt (Abschnitt A IV). An Stelle der Sprengmunition wurden für Pionierzwecke Ersatzmittel, seit 1916 nur Perdit, sowie flüssige Luft, verwendet. Diese waren der Sprengmunition gleich in der Form, annähernd gleich in Behandlung und zersetzender Wirkung, aber mangels Paraffinabdichtung sehr ungleich im Verhalten gegen Feuchtigkeit, und bedurften einzelner Sprengmunitionskörper als Zündbeipack. — Mit flüssiger Luft, die im Frieden nicht selbstgebrauchsfähig erschien und es auch im Kriege erst spät wurde, konnte sich die Truppe nicht befreunden; nur gut geschulte Leute konnten Ladung und Verbämmung schnell genug einbringen, die einzige Flüssigluftkompanie aber konnte nicht überall sein. Flüssige Luft wurde schließlich beim Minieren von Unterständen und in Steinbrüchen viel benutzt.

Zeitfeuer und elektrische Zündung bewährten sich in den alten Formen, die Kriegserzeugnisse zeigten aber infolge ungenügender Ersatzstoffe verschiedene Mängel. — Eine Errungenschaft des Krieges ist der deutsche Minenzeitzünder: der Bolzen des darin eingebauten Schlagzünders wird von einem Stahldraht zurückgehalten, der durch einen Säurebehälter hindurchgeht; je nach der Verdünnung der Säure wird der Draht schnell oder langsam durchgefressen und läßt den Schlagbolzen nach einer bestimmten Anzahl von Tagen oder Wochen los.

Die deutsche Sprengvorschrift hat sich in ihren Angaben über Form und Größe der Ladungen, über Verbämmung und Wirkung vorzüglich bewährt. Die Größe der Ladung überhaupt ging jedoch über das aus

Friedenssprengungen und älteren Kriegserfahrungen bekannte Maß weit hinaus, sie wuchs, wie alle anderen Kriegsmittel, ins Übermäßige.

Einfachste Sprengladung war die Handgranate (etwa gleich 1 Sprengkörper), die auch vielfach zum Herstellen größerer Ladungen verwendet wurde. Geballte Ladungen (4 bis 12 kg) und Reihensladungen (auf Holz und in eisernen Röhren) wurden beim Angriff zündfertig mitgeführt. Verschlussene Räume wurden durch geballte Ladungen geöffnet, Hohlräume durch im Innern frei niedergelegte geballte Ladungen zerstört; selbst starke Betonbauten rissen bei richtiger Anwendung (so, daß die entweichenden Gase sich erst an einer Ecke brachen) unter ihrer Gewalt auseinander.

Auch Sturmwagen fehlte die geballte Ladung, die unter den Wagen oder von oben hineingeworfen wurde, außer Besetzt.

Sprengungen waren das Hauptmittel, um der Sturmtruppe Gassen zu öffnen durch eigene oder fremde Hindernisse mittels geballter oder Reihensladungen, so daß man kaum einer Nachhilfe mit der Drahtschere bedurfte. Gräben wurden beim Sturm durch mehrere Schachtminen nebeneinander überschreitbar gemacht.

Zu den alten Hindernisminen traten neue: die Kartätschmine warf die Bleikugeln einer im Boden vergrabenen Kartätsche empor; die Schrapnellmine wurde mit einer Kette im Boden verankert, bei der Zündung hochgeschleudert und detonierte über dem Boden, sobald die Kette straff wurde. — Lanckminen waren einzelne oder als Minensfeld angelegte Treckminen, die nur durch das Gewicht eines Sturmwegens (wenigstens 6,5 t) ausgelöst wurden; Schein-Lanckminensfelder hielten den Gegner oft ab, in gewissem Gelände überhaupt anzugreifen.

Schweres anhaltendes Trommelfeu er zerstörte alle Arten von gebauten Hindernissen vollkommen. Nur selten mußte Sprengung oder die neue Handwaffe aller Truppen, die Drahtschere, helfend eingreifen.

### Minenkrieg.

Der Minenkrieg war im Frieden in Vergessenheit geraten, mit ihm die taktischen und technischen Erfahrungen und Mittel; man fing in allem von vorn an in unbewußter Rückkehr zum Naturkampf. Er machte daher in den Mitteln und ihrer Anwendung die Entwicklung von Jahrhunderten durch, um mit der neuzeitlichen Technik zu enden. Die mühselige, langsame Arbeit des Mineurs konnte aber an Schnelligkeit mit der Entwicklung der übrigen Kampfmittel und -formen nicht Schritt halten, da sie örtlich und in der Bauweise mehr oder weniger durch den ersten Anstoß gebunden war.

Der — zunächst nicht beabsichtigte — Anfang des Minenkrieges war die Sprengladung, die der Angreifer vom Sappenkopf in die trennende Erdwand schob, um den feindlichen Graben einzudrücken, die nächste Stufe

der flache enge Stollen bis unter die feindliche Stellung und als Antwort der tieferen Verteidigungsstollen. Mit der Überraschung entfiel die Hauptwirkung; sie wieder zu erreichen durch unerkanntes Arbeiten wurde das Streben beider Gegner. Den Feind zu unterfahren, zwang das natürliche Gefühl — man will festen Boden unter den Füßen haben — und die Möglichkeit, den Feind besser zu hören und zu bekämpfen. Hauptziel war, die feindliche Stellung in der Erdoberfläche zu zerstören; Mittel zum Zweck und Nebenziel, den unterirdischen Gegner aus dem Felde zu schlagen. Als taktische und technische Mittel dazu entwickelten sich Trichtersprengung und Quetschmine, als technische Hilfsmittel Stollen und Horschdienst. Nach und nach wurde vielfach die vollendetste Form dieser Mittel erreicht in einer Menge von Horsch- und Kampfstollen, die neben- und übereinander auf den Feind führten und, der bequemer Arbeit und Lüftung wegen, durch Querschläge (Gallerien) außerhalb des feindlichen Wirkungsbereichs miteinander verbunden waren; das ist das Minensystem Friedrichs des Großen. Als starres, der Festung entlehntes Kampfmittel blieb es beschränkt auf taktisch wichtige Stellungsteile und auf die Zeit starren Festkammerns am Boden; dort wurde es vielfach zur Notwendigkeit.

Der Anfahrpunkt der Mineurtätigkeit war anfänglich, solange die feindliche Gegenwirkung über Tage gering war, der Kampfgraben oder die Sappe zunächst am Feinde. Als jene stärker wurde, strebte man danach, die Anfahrpunkte weiter zurückzuverlegen, wo Arbeit und Nachschub weniger gestört wurden und man taktisch, auch unterirdisch, freiere Hand hatte.

Die **B o d e n v e r h ä l t n i s s e** wurden ausschlaggebend für die Möglichkeit der Arbeit und für das Verfahren. Die ersten flachen Angriffe berücksichtigten nur die Oberschicht. Je tiefer man ging, desto mehr sprach der Boden mit. Das wurde oft nicht rechtzeitig erkannt; man klebte vielfach an begonnenen Arbeiten. Der Geologe wurde später zu Rate gezogen, konnte aber meist nur nach vorgesundenen Karten und allgemeinen Erfahrungen urteilen. Für Erkundungsbohrungen fehlte es fast stets an Zeit. Zähigkeit und Tatkraft haben sich trotzdem vielfach am Anfahrpunkt auch im schlechten Boden durchgesetzt, sind aber auch oft gescheitert, so daß viel Mühe und Zeit verloren gingen. — Miniert wurde in allen Bodenarten vom Ackerboden bis zum Fels, von der natürlich anstehenden Erde bis zum losen Sand und Schwimmsand.

Bei **A r b e i t u n d G e r ä t e n** war Hauptgesichtspunkt, daß sie für Auge und Ohr nicht auffielen. Lautes Arbeiten von Mensch und Maschinen, umfangreiche Anlagen wie Grubenhäuser und Bohrlürme, kurz, die Mittel des Friedensbergbaus, verboten sich am Feinde.

Alle **t e c h n i s c h e n H i l f s m i t t e l**, die sich dieser Forderung anpaßten, kamen zur Anwendung. Im weichen Boden arbeitete der Mineur

mit Lettenhaue oder Fräßmaschine, in hartem Boden mit Meißel- oder Kronbohrer, mit Gesteinsbohrmaschinen und Bohrladungen, im Dünen sand mit Treibschild, im Schwimmsand mit Senttschacht und Pumpe. Bohrmaschinen wurden erst nach und nach für die verschiedenen Bodenarten und Kampfbedingungen gefunden oder ihnen angepaßt; Hand- und elektrische Fräß- und Drehbohrmaschinen bewährten sich; Stoßbohrmaschinen waren vorn unbrauchbar. — Erkundungsbohrungen mit Erd- und Gesteinsbohrer wurden erschwert durch das Zusammensetzen der Gestänge aus kurzen Stücken und durch die geringe Fallhöhe wegen der notwendigen niedrigen Eindeckungen. — Der Erdbohrer wurde auch verwendet für den Erdtorpedo, d. i. eine Sprengladung in Torpedoform, die in Bohrlöchern von 20 bis 40 cm Weite bis auf 40 m mit Stangen gegen feindliche Gräben oder Stollenarbeiten vorgeschoben wurde; er verriet sich durch Bohrgerausche, in weichem Boden aber erreichte er oft sein Ziel. Im Anfang benutzte man den Erdbohrer auch, um durch Bohrlöcher Gas in den feindlichen Gräben zu schicken.

Außer in festem Fels mußten alle Stollen und Schächte wegen der ständigen Bodenerschütterungen durch Beschießung bekleidet werden; in nassem Boden brachen selbst stärkste Hölzer noch in 40 m Tiefe insolge der schweren Einschläge oben. Bei mäßigen Erddrücken genügten Schurzholzrahmen von 5 bis 8 cm Stärke, in schiebendem Gebirge nur stärkere Rahmen, Schachtszimmerung und Türstöcke. Bei feindlich festem und quellendem Boden wurden Rahmen und Türstöcke verloren gesetzt mit dahintergeschobener Bretterverkleidung. Eisen- und Wellblech erwiesen sich als ungeeignet, weil sie beim Zubruchgehen nicht zu entfernen sind. In Schlamm und Schwimmsand wurden, nach mühseligen, oft vergeblichen Versuchen mit Holz und Getriebe, starke Eisen- und Betonschächte mit Erfolg verwendet.

An Stelle der ersten Arbeiten in kleinem Schurzholz wurden sehr bald größere Querschnitte verwendet, weil die vermehrte Arbeit durch Bequemlichkeit, Schnelligkeit und Sicherheit ausgeglichen wurde.

Am einfachsten, auch bei weichem Boden, ging man in die Tiefe mit dem Treppenschacht (senkrechte Rahmen), indessen erwiesen sich Förderung und Begehen schwer. Der Schleppschacht (schräge Rahmen) war, bei gleichem Rahmenquerschnitt, bequemer für Steigen und Förderung, aber im Schlamm schwer vorzutreiben und während des Baues nicht begehbar. In nassem Boden wurde daher lieber der Treppen-, in festem der Schleppschacht angewendet.

Für größere Tiefen wurden (senkrechte) Schächte abgeteuft. Der Sturzschacht, nur in Schurzholz, nötigenfalls mit Zimmerung, kam bei feindlich trockenem und festem Boden am schnellsten vorwärts. — Der

Senktschacht, der ansfangs für Arbeiten in der Kampfstellung ungeeignet erschien, weil man auf Aufhängung und hochausgebaute Belastung verzichten mußte, blieb schließlich in nassem Boden, namentlich im Schwimmsand, das einzige sichere Abteufmittel; Eisengewichte und Winden überwandten die Reibung der Schachtwände. Senktschächte aus Holz und Eisenblech bewährten sich nicht wegen des geringen Gewichts und der Gefahr des Zerquetschtwerdens. Deshalb wurde in Flandern, wo es stellenweise 20 bis 25 m mächtige Schwimmsande zu durchteufen galt, das Senktschachtverfahren mit Eisentübbingen und Eisenbeton für feldmäßige Zwecke durchgebildet. Der Eisentübbing senkte gut, war einfach herzustellen, aber schwer an die Front zu schaffen und nur brauchbar bei guter Dichtung, die aber meist fehlte. Der Eisenbetonschacht, zwischen Blechformen an Ort und Stelle gestampft, senkte bei 1 m lichter Weite und 0,25 m Wandstärke schlecht, bei größeren Ausmaßen (1,5 und 0,5; 2,5 und 0,75 m) recht gut ab, weil das Durchteufen eingelagerter Tonschmigen und Gerölle große Gewichte erforderte. Praktischer wegen des einfachen Vorschaffens der Baustoffe war der Senktschacht aus Betonsteinen, der ohne Pause absenkte, während der Eisenbetonschacht Abbindepausen brauchte. Beide bedurften sorgfältigster senkrechter Eisenverbindung wegen der Abreißgefahr. — Die Senktschächte, aufgebaut auf gußeisernen Senkschuhen mit scharfer, wenig ausladender Schneide (Steigung 2:1), hielten bei flotter Arbeit und guten Pumpen die eindringenden Sande und Wasser; ab und an kamen plötzliche Einbrüche von mehreren Metern Höhe vor. — Im festen und undurchlässigen Boden angelangt, wurden die Senktschächte durch mehrere keilförmige Betonringe abgedichtet und dann nach unten mit Schurzholzrahmen fortgesetzt.

Die Schächte wurden für Förderung, Leitungen und Fahrten durch Zimmerung in Abteilungen zerlegt.

An die Schächte schlossen sich in der Tiefe Stollen an, in großem Querschnitt für lange Strecken, in kleinem Querschnitt die Kampfstollen an Feinde. Von den Stollen wurden abgezweigt Nischen in Schurzholz oder großen Lürstöcken für Ruhemannschaften, Geräte, Munition, Pumpen.

Schachthäuser über den Schachteingängen wurden möglichst als schußsichere Unterstände hergestellt, bei Senktschächten aber erst, wenn sie fertig abgesenkt waren; bis dahin mußte unter leichtem Holzdach oder Fliegerdeckung gearbeitet werden. Um frühzeitiger volle Deckung zu gewinnen, wurden Senktschächte von 2,5 m oder mehr lichter Weite ein Stück weit abgeteuft, als Schachthaus überwölbt, und dann in ihnen ein zweiter, engerer Schacht abgesenkt. Die Schachthäuser nahmen später die Maschinenanlagen auf.

Gute Abwässerung der Minenanlagen war Vorbedingung für

ungeföhrten Betrieb sowie um Rutschungen und Nebengeräusche zu vermeiden, war aber in den engen Treppenschächten und dicht unterm Kampffeld liegenden ersten Minenanlagen oft nicht zu erreichen. Das Wasser wurde möglichst an der Quellstelle, sonst an Treppenabfähen und Tiefpunkten in Sammelschächten und Pumpnischen, spätestens am Schachtfuß im Sumpf abgefangen, der Sumpf bei starkem Wasserandrang durch einen Sumpfstollen erweitert. Die Stollen wurden, wo angängig, mit Steigung nach dem Feinde zu aufgeföhren, um Trauf- und Schweißwasser von Ort fernzuhalten. Angeschnittene Wasseradern machten viel Arbeit durch Lehm- und Betondichtungen. — Wegen der Pumpen vgl. Abschnitt Entwässerung im Stellungsbau (S. 149).

Gute L ü f t u n g war in den engen, meist feuchten Stollen und bei schlechten Belüftungsmitteln dringend erforderlich. Zur Bewetterung dienten erst Handlüfter mit Fahrradgetriebe, später elektrisch angetriebene Lüfter mit unmittelbar gekuppeltem Motor, die infolge guter Leistung (auf über 200 m), geringen Platzbedarfs und geräuschlosen Gangs recht brauchbar waren. Biegsame Lutten aus Pappe und gegen Feuchtigkeit getränktem Stoff bewährten sich gut; aus Mangel an Rohstoffen verwendete Holzlutten hatten zu viel Reibung, Blechlutten waren Lärmerreger und -träger.

Für das Arbeiten in gasverseuchten Räumen leisteten die in der Heimat üblichen Rauchschiuhelme und Atemschutzgeräte, z. T. für Heereszwecke etwas umgestaltet, nach Sprengungen, Beschießen der Eingänge u. dgl. treffliche Dienste.

Die F ö r d e r u n g erfolgte fast nur in Sandsäcken, die vor Ort gefüllt und mühselig von Hand, im Minenhunt, hochrädigen Karren oder Förderbahnwagen bis zu Tage oder zum Schachtfüllort geschleppt wurden. Die Wagen liefen auf Bohrlängläufen oder hölzernen Schienen und leisteten bei ruhigem Gang mehr als Hunt und Mann. Bei langen Strecken kamen kleine Hängebahnen auf Holzschienen in Gebrauch; anfangs war der Betrieb ruhig, bald aber warfen sich die Schienen an den Stößen und die Ersparnis an Menschenkraft ging in Ausbesserungen und vorsichtigem Betrieb verloren. Auf Hänge- und Rutschbahnen wurde in schrägen Schächten gefördert, mit Eimer und Seil in Sturzschächten. Der anfangs allgemein benutzte Handhassel wurde vielfach ersetzt durch Maschinenförderung; am leichtesten und sichersten arbeitete der Hattel mit Reibungsantrieb.

Die Arbeitsleistung betrug bei günstigen Bedingungen bis 3 m Vortrieb täglich, nahm aber unter ungünstigen Bedingungen erheblich ab. Man darf den Kriegsbetrieb im Stollen nicht mit Friedensbetrieb vergleichen. Zwar wurde bei allen technischen Maßnahmen, und je länger der Minenkrieg dauerte, desto mehr, angestrebt, mustergültige Einrichtungen

des Friedensbergbaues zu übernehmen; angesichts der vielfach ungünstigen Anfänge, des ständigen Kampfes, der Raumbeschränkung, des Mangels an geschulten Kräften (infolge des dauernd steigenden Heimatsbedarfs) und der Rohstoffschwierigkeiten war nur selten Vollkommenes zu erreichen.

Daneben erschwerten die militärischen Forderungen an den Mann den Betrieb ungeheuer gegenüber dem Friedensbergbau. Der Mann mußte in unzumutbarem Anzug, immer zum Kampf gerüstet, arbeiten. Der Engländer war durch seine Gummianzüge wenigstens gegen Wasserunbill geschützt; der deutsche Mineur hatte meist nur den Sandsack als Kopf-, Rücken- und Fußschutz; statt auf Filzschuhen lief er vor Ort auf Strümpfen. Die Arbeiten mußten trotz aller Schwierigkeiten geräuschlos erfolgen und waren deshalb besonders anstrengend, zumal in schlechter Luft und in der ständigen Gefahr, lebendig begraben zu werden. Der Dienst am Feind erforderte viel Selbstzucht vom Mann.

Behorcht wurde mit dem Ohr und mit Horchgeräten. Im Gebrauch waren Schall- und Erschütterungsgeräte, beides Membranen mit Mikrophon und Hörschläuchen oder elektrischer Leitung. Die Schallgeräte ließen Geräusche unmittelbar vernehmen, Erschütterungsgeräte setzten Bodenbewegungen in Schall um; Richtung, Entfernung und Art der Quelle waren nur zu schätzen. Das Ohr am Boden, das geübt war, jedes Geräusch aufzunehmen und zu entziffern, Richtung und Entfernung nach Erfahrungen zu beurteilen, blieb das beste Horchgerät. — Geräte mit elektrischer Leitung hatten den Vorteil, daß ein Mann in entfernter Stollennische gleichzeitig mehrere Orter beobachten konnte.

Die Arbeit unter Tage mußte fortlaufend über Tage ergänzt werden durch Beobachtung mit Fernrohr, Streistrupp und Fliegerbild, sowie durch Sturmtrupps, die feindliche Stollen und Ladungen erkundeten und zerstörten.

Bei Sprengungen waren neu das Verlegen aller Leitungen in Gasrohren, die gleichzeitig Horchrohre zur Beobachtung des Feindes bildeten, und die Verdämmung mit Luftkissen; dies sind 1 bis 3 m lange Lücken mit fester Verpressung, die an Verdämmung sparen, ein Ausblafen erschweren und die Sprengwirkung gegen den eigenen Stollen vermindern.

Der Minenrieg begann mit kleinen Ladungen von 5 bis 10 kg; er endigte mit solchen von 400 bis 500 Ztr. Entsprechend wuchs, bei tiefer Lage, die Sprengwirkung; die größten Trichter hatten etwa 130 m Durchmesser. Als technisch auffallende Wirkungen seien erwähnt: Die Sprengwirkung gegen Hohlräume ist nach oben größer als nach unten. — Wenn bei Teilverlagern die losgehende Ladung nicht genügte, um die Erblast wegzuheben, blies sie häufig über die Verdämmung hinweg aus und erzeugte im Stollen schlagende Wetter. — Ladungen, die 40 bis 60 m tief lagen,

wirkten mehr springbrunnenartig als streuend. — In quellendem Tonboden wurden noch drei Tage nach der Sprengung die sämtlichen Rahmen eines 900 m entfernten Stollens gebrochen. — Stollen, aus denen nahe unterm Schwimmsand geprengt wurde, erflossen im Schlamm; Ladungen im Schwimmsand über feindlichen Minenanlagen schlugen, unterstützt durch den Wasserdruck, unendliche Massen in die feindlichen Stollen hinein. Quetscher im Schwimmsand ließen ganze Stellungsteile mit Unterständen wegsaufen.

Die technischen Erfahrungen des Minenkriegs wären vielfach unnötig gewesen, wenn der Einsatz der hochentwickelten Friedenstechnik von vornherein vorbereitet gewesen wäre; sie bedeuten aber auch vielfach Erfahrungen für den Friedensbetrieb.

### Straßen- und Brückenbau.

**S t r a ß e n b a u.** Die Straßen waren im Kriege die Lebensadern der Truppe. Ursprünglich oft schwache Bauart, ungeahnt schwere Belastung, Massen- und zuletzt fast ausschließlicher Nachtverkehr wirkten zusammen, um sie gründlich zu zerstören. Unablässig waren unter technisch sachkundiger Leitung Straßenbaukompagnien, Armierungstruppen, Arbeiter, Kolonnen und Walzen am *B e s s e r n*, *I n s t a n d s e t z e n* und *R e u b a u e n*.

Angestrebt wurde überall die bewährte deutsche Chaussee aus Sandpflaster, Packlage, Schotter und Kies. Baustoffe reichlich heranzuschaffen war schwer; Ersatzstoffe bildeten die Masse der nicht vollwertigen Mittel, sie zwangen zu vermehrter Arbeit. — Ganz lauge Straßenzüge wurden verbreitert durch Chausseieren der Sommer- und Fußwege, Hunderte von Kilometern Chaussee neu geschaffen. — In Sand-, Sumpf- oder Trichtergeräunde wurden Bohlenbahnen, Knüppeldämme, Reifig- und Schilspackungen gelegt.

Der *B e g e b a u* durchs *T r i c h t e r g e l ä n d e* bei Großangriffen verlangte umfangreiche Vorarbeiten; er hatte die Straßen im eigenen Gebiet herzustellen, durch Fliegerbild und Beobachtung die Wegverhältnisse im feindlichen Gebiet zu erkunden, Baustoffe und Geräte für den Bau bereitzulegen. Da es kaum möglich war, neben den Truppen und den Truppenbedürfnissen viel Baustoffe vorzuschaffen, mußte man sich auf das Notwendigste beschränken, anderseits jede Möglichkeit ausnützen. Praktisch führte jedes Fahrzeug wenigstens eine Maschine mit zum Ausfüllen von Gräben, Löchern und Steilabfällen. Zusammensetzbare Brückentafeln auf zweirädrigen Achsgeräten blieben meist unterwegs liegen; Knüppelrollen (aufrollbare Matten aus Pfählen und Draht) bewährten sich bei Löchern und weichem Boden. Dabei wurde der Spaten im Trichtergeräunde wieder das Hauptwerkzeug des Pioniers.

Wasserwege, die durch Eisenteile gesprengter Brücken gesperrt waren, wurden von Unterwasserschneidetrupps mittels des autogenen Schneideverfahrens frei und wieder benutzbar gemacht.

Brückenbau. Das deutsche Kriegsbrückengerät hat sich trefflich bewährt, auch für schwere Lasten, im feindlichen Feuer und im reißenden Strom. Das „schwere Rheinbrückengerät“ wurde auf der Donau bei 4 bis 5 m Stromgeschwindigkeit und auf vielen großen Strömen verwendet.

Bei Behelfsbrücken bedingen die gewaltigen Lasten der heutigen Kriegsfahrzeuge meist schwere Bauart. Dem war die Bodbrücke nicht mehr gewachsen; Schiff- und Pfahljochbrücken wurden die Regel. Die großen Ströme aller Kriegsschauplätze, die zum Teil in kurzer Frist Wasserstandsunterschiede von 8 bis 10 m aufwiesen und häufig breite-Aberschweimmungsgebiete hatten, erforderten Brücken von riesigen Ausmaßen. Oft wurden auf die Reste abgebrannter Brücken Schwelljochs aufgelegt, mächtige Pfeiler aufgesproßt, dazwischen weittragende Sprengwerke gespannt; über den Trümmern zerstörter Stein- und Eisenbrücken erstanden hochragende Brückengerüste; gesprengte, noch zum Teil erhaltene Eisenbrücken wurden gehoben und auf Schwellenstapel oder Pfahljochs gelegt; selbst hölzerne Bitterträgerbrücken bis zu 40 m Spannweite wurden von Pionieren hergestellt.

Abgesehen von der ungeheuer großen Zahl und den vielfach gewaltigen Ausmaßen boten die Übergänge und Brückenbauten beim Vormarsch, im Stellungskrieg, bei Sturmunternehmungen und Großangriffen, sowie im rückwärtigen Gebiet technisch nichts Neues. Von Schnellbrücken aller Art wurde viel Gebrauch gemacht. Breite Übergänge im feindlichen Feuer erforderten monatelange, peinlich genaue, stille und unauffällige Vorbereitungen, um den technischen und taktischen Erfolg zu gewährleisten. Technisch und militärisch ungeheure Leistungen wurden vollbracht, wie das Überschreiten der Weichsel in Eis und Schneesturm, der Übergang über die Donau unterhalb Semendrias, wo die Pioniere 8 Stunden brauchten für die erste Überfahrt, und viele andere.

### Schluß.

Die Umwälzung in der technischen Ausrüstung und Tätigkeit aller Waffen, die der Weltkrieg brachte, zeigt, daß die Bedeutung der Pionier-technik vor dem Kriege stark unterschätzt wurde. Auch der Einfluß der hochentwickelten Friedentechnik war unterschätzt worden, aber dank der hervorragenden Unterstützung durch die heimische Industrie und Technik — trotz des Rohstoffmangels — und namentlich dank seiner Ausbildung war der Pionier imstande, sich schnell jeder technischen Anforderung anzupassen, obwohl der Weltkrieg eine Unmenge von Kampfmitteln der

Pioniertechnik erzeugt und wiederbelebt hat, von denen man sich bei Kriegsbeginn nichts träumen ließ. Alle anderen Waffen hatten im Frieden der Technik zu wenig Wert beigemessen; was im Anfang fehlte, war daher besonders das Verständnis für Pioniertechnik. Dant der militärischen Erziehung zu Selbständigkeit und Selbsttätigkeit überwand der deutsche Soldat dennoch im Wettkampf der Technik, trotz der Unterlegenheit der technischen Hilfsquellen alle Schwierigkeiten. Deutscher Angriffsggeist durchdrang die Pioniertechnik; der „Spaten“ hat die Offensive nicht ertötet, sondern sie erst ermöglicht.

Künftige Kriegsrüstung wird vorausschauend, die gewaltigen Mittel der neuzeitlichen Technik in den Dienst des Kampfes stellen müssen, persönlich und sachlich. Das kann nur eine mit der Technik verwachsene Truppe. Militärisch-technisches Können läßt sich nicht aus der Erde stampfen.

## VII. Luftkampf- und Aufklärungsmittel.

### a. Die militärischen Grundlagen.

Von Generalleutnant z. D. Schwarte.

So alt das Bestreben, sich das Luftreich untertan zu machen, so jung ist das Gelingen. — Jahrtausende vergingen, bis Mongolfiers Ballon einen Menschen in die Lüfte trug; 100 Jahre mußten vergehen, bis die Entwicklung der Technik das Luftfahrzeug in seiner Bewegung dem Willen des Menschen untertan machte. Kaum ein Jahrzehnt betrug die Zeitspanne, bis dem Luftschiff — leichter als die Luft — das Flugzeug — schwerer als die Luft und lediglich durch mechanische Kräfte getragen — sich zur Seite stellte und es in seiner Bedeutung überwand.

Schon den ersten unbeholfenen Ballon hatten sich die französischen Revolutionsheere für Kriegszwecke dienstbar zu machen gesucht; bis zum 20. Jahrhundert blieben die Bestrebungen ohne Bedeutung. Die dann einsetzenden gewaltigen, in kürzester Frist erreichten Fortschritte der Luftschiffahrt prägten sich am sichtbarsten in der Unschlüssigkeit aus, in welcher Gestalt man das Luftfahrzeug zu Kriegszwecken verwenden wollte. Darüber war man sich sofort klar: verzichten konnte auf die von ihm zu erwartende, gewaltige Unterstützung niemand; und weiter auch darüber, daß der freischwebende Kugelballon ohne Eigenbewegung als Kriegsmittel ausscheide. Hinsichtlich der anderen Formen schwankten die Anschauungen

außerordentlich; nur der an den Platz gebundene Fesselballon war in der Bewertung so stark zurückgetreten, daß man — und zwar in allen Heeren — mit seinem baldigen Ausschneiden rechnete. Bis zum Beginn des Weltkrieges hatte man sich dazu allerdings noch nicht entschließen können. Und gänzlich ungewiß war der Streit, ob Luftschiff oder Flugzeug!

So traten die Heere der kriegsführenden Mächte mit Fesselballon, Lenkluftschiff und Flugzeug in den Kampf. Daß man Großes von ihrem Einsatz erwarten könne, darüber war man sich klar; wie ungeheuer groß ihre Bedeutung werden und in welcher Richtung sie sich am stärksten ausprägen würde, darüber hatten die Friedensversuche kein sicheres Urteil ergeben können.

Frankreich und Deutschland, die Mächte mit der leistungsfähigsten Kriegstechnik, waren in der Entwicklung der Luftfahrzeuge führend gewesen. Frankreich hatte sich auf das halbstarre Luftschiffsystem festgelegt und daran festgehalten. In Deutschland war nach heftigem Widerstreit der Meinungen das halbstarre System ausgeschlossen; das starre System Zeppelins und das Prallsystem Parsevals hatten längere Zeit nebeneinander als — für verschiedene Aufgaben — gleichberechtigt gegolten. Allmählich aber hatte sich das starre System (Zeppelin und Schütte-Lanz) als das stärkere gezeigt. Auch in Frankreich war dessen Überlegenheit anerkannt; man hatte aber auf eine Systemänderung verzichtet (alle dahingehenden Versuche waren gescheitert), weil man in den Flugzeugen das überlegenere Kampfmittel zu erkennen glaubte und mit aller Energie sich dessen Ausbildung gewidmet hatte.

In Deutschland war, da es in den Zeppelinien eine den feindlichen Luftschiffen überlegene Waffe in seinem Besitz wußte, die Neigung zu den Flugzeugen anfänglich gering gewesen. Dann aber war, besonders vom Generalstab, auch deren Entwicklung und die Ausbildung der Führer und Beobachter stark gefördert worden. Den erheblichen Vorsprung der französischen Flieger und Flugzeuge hatte man aber nicht einholen können.

Auch über die Art der Verwendung der Luftfahrzeuge im Kriege waren naturgemäß die Anschauungen außerordentlich verschieden, da eine praktische Erprobung fehlte. Ein großes Tragvermögen, das sie zum Mitführen schwerer Angriffswaffen befähigt hätte, besaßen zwar die starren Lenkluftschiffe. Aber ihre ganze Konstruktion war nicht nach diesem Gesichtspunkt aufgebaut; so erblickte man auch in ihnen in erster Linie ein Aufklärungsmittel, das durch die Möglichkeit der Mitführung großer Betriebsstoffmengen einen erheblich größeren Wirkungsbereich, als die Flugzeuge besaß, die schon deshalb in der Aufklärungs- und Erkundungstätigkeit allein ihre Aufgabe sehen mußten.

Die dauernde Steigerung der Ansprüche, die im Kriege an die Luftfahrzeuge herantraten, und die Entwicklung, die sie insolge dieser immer schwierigeren Aufgaben nehmen mußten, entwickelten sich aus den Kampfvhältnissen. Da diese aber für alle Parteien in Wirkung und Gegenmaßregeln ziemlich gleich blieben, so mußten auch für den weiteren Ausbau der Luftfahrzeuge die allgemeinen Richtlinien bei allen Heeren ziemlich gleich bleiben.

Die Friedensverbände, aus denen sich im deutschen Heere die Feldformationen entwickelten, waren verhältnismäßig klein: 5 Bataillone Luftschiffer- und 4 Bataillone Fliegertruppen, zu denen in Bayern 1 Flieger- und 1 Luft- und Kraftfahrbataillon hinzutrat. Schon aus diesem geringen Friedensbestande zeigt sich, daß die deutsche Heeresverwaltung die gewaltige Bedeutung der neuen Waffe nicht erkannt hatte. Die von ihnen aufgestellten Feldluftschiffer-Abteilungen traten zu den oberen Kommando-behörden (Armee-, General- und Divisionskommandos); eine leitende Stelle bei der Obersten Heeresleitung fehlte. Das machte sich empfindlich geltend, als sofort ein ganz ungeheurer Bedarf an Luftfahrzeugen eintrat. Glaubte man bis dahin, sie als willkommene Ergänzung der strategischen Aufklärung der Kavallerie einschätzen zu sollen, so zeigte die Praxis die umgekehrte Bewertung und bald die fast allein entscheidende Rolle der Luftfahrzeuge auf diesem Gebiet.

Zu der Notwendigkeit der schnellen Deckung des gewaltigen Bedarfs traten als weitere Schwierigkeiten die mangelnden Vorbereitungen der Fabriken für den Kriegsfall, die plötzliche — nicht überlegt geregelte — Einziehung geschulter Arbeiter und der sehr hohe Bedarf der darin stark rückständigen Bundesgenossen. Erst als in der Person des Feldflugchefs und später des Kommandierenden Generals der Luftstreitkräfte eine Zentralstelle für alle Zweige des Luftkampfes geschaffen war, konnten eine wirklich großzügige Organisation, eine einheitliche militärische Verwendung und damit auch wirklich große Erfolge erzielt werden.

Bei Kriegsbeginn erblickte man die fast einzige Aufgabe aller Luftfahrzeuge in der Aufklärung; einige beigegebene kleine Abwurfbomben konnten kaum als Waffe angesehen werden; eine Handfeuerwaffe sollte nur zur Verteidigung bei einer Notlandung dienen.

Die eigenen großen Erfolge bei der Lufterkundung gaben bald schon eine richtige Bewertung der auch dem Gegner erreichbaren Ergebnisse und bewiesen damit die Notwendigkeit einer sofortigen energischen Abwehr der Lufterkundung. Das einzige Hemmnis für eine direkt entscheidende Wirkung der Luftaufklärung war der Mangel einer unmittelbaren Verständigung zwischen Luftfahrzeug und Kommandostelle; daß aber nur eine kurze Zeit vergehen würde, bis an Stelle der fast immer versagenden einfachen Signal-

mittel die Funkentelegraphie einspringen würde (bis dahin war sonst Rückflug mit Abwurf der Meldung notwendig), wußte man; spätestens bis zu diesem Zeitpunkt mußten die Einrichtungen zur Abwehr sicher arbeiten. Eine gegenseitige Bekämpfung war vorläufig ausgeschlossen — die Abwehr erfolgte von der Erde aus. Schon bald erzielte sie den Erfolg, Luftschiffe und Flugzeuge zu einer größeren Steighöhe zu zwingen. Das war zunächst nur für die Eindecker-„Taube“ gefährlich, deren schwache Motore ihnen kaum 800 m Steighöhe gaben. Als diese nicht mehr als Schutz genügte und über 1200 m, bald bis auf 2000 m gesteigert werden mußte, hörte die Verwendungsmöglichkeit der „Taube“ gänzlich auf.

Auch die starren Luftschiffe, deren die Oberste Heeresleitung bei Kriegsbeginn sechs nach Zeppelin- und eins nach Schütte-Lanz-System besaß, erlagen bald. Bei ihrem großen Umfang boten sie den Flakgeschützen auch in größerer Höhe ein besonders großes Ziel und ebenso den bald schon zu gleichen Steighöhen befähigten Flugzeugen; sie erlitten starke Verluste, denen sie zunächst durch Verlegung der Flügel in die Nachtzeit zu entgehen suchten; und als auch das nicht ausreichte, mußten sie die doch teilweise recht erfolgreichen Fahrten einstellen. Die ganz anderen Verhältnisse im Seekrieg ließen sie dort bis zum Kriegsende mit besten Erfolgen in Tätigkeit (siehe Abschnitt B, VIII).

Infolge der von den Flak erzwungenen großen Steighöhe der Luftfahrzeuge zeigte sich das unbewaffnete und auch das bewaffnete Auge für die genaue Erkundung nicht mehr ausreichend. Die photographische Dunkelkammer mußte an seine Stelle treten, leistete bald schon gutes, mußte aber gleichfalls der dauernd zunehmenden Steighöhe entsprechend ohne Unterbrechung leistungsfähiger gestaltet werden — die deutsche Optik und ein sorgsam ausgebildetes Lichtbildwesen wuchsen mit den ihnen gestellten Aufgaben (siehe Abschnitt A, V).

Je mehr die Steighöhe verbessert wurde, desto geringer wurden die Erfolge der Abwehr der Austerkundung von der Erde aus. Das konnte nur ausgeglichen werden durch eine wirkungsvolle Bewaffnung der Flugzeuge, die eine gegenseitige Bekämpfung ermöglichte. Ein Schnelladegewehr genügte selbstredend nicht; ein automatisches Schnellfeuergewehr war Vorbedingung, aber bei der Behinderung durch die Bauelemente des Flugzeugs und der Propeller schwer einzubauen. Schließlich gelang die Lösung auf verschiedenen Wegen.

Sobald aber eine verwendungsfähige Waffe in den Flugzeugen zum Kampf zur Verfügung stand, wurde vielfach gekämpft und die Erkundungstätigkeit zurückgestellt. Diese durfte aber nicht leiden; im Gegenteil stellte der immer schärfer in die Erscheinung tretende Stellungskrieg mit seiner Notwendigkeit der Kleinerkundung dauernd schwierigere Anforde-

rungen — damit trat der Zwang zu einer Scheidung der Aufgaben der Flugzeuge und, von diesen beeinflusst, der Bauart derselben ein: Aufklärungsflugzeuge für die Erfüllung der Luftklärungstätigkeit dort und Kampf- oder Jagdflugzeuge zu deren Schutz hier.

Zu ihnen gesellten sich sehr früh als besonderer Typ Artilleriefieger, deren Arbeitsleistung in einem Sondergebiet der Beobachtungstätigkeit, dem Ein- und Wirkungsschießen der Artillerie, lag, und die ihrerseits durch Kampfflieger in dieser Tätigkeit geschützt werden mußten.

Wohl ist in diesen Unterschieden nicht ausgesprochen, daß Arbeits- und Schutzflugzeuge sich ausschließlich ihrer Spezialaufgabe widmen sollten. Je nach eintretendem Bedarf mußten sie in der Gemeinsamkeit des Zwecks auch zu einheitlich gemeinsamer Kampfstätigkeit in besonders gefährlichen Augenblicken befähigt sein. Immerhin war aber die Ausstattung nach ihrer verschiedenen Bestimmung verschieden; die Bauart des Flugzeugs mußte sich der Hauptaufgabe anpassen.

Die Beobachtungsziele der Artilleriefieger wurden andauernd weiter gesteckt. Die Notwendigkeit, das Gelände hinter den feindlichen Stellungen bis tief in das rückwärtige Gebiet mit allen seinen wichtigen Kriegseinrichtungen (Lagern, Ortschaften, Depots, Magazine, Straßen und Bahnen, Flughäfen, Fabriken usw.) zu beschließen, wurde besonders dann fühlbar, wenn man Vorbereitungen für feindliche Angriffe zu bemerken glaubte. Das Einschießen und die Leitung des Feuers konnte in seltenen Fällen von Fesselballonen, bei weit entfernten Zielen aber nur von Flugzeugen aus erfolgen, die über demselben oder seiner näheren Umgebung blieben. Die Durchführung dieser Aufgabe wurde aber erst möglich, nachdem die Ausstattung der Flugzeuge mit Funkstationen gelungen war. Anfangs war das nur in Gestalt von Sendestationen geglückt; doch hatte das schon die Flugzeuge leistungsfähig gemacht. Jetzt, wo durch Empfangsstationen auch der dauernde Austausch von Meldungen und Befehlen möglich geworden war, waren die Artillerieflugzeuge zum entscheidenden Hilfsmittel der Artillerie geworden.

Aber auch die Fernaufklärungsflugzeuge gewannen durch den Einbau der Funkstationen erst ihre volle Wirksamkeit. Einmal trafen die Feststellungen über die Verhältnisse beim Gegner schon im Augenblick des Erkennens ein; die Möglichkeit des gegenseitigen Austausches erlaubte jetzt auch die Ausnutzung der Beobachtung durch Änderung oder Erweiterung der Aufträge ohne vorherige Rückkehr zum Flughafen.

War die Funkentelegraphie für die Artillerie- und Fernerkundungsflugzeuge das unentbehrliche Hilfsmittel geworden, so brachte die Nahaufklärung eine Steigerung der Ansprüche nach anderer Richtung. Größere Ziele und Bewegungen größerer Massen, starken Zugverkehr und ähnliche

Wahrnehmungen gab es bei der ständig zunehmenden Ausdehnung im Stellungskrieg nicht. Hier wurde eine weitgehende Kleinarbeit nötig, um aus den Veränderungen der Stellungen, der Batterien, der Befehlsstellen usw. die notwendigen Rückschlüsse und die Unterlagen für die eigenen Maßnahmen zu ziehen. Die kleinsten Ziele, deren Erkennen notwendig wurde, entzogen sich aus der großen Höhe dem Auge des Beobachters; ein Herabgehen zu Feststellungen verbot sich in der Regel durch die dauernd auf der Lauer liegende Flugabwehrartillerie. Die an sich gute Fliegerkamera, die mit Hand und Auge betätigt wurde, reichte nicht mehr aus. Größere, schärfer arbeitende Kammeren mußten an ihre Stelle treten, die am Flugzeug aufgehängt, senkrecht von oben das Gelände mit seinen Umgestaltungen aufnehmen konnten — sei es als Einzelaufnahme auf Platten, sei es — später — als Reihenaufnahme auf das Filmband. Das untrügliche Okular war dem Erkundungsoffizier das einzige, wirklich einwandfreie Feststellungen bringende Hilfsmittel; aus den Höhen von 7000 m und darüber verfasste das Auge ganz. — Der Wert der Ergebnisse dieser Aufklärungsfahrten war so groß, daß die Anlagen der Stellungen in weitestgehender Weise dieser Gefahr entzogen werden mußten. Die — anfangs recht kümmerlichen — Masken, Scheinanlagen, Bedeckungen usw. mußten mit peinlichster Sorgfalt ausgeführt werden, wenn sie nicht sofort der Artillerie zum Opfer fallen sollten. Ihre Anlage wurde allmählich zu einer direkten Kunst und mit kontrollierender Hilfe der eigenen Flieger so hoch gesteigert, daß selbst die Bildaufklärung vielfach getäuscht wurde. Kam es dadurch zu einer gewissen Verminderung des Wertes der Fliegererkundung, so blieben die Ansprüche des Kampfes unvermindert; jede Vernachlässigung der Leistungsfähigkeit der Flugzeuge und jede Verringerung ihrer Zahl würde die beiderseitigen Chancen stark verschoben haben.

Aber auch mit dieser Gliederung in Fern- und Nahaufklärung, Lichtbilderkundung, Artilleriefuerleitung und Kampf zum Schutz der Arbeitsflugzeuge, zur Sicherung des Frontgebiets und zur Deckung des Heimatgebiets waren die Aufgaben und, von ihnen ausgehend, die Ausgestaltung der Flugzeugtypen noch nicht abgeschlossen.

So weit auch jetzt schon die Aufklärungsflugzeuge in das feindliche Hinterland vorstießen — über ein bestimmtes Maß hinaus ließ sich ihr Flug nicht steigern, da das Tragvermögen nur eine bestimmte Menge Betriebsstoff mitführen ließ. Je höher dasselbe gesteigert wurde, desto weiter ging der Aktionsradius, desto eher bot sich aber auch die Möglichkeit einer Steigerung der mitgeführten Angriffsmittel, der Abwurfbomben. Der Zwang dazu entstand aus der Notwendigkeit von Gegenmaßnahmen gegen feindliche Bombenangriffe und Zerstörung der wichtigen Kampfanlagen (vor allem der Munitionsparks und Verpflegungsmagazine) hinter

der Front. Mit dem Augenblick, wo das Tragvermögen der Großflugzeuge oder, im letzten Kriegsjahr, der Riesenflugzeuge genügte, um neben einer großen Menge Betriebsstoff ausreichend viele Wurfbomben von starker Wirkung mitzuführen, wurden die Luftschiffe wirklich überflüssig. Durch die Steigerung der Abwurfbomben von ursprünglich 4,5 kg auf 100, 300 und 1000 kg war eine starke Wirkung um so mehr gesichert, als gut durchgebildete Zielvorrichtungen auch eine ausreichende Treffgenauigkeit gewährleisteten.

Zu der Ausnutzung als Angriffswaffe im Fernkampf entwickelte sich aus den Kampfverhältnissen heraus schließlich auch der Einsatz des Flugzeugs im Nahkampf — zunächst als Aufklärungs- und Nachrichtenmittel, dann aber auch als Kampfgerät.

In den Staub- und Rauchwolken des den Ansturm einleitenden und begleitenden Trommelfeuers versagten alle sonst eingeführten Verständigungsmittel zwischen der Infanterieschützenlinie und den weiter zurück befindlichen Führerstellen. Der Gebrauch der Gas-, Nebel- und Rauchgeschosse steigerte diese Schwierigkeit aufs höchste. So stellte man dem Flugzeug die Forderung, aus den von den Rauch- und Staubwolken nicht beeinflussten Höhen herab die Verbindung aufzunehmen. Da die unteren Kommandostellen über keine Funkenstation verfügten, mußten die Flugzeuge für diese Aufgabe wieder mit einfacheren Signalmitteln ausgestattet werden. — Die kleinen Infanterie-Flugzeuge erfüllten schon nach kurzer Zeit in einwandfreier Weise ihre Aufgabe, obschon diese sie fast immer vor die Notwendigkeit stellte, tief herunter zu gehen, und sich damit nicht nur dem Abwehrfeuer der Artillerie, sondern auch dem der Gewehre und Maschinengewehre auszusetzen. Wenn ihr Tragvermögen auch gering war, so gelang es ihnen doch vielfach, den bei feindlichen Anstürmen zeitweise abgeschnittenen Truppenverbänden Verpflegung und Munition durch Abwurf zuzuführen und sie bis zum Entfah zur Abwehr und zum Aushalten zu befähigen.

Diese guten Erfolge der Infanterieflieger reizten zu einer Ausgestaltung ihrer Aufgabe, und diese forderten wieder eine Umänderung des Flugzeugs. Schon während der Kämpfe der Jahre 1916 und 1917 nutzten einzelne Flieger, eigene und feindliche, günstige Gelegenheiten aus, um in Marschkolonnen von Truppen und Fahrzeugen, in Truppenversammlungen usw. durch Maschinengewehrfeuer und Abwurfbomben Verwirrung zu bringen. Das war vielfach geglückt und trieb zu dem Versuch, mit den an sich schon niedrig fliegenden Infanterieflugzeugen durch noch tieferes Heruntergehen in den Infanteriekampf selbst einzugreifen. Die Ausstattung mit mehreren Maschinengewehren und besonderen Inf.-Bomben, gab ihnen dazu die Möglichkeit, die sich tatsächlich schnell zu

einer wirkungsvollen Teilnahme am Kampf aller Waffen auszuweichen konnte.

Je größer die aus diesem Eingreifen in das Gefecht erwachsende Gefahr wurde, desto stärker wurde naturgemäß auch das Streben der Truppe, sich durch Steigerung des Abwehrfeuers ihrer zu erwehren. Umgekehrt suchte die Technik dem Infanteriefieger ein Flugzeug zu geben, das diesem Abwehrfeuer gegenüber unempfindlich war und, soweit möglich, ihm selbst Schutz geben sollte. Der deutschen Technik gelang es, ein derartiges Flugzeug herzustellen, das sich durch seine spannungslose Bauart und seine Panzerung für den Bodenkampf in hervorragendem Maße geeignet erwies.

Außerordentlich verschieden waren also die Aufgaben, die an die neue Luftkampfwaffe herantraten, außerordentlich groß die Typen, die die Technik schuf, um ihnen gerecht zu werden. Den Aufgaben mußten sich nicht nur der Bau des Flugzeugs und seines Motors, die verschiedene Ausstattung mit Kampf- und Kampfhilfsmitteln, sondern auch der taktische Einsatz und die taktischen Kampfformen anpassen. Die Fliegertruppe wurde diesen Aufgaben in hervorragendem Maße und stärkstem persönlichen Einsatz gerecht — sie trug prozentual bei weitem die schwersten Opfer; aber auch die deutsche Technik hat den Wettstreit mit den Gegnern bestanden. Das war um so schwerer, als beide, Kämpfer und Technik, gegen eine ungeheure Übermacht zu kämpfen hatten; diese zu überwinden, ist ihnen verfallen geblieben, weil das Heimatland in sich nicht die dazu nötigen Kraftquellen barg.

Wie das Luftschiff aus einer gewissen Überschätzung bei Kriegsbeginn durch die Entwicklung der Kampfverhältnisse zum schließlichen Ausscheiden gezwungen wurde, so brachten diese den anscheinend zum Verschwinden bestimmten Fesselballon zu neuer Bedeutung. Beim Vormarsch 1914 hatten die Feldluftschiffer-Abteilungen mit den Kolonnen nicht Schritt halten können und insolge dessen verfiel. Der Stellungskampf mit der Forderung ununterbrochener Beobachtung kleinster Ziele drängte zum Versuch, die Erdbeobachtung nicht nur durch Flieger, sondern auch durch Ballonbeobachtung zu ergänzen. Besonders wußten die Franzosen durch Masseneinsatz und durch geschicktes Zusammenarbeiten aller Beobachtungsmittel sie in hervorragender Weise zu entwickeln. Die übrige Heere mußten sich anschließen. Eine von England ausgehende konstruktive Verbesserung des Parseval-Sigsfeldschen Ballons erhöhte sein Steigvermögen und seinen ruhigen Stand; die Ballonkamera trat an Stelle des Auges und überbrückte Entfernungen über 25 km hinaus — so wurde der Fesselballon neben dem Flugzeug ein unentbehrliches Hilfsmittel für Führung und Artillerie.

Der wachsenden Wichtigkeit entsprach aber sehr bald auch die Stärke der Abwehrmittel von gegnerischer Seite; sie wurden ein Hauptziel der Kampfflugzeuge des Gegners. Da der Ballon selbst Kampfwaffen nicht führen konnte, mußten andere Organe seinen Schutz übernehmen: Abwehrfeuer (Flaks, Gewehre und Maschinengewehre) von der Erde und Kampfflugzeuge der eigenen Partei. Immerhin blieb bei der Größe des von ihm dargestellten Ziels und der Eigenart der gegen ihn verwendeten Geschosse die Gefahr des Inbrandschießens und des Absturzes sehr groß: der Fallschirm wurde dem Beobachter als letztes Rettungsmittel gegeben. (Gute Erfolge führten zu seiner Überweisung auch an die Flugzeuge.) Hand in Hand mit der steigenden Bewertung des Fesselballons gingen sehr bald auch die Bestrebungen, ihn beweglicher zu machen. Die Konstruktion eines entsprechenden Windewagens befähigte ihn, bei den großen Offensiven des Jahres 1918 der Infanterie zu folgen.

Für die Benützung der Luftfahrzeuge zeigte sich immer der Einfluß des Wetters bis zu einem bestimmten Grade maßgebend. Das blieb in stärkerem oder geringerem Umfange für alle Arten derselben und mußte Veranlassung zur Anlage von Wetterstationen sein. Der aus kleinen Verhältnissen heraus sich entwickelnde Heereswetterdienst mußte seine Organisation über alle Kriegsschauplätze ausdehnen; seine Aufgaben gestalteten sich um so schwieriger, als der wichtige Zusammenhang mit den ausländischen Wetterwarten naturgemäß bei Kriegsbeginn aufgehört hatte.

Der dauernd an Wert und Einfluß auf die Kampfhandlungen wachsende Luftkampf- und Aufklärungsdienst zwang schon sehr früh, abgesehen von der gegenseitigen Bekämpfung der Luftfahrzeuge, zu besonderen Abwehrwaffen, zu Maschinengewehren und Geschützen eigenartiger Konstruktion, mit Sondermunition und besonderen Zielvorrichtungen. Die im Frieden noch in Anfängen stehenden Flugabwehrgeschütze (Flak) mußten in zahlreichen Konstruktionen und mit besonderen Richtvorrichtungen an der Front, in der Etappe und in der Heimat, ganz besonders zum Schutz der größten Industriewerke, der Luftschiffhallen, der großen Verkehrsbauten usw., in Tätigkeit treten. Sie haben allerdings trotz weitgehender Organisation die Tätigkeit der feindlichen Flugzeuge nie ganz verhindern, aber doch ganz erheblich einschränken können.

Die Bedeutung der Luftfahrzeuge im heutigen Kriege kennzeichnet sich am besten durch Zahlen: Mit 50 bis 60 Flugzeugen ging das deutsche Heer 1914 in das gewaltige Ringen; im Herbst 1918 waren, trotz der außerordentlich schweren Verluste — auch an Material —, etwa 2000 Flugzeuge dauernd flugbereit; die 8 Feldluftschifferabteilungen des Jahres 1914 wuchsen sich bis Herbst 1918, gleichfalls trotz stärksten Materialverlustes, zu 182 Ballonzügen aus.

Im Anschluß an die eigentliche Erfindungstätigkeit entwickelte sich, zur schnellen Ausnutzung der durch die Flieger- und Ballonkamera gewonnenen Feststellungen, das Lichtbildwesen zu einem Sonderdienstzweig, der für die Anordnungen der Führer und das Kartenwesen der Armee sehr bald unentbehrlich wurde (vgl. Abschnitt A, V).

Die Anforderungen des Krieges waren wohl auf keinem Gebiet der Waffen so außerordentlich hoch und verschieden, wie bei den Luftkampf- und Aufklärungsmiteln. Sie stellten an die Werke der Heimat ganz ungeheure Anforderungen, die sie, nach Maßgabe der vorhandenen Rohstoffe, in hervorragender Weise erfüllt haben. Die Friedensbedingungen unter- sagen Deutschland Luftkampf- und Abwehrwaffen für die Zukunft ganz — einen besseren Beweis für ihre gewaltigen Leistungen im Kriege hätten die Gegner kaum geben können. Was die Technik für Kriegszwecke in reichster Fülle schuf, wird nunmehr der Friedensverwendung der Luftfahrzeuge zugute kommen; ihr Eintritt in die Reihe der großen Verkehrsmittel hat begonnen.

## b. Die technische Ausführung.

### 1. Luftschiffe und Feldluftschiffergerät.

Von Hauptmann Willkens.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 9.)

#### Die Luftschiffe.

Die großen Hoffnungen, die man in der Armee an die Verwendung der Luftschiffe geknüpft hatte, gingen nicht ganz in Erfüllung. Wir sehen bereits im Dezember 1916 eine Einschränkung und im Anfang August 1917 die vollständige Einstellung der Heeresluftschiffahrt.

Nicht ein Versagen der Technik in der Weiterentwicklung dieser Waffe war der Grund. Die Marine hat bis zum Schluß des Krieges von ihren Luftschiffen erfolgreichen Gebrauch gemacht und die Kriegserfahrungen haben gelehrt, daß das Luftschiff für sie eine wertvolle Waffe ist. Es bleibt deshalb der Marine vorbehalten, auf den Bau der Schiffe, ihre Weiterentwicklung und ihre Verwendbarkeit einzugehen (siehe Teil B, VIII). Die Armee hat sich der Luftschiffe aber, besonders bei Kriegsbeginn, mit Erfolg bedient, darum muß ihrer hier Erwähnung getan werden.

Ganz kurz streifen möchte ich das „Versagen“ im Landkrieg. Dem Luftschiff waren zwei Aufgaben zugebacht: zunächst vornehmlich die strategische Aufklärung, dann der Angriff auf besonders große Ziele, die in der ersten Zeit des Krieges für Flieger unerreichbar waren; dazu waren Tag- und Nachtfahrten notwendig oder angebracht.

Das Luftschiff bot wegen seiner Größe und seiner verhältnismäßig geringen Geschwindigkeit selbstverständlich ein lohnendes Ziel für die sich immer mehr entwickelnden und vervollkommnenden Flugzeuge und Abwehrwaffen; ein voller Erfolg war nur gewährleistet, wenn von vornherein das Moment der Überraschung sichergestellt war. Es ist einleuchtend, daß dies bei Anmarsch über See leichter war als über Land. Die Spionage im besetzten Gebiet, der bei den Feinden ausgezeichnet organisierte Flugmelbedienst, das Überschreiten der feindlichen Front mit ihrem Gürtel von Fliegerstationen, Scheinwerfern, aufs genaueste eingeschossenen Abwehrgeschützen, die Möglichkeit die ganze Fahrt der Schiffe über feindliches Gebiet zu verfolgen — schlossen eine Überraschung aus; die Abwehr konnte in vollem Umfange in Tätigkeit treten, die Verluste waren dementsprechend groß — und wogen schließlich den Einsatz an Material und Personal nicht mehr auf.

Zu Beginn des Krieges verfügte die Armee über die Schiffe Z. 4, Z. 5, Z. 6, Z. 7, Z. 8, Z. 9 (Bauart Zeppelin); S. L. 2 (Bauart Schütte-Lanz). Dazu kamen noch die von der Deutschen Luftschiffahrt A.-G. (Delag) übernommenen Zeppelinische Schiffe „Sachsen“, „Victoria-Luise“, „Hanfa“ und ein Prallluftschiff P. IV. (Bauart Parfival). Die Größe der Schiffe starrer Bauart betrug rund 20 bis 25 000 cbm; ihre Geschwindigkeit etwa 75 km/std, die Kriegsfahrtshöhe höchstens 2400 m. An Besatzung waren 10 bis 20 Mann, an Abwurfballast etwa 800 bis 1000 kg mitführbar.

Gleich die ersten Aufklärungs- und Angriffsfahrten im Westen zeigten, daß der Einsatz bei Tage zu kostspielig war; Z. 6, Z. 7, Z. 8 erfüllten zwar ihre Aufträge, kamen aber in Verlust, teilweise durch eigene Abwehrwirkung infolge der zu Beginn des Krieges herrschenden Verrofität gegenüber allen Luftfahrzeugen.

Im Osten dagegen, wo die Abwehr geringer, leisteten Z. 4, Z. 5, „Sachsen“ und S. L. 2 vorzügliche Dienste.

Die Technik stellte sich auf Grund der Kriegserfahrungen die Aufgabe, die Leistungen der Schiffe in bezug auf Erreichung größerer Höhen, größerer Geschwindigkeit und Vermehrung der Tragfähigkeit zu heben, um die Abwehr zu erschweren und die Wirksamkeit des Angriffs zu erhöhen. Der Rauminhalt der Schiffe stieg auf 32 000 bis 35 000, zuletzt bis auf 55 000 cbm; die Zahl und Stärke der Maschinen wuchs von 3 mit je 180 PS, auf 4 mit 220 bis 240 PS, schließlich auf 5 mit 240 PS Leistung an. Die Form des Schiffkörpers und der Gondeln wurde verbessert, um den Luftwiderstand zu verringern, die Steuerorgane abgeändert, die Propeller wurden günstiger und zwar hinter den Gondeln angeordnet, und andere Vervollkommnungen mehr. Die erstrebte größere Leistungsfähigkeit wurde erreicht — Höhen bis 7000 m und Geschwindigkeiten bis

90 km/std —, trotz alledem waren die Verluste so groß, daß sie sich mit dem Zugang durch Neubau auf gleicher Höhe hielten.

Welch gefährlichste Waffe unsere Luftschiffe waren, ist allbekannt; ich möchte hier nur einiger Sonderleistungen Erwähnung tun, die den Erbauern der Schiffe wie ihren Kommandanten nebst Besatzung gleiche Ehre antun.

An dem Handstreich auf Lüttich beteiligte sich ein Luftschiff durch Bewerfen der Stadt am 6. 8. 1914. Die erste eigentliche Angriffsfahrt auf eine Festung — Antwerpen — erfolgte am 24. 8. 1914 mit L. Z. 9; die ersten erfolgreichen Angriffe auf Paris mit L. Z. 35 und mit L. Z. 10 am 20. 3. 1915; der erste auf London mit L. Z. 38 am 31. 5. 1915. Am 10. 8. 1915 griff in 1200 km Fahrt L. Z. 79 Breit-Litowsk an, am 24. 9. 1916 L. Z. 81 Butarest. Drei Fahrten machte L. Z. 85 gegen Saloniki (am 31. 1. 1916, 17. 3. 1916, 4. 5. 1916), eine am 1. 11. 1916 L. Z. 97 gegen Butarest. L. Z. 101 ist erwähnungswert wegen seiner Fahrten im Schwarzen Meer und gegen die rumänischen Festungen sowie gegen Mudros auf Lemnos. Zwei Fahrten wurden unter Benützung des Spähtorbes\*) ausgeführt. L. Z. 13 griff am 17. 3. 1915 Calais in dieser Weise an; L. Z. 107 am 16. 2. 1917 Boulogne. — Eine Dauer-Rekordfahrt vollführte L. Z. 120, das in 101 stündiger Fahrt\*\*) über der Ostsee ausflarte. —

### Das Feldluftschiffergerät.

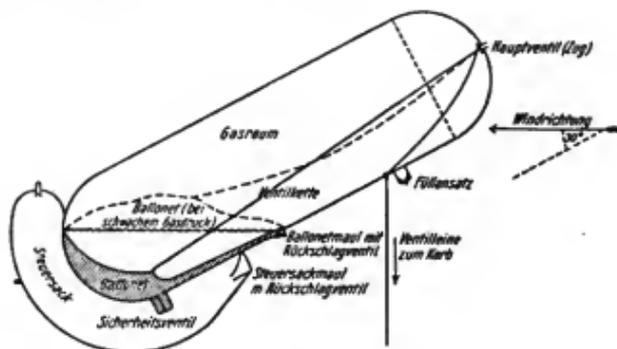
Zu Beginn des Krieges rückte die Feldluftschiffertruppe mit 8 preussischen und 2 bayerischen Feldluftschifferabteilungen ins Feld; für den Festungskrieg waren außerdem 17 Festungsluftschiffertrupps aufgestellt. Die mit der Entwicklung der Flugzeuge nicht nur in Deutschland wachsende Abneigung gegen die Verwendung der Fesselballone als Beobachtungsmittel nahm in der Zeit des Bewegungskrieges zu, hauptsächlich wegen der geringen Beweglichkeit der Abteilungen insolge Schwerfälligkeit ihrer Fahrzeuge, und weil die kämpfende Truppe vom Frieden her nicht an ein Zusammenarbeiten mit ihnen gewöhnt war, so daß man ernstlich erwo, den Ballon als Aufkundungsmittel ganz auszuschalten. Während man noch das Für und Wider in der Heimat erwo, liefen die ersten Erfolgsmeldungen von der inzwischen zum Stillstand gekommenen Front ein.

\*) Der „Spähtorb“ ist eine rischförmige kleine Beobachtungsgondel, die an einem Stahlseil aus dem Luftschiff herabgelassen und wieder hochgezogen werden kann. Er ermöglicht, daß das Schiff über einer Wolkenbede fährt, während sich der Beobachter unter derselben befindet und Kurs und Bombenabwurf durch Fernsprecher leitet.

\*\*) Die englische, als besondere Leistung bezeichnete Ozeanfahrt im Juli 1919 des nach deutschen Mustern erbauten „R 34“ erforderte nur 92½ Stunden Fahrtdauer, ist also von einem älteren deutschen Luftschiff vor 2 Jahren übertroffen worden.

Diese mehrten sich mit der Zeit so, daß man bald an eine Vermehrung der Abteilungen und vor allem an eine Verbesserung und Weiterentwicklung des Gerätes ging, das seit Einführung der Lenkluftschiffe und Flugzeuge sowohl für die militärischen Stellen als auch für die Industrie an Bewertung verloren hatte.

Die Feldluftschifferabteilungen — die Festungsluftschiffertruppen wurden allmählich in solche umgewandelt — verfügten über einen aufstiegbereiten Ballon, einen Erfahballon und einen dritten bei der Gascolonne; die Füllung bildete Wasserstoffgas, das Hochlassen und Einholen erfolgte fast ausschließlich mit Handwinden.



Fesselballon Parzeval-Sigsfeld.

Der Ballon war der im Jahre 1894 versuchte und 1896 in der deutschen Armee eingeführte Drachenballon: Bauart Parzeval-Sigsfeld (siehe vorstehende Skizze und Tafel 9,1).

Diese beiden Erbauer hatten den langgehegten Gedanken verwirklicht, vom „gefesselten Kugelballon“ mit seinen leicht erklärlichen Nachteilen der Form abzugehen und einen günstigeren, langgestreckten zylindrischen Körper mit halbtugeligen Enden so zu fesseln, daß er mit dem Kopfe stets dem Winde entgegengerichtet, unter einem Winkel von 30° zur Horizontalen in der Luft ruhte, und seine Bauchfläche eine Drachenwirkung ausübte. Die dazu erforderlichen drei Hauptbedingungen, Bewahren der prallen Form, Einstellung mit der Längsachse in die jeweilige Windrichtung und Beibehalt der günstigen Drachenstellung bei jeder Windstärke und auch bei Windstille, wurden erfüllt. Die Erhaltung der starren Form durch inneren Überdruck besorgt das Ballonet, das sich durch den Wind selbsttätig mehr oder weniger mit Luft füllt (Ballonetmaul). Die Einstellung in die jeweilige Windrichtung wird

erreicht durch Fesselung des Ballons genau in der Mitte und zwar im vorderen Drittel; außerdem durch ein unstarres, als Hohlförper ausgebildetes Steuerorgan aus Stoff, den Steuerfack, der sich ebenfalls selbsttätig durch ein Maul (das Steuerfackmaul) mit Luft füllt und durch inneren Überdruck seine Form bewahrt. Zur Bremsung starker feilscher Bewegungen, die nicht völlig vermieden werden konnten, wird ein Drachenschwanz mit Gabelseile und Windtuten angebracht. Dadurch, daß man den Fesselpunkt bis zu einem gewissen Grade verschiebbar einrichtete — durch Anbringung an einer Gleitrolle, die auf dem sogenannten Kreuzstück der Fesselung vor- und rückwärts gleiten kann —, erfüllte man die dritte Forderung. Die zur Stabilisierung und zur Aufhebung der durch den Drachenschwanz als unwillkommene Nebenwirkung hervorgerufenen Versehung notwendigen „Segelfläche“ wurden ebenfalls nur aus Stoff genommen, und zwar entweder als sich im Winde selbststraffende Flächen oder als durch Bambusstangen gehaltene Dreiecke. Zur Anbringung der Latelung — des gesamten Leinenwerks für die Fesselung und die Aufhängung des Korbes — dient der rings um die Hülle, gleichlaufend mit der Längsachse, unterhalb der Mittellinie angebrachte, aus Segeltuch gefertigte, etwa 25 cm breite Gurt.

Die Aufhängung des aus spanischem Rohr geflochtenen Korbes erfolgt wie beim Freiballon durch einen eisernen Korbring.

Die oben erwähnte Fesselung unter einem Winkel von  $30^\circ$  zur Horizontalen, die die Drachenwirkung des Ballons erhöhen sollte, war, wie die Kriegsverwendung bald lehrte, ein Konstruktionsfehler; sie vermehrte nur die Versehung des Ballons auf Kosten der Steighöhe.

Der Ballonstoff bestand zu Beginn des Krieges aus feinsten Baumwolle, doppelt genommen; der obere zum Schutz gegen die Einwirkung des Sonnenlichtes gelb gefärbte Stoff ist diagonal mit einer Kautschuklösung auf den unteren ungefärbten Stoff aufgewalzt. Die einzelnen Bahnen werden genäht; die Nähte mit gummierten Stoffstreifen innen und außen verklebt.

Die Abmessungen des Ballons waren: Länge mit Steuerfack 24 m, Durchmesser 6,40 m; sein Rauminhalt 600 cbm.

Die zunächst Verwendung findende Handwinde hatte Kurbelbetrieb. Zu ihrer Bedienung sind 8 Mann erforderlich, die an den vier Kurkeln mit Ablösung angestellt werden. Der Mechanismus ist so eingerichtet, daß die Kurbelwellen mit ihren Zahnrädern entweder unmittelbar die Trommelachse in Drehung versetzen oder durch Einwirkung besonderer Vorbelege mittelbar auf diese wirken. —

Die vom Ballon rechnerisch zu erreichende Steighöhe von 1000 m mit einem Beobachter wurde selbst bei Neufüllung kaum je erlangt, und

ließ nach einigen Aufstiegen erheblich nach; die Sichtweite war insolge dessen, besonders bei bergigem Gelände, nicht bedeutend, die mindestens notwendigen Aufklärungsentfernungen wurden selten überbrückt. Mit der Handwinde war es nur bei mittlerem Winde möglich, den Ballon genügend schnell einzuholen; bei einem Zuge von 1000 bis 1500 kg dauerte das Einholen aus 1000 m Höhe fast eine Stunde, so daß man zu dem Hilfsmittel des Niederlegens mit der Seilrolle greifen mußte. Den Anforderungen des neuzeitlichen Krieges genügten also die beiden Hauptteile der Ausrüstung nicht mehr.

Verglich man die Leistungsfähigkeit einer Abteilung infolge dieser Rückständigkeit des Gerätes mit dem zu ihrer Arbeitsmöglichkeit (einschl. Gastkolonne) benötigten Troß von 10 Offizieren, 270 Mann, 194 Pferden, 35 Fahrzeugen, so konnte man sich nicht wundern, daß bald wieder die Frage auftauchte: „Lohnt sich das?“

Dieses für die Angehörigen der Truppe peinliche Gefühl, trieb die verantwortlichen Abteilungskommandeure im Felde dazu, soweit es in ihrer Kraft stand, wenigstens durch erhöhte Ausnutzung des mitgeführten Gerätes einen gewissen Ausgleich zu schaffen und die Mängel an diesem selbst zu beseitigen oder möglichst zu verringern. Man stieg mit 2, 3 oder gar 4 Ballonen bei einer Abteilung auf. Der naheliegende Gedanke, die Menschenkraft bei Bedienung der Winde durch Motorkraft zu ersetzen, ließ Umschau halten nach Maschinen, die durch einfachen, felbmäßigen Umbau als Behelfsmotorminden zu gebrauchen waren. F. L. U. 6 erzielte z. B. mit französischen Rotor-Pflugseilwinden verhältnismäßig gute Ergebnisse.

Dem Hauptgerät, den Ballonen größere Leistungsfähigkeit, nämlich Steighöhe, zu geben, war nicht ohne weiteres möglich; man konnte nur an Gewicht sparen und ging darin bei einzelnen Abteilungen so weit, unter Verzicht auf den verhältnismäßig schweren Korb den Beobachter in ganz leichten Behältnissen, die nur Gelegenheit zum Sitzen boten, unterzubringen.

Um so eindrucklicher erscholl der Ruf nach Verbesserung des Gerätes in die Heimat. Wie sehr der erste Wurf der Ballonkonstruktore Pariseau-Sigsfeld geglückt war, und wie tief die Überzeugung saß, im Ballonbau die führende Nation zu sein, geht daraus hervor, daß man trotz der reichen und erfolggekrönten Erfahrungen im Bau von Prallschiffen zunächst gar nicht daran dachte, an der Formgebung des Ballons etwas zu ändern, sondern sich zur Erreichung größerer Steighöhe damit begnügte, das Volumen zu vergrößern. So kamen 800 und 1000 cbm Ballone an die Front und man begrüßte die damit erzielten Steighöhen von 1200 bis 1400 m bereits als wesentliche Verbesserung und nahm den mit der Vergrößerung wachsenden Nachteil des für den Beobachter so unangenehmen „unruhigen Standes“ der Ballone in Kauf.

Um den anfänglich grell gelb gefärbten Ballon für die feindlichen Flieger schwerer auffindbar zu machen, bedruckte man die Ballonhülle mit wenig lichtempfindlichen Farben (grün, gelb, blau und rot) und gab ihr schließlich eine gleichmäßig oliv-grüne Färbung, die sehr gut deckte. —

Der größere Ballon mit seiner dementsprechend größeren Steig- und Zugkraft ließ natürlich die Unzulänglichkeit der Handwinde noch fühlbarer zutage treten. Man ging nun in der Heimat mit Eifer daran, brauchbare Motorwinden zu bauen. Bei der Firma Riedinger waren bei Ausbruch des Krieges zwei Motor-Kabelwinden mit 24/26 PS Benzmotoren für die italienische Regierung im Bau; sie wurden von Deutschland übernommen und gelangten im September 1914 zur Ablieferung. Diese Winden waren nach dem System Doppelfahrzeug (Dosa) gebaut, d. h. der Motor befand sich auf der Probe, die Seiltrommel auf dem Hinterwagen. Sie ermöglichten ein leichteres Einholen der Ballone, besonders bei starkem Winde und damit einen schnelleren Beobachterwechsel. Die günstig ausgefallenen praktischen Versuche mit diesen Winden wiesen den Weg zur Vervollkommnung.

Nebenher wurden die behelfsmäßigen Frontbauversuche in der Etappe fortgesetzt. Der Wirtschaftsausschuß, Abteilung Landwirtschaft, in Sedan hatte mit den ihm zur Verfügung stehenden größeren Mitteln eine Kraftwinde gebaut. Als Grundlage diente das Windewerk eines französischen Motorpfluges, in welches ein Rotor von 40 PS mit Ruppelung aus einem Benz-Lastkraftwagen eingebaut war. Das Windewerk wurde auf den Anhänger eines Armee-Lastzuges gestellt. Die so gebaute Winde konnte sowohl von Lastkraftwagen, als auch von sechs Pferden bewegt werden; bei mäßigem Winde holte sie den Ballon in einer Minute um 100 m Kabel ein; ein großer Nachteil war allerdings die Treibriemenübertragung.

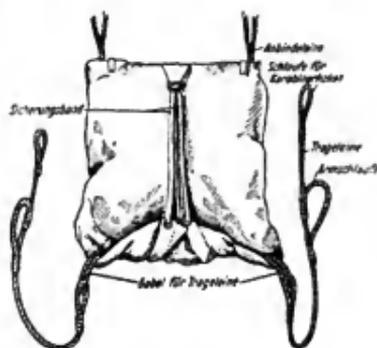
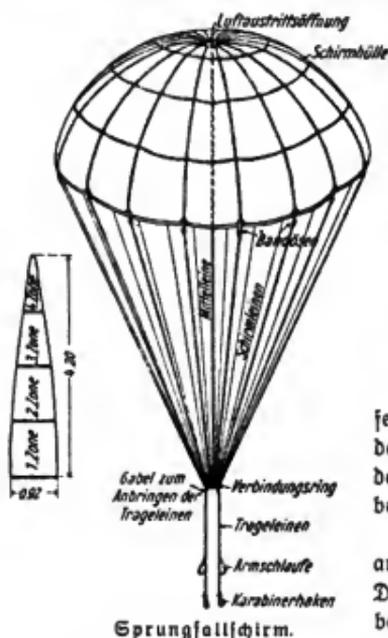
Auf Grund der damit gemachten günstigen Erfahrungen stellte man eine größere Anzahl von Winden dieser Art, die sogenannten Sedan- (S) Winden her, nachdem man die an der Probewinde zutage getretenen Mängel nach Möglichkeit beseitigt hatte. Bis zum Juni 1916 waren 43 dieser Winden geliefert.

Die Leistungen der Abteilungen hoben sich, besonders die schwere Artillerie nahm den Ballon als hohe Beobachtungsstelle für ihre Ein- und Wirkungsschießen immer mehr in Anspruch; der Ballon war für den Stellungskrieg unentbehrlich geworden. Die Lust und Liebe zur Sache und der Wunsch, noch mehr zu leisten, stellte sich mit den Anerkennungen ein, und der Ruf nach Hilfe der Technik erscholl immer lauter und nicht umsonst.

Der beste Beweis für die wachsenden Erfolge der Luftaufklärung durch den Ballon waren die im Frühjahr 1916 einsetzenden Abwehrmaßnahmen des Feindes, in Form von Fliegerangriffen großen Stils. Bisher

war es bei gelegentlichen Versuchen geblieben, den Ballon in der Halle, auf dem Aufstiegsplatze oder gar in der Luft durch Bombenwurf zu zerstören; der Erfolg war gleich Null gewesen, jetzt versuchte man den Ballon vom Flugzeug aus in Brand zu schleßen.

Die Abteilungen waren bereits längere Zeit mit dem Sprungfallschirmgerät ausgerüstet; seine Benutzung hatte man aber kaum ins Auge gefaßt; nun kam der Fallschirm zu Ehren. Gleich der erste — Bauart Käthe Paulus — bewährte sich voll. Wohl tauchten später Vorschläge für Verbesserungen und Neubauten von verschiedenen Seiten auf; man baute, versuchte, verbesserte, — bekam brauchbare Geräte, — aber keins, das den Paulusschirm übertroffen hätte und so blieb man bei ihm. Einzig die Be-



festigung des Beobachters am Schirm, der Fallschirmgürtel, erfuhr im Laufe der Zeit wichtige und erfolgreiche Verbesserungen.

Der Sprungfallschirm ist aus nebenstehender Skizze ersichtlich. Der wichtigste Teil, die Schirmhülle, besteht aus dichtem Seidenstoff und ist aus 20 Bahnen zusammengesetzt; sie

hat einen Umfang von 18,20 m und einen Durchmesser von 5,80 m, die ganze Stofffläche beträgt 46,5 qm. Verpackt ist der Sprungfallschirm in einer Tasche aus Gummistoff oder aus Segelleinen. Der Fallschirm ist zum Schutz gegen Feuerfängen durch herabfallende Teile des brennenden Ballons und gegen Einwirkung der Brandmunition der Flieger flammensicher imprägniert (Baryumchloridlösung).

Der Gedanke, dem Beobachter den Gedanken des Abspringens bzw. des Loslöfens vom brennenden Ballon zu erleichtern, ferner der Wunsch,

den Gehalt des Korbes an kostspieligem und im Laufe der Zeit immer schwieriger zu ersetzendem Gerät zu retten, legte den Gedanken nahe, den ganzen Korb durch Fallschirm tragen zu lassen. Die dementsprechende Vergrößerung des Schirmes machte keine Schwierigkeit; schwer war es nur, eine leicht arbeitende und dabei betriebssichere Auslösung zu finden. Die im Jahre 1918 konstruierte und damit die Einführung des Korbfallschirmes ermöglichende Ausklinkvorrichtung (Tafel 9,3) besteht aus einem hohlen Stahlrohrtrapez (a), das, wie das übliche am Geleine des Ballons befestigt, in seinem Innern ein zweiteiliges Korbgehänge aus Stahldrahtseil (d) birgt. Dieses ist durch einen Bolzen (f) im Stahlrohr verriegelt und wird durch einen Stift (g) gesichert bzw. durch den mit ihm in Verbindung stehenden Handgriff (h) entschert. Wird nach der Entsicherung der Bolzen mit dem Griff (l) herausgerissen, so wird damit der Korb vom Trapez gelöst; er reißt den Fallschirm aus einer hutschachtelähnlichen Verpackung, die oben am Ballon angebracht ist, und bringt ihn durch sein Gewicht im Fall zur Entfaltung. Auch der Korbfallschirm hat immer sicher und einwandfrei gearbeitet.

Der Fallschirmgurt hat, wie schon oben gesagt, Verbesserungen erfahren: aus dem einfachen Feuerwehrgürtel wurde schließlich ein Gürtel mit Beinhosen und Schulter schnallgurten (Tafel 9,4).

In einem der letzten Kriegsmonate wurden über 130 erfolgreiche Fallschirmabsprünge ausgeführt: eine Zahl, die die Bedeutung des Fallschirmes ohne weiteres erläutert. Unglücksfälle waren selten zu verzeichnen, nie solche, die auf Baufehler zurückzuführen gewesen wären.

Eine grundlegende Umwälzung technischer Art bedeutet der Neubaude des Ballons im Jahre 1916 und damit das Abgehen von der Bauart Parveat-Sigsfeld. Den Anstoß gab das Erscheinen eines neuartigen Ballons englischer Bauart beim Feinde (Caquot), von dem bald ein Muster in unsere Hand fiel. Dieses wurde nachgebaut und dabei gleich verbessert. Wie aus Tafel 9,2 ersichtlich, handelt es sich vor allem um eine Abänderung der Form des ganzen Körpers, die nun der der Prallschiffe nachgebildet wurde, und um eine flachere Einstellung des Ballontörpers zur Horizontalen ( $5^{\circ}$  bis  $10^{\circ}$ ).

Am hinteren unteren Teile des Ballons ist auf die Gashülle von außen das Ballonet (Lufkammer) aufgesetzt, das sich durch eine in den Steuerfach mündende Öffnung mit Luft füllt; sein Rauminhalt beträgt etwa 30 % des prallen Ballontörpers. Ist das Ballonet leer, so legt sich die Lufkammerwand platt an den Ballon. Ferner sind am hinteren Ende seitlich zwei Dämpfungswulste angebracht, die aus einfachem Leinwandstoff oder Baumwollstoff hergestellt sind; sie haben die gleichen Abmessungen wie der Steuerfach und sind in gleichen Abständen voneinander so angebracht, daß sich die

durch ihre Mitte gelegten Ebenen in der Ballonachse schneiden (s. nebenst. Skizze). Ihre Form wird durch ein im Innern angebrachtes Verpannungsgelaine gehalten. Die Dämpfungswulste werden vom Steuerfad aus durch zwei Verbindungsschläuche mit Luft gefüllt und haben je einen Entleerungsstutzen. Ihr Zweck ist eine Verbreiterung der Drachensfläche zwecks besserer Stabilisierung. Der Drachenschwanz kam in Fortfall.

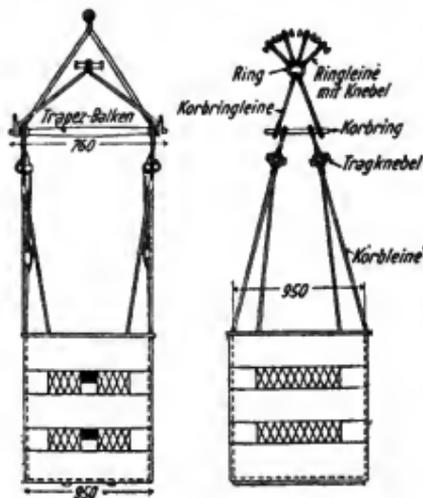


Hinteres Ende  
des B. S. 18.

Die Korbaufhängung erfolgt meist mittels Trapez, selten noch mit Ring (s. Skizze weiter unten).

Das Hauptventil ist ein Überdruck- und Zugventil (wie bei Luftschiffen), das sich bei Überdruck selbsttätig öffnet, wodurch die Gefahr des Platzens der Hülle bei schnellsteigendem Ballon oder Versagen des Zugventils unmöglich gemacht wird (s. Skizze S. 179). Die Zerreißbahn ist vorn am Ballon auf der linken Seite, nicht wie beim englischen Ballon auf der Oberseite, angebracht. Der Inhalt des Ballons beträgt rund

850 cbm; seine Vorteile sind größere Steighöhen (etwa 1600 m) und ruhigerer Stand.



Korbaufhängung.

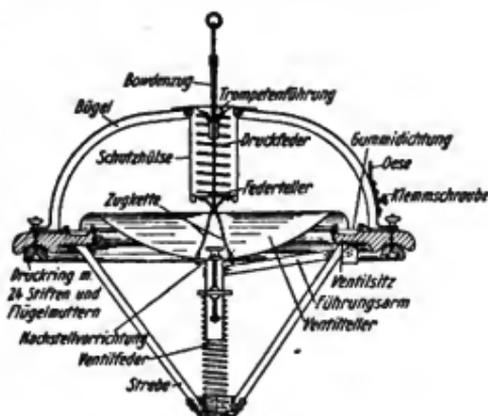
Schwere Sorge brachte, besonders dem Ballonbau, in Folge des Krieges die Rohstofffrage. Wie wir oben gesehen, kam zu Anfang des Krieges zum Hüllenbau nur feinste Baumwolle, als Dichtungsmittel bester Rohgummi (Para) in Frage. Als Stoff fand nun neben der Baumwolle die Seide und für minder beanspruchte Teile, wie Steuerfad und Dämpfungswulste, auch Leinwand Verwendung. In der letzten Zeit des Krieges machte man Versuche mit Doublierung von Baumwolle mit Seide oder Seide mit Seide, um die geringen

Vorräte an Baumwolle zu strecken. Kritischer stand es noch mit dem Dichtungsmittel. Der geringe Vorrat mußte durch Ersatzmittel und Wiederverwendung von Altmaterial (Regenerat) gespart werden. Faktis, ein Rüßölprodukt, das bis zu 40% als Zusatz zum Rohgummi verwandt wurde, hat sich vorzüglich bewährt. Die Fabri-

lation des synthetischen Kautschuks (Methylkautschuk) durch die Farbenfabriken vorm. Friedrich Bayer in Leverkusen wurde tatkräftig gefördert, machte aber große Schwierigkeiten; erst im Sommer 1917 konnten zwei derartige Ballone an die Front gehen. Regenerat, zunächst nur als Dichtungsmittel für weniger wichtige Teile verwandt, fand bereits im Winter 1916/17 mit gutem Ergebnis für den Bau des Gasraumes Verwendung. Rohgummi konnte schließlich nur noch als Klebstoff verarbeitet werden. Um den Gummi gänzlich auszuschalten, ging man in letzter Zeit zum Bau von Stoffhautballonen über. Die Dichtung bestand aus Darmhäuten, die zwischen Außen- und Innenstoff eingelegt waren. Die Ballone verlangten sehr sorgfältige Behandlung, bewährten sich dann aber ganz zufriedenstellend.

Bereits die 800- und 1000-cm-Ballone verlangten leistungsfähigere Winden; in noch höherem Maße der neue Ballon. Sie mußten vor allem stärkere Motore haben, außerdem wurden die Hinterwagen mit Hauptkrädern ausgerüstet, Seilzugmesser sowie Zählwerk für abgelaufenes und eingeholtes Kabel eingebaut, eine dritte Bremse, Lichtanlage mit Scheinwerfer, Getriebe für Handbetrieb, selbsttätige Sperrklinke, Gürtelgerät für die Räder und die vermehrte Verwendung von Kugellagern vorgesehen.

Je leistungsfähiger die Winden, um so schwerer wurden sie aber auch; man machte, um die Beweglichkeit zu bewahren, eine Zeitlang Versuche mit Doppelsahzeugwinden (Dosa), Motor und Kabeltrommel getrennt mit je einer Proge. Für diesen Neubau verlangte man 6 m/sec Einholgeschwindigkeit, Dynamo für Lichterzeugung, zum Laden von Akkumulatoren und zur Speisung der Scheinwerfer, Betrieb eines eingebauten Ventilators mit wenigstens 30 cbm Minutenleistung durch den Motor, Straßengeschwindigkeit von etwa 15 km in der Stunde, Eisenbereifung, 60 bis 70 PS-Motor. Diese Winde war trotz ihrer Schwere auf der Straße gut beweglich; folgender Nachteil trat aber bald in die Erscheinung: Dadurch, daß der Motorwagen und der Trommelwagen zum Betriebe rückwärts zusammengekuppelt werden mußten, war eine unmittelbar ein-



Hauptventil des B. 3. 18.

sehende Bewegung mit „Ballon hoch“ oder ein sofortiger Stellungswechsel nicht möglich; bei Fliegerangriffen oder bei Artilleriefeuern auf die Aufstiegstelle mußte aber ein sofortiger Standortwechsel, in welchem Gelände es auch immer war, gewährleistet sein. Man ging deshalb von diesem Typ wieder ab und baute Prochkraftwinden bzw. die Dosawinden in solche um (s. Tafel 9, s. u. e).

Die Frage, ob die Winden möglichst beweglich unter Herabmindern der Ansprüche in bezug auf Leistungsfähigkeit, oder sehr leistungsfähig auf Kosten der Beweglichkeit sein müsse, wurde nicht ganz gelöst und wird sich auch kaum lösen lassen. Die Verschiedenheiten von Kampfsplatz, Kampfsart des Gegners, Gelände, Untergrund, der Straßenverhältnisse, bei der Verwendung im Stellungs- oder Bewegungskrieg stellen andere Anforderungen, die sich ganz kaum in einem Modell werden vereinigen lassen.

Man machte zum Schluß des Krieges noch Versuche mit Winden in Verbindung mit Kraftzugmaschinen und Tankwinden; zur Einführung gelangten aber diese nicht mehr, hauptsächlich, weil sich wegen der Rohstoffknappheit und des Mangels an gelernten Arbeitskräften diese Versuche zu kostspielig und zeitraubend gestalteten.

Der Wunsch, die Ballone vor den feindlichen Fliegern zu schützen, führte zu allen möglichen Versuchen, deren einer den Anstoß gab zu einer Verwendung der Ballone, die hier Erwähnung finden muß.

Der Gedanke war, um den eigentlichen Beobachtungsballon einen Kranz kleiner, möglichst höher stehender Ballone aufzustellen, an deren Haltetabel in gewissen Abständen durch Windtuten getragene und in der Wagerichten gehaltene Drahtkabel angebracht waren, so daß sich um den Beobachtungsballon ein für feindliche Flieger sehr gefährliches Netz bildete. Dieser Gedanke kam aus zwei Gründen an der Front nicht zur Ausführung: erstens bildeten diese unsichtbaren Drahtnetze hoch oben in der Luft eine große Gefahr für die eigenen Flieger und dann beanspruchte dieser Schutz für jeden Ballon eine Mehrbelastung der Züge an Material und Personal, die die Beweglichkeit stark beeinträchtigte. Man verwendete diese Ballone mit ihrem Drahtnetz aber im Heimatschutz und brachte sie in der Umgebung unserer hauptsächlichsten, von feindlichen Fliegern bedrohten Industriemittelpunkte, in Lothringen, im Saargebiet und am Rheine, an. Ihre Verwendung hat sich bewährt, ihr Wirkungsbereich wurde vom Feinde offensichtlich gemieden.

Zum Schluß noch ein paar Worte über ein Nachrichtenmittel, das nur bei der Luftschiffertruppe Verwendung fand, und zwar um Nachrichten zum Feinde hinüber zu bringen — die sogen. Zeitungsballone. Der Ballon, mit Wasserstoffgas gefüllt, besteht aus gedichtetem Papier und ist birnenförmig, der Füllansatz ist zum Teil durch eine Papphülse verstärkt,

um die Aufhängevorrichtung für die Zeitungen befestigen zu können. Die Größe richtet sich nach dem jeweiligen Zweck, Belastung und geplanter Abwurfentfernung von 3,6 bis 22 cbm Inhalt. Die Aufhängevorrichtung besteht aus einer Holzleiste, die, an ihrer Unterseite gegen Regen geschützt, eine Lunte trägt; Holzleiste und Lunte haben alle 20 mm Durchbohrungen, so daß durch die Löcher Enden einzelner Hanfbindfäden gesteckt werden können. Die Lunte wird vor dem Auflassen des Ballons in Brand gesetzt, die Brenndauer ist je nach Stärke zu berechnen, die an den Hanfbindfäden befestigten Zeitungsbündel fallen entsprechend der Brenndauer und Windgeschwindigkeit herab.

Könnten hier auch nur die wesentlichsten technischen Erfindungen und Bervollkommnungen des Luftschiffergeräts gestreift werden, so beweisen sie doch, wie auch hier die Technik in recht deutscher, genialer und gewissenhaft-gründlicher Weise mit Erfolg gearbeitet hat.

## 2. Flugzeuge und Luftkampfwaffen.

Von Hauptmann v. Bußlar.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 10.)

Das deutsche Feldheer trat in den Krieg mit 100-PS-Eindecker- und Doppeldecker-Aufklärungsabteilungen. Die Eindecker waren „Tauben“, bei dem Doppeldecker war man fast allgemein von dem 1912 ausschließlich gebräuchlichen Doppeldecker „Typ Farman“ mit Bitterschwanz und Motor hinten zum Rumpfdoppeldecker übergegangen.

Wesentlich ist, daß die bisherige technische Entwicklung, dem militärischen Bedürfnis entsprechend, nur unbewaffnete zweiflügelige Aufklärungsflugzeuge kannte. Das Flugzeug trug an sogenannter Nutzlast, abgesehen von den Brennstoffen und den beiden Ansassen, im Bedarfsfalle und nach Tragvermögen nur einige leichte Bomben oder die damals übliche kleine Kamera. Als Bewaffnung für etwaige Notlandung diente anfangs nur die verlängerte Armeepistole 08 mit Anschlagkolben; sofern es die Tragfähigkeit irgend zuließ, wurde außerdem vom Beobachter ein Karabiner 98 mitgenommen. Die Steigfähigkeit war bei den schwachen Motoren, vor allem bei den schon längst an der äußersten Grenze ihrer Leistungsfähigkeit angelangten Tauben, oft so gering, daß das Erreichen der damals kriegsmäßigen Höhe von 800 m oft kaum und nur nach längerer Steigzeit möglich war.

Sehr zustaten kam der Durchführung unserer Luftaufklärung das zu Kriegsbeginn fast völlige Versagen der französischen und der niedrige Entwicklungsstand der englischen Fliegerei, das Fehlen wirkfamer Abwehrmittel gegen Flugzeuge überhaupt und die geringe Übung der feindlichen

Erdtruppen im Beschießen von Luftzielen. Immer häufiger werdende Treffer aus Erdwaffen machten jedoch bald ein Fliegen in Höhen von 1200 bis 2000 m notwendig. Damit war den Tauben das Todesurteil gesprochen.

Erst von Mitte September 1914 ab begegnete man häufiger feindlichen Flugzeugen, die anfangs auswichen, dann jedoch hin und wieder die deutschen Flugzeuge heftig, und zwar aus Maschinengewehren, beschossen. Die von uns zur Abwehr beschafften Waffen, das Masfen- und das Mauser-Selbstladegewehr mit je 25 Schuß, waren nicht geeignet, einem Maschinengewehr die Wage zu halten.

Der Bau des deutschen Einheitsflugzeuges eignete sich überhaupt schlecht für den Einbau eines Maschinengewehrs. Man versiel auf zwei Lösungen: Man setzte den Führer nach vorne, so daß der nun hinter ihm sitzende Beobachter ungehindert durch Teile des Flugzeuges Schußfeld nach beiden Seiten, schräg nach unten und nach hinten oben hatte. Das Maschinengewehr (nachstehend kurz *M. G.* genannt) war dabei in einer parallellogramm- oder gabelartig angeordneten Lafette befestigt, die auf einem Drehtranz um den Beobachtungssitz geschwenkt werden konnte, sowie eine Verstellung in der Höhenlage zuließ. Diese damals erstmalig praktisch angewandte Anordnung hat sich bis auf den heutigen Tag erhalten, wenn sie auch zunächst keineswegs das Ideal eines Kampfflugzeuges darstellte. Die zweite Lösung, die aber bald wieder verlassen wurde, bestand bei normaler Sitzanordnung in der Aufringung von je einem *M. G.* an den beiden Seiten des vorne hinter dem Rotor sitzenden Beobachters. Das Schußfeld war jedoch bei dieser Ausführung beschränkt und das Flugzeug durch Treffer aus eigenem *M. G.* gefährdet.

Im Frühjahr 1915 tauchten auf Feindeseite einseitige Eindecker mit Umlaufmotor auf, die in der Flugrichtung nach vorne, also durch den Propellerkreis schossen und, unsern Flugzeugen auch an Flugleistungen erheblich überlegen, ihnen wiederholt sehr gefährlich wurden. Die Einrichtung, die es ermöglichte, zwischen den Propellerflügeln hindurchzuschießen, ohne sie zu verletzen, bestand einfach aus einer, an der Hinterseite jedes Propellerflügels in Höhe der Mündung des (vor dem Führer *s t a r r e i n g e b a u t e n*) *M. G.* angebrachten, keilsförmigen Abwehrschiene (Abweiser). Jedes Geschöß, das diese Schiene traf, wurde, für den Propeller unschädlich, abgelenkt.

Der starre Einbau bot wesentliche Vorteile: feste Lage des *M. G.*, dadurch bedingte geringe Streuung und Verminderung der Hemmungen. Das Richten erfolgte durch die Steuerbewegungen des Führers.

Der Versuch, diese Anordnung nachzubauen, scheiterte hauptsächlich an der geringen Widerstandsfähigkeit der Stahlschienen gegenüber unserem

Stahlmantel-S-Geschöß. Eine andere, einwandsfreiere Lösung wurde binnen kurzem von dem Flugzeugkonstrukteur Fokker praktisch vorgeführt, der es unternahm, mittels eines Stoßgestänges das Abfeuern des M. G. mit der Umdrehung des Rotors in Verbindung zu bringen, also das Abfeuern des M. G. zu steuern. Diese Vorrichtung arbeitete derart, daß bei jeder Umdrehung des Rotors eine nockenartige Erhöhung unter das mit einer Rolle versehene Ende des Gestänges stieß, das diesen Stoß auf den Abzug des M. G. übertrug. Die Betätigung des Abzuges mußte genau dann erfolgen, wenn einer der beiden Propellerflügel gerade vor der Mündung des M. G. vorbei war, aber ehe der nächste Flügel in den Gefahrenbereich kam. Da die Normaldrehzahl der Flugmotoren sich zwischen 1200 und 1500 in der Minute hält, und der Propeller mindestens zweiflügelig ist, geht also ein Propellerflügel 2000 bis 3000mal in der Minute an der Mündung vorbei. Die Einstellung mußte also sehr genau sein.

Die vorbeschriebene Art des starren M. G.-Einbaues für den Flugzeugführer wurde bis zum Ende des Krieges auf deutscher Seite beibehalten, während der Feind nach Aufgabe der Abweiserkonstruktion zunächst mangels einer geeigneten M. G.-Steuerung sich mit dem ungesteuerten Einbau des M. G. auf dem oberen Tragdeck des Doppeldeckers behalf. Das M. G. schoß dabei über den Propeller hinweg.

Es war somit auf deutscher Seite in kurzer Zeit ein einsitziges Sonderkampfflugzeug geschaffen, das jedes feindliche Aufklärungsflugzeug und auch die feindlichen Einsitzer an Flugleistung und Waffenwirkung erheblich übertraf. Im weiteren Verlaufe des Krieges erfuhren M. G.-Steuerung (Tafel 10,1) wie auch die Flugzeugwaffen selbst eine ständige Verbesserung. Auch die Ausbildung der verschiedenartigsten Sondermunition (Nichtspur für den Luftkampf, Brandmunition für Fesselballone) hatte einen sehr hohen Grad der Vollkommenheit erreicht (s. hierzu Abschnitt A, I).

Durch die jetzt den Ausschlag gebende Bewaffnung aller Flugzeuge stiegen naturgemäß die Anforderungen an die Leistungen und Flugeigenschaften immer höher. Jetzt zeigte es sich auch, daß der bisher beschrittene Weg des Einheitsflugzeuges nicht weiter gangbar war: um für jeden Sonderzweck die Höchstleistung zu erzielen, mußte das Flugzeug von vornherein nur für diesen einen Zweck gebaut sein.

Die Anregung auf Schaffung neuer Typen ging häufig von der Front aus. Sache der Heimatbehörde war es, nach Umformung der Wünsche der Front in das technisch Erreichbare, die Aufgabe unter Berücksichtigung der Eigenart der Betriebe an die Industrie zu stellen, die Konstruktionsentwürfe auf ihre militärische Brauchbarkeit zu prüfen, die Bauausführung zu überwachen, endlich die Sicherheits- und Leistungsprüfungen vorzunehmen. Naturgemäß wurden hierbei auch die mit den vom Feinde erbeuteten Flug-

zeugen gemachten Erfahrungen in weitestgehendem Maße berücksichtigt. Aber auch die Entwicklungstätigkeit bei der Heimatbehörde war außerordentlich rege und wurde durch die hervorragende, uneigennütige Mitarbeit zahlreicher, an der Spitze der Flugwissenschaft stehender Persönlichkeiten und Institute unterstützt.

Zur Berücksichtigung der Entwicklungsdauer ist zu bedenken, daß die Konstruktion eines Flugzeuges bis zur Frontreise mit einem halben Jahre, die einer Motorneufkonstruktion mit anderthalb Jahren noch fast zu gering angegeben ist.

So sehen wir im Verlauf der nächsten anderthalb Jahre eine ganze Reihe von Flugzeugtypen für Sonderzwecke entstehen:

- Einsitzer als Ein-, Zwei- und Dreidecker,
- Arbeitsflugzeuge,
- Leichte C-Flugzeuge,
- Fernaufklärungs- und Lichtbildflugzeuge,
- Infanterieflugzeuge,
- Schulflugzeuge,
- Zweimotorige Großflugzeuge und Nacht-Bombenflugzeuge,
- Riesenflugzeuge.

Die seiner taktischen Verwendung als reines Kampfflugzeug entsprechend an den **E i n s i t z e r** zu stellenden technischen Anforderungen sind: größtmögliche Steigfähigkeit, allen feindlichen Flugzeugen überlegene Geschwindigkeit, größte Wendigkeit für den Kurventkampf, gutes Sturzvermögen, gute Sicht nach allen Seiten, starke zuverlässige Bewaffnung (mindestens zwei **M. G.**).

Dem ersten Einsitzer, dem Fokker-Eindecker mit 80 PS. Umlaufmotor und einem **M. G.**, folgte bald der 100-PS. und 160-PS-Eindecker mit zwei nebeneinander liegenden **M. G.**

Auch der Gegner war in der Zwischenzeit nicht müßig. Er stellte unseren bis dahin überlegenen Fokkern den Nieuport-Doppeldecker gegenüber, der ihm aus flugtechnischen Gründen — der Waffeneinbau auf dem oberen Tragdeck war dem unsrigen nicht gleichwertig — die Überlegenheit nahm. Da zudem der damalige Umlaufmotor empfindlich, der Rasse unserer Flugzeugführer weniger gewohnt als der Standmotor war und mit dem schnellen Anwachsen der Flughöhen auf 3000 bis 5000 m in diesen Höhen an Kraftleistung zu sehr nachließ, ging man (im Jahre 1916) zum Bau von Einsitzern mit Standmotoren über. Das verbreitetste dieser Flugzeuge war der einsitzige Albatros-Doppeldecker mit dem bewährten 160-PS-Mercedesmotor.

Erst der 1917 auf der Feindeseite austauchende Spad-Doppeldecker-Einsitzer machte unserem Albatros die Überlegenheit streitig. Und wieder

war es Fokker, der der deutschen Front die Vorherrschaft in der Luft, wie schon einmal, verschaffte. Sein nach dem verspannungslosen Prinzip gebauter Doppeldecker-Einsitzer (Fokker DVII) (Tafel 10,2) behielt bis zum Ende des Krieges die technische Überlegenheit. Der Fortfall der Kabelverspannung ergibt erhöhte Sicherheit gegen Schuß neben Verringerung des Luftwiderstandes, erfordert aber ein Mehr an Konstruktionsarbeit und Berechnung, sofern die BauSicherheit nicht leiden soll. Auch andere deutsche Einsitzer-Konstruktionen waren bei diesem Endkampfe um die Überlegenheit in der Luft mit Erfolg beteiligt.

Die weitestgehende Anpassung an Sonderzwecke hat das zweiflügelige C-Flugzeug als der eigentliche Träger der Aufklärungsarbeit erfahren. Seine taktischen Aufgaben bestanden in der Fern- und Nahaufklärung, verbunden mit Lichtbildertundung, dem Artillerieeinschießen und dem Infanterie- und Schlachtflieden.

Die wesentlichsten technischen Anforderungen an die C-Flugzeuge sind: gute Steigfähigkeit und Geschwindigkeit, einfache und leichte Steuerbarkeit auch für den Durchschnittsflugzeugführer, gute Beobachtungsmöglichkeit, ein bewegliches M. G. beim Beobachter, ein starres M. G. beim Führer, genügende Tragfähigkeit und Raum für die Ausstattung, bequemer Beobachterflü.

Das Arbeitsflugzeug wurde aus dem bis dahin vorhandenen Einheits-Aufklärungsflugzeug entwickelt; es fand Verwendung zur Nahaufklärung und zum Artillerieeinschießen. Betriebsstoffmenge vier Stunden, Motor 200 PS (Benz). Der Hauptvertreter dieser Gattung war das bewährte D. F. W. CV-Flugzeug der Deutschen Flugzeugwerke.

Eine verbesserte Abart des Arbeitsflugzeuges ist das leichte C-Flugzeug (CL-Flugzeug), das zuerst als „Schußflugzeug“ für Artillerie-einschießende Arbeitsflugzeuge diente. Später wurde das CL-Flugzeug als Schlachtfliedzeug zum Eingriff in den Bodenkampf eingeführt. Der vorliegend bezeichneten Verwendung entsprechend mußte das CL-Flugzeug schnell und vor allem wendig sein; auf Steigfähigkeit kam es weniger an. Als Motor genügte hier der 160- bis 180-PS-Motor. Die Bewaffnung entsprach der des Arbeitsflugzeuges. Das beliebteste CL-Flugzeug war das der Halberstädter Flugzeugwerke.

Das Fernaufklärungsflugzeug entstand, als wegen der Zunahme der feindlichen Luftabwehr und der Notwendigkeit der Beobachtung des feindlichen Hinterlandes auf immer größerer Tiefe die normalen Arbeitsflugzeuge versagten. Daher die an das einzeln fliegende Fernaufklärungsflugzeug zu stellenden Anforderungen: sehr gute Steigfähigkeit und Geschwindigkeit auch in großer Flughöhe, lange Flugdauer. Auf Bewaffnung und Wendigkeit ist weniger Wert zu legen, zumal ja

das Aufklärungsflugzeug dem Luftkampf ausweichen soll. Da mit der Ausführung der Fernaufklärung zumeist Lichtbildaufträge verbunden sind, muß das Fernaufklärungsflugzeug zur Mitnahme von Lichtbildgerät mit großer Brennweite (s. Abschn. A, V), sowie dem elektrisch betriebenen Reihenbildner (selbsttätige, kinoartige Kamera) geeignet sein. Die vorstehenden Aufgaben erforderten den Einbau stärkster Motoren (260 PS und darüber). Einen wesentlichen Vorschub brachte der 260-PS-Maybach-Höhenmotor, der ein Erreichen von 6500 bis 7000 m Flughöhe zuließ. Die Nutzlast des Fernaufklärungsflugzeuges stieg durch dauernde Vergrößerung des Bildgerätes und infolge der durch das Fliegen in immer größerer Höhe notwendigen Ausstattung mit Sauerstoff- und Heizgerät, sowie dem Fallschirm von 435 auf 520 kg. Der Brennstoffvorrat betrug 4 bis 6 Stunden. Das meist gebräuchlichste Fernaufklärungsflugzeug war das der Rumpier-Werke.

Die im Abschnitt Motoren behandelten, wegen Beendigung des Krieges nicht mehr an die Front gelangten Neukonstruktionen und Einrichtungen zur Erreichung noch größerer Flughöhen lassen den Schluß zu, daß wir auch bei Fortführung des Krieges die Fernaufklärung hätten durchführen können.

Die Kampfverhältnisse, die in den großen Schlachten immer schwieriger werdende Verbindung bei den Erdtruppen und der Einsatz tieffliegender Flugzeuge beim Gegner forderte auch bei uns die Konstruktion von Sonderflugzeugen für den Bodenkampf. Abgesehen von den unter CL-Flugzeugen erwähnten Schlachtflugzeugen spielte hier das gepanzerte Infanterieflugzeug (J-Flugzeug) die Hauptrolle. Dem mitzuschleppenden Panzergewicht, das einer Sicherheit gegen Panzermunition der Infanterie auf 300 m beim Auftreffwinkel von 60° (Panzerstärke 5 mm) entsprach, mußte sich naturgemäß der gesamte übrige Aufbau des Flugzeuges unterordnen. Dabei sollten beide Infassen und nach Möglichkeit auch der Motor gegen Treffer von unten, seitlich und rückwärts geschützt sein.

Es gab zwei Möglichkeiten: Man baute das übrige Flugzeug um eine als Hauptteil des Rumpfes ausgebildete Panzerwanne herum, dabei wurden wichtige Konstruktionsteile des Rumpfes, an dessen Stelle ja nun teilweise die Panzerwanne trat, gespart, oder man verfab ein für diesen Zweck gebautes Flugzeug nach Fertigstellung mit den fertig bearbeiteten Panzerblechen. Der Vertreter der erstgenannten Richtung ist das Junkers-J-Flugzeug (Tafel 10, a) mit einem Panzergewicht von 460 kg, das außerdem mit Rücksicht auf Schuß- und Brandsicherheit den Vorzug hatte, ganz aus Metall und ohne Verpannung hergestellt zu sein; die zweite Richtung wurde von den A. C. B.- und Albatros-J-Flugzeugen vertreten.

Die J-Flugzeuge besaßen 200-PS-Motoren, erst zuletzt wurde der

260-PS-Motor eingebaut. Die Bewaffnung bestand aus ein bis zwei starren und einem beweglichen M. G., oder auch aus mehreren M. G. mit Schußrichtung steil nach unten. Daneben fanden 1 kg und 12 kg schwere Sonderbomben für lebende Ziele, also mit großer Splitterwirkung, Anwendung. Zur Unterstützung abgeschnittener Infanterie hat sich das Abwerfen von Trinitwasser, Lebensmitteln, Munition und Verbandstoffen bewährt. Der Abwurf erfolgte meist in durch federne Blechstreifen vor dem Zerschellen geschützten Gefäßen.

Als Schußflugzeuge wurden meistens an der Front außer Betrieb gesetzte Flugzeuge verwendet. Immerhin brachte dies den Nachteil einer großen Zersplitterung der Ausbildung und Schwierigkeiten in der Versorgung mit Ersatzteilen mit sich, was einleuchtet, wenn man bedenkt, daß zeitweilig über 70 verschiedene Typen in Gebrauch waren.

Deshalb kam man gegen Ende des Krieges zu Einheitschulstypen, auf welche näher einzugehen der Raum der vorliegenden Abhandlung verbietet.

Das zweimotorige Großflugzeug (G-Flugzeug) entstand aus dem Bedürfnis heraus, größere Gewichte an Sprengstoffen tragen zu können, als dies beim einmotorigen Flugzeug möglich war. Dementsprechend war auf Tragfähigkeit und Steigfähigkeit der Hauptwert, auf Geschwindigkeit und Wendigkeit das geringere Gewicht zu legen. Die zuletzt geforderte Nutzlast betrug etwa 2100 kg.

Die Motoren sämtlicher Front-G-Flugzeuge waren zu beiden Seiten des Rumpfes auf den Tragflächen angeordnet. Man unterschied G-Flugzeuge mit Zug- und mit Druckpropellern, je nachdem die Luftschrauben vor den Tragflächen ziehend, oder hinter ihnen schiebend angeordnet waren. Zuerst mit zwei 150-, dann mit zwei 200-PS-Motoren ausgerüstet, ergaben diese Typen gegen die einmotorigen Flugzeuge keinen so wesentlichen Fortschritt, daß ihre Masseneinführung gelohnt hätte. Erst mit zwei 260-PS-Motoren war die Mitnahme von 1000 kg Bombenlast außer Infassen, Brennstoffen und sonstiger Ausrüstung möglich.

Immerhin hatte ihre Entwicklung derart lange gedauert, daß ihre Verwendung bei Tage im Hinblick auf die Verschärfung der Luftkampfslage nicht längere Zeit möglich war. In Geschwadern zusammengestellt, war das 2 × 260-PS-G-Flugzeug der Träger der Bombennachtangriffe bis weit in das feindliche Gebiet hinein. Besonderer Erwähnung bedarf die Verwendung des G-Flugzeuges als Angriffsflugzeug auf England. Die dazu benutzte Type war das G-IV- und G-V-Flugzeug der Gothaer Waggonfabrik (Tafel 10,4).

Die Einrichtung der G-Flugzeuge war so getroffen, daß nach Bedarf drei oder vier Personen, dabei im vorderen und hinteren M. G.-Stand je

ein M. G.-Schütze, mitfliegen konnten. Auch für Schussfeld unterhalb des Rumpfes war durch einen entsprechenden Durchbruch beim hinteren M. G.-Stand gesorgt, da die immerhin mit Belastung wenig wendigen G-Flugzeuge einen Angriff aus dieser Richtung am meisten zu fürchten hatten. Bei verschiedenen Ausführungen ermöglichte es ein Verbindungsgang, während des Fluges, wenn auch zum Teil kriechend, von vorn nach hinten und umgekehrt zu gelangen. Die Behälter saßten je nach Verwendung vier bis acht Betriebsstunden.

Die Hauptwaffe des Großflugzeuges ist die B o m b e. Man unterscheidet von jeher zwischen Brand- und Sprengbombe. Während die Brandbombe nur in leichterer Ausführung (5 bis 10 kg) dann aber im Massenabwurf Verwendung findet, gibt es an Flieger Sprengbomben viele verschiedene Arten, je nach Tragfähigkeit des Flugzeuges und der beabsichtigten Wirkung.

Die zu Kriegsbeginn vorhandene, birnenförmige, bis 50 kg schwere Karbonit-Sprengbombe machte auf Grund eingehender ballistischer Versuche der nach ihrer Erfinderin, der militärischen Prüfanstalt und Werft genannten, torpedoförmigen P.- und W.-Bombe Platz, die in Kalibern von 12,5, 50, 100, 300 und 1000 kg herausgebracht wurde. Der Hauptwert war auf Sprengwirkung gelegt, also war die Wandstärke gering, die Sprengladung entsprechend groß. Durch Verwendung von Spät- oder Feinzündung läßt sich die Wirkung je nach Art des Zieles beeinflussen. Die Zünder waren durchweg Aufschlagzünder mit einer Fliehkräftensicherung, die infolge Drehung der Bombe durch die Stabilisierungsflächen nach einer ganz bestimmten Fallhöhe entschert wurde; diese betrug je nach Art und Verwendung (tieffliegendes Flugzeug) zwischen 30 und 1500 m. Mit dieser Sicherung war auch eine Gefährdung der Insassen bei Bruch oder harter Landung so gut wie ausgeschlossen.

Wesentlich für das Treffen ist die Abwurf- und Zielvorrichtung. Die Abwurfvorrichtung bestand anfangs aus Rohren, dann aus einfachen, aus Stäben zusammengeschweißten Körben, die teilweise im Beobachteritz untergebracht waren. Erst die P- und W.-Bombe gestattete eine liegende Aufhängung im oder unter dem Rumpf oder den Tragdecken.

Der ursprünglich ungezielte Abwurf wurde schon vor Kriegsbeginn durch den mit Hilfe einfacher Vorrichtungen gezielten Wurf ersetzt. Aber erst das kurz nach Kriegsbeginn aufkommende Zielen mit dem Zielfernrohr gestattete die genaue Bestimmung der Fluggeschwindigkeit über Grund und das einfache Ablesen des Vorhaltewinkels nach den Fallkurven.

Als die Ziele der Bombenflüge immer weiter gesteckt und die Bombenlasten immer mehr erhöht werden mußten, ergab sich die Forderung auf noch größere Leistungsfähigkeit und Betriebsicherheit der Bombenflug-

zeuge. So entstand das deutsche Riesenflugzeug (R-Flugzeug), dessen wesentlicher Unterschied zum Klein- und G-Flugzeug nicht nur in den vergrößerten Abmessungen und Nutzlasten besteht, sondern auch in den Maßnahmen, die der Erzielung erhöhter Zuverlässigkeit dienen. Dieses sind: Arbeitsteilung in der Bedienung, Unterteilung der Antriebskraft auf verschiedene Einheiten, Möglichkeit der Wartung der Motoren während des Fluges, ständige Verteilungsmöglichkeit mit dem Heimathafen.

Es sind im wesentlichen zwei verschiedene Bauarten zu unterscheiden: R-Flugzeuge mit zentraler und solche mit geteilter Kraftanlage. Bei der zentralen Anlage wirken mehrere Motoren (drei bis vier) auf ein Zentralgetriebe; bei der geteilten Kraftanlage sind die Motoren in getrennten Gondeln außerhalb des Rumpfes untergebracht. Hier wirkt jeder der vier Motoren auf eine besondere durch Stirnradgetriebe unterfetzte Luftschraube. Die Kraftanlage hatte im Anfang 720 gegen zuletzt 1800 PS, die Nutzlast wuchs von 2000 auf nahezu 6000 kg, darunter 1000 bis 1500 kg Bombenlast, bei einer Spannweite bis zu 48 m. Der Betriebsstoffvorrat betrug 8, manchmal auch 10 Flugstunden, die kriegsmäßige Besatzung 5 bis 8 Mann.

Sämtliche R-Flugzeuge waren mit F.-L.-Einrichtung versehen, die es ermöglichte, auch bei den größten Flugstrecken dauernd mit der Heimat funktelegraphisch in Verbindung zu bleiben. Eine umfangreiche Instrumenteneinrichtung ermöglichte die ständige Kontrolle der Motoren, Getriebe und des Kühlwassers, durch Rohrpost und Zeichentelegraph wurde die Verständigung unter dem Personal bewerkstelligt. Zur Abwehr von Fliegerangriffen waren die R-Flugzeuge mit bis zu 6 M. G. ausgerüstet. Eine eigene elektrische Zentrale sorgte für Strom zur Beleuchtung der Apparate und der Scheinwerfer bei der Landung. Geschwindigkeitsmesser und Kreiselneigungsmesser erlaubten auch den Flug in Nacht und Nebel.

Die Geschwindigkeit der R-Flugzeuge bewegt sich zwischen 110 und 140 km in der Stunde, als Gipfelhöhe sind für das vollbelastete Flugzeug der Staatener Bauart 3800 m, mit überverdichtenden Motoren 4500 m anzugeben. Mit diesem Flugzeug wurden auch Versuche mit Gebläsen zur Konstanterhaltung der Motorleistung vorgenommen, die die Gipfelhöhen auf 6000 m und auch die Geschwindigkeit erhöhten.

Auf Flugzeuginstrumente im allgemeinen einzugehen überschreitet den Rahmen der vorliegenden Abhandlung (vgl. Abschn. A, V).

### Flugmotoren.

Von Dipl. Ing. Schwager.

Die Heeresflugzeuge der Jahre 1911 und 1912 hatten an Motoren, abgesehen vom französischen Gnome und Renault, nur 50- bis 95-PS-Bier-

zylinder. Der gebräuchlichste war der knapp 100 PS starke 4-Zyl.-Argus-Motor.

Der Kaiserpreiswettbewerb 1912 legte den Grundstein zu der Entwicklung des deutschen Flugmotorenbaues, die es unserer Fliegertruppe ermöglichte, im August 1914 erfolgreich in den Krieg einzutreten, zumal die Ausschreibung eines zweiten Wettbewerbes für das Jahr 1914 für die Industrie ein Anreiz zur Schaffung weiterer leistungsfähiger Bauarten war.

Der im ersten Kriegsjahr am meisten geflogene Motor war einer der Preisträger des Jahres 1912, der 100-PS-6-Zyl.-Daimler-Mercedes-Flugmotor, mit einem Gewicht von 1,8 kg/PS. Sehr bald genügte diese Leistung jedoch nicht mehr, und die Forderung nach Motoren von 120, 150 und mehr PS mußte erhoben werden. Infolge Ausschreibung des zweiten Kaiserpreiswettbewerbes für das Jahr 1914 war die Industrie in der glücklichen Lage, dieser Forderung sehr bald entsprechen zu können, und der 150-PS-Benz- und 160-PS-Mercedes-Motor traten ihren Siegeszug an. Fast bis in die letzte Zeit des Krieges waren diese Motoren an allen Fronten in Betrieb.

Nebenher ließ der Wunsch nach leichten, schnellen Einsitzer-Jagdflugzeugen auch den infolge der Ergebnisse des Kaiserpreiswettbewerbes 1912 leider so sehr in den Hintergrund getretenen Umlaufmotor zu seinem Rechte kommen. Wenn die Entwicklung dieses Motors in Deutschland nicht die Förderung erfuhr, wie in Frankreich, so lag die Ursache wohl hauptsächlich in der Richtung, die der Flugzeugbau genommen hatte. Für das in der ersten Zeit des Krieges geforderte Universalflugzeug mußte der Umlaufmotor von vornherein zurücktreten, sehr zum Schaden der Entwicklung dieser Bauart in Deutschland. So kam es, daß die einzige deutsche Firma, die für die Lieferung dieser Motoren in Frage kam, die Motorenfabrik Oberursel, nach französischen Mustern ihre Motoren baute. Erst wesentlich später traten Umlaufmotoren rein deutscher Bauart erfolgreich in Erscheinung. Wenn auch die Motorenfabrik Oberursel ihre Gnome-Motoren auf Grund einer von einer französischen Firma übernommenen Lizenz baute, so gebührt ihr doch das gar nicht hoch genug anzuschlagende Verdienst, die ersten frontbrauchbaren Umlaufmotoren in Deutschland geliefert zu haben, ohne die das erste Jagdflugzeug, der damalige Fokker-Eindecker, nicht zu der scharfen Waffe hätte werden können, die dem Feinde in der Hand eines Boelcke und Immelmann die schweren Verluste brachte. Die 80-, 100- und 160-PS-Oberurseler-Gnome-Motoren haben gewissermaßen die Entwicklung des Umlaufmotorenbaues in Deutschland wieder aufleben lassen, mit der sich die Entwicklung beim Feinde in keiner Weise vergleichen kann, wenn man berücksichtigt, mit welchen Schwierig-

keiten in bezug auf Bau- und Betriebsstoffe, insbesondere Schmieröl, in Deutschland gekämpft werden mußte.

Die steigenden Forderungen nach größerer Flughöhe, besserem Steigvermögen und größerer Nutzlast ließen Standmotoren mit Leistungen von 180, 200, 220 und 260 PS, alle in der bewährten Sechszylinderreihen-anordnung, von der nur einer, der 220-PS-Mercedes-Motor, mit seinen 8 Zylindern eine Ausnahme machte, folgen. In das Verdienst, die Entwicklung dieser Motoren gefördert zu haben, teilen sich die Firmen Daimler, Benz, Argus, Basse & Selve und die Firma Maybach, deren besonderes Verdienst später noch gewürdigt werden soll.

Wenn auch das Einheitsgewicht im Laufe der Entwicklung von 1,8 kg/PS im Anfang des Krieges auf zuletzt weniger als 1,5 kg/PS heruntergegangen war, so mußte doch aus den Leistungen der starkmotorigen Flugzeuge erkannt werden, daß die Entwicklung des Flugmotorenbaues andere Richtungen einschlagen mußte, um die gestellten Forderungen restlos zu erfüllen. Die Entwicklung der letzten Jahre schlug daher zwei Richtungen ein, die gekennzeichnet sein mögen durch die Worte „Leichtgewicht“ und „Anpassung des Flugmotors an seine Betriebsbedingungen“.

Zunächst galt es, das Einheitsgewicht noch weiter herabzusetzen. Die Möglichkeit hierzu liegt in der Anwendung hoher Drehzahlen und in der Übersetzung der Nusschraubendrehzahl ins Langsame. Im Herbst 1916 wurde der Industrie die Aufgabe gestellt, schnelllaufende Motoren mit 1800 bis 2000 Umdrehungen der Kurbelwelle in der Minute zu schaffen. Die zu überwindenden Schwierigkeiten, die vor allen Dingen in dem nicht zu entbehrenden Übersetzungsgetriebe lagen, verzögerten die Entwicklung, so daß bei der sprunghaften Steigerung der Anforderungen die sogenannten Schnellläufermotoren zugunsten einer weiteren Stufe der Entwicklung zurückgestellt wurden. Lediglich die Firma Benz kam mit einem bis zur Frontreise entwickelten Schnellläufermotor heraus, der allerdings an der Front nicht mehr in Erscheinung trat.

Die höchste Stufe der Entwicklung stellen die Motoren dar, bei denen die „Anpassung an die Betriebsbedingungen“ restlos gelöst ist. Da mit zunehmender Flughöhe die Luftdichte nicht und mehr abnimmt, muß die durch Verbrennung erzeugte Leistung gleichfalls abnehmen. Von einem vollkommenen Flugmotor muß aber verlangt werden, daß seine Leistung auch in großen Höhen nicht oder nur wenig abnimmt. Die Lösung dieser Aufgabe ist dadurch zu erreichen, daß dem Motor in jeder Höhe Luft gleicher Dichte zugeführt wird, entweder Luft von Bodendichte oder Luft von Höhendichte, d. h. von einer Dichte, wie sie in der Höhe herrscht, bis zu der die Leistung gleichbleiben soll. Im ersteren Fall ergibt sich ein Motor mit einem Vorverdichter (Kompressor oder Gebläse), der die

in den Motor eingesaugte Luft vorher auf 760 mm Quecksilberhöhe verdichtet, im zweiten ein Motor, dem am Boden oder in geringeren Höhen die Luft soweit fortgedrosselt wird, daß sie nur noch mit einer Dichte zum Vergaser gelangt, wie sie in der Höhe herrscht, bis zu der die Leistung gleichbleiben soll. In diesem Falle erhält man einen Motor mit im Verhältnis zu seiner Leistung übergroßen Zylindern, den sogenannten überbemessenen Motor. Beide Möglichkeiten wurden in Deutschland entwickelt.

Die Versuche mit Vorverdichtern wurden von den Firmen Schwabe & Cie., Erfurt, Brown, Boveri & Cie., Mannheim, Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Turbinen- und Flugzeugfabrik, Siemens-Schuckert-Werke und nicht zuletzt von der Heeresverwaltung selbst angestellt. Die größten Erfolge hatte eine in ein Riesenflugzeug eingebaute Vorverdichteranlage von Brown, Boveri & Cie. für vier 260-PS-Mercedes-Motoren, die durch einen 120-PS-Mercedes-Motor angetrieben wurde, und die von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft für unmittelbaren Zusammenbau mit 260-PS-Mercedes-Motoren gebauten Vorverdichter in einem A. E. G.-Grcßflugzeug. Zur Verwendung an der Front kamen jedoch diese Anlagen wegen des eintretenden Waffenstillstandes nicht mehr.

Wesentlich schneller kam die zweite Richtung der Entwicklung zum Abschluß. Das Verdienst, als erste die Vorteile eines Motors mit vergrößerten Zylindern erkannt zu haben, gebührt der Firma Maybach-Motorenbau. Bereits im August 1916 lief der erste überbemessene und gleichzeitig überverdichtende Motor, der 260-PS-Maybach-Motor, auf dem Bremsstand der Fabrik. Mit diesem Motor fing eine neue Stufe der Entwicklung des Motorenbaues an. Den Fortschritt gegenüber einem 260-PS-Motor gewöhnlicher Bauart zeigt am besten ein Vergleich der Steigzeiten. Mit einem 260-PS-Motor gewöhnlicher Bauart wurden 5000 m in 42 Min. erreicht, während das gleiche Flugzeug mit Maybach-Motor auf dieselbe Höhe in 24½ Min. und auf 6000 m in 37½ Min stieg. Als weitere Bauart, die von dem Grundsatz der Überbemessung Gebrauch macht, trat Anfang 1918 der 185-PS-Motor der Bayerischen Motorenwerke, dem die letzten Erfolge der deutschen Jagdflieger zu verdanken sind, in Erscheinung.

Auch ein überbemessener Umlaufmotor konnte noch in den letzten Monaten des Krieges seine Überlegenheit beweisen, der 160-PS-Siemens & Halske-Umlaufmotor, der gleichzeitig auch als einziger Schnellläufermotor der Gattung Umlaufmotoren anzusehen ist.

Die Darstellung der Entwicklung des deutschen Flugmotorenbaues im Kriege kann nicht geschlossen werden, ohne der unendlichen Kleinarbeit zu gedenken, durch die es im engen Zusammenarbeiten zwischen Industrie und Heeresverwaltung gelungen ist, nicht nur den heutigen hohen Stand der Entwicklung zu erreichen, sondern auch trotz Mangels an guten Baustoffen

die Betriebsicherheit auf eine vor dem Kriege kaum erwartete Höhe zu bringen. Auch der vielen Firmen muß gedacht werden, die unter Hintanhaltung eines sicherlich im Kriege falschen, jedoch wohl zu verstehenden Ehrgeizes nach Konstruktionen anderer Firmen bauten und so dazu beitrugen, daß die deutsche Fliegertruppe trotz der Güte der deutschen Motoren nicht durch die Menge der feindlichen Erzeugung erdrückt wurde. Nicht zuletzt muß auch das Verdienst der deutschen Hüttenindustrie hervorgehoben werden, ohne die es nicht möglich gewesen wäre, alles das zu erreichen, was erreicht worden ist, sowohl an Güte als auch an Zahl.

### Ausstattung.

Einen wichtigen Teil der Ausrüstung sämtlicher C- und R-Flugzeuge bildete das funktentelegraphische Gerät, die *F. L. - A u s r ü s t u n g*. Die Versuche damit reichen bis in das Jahr 1912 zurück. Bis Frühjahr 1916 war die Ausrüstung der Feldfliegerabteilungen mit *S e n d e g e r ä t* vollendet mit einer Reichweite bis zu 100 km. Aber erst das noch im gleichen Jahre nach eingehenden Versuchen fertiggestellte *E m p f a n g s g e r ä t* ermöglichte die Ausnahme des Wechselverkehrs zwischen Bodenstation und Flugzeug und von Flugzeug zu Flugzeug. Erst jetzt wurde die *F. L.* die Kommandosprache des Fliegers.

Der Wechselverkehr gestattete auch seine Anwendung zur *F. L.*-Peilung und wurde damit zu einem wichtigen Orientierungsmittel bei Nacht und Nebel und über den Wolken. Der Antrieb der *F. L.*-Wechselstrommaschine erfolgte anfangs mittels Keilriemens, später durch Zahnradantrieb vom Rotor unter gleichzeitigem Umbau an das Motorgehäuse. An die Wechselstrommaschine konnte auch die Heizung der Kleidung und des *M. G.* (als Schutz gegen Einfrieren) angeschlossen werden.

Der Sicherheit der Insassen diente der *F a l l s i r m*. So unmöglich es auch scheinen mag, aus dem mit über 170 km Stundengeschwindigkeit fliegenden oder auch abstürzenden Flugzeug mit Erfolg abzuspringen — die von der Front selbst verlangte Einführung und zahlreiche glückliche Absprünge, sogar aus dem brennenden Flugzeug, beweisen das Gegenteil. Die Verpackung erfolgte so, daß der in einen Beutel lose eingelegte Schirm als Sichtflissen diente und sich erst nach einigen Metern freien Falls entfaltete (vgl. auch S. 176).

Auf zahllose Versuche und Einrichtungen zur Erreichung der Brandicherheit der Benzintanks, Herabminderung der Erkennbarkeit der Flugzeuge, sowie auf das vielgestaltige Verständigungs- und Signalgerät näher einzugehen, verbietet leider der Raum der Abhandlung.

Daß die vorstehend nur kurz skizzierte Entwicklung des deutschen Flugwesens im Kriege neben großen Erfolgen auch von vielen trüben Erfahrungen

gen an Heimat und Front bei Erprobung der neuen Typen und Durchführung der unzähligen Versuche oder der Verwendung schon in der Leistung veralteter Flugzeuge, ehe Erfatz kam, begleitet war, ist für jeden einleuchtend, der die Entstehung und das Fortschreiten des Flugwesens verfolgt hat.

Es ist, abgesehen von der aufopfernden Arbeit der mit der technischen Weiterentwicklung des gesamten Flugzeugeräts betrauten Dienststelle der Fliegertruppe und der dort tätigen Fliegeroffiziere und Ingenieure, nicht zum wenigsten das hohe Verdienst unserer unermüdllich regen Industrie, daß das Material geschaffen werden konnte, das unseren wackeren Frontfliegern nicht nur ein Aushalten, nein meistens die technische Überlegenheit gegen die Überzahl der feindlichen Flugzeuge ermöglichte. Dazu wurde die Fertigstellung des gesamten Flugzeugmaterials gegen Ende des Krieges durch Rohmaterialmangel, hierdurch hervorgerufene Verwendung aller möglichen Ersatzstoffe und Transportschwierigkeiten erschwert. Die Tätigkeit der Industrie bis ins Einzelne gehend zu würdigen, dazu reicht der Rahmen dieser Abhandlung bei weitem nicht aus.

Die so glänzend begonnene und im Kriege bewährte Entwicklung der deutschen Fliegerei in gleichem Maße weiterzuführen, ist uns durch die Friedensbedingungen untersagt. Was im Kriege an großen Leistungen erreicht wurde, wird aber der zweifellos gewaltigen Steigerung des friedlichen Luftverkehrs zu Nutzen sein.

### 3. Der militärische Wetterdienst.

Von Dr. Koelzer.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 11.)

Vor dem Kriege bestand unter der Inspektion des Militär-Luft- und Kraftfahrwesens ein Militärwetterdienst, dessen wissenschaftliche Leitung einem Meteorologen übertragen worden war.

Bei der Inspektion in Berlin befand sich eine Zentrale des militärischen Wetterdienstes, die durch Schaffung eines Netzes von militärischen Wetterstationen an den Luftschiff- und Flughäfen und durch Heranziehung der bestehenden anderen Wetterdienstorganisationen und der wissenschaftlichen Institute für die Rußbarmachung der meteorologischen Messungen im Interesse der militärischen Luftfahrt sorgte. Für Versuchszwecke wurden zwei bewegliche Wetterbeobachtungsstationen aufgestellt. Es verdient erwähnt zu werden, daß die Franzosen fast gleichzeitig bewegliche Wetterbeobachtungsstationen auf Kraftwagen eingerichtet und zuerst im Herbst 1913 verwendet haben.

Ein Mobilmachungsplan wurde vom Chef des Generalstabes der Armee in wichtigen Punkten genehmigt, jedoch waren die Vorarbeiten bei Kriegsausbruch noch nicht abgeschlossen.

So war der militärische Wetterdienst zwar in seinen Grundzügen organisiert, aber aus dem Versuchsstadium noch nicht herausgetreten. Trotzdem konnte er gerade in den ersten Tagen der Mobilmachung sehr nützliche Dienste leisten. Mit der verstärkten Kriegsbereitschaft trat teils infolge der militärischen Inanspruchnahme des Telegraphen, teils infolge Ausbleibens der Wetternachrichten aus dem Auslande, eine gewaltige Störung im gesamten Wetternachrichtendienst ein. Da waren die Wettertelegramme der militärischen Wetterstationen in vielen Fällen, z. B. für die vom Generalstab vorgesehenen Verschiebungen der Luftschiffe, das einzige Material, das einen Überblick über die Witterung in Deutschland gab.

Zu Beginn des Krieges gab es außer der Militärwetterzentrale Berlin 14 über die Luftschiff- und Flughäfen Deutschlands verteilte feste und 2 bewegliche militärische Wetterstationen. Auf dieser Grundlage baute sich der Feldwetterdienst auf. Eine Hauptschwierigkeit bildete anfangs der Mangel an wissenschaftlich und technisch ausgebildetem Personal. Er wurde zum Teil behoben durch Einstellung tüchtiger, auf Grund ihrer Luftfahrten in Friedenszeit im Wetterdienst erfahrener Offiziere in Leiterstellen von Feldwetterstationen, sowie von wissenschaftlichen Fachleuten, die, soweit sie nicht dienstpflichtig waren, vertraglich verpflichtet wurden. Weitere Schwierigkeiten ergaben sich bei Beschaffung der wissenschaftlichen Instrumente, von denen in kurzer Zeit große Mengen benötigt wurden.

Zunächst wurden 8 bewegliche Feldwetterstationen aufgestellt, nach dem Vorbild und unter Einrechnung der beiden vorhandenen (siehe Tafel 11,1).

Diesen 23 Wetterstationen gegenüber zählte der Heereswetterdienst im Oktober 1918 insgesamt 316 Formationen; darunter im Felde: Haupt-, Feld-, Armees-, Frontwetterwarten und Felddrachenswarten; in der Heimat die Hauptwetterwarte der Heimat, Wetterwarten an Luftschiff- bzw. Flughäfen, Drachenswarten und eine Wetterwarte des Heimatluftschiffes.

Die Gründe für diese gewaltige Steigerung liegen in der Entwicklung der Kriegführung, die eine Bewertung aller wissenschaftlichen Errungenschaften gebot. Der Heereswetterdienst war insbesondere für folgende Waffen tätig:

1. für die Lenkluftschiffe. Ihre Verwendungsmöglichkeit war im besonderen Maße von der Witterung abhängig und nahm mit der

steten Steigerung der Leistungsfähigkeit der Luftschiffe und ihrer Aufgaben noch zu. Der große Wert dieses Kriegsgeräts machte überdies eine inöglichst große Verminderung der in den Witterungszuständen bestehenden Gefahren erwünscht.

2. für die Flugzeuge. Sie waren infolge der kürzeren Flugdauer und einer gewissen Beweglichkeit in bezug auf den Flughafen weniger abhängig vom Wetter. Aber sehr bald erhielten sie wichtigere und schwierigere Aufgaben, die eine eingehende Berücksichtigung der Wetterlage bedingten, z. B. die Bombenangriffe im Geschwader und die Aufklärungsflüge weit hinter die feindliche Linie. Als die fortschreitende Entwicklung der Flugabwehrmittel die Angriffe der Bombengeschwader immer mehr in die Nachstunden zwang, war ein noch engeres Zusammenarbeiten mit dem Wetterdienst nötig.

3. für die Fesselballone, die seit 1916 zu einem wichtigen Hilfsmittel für die Artillerie und die Aufklärung an der vorderen Front wurden. Ihre starke Abhängigkeit von den sogenannten außergewöhnlichen Witterungsvorgängen, wie Gewitter und Böen, erforderte ein dauerndes Zusammenarbeiten mit dem Wetterdienst.

4. für den Gaskampf. Infolge der Haupteigenschaft des Gases, schwerer als Luft zu sein, blieb seine Verwendung vom Wetter und namentlich von den Windverhältnissen in den bodennahen Schichten abhängig. Es traf dies für alle drei Arten des Gaskampfes zu, für das Blasverfahren, den Minenkampf auf Nahziele und den Minenkampf auf Fernziele.

5. für die Artillerie. Die artilleristischen Kämpfe hatten im Laufe des Krieges an Bedeutung und Umfang zugenommen. Unter den zahlreichen Hilfsmitteln, die Genauigkeit des Schießens zu verbessern, wurde die Berücksichtigung des Wetters als eines der wichtigsten immer mehr anerkannt und in Anwendung gebracht.

6. Noch bei einer Reihe weiterer Aufgaben, die mittelbar für die Kriegsführung wichtig waren, hat der Heereswetterdienst mitgewirkt. Erwähnt seien der Heimatluftschutz, der Sanitätsdienst, die landwirtschaftlichen und die verkehrstechnischen Betriebe in den besetzten Gebieten.

Günstig für die Lösung der vielseitigen Aufgaben blieb, daß die Anforderungen zum Teil zeitlich nacheinander gestellt wurden, so daß eine organische Entwicklung und Anpassung des Heereswetterdienstes an die jeweiligen Verhältnisse möglich wurde.

Nach dem raschen Vormarsch des Heeres im Westen wurden hinter der Front feste Feldwetterstationen (Tafel 11,2) gegründet. Ferner wurde Oktober 1914 eine zweite Zentrale, ähnlich der Militärwetterzentrale Berlin, in Brüssel für den westlichen Kriegsschauplatz eingerichtet, die in

enger Verbindung mit der dort schon bestehenden Feldwetterstation Brüssel und einer militärischen Drachenfstation für aërologische Messungen mit Hilfe gefesselter Drachen und Ballone für alle meteorologische Anforderungen der Truppen aufs beste eingerichtet war.

Schon im Dezember 1914 wurde das Reg der Wetterstationen im Gebiet des Kanals vermehrt. Ferner richtete die Marine hier wie an der Nordseeküste besondere Wetterstationen ein. Die Marine hatte nach Ausbruch des Krieges nach militärischem Vorbild einen Marine-Luftfahrwetterdienst organisiert. Der Heereswetterdienst hatte die junge Organisation unterstützt und dazu im Wetterdienst ausgebildete Leute (Unteroffiziere und Mannschaften der Luftschiffertruppe) in die Marineluftschiffshäfen Nordholz, Hamburg-Fuhlsbüttel, Kiel und Leipzig entsandt.

Bei Einrichtung des „Chef des Feldflugwesens“ wurde diesem der gesamte Feldwetterdienst unterstellt und seinem Stabe ein beratender Meteorologe mit einem Assistenten zugewiesen. Wichtig für die weitere Entwicklung war, daß der neue Chef des Feldflugwesens vom Frieden her mit dessen Organisation und den Zielen aufs genaueste vertraut war.

Mit der Erweiterung der Kriegsschauplätze dehnte auch der Heereswetterdienst seine Tätigkeit aus; wie im Westen wurden auch auf den übrigen Kriegsschauplätzen ähnlich organisierte Einrichtungen getroffen. Wegen der räumlichen Ausdehnung wurden 1915 besondere Bezirke mit Feldwetterzentralen gebildet: a) die Militärwetterzentrale Berlin für das Heimatgebiet; b) die Feldwetterzentrale Brüssel für den westlichen Kriegsschauplatz; c) die Feldwetterzentrale Ost, zuerst in Lodz, später in Warschau für den östlichen Kriegsschauplatz; d) die Feldwetterzentrale in Temeswar, später in Sofia für den südöstlichen Kriegsschauplatz.

Auch bei der österreichisch-ungarischen Armee wurden ähnlich organisierte Einrichtungen getroffen, und bereits 1915 mit deutschem Personal der Wetterdienst in der Türkei organisiert und die Feldwetterzentrale Konstantinopel gegründet.

Die Feldluftschifferabteilungen hatten schon im Frieden bei ihren Übungen die Wetterlage berücksichtigt. Der Wetterdienst konnte anfangs bei seiner kleinen Organisation ihren Bedürfnissen nur unvollkommen genügen. Erst mit seinem Ausbau konnte er auch für diese Waffe nutzbringender tätig sein. Aus praktischen Gründen fand vielfach eine Angliederung der Frontwetterwarten an die Feldluftschifferabteilungen statt, was sich z. B. im Bewegungskriege in Italien Herbst 1917 beim Vormarsch der 14. Armee an der Isonzofront als besonders vorteilhaft zeigte.

War im Beginn des Krieges der Heereswetterdienst hauptsächlich für Luftschiffe und Flugzeuge tätig, so begann doch schon früh seine Mitarbeit an der Vorbereitung der Gasangriffe. So hatte er wesentlichen Anteil an dem ersten derartigen Unternehmen im Osnabrögen. Die zunehmenden feindlichen Gasangriffe führten dazu, daß die Armeen schon frühzeitig einen Gaswarnungsdienst einrichteten. Die besonders bei der 3. und 6. Armee getroffenen Einrichtungen sind für den Frontwetterdienst vorbildlich gewesen, der einheitlich erst 1917 durchgeführt wurde. Sie ist als Teil IV der „Dienstvorschrift für den Gaskampf und Gaschutz“ erschienen.

Oktober 1916 fand eine stärkere Zentralisierung des Heereswetterdienstes statt. Um diese Zeit gewannen die großen artilleristischen Aufgaben in zunehmendem Maße an Bedeutung und forderten eine bessere Berücksichtigung der Witterungseinflüsse. Die Artillerie-Prüfungskommission hatte auf Grund längerer Versuche neue Tageseinflußtabelle herausgegeben und das sogenannte Verfahren der *Balka-Sekunden* eingeführt, d. h. Berücksichtigung der ballistischen Tageseinflüsse, gestaffelt nach Flugzeit und d. n. Im wesentlichen besteht dasselbe in der Ermittlung des Luftgewichtes und des Windes in den einzelnen Höhengschichten und deren Umrechnung auf einen einzigen Wert für Luftgewicht und Wind, der unter Berücksichtigung der Flugzeit des Geschosses dem Batterieführer das Auffinden der Entfernungverbesserungen aus den Tageseinflußtabelle erleichtert. Dieses Verfahren setzte eine enge Verbindung mit dem Heereswetterdienst voraus; die Artillerie stellte hierfür Artillerieberichtigungstrupps ein, welche ähnlich wie die Frontwetterwarten ausgerüstet waren, aber nur der Artillerie unterstanden. Da daraus eine Zersplitterung der Kräfte und Unzuträglichkeiten entstanden, so wurde im Frühjahr 1918 durch den Chef des Gen. Stabes entschieden, daß die Einheitlichkeit des Heereswetterdienstes unter der Leitung des kommandierenden Generals der Luftstreitkräfte erhalten bleiben sollte. Die Artillerieberichtigungstrupps wurden daher teils aufgelöst, teils von den neu aufgestellten Frontwetterwarten übernommen.

Die Gliederung des Heereswetterdienstes legte den Schwerpunkt der Organisation anfangs auf die entsprechend ausgestatteten *Feldwetterzentralen* (*Hauptwetterwarten*). Ihre Hauptaufgabe bildete die Wettervorherfrage, die auf Grund der Wetterkarte und der Messungen der Feldwetter- und Drachenwarten in der Regel zweimal täglich ausgegeben wurde. Hierzu ging ihnen ein reichhaltiges Beobachtungsmaterial zu, als wichtigstes die Sammeltelegramme der Seewarte, aus denen um 8 Uhr morgens, 2 und 7 Uhr nachmittags und 1 Uhr nachts Wetterkarten entworfen wurden. Außerdem konnte für bestimmte Unternehmungen zu jeder

Tages- und Nachtzeit Beobachtungsmaterial eingefordert werden. Infolge der Zunahme der Gastampfhandlungen und des Rückgangs der Luftschiff-Unternehmungen wurde später der Schwerpunkt des Heereswetterdienstes mehr nach der Front verlegt. Die Hauptwetterwarten blieben für die Fliegerparks bzw. Beobachterschulen, für die landwirtschaftlichen Betriebe und Verkehrseinrichtungen in den besetzten Gebieten Ausrüstungsstellen in meteorologischen Fragen. Auch hatten sie die Beobachtungstätigkeit der ihrem Gebiet zugeteilten Wetterformationen wissenschaftlich zu prüfen.

Für den Armeebereich und alle Operationen an der Front war die Armeewetterwarte die maßgebende Stelle, besonders in den beiden letzten Kriegsjahren. Ihr unterstanden unmittelbar die Frontwetterwarten, deren eine für jede Division vorgesehen war. Doch wurden zur besseren Nachrichtenvermittlung bei den Gruppen die den Frontwetterwarten übergeordneten Gruppenwetterwarten eingerichtet. Außerdem waren für den Frontwetterdienst Drachenzwarten eingesetzt (Tafel 11, a), die als wichtigste Stationen bei der Bestimmung des Luftgewichtes für artilleristische Zwecke angesehen werden müssen. Soweit durchführbar, wurde für je zwei Armeen eine Drachenzwarte mit Referenzzug eingesetzt, die fortlaufend alle vier Stunden Höhenmessungen anstellte, und damit ein möglichst lückenloses Bild über die selbständigen Änderungen in der Atmosphäre schuf. Ihr Betrieb stellt den Höhepunkt des technisch Erreichten im Heereswetterdienst dar.

Die Feldwetterwarten waren teils als reine Rekhstationen tätig, teils hatten sie für Bombengeschwader, Gastruppen und Artilleriestäbe zur besonderen Verwendung Spezialaufgaben zu lösen. Die Feldwetterwarten bei diesen Sondertruppen wurden nur von erfahrenen und wissenschaftlich vorgebildeten Offizieren geleitet, da ihre Aufgaben ein besonderes Maß von Sachkenntnis und Verantwortung bedingte.

Für den Schulbetrieb der Luftschiffer- und Fliegerverbände in der Heimat, teils aber auch als Rekhstationen, waren die immobilen Wetterwarten eingesetzt. Für den Heimatluftschutz arbeitete die Wetterwarte auf dem Feldbergobservatorium im Taunus und eine Wetterwarte der Luftsperrabteilungen. Außerdem gab es zur Ergänzung des Netzes noch fünf Drachenzwarten, davon eine im Dienste der Artillerie-Prüfungs-Kommission.

Die Personalfrage hatte sich unterdes günstiger gestaltet, da immer mehr wissenschaftlich geschulte Kräfte bei den Feldwetterformationen verwendet werden konnten. Außer den Meteorologen wurden hauptsächlich Physiker, Astronomen und Naturwissenschaftler, aber auch Ingenieure und Lehrer verwendet.

Die Ausrüstung der Wetterwarten zählte als wichtigste Instrumente Barometer, Barograph, Theodolit nebst Stativ und Auswertungsinstrument, Aspirations-Psychrometer, Wolken Spiegel, Anemometer und Kompaß. Für die Windmessungen wurden anfangs Gummipiloten verwendet; der Mangel an Rohgummi machte ihren Ersatz durch die Papierpiloten erforderlich. Hierdurch war technisch eine Minderleistung bedingt, denn mit den Gummipiloten waren bei günstiger Wetterlage Windmessungen bis über 10 000 m Höhe keine Seltenheit und erreichten sogar 15 000 m. Mit den Papierpiloten konnte jedoch bestenfalls 5000 bis 6000 m Höhe erreicht werden. Für wichtige Aufgaben wurde daher ein kleiner Vorrat an Gummipiloten reserviert.

Die Drachenwarten hatten eine Sonderausstattung. Ihr wichtigstes Instrument war der Meteorograph, der je nach der Windstärke mit gefesselten Kastendracen oder Ballons hochgelassen wurde und gleichzeitig Luftdruck, Temperatur, Feuchtigkeit und Windgeschwindigkeit registrierte. Die durchschnittlich mit Drachen erreichten Höhen betrug anfangs 2000 bis 3000 m, später durchweg über 3000 m. Die besten Messungen erreichten etwa 5000 m. Ein Vorteil der Drachenaufstiege lag besonders auch in der Möglichkeit, bei Nebel, Regen und niederen Wolken Messungen bis zu höheren Schichten vornehmen zu können.

Eine Reihe wissenschaftlicher Fortschritte, die teils unmittelbar aus den praktischen Anforderungen der Truppen entsprangen, kennzeichnen am besten die Entwicklung während des Krieges: die Vereinheitlichung und Verbesserung des Wetter schlüssels, — die Untersuchungen über die Steiggeschwindigkeit der Papierballone, — desgleichen über das Verhalten des Bodenwindes unter Berücksichtigung der verschiedenen Arten des Gasstumpfes, — die Einbeziehung der Wetterwarten der besetzten Gebiete als Messstationen in die tägliche Wetterkarte, — die aus den Drachenaufstiegen gewonnenen Höhenwetterkarten, welche meist für 1000 und 2000 m Höhe gezeichnet wurden, — die Kenntnis der Wolken, an der die Flieger durch zahlreiche photographische Aufnahmen besonderen Anteil hatten und die in einem nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten bearbeiteten Sammelwerk „Wolken im Luftmeer“ niedergelegt wurde, — ferner die erfolgreichen Versuche, den Meteorographen als Registrierinstrument im Flugzeug zu verwenden, wodurch letzteres für wissenschaftliche Aufgaben in einen ersten Wettbewerb mit dem gefesselten Drachen eingetreten ist.

So hat der Heereswetterdienst nicht nur für die Truppe, sondern auch für die Wissenschaft im Kriege und nach dem Kriege sehr nützliche Arbeit geleistet.

#### 4. Flugabwehr.

Von Major Kellner.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 11.)

Als die Luftschiffe die ersten nennenswerten Erfolge erzielten, wurde sofort die Frage ihrer Bekämpfung im Kriege erörtert. Das an der Oberfläche der Hüllen stets vorhandene Knallgasgemenge verhinderte die Aufstellung von Geschützen auf den Luftschiffen. Von der Erde aus konnten die leichte Feldhaubitze und die 10-cm-Kanone als Notbehelf verwendet werden; die genügende Beweglichkeit, um im Richten seitlich folgen zu können, fehlte den eingeführten Geschützen. Krupp und Ehrhardt konstruierten Sondergeschütze zur Bekämpfung der Frei- und Motorballone — Ballonabwehrkanonen. Meist wurde die Ansicht vertreten, daß das Zukunftsfeldgeschütz diese Aufgabe mit übernehmen müsse; es wurde daher besonderer Wert auf die Konstruktion von Sondergeschützen in Räderlafetten gelegt. Andererseits wurde aber der Gesichtspunkt vertreten, daß nur Pivotgeschütze geeignet seien, die in geringer Zahl in einem verhältnismäßig großen Raum verwendet werden könnten. Dies schien nur möglich durch die Konstruktion von Kraftwagengeschützen.

Sehr große Aufgaben traten durch den Bau dieser Sondergeschütze an die Technik heran. Krupp wollte die Frage durch seitlich abshwenkbare Räder lösen, die auf einem Kreise bewegt werden können, mit einem kreuzförmigen Sporn als Pivotzapfen. Die Räder sanken indessen in weichem Boden stark ein. Die Konstruktion des Fahrgestells für die Kraftwagengeschütze bereitete zuerst wegen des Rückstoßes beim Schuß große Schwierigkeiten. Der Versuch, das Pivot unter einer Panzertuppel aufzustellen, scheiterte, weil freies Sichtfeld für die Flugabwehrkanonen unbedingt erforderlich ist. Die Bedingungen, die für die Kraftwagengeschütze gestellt wurden, waren schwer erfüllbar: bis höchstens 8 t Gewicht, Geschwindigkeiten bis 65 km in der Stunde, Fahren auf Feldwegen, Mitnahme von 100 Schuß und von Betriebsstoffen für 200 km, Zubehör für Geschütz und Kraftwagen, Bedienung, Hilfsgerät, Gepäc usw. Diese Forderungen wurden gestellt, weil die Geschütze selbständig tätig sein sollten. Da für den Rücklauf des Geschützrohres ein verhältnismäßig großer Platz frei bleiben mußte, wurde eine Ausnutzung des kleinsten Winkelschens notwendig. Die Daimler-Motoren-Gesellschaft und die Automobilfirma Hehr. Ehrhardt lösten die ihnen gestellten Aufgaben vorzüglich. Die Fahrbarkeit wurde durch den Bierradantrieb wesentlich verbessert; während sonst die Hinterräder gleichsam das ganze Fahrzeug vorwärts drückten, kommt hier der Vorderradantrieb als Zugkraft hinzu. Um auch schlechte Wege benutzen zu können, wurden zur Vergrößerung der Auflagenfläche Verbreiterungsreifen in Felgenhöhe auf die Räder aufgesetzt.

Die Mitnahme von 2 m langen Schienen ermöglichte das schnelle Überwinden von Löchern und kleineren Gräben. Nur bestes Vollgummi war verwendbar, minderwertiges wurde bei den starken Beanspruchungen flüchtig.

Ferner bereiteten für den Geschützbau die besonderen ballistischen Verhältnisse große Schwierigkeiten. Beim Schuß seitrecht in die Höhe ist kein Visier erforderlich, wohl aber beim Schießen auf Erdziele. Das Visier ändert sich bei gleicher Entfernung mit der Erhöhung, mit der geschossen werden soll. Die Visiermittel der eingeführten Geschütze erwiesen sich als unzulänglich für die Flugabwehrkanonen, kurz „Flak“ genannt.

Unbedingt notwendig war außerdem, die Entfernung der Luftfahrzeuge zu bestimmen. Entfernungen zu schätzen ist im Luftraum undenkbar, der Entfernungsmesser daher für die Flak unentbehrlich. Besonders die Firmen Carl Zeiß-Jena und C. P. Goerz-Friedenau brachten vorzügliche Neukonstruktionen heraus (vgl. Abschnitt A V).

Die schwierigste Frage blieb aber folgende: Während das Geschöß unterwegs ist, verändert das Luftfahrzeug wesentlich seinen Standort. Auf der Erde ist es schon schwer, auf ein schnell bewegliches Ziel, z. B. einen Kraftwagen mit 70-km./St.-Geschwindigkeit, zu schießen, obschon er sich nur in zwei Dimensionen bewegen kann. Das Flugzeug erreicht aber bis 200 km./St., ihm stehen drei Dimensionen für die Bewegung zur Verfügung. Für die Bestimmung der Vorhaltewinkel nach Seite und Höhe sind viele Hilfsmittel konstruiert worden. Kurze Flugzeiten sind für die Flaks Bedingung. Diese verlangen große Anfangsgeschwindigkeiten, die wieder starken Rücklauf des Rohres, großes Gewicht usw. nach sich ziehen. Man ist also zu einem Kompromiß gezwungen. Die Feuergeschwindigkeit wurde durch einen Verschluss, der sich selbständig öffnet und schließt, sehr vergrößert (vgl. hierzu Abschnitt A III).

Schwierig war auch die Geschößfrage. Brandgeschosse verschiedenster Art wurden zur Bekämpfung von Luftschiffen erprobt. Auch versuchte man durch Rauchstreifen die Beobachtungsfähigkeit der Geschosse zu erhöhen. Schweren Herzens mußte man sich entschließen, von Sondergeschossen Abstand zu nehmen, weil ihr genügender Nachschub im Bewegungskriege unmöglich erschien, und wählte zunächst das Kaliber der Feldkanonen. Die ersten Flugzeuge waren so leicht gebaut, daß mit Schrapnellkugeln gute Erfolge gegen sie erzielt werden konnten. Im Kriege wurden die Flugzeuge durch die Flaks bald gezwungen, größere Höhen aufzusuchen. Die Schrapnellkugel konnte den wesentlich stärker gehaltenen Flugzeugbauten nichts mehr anhaben, in größeren Höhen fehlte den Kugeln die genügende Kraft. Man mußte daher zu Granaten übergehen, deren Tiefenwirkung man vergrößerte.

Zu Beginn des Krieges genügte die 7,7-cm-Ballonabwehrkanone auf Kraftwagen allen Anforderungen; man vergrößerte ihre Zahl. Schon im

Herbst 1915 mußte man aber den erheblich größeren Flughöhen und Geschwindigkeiten Rechnung tragen. Ein Geschütz mit wesentlich größeren ballistischen Leistungen als die der Feldkanone war notwendig. Man entschloß sich zu 8,8 cm. Das Geschütz konnte wegen zu großen Gewichts nicht auf dem Kraftwagen selbst aufgestellt werden; ein besonderer Anhänger wurde notwendig (Tafel 11,4). Man verlangte jetzt von den Kraftwagen, daß sie auch im Gelände fahren könnten. Die ersten Versuche fanden mit Radgürteln der Rheinischen Metallwaren- und Maschinenfabrik statt (Tafel 11,5). Ihre Mitnahme bereitete große Schwierigkeiten, auch fehlte die feste Verbindung der Gürtel mit den Rädern. Eine glänzende Lösung gelang der Daimler-Motoren-Gesellschaft durch das Auslegen von Greifern. Durch die auch für die schweren Geschütze der Fußartillerie eingeführte Zugmaschine (Tafel 11,6) wurden Leistungen erzielt, die im Frieden jeder Kraftfahrer für ausgeschlossen gehalten hätte. Steigungen bis zu 50° wurden genommen. Das Geschütz kann mit Drahtseil nachgezogen werden. Die Zugmaschine ließ bei Holzisenbereitung mit Geschütz auf ebener Straße Geschwindigkeiten bis zu 30 km/St. zu.

Das größere Kaliber diente zur Abwehr der Fernerkundung, das kleinere in vorderer Linie gegen niedriger fliegende Flugzeuge.

Auch Pivotgeschütze in Räderlafetten wurden gebaut (7,7 cm); während der Fahrt ruht das Rohr zwischen den Rädern und wird zum Schuß senkrecht gestellt.

Da nicht genügend Flaks zur Verfügung standen, mußten andere Geschütze unter Verwendung von Behelfsbauten eingesetzt werden.

Ferner waren besondere Scheinwerfer für Nachtschießen erforderlich; eine Flak-Scheinwerfertruppe wurde gebildet.

Infanteriewaffen kamen gegen hochfliegende Flugzeuge nicht mehr in Betracht. Gegen niedrig fliegende kann nur der Einsatz einer großen Zahl von Bedeutung sein. Ein großer Raum muß mit Geschossen belegt werden. Auch ist eine große Gefährdung der eigenen Truppe in diesem Falle vorhanden. Der Abwehrkampf blieb also den Geschützen.

Aus kleinen Anfängen haben sich die Flaks im Kriege zu einer Waffe von schärfstem Einfluß entwickelt. Einfach war das Schießen nicht. Schnelle Entschlußfähigkeit, großes technisches Verständnis wird von dem Schießenden verlangt. Es gab bei den Flaks wirkliche Schießkünstler. Aber auch die Technik verschiedenster Gebiete hat ganz außerordentliche Leistungen vollbracht, die Wissenschaft ihre Arbeit in den Dienst der Flugabwehr stellen müssen. Beide sind den stets höher gestiegenen Forderungen immer in kurzer Zeit gerecht geworden.

## VIII. Kampffahrzeuge.

Von Hauptmann Fries.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 13 und 14).

### Straßenpanzerwagen.

#### a. Die militärischen Grundlagen.

Der Gedanke, mit Fahrzeugen unmittelbar in die Kampfhandlungen einzugreifen, stammt schon aus dem Altertum. Es sei nur an die Sichelwagen der asiatischen Völker und die Streitwagen der Griechen und Römer erinnert. Im Mittelalter waren derartige Wagen stark bemannt und dienten den Armbrust- und Büchschützen auch gleichzeitig als Verschanzung, wie den Hussiten und Flamen im 14. Jahrhundert, die ihre „Walkerarren“ (ribeaudoquins) sogar mit Geschützen besetzten.

Durch den Explosionsmotor und das Auftreten der Kraftwagen ist die Frage des Kampffahrzeuges in einen neuen Abschnitt getreten. Im Weltkriege müssen wir streng zwei verschiedene Gruppen unterscheiden:

1. Alle diejenigen Fahrzeuge, welche im allgemeinen ständig auf der Straße bleiben sollen und sich infolgedessen in ihrer Konstruktion eng an die schon bestehenden gebräuchlichsten Kraftwagen anschließen.

2. Die Fahrzeuge, welche außerhalb der gebahnten Wege, querfeldein fahren, weichen Boden und Gräben durchschreiten und kurze, starke Steigungen erklettern sollen. Während die ersteren Wagen ganz klar mit „Straßenpanzerwagen“ bezeichnet werden, wurde die zweite Art „Sturmpanzerwagen“ oder mit dem englischen Deckwort „Tanks“ benannt.

Schon im Jahre 1909 wurden in Deutschland 3 Straßenpanzerwagen gebaut und bei dem Kaisermanöver verwandt. Das Urteil lautete damals für die technisch noch nicht vollkommenen Fahrzeuge so ablehnend, daß bei Beginn des Krieges nicht ein einziger Straßenpanzerwagen zur Verfügung stand. Unsere Gegner, namentlich die Belgier, Franzosen und Engländer, aber auch die Russen, verfügten damals schon über eine große Anzahl derartiger Wagen, welche meist aus leicht gepanzerten Personenkraftwagen bestanden. Sie wurden hauptsächlich für Aufklärungs- und Störungszwecke verwandt.

Im Jahre 1915 wurden versuchsweise je ein Daimler-, Ehrhardt- und Büffingwagen von der damaligen Verkehrstechnischen Prüfungskommission gebaut und als „Straßen-Panzerkraftwagen-Abteilung 1“ ins Feld geschickt. Die Fahrzeuge bewährten sich recht gut, namentlich in Rumänien, wo sie der Aufklärung erhebliche Dienste leisteten.

Im Jahre 1917 wurden die Züge 2 bis 5 aufgestellt, die aus je zwei Ehrhardt-Straßenpanzerwagen bestanden.

Im Jahre 1918 wurden aus erbeuteten russischen und belgischen Wagen die Züge 6 bis 11 ins Feld gesandt.

Der taktische Wert eines derartigen Wagens wird sich naturgemäß nur im Bewegungskrieg zeigen. Da das Fahrzeug an die Straßen gebunden ist, kann es durch Wegesperren in seiner Tätigkeit stark behindert werden.

Von besonderem Wert war die Anordnung einer doppelten Steuerung, die es ermöglichte, daß das Fahrzeug gewissermaßen rückwärts ins Gefecht bzw. gegen den Feind fuhr, so daß ein Entfliehen jederzeit schnell möglich war.

Die Bewaffnung bestand meist aus 3 M.-G. 08, die gleichzeitig an jeder Breitseite eingesetzt werden konnten. Ein drehbarer Panzerturm, welcher auch eine gute Beobachtungsmöglichkeit bot, hat sich bewährt. Die Besatzung bestand meist aus einem Führer, 2 Fahrern und 4 bis 5 Mann.

Die Panzerung mußte Schutz gegen Infanterief Feuer, Schrapnellkugeln und kleine Splitter leisten und doch möglichst leicht gehalten werden. Dies zwang zur Verwendung von hochwertigem Material. Gegen Beschuß von Artillerie sind die Fahrzeuge am besten geschützt durch ihre große Geschwindigkeit (welche bei einzelnen Konstruktionen etwa 60 km/Std. erreicht) und durch ihr überraschendes Auftreten.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß dem Sturmpanzerwagen noch eine aussichtsreiche militärische Zukunft bevorsteht, namentlich wenn es gelingt, ihn durch geeignete technische Maßnahmen von den Straßen etwas unabhängiger zu machen und ihm so das Befahren nicht allzu weichen Geländes zu ermöglichen.

#### b. Die technische Ausführung.

Als Straßenpanzerwagen kommen drei Arten in Frage:

a. Gewöhnliche Personenkraftwagen mit einem etwa 40 bis 50 P.S. leistenden Motor, die behelfsmäßig mit einem Panzeraufbau versehen werden.

Diese Fahrzeuge haben Lustbereifung, welche den empfindlichsten Teil des Wagens darstellen und seine Verwendung sehr beschränken (Tafel 13,r).

b. leichte Lastkraftwagen mit Vollgummibereifung. Auch hier tritt die behelfsmäßige Eigenart in die Erscheinung. Ein derartiger Wagen kann eine wesentlich höhere Nutzlast (zwischen 2 und 3 Tonnen) aufnehmen und dadurch stärker gepanzert werden. Nachteilig wirkt die verhältnismäßig geringe Geschwindigkeit und die Unmöglichkeit, weitere Strecken mit ent-

sprechender Geschwindigkeit r ü c k w ä r t s zu fahren. Auch verfährt er bei weichem Boden und Schnee.

c. Sonderkraftwagen-Untergestelle mit Vier-Räderantrieb und Rückwärtssteuerung. Diese für die Eigenart des Panzerwagens ausdrücklich konstruierten Fahrzeuge gewährleisten den besten Erfolg (Tafel 13, c).

Im folgenden ist der von der Firma *E h r h a r d t*, Zella St. Blasii, gebaute Wagen näher beschrieben, da er bei der deutschen Armee am häufigsten Verwendung gefunden hat (Tafel 13, s).

Der „E.“-S t r a ß e n p a n z e r w a g e n hat Vierräderantrieb, d. h. es werden nicht, wie beim gewöhnlichen Straßenwagen, nur die Hinterräder, sondern es werden alle vier Räder gleichzeitig vom Motor aus angetrieben, wodurch eine wesentlich bessere Haftung am Erdboden („Adhäsion“) erreicht wird. Die Räder mit Vollgummibereifung sind mit abnehmbaren Felgen versehen, wodurch jederzeit ein schnelles Auswechseln beschädigter Reifen möglich ist. Die Hinterräder haben sogenannte Doppelreifen (930×140), während an den Vorderrädern (gleiche Abmessung) noch Verbreiterungsreifen angebracht werden können, um beim Befahren von schlechtem Gelände ein zu tiefes Einsinken zu verhüten.

Das Fahrzeug besitzt zwei Steuerungen, dementsprechend auch zwei Führer Sitze. Die zweite Steuerung ist am hinteren Wagenteil angebracht und durch Kegelräderübertragung mit der vorderen Steuerung verbunden.

Der Motor leistet etwa 85 PS. (4 Zylinder mit je 136 mm Bohrung und 160 mm Hub). Er ist mit einem Zwei-Düsenvergaser und einer Bosch-Zweifunkenzündung versehen. Die mittlere Umdrehungszahl in der Minute beträgt 1300, die größte 1500. Die Schmierung des Motors erfolgt durch Zahnradölpumpe. Das Anwerfen kann ebenso von der Hand, wie von einem elektrischen Antriebsmotor geschehen. Die Übertragung der Motorkraft auf das Wechselgetriebe erfolgt durch Konuskupplung. Der Belag besteht nicht aus Leder, sondern aus Drahtgeflecht mit Asbesteinlage.

Das Getriebe hat drei übereinander gelagerte, gleichlaufende Wellen mit sechs Geschwindigkeiten vorwärts u n d r ü c k w ä r t s.

Geschwindig- keiten	km/Std.		Geschwindig- keiten	km/Std.
1. Gang . . . .	6,2	} rüdwärts } ebenso	4. Gang . . . .	27,0
2. „ . . . .	10,2		5. „ . . . .	40,8
3. „ . . . .	16,3		6. „ . . . .	61,3

Am Getriebe sitzen zwei Bremsen, wovon die eine durch den Fußhebel, die andere durch den Handhebel getätigt wird.

Die weitere Kraftübertragung auf die Hinterräder erfolgt durch die hintere Kardanwelle mit Hilfe eines Kegelräderpaares. Das große Kegehrad im Hinterachsgebäude ist mit einem Ausgleichgetriebe getupelt, um

die beim Kurvenfahren und beim Gleiten eintretenden Geschwindigkeitsunterschiede der Räder auszugleichen. Die Antriebswellen, die vom Ausgleichgetriebe ausgehen, sind an ihren Enden mit kreuzförmigen Mitnehmern versehen, die in entsprechende Ausparungen der Hinterradnabe eingreifen. Die Kraftübertragung auf die Vorderräder geschieht bis zum Ausgleichgetriebe in gleicher Weise. Um aber den Antrieb auf die durch die Lenkung sich ändernde Stellung der Vorderräder weiter zu leiten, ist an den äußeren Enden der Vorderachse je ein Kegetradgetriebe eingebaut, dessen Mittelachse mit dem Lenkzapfen zusammenfällt. Die Lagerung ist in festem Kugelgehäuse gegen Staub gesichert.

Der Radstand beträgt 3,9 m, die Spurweite 1,6 m, die größte Breite des Wagens 2 m, die Gesamtlänge 5,3 m. Der tiefste Punkt des Wagens liegt 32 cm über der Erdoberfläche. Der Betriebsstoffbehälter faßt 175 Liter.

Auf dem Fahrgestell ruht nun die Panzerung, ein im Grundriß rechteckiger Kasten mit einer kleinen Ausbauchung auf beiden Seiten der Längsseite. Die Vorder- und Rückwand ist zur Hälfte im oberen Teil etwas nach innen geneigt, um die Geschosse abzulenken. In den beiden Vorderwänden befinden sich dann je eine Scharte für den Fahrer und je eine für den Führer, die gleichzeitig aber auch zum Einlegen eines Maschinengewehres eingerichtet ist. Die Scharte für den Fahrer ist verstellbar und die für den Führer selbsttätig verschließbar durch Auslösen eines Rasenhebels. In den Längsseiten sind ebenfalls je zwei Maschinengewehrscharten eingelassen. Vorn und hinten befinden sich je ein Kraftfahrersitz und daneben je ein Führersitz, der ausklappbar ist, um beim Ein- und Aussteigen mehr Bewegungsfreiheit zu haben. Das Dach der Panzerung ist in der Mitte ein Drittel ungefähr horizontal, dann fällt es nach beiden Seiten ein wenig ab. Auf dem mittleren horizontalen Teil ist eine auf Kugeln gelagerte drehbare Kuppel angebracht. Das Dach dieser Kuppel ist zur Hälfte ausklappbar. In der Kuppel selbst sind eine Maschinengewehrscharte und fünf Beobachtungsscharten angebracht. Ferner ist in der Kuppel noch eine Maschinengewehrlafette zur Fliegerabwehr vorhanden.

### Geländepanzerwagen (Tanks).

#### a. Die militärischen Grundlagen.

Den Engländern und dann den Franzosen gelang es Anfang 1916 in aller Heimlichkeit „Sturmpanzerwagen“ zu bauen. Die Bezeichnung „Tank“ war eine geschickte Verschleierung. Durch sie sollte der Eindruck hervorgerufen werden, als handele es sich um große, fahrbare Betriebsstoffbehälter. Die Franzosen nannten ihre Fahrzeuge „Chars d'assaut“.

Der Tank ist ein Produkt des Grabenkrieges. Man wollte durch ihn erreichen, möglichst schnell und möglichst sicher eine entsprechende Gefechtskraft an und über den feindlichen Schützengraben zu bringen. Das Fahrzeug muß dementsprechend auch in weichem Boden fahren, einen Graben von etwa 2 m überschreiten und Drahthindernisse überwinden können. Es muß wendig sein und soll möglichst wenig auffallen.

Feindliche Tanks traten zum ersten Mal im September 1916 in der Schlacht zwischen Pozierès und dem Venzwalde in Erscheinung, dann in großen Massen bei den Offensiven im Jahre 1917 bei Arras und namentlich bei Cambrai. Die den Deutschen bis dahin unbekanntes „Sturmwagen“, die plötzlich aus dichtem Nebel heraus auf unsere Front lossteuerten, trafen uns gänzlich unvorbereitet und hatten dementsprechend auch zum mindesten einen erheblichen moralischen Erfolg. Sie verbreiteten durch die Ungewohntheit ihres Anblickes und durch ihre augenscheinliche Unverletzbarkeit Furcht und Schrecken in den deutschen Reihen. Dennoch konnte der Feind seine Erfolge nur in geringem Maße ausnützen, da sich unsere Infanterie rasch mit dem neuen Kampfmittel abgefunden hatte und auch die Artillerie, namentlich die Flakbatterien, den Sturmwagen erheblichen Schaden zufügten (z. B. bei Cambrai wurden von ungefähr 300 eingesetzten Tanks 117 außer Gefecht gesetzt). In der Folge wurde die Ausbildung aller Waffen auf die Bekämpfung und Abwehr der feindlichen Tanks eingestellt, und, wie abgeschlagene Tankangriffe auch im Jahre 1918 zeigten, teilweise mit gutem Erfolg. Auf eine Massenerwendung leicht beweglicher, schneller Kampfwagen, wie sie zum Schluß auftraten, war die Truppe nicht vorbereitet. Sie konnten, wenn Nebel usw. ihr Vorgehen verbargen, tiefe Einbrüche erreichen.

Günstige Vorbedingungen für den Tankangriff gibt trockener Boden, muldenreiches Gelände mit lichten Baumbeständen und leichter Nebel oder Dunst, wie er gerade in Frankreich in der Morgenstunde oft eintritt, und die Fernsicht und damit den direkten Schuß der Artillerie aus großer Entfernung verhindert.

Die Engländer unterscheiden zwei Arten von Tanks, männliche mit zwei Geschützen und zwei Maschinengewehren, und weibliche, die nur mit fünf Maschinengewehren bestückt sind. Die Form ist rhombisch, die Raupenkette läuft außen um den ganzen Rhombus herum, wodurch die Möglichkeit einer Überwindung von größeren Hindernissen und Trichtern und eine bessere Kletterfähigkeit gegeben ist. Der Nachteil liegt bei diesem System an der leichten Verletzbarkeit der ungeschützten Raupenkette durch Geschößtreffer und in der noch nicht genügend durchgebildeten Konstruktion im einzelnen. Die Bezeichnung dieser Tanks war Mark IV, die Panzerung war 8 bis 14 mm stark, die Geschwindigkeit betrug 6 km/Std., das Gewicht 23 Tonnen.

Die Franzosen fertigten gleichzeitig in größeren Serien ihren sogenannten „Schneider-Tant“, bei dem die Kette, ebenfalls zum größten Teil ungeschützt, in Form einer Ellipse unter dem Tant verlief. Die ersten Panzer erschienen 1917 auf dem Schlachtfelde, zuerst bei Juvigny, dann auf dem Plateau von Laffaug. Später, in der Schlacht von Mameison kämpfte auch der St. Chaumont-Tant mit, welcher in seiner Konstruktion dem „Schneider-Tant“ etwa entsprach.

Wir müssen zwei Typen dieser Tants unterscheiden: der kleinere war mit einer 3,3 cm-Grabenkanone bestückt, hatte eine Panzerung vorne von zwei hintereinanderliegenden, je 12 mm starken Panzerplatten und an der Seite eine einfache 12 mm-Platte. Die Höchstgeschwindigkeit betrug 7 km/Std., die Besatzung bestand aus sechs Mann. Der größere Typ hatte eine 7,5 cm-Grabenkanone nebst vier Maschinengewehren, Panzerung ähnlich wie beim kleinen Typ, Besatzung ebenfalls angeblich nur sechs Mann. Die Höchstgeschwindigkeit betrug 10 km/Std. Beide Typen scheinen sich nicht bewährt zu haben, denn die Franzosen brachten nunmehr ein schweres Modell „St. Chaumont“ ins Gefecht (Tafel 14, a). Die Besatzung bestand hier aus einer 7,5 cm-Grabenkanone und vier Maschinengewehren, die Besatzung aus zehn Mann; die Panzerung betrug 7 mm Stahlblech und die Geschwindigkeit bis 7 km/Std.

General Etienne, der den Bau und die Verwendung der Tants leitete, schlug nun ein noch leichteres und beweglicheres Modell vor, welches von der Firma Renault gebaut und nach ihr benannt wurde (Tafel 14, c u. e). Dieser Tant ist ein zierliches, kleines Fahrzeug, welches außerordentlich bewegungsfähig ist und selbst in weichem Boden eine Geschwindigkeit von 12 bis 15 km/Std. erreicht, was vollkommen genügt, um der Infanterie, ähnlich wie früher die Reitermassen, vorauszuweichen und ihr den Weg zu bahnen. Der kleine Renault ist behende und kann leicht im Gelände Deckung finden; der Artillerie bietet er ein schwer zu treffendes Ziel. Der Panzer hält Infanteriegeschosse und Sprengstücke ab. Die Schusslöcher für die Bedienungsmannschaften sind sehr eng; gegen die Blei- und Stahlspritzer im Innern werden die Mannschaften durch Eisenbrillen geschützt. — Auch die Engländer haben rechtzeitig erkannt, daß das Heil nicht im großen, sondern im kleinen Tant liegt, und haben im Laufe des Jahres 1918 den sogenannten „W i p p e t - Tant“ herausgebracht. Das vom Renault-Tant Gesagte gilt auch für ihn.

In Deutschland war der Gedanke an „Landpanzerkreuzer“ schon viel früher, sogar schon im Frieden aufgetaucht. Aber einerseits verhielt sich der Generalstab diesen Anregungen gegenüber ablehnend, andererseits aber — und das ist der Hauptgrund — waren diese Vorschläge technisch so wenig durchgebildet und aussichtsreich, daß es nicht angängig schien.

ihnen näherzutreten. Der Raupenantrieb (Caterpillar) war, wie zugegeben werden muß, bis Ende 1916 in Deutschland ganz unerprobt, trotzdem sich die österreichische Heeresverwaltung derartiger Zugmaschinen schon mit gutem Erfolge bediente. Der Glaube, daß das Kraftfahrzeug an die feste Straße gebunden sei, wurzelte tief im deutschen Heere. Als aber dann die ersten „Ungeheuer“ gegen uns an der Front erschienen, war es eine Hauptaufgabe, der Truppe die Überzeugung einzuimpfen, daß diese Maschinen ungefährlich und wertlos seien. Der Generalstab betonte mit so großem Nachdruck den geringen taktischen Wert dieser Tanks, bis er anscheinend selbst befangen war. Der Bau wurde dann — nachdem man sich durch die Verhältnisse dazu gezwungen sah — zuerst mit großer Ruhe behandelt. So kam es, daß wir Anfang 1918 20 deutsche Tanks an die Front bringen konnten, zu einer Zeit, da der Gegner über viele Hunderte verfügte. Eine Reihe von Konstruktionen war angefangen, keine aber ganz durchgeführt und mit Beharrlichkeit verbessert. Diese Tatsache muß im Interesse unserer hervorragenden Techniker hier klar festgelegt werden.

Der allein an der Front eingesetzte deutsche Tank führte die Deckbezeichnung „A 7 V. Wagen“ (Tafel 14, 1 u. 6)\*). Die Bewaffnung bestand aus sechs schweren Maschinengewehren und einem 5,7-Schnellfeuergeschütz, außerdem führte die Besatzung leichte Maschinengewehre, Karabiner, Handgranaten und Flammenwerfer mit sich. Die Besatzung setzte sich aus einem Kommandanten, zwei Fahrern, einem Mechaniker, neun Maschinengewehrschützen, drei Artilleristen, einem Blinker und einem Meldeläufer, also 18 Mann zusammen. Kommandant und erster Fahrer hatten ihren Sitz oben im Panzerturm, der eine freie Beobachtung und Steuerung nach allen Seiten gewährt. Die Höchstgeschwindigkeit betrug 12 km/Std. Wenn auch der deutsche Tank etwas zu schwer war, so war er doch schnell, beweglich, und vor allen Dingen mit seinen 30 mm starken Stirn- und 20 mm starken Seitenwänden sehr gut gepanzert. Er hat sich unter geschickter Führung an der Front gut bewährt, nachdem er die im Anfang natürlichen „Kinderkrankheiten“ überwunden hatte. Es hätte sich aus ihm, wenn er in größeren Serien hergestellt worden wäre, zweifellos ein sehr brauchbares Fahrzeug entwickeln lassen, vor allem, wenn man die Abmessungen und Gewichte verkleinert statt vergrößert hätte. Im Hauptquartier aber bestand der Wunsch nach einem den gegnerischen Kampfwagen überlegenen Riefentank, welcher trotz Abtraten aller Sachverständigen zwar gebaut wurde, aber nicht zur Verwendung kam. Dann wurde, ähnlich den französischen und englischen kleinen Tanks, auch ein deutscher leichter Tank (Tafel 14, 2) in

\*) Der Verfasser dieses Abschnitts leitete den Bau. (Schriftl.)

großen Serien geplant. Durch das Kriegsende trat dieser Wagen gleichfalls nicht in die Erscheinung.

Ganz richtig wurde aber in Deutschland erkannt, daß dasjenige Untergerüst, welches gepanzert ins Gefecht eingreift, auch zum Transport von Munition und als Schlepper für Artillerie querselbdein verwendet werden kann. So fand der A 7 V-Wagen als sogenannter „Geländewagen“ recht zweckmäßige Verwendung, während andere Konstruktionen sich nicht bewährten (Tafel 13, 2).

Durch den Tankbau ist die Frage des Raupenfahrzeugs überall un-  
gemein volkstümlich geworden; es wird unter den Kampfmitteln stets eine wichtige Rolle spielen.

#### b. Die technische Ausführung.

Selbst mit dem Bierradantrieb war es unmöglich, Kampffahrzeuge zu bauen, die auf weichem Boden vorwärts kommen; namentlich das Überschreiten von Gräben bietet für derartige Radwagen fast unüberwindliche Hindernisse.

Der Bau der Tanks hängt deshalb allein von der Ausbildung der Angriffsfläche auf dem Boden ab, durch welche der Antrieb gewährleistet wird. Für alle Tanks gemeinsam wurde der sogenannte *Caterpillar*- oder *Raupenantrieb* gewählt. Es sei deshalb hier kurz eine Schilderung dieser Antriebsart gegeben.

Der Raupenantrieb stammt aus England und wurde dann namentlich in Amerika von der *Holt-Caterpillar-Comp.* durchgebildet. Die Bezeichnung „*Raupen-Wagen*“ versinnbildlicht deutlich, in welcher Weise das Fahrzeug sich fortbewegen soll: wie eine Raupe an dem Boden dahinkriecht und dabei jede Unebenheit und jede Vertiefung und Erhöhung zu nehmen vermag, so soll sich auch die *Caterpillar*-Konstruktion dem Erdboden in glatter Auslagefläche anpassen und durch die Länge der Auslage sogar Gräben überschreiten können. Auf jeder Seite des Fahrzeuges bildet eine lose auf dem Boden lagernde, um zwei Räder geführte, und von dem hinteren derselben angetriebene breite Kette eine Art Gleis, welches sich selbsttätig verlegt und in dem Zwischenraum zwischen dem Antriebs- und dem Förderungsrad auf einer Anzahl von gefederten Tragrollen aufliegt. Diese Tragrollen können in einem oder mehreren Rollenwagen zusammengestellt werden und laufen — teilweise in Spurkränzen — auf den Schienen ab.

Bei den ersten englischen Tanks mit ihrer Rhombusform (dem Mark IV-Wagen) bildet der Außenpanzer gleichzeitig auch das Fahrgestell. Die *Caterpillarkette*, welche von einem 100 PS ventillosen Motor angetrieben wird, muß denselben Weg machen, der durch die Form des Tanks gegeben ist. Es ist hier *keine* *Ab* *s* *e* *d* *e* *r* *u* *n* *g* zwischen Kette und Fahr-

gestellt möglich, weshalb sich diese Konstruktion auch nicht bewährte und verlassen wurde. Die Franzosen haben (ebenso wie die Deutschen) — wenn man von dem mißglückten Versuch des A 7 V-U-Wagens absieht — diese rhombusförmige Form eben wegen der Unmöglichkeit der Federung nicht gewählt. Auf die technischen Einzelheiten der englischen und französischen großen Tanks soll hier nicht näher eingegangen werden, da sie teils überholt sind, teils beim deutschen A 7 V-Wagen geschildert werden.

Dagegen sei kurz der französische Renault-Tank beschrieben, welcher wohl den aussichtsreichsten Typ darstellt. Der Wagen führt die Bezeichnung „Renault-Baby“ oder „2-Männer-Tank“. Die Konstruktion des englischen Wippet-Tank stellt im allgemeinen ein Mittelglied zwischen dem A 7 V-Wagen und dem Renault-Wagen dar, so daß auch er nicht näher geschildert zu werden braucht.

Die technischen Einzelheiten des von Gebr. Renault zu Paris gebauten Tanks sind aus der Querschnittsfigur Tafel 14, s genau zu ersehen.

Der verhältnismäßig schwache, nur 40 PS entwickelnde Motor liegt ganz am hinteren Ende des Fahrzeuges, wo er gegen feindliche Geschosswirkungen am besten geschützt ist. Seine Kühlung erfolgt nach dem „Thermosiphon-System“. An den Motor schließt sich unmittelbar die Kuppelung und an diese das Geschwindigkeitsgetriebe. Zwischen beiden liegt die Kuppelung für die Steuerung. Zwischen Motor und Kuppelung ist der Kühler angeordnet, hinter diesem der Ventilator und neben diesem der Brennstoffbehälter. Vor dem Benzinbehälter und der Kuppelung sitzt in einem Gurt der Kanonier in einem Drehturm; hinter diesem Schützen, auf der Rückseite des drehbaren Panzerturms, befindet sich die Eingangstür des Fahrzeuges.

Vor dem Schützen sitzt ganz niedrig auf einem Kissen der Führer; seine Füße ruhen auf den Pedalen zur Motorkuppelung und zur Bremse, mit den Händen bedient er die Handhebel zur Steuerung und Schaltung, die durch die Einstellung verschiedener Geschwindigkeiten auf den beiden Raupen, durch Abbremsen oder durch Umsteuerung der einen Raupe in entgegengesetzter Richtung ausgeführt wird. Der Innenraum des Tanks ist bis auf den kleinsten Winkel ausgenüht, und man kann sich vorstellen, daß ein stundenlanger Aufenthalt in demselben höchst anstrengend ist. Die Hauptabmessungen dieses „Baby“-Tanks betragen 4 m Länge, 2 m Höhe und 1 m Breite, das Gewicht etwa 7 Tonnen; die Geschwindigkeit kann bis zu 20 km gesteigert werden.

Als sich die deutsche Heeresverwaltung im November 1916 zur versuchsweisen Herstellung von Tanks durch die Verkehrstechnische Prüfungskommission entschlossen hatte, war man in Deutschland über die technischen Einzelheiten der englischen Tanks, abgesehen von phantastischen, unzutreffenden Abbildungen, nicht unterrichtet. Der mit der Herstellung

von Bauplänen beauftragte Konstrukteur (Oberingenieur Bollmer, unterstützt von einer Kommission, in der die besten Köpfe der deutschen Autoindustrie saßen) mußte deshalb zunächst über die geeignete Art der Fortbewegung Beschluß fassen. Die in weiten Grenzen veränderlichen Geländewiderstände (abhängig von der Art, von den Unebenheiten, der Tragfähigkeit und Widerstandsfähigkeit des Bodens und von der Witterung) für die aufzubringenden Zugkräfte ließen keinen Zweifel, daß an die Verwendung des in Deutschland üblichen mehrachsigen Räderantriebes nicht gedacht werden konnte. Man entschloß sich deshalb zur Verwendung des Antriebes durch Raupenketten, insbesondere zu der einreihigen Gleiskettenfortbewegung (die später erbeuteten feindlichen Tanks haben die Richtigkeit der Wahl bestätigt).

Infolge der Unklarheit über den zukünftigen Verwendungszweck dieser Raupenfahrzeuge (Deckname: A 7 V-Wagen), entschloß sich die W. P. K. zu einer Ausgestaltung der Bauform des Fahrgeräts, welche Verwendung finden konnte:

a) als Kampfwagen mit einem Panzergehäuseaufbau;

b) als Geländewagen und Zugmaschine mit einem Britschenaufsatz (zur Beförderung von Kriegsmaterial).

Für die Fahrzeuge zu a wurde durch das Panzergehäuse eine Überdachung der oberen Gleiskette zum Schutz gegen Geschoswirkung und zur Vergrößerung des Mannschaftsraumes, für die Fahrzeuge zu b eine größtmögliche Bemessung der Ladefläche der Plattform erstrebt. Die Raupenkette wurde deshalb horizontal geführt und nur am hinteren Ketten- und vorderen Leitrad etwas hochgezogen. Die rhombische Form der damaligen englischen Tanks wurde also — und zwar absichtlich — nicht gewählt.

Die Motorenanlage wurde in der geometrischen Mitte des Fahrgeräts und der Fahrer- und Kommandantenitz darüber angeordnet. In der Möglichkeit der Verwendung ungeknickter Flächen für das Panzergehäuse wurde eine wesentliche Vereinfachung erblickt.

Der Zusammenschluß aller Konstruktionseinzelheiten des Fahrgeräts, des sogenannten A 7 V-Wagens, ist in der Zusammenstellungszeichnung Tafel 14, 6 veranschaulicht.

Als technische Leistung verlangte die Heeresleitung Querfeldbefahren über jeden Boden, Überfahren von Gräben von 1,5 m Breite und Rehren von Drahthindernissen, Erdwällen und Steigungen querfeldein 1 : 10, auf Straßen 1 : 4; gewünscht wurde gleiche Vor- und Rückwärts-geschwindigkeit, die querfeldein etwa 12 km pro Stunde betragen sollte, und eine Motorstärke von mindestens 100 PS.

Daraus ergibt sich folgende technische Charakteristik des A 7 V-Wagens:

Als Kraftquelle wurde zur Erreichung einer Fahrgeschwindigkeit von 12 km/Std. die Anwendung einer Motorleistung von mindestens 200 PS erforderlich. Infolge der schwierigen Beschaffung solcher Einheiten entschloß man sich zur Anwendung des Zweimotorensystems, und wählte Doimermotoren von je 100 PS, die mit kurzer Lieferfrist greifbar waren.

Die Rohrleitung wurde an jedem Motorpaar so angeordnet, daß die Vergaser mit Saugleitung an die Außenseiten, die Auspuffleitung nach den Innenseiten zu liegen kamen, wobei die rechtslaufende Drehung beider Motoren beibehalten wurde. Es wird hierdurch die nachteilige Erhitzung der Saugleitung des einen Motors durch die ausstrahlende Wärme des Auspuffs des anderen Motors vermieden. Die Motoren sind vierzylindrig, hoben 165 mm Bohrung, 200 mm Kolbenhub und eine Drehzahl von 800 bis 900 pro Minute. Jeder Motor ist durch die sogenannte „Dreipunktufhängung“ im Untergestellrahmen befestigt. Als Zündung kommt die Magnetlichtbogenzündung mit Anloßmagnet zur Anwendung.

Bei den einzelnen Vergasersystemen war zu berücksichtigen, daß die Schwimmeranordnung bei großer Schröglage des Motors den richtigen Benzinstand im Vergasergehäuse aufrecht erhalten muß.

Bei der Schmieranlage war zu vermeiden, daß bei einer 45gradigen Schröglage des Motors kein Überfluten der hinteren Zylinder mit Schmieröl eintrat. Dies wurde durch die Anordnung eines gesonderten Schmierölbehälters erreicht, in welchen das im Kurbelgehäuse angesammelte Öl im Kreislauf zurückgepumpt wurde.

Die Ingegnieurgabe der verhältnismäßig starken Motoren bereitete infolge der zur Verfügung stehenden, nur minderwertigen Brennstoffe, insbesondere im Winter, erhebliche Schwierigkeiten. Es wurden deshalb die verschiedenartigsten Andrehvorrichtungen zur Anwendung gebracht:

- a) durch Gemischpumpe,
- b) durch Anloßdynomo,
- c) durch Boschzerstäuber,
- d) durch Handdrehkurbel für drei Mann,
- e) durch Azetylen.

Wor ein Motor im Gange, so konnte der andere durch Vorwärtsfahren des Fahrzeuges und Einkuppeln in Gang gesetzt werden.

Für die Beleuchtung des Innenraumes der Panzerfahrzeuge und für den Betrieb der Oberlandwogen bei Nacht wurde jedes Fahrzeug mit Beleuchtungsdynomo ausgerüstet, auch wurde jeder Motor zwecks Einhaltung der richtigen Drehzahl mit einem Drehzahlmesser versehen.

Der Brennstoff wurde in je zwei Behältern von einem Füllungsvermögen von je 250 Litern, welche im vorderen Teil des Fahrgestells

eingebaut waren, untergebracht. Der Boden der Brennstoffbehälter wurde durch eine 10 mm dicke Panzerplatte, die Umfassungswände durch den Rahmenbau des Fahrgestells und durch die Umfassungswände des Panzers gegen Beschosswirkung gesichert. Jeder Behälter ist einzeln für die Speisung beider Motoren anschließbar eingerichtet. — Die Förderung des Brennstoffes wird durch den Druck der Auspuffgase bewirkt. Zur Verminderung der Feuersgefahr im Innern des Panzergehäuses sind die Behälter auch oben durch Eisenblechplatten abgedeckt, damit selbst bei Inbrandgeraten des Behälterinhaltes eine Beschädigung der Fahrzeuginsassen vermieden wird.

Zwei Hilfsbehälter am Führersitz ermöglichen das leichtere Anlassen durch besseren Brennstoff oder eine kürzere Weiterfahrt, falls beide Hauptbrennstoffbehälter wegen Beschädigung außer Betrieb gesetzt werden müssen.

Für die Kühlung der Motoren sind an den Stirnseiten des Motorschutzkastens zwei große Röhrenkühler angebracht, die lose in zwei Taschen mit Filzeinlagen eingestellt und oben durch elastische Bügel in vertikaler Lage durch den Schutzkasten gehalten werden.

Für die Ventilation der Kühler wurden insgesamt vier Ventilatoren angeordnet, von denen je zwei durch einen Motor von der Stirn- und Schwungradseite aus vermittels breiter, nachstellbarer Riemen angetrieben werden. Die Luft wird durch die Ventilatoren aus dem Innern des Panzergehäuses durch die Kühlelemente der Kühler hindurch angesaugt und unterhalb der Motoren nach außen gedrückt. Dadurch, daß die erhitzte Luft das Bestreben hat, infolge ihrer Leichtigkeit nach oben zu steigen, war die Temperatur im Innern des Panzers (abgesehen von der Wärmestauung im Panzergehäuse, hervorgerufen durch die Ausstrahlung der Auspuffleitungen der Motoren usw.) verhältnismäßig hoch (bis zu 60°), trotzdem die vier Ventilatoren eine nicht unbedeutende Luftmenge zu fördern imstande waren.

Fahrgestellrahmen und Laufrollenwagen fallen unter die Klasse der Gleiskettenfahrzeuge, mit mehreren selbständigen, unabhängig vom Fahrgestell angeordneten Laufrollenwagenpaaren, die sich durch Spiralfedern am Fahrgestellrahmen stützen und durch Lenker mit diesem in beweglicher Verbindung stehen. Die Gleisketten- und Leitradachsen sind in fester Verbindung mit dem Fahrgestell, die Durchfederung wird durch die Gelenkigkeit der Gleiskette ausgeglichen. Zur Überwindung von etwa 2 m breiten Schützengraben ist die Aufstagesfläche der Kette am Boden auf eine Länge von etwa 5 m bemessen. Dementsprechend sind drei Rollenwagenpaare zu fünf Rollen mit in der Mitte und außen angeordneten Spurkränzen angebracht. Der Längsabstand der Laufrollenwagen zu einander ist gegen Lageveränderungen durch Lenker gesichert. Die Querlage wird durch je zwei rechts und links angeordnete Lenker zur Aufnahme der Querkräfte beim Steuern aufrechterhalten. Der obere Kettenrücklauf

wird durch Stützrollen getragen. Wegen ungleicher Kettenabnutzung ist jede Kette mit einem für sich nachstellbaren Kettenspanner ausgerüstet. Wegen die Entgleisung bei größerer seitlicher Schräglage des Fahrzeuges sind Führungsschienen angebracht, die die Kettenglieder seitlich stützen, wenn das Glied der Kette über die Spurkränze der Laufrollen hinaustreten will.

Die Gleiskette besitzt ein einreihiges Schienengleis, auf welchem die Laufrollen, geführt durch äußere und innere Spurkränze, abrollen. Die Kettenlaschen sind geträpft, so daß jedes vollständige Kettenglied austauschbar wird. An den Augen der Glieder sind die Bodenplatten zueinander übergreifend, um selbst beim Überlaufen des Ketten- oder Leitrades eine Spaltbildung zu vermeiden, durch welche Sand, Lehm und dergleichen hindurchbringen könnte.

Die Anzahl der Kettenglieder für jedes Fahrzeug beträgt  $2 \times 48 = 96$ , die sogenannte Tragfläche für jede Kettenseite auf weichem Boden etwa 2,5 qm, die spezifische Bodenbelastung bei 25 bis 30 Tonnen Betriebsgewicht 0,5 bis 0,6 kg pro Quadratzentimeter.

Das Material der Kettenlaschen besteht aus Preßstahl, das der Bodenplatten aus Siemens-Martin-Stahl, während die Bolzen und Büchsen aus Chromstahl gefertigt sind.

Die Lenkung erfolgt ausschließlich durch die beiden Gleisketten. Beim Nehmen einer Kurve wird der Antrieb der auf der Innenseite liegenden Gleiskette gelöst und deren freier Lauf entsprechend der Größe der gewünschten Kurve abgebremst, so daß nur die auf der Außenseite der Kurve liegende Kette Antrieb erhält. Der kleinste Lenkradius beträgt hierbei etwa 2,2 m (gleich der Gleiskettenspur). Um das Fahrzeug auf der Stelle um die vertikale Schwerpunktschwerachse schwenken zu können, kann eine der Gleisketten rückwärts, die andere vorwärts angetrieben werden. Es sind hierbei dreimalige Schwenkungen um  $360^\circ$  möglich geworden. Beim Befahren kleiner Kurven auf Verkehrsstraßen usw. wird die Lenkung durch Drehzahlveränderung der beiden Antriebsmotoren, von denen jeder eine Gleiskette antreibt, und zwar durch leichtes Bewegen eines Handrades nach rechts oder links herbeigeführt.

Das Fahr- und Lenkwerk: Infolge der Anwendung eines Zweimotorenantriebes ist ein gesondertes Lenkgetriebe mit zwei Kuppelungen (wie bei dem Einmotorenantrieb) überflüssig. Die Lenk-Kuppelungen sind gleichzeitig die Motorenkuppelung. Das Fahr- und Lenkwerk ist für jede Gleiskette ein für sich geschlossenes Ganzes. Beide sind in einem gemeinschaftlichen Gehäuse untergebracht. Jedes Fahrwerk besitzt drei Überlegungsstufen, und zwar für eine Stundengeschwindigkeit von 3, 6 und 12 km. Sie werden durch einen Hebel vom Führersitz aus gemeinschaftlich betätigt. Der jeweilige Gleiskettenantrieb ist mit einer Kegeiradüberlegung

ausgerüstet, auf welche in das große Regelrad zwei Regelriemen mit ein- und ausrückbaren Zahntupplungen für Vor- und Rückwärtsfahrt eingreifen. Diese können auch einzeln vom Führersitz aus so geschaltet werden, daß das Drehen des Fahrzeuges auf der Stelle mit einer vor- und einer rückwärts angetriebenen Gleiskette stattfindet. Durch das gleichzeitige Eintupplern beider Motorentupplungen wird also die Geradeausfahrt, durch das Entkupplern jeweils einer die Kurvenfahrt, und durch das Entkupplern beider der Stillstand des Fahrzeuges erreicht. Jede Motortupplung ist als sogenannte entlastete Doppelkonustupplung ausgebildet zu dem Zwecke, daß der Führer bei der verhältnismäßig großen Motorleistung mit der ihm zur Verfügung stehenden Fußkraft in der Lage ist, das Ein- und Auskupplern zu bewirken. Auf den beiden nach hinten verlängerten Motortriebwellen sind die beiden Bremscheiben angeordnet, mit welchen jeweils eine Gleiskette abgebremst oder das Fahrzeug bei abschüssigen Wegen zum Stillstand gebracht werden kann. Sämtliche Schalt- und Bedienungshebel sind am Führersitz so angeordnet, daß der Fahrer sie ohne fremde Hilfe betätigen kann.

Das Panzergehäuse aus 30 und 20 mm starken Dillinger Stahlplatten gebaut, bietet Schutz selbst noch gegen Splitterwirkung schwerer Granaten und gab der Besatzung das Gefühl unbedingter Sicherheit. Für Infanterie- und Maschinengewehrmunition, selbst für S. m. K.-Munition mit erhöhter Durchschlagskraft, ist es unverwundbar. Die Armierung bestand in vier schweren Maschinengewehren und einem 5,7 cm-Schnellfeuergeschütz.

Zahlenangaben.

Betriebsgewicht des Fahrgestells einschl. Brennstoff, Kühlwasser und Werkzeug . . . . .	16 000 kg
Panzergehäuse etwa . . . . .	8 500 "
Mannschaften (18 Mann) . . . . .	1 350 "
1 5,7-cm-Schnellfeuergeschütz } . . . . .	3 500 "
5 M. G. mit Munition usw. }	
Schanzzeug und dergl. . . . .	650 "
<b>Betriebsgewicht eines Panzerkraftwagens . . . . .</b>	<b>30 000 kg</b>
Betriebsgewicht des Fahrgestells einschl. Brennstoff, Kühlwasser und Werkzeug . . . . .	16 000 kg
Überlandwagen Plateaufbau . . . . .	1 000 "
Ruhlast . . . . .	9 000 "
<b>Betriebsgewicht eines Geländeüberlandwagens . . . . .</b>	<b>26 000 kg</b>
Motorleistung: 200 PS, Drehzahl: 800.	
Zugkraft bei der ersten, 3 km/Std.-Überfegung . . . . .	15 000 kg
(Bei entsprechender Wahl der Überfegung kann die Zugkraft infolge der langen Auflage der Kette auf der Fahrbahn bis gleich dem Eigengewicht gesteigert werden.)	

Laufwiderstand auf Sandboden bei 6 km/Std. . . 55 kg pra t  
 „ „ „ „ 10 km/Std. . . 110 kg „ t

Steigungsfähigkeit querfeldein 1:3,5

(abhängig von der Wahl der ersten Übersehungstufe)

Fähigkeit zur Überwindung von 2 m breiten Gräben und Trichtern.

Abdrückdruck auf weichem Boden 0,5 bis 0,6 kg pra qcm.

Länge der Kette: 4,25 m, des ganzen Wagens 7,35 m

Breite „ „ : 0,50 m, „ „ „ 3,06 m

Profilfreiheit auf allen deutschen, belgischen und französischen Bahnen  
 bei aufgeklapptem Führerturm.

Herstellungskosten eines Panzertankwagens etwa . . Mt. 250 000,—

Herstellungskosten eines Geländewagens etwa . . Mt. 160 000,—

(nach den Preisätzen des Jahres 1917/18)

Der Bau erfolgte ebenso wie die Konstruktion unter Leitung der V. P. K. Alle Einzelteile wurden bei Sonderfirmen bestellt.

Montiert wurden die Wagen von der Firma Büßing, Braunschweig, den Loebwerken, Charlottenburg, und von der Firma Daimler, Berlin-Mariensfeld. Bei diesen Werken mußten besondere Hallen gebaut werden. Die Beschaffung des Materials machte infolge von Mangel an Rohstoffen recht große Schwierigkeiten. Ganz besonders hemmend war auch der große Kohlenmangel für die Fabriken, so daß trotz aller Mühe seitens der V. P. K. von ihnen die Liefertermine nicht eingehalten werden konnten. Die Fertigstellung des Fahrgestells wurde weiter erschwert infolge zeitweiliger Stilllegung sämtlicher Stahlgießereien und infolge Bahnsperrre. Um die Arbeiten nach Möglichkeit zu fördern, wurden alle nötigen Kräfte an Arbeitspersonal aus dem Felde zurückgeholt und den Firmen zugewiesen. Es gelang leider nicht, die Genehmigung zu erhalten, daß die Tanks in die Dringlichkeitsklasse I aufgenommen wurden, wie es bei Flugzeugen und U-Booten der Fall war. Dies wurde erst erreicht, als die Wagen schon fast fertig waren. Eine Kleinarbeit war zu leisten und wurde in vier Monaten bewältigt. Schon Ende April 1917 war der erste Probewagen bei der Firma Daimler zu Versuchsfahrten fertig.

Es wurden 100 A 7 V-Wagen in Auftrag gegeben. 10 davon sollten zunächst gepanzert werden, eine Bestellung, die dann auf 20 erweitert wurde. Die übrigen 80 A 7 V-Wagen sollten als Überland- oder Geländewagen an solchen Teilen der Front verwendet werden, wo die Hauptanmarschstraßen vom Gegner dauernd unter schwerem Feuer gehalten wurden, so daß Munitions- und Verpflegungskolonnen nicht mehr durchkommen konnten. Hier sollten die Raupenwagen querfeldein fahren, um unseren Kampftruppen das Nötigste an Munition, Pioniergerät und Verpflegung zuzuführen. Aus je acht solcher Geländewagen wurden

Raupenkolonnen (M. R. R. R.) gebildet, von denen eine Reihe nutzbringend im Westen tätig war.

Neben der oben geschilderten Form wurde auch ein Tank mit umlaufender Kette nach englischem Muster gebaut, der die Bezeichnung „A 7 V - U - Wagen“ erhielt. Die Unterschiede gegenüber dem A 7 V-Wagen erstrecken sich vornehmlich auf die Verschmelzung des Panzergehäuses mit dem Fahrgestell, auf die vordere Hochführung der Gleiskette bis zum Fahrzeugdach und entsprechende Rückführung, d. h. in einer rhombusartigen Gestaltung des Längsprofils. Der Führer- und Kommandantensitz befindet sich nicht über dem Motorschutzgehäuse, sondern an der vorderen Stirnwand des Fahrzeuges.

Die Konstruktion bewährte sich nicht. Der Bau von A 7 V-Wagen wurde zugunsten eines rhombischen Riesentanks verlassen, der zwar ein Muster deutscher Ingenieurkunst darstellt, aber nie in Tätigkeit trat. Ob er technisch und namentlich militärisch etwas geleistet hätte, erscheint nach dem heutigen Stande der Erfahrungen zweifelhaft.

Wenn deutsche Geländekampfwagen nicht in einer dem gegnerischen Riesenangebot gewachsenen Zahl eingesetzt werden konnten, so lag das nicht an einem Versagen unserer Industrie, sondern in der anfänglichen Unterschätzung und der in den Gesamtverhältnissen begründeten Unmöglichkeit, neben den sonstigen gewaltigen Anforderungen auch noch diese rechtzeitig erfüllen zu können. Das Versagen im Tankbau war nicht die Ursache, wohl aber ein Vorzeichen des Zusammenbruchs!

## IX. Verkehrsmittel.

### a. Die militärischen Grundlagen.

Von Hauptmann Wegner.

Eine der letzten Mahnungen, die Feldmarschall Graf Moltke ausgesprochen hat, lautete: „Bauen Sie keine Festungen, bauen Sie Eisenbahnen“.

Und Generalfeldmarschall Graf von Schlieffen sagte in seiner Rede bei der Feier des 25jährigen Bestehens des I. Bataillons Eisenbahn-Regiments Nr. 1 am 19. Mai 1896: „Die Eisenbahnen sind zu einem Kriegsmittel, zu einem Kriegswerkzeug geworden, ohne welches die großen Armeen der Gegenwart weder aufgestellt noch zusammengebracht, noch oortwärts geführt, noch erhalten werden können.“

Der Verlauf des Feldzuges hat diese Worte genugsam bestätigt. Alle Arten unserer neuzeitlichen und modernsten technischen Verkehrsmittel, Eisenbahnen, d. h. Vollbahnen mit Normalspur, Feldbahnen, Förderbahnen mit Lokomotiv- und Pferdebetrieb, Seil- und Zahnradbahnen, Wasserstraßen, Straßenlokomotiven, Zugmaschinen und Lastkraftwagenkolonnen, mußten neben den sonstigen Transportmitteln (Munitions- und Traintkolonnen, Tragtieren usw.) in ausgiebigstem Maße in Dienst gestellt werden, um die außerordentlichen Transportleistungen, deren das Heer bedurfte, zu bewältigen.

Als Hauptverkehrsmittel kam bei den ungeheuren Menschenmassen, bei der Ausdehnung der Fronten und bei der riesigen Weite der Kriegsschauplätze — auf mehreren Erdteilen — für den militärischen Großverkehr nur die Eisenbahn in Betracht. Kein anderes Landtransportmittel war auch nur annähernd imstande, die ungeheuren Mengen an Munition und Verpflegung, an Materialergänzung, Mannschafts- und Pferdeersatz, an Abschub von Kranken und Verwundeten, Beute und Gefangenen zu befördern, kein anderes Transportmittel konnte bei einer Zurückverlegung der Front die Räumung so schnell und zuverlässig bewerkstelligen, wie die Kriegführung es erforderte. In wenigen Tagen fuhr man von der Heimat in durchgehenden Schnellzügen zum entferntesten Frontteil, was in früheren Kriegen nur mit einem riesigen Aufgebot von Menschen, Pferden und Wagen in Wochen und Monaten möglich war. Es sei nur auf die großen Strecken Lille—Köln—Berlin—Warschau—Brest-Litowsk oder Hamburg—Berlin—Budapest—Risch—Sofia—Konstantinopel hingewiesen.

Die Eisenbahnen waren aber nicht nur die Lebensadern der Armeen, sondern sie sind auch zum Kampfmittel geworden. Ohne sie hätten die meisten großen Erfolge nicht errungen werden können. Tannenberg, die Masurenschlacht, der Durchbruch bei Gorlice und am Isonzo, die Feldzüge in Serbien und Rumänien, die zahlreichen Großschlachten an der Westfront waren nur möglich durch die Eisenbahnen mit ihrer Beweglichkeit und Leistungsfähigkeit. Bei dem uns durch die harten Waffenstillstandsbedingungen auferlegten, übereilten Rückzuge war es naturgemäß ausgeschlossen, die Rückbeförderung der Heeresmassen mit der Eisenbahn zu bewerkstelligen; sie konnte nicht einmal einen nennenswerten Teil der hinter der Front aufgehäuften Heeresgüter abfahren; Milliardenwerte mußten dem Feinde überlassen werden. Die Schuld trifft nicht die Eisenbahn, sondern sie beruhte auf der wohlbedachten Absicht und dem Vernichtungswillen des Gegners.

Neben der Vollbahn wurde in weitgehendem Maße von Schmalspurbahnen Gebrauch gemacht. Waren die Vollbahnen in verkehrsreichen Ge-

bieten die Hauptträger des Verkehrs, so konnte nur die Feldbahn in wege- und bahnrarmen Gegenden mit schnell verlegtem Strange der vormarschierenden Truppe folgen. In erster Linie übernahmen während der Vornärsche zwar Lastkraftwagenkolonnen den Nachschub auf längere Strecken, aber Mangel an festen Wegen, Betriebsstoffen und Fahrzeugen machten es erwünscht, die Kolonnenwege so schnell als möglich abzukürzen.

Das eigentliche Gebiet der Feld- und Förderbahnen war der Stellungskrieg. Von den Ausladestellen der Vollbahnen ging ein fein verästeltes Schmalspurnetz nach vorn, um die Frontbedürfnisse, hauptsächlich Verpflegung, Munition und Material zum Stellungsbau, zu den einzelnen Verwendungsstellen zu befördern. Die Wichtigkeit dieser Förderbahnen nahm zu, als die starke Abnutzung der Wege, die verminderte Leistungsfähigkeit der Pferde und die dem Kraftwagenverkehr erwachsenden Schwierigkeiten (Gummi, Betriebsstoffe) in Erscheinung traten.

Neben den Förderbahnen wurden — teilweise von der Kampftruppe selbst — kleine Behelfsbahnen mit Pferde- oder Hand- oder Hapselbetrieb erbaut, z. B. bei den Kämpfen vor Verdun, auf der Côte Lorraine usw., um besonders schwierige Begegstrecken zu überwinden.

In Gebieten, die infolge ihrer Geländebeschaffenheit den Bau von Eisenbahnen nicht zuließen, wurden **S e i l b a h n e n** dem Heeresdienst nutzbar gemacht. Auf Grund der ersten Erfahrungen in den Bogenen konnte unsere hochentwickelte Industrie das für den Gebirgskrieg unentbehrliche Verkehrsmittel schnell für die militärische Verwendung umgestalten. Infolge der Ausdehnung des Kriegsschauplatzes auf die Hochalpen wurde in Höhen von 2000 bis 3500 m, in den Zonen des ewigen Schnees und der Gletscher, durch die deutsche Eisenbahntruppe ein zusammenhängendes Seilbahnnetz geschaffen. Im weiteren Verlauf des Krieges entstanden auch in den Karpaten und den unzugänglichen Gebirgen Mazedoniens, Rumäniens und der Türkei ähnlich große Seilbahnanlagen.

In der ersten Zeit des Krieges wurden die **W a s s e r s t r a ß e n** wenig ausgenutzt. Der gewaltige Ausbau der Eisenbahnen hatte sie zurücktreten lassen. Außerdem machte sich anfangs eine gewisse ablehnende Haltung gegen den Wassertransport bemerkbar, wahrscheinlich, weil militärischerseits eine hinreichend feste Organisation der Schiffsahrtsbetriebsmittel, die im Gegensatz zur Eisenbahn privatwirtschaftlich organisiert waren, nicht für möglich gehalten wurde. Endlich ist der Gedanke, daß der Krieg von kurzer Dauer und die Eisenbahnen ihren Aufgaben während des ganzen Kriegsverlaufes gewachsen sein würden, mitbestimmend dafür gewesen, daß die Schiffsahrt — namentlich wegen ihrer Langsamkeit — als wichtiges, ja unentbehrliches Transportmittel zunächst nicht anerkannt wurde.

In der 1906 herausgegebenen — also veralteten — Vorschrift „Mili-

türkische Benutzung der Wasserstraßen“ war nur die Binnenschifffahrt behandelt; an eine rege Seeschifffahrt, wie sie sich im Kriege an den deutschen Küsten ergab, war nicht gedacht worden.

So wurde zunächst dem Wassertransport nicht die Beachtung geschenkt, die er verdiente. Im Gegenteil erlitt die See- und Binnenschifffahrt bei Ausbruch des Krieges eine solche Störung, daß ein großer Teil der Betriebsmittel stillgelegt werden mußte.

Allmählich trat jedoch ein vollkommener Umschwung ein. Der Stellungskrieg erhöhte die Transportforderungen, die Versorgung der Verbündeten und Neutralen stellte erhebliche Ansprüche an die Transportmittel, und die Umgestaltung von Handel und Gewerbe auf die Kriegswirtschaft bedingte 1915 eine erhöhte Inanspruchnahme der Eisenbahnverkehrsmittel. Dementsprechend fanden die Binnenwasserstraßen steigende Beachtung.

Der Chef des Feldisenbahnwesens erließ 1915 Anweisungen an die Linienkommandanturen, deren Maßnahmen einen erhöhten Schiffsverkehr in einzelnen Liniengebieten herbeiführten. Ein nachhaltiger Erfolg blieb indessen versagt. Für den Schiffsverkehr nach Libau und Windau wurde 1915 die Wassertransportabteilung des Gouvernements Libau eingerichtet.

Endlich führte das zwingende Bedürfnis des planvollen Zusammenarbeitens von Eisenbahnen und Wasserstraßen 1916 zur Gründung der Schifffahrtsgruppe beim Chef der Eisenbahnabteilung des stellv. Generalstabes. Sie organisierte den gesamten Wassertransportdienst auf den deutschen Wasserstraßen und denen des besetzten Ostens und schuf ein Netz von Außendienststellen. Nur der Donauverkehr erfuhr im Benehmen mit der österreichisch-ungarischen Zentraltransportleitung eine besondere Regelung. Ihren Höhepunkt erreichten die Arbeiten der Schifffahrtsgruppe erst, als sie Anfang 1917 zur „Schifffahrtsabteilung beim Chef des Feldisenbahnwesens“ umgebildet wurde.

Ganz von ihr gefondert war zur Ausnutzung des belgischen und nordfranzösischen Kanalnetzes Anfang 1916 die „Militär-Kanal-Direktion Brüssel“, ebenfalls unter dem Feldisenbahnchef, gegründet worden. Sie leitete sämtliche Heereswassertransporte im Etappen- und Operationsgebiet, während die Abteilung „Wassertransporte“ beim Generalgouvernement Brüssel den Schiffsverkehr innerhalb des Generalgouvernements regelte. Leider bestanden zwischen dem belgisch-französischen Kanalnetz und dem deutschen keinerlei Binnenschifffahrtsverbindungen, so daß die Wasserstraßen der Westfront sich auf Transporte innerhalb des Generalgouvernements und zwischen den Armeen (Heeres- und Materialverschiebungen) beschränkten. Anfänglich hatte jede Armee für sich die in ihrem Gebiete liegenden Wasserstraßen in Benutzung genommen, was — in Verbindung mit dem

Widerstand der belgischen Schiffsahrtsbevölkerung — zahlreiche unwirtschaftliche Erscheinungen zeitigte; erst die planvolle Zusammenfassung sicherte den Erfolg.

Neben den Eisenbahnen und Wasserstraßen war das wichtigste Verkehrsmittel das Kraftfahrzeug, insbesondere der Lastkraftwagen, in seiner Bedeutung schon vor dem Kriege erkannt. 1911 war ein Kraftfahr-Bataillon gegründet worden. Durch staatliche Subvention hatte man für Einbürgerung des Armeelastzuges gesorgt, und es waren 1914 Maßnahmen in Vorbereitung, um in großzügiger Weise Betriebsstoffe für den Kriegsfall bereitzustellen. Leider stieß die Bewilligung der Mittel zur Schaffung einer größeren Truppe und zur Bereithaltung einer ausreichenden Zahl von Lastfahrzeugen und genügender Mengen ausländischer Brennstoffe auf große Schwierigkeiten. So konnte die Kraftfahrtruppe zu Beginn des Krieges trotz glänzender Leistungen und trotz Aufstellung außergewöhnlich zahlreicher Verbände nicht den großen Aufgaben beim beschleunigten Vormarsch durch Belgien und Nordfrankreich gerecht werden. Trotzdem haben die Lastkraftwagenkolonnen in unermüdlichem Tag- und Nachtbetrieb gearbeitet, um die großen Entfernungen, die zwischen den Eisenbahn-Ausladepunkten und den Truppen infolge Zerstörung der Eisenbahn-Kunstabbauten entstanden, zu überbrücken. Unausgesetzt bis Kriegesluß wurden die Kraftfahrverbände vermehrt; zu allen großen Operationen wurden sie planmäßig bereitgestellt. Bei allen Operationen und bei den Großangriffen und den Abwehrschlachten haben sie überall vorzügliches geleistet. Das geschah trotz der gewaltigen Schwierigkeiten, die ihnen erwuchsen.

Sehr beeinträchtigt wurden ihre Leistungen durch den 1915 einsetzenden Betriebsstoffmangel, durch den Ersatz der Gummibereifung der Lastwagen durch Eisenbereifung, durch die (Fehlen von Sparmetallen) stetig abnehmende Betriebsicherheit des Fahrzeugmaterials, wie durch die Schwierigkeit der Ersatzteilbeschaffung infolge noch nicht eingeführter Vereinheitlichung (Normalisierung) im Kraftfahrzeugbau. Um so höher sind die großen Leistungen zu bewerten.

Personenkraftwagen wurden in großem Maße bei den höheren Kommandobehörden, Stäben und Spezialtruppen (Artillerie-, Nachrichten-, Eisenbahn-, Flieger-, Luftschiffer-, Flaktruppen usw.) verwandt. Sanitätskraftwagen übernahmen den Verwundetentransport von der Kampffront in die Lazarette, Krafträder und Depeschenzweifeliger dienten der Befehlsübermittlung.

Auch Kampftruppen erhielten zum Teil anstatt der Pferde Kraftfahrzeuge als Beförderungsmittel. So wurden ein Teil der schweren Artillerie sowie Flakgeschütze mit Zugmaschinen bespannt, Feldartillerie und schwere Minenwerfer auf Lastkraftwagen gesetzt, Maschinengewehrverbände auf

leichten Lastwagen, Personenwagen und Krasträdern befördert. Diese Art der Fortbewegung eignete sich besonders für Heeresreserven, die leicht beweglich sein und schnell nach bedrohten Punkten geworfen werden mußten.

Daneben gab es Scheinwerferwagen, Ballonwinden, Fernsprechbauwagen, Wetterstationen, Funkerkraftwagen mit Mast, Werkstattwagen, Feldröntgen- und Lichtbildwagen, Kapellenkraftwagen u. a. m. Straßenlokomotiven wurden zum Transport schwerster Belagerungsgeschütze und bei den Baudirektionen zur Beförderung von Schotter und Baustoffen zum Straßenbau verwandt.

Ein Sondergerät der letzten Kriegszeit war der Raupenwagen, der den Kraftfahrer unabhängig von der Straße machte und ihn befähigte, mit schwerer Last Wege zu befahren, die kein pferdebespanntes Fuhrwerk überwand (f. S. 218).

Bei Beginn der Transportnot in der Heimat stellte die Kraftfahrtruppe immobile Kraftwagenkolonnen auf, zur schnellen Räumung der Güterbahnhöfe und damit zur Beschleunigung des Eisenbahnwagenumlaufs.

So mußten im Felde wie in der Heimat alle modernen, technischen Verkehrsmittel zusammenwirken, um die gewaltigen Transportaufgaben zu bewältigen, die der Krieg mit seinen Massenheeren, seinen Materialschlachten und seinen riesenhaften Fronten stellte.

## b. Die technische Ausführung.

### 1. Eisenbahnen und Wasserstraßen.

Von Hauptmann *W e g n e r*.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 12.)

**Organisation.** An der Spitze des gesamten Eisenbahnwesens stand der Chef des Feldeisenbahnwesens im Großen Hauptquartier, dem auch die Durchführung sämtlicher Transporte auf den Wasserstraßen des Deutschen Reiches und der besetzten Gebiete zufiel. Ihm lag ob:

- a) Transportwesen,
- b) Betrieb und Verwaltung,
- c) Bau.

Zur Leitung des militärischen Transportwesens — Truppentransporte, Nachschub-, Abschub- und sonstige militärische Transporte — waren Eisenbahntransportabteilungen (Etras) eingesetzt. Diesen unterstanden bei den Heeresgruppenkommandos, Armeeoberkommandos sowie Etappeninspektionen „bevollmächtigte

Generalstabsoffiziere“ oder „beauftragte Offiziere“, als Berater ihrer Kommandobehörden, die auch den Verkehr der Truppe mit den Militäreisenbahnbehörden vermittelten.

Die Durchführung der Betriebs-, Verkehrs- und Verwaltungsaufgaben auf den Vorkampfbahnen geschah durch Militäreisenbahndirektionen und betriebsführende Linienkommandanturen. Ihnen oblag die Durchführung des gesamten Verkehrs; sie waren verantwortlich für die Unterhaltung ihrer Vorkampfbahnen und für rechtzeitigen Ausbau und Unterhaltung aller dazugehörigen betrieblichen Anlagen.

Zur Zusammenfassung der Direktionen und betriebsführenden Linienkommandanturen für einheitliche Verwaltung und Ausgleich waren auf den einzelnen Kriegsschauplätzen Militär-General-Direktionen eingesetzt.

Der gesamte Bau, sowie der Klein-, Feld- und Seilbahnbetrieb lag in den Händen der „Regimentskommandeure der Eisenbahntruppen“ bei den Heeresgruppen und der „Kommandeure der Eisenbahntruppen“ bei den Armeeovertkommandos. Diese Kommandeure waren für die rechtzeitige, sachgemäße Ausführung aller erforderlichen Bahnbauten, sowie für den Betrieb und die Unterhaltung der in ihrem Bereich befindlichen Feld- und Seilbahnen verantwortlich. Ihnen unterstanden hierzu die Militäreisenbahnbaugruppen mit Eisenbahnbautruppen sowie für den Betrieb der Frontbahnen die Kleinbahn-, Feldbahn-, und Seilbahnbetriebsabteilungen mit unterstellten Betriebstruppen. Zur Durchführung besonderer Bauten im rückwärtigen Gebiet waren Militäreisenbahn-Bauabteilungen bestimmt.

Neben diesen Feld-Organisationen war eine großzügige Heimat-Organisation aufgebaut, deren Aufgaben bei der von Jahr zu Jahr schwieriger werdenden Transportlage von ungeheurer Tragweite waren.

**Bahnnetz.** Jeder Armee war eine Etappenlinie zugewiesen; auf dieser erfolgte die Vorführung des Nachschubes von der Sammelstation in der Heimat bis zur Frontverteilungsstelle. Auf der Frontverteilungsstelle einer Armee erfolgte die Umbildung der ursprünglich geschlossenen Züge mit möglichst einheitlicher Beladung nach Zielstationen. Hierzu waren naturgemäß umfangreiche Bahnanlagen erforderlich, in der Regel besondere Verteilungsbahnhöfe für Munition, Pioniergerät und Verpflegung. Von ihnen lief der Nachschub auf den Ausläufstrecken zu den einzelnen Gruppen (Generalkommandos), nach den Frontbahnhöfen.

Die weiter nach vorn laufenden *Spitzenstreifen* waren mit zahlreichen Ausladestellen für Truppenausladungen und Kolonnen, für Abstellung von Bereitschaftszügen, Munitionszügen, Lazarettzügen usw. ausgestattet.

Die Weiterbeförderung der Güter erfolgte — abgesehen von Train- und Kraftwagentolonnen — mit Schmalspurbahnen oder Seilbahnen. Dieses Netz nannte man *Frontbahnnetz*. Soweit möglich erhielt jede Division eine gesonderte Schmalspurbahnstrecke; diese führte von den Gruppenparks zu den Divisionsparks 10 bis 12 km hinter der Front und möglichst auch bis zu den Verwendungsstellen, hauptsächlich den Batteriestellungen. Eine noch weitere Verteilung geschah mit *Förderbahnen*. Die Maschinen des Schmalspurbahnnetzes wurden durch Querverbindungen hinter der Front geschlossen, um auch für den Fall, daß einzelne Strecken ausfielen, den Nachschub zu gewährleisten.

**Ausbau des Bahnnetzes.** Oberster Grundsatz war: **In erster Linie Ausbau der großen Zubringerlinien, in zweiter Linie Ausbau der Verteiler.** Daran mußte auch festgehalten werden, als Mangel an Kolonnen, Zustand der Pferde, Mangel an Betriebsstoff für Kraftfahrzeuge, schlechte Straßenverhältnisse den Ausbau des Verteilernetzes gebieterisch forderten.

Zu dem Ausbau der Zubringerlinien gehörte vor allem Wiederherstellung der zerstörten Kunstbauten, gesprengter Dämme und herausgerissenen Oberbaues, Wiedereinrichtung der zerstörten Bahnhöfe mit ihren zahlreichen Anlagen, Umageln der Strecken von russischer auf deutsche Spur, Schaffung von zahlreichen Ausweichen für dichten Zugverkehr an eingleisigen Strecken, Ausbau leistungsfähiger Bahnhöfe für den oft sprunghaft anwachsenden Verkehr und endlich der Bau neuer Vollbahnlinsen.

Im **Bewegungskriege** mußte die Eisenbahntruppe anstreben, den vormarschierenden Armeen so dicht zu folgen, daß der mit anderen Transportmitteln zu überbrückende Raum auf ein Mindestmaß beschränkt wurde. Deshalb galt es, durch schnelle, weit vorgehende Inbesitznahme von Eisenbahnlinien, z. B. durch Panzerzüge, etwaigen Zerstörungen vorzubeugen. Mit dem Streckenbau mußte die Schaffung ausreichender Bahnhofs- und Betriebsanlagen Hand in Hand gehen; denn ohne solche war die Strecke selbst wertlos. Große, zerstörte Kunstbauten mußten zunächst durch eine Umgehungsbahn ausgeschaltet werden. Bei Rückwärtsbewegungen hatte die Eisenbahntruppe nach Möglichkeit, soweit die Bewegungen planmäßig erfolgten, den Rückbau zu bewerkstelligen, um möglichst viel Material zu retten und sonst sämtliche Eisenbahnanlagen, besonders die Kunstbauten und Weichen, nachhaltig zu zerstören.

Mit dem Übergang zum Stellungskriege galt es schnell leistungsfähige Bahnhöfe im Rücken der Armee zu schaffen und das Frontbahnetz zu beginnen. Für dessen Bemessung waren die Besatzungsstärke des betreffenden Frontabschnittes, der Umfang des zu bewältigenden Nachschubes sowie die Ausichten auf die zu erwartenden, späteren Kampfhandlungen maßgebend. Der durchschnittliche Bedarf an Heeresgut für eine in der Front eingesezte Division mußte mit 400 bis 500 t an ruhiger Front und mit 900 t bei der Abwehrschlacht berechnet werden. Daneben mußten Ausladegleise, Truppenrampen, Gleise für Beladung von Lazarettzügen und vor allem Zu- und Abfahrtsstraßen geschaffen werden.

Große Aufgaben erwuchsen der Eisenbahntruppe bei Großangriffen im Stellungskriege, besonders bei dem Mangel an Betriebsstoffen für Kraftfahrzeuge und der Unzulänglichkeit der Pferdekolonnen. Angriff und Festhalten des gewonnenen Geländes waren nur möglich, wenn durch Wiederherstellung und Bau der Eisenbahnen der erforderliche Nachschub, vor allem an Munition, gesichert war. Planmäßige Vorbereitung bis ins kleinste war Vorbedingung für den Erfolg. Kurz vor dem Großangriff wurden Zuführungsgleise für schwerste Batterien, Gleiskurven und Klauen für Eisenbahngeschütze und Kolonnenausstellestellen gebaut, letztere, um den Kolonnen die Wege aufs äußerste abzukürzen. Beim Bau und Bereitlegen des ungeheuren Materials war zu vermeiden, daß der Gegner zu frühzeitig auf diese Maßnahmen aufmerksam wurde.

Die Überwindung des Trichterfeldes und der Anschluß der eigenen Frontbahnen an das feindliche Bahnnetz forderte vorherige, sorgsame Erkundungen durch Fliegeraufnahmen, Gefangenenerhebungen und eingehendes Kartenstudium; unmittelbar mit dem Beginn des Angriffs folgten die örtlichen Erkundungen durch erfahrene Eisenbahnoffiziere.

Naturgemäß brauchte die Eisenbahntruppe für die gemaltige Arbeit, insbesondere Erd- und Aufräumarbeiten, zahlreiche Hilfskräfte. Vorn waren dies die Kampftruppen selbst, Pioniere und Armierungsbataillone, weiter rückwärts Armierungsbataillone, Gefangene und angeworbene Zivilbewohner, zu denen die Eisenbahner das Anleitungspersonal stellten.

Die Bautruppen und ihre Arbeiten. Auf Grund der planmäßigen Mobilmachung standen bei Beginn des Krieges zur Verfügung:

- 30 Eisenbahnbaukompagnien,
- 26 Reserve-Eisenbahnbaukompagnien,
- 4 Eisenbahnhilfsbataillone zu je vier Kompagnien.

Bald zeigten sich diese 72 Kompagnien für die weit ausgedehnten Kriegsschauplätze nicht ausreichend; zahlreiche, überplanmäßige Reformationen wurden aufgestellt, außerdem Zivil-Eisenbahnbaukolonnen; auch wurde die deutsche Bahnbau- und Brückenbauindustrie mobil gemacht. So wurde ein technisches Heer geschaffen, das erst die Ausnutzung der fremden Eisenbahnen ermöglichte.

Bei Kriegsschluß waren vorhanden:

- 96 Eisenbahnbaukompagnien,
- 15 Festungseisenbahnbaukompagnien,
- 17 Landwehreisbahnbaukompagnien,
- 36 Eisenbahnhilfskompagnien,
- 71 Armierungskompagnien,
- 125 Eisenbahnbetriebskompagnien,
- 44 Feldbahnbetriebsabteilungen,
- 29 Feldbahnbetriebskompagnien,
- 95 Seilbahnformationen,
- 68 Eisenbahnspezialformationen,
- 7 Panzerzüge.

Zusammen 3638 Offiziere, 162 000 Unteroffiziere und Mannschaften, dazu 67 200 Gefangene und 10 082 Mann Bewachungs- und Anleitungspersonal.

Gleich in den ersten Tagen der Mobilmachung galt es, bei der Ausladung der Truppen behilflich zu sein und Rampenanlagen zu verlängern und zu bauen, die Bahnen und deren Kunstbauten auf feindlichem Gebiet zu ertunden und Sperren und Beschädigungen zu beseitigen. Besonders große Arbeit gab es z. B. auf der Strecke Aachen—Lüttich; hier hatten neben sonstigen Zerstörungen die Belgier drei Tunnel dadurch gesperrt, daß sie von beiden Seiten unbemannte Lokomotiven auf einander gejagt hatten. In einem Tunnel steckte ein fast unlösliches Gewirr von 17 Maschinen. Südlich von Trois-Ponts war ein Tunnel auf eine große Strecke zerstört. Die zahlreichen Eisenbahnbrücken an diesen Linien waren sämtlich unversehrt, ein Zeichen, daß die Belgier nur den französischen und englischen Aufmarsch decken und die deutschen Truppen aufhalten wollten. Beim Rückzug der französischen Heere waren zahlreiche Tunnel gründlich zerstört worden, z. B. bei Rezières an der Maas, Liart, les Islettes, Montmédy und Longuyon. Während der bei les Islettes aufgegeben werden konnte, griff man bei den anderen Tunneln zum doppelten Weg, man baute sofort eine Umgebungsbahn und stellte später die Tunneln wieder her. Hierbei leisteten die aus den Gebieten Saarbrücken und Westfalen herangezogenen Bergleute ausgezeichnete Dienste. Auch eine unsinnig große Zahl von langen und teuren Eisenbahnbrücken hatten die Franzosen beim Rückzug

vernichtet. Etwa 40 wurden in den ersten Kriegsmonaten wieder aufgebaut, zunächst behelfsmäßig aus Holz und Eisenträgern, später eine Anzahl von ihnen durch Brückenbauanstalten in dauerhafter Friedensausführung. Allein zwischen Fumay und Bazailles im Maastal waren 12 zweigleisige Brücken von Grund aus zerstört. Ihre Wiederherstellung dauerte nicht ganz vier Wochen, da sie alle gleichzeitig in Angriff genommen wurden. Auch die Belgier und Engländer hatten Brücken in großem Maßstabe zerstört; innerhalb des ersten Kriegsjahres waren hier 52 Brücken wiederherzustellen.

Auch die Russen und Serben machten von Zerstörungen weitgehenden Gebrauch. Im Osten fehlten Tunnels, aber hier bereiteten die Brückenbauten wegen der zum Teil recht beträchtlichen Brückenhöhen und der sehr ungünstigen Wasser- und Eisverhältnisse große Schwierigkeiten. Besonders umständlich und zeitraubend wurden die großen Brückenbauten bei Murawjewo über die Wenta, bei Rowno und Landwarowo an der Strecke Eydtkunen—Wilna, bei Mita und Grodno über den Njemen (Tafel 12, 2), bei Warschau über die Weichsel (Tafel 12, 4), mehrere Brücken über den Narew, Bug und Dnjestr, die große Brücke über die Save bei Belgrad (Tafel 12, 3) und über die Donau bei Cernavoda. In den Karpathen, in Serbien und Rumänien brachten zahlreiche Wiederherstellungsarbeiten, so an den Gebirgstrecken Belgrad—Sofia und den von Nisch südwärts führenden Bahnen, besonders technisch schwierige Aufgaben.

Auch in der Neuanlage von Eisenbahnen wurde gewaltiges geleistet. An neuen, strategischen Vollbahnbauten sind besonders zu erwähnen: die zweigleisige, außerordentlich schwierige Strecke Aachen—Longern, St. Bith—Born—Alsfalm und St. Bith—Gouvy, die Riedbahn im Elsaß, die Strecke Bajohren—Prekulu, Laugszargen—Radzwillischki, Schaulen—Mitau und die Ausführung der kleinasiatischen Bahnen im Taurus- und Amanus-Gebirge. Im ganzen wurden rund 6000 km Vollbahn neu gebaut.

Die Strecke Aachen—Longern, die zur Entlastung von Lüttich diente, wurde hauptsächlich von großen Eisenbahnbau- und Brücken-Firmen hergestellt. Die Strecke war kurz, aber reich an Geländeschwierigkeiten; hohe Viadukte und Dämme wechselten mit tiefen Einschnitten. Sämtliche Hochbauten wurden in permanenter Ausführung in Eisenbeton und Eisenkonstruktionen hergestellt; zur Bewältigung der riesenhaften Erdarbeiten wurden alle modernen Bau- und Fördermaschinen herangezogen.

Die Strecke Bajohren—Prekulu ebenso wie die Bahn Laugszargen—Radzwillischki diente zum Anschluß der rund 300 km langen Strecke Koschobary—Libau und der in diese einmündenden Linien Radzwillischki—Dünaburg und Murawjewo—Mitau an das ostpreussische Bahnnetz.

Schwierig und zeitraubend gestaltete sich der Bahnbau Laugszargen—

Radjwilischki; die Erdarbeiten waren zu der ungünstigsten Jahreszeit, im Winter und Frühjahr, in heftigen Frost-, Schnee- und Hochwasserperioden auszuführen. Das Gelände war stark verpumpt, zahlreiche Flußläufe kreuzten die Trasse, so daß sich viel Brückenbauten als notwendig erwiesen; deren größte war die „Feldmarschall Hindenburg-Brücke“ über die Dubissa, ein imposanter Holzbau von nahezu 700 m Länge und 42 m Höhe (Tafel 12, 1). Bahn und Brücke wurden von dem greifen Feldmarschall persönlich eingeweiht und vom Kaiser und von zahlreichen Behörden und Hochschulen besichtigt. Später wurde die Holzbrücke durch eine Eisenkonstruktion ersetzt, sowie die ganze Bahn zweigleisig ausgebaut.

Im Taurus- und Amanus-Gebirge galt es, die Fertigstellung der noch im Bau befindlichen Gebirgsstrecken durch wild zerklüftete, unwirtliche Gegenden trotz schwierigster Verhältnisse zu beschleunigen. Bis dahin mußten Kraftwagenkolonnen die Verbindung zwischen den getrennten Bahnstrecken herstellen.

So haben die Eisenbahntruppen überall hervorragendes, bis in die vorderste Linie im schweren Granatfeuer, geleistet. Ihre Verluste sind stellenweise sehr schwer gewesen, weil sie auch am Tage schußlos gegen Artilleriefeuer und Fliegerbomben arbeiten mußten.

**Sonderformationen der Eisenbahntruppe.** Neben den Eisenbahnbaukompagnien waren eine ganze Anzahl von Sonderformationen der Eisenbahntruppe tätig.

Eisenbahn-Telegraphentruppen brachten die Leitungen und Stationen in Ordnung, um den geregelten Zugmeldebienst wieder zu ermöglichen. Stellwerkskolonnen waren auf den großen Bahnhöfen tätig, ebenso Wasserstations-Baukolonnen.

Unterwassererschneideabteilungen hatten die Brückenstellen von den Trümmern der Eisenbrücken zu befreien, um Platz für das Rammen neuer Pfeiler zu schaffen und Stromöffnungen für die Schifffahrt frei zu legen. Das Zerschneiden der Trümmer erfolgte mit autogenen Schweißapparaten, deren Flammen durch einen Preßluftmantel gegen den Wasserzutritt geschützt wurden.

Die Eisenbahn-Maschinenparks mit reichlichen Werkzeugmaschinen aller Art mit maschinellem Antrieb unterstützten die Eisenbahnbaukompagnien wirksam.

Militäreisenbahn-Werkstättenabteilungen sorgten auf den großen Bahnhöfen im besetzten Gebiet für die Instandhaltung des rollenden Materials.

Holzfallerkompagnien sollten die Holzbestände ausgedehnter Waldungen der Truppe nutzbar machen. In den Waldungen entstanden Holzbahnen, Kutschen und riesenhafte Sägewerke.

Sogar ein Eisen- und Hüttenwerk, sowie eine Brückenbauanstalt wurden im besetzten Gebiet in Betrieb gesetzt.

Mit Bergbaukompagnien wurden in Serbien Kohlenbergwerke in Gang gebracht, um der Heimat keine Kohle zu entziehen und Transporte zu sparen.

Gegen Fliegerbelästigung wurde die Schaffung von Maschinengewehrkommandos erforderlich.

Als eine Kampftruppe bewährten sich die Eisenbahner auf den Panzerzügen.

Technisch überaus interessant und von einschneidender Wichtigkeit für die Fortführung des Krieges war der Wiederaufbau der rumänischen Erdölfelder durch zwei Eisenbahnbaukompagnien mit zahlreichen Hilfssträßen. Schon Anfang Mai 1917 wurden täglich 60 Waggons, im Herbst bereits 250 Waggons Rohöl (wie im Frieden) gefördert.

Brückenbauten. Einen besonderen Raum nahm der Brückenbau ein, der sich auf Wiederherstellung zerstörter und den Bau neuer Brücken (Notbehelfs- und Behelfsbrücken, zerlegbare Kriegsbrücken, behelfsmäßige und friedensmäßige Wiederherstellung vorhandener, gesprengter Überbauten und Friedensbrücken) erstreckte.

Bei den Notbehelfsbrücken wurden, soweit als möglich, die alten Brückentrümmer benützt und auf Pfeilerstümpfen und herabgefallenen, eisernen Überbauten mit Hilfe von aufgesetzten, hölzernen Böden und Schwellenstapeln neue Fahrbahnen errichtet (Tafel 12, 4). Neue Behelfsbrücken wurden zumeist seitlich aus der Fahrbahn herausgelegt, um mit dem Aufräumen der Brückentrümmer keine Zeit zu verlieren und später die Hauptbrücke wiederherzustellen.

Die Behelfsbrücken bestanden zumeist aus geramnten Pfahlunterstützungen, die entweder als fortlaufende Joch-Unterstützungen mit kleinen Spannweiten (bis zu 4 m) oder für größere Spannweiten als Pfeiler ausgebildet wurden. Die Anordnung dieser Unterstützungen und die Spannweite richteten sich nach dem freizulassenden Durchflußprofile und nach den zur Verfügung stehenden Fahrbahnträgern. Als solche kamen für kleine Spannweiten Holzbalken und Schlenen, für größere I-Träger in Betracht. Verbübelte Balken sowie hölzerne Fachwerksträger, wie sie im Frieden geübt wurden, wurden im Kriege nicht benützt, da sie zu viel Arbeit machten, dauernde Nacharbeit erforderten und vor allem durch die Walzträger (besonders Differdinger), die Spannweiten bis zu 17 m gestatteten, völlig verdrängt wurden.

Für größere Spannweiten standen bei Kriegsausbruch den Eisenbahntruppen die zerlegbaren Schulhschen und Lübbedeschen Kriegsbrücken, sowie Gelenkbrücken, den Osterreichern die Gelenkbrücken von Cohn und Roth-

Wagner zur Verfügung. Entweder bestehen sie aus Teilen, die von einem oder wenigen Leuten gehandhabt werden können (z. B. Lübbede), oder aus größeren Stücken, also fertig genieteten Brückenstäben, die durch Gelenkbolzen in den Knotenpunkten verbunden werden (z. B. Cohn). Im letzteren Falle braucht man einen Krahn.

Während die Schulhsche Kriegsbrücke einmal eingebaut wurde, ist von den Lübbedeschen und Gelenkbrücken umfangreicher Gebrauch gemacht worden. Sie haben den angestrengten Dauerbetrieb gut ausgehalten.

Wo irgend zugänglich, wurden gesprengte Überbauten oder Teile von solchen wieder gehoben und entweder auf die ursprünglichen oder neu gerammte Holzpfähle gesetzt. Zum Heben dienten hydraulische Druckpressen oder besonders konstruierte Hebevorrichtungen. Die Truppe erlangte hierin, besonders im Osten, bald große Gewandtheit. Späterhin wurden solche gehobenen Träger von Brückenbauanstalten friedensmäßig wiederhergestellt.

Auch Friedensbrücken wurden von diesen an neuen Bahnstrecken oder zum Ersatz von Behelfsbrücken gebaut; meist bestanden sie aus Eisenbetonpfählern mit eisernem Überbau in der üblichen Konstruktion. Die deutsche Industrie hat hierin Gewaltiges geleistet.

**Drahtseilbahnen.** Besonderes Interesse beanspruchen die Drahtseilbahnen. Zwei Bauarten gelangten hauptsächlich zur Verwendung, die Einseilbahn, bei der das Zugseil zugleich Tragseil ist, und die Zweiseilbahn, mit getrennten Trag- und Zugseilen. Als Unterstühtungen dienten Holzkonstruktionen, die an Rahmen oder an Auslegern die Seile trugen. Zum Antrieb wurden je nach dem vorhandenen Gerät Dampfmaschinen (Lokomobilen), Verbrennungsmotoren oder Elektromotoren verwandt. Das Gerät wurde der Truppe aus der Heimat in sogenannten „Einheiten“ zugeführt, ebenso wie dies bei der Feldbahn geschah. Der Transport der Baustoffe zu den Verwendungsstellen sowie das Verlegen der Seile stellte an die Truppe die größten Anforderungen.

**Material.** Für ihre umfangreichen Bauarbeiten, zu denen alle Hilfsquellen an Ort und Stelle sowie in den besetzten Gebieten ausgenutzt wurden, bedurfte die Truppe in weitgehendem Maße in bezug auf Materiallieferungen jeder Art der Unterstützung der Heimat.

Die monatliche Belieferung betrug an Vorkriegsmaterial 35 bis 40 000 t Eisen, an Feld-, Förder- und Kleinbahnmaterial 30 000 t Eisen, zusammen rund 70 000 t Eisen.

Trotzdem herrschte an der Front häufig Materialknappheit, zumal da nennenswerte Mengen auch an die Verbündeten abzugeben waren.

**Wasserstraßen.** Der Schiffsabteilung beim Chef des Feld-eisenbahnwesens unterstanden „Schiffsabteilungen“, die den Schiffsab-

betrieb in den einzelnen Bezirken leiteten. So umfaßten die Schiffahrtsgruppen

West: das Stromgebiet des Rheins, der Weser und Aller,

Ost: das Stromgebiet der Elbe, Oder und den deutschen Teil der Weichsel und Memel,

Nord: die Küstenschifffahrt nach Kurland, Livland, Estland sowie den Rjemen,

Warschau: das Stromgebiet von Weichsel, Narew, Bug,

Kiew: den Dnjepr und Pripjet,

Donau: den Donauverkehr von Regensburg bis zur Mündung, sowie die Schifffahrt auf dem Schwarzen Meer,

die Schiffsleitung Unter-Dnjepr: den Dnjepr von Alexandrowsk bis zur Mündung.

Den Schiffahrtsgruppen unterstanden sogenannte „Beauftragte“, die für die Transportdurchführung zu sorgen hatten; in den besetzten Gebieten waren außerdem Schiffahrtsgruppen-Nebenstellen eingerichtet.

Von den ungeheuren, aus dem Schiffsverkehr erwachsenden Aufgaben seien genannt: Organisationsfragen, allgemeine Wirtschaftsfragen der Binnen- und Seeschifffahrt der Heimat und des besetzten Gebietes, Gesetz- und Verordnungswesen, Dienstvorschriften, rechts- und wirtschaftspolitische Fragen, Versorgung der Schiffahrtreibenden mit Lebensmitteln und Kleidung, Statistik, Erwerbung von Fahrzeugen aller Art, Kohlen- und Betriebsstoffbeschaffung, Durch-, Ein- und Ausfuhr, Frachttarife, Organisation und Betrieb von Werften, Erweiterung der Fahrstraßen, Beschaffung des notwendigen Personals, Stromaufsicht, Anfertigung von Karten u. a. m.

Für die Binnenschifffahrt waren — außer den Betriebsmitteln der Reederei-Gesellschaften — für die eigene Transportausführung rund 750 Rähne verschiedener Größe sowie 166 Schleppdampfer und 20 Frachtdampfer angemietet; hierzu kamen im besetzten Osten noch 77 eigene, zum Teil mit Laderaum ausgestattete Dampfer. Dieser große, militärische Reedereibetrieb wurde im Verlauf von  $1\frac{1}{2}$  Jahren eingerichtet.

Der Seeschiffspart bestand Oktober 1917 aus 45 Embargo- und Prisen-dampfern, 9 gecharterten Frachtdampfern, 3 ermieteten Seeschleppern und 9 Seeleichtern. Der Verkehr dieser Fahrzeuge erstreckte sich auf die deutsche Nordsee- und Ostseeküste bis Riga und Arensburg auf Dsel.

Hauptsächlich handelte es sich um den Transport von Brennstoffen, Baustoffen, Verpflegungs- und Futtermitteln. Eine große Rolle spielten die Holztransporte, die aus dem walddreichen Osten über die östlichen Seehäfen und den Rhein der Westfront zugeführt wurden; monatlich gingen 200 000 t Kohle auf dem Wasserwege zu den östlichen und südöstlichen Kriegsschauplätzen, sowohl von den ober-schlesischen wie von den westfälischen

Gruben aus, letztere z. B. rheinaufwärts zu Rhein- und Mainstationen, mit Bahn nach Regensburg und von hier donauaufwärts. Auch wirtschaftliche Transporte in der Heimat wurden in großem Maßstabe der Schiffsabteilung übertragen, nachdem durch die Bahnsperre der Bahntransport teilweise ausgeschaltet war. Endlich befaßte sich die Abteilung mit der Beförderung der Ausfuhr Güter, z. B. dem Gütertausch mit der Schweiz auf dem Rhein, wie der Eisen- und Kohlenausfuhr nach Skandinavien.

Die eigene Transportausführung steigerte sich von monatlich 40 000 t im Jahre 1915 auf 135 000 t im Jahre 1917 im Seeverkehr und auf monatlich 1 180 000 t im Jahre 1917 im Binnenvverkehr.

Die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Wasserstraßen war dauernde Sorge der Schiffsabteilung. So wurde z. B. für den lebhaften Schiffsverkehr auf der russischen Memel ein Schutzhafen in Rowno geschaffen. In Libau, Rodlin und mehreren Donauhäfen wurden die Umschlagsvorrichtungen ergänzt, Paulshafen (zwischen Windau und Libau) von versenkten Fahrzeugen befreit, bei Riga die Düna sowie die Verbindungsstraßen zum Stint- und Weißensee mit Beutebaggern vertieft, bei Königsberg für Eis- und Oberrähne die Durchfahrtsöffnungen verbreitert, die Untermainschleusen zwischen Kostheim und Offenbach für einen ununterbrochenen Schleusenbetrieb eingerichtet. Auf dem Rhein-Rhone- und Rhein-Marne-Kanal wurden Versuche zur Einführung des mechanischen Schleppbetriebes an Stelle der Pferdetreidelei durchgeführt.

Auf den deutschen Binnenschiffswerften wurde die überaus schwierige Arbeiterfrage geregelt; denn die Havarien waren zahlreich und die Behandlung der Fahrzeuge, insbesondere der Dampfer, schlecht. In Turn Severin an der Donau wurde eine besondere Bergungsgruppe eingerichtet, die die reichsdeutschen, versenkten Schiffe hob. Sie hat bis 1918 63 Objekte von rund 6 Millionen Mark Friedenswert sowie rund 4000 t Getreide geborgen. Eine angegliederte Werft stellte die gehobenen Fahrzeuge und Getreideelevatoren wieder her.

Die Militär-Kanal-Direktion Brüssel umfaßte das Stromgebiet der Maas und Scheide. Der eine der Verbindungskanäle beider Gebiete, der Kanal du Centre wurde von den Deutschen erst fertiggestellt und am 30. Juli 1917 eröffnet; er faßte nur Rähne mit 250 bis 280 t Tragfähigkeit; der zweite, der Brüssel-Charleroi-Kanal, ließ nur 80 t-Rähne zu.

Zum Betriebe waren die Kanalbetriebsämter Gent, Lille, St. Quentin und Sedan eingeseßt, denen je eine Wasserbetriebskompanie zur Verfügung stand. Die Heranziehung Einheimischer im Lohn erfolgte im großen Maßstabe.

Zum Betriebe dienten 328 Schleppdampfer, 23 Schleppmotorboote (für Spitzenbetriebe) und 2750 Rähne mit größtenteils 250 t Ladefähigkeit.

Die Transportleistungen stiegen von 187 000 t im April 1916 auf 700 000 t im Juni 1917 oder von 5,5 Millionen tkm auf 70 Millionen tkm.

Die Arbeiten an den Wasserstraßen waren außerordentlich umfangreich; dazu gehörte unter anderem das Heben und Wiederherstellen von 300 gesunkenen Fahrzeugen, Bau von Brücken, Werften, Umschlagstellen usw. Auch an der Schiffbarmachung der Maas wurde weitergearbeitet.

Daß im Bahn- und Schiffsverkehr großes geleistet worden ist, ist wohl im Volke bekannt geworden; nicht aber die ungeheure Menge technischen Könnens und Schaffens, die erst die Möglichkeit dazu schuf.

## 2. Kraftfahrwesen.

Von Hauptmann F r i e s.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 12.)

Während bei den meisten Kriegswerkzeugen die konstruktive Durchbildung besonders für die Zwecke des Heeres erdacht und ausgeführt wurde, ist das Kraftfahrzeug ohne Zweifel eine ausgesprochene Schöpfung des Friedens. Man kann nicht sagen, daß es im Kriege eine wesentliche Änderung erfahren hat, wenn man von dem Sondergebiete der Artilleriekraftzugschlepper und der Geländewagen absieht. Auch hier sind die Errungenschaften friedlichen Schaffens, wie sie die Anforderungen der Landwirtschaft und des Gütertransportes auf Straßen mit sich brachte, nur weiter entwickelt worden, während die technischen Grundlagen stets dieselben geblieben sind.

Der Krieg hat dagegen die Verhältnisse in der gesamten Automobilindustrie von Grund auf verändert. Die Erzeugung erstreckte sich fast ausschließlich auf Lieferungen für Heereszwecke. Etwa 75 000 Wagen wurden gefertigt. Die von der Heeresverwaltung erteilten Aufträge stellten meist geschlossene Serien dar, durch die die Produktion wesentlich gesteigert wurde. Dadurch wurden an die Fabriken große Anforderungen gestellt. Es war eine vollständige Umstellung der Betriebe nötig. Man kam im Laufe der Zeit nicht mehr mit den vorhandenen Einrichtungen, die nicht auf die Massenfabrikation zielten, aus. Neue Anbauten bzw. Vergrößerungen an den vorhandenen Gebäuden mußten vorgenommen werden. Auch der Maschinenpark war nicht mehr ausreichend und erfuhr eine Erweiterung. Eine derartig tiefgreifende Entwicklung konnte naturgemäß nicht ohne Anfangsschwierigkeiten vor sich gehen.

Die einsetzende erhöhte Produktion brachte die Beschaffung gewaltiger Rohstoffmengen mit sich. Die Schwierigkeiten, die Deutschland, gewisser-

maßen eine belagerte Festung, auf diesem Gebiet hatte, sind bekannt. Von nicht zu unterschätzender Bedeutung war, daß die mit der Mobilmachung aus der Industrie eingezogenen, geschulten und besten Arbeiter durch ungelernete Hilfskräfte ersetzt werden mußten. Zum Teil konnte durch die Einstellung und Anlernung ungelernerter Hilfskräfte ein Ausgleich geschaffen werden. Besondere Fachleute wurden von der Front geholt — der Mangel blieb. Es galt daher, in Werkzeugmaschinen und Vorrichtungsbau entsprechende Einrichtungen zu schaffen, die die Handarbeit soweit wie möglich ersetzten. Von folgenschwere Bedeutung war, daß durch den im Laufe der Zeit eintretenden Rohstoffmangel an Stelle von Spar- und Edelmetallen, die eine scharfe Kontingentierung erfuhren, Ersatzmetalle traten, die natürlich die Lebensfähigkeit der Maschinen um ein beträchtliches verringerten. Eine weitere Erschwerung bedeutete, daß man die Schmiermittel, Treibriemen usw. durch minderwertige Stoffe ersetzen mußte, die einen starken Verbrauch und einen erheblichen Verschleiß verursachten.

Über den Gummimangel und seine konstruktiven Folgen soll beim Lastkraftwagen gesprochen werden.

Bei der Armee fanden Verwendung: **Personenkraftwagen**, von denen diejenigen unter 8 Steuer-PS meist als „Kleinautos“ bezeichnet wurden, dann **Lastkraftwagen** von 1½ bis zu 5 Tonnen Tragfähigkeit, **Krankenkraftwagen**, welche sich in ihrer Bauart mehr den Personenwagen nähern, **Zugmaschinen** und endlich einige **Sonderfahrzeuge**, welche in die obigen Klassen leicht eingereiht werden können. Die konstruktiven Einzelheiten dieser Wagen sind im allgemeinen so bekannt, daß es sich erübrigt, über das Fahrgestell eines Kraftwagens im allgemeinen und über die üblichen Aufbauten näher zu sprechen.

Der **Personenkraftwagen** hat sich im Kriege nicht wesentlich verändert. Die Anforderungen, die an ein Fahrzeug gestellt werden, welches mit erheblicher Geschwindigkeit (bis zu 80 oder 90 km in der Stunde) selbst auf schlechten Wegen im Frieden fahren kann, unterscheidet sich kaum von denen eines entsprechenden Kriegswagens. Die Heeresverwaltung hat deshalb auch bei Beginn des Krieges alle verfügbaren stärkeren Wagen ausgehoben und in die Armee für die höheren Stäbe usw. eingereiht. Die im Frieden schon hoch entwickelte deutsche Personenkraftwagenteknik hat sich glänzend bewährt, und die Wagen der berühmten deutschen Firmen haben so gut wie keine Änderungen erfahren. An Stelle des Luxus, mit dem die Wagen meist im Frieden ausgestattet wurden, trat die einfache Zweckmäßigkeit. Die Wagen wurden nicht primitiver, aber anspruchsloser im Äußeren, alles Überflüssige wurde weggelassen und statt dessen wurden Vorrichtungen zum Befestigen von Gewehren, Schaufeln,

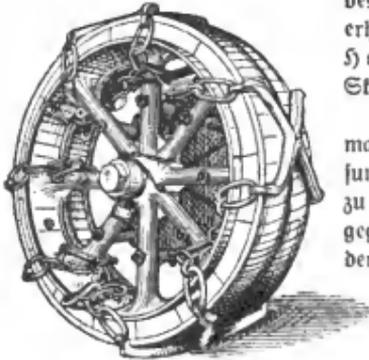
Picken und was eben im Felde sonst alles gebraucht wird, angebracht. Besonderer Wert wurde auf gute, hellleuchtende Scheinwerfer gelegt, von denen sich die mit Acetylen betriebenen infolge ihrer größeren Einfachheit besser bewährten, als die an und für sich ja technisch höherstehenden mit elektrischer Lichtquelle. Auch hier gilt der Satz der Felddienstordnung: „Im Kriege verspricht nur Einfaches Erfolg.“

Die große Anzahl der im Feindesland vorgefundenen Kraftfahrzeuge ermöglichte am Anfang des Krieges eine sehr reichliche Ausstattung aller Formationen mit derartigen Personenwagen. Der große Gummi- und Betriebsstoffmangel zwang aber dann zu immer weiter einschränkenden Maßnahmen. Immer mehr wurde der Drang nach großen Wagen, welche naturgemäß wesentlich mehr Gummi und Betriebsstoff verbrauchen, eingedämmt, und das Kleinauto trat, je länger der Krieg dauerte, immer mehr in die Erscheinung. Tatsächlich ist es augenblicklich konstruktiv so durchgebildet, daß es allen Anforderungen, selbst der höheren Stäbe, gerecht wird. Seine Wendigkeit, seine Unauffälligkeit und seine vollkommen genügende Durchschnittsgeschwindigkeit machte es zum idealen Transportmittel für alle diejenigen Personen, bei denen der Sinn für militärische Zweckmäßigkeit das Streben nach Bequemlichkeit überwiegt. Vom geschlossenen Wagen (Landaulet, Limousine) wurde immer mehr abgesehen, von dem Gesichtspunkte ausgehend, daß auch der marschierende Soldat den Unbilden der Witterung ausgesetzt ist, und daß mit jeder Verringerung des Gewichts erhebliche Ersparungen von Betriebsstoffen verbunden sind.

Bei Beginn des Krieges waren in der deutschen Armee nur etwa 500 Personenwagen vorhanden, während am Schlusse desselben etwa 20 000 geliefert waren.

Daß der Lastwagen im Kriege eine große, ja vielleicht eine ausschlaggebende Rolle spielen würde, war der Heeresverwaltung schon im Frieden gegenwärtig. Eine Kriegstypen wurde schon seit dem Jahre 1907 in Angriff genommen und als solche ein 4 bis 5 Tonnen-Wagen mit etwa 45 pferdigem Motor bestimmt, der einen 3 bis 5 Tonnen-Anhänger ziehen konnte. Das Fahrzeug wurde „Armeelastzug“ genannt und seit dem Jahre 1908 in der Weise in Deutschland eingebürgert, daß den Käufern derartiger, nach Angabe der Heeresverwaltung gebauter Wagen bestimmte Anschaffungs- und erhebliche Jahresprämien zugebilligt wurden, wofür die Heeresverwaltung das Recht hatte, die Wagen einer jährlichen Nachprüfung zu unterziehen, und sie, was im übrigen ja durch Reichsgesetz ganz allgemein galt, bei der Mobilmachung einziehen konnte. Bis zum Ende 1914 sollten etwa 800 derartige Wagen in Deutschland laufen. Geliefert und kriegsbrauchbar von diesen waren allerdings etwa 500. Als Vergleich

mag dienen, daß bis Ende 1918 etwa 12 000 derartige Wagen für die deutsche Armee zur Ablieferung gekommen sind. Die Subventionswagen-type hat sich im Kriege, namentlich auf den guten Straßen des Westens, technisch bewährt. Irgendwelche wesentlichen Änderungen traten während des Krieges nicht ein, wenn man von den erhöhten Anforderungen, die durch die Holz-eisen-bereifung (s. nebenst. Skizze 1) eintraten, absieht.



1. Gleitschuhreifen „X“ für  
Kw.-Holzeisenreifen.

Durch den großen Gummimangel war man gezwungen, statt der Gummibereifungsräder solche mit eisernen Laufreifen zu verwenden, welche durch eine Holzschicht gegen das eigentliche Stahlrad „abgedeckt“ waren. Derartige Wagen können natürlich nur mit einer Höchstgeschwindigkeit von etwa 12 km in der Stunde laufen. Die Hinterachse wird ganz besonderen Stößen ausgesetzt, weshalb der an und für sich ja sehr brauchbare, aber immerhin empfindliche

Cardanantrieb nicht geeignet erschien, und der Kettenantrieb mit verstärkter Hinterachse bei Lastkraftwagen gegen den Schluß des Krieges immer mehr in die Erscheinung trat. Die kleinen Nachteile, die bei diesem Kettenantrieb in der höheren Anforderung an Wartung der Ketten, dem größeren Verschleiß an Material (Ritzel und Ketten) und im Betriebsgeräusch liegen, wurden gerne in Kauf genommen in Anbetracht der weitab größeren Betriebssicherheit. Diese höhere Betriebssicherheit veranlaßte auch, daß das vom Führerfuß aus zu sperrende bzw. feststellbare Differential, wie es z. B. die Firmen Büßing und Daimler im Frieden eingeführt hatten, immer mehr verschwand, trotzdem eigentlich gerade infolge der geringen Adhäsion der Holz-eisen-bereifung diese Vorrichtung bei glatten Wegen sonst sehr vorteilhaft gewesen wäre. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die künftige Entwicklung das feststellbare Differential wieder in den Vordergrund bringen wird.

In Frankreich war ebenso wie in England eine Subventionstypen im Frieden ausgebildet worden, doch hatte man sich dort zu einem 3-Tonnen-Wagen ohne Anhänger entschieden. Dieser 3-Tonner, der auch in Deutschland vor dem Kriege schon richtig eingeschätzt und dessen Untergestell auch für „Dm nibusse“ verwendet wurde, hat sich während des Feldzuges überall glänzend bewährt. Er hatte meist 35 PS Motor, Cardan-

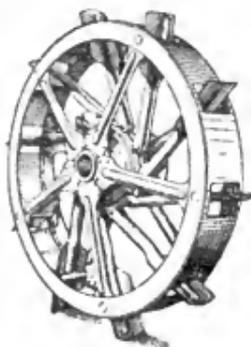
antrieb und leistete bis zu 30 km Geschwindigkeit in der Stunde. Durch die Holzisenbereifung wurde diese Geschwindigkeit natürlich erheblich herabgesetzt. Der Kettenantrieb wurde, wie schon beim 4-Tonner gesagt, eingeführt. Am Ende des Krieges waren etwa 23 000 3-Tonner-Wagen für die deutsche Heeresverwaltung beschafft worden.

Für Postzwecke und für solche Güter, welche im Gegensatz zur Munition, zu Lebensmitteln und Pioniergerät schneller befördert werden mußten, fand der 2 und 1½ Tonnen-Wagen weite Verbreitung. Etwa 4000 derartige Wagen liefen bei Kriegschluß.

Zum Ziehen von schweren Geschützen wurden während des Krieges „Artillerie-Kraftzugmaschinen“ eingeführt. Schon im Jahre 1913/14 war erkannt, daß der Motorpflug („Traktor“) sich als Schlepper für schwerste Lasten eignen würde; aus ihm wurde die Zugmaschine für die Artillerie entwickelt, welche im Kriege bei Feind und bei Freund, namentlich bei ersterem, eine sehr wichtige Rolle spielte. Mit 2-(Hinter-)Radantrieb bauten Daimler, Büffing, Lanz, Dürkopp und Böhl solche Maschinen mit 80- und 100pferdigem Motor. Besondere „Greifer“ ermöglichten das Fahren auf weichem Boden. Gut bewährt hat sich das Böhl-Rad (Skizze 2), bei dem die Greifer durch eine gegen die Mitte des Fahrzeuges angebrachte Ausdrehvorrichtung im Bedarfsfalle aus dem Rade herausgeschoben werden können. Ein besonderer Vorzug dieses Rades besteht darin, daß sich die Greifer infolge der Raddurchbrüche stets von selbst reinigen. Die mitgeführten Erdmassen fallen durch die Öffnungen hindurch, so daß die Greifertätigkeit stets gewahrt wird.

Alle Anforderungen entsprachen aber nur die Wagen mit 4-Rad-antrieb, welche die volle Ausnützung des Gewichtes für die Zugkraft durch Verteilung auf alle 4 Antriebräder gewährleisten. Die ersten Konstruktionen wurden von Daimler-Untertürkheim und Austro-Daimler, Wien mit 100 PS Motoren ausgerüstet und für Zuglasten bis zu 8 Tonnen bestimmt. Besonders schwere 4-Rad-Zugmaschinen hatten 160 PS Daimler-Motoren; hauptsächlich die von Daimler in Verbindung mit der Firma Krupp gebauten „Krupp-Daimler“-Artillerie-Kraftzugmaschinen haben sich während des Krieges bewährt (Tafel 13, s).

Die „R.-D.-I.-Maschine“ wiegt leer etwa 5700 kg und hat ein Betriebsgewicht von 8100 kg. Beladen beträgt der Achsdruck vorne etwa



2. „Böhl-Rad“ für 2-Radantriebs-Artill.-Kraftzugmaschinen.

2600 kg, hinten 5000 kg. Die Länge wird mit 6,40 m, die Breite mit 2,30 m und die Höhe mit 2,90 m angegeben. Der Wagen hat 8 Geschwindigkeiten vorwärts und 2 rückwärts. Diese betragen 3 bis 36 km in der Stunde. Die Fahrzeuge sind mit einer vom Motor angetriebenen Seilwinde versehen, welche mit dem ersten Gang bei 0,6 m/sec Geschwindigkeit 5000 kg Zugkraft ausübt.

Besonders eignen sich auch für schweren Zug die Fahrzeuge mit *Raupenantrieb* (Tafel 13, 1), wie sie in Abschnitt „Kampfwagen“ näher geschildert sind. Austro-Daimler hat auch ein Fahrzeug hergestellt, welches auf der Straße mit Rädern und im Gelände mit Raupen fährt. An und für sich wäre ein derartiger Schlepper natürlich wegen seiner erhöhten Geschwindigkeit auf der Straße das Idealfahrzeug. Die konstruktive Durchbildung derartiger Fahrzeuge, wie sie auch die Benz-Bräuer Kraftprobe darstellt, ist aber noch nicht vollendet. Von der österreichischen Heeresverwaltung stammt auch die Idee, statt der pferdebefpannten Progen sogenannte *Kraftprogen* einzuführen (Tafel 13, 4). Bei der deutschen Armee sind diese Wagen noch nicht in die Erscheinung getreten.

Von *technischen Einzelheiten* dürften folgende Angaben Interesse finden:

#### a. Brennstoffe und Vergaser.

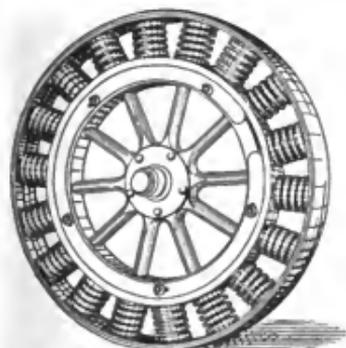
Vor dem Kriege schien das beste Benzin dem Privatmann gerade gut genug. Die Heeresverwaltung hat immer schon richtig erkannt, daß im Krieg das einheimische Benzol die Hauptrolle als Betriebsstoff spielen würde. Dementsprechend wurde auch die Benzolverzeugung während des Krieges mit allen Mitteln gesteigert. Im Anfang des Jahres 1914 hatte die Heeresverwaltung einen Wettbewerb für den besten Vergaser ausgeschrieben. Die Firmen „Pallas“ und „Zenith“ siegten damals. Man hatte so einen Anhalt gewonnen für die Ausstattung von Kriegswagen mit Vergasern und man kann nur sagen, daß sich dieser glückliche Umstand während des Krieges bestens bewährte. Bald trat auch die Erkenntnis ein, daß der ebenfalls im Lande selbst gewonnene Brennstoff „Spiritus“ sich sehr gut verwenden ließ. Er wurde meist mit 25 bis 30 Teilen Benzol vermischt und fand als Benzol-Spiritus eine ausgedehnte Anwendung. Selbst schwerflüchtige Brennstoffe wie Marinetreiböl ließen sich in dem modernen Vergaser, natürlich entsprechend mit Benzol vermischt, verwenden. Auf diesem Gebiete wurden während des Krieges so umfangreiche Erfahrungen gesammelt, daß zu hoffen steht, daß wir in Zukunft auch in der Friedenswirtschaft von ausländischen Brennstoffen viel mehr wie früher unabhängig werden.

### b. Schmieröle.

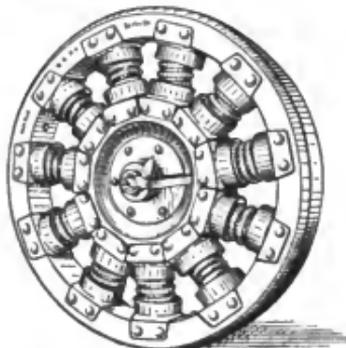
Ähnlich wie beim Brennstoff zwang auch der Mangel an Schmieröl zu einer strengen und sparsamen Bewirtschaftung. Auch hier hat der deutsche Fahrer gelernt, sich mit minderwertigem Erzeugnis zu begnügen. Daß natürlich diese Einschränkungen erhebliche Störungen an Motoren und Getrieben im Laufe der Zeit hervorrufen mußten, war der technischen Leitung wohl bekannt. Erfah wurde gefunden in entsprechenden Neubauten, welche an die Front für nicht mehr betriebsfähige Fahrzeuge gesandt wurden. Gleichzeitig gelang es auch, die Lager und Lagermetalle trotz Ersatzstoffen für diese so wichtigen Organe des Kraftwagens so zu verbessern, daß am Ende des Krieges selbst mit den schlechten Ösorten ein regelmäßiger Betrieb durchgeführt werden konnte. Viel hat auf diesem Gebiet auch die allgemeine Einführung der Umlauffschmierung an Motoren bewirkt.

### c. Bereifung.

Der Mangel an Gummi, der im Laufe des Krieges eintrat, ist allgemein bekannt. Trotz erheblicher Beute, trotz Einführung aus dem Ausland selbst durch U-Boote, trotz der Erfindung des synthetischen Kautschuks durch eine deutsche Firma, gingen die Bestände immer mehr herab und



3. Rad „Arop“.



4. Rad „Moff“.

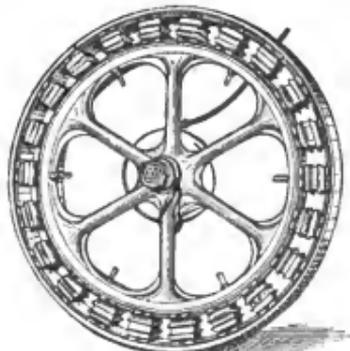
zwangen zu Einschränkungen des Betriebes und zu weitgehenden technischen Maßnahmen. Hier traten vor allem die Verfahren in den Vordergrund, welche es ermöglichten, alten, gebrauchten Gummi wieder zu regenerieren und für neue Reifen, ja sogar für Vollgummi zu verwenden. Die großen, Gummi fressenden Personenwagen verschwanden immer mehr und an ihre Stelle traten die kleinen Autos. Bei den Lastkraftwagen wurde, wie schon

ausgeführt, die Holzreifenbereifung verwandt, welche sich, im Winter mit Gleitstollen belegt, gut bewährten.

Mannigfach waren die Versuche durch gummiöse Räder (sogenannte „federnde Räder“) die Not zu beheben. So viele deutsche Erfinder sich auch mühten, ganz gelöst hat niemand die Frage. Am meisten Anwendung fanden die Kropfbereifung (Skizze 3, S. 241), das Rollrad (Skizze 4, S. 241) und die Benosbereifung (Koffenrad, Skizze 5). Während die ersteren beiden Arten Spiralfedern zwischen der Haupt- und der Lauffelge verwenden, sind bei letzterer Blattfedern angeordnet. Die Geschwindigkeit mußte natürlich bei allen derartigen Wagen ganz erheblich herabgesetzt werden und die Hauptschwierigkeit bestand in der ungenügenden Adhäsion am Boden, welche bei glatten und schlüpfrigen Straßen ein Fahren ausschließt. An der Front konnten derartige Bereifungen daher keine Rolle spielen, sie waren mehr



5. Rad „Koffen“.



6. Rad „Sembufo“.

für die Etappe und die Heimat bestimmt, ersreuten sich aber auch hier keiner Beliebtheit. Viel besser hat sich die seit dem Jahre 1916 auftauchende „Gollert“-Bereifung bewährt. Sie besteht aus einer eigenartigen Füllmasse, welche in einen Mantel gepreßt wird, der dieselbe Form wie ein gewöhnlicher Luftreifen hat. Dieser Mantel besteht aus alten, abgefahrenen, meist gummiösen Kraftwagendecken, welche in geschichteter Weise wieder instand gesetzt und mit einem Ledergleitfuß versehen werden. Die Befestigung auf der abnehmbaren („Kontinental-) Felge erfolgt durch eine eingelegte, fest angezogene Drahtspirale.

Erwähnt zu werden verdient auch die „Sembufo“-Bereifung (Skizze 6, s. o.), bei der die Federung durch zwischengeschaltete (Regenerat-) Gummi Klöße erfolgte. Diese Art fand mit Erfolg hauptsächlich Verwendung bei den Vorderrädern von Lastkraftwagen, während sich die „a b n e h m -

bare T-Felge Bauweise Bollmer" nicht allein bei Lastkraftwagen auf Straßen sondern vor allem zum Betriebe dieser Wagen auf Vollbahngleisen bewährte.

#### d. Die Vereinheitlichung im Kraftfahrzeugbau.

Die deutsche Heeresverwaltung hat schon im Frieden durch das Mittel der Subvention auf die Vereinheitlichung bestimmter Abmessungen von Lastkraftwagen hingewirkt und so gleichzeitig die Einbürgerung des Lastkraftwagenbetriebes gefördert. Trotzdem hat sich der Mangel an weitgehender Gleichförmigkeit der Kraftfahrzeuge im Kriege bitter gerächt. Die Menge der durch die Kraftwagendepots und Erfahtheilläger vorrätig zu haltenden Erfah- und Zubehörtelle war außerordentlich groß. Teile, die nicht vom Vorrat genommen werden konnten, mußten in der Regel mit weiten Lieferfristen erst angefertigt werden. Die Folge war, daß die instandsetzungsbedürftigen Kraftwagen zu lange dem Dienste entzogen wurden. Abhilfe wurde zum Teil geschaffen durch die Aufstellung von Kolonnen mit Typen ein und desselben Fabrikats. Beim Rückzug 1918 mußten Millionenwerte an Kraftfahrzeugmaterial vernichtet werden, um sie nicht in die Hände des Feindes gelangen zu lassen; denn es war nicht möglich, die große Zahl der reparaturbedürftigen Fahrzeuge durch schnelle Auswechslung gleichartiger Erfah- oder Zubehörtelle rechtzeitig abfahrbereit zu machen.

Namentlich bei der Bereifung waren die Abmessungen außerordentlich willkürlich und verschiedenartig gewählt. So wurden z. B. vor dem Kriege Lustreifen in etwa 100 Größen, Vollgummireifen bis zu etwa 170 Größen hergestellt. Bei der Beschlagnahme der Gummivorräte in Deutschland stellte sich heraus, daß etwa 1200 Kraftwagendecken, 8000 Kraftwagenschläuche und 1000 Vollreifen, weil gänzlich ungängig, für Heereszwecke überhaupt nicht verwendbar waren. Für die Ausnutzung von weiteren 13 000 Kraftwagendecken und 16 000 Schläuchen von wenig gängigen Abmessungen mußten besondere Maßnahmen getroffen werden.

Um diesem Zustande abzuhelpen, wurde auf Veranlassung des Kriegsministeriums schon im Jahre 1915 die Vereinheitlichung in großzügiger Weise durch die „Verkehrstechnische Prüfungskommission" in Gemeinschaft mit dem ins Leben gerufenen „Vereinheitlichungsausschuß des Vereins Deutscher Motorfahrzeug-Industrieller" begonnen worden.

Der Zweck der Vereinheitlichung war für die Heeresverwaltung: Vereinfachung der Bedienung und der Unterhaltung, Vereinfachung des Nachschubs im Kriege infolge Verminderung der Erfahtheile und Werkzeuge,

für den Friedenskäufer: billigerer Betrieb infolge leichteren Bezugs von Ersatzteilen, bessere Ausnutzung der Fahrzeuge infolge schnellerer Ausführung von Instandsetzungsarbeiten,

für die Kraftfahrzeugwerke: leichtere Einbürgerung von Kraftfahrzeugen infolge Verbilligung ihres Betriebes, Möglichkeit der Einrichtung der Massenherstellung,

für die Kraftfahrzeughändler: Verminderung der Ersatzteillager,

für die Zubehörwerke: Möglichkeit der Einrichtung auf Massenerstellung,

für die Allgemeinheit: größere Verkehrssicherheit der Fahrzeuge.

In erster Linie wurden diejenigen Teile vereinheitlicht, die für die Massenerzeugung die geeignete Form darstellen. Dementsprechend wurden Sammlungen von Zeichnungen ausgearbeitet:

a) Allgemeine Grundeinheiten, }  
b) die Sondereinheiten, } sollen Befestigung erhalten.

c) Bauvorschriften für Dreitonner 1916 (werden jetzt wohl nur für Behörden in Frage kommen).

Die „Allgemeinen Grundeinheiten“ enthalten die sogenannten Maschinenelemente (metrisches Gewinde, System International, Schrauben, Keile, Nieten usw.), also Teile, die auch in anderen Zweigen des Maschinenbaues Verwendung finden, während die „Sondereinheiten“ (Zündstromerzeuger, Vergaser, Kühlerzubehör, Gummireifen usw.) dagegen im wesentlichen auf den Kraftfahrzeugbau sich beschränken und gewissermaßen die Fachnormen darstellen.

Von einer, auf sehr erhebliche Schwierigkeiten stoßenden Vereinheitlichung ganzer Fahrzeuge (sogenannte Typisierung), wurde vorerst Abstand genommen. Auf Grund der Kriegserfahrungen sind jedoch später im Einvernehmen mit dem „Verein Deutscher Motorfahrzeug-Industrieller“ neue Bauvorschriften für Regeldreitonner ausgearbeitet worden, die eine Ergänzung und Weiterentwicklung der früheren Subventionsbestimmungen und Vorschriften darstellen.

Die Vereinheitlichung, wie sie bisher durchgeführt ist, stellte nur den Anfang einer Arbeit dar, die mit den Erfahrungen und dem Fortschritt der Technik Schritt halten wird.

## X. Das Nachrichtenwesen.

### a. Die militärischen Grundlagen.

Von Major *K m m o n*.

Im Kriege 1870/71 war die Feldtelegraphie aus der Staatstelegraphie hervorgegangen und blieb ihr auch unter dem Chef der Militärtelegraphie unterstellt; sie kam in und nach dem Kriege nur für das rückwärtige Gebiet in Betracht; erst mit der Vervollkommnung der Nachrichtenmittel gewann sie auch Bedeutung für die kämpfende Truppe. Das bedingte eine militärische Organisation und die Betätigung dieser eigentlichen Feldtelegraphie durch Soldaten, während die Etappen-telegraphie bis in den Weltkrieg hinein, zuerst in Gestalt der Etappen-Telegraphendirektionen, von der Staatstelegraphie aufgestellt wurde. Die Ausbildung der Truppe geschah zunächst bei den Pionierbataillonen; sie erwies sich aber mit dem Fortschreiten der Sondertechnik als eine zu große Belastung dieser ohnedies recht vielseitigen Truppe.

Dies führte schließlich zur Aufstellung von drei Telegraphenbataillonen im Jahre 1899. Die Truppe vermehrte sich namentlich durch Hinzutreten der Funker- und der Festungs-Fernsprechkompagnien, so daß sie beim Kriegsbeginn eine Stärke von neun Telegraphenbataillonen mit zusammen rund 450 Offizieren und 8000 Mann hatte.

Durch die Mobilmachung erhöhte sich diese Stärke auf rund 800 Offiziere und 25 000 Mann und steigerte sich im Verlauf des Krieges nach dem Etat auf rund 5700 Offiziere und 186 850 Mann.

Wenn die letzten beiden Zahlen auch infolge des hohen Mannschaftsbedarfs der Kampftruppen nicht ganz erreicht worden sind, so geben sie doch ein deutliches Bild, welche gewaltige Bedeutung das Nachrichtenwesen im Kriege gewonnen hat, besonders wenn man bedenkt, daß in diesen Zahlen die Tausende von Mannschaften des Truppenfernsprechdienstes nicht enthalten sind. Fast noch deutlicher zeigt die Entwicklung die Gegenüberstellung folgender Zahlen:

Es wurden mobil gemacht:

- 7 Etappen-Telegraphendirektionen
- 7 Armee-Telegraphenabteilungen
- 36 Korps- und Divisions-Fernsprechabteilungen
- 8 Festungs-Fernsprechkompagnien
- 2 Fernsprechzüge besonders

Am Ende des Krieges waren vorhanden:

- 52 Heeresgruppen- und Armee-Fernsprechabteilungen
- 304 Gruppen- und Divisions-Fernsprechabteilungen
- 15 Festungs-Fernsprechabteilungen
- 377 Fernsprechzüge besonders

7 Funkerkommandos	247 Funterabteilungen
36 Funkenstationen	46 Funkenstationen außerdem
	250 Flieger-Stationen
	66 Winterzüge
	über 1000 Brieftaubenschläge
	272 Abhörstationen
7 Etappen-Fernsprechdepots	8 Meldehundstaffeln (außer denen bei den Parks)
	22 Nachrichtenparks
9 Telegraphenbataillone	28 Nachrichtenschulen
	25 Nachrichten-Erhaltungsabteilungen

Der Krieg trat für die Telegraphentruppe in einem sehr ungünstigen Augenblick ein: Sie war in einer Umformung begriffen, die durch Übergang vom Telegraphen- zum Fernsprechbetrieb, ferner durch zweckmäßigere Gliederung der Abteilungen und Züge eine größere Beweglichkeit und eine erhöhte Leistungsfähigkeit erstrebte. Während die vorderen Abteilungen wenigstens teilweise umgeformt und an sich schon moderner waren, waren die Armee-Telegraphenabteilungen veraltet und die Etappen-Telegraphendirektionen noch rückständiger. Ihre Umwandlung war für die nächsten Jahre bis 1920 vorgesehen. Diese Sparsamkeit hat sich besonders bei den ersten Vormärschen bitter gerächt.

Der Geist der Telegraphentruppe, die sich zum größten Teil aus Freiwilligen zusammensetzte, war besonders gut. Sie war für den Dienst in vorderer Linie vorzüglich ausgebildet; die Ausbildung für den Dauerbau, der infolge der Tiefe der Gefechtsfelder und der Ausdehnung der Kriegsschauplätze eine so große Bedeutung erlangte, war aber ungenügend.

Die Kavallerie war mit Fernsprechgerät seit langem ausgerüstet und infolge der Ausbildung zahlreicher Offiziere und Mannschaften auf der Kavallerie-Telegraphenschule mit seiner Handhabung vertraut, ebenso die Fußartillerie mit ihrem Lautsprecher. Die Feldartillerie war ausgerüstet, aber im Fernsprechdienst mangelhaft ausgebildet, auch bei der noch in der Ausrüstung begriffenen Infanterie fehlte es an der genügenden Ausbildung. Besser war ihre Ausbildung im Winterdienst, der sich aber im Bereich des feindlichen Infanteriefeuers als unmöglich erwies. Für den Grenzschutz in den Vogesen waren besondere Fernsprechtruppen mit Tragetieren vorhanden und notdürftig ausgebildet.

Die für die Festungen vorgesehenen Festungs-Fernsprechnetze waren nur zum Teil fertig. Mit weitreichenden Funkenstationen waren alle großen Festungen versehen. Brieftauben waren in der Hauptsache nur für Festungen vorgesehen, Meldehunde in ganz geringer Zahl bei einigen Jägerbataillonen vorhanden.

Das Signalgerät, dessen Handhabung in den Händen der Kavallerie

gelegen hatte, war kurz vor dem Kriege abgeschafft worden. Der Bau kleiner Funkenstationen war dauernd angestrebt worden, aber noch nicht gelungen.

Auf den Chef der Feldtelegraphie stürmten daher dauernd neue Aufgaben ein, da sich, wie überall, die Anforderungen von allen Stellen fortgesetzt steigerten. Eine bedeutende Vermehrung der Nachrichtentruppe war besonders deshalb nötig, weil sich die verschiedenen Nachrichtenmittel nicht gegenseitig ersetzen können, sondern sich ergänzen müssen, und weil die Erfahrung lehrte, daß man auf kein Nachrichtenmittel verzichten kann.

Die neuen Anforderungen, die im wesentlichen teils die gigantischen Verhältnisse dieses Krieges, teils der Stellungskrieg und die ungeahnte Steigerung der Artilleriewirkung mit sich brachten, zwangen zur Unterbringung der Stäbe weit rückwärts und erhöhten damit die Bedeutung des Nachrichtenwesens zur Überbrückung der vergrößerten Entfernungen. Sonderfernsprekneße, besonders für die Artillerie und ihre Hilfsdienstzweige, sowie Querverbindungen in allen Zonen verschlangen Arbeit und Baustoffe. Die Unmöglichkeit, Fernsprekleitungen im Artilleriefeuer dauernd betriebsfähig zu erhalten, gab der Funken-telegraphie einen neuen Ansporn für den Bau kleiner Funkenstationen, die so störungsfrei sein mußten, daß ihr Einsatz in größerer Zahl auf engem Raum möglich war. Insbesondere der Einsatz der Funkenstrecke durch die Kathodenröhre brachte diesen Erfolg und gestattete, sowohl die Stationen selbst, wie auch ihre Antennen und ihre Sendenergie klein zu halten. Damit konnte die Funken-telegraphie bis in den vordersten Graben eingesetzt werden und die Fernsprekverbindungen zwar nicht ersetzen, aber doch ergänzen. Neu hinzu traten ferner das Anpeilen und Abhören der feindlichen Funkenstationen, besonders im Stellungskrieg, wo die rückwärtigen, dem feindlichen Feuer nicht ausgefetzten größeren Stationen der Notwendigkeit zu senden durch das wohl ausgebaute Fernsprek- und Fernschreiberneß überhoben waren; das Senden mußte ihnen sogar verboten werden, damit möglichst wenig dem Gegner bekannt wurde, da eine Beobachtung des Funkenverkehrs, selbst wenn die Geheimschrift nicht entziffert wird, dem Gegner immer wichtige Anhaltspunkte liefert. Der Funkenverkehr mit Fliegern und Luftschiffen zum Austausch von Meldungen und zur Übermittlung ihres Ortes an sie, sowie zum Einschießen der Artillerie und zur Leitung ihres Feuers, mußte dauernd vervollkommen werden. Das Abhören feindlicher Ferngespräche, das durch die Erfindung des Verstärkers ermöglicht wurde, mußte organisiert werden und hat reiche Früchte getragen. Dieselben Gründe, die zum Bau der kleinen Funkenstationen genötigt hatten, zwangen zur Wiederaufnahme des Lichtsignaldienstes und zum Bau kleiner elektrischer Signallampen für geringe Entfernungen, ferner zur Ausgestaltung der raketenartigen Lichtsignalmittel.

Ergänzt wurden diese Nachrichtenmittel durch die erst im Kriege zur Brauchbarkeit entwickelte Erdtelegraphie, durch Brieftauben und Meldehunde, alles Nachrichtenmittel der vordersten Linie, die im Notfall durch Meldegänger, Meldereiter, Rad- und Krastradfahrer ergänzt werden mußten.

Dies führte notwendig zu einer verbesserten Organisation, sowohl in der Gliederung, wie auch zur Zusammenfassung der Nachrichtenmittel unter dem Chef des Nachrichtenwesens. In vorderster Linie wurden Truppen-Nachrichtenzüge und -Abteilungen gebildet; die Divisionen erhielten Divisions-Fernsprech- und Divisions-Funkerabteilungen, die Gruppen Gruppen-Fernsprechabteilungen und Gruppen-Funkerstationen. Die Armee-Telegraphenabteilungen wurden unter Vergrößerung auf rund 1000 Mann und 700 Pferde in Armee-Fernsprechabteilungen umgewandelt, desgleichen die Etappentelegraphendirektionen. Daß diese beiden Formationen dadurch auch zur Hilfe in der vordersten Linie verwendet werden konnten, war von großem Wert; im allgemeinen versahen sie den Nachrichtendienst in der Etappe und rückwärts der Generalkommandos und hatten neben den militärischen auch wirtschaftliche Aufgaben in der Erschließung und zur Ausnutzung der besetzten Gebiete zu erfüllen. Den Dienst in den Generalgouvernements versah die Reichstelegraphie.

Für den Nachschub an Gerät sorgten die aus den Etappen-Fernsprechdepots entstandenen Armee-Nachrichtenparks. Ihre Ausstattung mit Kraftwagen, ebenso wie die der Abteilungen, war ein großer Fortschritt.

Diese Organisation der Feldtruppen nötigte zur Umwandlung der Ersatztroppenteile in Nachrichten-Ersatzabteilungen mit Fernsprech- und Funkerkompagnien, Erdtelegraphenzügen und Brieftaubenschlägen.

So haben sich die Technik der Nachrichtenübermittlung und die Nachrichtentruppe unter dem Zwang des Krieges in einem Maße entwickelt, wie man es im Frieden nicht voraussehen konnte, und zu ihrem Teil zu den Erfolgen des Krieges beigetragen. Was insbesondere einzelne, nur auf sich selbst gestellte Fernsprecher, Telegraphisten, Funker und Blinker an treuem, todesmutigem Ausharren, ohne sich wehren zu können, geleistet haben, wird immer ein Ruhmesblatt in der Geschichte des Nachrichtenwesens bleiben.

## b. Die technische Ausführung.

### 1. Fernsprecher und Fernschreiber.

Von Major A m m o n.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 15.)

Einige Jahre vor Beginn des Weltkrieges entstand in der Telegraphentruppe ein heißer Kampf um die Frage, ob man die Nachrichtenübermittlung im Felde, wie es vorgesehen war, in der Hauptsache auf den Tele-

graphen — Morfschreiber und Summer — gründen, ob man zum Fernsprechbetrieb übergehen, oder ob man neben dem Fernsprecher auch leistungsfähigere Fernschreiber einsehen solle, und in welchen Zonen des Kriegsgebiets. Die Entscheidung fiel zugunsten des reinen Fernsprechbetriebes für alle Zwecke der Feld- und der militärischen Eisenbahntelegraphie. Der Krieg hat die dritte Ansicht als richtig erwiesen. Der Morfschreiber freilich fiel bei der Feldtelegraphie mit Recht; aber mindestens für die Verbindungen vom Armeeoberkommando nach rückwärts mußten leistungsfähige Fernschreiber vorgesehen werden. Immerhin hatte der Kampf zur Folge, daß namentlich auch aus Grund der Erfahrungen des russisch-japanischen Krieges die große Bedeutung des Fernsprechers erkannt, und daß die Truppe, wenn auch nicht in ausreichendem, so doch in reichem Maße mit diesem besten aller Nachrichtenmittel ausgestattet wurde.

Die Kavallerie und die Telegraphenabteilungen hatten schon seit längerer Zeit neben dem Morfschreiber den Patrouillenapparat, einen Apparat, der ähnlich wie der Handapparat eines Tischfernsprechers gebaut war und in seinem Griff einen Summer enthielt. Dazu gehörte noch ein zweiter Fernhörer und ein Batteriekasten mit 3 Elementen. Der Summer wurde in der Hauptsache zum Telegraphieren benutzt, indem kurze und lange Töne als Morfszeichen gegeben wurden, diente aber auch zum Anrufen für das nur ausnahmsweise gestattete Sprechen. Durch Verbesserungen entstand aus diesem Apparat der Armeefernsprecher, mit dem in den letzten Jahren vor dem Kriege alle fechtenden Truppen, mit Ausnahme der sich dagegen sträubenden Fußartillerie, ausgestattet wurden, die beim Lautsprecher bleiben wollte, an den sie gewöhnt war. Sein Hauptmangel war das Fehlen einer Vermittlungsmöglichkeit, die der Armeefernsprecher hatte. Insbesondere dieser Mangel hat den Lautsprecher im Felde zu Fall gebracht. In den letzten Kriegsjahren wollte ihn niemand mehr haben und die Lautsprecher stauten sich in den Armeenachrichtenparcs bis zur Decke.

Die Vermittlungsvorrichtung des Armeefernsprechers setzte voraus, daß auf der Vermittlungsstation so viele Apparate standen, wie Leitungen zusammenliefen. Namentlich im Stellungskrieg wuchs aber diese Zahl so ungemein, daß eine Vermittlung auf diesem Wege nicht mehr durchführbar war. Die Truppe behalf sich zunächst mit allerlei Behelfskonstruktionen, bis im wesentlichen der Drehschauzeichenschrank die Lösung dieser Frage brachte; bei diesem Schrank sind 10 Fernhörer wagerecht auf dem Deckel angebracht; beim Erönen eines dieser Fernhörer durch einen Anruf gerät ein unter einem Glasdeckel auf dem Schallblech mit zwei feinen Bronzefüßchen ruhendes, in der Mitte auf einer Spitze lagerndes gelbes Schauzeichen in schnelle Umdrehung, so daß ersichtlich wird, welcher Fernhörer es ist. Mit einem Armeefernsprecher fragt man dann ab, und kann mit den am Schrank an-

gebrachten Schnüren die Verbindungen, auch gleichzeitig mit mehreren Stationen, herstellen. Da die Schränke aber schwer mitzunehmen waren, wurden sie später in einzelne kleine Vermittlungskästchen zerlegt, die in beliebiger Zahl zusammengestellt werden konnten. Die Drehschauzeichen wurden durch Hollundermarkflügelchen ersetzt, die unter einer durchsichtigen Glocke hüpften, wenn angerufen wurde.

Der Infanterist trug den Armeefernsprecher vor der Brust, das Leitungsmaterial in einem besonderen Tornister — in jedem 2 mal 500 m auf zwei flachen Trommeln — desgleichen einiges Werkzeug. Zum Hochlegen einer Leitung diente eine Drahtgabel, die, in kürzere Stangenteile zerlegt, senkrecht an der Seite des Tornisters getragen wurde, wie der Spaten vom Pionier. Das Kabel hatte einen Durchmesser von 1,2 mm, 1 km davon wog etwa 3 kg.

Die Feldartillerie führte ihr Fernsprechgerät, ebenso wie die Fußartillerie, in der Hauptsache auf dem dazu eingerichteten Beobachtungswagen mit, die Kavallerie am Pferde. Zum Hochlegen ihres dünnen, durch Lackierung etwas isolierten, nur  $\frac{1}{2}$  mm im Durchmesser messenden Stahldrahtes benutzte die Kavallerie die Lanze mit einem tyraförmigen Aufsatz. Die Feldartillerie hatte daselbe Kabel wie die Infanterie, später ein etwas stärkeres, die Fußartillerie daselbe Kabel wie die Fernsprechtruppen, jedoch auf anderen Trommeln; es wurde auch von einer anderen Rückentrage aus eingebaut. Dieses Feldkabel bestand aus fünf dünnen Kupferdrähten und 18 Stahldrähten, hatte einen Gesamtdurchmesser von 2,6 mm, ein Gewicht von 13,6 kg auf 1 km und eine Zugfestigkeit von 140 kg. Es wurde, ebenso wie das Armeekabel, auf Bäumen oder Behelfsstangen hochgelegt, konnte auch, namentlich auf kürzere Zeit, auf der Erde verlegt werden. Der Mangel an Kaugummi und an den feinen Garnen zur Umklöppelung der Kabel vermehrte später infolge der Verwendung von Regeneratgummi und stärkerer Garne Durchmesser und Gewicht des Feldkabels.

Die Notwendigkeit für die Telegraphentruppe, größere Vermittlungen einzurichten, hatte schon im Frieden zur Konstruktion des Feldfernsprechers geführt, der außer den Teilen des Armeefernsprechers in einem Holzkasten einen Induktor mit Kurbel zum Anrufen und einen Wecker zum Angerufenwerden hatte. Außerdem enthielt er Vorrichtungen zum Anschluß an Fernsprechämter mit Schlußzeichen oder mit Zentralbatterie, die aber im Lauf des Krieges wegfelen, da sie in Feindesland nicht gebraucht wurden. Zur Vermittlung selbst war ein Klappenschrank zu 10 Leitungen vorhanden, im Kriege wurden auch solche zu 5, 10, 20 und 60 Leitungen gebaut, die statt der Fallklappen Schauzeichen und Vorrichtungen — sogenannte Übertrager — zur Verbindung von Einfachleitungen mit Doppelleitungen hatten.

Der Stellungskrieg mit seinem ungeahnten Ausbau des Fernsprech-

netzes führte zur Ausnutzung der Apparate und Vermittlungsvoorrichtungen der Reichstelegraphenverwaltung, von denen größere Vorräte vorhanden waren, und die auch weiterhin in größeren Mengen geliefert werden konnten, als die Feldapparate, da die Fabriken infolge des größeren Bedarfs der Reichstelegraphie darin leistungsfähiger waren. Einer großen Beliebtheit erfreuten sich namentlich die Tischfernsprecher der Reichstelegraphenverwaltung. Die Notwendigkeit, Vermittlungen schnell zu verlegen und sie aus kleinen Anfängen bis zu recht großen Zentralen zu erweitern, führte während des Krieges zur Konstruktion von Feldvielfachumschaltern (Tafel 15, 2 u. 3). Sie sind aus kleinen Einzelteilen zusammensetzbar und können deshalb leicht verpackt und transportiert werden. Zum Anruf dienen Klappen, die in Kästchen zu 10 zusammengefaßt sind und auseinandergefaßt werden. Die Leitungen werden, ehe sie an die Klappen gehen, durch die Vielfachfelder geführt, die die Klinken (Stöpsellöcher) sämtlicher Leitungen enthalten und jedem Arbeitsplatz zugeordnet sind, so daß der einen Platz bedienende Telegraphist von dem Teil der Leitungen angerufen werden kann, deren Klappen er vor sich hat, daß er aber mit allen Leitungen im Vielfachfeld unmittelbar verbinden kann. Wenn eine Leitung an einer Klappe oder in einem andern Vielfachfeld besetzt ist, so knackt es in seinem Fernhörer, sobald er die Klinken mit dem Stöpsel berührt. Der Feldvielfachumschalter stellt eine ideale Lösung der Vermittlungsfrage für Feldzwecke dar, namentlich in seiner schnellen Erweiterbarkeit und in der Zweckmäßigkeit der Handhabung. Fast alle größeren Vermittlungen bei den Generalkommandos und Armeekorpskommandos sowie in der Etappe waren schließlich damit ausgerüstet.

Die Vermittlungseinrichtungen an den Apparaten waren nur für Einfachleitungen (Rückleitung durch die Erde) eingerichtet. Dies erwies sich als Mangel, besonders als die große Zahl der Verbindungen und vor allem die Abhörgefahr bei Einfachleitungen im Stellungskrieg dazu nötigten, nur noch Doppelleitungen zu bauen (mit Hin- und Rückleitung). Die Apparate wurden daher für Doppelleitungs-Vermittlung umgebaut; den noch mit Einfachleitungs-Vermittlung versehenen wurde eine besondere Doppelleitungs-Klinken mit Stöpsel und Schnur beigegeben.

Die sich schon 1915 bemerkbar machende Knappheit an Rohstoffen, besonders an gewissen Metallen, zwang dazu, zum Bau eiserner Apparate überzugehen. Die ganzen Handapparate des Feld- und des Armeefernsprechers und viele andere Teile, wie z. B. Weckerklöcher usw., wurden aus staubverzinktem und teilweise außerdem lackiertem Eisen hergestellt; die neueren Schweißverfahren leisteten dabei hervorragende Dienste. Viele Messingteile wurden durch Zink ersetzt.

Die Telegraphentruppen führten ihre Apparate und ihr Baugerät auf pferdebefpannten Fahrzeugen mit, man war aber schon vor dem Kriege

zur Aufstellung einzelner Kraftwagen-Fernsprechzüge übergegangen und hatte auch die Beigabe einzelner Kraftwagen an die bespannten Abteilungen vorgesehen. Die Fahrzeuge der Korps- und Divisions-Fernsprechabteilungen waren leichte, vierrädrige Wagen, die bis kurz vor dem Kriege mit nur zwei Pferden bespannt waren. Noch vor dem Kriege wurde vierspänniger Zug eingeführt, durch den die Abteilungen erst die erforderliche Beweglichkeit erhielten. Diese wurde noch dadurch erhöht, daß gelegentlich der Umwandlung der Telegraphen- in Fernsprechabteilungen ein Proßfahrzeug eingeführt wurde. Trotzdem genügte auf den schlechten russischen Wegen die Beweglichkeit noch nicht, so daß man auf diesem Kriegsschauplatz zum sechsspännigen Zug übergehen mußte.

Die Armee-Telegraphenabteilungen und die Etappen-Telegraphendirektionen hatten viel zu schwere, unhandliche Fahrzeuge. Sie wurden im Lauf des Krieges ebenfalls bei der Umwandlung dieser Abteilungen gegen die üblichen Pack- und Vorratswagen und gegen lange Leiterwagen zur Beförderung der Telegraphenstangen, die in Rußland meist an Ort und Stelle geschlagen wurden, umgetauscht.

Daß man mit der Bauweise der Armee-Telegraphenabteilungen, die ein Mittel Ding zwischen Feldmäßigem und Dauerbau war, in einem modernen Kriege nicht auskommen werde, war wohl allen Offizieren der Telegraphentruppe bewußt. Welchen Umfang aber der Dauerbau im Kriege annehmen werde, das ahnte wohl niemand. Alle rückwärtigen Verbindungen der Armeeoberkommandos und alle Verbindungen in der Etappe mußten selbstverständlich in dieser Bauart hergestellt werden, einmal weil Feldmäßige Leitungen nicht dauerhaft genug gewesen wären, weil auf ihnen die Grenze der Verständigung sehr bald erreicht ist — auf Feldtabel unter günstigen Umständen etwa bei 100 km — und weil man genötigt war, durchweg Doppelleitungen zu bauen. Einfachleitungen sind nur möglich, wenn nur eine Leitung am Gestänge ist, da sonst alle Gespräche in allen Leitungen so laut mitgehört werden, wie wenn diese miteinander verbunden wären. Endlich wäre es gar nicht möglich gewesen, so viel Feldtabel herzustellen; war doch schon z. B. in der verhältnismäßig kleinen Armeeabteilung Scheffer in Rußland die Gesamtlänge der Leitungen gleich  $\frac{1}{4}$  der Länge des Äquators. Daraus läßt sich ungefähr der Bedarf des Heeres an Nachrichten-gerät ermesen, besonders wenn man bedenkt, daß wir auch noch unsere Bundesgenossen bis nach Palästina damit zu versehen hatten.

Im Stellungskrieg wuchs die Zahl der Leitungen auch vorwärts des Armeeoberkommandos so, daß sie bei seiner langen Dauer schon der Unterhaltungsmöglichkeit wegen möglichst im Dauerbau hergestellt werden mußten, und zwar so weit nach vorn, wie es die feindliche Artilleriewirkung irgend zuließ, an ruhigen Stellen in Rußland, die gegen Sicht gedeckt

waren, bis in die vorderste Linie. An anderen Stellen, insbesondere im Westen, war dies natürlich nicht möglich. Man vergrub daher zuerst sogenannte, leicht mit weichen Stoffen isolierte, für den Ausbau der Festungsfernsprechneße vorgesehene Armierungskabel, später mit Bleimänteln und Eisendrähten bewehrte Panzerkabel, die aber selbst bei großer Verlegungstiefe in den zugestellten Gräben von der Artillerie zerstört wurden, wobei dann das Auffinden der Fehler schwierig und die Beseitigung wegen der Erdarbeiten zeitraubend war. Auf die Erde verlegte Feldkabel unterlagen ebenso der Zerstörung, namentlich auch durch Splitter, Luftdruck und natürlichen Verfehr. Es hat sich schließlich als das Beste erwiesen, die Kabel an den Wänden offener, schmaler, aber doch begehbarer Gräben zu führen, sodaß Fehler auch bei mittlerer Beschließung gesucht und beseitigt werden konnten.

Wo aber Trommelfeuer oder schwere Beschließung einsetzte, da waren im Feuerbereich Fernsprechverbindungen meist nach kurzer Zeit zerstört. An gefährdeten Stellen mußten deshalb neben dem Fernsprecher noch andere Nachrichtenmittel eingesetzt werden, wie kleine Funkenstationen, Flieger, Signalgerät, Leuchtmittel, Brieftauben und Meldehund. Für die Flieger legten die Truppen dann Sichtzeichen in Gestalt länglicher, zu bestimmten Figuren zusammengestellter Lächer aus.

Wo Gelände wegen der feindlichen Feuerwirkung oder aus anderen Gründen nicht durchschritten werden konnte, war oft eine Fernsprechverbindung von besonderem Wert, damit wenigstens auf diesem Wege eine Verständigungsmöglichkeit bestand. Hierzu wurden stellenweise Kabelwerfer in Gestalt kleiner Geschütze verwendet, die ein Kabel über das Hindernis hinwegwarfen. Auch Minenwerfer sind zu diesem Zweck benutzt worden. Als in Rußland 1917 die Auflösung der russischen Front begann, wurde auf diese Weise in vielen Fällen Fernsprechverbindung vom deutschen zum russischen Schützengraben aufgenommen, indem sich die Russen mit einem ihrer Fernsprechapparate an die hinübergeschossene Leitung angeschlossen.

Das Anwachsen der Fernsprechneße hatte seinen Grund in der Vielgestaltigkeit der modernen Kriegführung, hauptsächlich auch in der beispiellosen Entwicklung der Artillerie. Es handelte sich dabei nicht nur um die Verbindung zwischen den weittragenden Geschützen und ihren Beobachtern, sondern insbesondere um die Feuerleitung überhaupt und um den ganzen Meldeapparat für Schall- und Lichtmeldetrupps. Die Verbindungen der verschiedenen Waffen untereinander, zu denen immer neue hinzukamen, wie z. B. die Minenwerfer, die Verbindungen innerhalb der Fliegerabteilungen und ihre Verbindungen zu den Stäben, zur Artillerie und zu den Luftschußoffizieren an der Front, wie auch die Fernsprechneße für den Abwehrdienst gegen feindliche Flieger, der Anschluß der Abhörstationen im Schützengraben

usw., verschlangen ein gewaltiges Material. Mit dem Verwickelterwerden des ganzen Kriegsmechanismus wuchsen auch die Stäbe und damit die Teilnehmeranschlüsse in den Stabsquartieren. Ein Armeeovertkommando hatte z. B. je nach seiner Größe zuletzt etwa 300 bis 600 Teilnehmeranschlüsse. Die Zahl der Fernleitungen wuchs insolge der Vereinigung großer Menschenmassen auf engem Raum, die selbstverständlich ein erhöhtes Verkehrsbedürfnis nach außen mit sich bringt. Endlich bedingte die vollkommene Zentralisierung der Leitung bei der Obersten Heeresleitung den Ausbau gewaltiger Nachrichtenneze durch das ganze Gebiet der Mittelmächte. Was im fernsten Schützengraben in Kleinasien und an allen anderen Stellen vorging, mußte täglich zweimal in Gestalt der Morgen- und Abendmeldungen den Weg zur Obersten Heeresleitung durchlaufen, die auch in dauerndem Meinungsaustausch mit allen Armeeovertkommandos blieb.

Für viele Zwecke entstanden auch Sonderneze, die insbesondere für die Artillerie, die Flieger, den Luftschuß und die Funker geschaffen wurden. Neben den taktischen und allgemeinen Verkehrsnezen traten hierzu Sonderneze für Beheimgespräche der höheren Führung. Zweifellos ist man in der Einrichtung von Sondernezen etwas weit gegangen. Es hat sich oft als zweckmäßig erwiesen, die Sonderleitungen mit den anderen Leitungen zu vereinigen, um so mehr, als man sie mehrfach ausnutzen konnte, wenn sie in einer Hand waren; die Sprechmöglichkeiten wuchsen dadurch so, daß jede Verbindung sofort gegeben werden konnte.

Die Befastungen der Fernsprechleitungen mit Gesprächen war zum Teil sehr hoch. Bei einem kleinen Armeeovertkommando wurden z. B. täglich im Stellungskriege durchschnittlich etwa 5000 Gespräche vermittelt. Die Zahl wuchs bei außergewöhnlichen Ereignissen auf ein Vielfaches. Mancher Teilnehmer wäre gewiß geduldiger gewesen, wenn ihm diese Zahlen bekannt gewesen wären.

Ein solcher Verkehr konnte selbstverständlich mit dem Fernsprecher allein nicht bewältigt werden. So wurden denn auch sehr bald immer mehr Fernschreiber (Hughes-Telegraphenapparate) eingesetzt (Tafel 15, 1), zunächst von den Armeeovertkommandos rückwärts. Zur Verbindung der Armeeovertkommandos mit den Generalkommandos behalf man sich zuerst vielfach mit dem Klopfers, bei dem Morsezeichen nach Klopfgeräuschen aufgenommen werden, bald aber wurde auch hier mehr und mehr der Fernschreiber verwendet, der seinen Siegeszug allmählich bis zu den Divisionen fortsetzte, wenigstens da, wo stärkerer Verkehr war. Der Fernschreiber ist eine Telegraphiermaschine, deren Arbeiten auf dem Gleichlauf (Synchronismus) des miteinander arbeitenden Apparatepaares beruht. Beim Empfangsapparat wird dabei ein Papierstreifen gegen den unten stehenden Buchstaben eines umlaufenden Typenrades geschlagen und abgedruckt, wenn die mit ihm

bezeichnete Taste der klavierähnlichen Tastatur des Gebeapparates gedrückt wird; sie gibt dann einen Stromstoß in die Leitung, wenn auch beim Gebeapparat der betreffende Buchstabe des Typenrades unten steht. Der Apparat leistet etwa 1200 Worte in der Stunde (gegen 600 beim Morsefschreiber und 900 beim Klopfer), ist also sehr leistungsfähig; seine Handhabung ist aber schwer zu erlernen. Die Österreicher waren uns in der ausgedehnten Verwendung dieses Nachrichtenmittels vorausgegangen, hauptsächlich wohl, weil sie infolge ihrer Vielsprachigkeit vom Fernsprecher weniger Gebrauch machen konnten als wir. Nur mit Hilfe des Fernschreibers konnten die gewaltigen Zahlen meist recht langer Fernschriften, die außer den Ferngesprächen umgeseht werden mußten, befördert werden. Beim Oberkommando der Armeeabteilung Scheffer wurden z. B. durchschnittlich täglich etwa 1200 Fernschriften gegeben und ausgenommen, bei besonderen Ereignissen wuchs die Zahl aber auf über 4000. Bei größeren Armeeoberkommandos, insbesondere im Westen, waren die Zahlen ein vielfaches hiervon und stiegen besonders an Großkampftagen auf weit über 10 000. Wenn man bedenkt, daß sie alle schnell befördert und fehlerlos übermittelt werden mußten, trotzdem sie oft in schwer lesbarer Handschrift ausgeliefert wurden, und daß keine verloren gehen durfte, so kann man ermessen, welches Maß von Pflichteifer — Pflichttreue allein genügt in diesem Dienstzweig nicht — zur Bewältigung dieser Arbeit erforderlich war; sie ist mit um so größerer Freudigkeit geleistet worden, je unmöglicher die Bewältigung schien.

Die Militär-Eisenbahndirektionen gingen ebenfalls sehr bald wieder zum Telegraphenbetrieb über. Sie verwendeten fast ausnahmslos den Morsefschreiber, den sie gewöhnt waren, und der auch für so kurze Nachrichten, wie Zugmeldungen usw. zweckmäßiger ist, als ein Fernschreiber, dessen Inangabelegung sich für solche Nachrichten nicht lohnt. Selbstverständlich hatten sie aber daneben umfangreiche Fernsprechnetze. Die Bestände wurden zum Teil gemeinsam von der Feldtelegraphie und der Eisenbahn benutzt.

In den Festungen hatte man einige Jahre vor dem Kriege begonnen, die gänzlich veralteten Festungs-Telegraphenetze durch reichgegliederte Festungs-Fernsprechnetze zu ersetzen, die unterirdisch mit vieladrigen Bleirohrkabeln mit Papierisolation angelegt wurden. Apparate und Klappenschränke waren meist aus Eisen hergestellt, da hölzerne in den immer feuchten unterirdischen oder mit meterdicken Betonwänden hergestellten Räumen unbrauchbar sind. Auch in den Festungen entstanden für viele Zwecke Sondernetze, da ja der Festungskrieg noch verwickelter ist als der Feldkrieg. Die noch nicht fertigen Netze wurden im Verlauf des Krieges fertiggestellt. Eroberte Festungen wurden mit solchen Netzen, meist in einfacherer Ausführung, versehen.

Die Knappheit an Draht nötigte in der Feldtelegraphie mehr und mehr dazu, zur möglichst vollkommenen Ausnutzung der Leitungen überzugehen. In der Fernsprecherei geschah dies durch die mehrfache Ausnutzung der Leitungen, indem man zwei Doppelleitungen so einrichtete, daß man drei Gespräche darauf führen konnte. Die Schaltung ist dabei so, daß man auf der einen Doppelleitung ein Gespräch führt, auf der andern das zweite, und daß man dann für das dritte Gespräch die eine Doppelleitung als Hin- und die andere als Rückleitung benutzt. Wenn die Leitungen richtig angeordnet sind — sie müssen auf den Gestängen etwa alle 2 km ihre Plätze wechseln —, so stören sich die Gespräche dabei gar nicht; im Betrieb wird das dritte Gespräch genau so behandelt, als ob es auf einer besonderen Leitung stattfände. Man kann auch weiter gehen und z. B. auf vier Doppelleitungen sieben Gespräche führen, indem sie zunächst paarweise zusammenfaßt und dann auf den Paaren das siebente Gespräch führt, wobei vier Drähte die Hin- und vier die Rückleitung für dieses Gespräch bilden. Auch von dieser Möglichkeit ist stellenweise Gebrauch gemacht worden. Diese Ausnutzung



der Fernsprechleitungen hat im wesentlichen in der Etappe stattgefunden, jedoch in vielen Fällen auch vorwärts der Armeeoberkommandos, teilweise sogar bis zu den Divisionen.

Weniger Gebrauch ist von der mehrfachen Ausnutzung von Fernschreiberleitungen gemacht worden. Nur an wenigen Stellen hat man Gegenschreiben eingerichtet, bei dem auf einem Draht eine Fernschrift hin- und eine andere gleichzeitig zurückgeht, ohne daß sie sich stören. Wohl aber hat man in ausgedehntem Maße die Schnellfernschreiberei angewendet, hauptsächlich durch Benutzung des Siemens-Schnellfernsehreibers zur Verbindung der Kriegsschauplätze mit der Heimat und unter sich. Dieser Apparat arbeitet im wesentlichen wie der Fernschreiber mit gleichlaufenden Typenrädern. Sein Hauptvorteil neben seiner Schnelligkeit ist der, daß er sehr wenige bewegte Teile hat, die entzwei gehen können und der Abnutzung unterworfen sind, sondern daß alle Vorgänge in der Hauptsache auf elektrischem Wege hervorgebracht werden, so auch z. B. der Synchronismus durch elektrische Regelung der ihn betreibenden Elektromotoren, und zwar selbsttätig durch das Geben selbst. Seine Leistungsfähigkeit ist so gewaltig — 200 bis 1000 Buchstaben in der Minute, bei Gegensprechen das Doppelte —, daß die von den Kriegsschauplätzen, z. B. von Sofia, Charleville und Brest-Litowsk nach Berlin führenden Siemensleitungen die Fern-

in den Ertragen erfolgen haben unsere nachrichtentypen hervorragenden anfall , in unermüdlicher arbeit ermöglichten sie das zusammen

wirken der nebeneinander Tschenden verbände und gaben der führung die sicherheit , die schlicht in die gewollten bahnen zu lenken .

**Sendestreifen des Siemens-Schnellfernschreibers aus dem Heeresbericht vom 26. März 1918.**

schriften des Kriegsschauplatzes einsaugten, wie Ventilatoren die Luft eines Zimmers, und sie ihm ebenso in umgekehrter Richtung zuführten. Da niemand von hand schnell genug fernschreiben kann, werden die Fernschriften auf einer Art elektrisch betriebener Schreibmaschinen in Paplerstreifen gelocht — siehe die auf ein Drittel verkleinerte Skizze auf dieser Seite — und mit großer Geschwindigkeit durch die Sender gejagt. Am Ende kann man neben der Schrift dieselben gelochten Streifen empfangen, so daß man das Umtelegraphieren spart. Der Siemens-Schnellfernschreiber ist eine der genialsten Errungenschaften deutscher Technik.

Sei Gebrauch ist vom gleichzeitigen Fernschreiben auf einer Fernsprechdoppelleitung gemacht worden, weniger zur Ersparung von Leitungen, als weil nicht immer gleich besondere Fernschreibleitungen zur Verfügung standen. Auch bei Störungen in den Fernschreibleitungen bildete die Möglichkeit, auf den Fernsprechleitungen gleichzeitig fernzuschreiben, ein wertvolles Aushilfsmittel, wenn auch das Fernschreiben je nach dem Zustand der Leitungen beim Sprechen mehr oder weniger hörbar ist.

Der Kupfer- und damit der Bronzemangel zwang zu ausgedehnter Verwendung eiserner Fernsprechleitungen. Die Leitnehmerteilungen wurden durchweg aus Eisen hergestellt, aber auch größere Fernleitungen wurden mit Erfolg aus Eisen gebaut. Ihre Reichweite wurde in vielen Fällen durch Pupinspulen vergrößert, die etwa alle 10 km auf den Gestängen in die Leitungen eingeschaltet werden und durch ihre Selbstinduktion die schädlichen Einwirkungen der Kapazität der Leitungen und die daraus folgende Verschwommenheit der ankommenden Sprache bekämpfen; sie verdoppeln auch bei Bronzeleitungen die mögliche Übertragung der Sprache nahezu und sind daher auch bei diesen zur Ersparung größerer Querschnitte angewendet worden. Auch die Militär-Eisenbahndirektionen haben viel Gebrauch davon gemacht. (Tafel 15, 4 zeigt zwei Pupinspulen in zwei mehrfach ausgenutzten eisernen Fernsprechdoppelleitungen.)

Eine noch größere Bedeutung als die Pupinspulen gewann im Laufe des Krieges die kurz vorher erfundene Liebenlampe als Fernsprechverstärker

und zu vielen anderen Zwecken. Die Fernsprechströme werden in langen Leitungen infolge des Leitungswiderstandes und zahlreicher anderer Ursachen immer schwächer. Frühere Versuche, sie mit mechanisch arbeitenden sogenannten Relais zu verstärken, scheiterten meist an der Trägheit dieser Relais, da die Massen den schnellen Schwingungen eines Fernhörererschallblechs nicht schnell genug zu folgen vermochten und so die Sprache verzerrten, wenn auch auf diesem Gebiete wesentliche Fortschritte zu verzeichnen waren. Demgegenüber hat die Liebenlampe den Vorzug, daß sie ohne Trägheit arbeitet. Sie enthält in einem Glasgefäß, ähnlich dem einer Glühlampe, einen kleinen Glühfaden als Kathode, von dem negative Elektronen durch ein ebenfalls negatives Gitter zu einer Nickelblechanode wandern. An dem Gitter liegt die ankommende Leitung und verändert damit fortgesetzt seinen Ladungszustand, da Sprechstrom Wechselstrom ist. Je nach der Ladung des Gitters können mehr oder weniger Elektronen zur Anode hindurchwandern, so daß der von der Kathode zur Anode durch die leitend werdende Luft wandernde Strom, der als blauer, unter dem Einfluß des Sprechens zitternder Schein sichtbar ist, genau dieselben Schwankungen erleidet, wie sie der ankommende Strom als Ladung dem Gitter mitteilt: er läuft dann in die Leitung weiter und ist infolge größerer Bemessung der Batterie bedeutend stärker, als der ankommende Strom. Die Notwendigkeit der Überbrückung außerordentlich großer Entfernungen ließ Mittel und Wege zur Verbesserung dieser Lampe und ihrer Schaltungen finden, so daß sogar Ferngespräche von Berlin nach Konstantinopel ermöglicht wurden. Meist war der Verstärker, wie die Lampe genannt wird, auf einer Zwischenstation eingeschaltet, bei größeren Entfernungen auf mehreren. Aber auch unmittelbar beim Teilnehmer fand sie als Endverstärker Anwendung, wirkte aber hierbei nicht so vorteilhaft, weil sie auch die Nebengeräusche oft in recht störender Weise mit verstärkte.

Die starke Belastung der Fernsprechleitungen mit Gesprächen, bei der fast alle Leitungen dauernd stromdurchflossen waren, machte den Schutz der Leitungen gegen das sogenannte Übersprechen, das Mithören anderer Gespräche in den Leitungen, besonders wichtig; das Mithören tritt auch bei Doppelleitungen ein, wenn die beiden, die Doppelleitung bildenden Drähte nicht etwa alle 1 bis 2 km nach einem ganz bestimmten Schema getreuzt werden, d. h. ihre Plätze vertauschen, so daß ihr durchschnittlicher Abstand von der Mittellinie anderer Doppelleitungen immer gleich groß ist. Der Platzwechsel bei der dreifachen Ausnutzung zweier Doppelleitungen ist die Kreuzung für das dritte Gespräch.

Da in den meisten Fällen nicht, wie im Frieden, bei Gewitter der Betrieb eingestellt werden konnte, mußten die Leitungen sorgfältig mit Sicherungen versehen werden, zumal auch die Starkstromleitungen nicht immer mit der im Frieden üblichen Sorgfalt angelegt, aber sehr zahlreich waren. In der

Schlacht bei Kowel 1916 waren auf der Vermittlung des Armeekommandos bei einem ausnahmsweise schweren Gewitter fast sämtliche Sicherungen zertrümmert worden; als neue eingesetzt waren, konnte der Betrieb fortgesetzt werden. Wie sorgfältig auch bei feindlicher Ausführung in dieser Richtung gearbeitet worden ist, zeigt Tafel 15, s.

Bei Benutzung von Einfachleitungen, d. h. wenn man die Erde als Rückleitung benutzt, fließen die Sprechströme in der Erde teils in gerader Linie, teils in Form immer weiter ausholender und schwächer werdender elliptischer Stromfäden vom hörenden Apparat zum Sprechenden zurück. Verlegt man in die Linie dieser Stromfäden zwei Erdleitungen und verbindet sie durch einen Draht, so fließen auch Stromfäden durch diesen. Sie sind aber so schwach, daß man sie mit einem Fernhörer nur unter ganz besonderen Umständen wahrnehmen kann; verstärkt man sie aber mit einer Liebenlampe, und wiederholt man diese Verstärkung, indem man die so verstärkten Ströme noch einmal verstärkt und diese nötigenfalls noch zweimal, so kann man alle in der Nähe geführten Gespräche mithören. So verfuhr man auf den Abhörstationen, mit denen man den feindlichen Fernsprechverkehr im und unmittelbar hinter dem feindlichen Schützengraben abhören konnte. Wurden beim Feinde diese Leitungen weiter verbunden, so konnte man bis tief in sein Operationsgebiet hinein hören und durch die Anrufe der nächst höheren Stäbe oft die ganze Kriegsgliederung erfahren. Bevorstehende Angriffe, Feuerüberfälle usw. wurden auf diese Weise recht oft vorher bekannt und konnten so vereitelt werden. Freilich war das Verlegen dieser Sucherden in möglichst großer Zahl — man schaltete dann immer die ein, die für das Abhören eines bestimmten Gesprächs die günstigsten waren — ein gefährliches Beginnen, da ihre Wirkung um so besser war, je näher sie am feindlichen Schützengraben lagen. Mancher brave Telegraphist hat für diesen Zweig der Kriegstechnik sein Leben hingegeben.

Da auch der Gegner vom Abhören Gebrauch machte, mußten dagegen besondere Maßnahmen ergriffen werden. Vor allen Dingen durften keine Einfachleitungen mehr benutzt werden. Alle Leitungen wurden daher zu Doppelleitungen ausgebaut. Da aber Doppelleitungen nie ganz rein sind und immer Ableitungen aufweisen, besonders natürlich in der vordersten Linie, wo sie allerlei Verletzungen ausgesetzt sind, so sind sie auch nicht ganz abhörsicher. Dem mußte durch eine besondere Sprechzucht entgegengewirkt werden, über deren Einhaltung die Abhörstationen wachten, da sie natürlich auch die eigenen Gespräche hörten. Sie meldeten, was sie gehört hatten, und trugen so zur Beseitigung der Fehler in den Leitungen bei, ebenso natürlich zur Abwendung von Verstößen gegen die Sprechzucht, die uns schädigen konnten.

Die im Laufe des Krieges immer zunehmende Feuerwirkung der Artillerie und die damit zusammenhängende Zerstörung der Fernsprech-

leitungen und selbst der Antennen der kleinen Funkenstationen brachte in Verbindung mit der Möglichkeit, Erdströme abzufangen und abzuhören, die Konstruktion von Erdtelegraphengerät. Es bestand im wesentlichen darin, daß Sommerströme durch zwei, einige Meter voneinander entfernte Erdverbindungen in die Erde geleitet wurden und auf der Gegenstation, die auch zum Geben eingerichtet war, mit dem Abhörgerät aufgenommen werden konnten. Man konnte damit auf 1 bis 2 km Verständigung erzielen. Vereinzelt sind auch stärkere Maschinenströme in die Erde geleitet worden, die man weiter hören konnte. Selbstverständlich kann der Gegner die Erdtelegramme mithören. Einen Schutz dagegen kann man, ebenso wie bei der Licht- und Funkentelegraphie und zahlreichen anderen Nachrichtenmitteln, nur durch Anwendung von Geheimschrift erreichen. Die Technik des Geheimschreibens hat sich im Laufe des Krieges außerordentlich vervollkommenet; aber auch die Entzifferungskunst hat sich als Gegenmittel — ähnlich wie der Panzer beim Kampf mit dem Geschütz — dementsprechend verbessert.

Schließlich gelang es auch, einen unhörbaren, auf einer Einfachleitung arbeitenden Telegraphen, den sogenannten Utel, zu bauen. Die Zeichen wurden dabei mit so schwachem Gleichstrom gegeben und außerdem so abgeflacht, daß auch ihr Beginn und ihr Ende nicht gehört werden konnten. Auf der Empfangsstation wurde der Gleichstrom in Sommerstrom umgewandelt, der in einem Fernhörer hörbar gemacht wurde; selbstverständlich war die Einrichtung so getroffen, daß dieser Sommerstrom nicht in die Leitung und damit in die Erde gelangen konnte; denn Sommerstrom ist, wenn er in die Erde läuft, auf noch weit größere Entfernungen abhörbar als Sprechstrom.

So hat die nimmer rastende Technik immer neue Kriegsmittel in den Dienst der Nachrichtenübermittlung gestellt. Manche Forderung, die man im Frieden für unerfüllbar gehalten hätte, ist im Kriege unter dem Zwang der Verhältnisse und dem durch den Willen zum Siege gegebenen Ansporn in kurzer Zeit zu hoher Vollkommenheit gebracht worden. Das war nur dank der Unterstützung der Truppe durch die Reichstelegraphie und dadurch möglich, daß mit der Truppe auch die Männer der Wissenschaft und die Industrie arbeiteten, die ihrerseits wieder durch die allgemeine Dienstpflicht das Verständnis dafür erlangt hatten, was im Heere und im Kriege möglich ist, und was nicht. Gerade auf diesem Gebiet feinsten Arbeit hat sich aber auch die Überlegenheit und der geistige Hochstand der deutschen Arbeiter und der in diesem Zweig der Industrie besonders zahlreichen Arbeiterinnen gezeigt, mit deren Hilfe trotz des Fehlens mancher Rohstoffe die immer verwickelter und zahlreicher gewordenen Nachrichtenmittel in der erforderlichen Güte und Zahl geliefert werden konnten; sie haben so wesentlich zu unseren großen Erfolgen beigetragen.

## 2. Leucht-Nachrichtsmittel.

Von Major K m m o n.

Von Leucht-Nachrichtsmitteln gab es im Frieden nur die Leuchtpistole mit weißer und roter Leuchtpatrone, die zum vorübergehenden Erhellern des Vorgebietes und zum Signalschießen diente. Da im Kriege der Bedarf wuchs und nicht genug Pistolen beschafft werden konnten, ging man zunächst zu grünen und roten Handleuchtpatronen über. Die verschiedenen Signale sollten durch verschiedene Aufeinanderfolge grüner und roter Zeichen gegeben werden. Dies erwies sich als unmöglich. Es wurden daher schließlich hergestellt:

Leuchtpatronen weiß, sowie

Signalpatronen rot	} mit einem Stern und	rot	} mit Doppeltstern.
grün		grün	
gelb		gelb	

Da sich Signalaraketen nicht bewährten, besonders weil ihre Steighöhe nach den Erfahrungen bei der Frühjahrsoffensive 1916 zu gering war, so wurden besondere Signalwerfer nach Art der Granatwerfer — im Notfall konnten die Granatsignale auch von diesen verschossen werden — gebaut, und zu diesen

Granatsignale		und ein hochsteigendes Granatsignal
weiß } mit einem Stern,	weiß } mit Doppeltstern	gelb } mit Perlen
rot } mit einem Stern,	rot } mit Doppeltstern	rot } mit Perlen
grün } mit einem Stern,	grün } mit Doppeltstern	grün } mit Perlen

verwendet.

Diese Zeichen waren von besonderer Wichtigkeit im Großkampf, wenn alle anderen Nachrichtsmittel versagten. Sie eigneten sich nur zur Übermittlung kurzer feststehender Nachrichten, wie zum Beispiel zur Anforderung von Sperrfeuer, haben aber dafür eine große Bedeutung erlangt.

Zur Übermittlung schriftlicher Nachrichten — auf 600 bis 1000 m — wurde eine Meldewurfgrenate hergestellt; sie enthielt neben der Meldung einen Brandfah, der etwa 150 m vor dem Einfallen ein helles Leuchtzeichen und dann ein Rauchzeichen gab, um das Auffinden der Meldung zu erleichtern.

Ferner wurde ein Nachrichtenspeer zum Verschießen aus dem Gewehr — bis etwa 1200 m — angefertigt; er kam jedoch nicht mehr zur Verwendung, ebensowenig ein gegen Ende des Krieges fertiggestelltes Feuer-Signalzeichen zur Bezeichnung feindlicher Maschinengewehrnesten.

### 3. Drahtlose Telegraphie.

Von Ingenieur D. K a i r z.

(Siehe die Abbildungen Tafel 16.)

In den rund 20 Jahren ihres Bestehens hat die drahtlose Telegraphie eine Reihe von Entwicklungsepochen durchlaufen. Bei Kriegsbeginn war sie jedoch bereits auf einem hohen Stand angelangt, der für die damaligen Betriebsverhältnisse wahrscheinlich für eine ganze Reihe von Jahren ausgereicht haben würde. Das verwendete System der tönenden Löschfunken war einfach in der Bedienung und zuverlässig im Arbeiten; andererseits kann man behaupten, daß es am Ende seiner Entwicklung angelangt war. Dieses System ist gekennzeichnet durch einen außerordentlich regelmäßigen Einschlag der Funkenentladungen des Senders, die sich am Empfänger durch einen klaren musikalischen Ton bemerkbar machen. Zugleich war jede ausgesandte Welle durchaus eindeutig, im Gegensatz zu dem früheren (Braun'schen) System mit Knallfunken, das an Stelle einer Welle deren zwei benachbarte ausandte und so die Energie vergeudete, da der Empfänger stets nur auf eine der beiden Wellen abgestimmt werden konnte. Auch ist die Dämpfung des tönenden Löschfunkensystems gering; dadurch war die Abstimmsschärfe wenigstens bis zu dem angegebenen Zeitpunkt durchweg ausreichend. Sie betrug etwa 10 v. H., d. h. wenn ein Stationspaar mit der Welle 1000 m verkehrte, so störte es ein zweites Paar so lange nicht bzw. wurde von diesem nicht gehört, als dessen Verkehrswelle weniger als 900 m oder mehr als 1100 m betrug. Bei der Häufung gleichzeitig arbeitender Stationen, wie sie der Masseneinsatz im Kriege bedingte, genügte jedoch diese Abstimmsschärfe nicht mehr, denn der bestimmten Stationstypen zugewiesene Wellenbereich war ein beschränkter. Man war deshalb im Verlauf des Krieges dazu gezwungen, zu einem System zur Erzeugung hochfrequenter Schwingungen überzugehen, das wesentlich mehr Stationen gleichzeitig arbeiten ließ, ohne daß die absolut unzulässigen Störungen eintreten konnten, mit anderen Worten, es war erforderlich, mit noch weniger gedämpften Schwingungen zu arbeiten. Die Abstimmsschärfe konnte auf 2 v. H. herabgesetzt werden. Hierzu ist jedoch nur ein System befähigt, das im Gegensatz zu den Funkenentladungen mit seinen abklingenden Schwingungen absolut kontinuierliche Wellen erzeugt. Zwar hatte man schon einige Jahre vorher im Heere versucht, den von dem Dänen Poulsen erfundenen Lichtbogen sender einzuführen, der jedoch infolge der Kompliziertheit seiner Sender damals versagte. Nicht unerwähnt möge bleiben, daß die Marine, bei der Raum und Gewicht eine geringe Rolle spielen, diesen Sender neben dem Funken sender seit Jahren benutzt. Die Durchbildung der Verstärkungseinrichtungen bis zur zehntausendfach erhöhten

Lautstärke, welche jeder Empfängeranlage zu Beginn des Krieges beigegeben wurden, gab den Anlaß, auch die Senderysteme zu reformieren.

An Stelle der Funkenentladungen trat die Gasentladung in einem bis auf das äußerste evaluierten Glasgefäß, das drei Elektroden enthält. Von der sogenannten Heizkathode, die aus einem von einer Lokalbatterie zum Glühen gebrachten Faden besteht, gehen Elektronen aus. Diese, angezogen durch das elektrische Feld zwischen Anode und Kathode, hervorgerufen durch eine Spannungsquelle von 100 bis mehreren 1000 Volt, je nach beabsichtigter Leistung, passieren auf ihrem Wege eine sogenannte Gitterelektrode, welche die Steuerung des Elektronenstromes bewerkstelligt. Handelt es sich um Verstärkerwirkungen, so kann durch geringe Ursachen, d. h. minimale Spannungen zwischen Gitter und Kathode, eine außerordentlich große Wirkung in der Elektronenströmung hervorgerufen werden, die sich im Telephon, das im gleichen Stromkreis liegt, bemerkbar macht. Soll diese Kathodenröhre jedoch als Senderöhre zur Erzeugung ungedämpfter Schwingungen der drahtlosen Telegraphie dienen, so wird eine einmal eingeleitete Schwingung in einem abstimmbaren Kreise dauernd aufrechterhalten, indem die Anodenspannung den durch die Widerstände und die Strahlung bedingten Verlust dauernd ausgleicht. So erzeugte Schwingungen sind von absolut konstanter Wellenlänge und Amplitude; sie können als die idealen Wellen der Funkentelegraphie bezeichnet werden. Ihre Länge ist beliebig einstellbar. Es ist gelungen, mit solchen Sendern, die nur etwa 10 Watt Schwingungsenergie in der Antenne aufweisen, Reichweiten von 600 km ohne Verstärker zu erzielen; dies ist eine Leistung, wie sie mittels eines äquivalenten Funken senders niemals erreicht worden wäre. Mitbeteiligt an ihr ist die Verwendung der modernsten Empfangsgeräte, bei denen eine Kathodenröhre als Ersatz des bisher verwandten Kontakt detektors dessen Leistungen weit überwiegt. Es lassen sich in der drahtlosen Telegraphie überhaupt die besten Resultate nur dann erzielen, wenn Sender und Empfänger einander angepaßt sind, d. h. wenn zu einem ungedämpften Sender auch ein solcher Empfänger benutzt wird, dessen Verluste gleichfalls durch Lokalbatterien aufgehoben werden.

\* \* \*

Im Gegensatz zur Marine war das Heer zu Beginn des Krieges nur sehr dürftig mit drahtlosen Stationen ausgerüstet. Bei der Marine besaßen alle großen Schlachtschiffe, Kreuzer, Torpedoboote, Uterseeboote und Hilfsfahrzeuge, je nach Verwendung der Fahrzeuge, FT-Anlagen größeren oder kleineren Umfanges. Alle Stationen hatten einen sehr großen Sende- und Empfangsbereich. Auch bestand bei ihnen schon damals die Möglichkeit, mit mehreren Energiestufen zu senden und durch Änderung der Umlaufzahl der Motorgeneratoren auch mit mehreren Tönen zu arbeiten, ohne daß die

Tonreinheit nachreguliert zu werden brauchte. Da auch ein großer Teil unserer Rauffahrtflotte, soweit sie im Überseedienst stand, mit weittragenden Funkenstationen ausgerüstet war, blieb also nur übrig, alle Küstenschiffe und kleineren Handelsschiffe, die zu Hilfsdiensten von der Marine eingezogen wurden, mit entsprechenden Stationen auszurüsten. Und zwar handelte es sich hier in der Hauptsache um Stationen kleinerer Reichweiten, die in genügender Anzahl schnell geliefert werden konnten.

Anders beim Heere. Dieses verfügte bei Kriegsbeginn nur über eine verhältnismäßig geringe Anzahl fahrbarer Stationen leichteren und schweren Typs, die lediglich im Bewegungskriege Verwendung finden konnten. Allerdings befanden sich diese technisch bereits auf einer Höhe, die ein zuverlässiges Arbeiten gewährleistete; denn schon in den afrikanischen Kolonialkriegen hatten sie ihre Feuerprobe bestanden. Hier hieß es also, mit allen verfügbaren Mitteln das Versäumte nachzuholen, und zwar waren es nicht nur die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie, sondern auch die Firmen Huth und Lorenz, die sofort von den militärischen Instanzen mit großen Aufträgen bedacht wurden. Später, zumal nach Einsetzen des Stellungskrieges, der die Schaffung zahlreicher ganz neuer Typen bedingte, konnten diese Firmen allein den Bedarf des Heeres nicht decken, und es wurden noch mehrere andere Fabriken Deutschlands zum Bau drahtloser Stationen herangezogen. Der Hauptteil der Lieferungen blieb aber nach wie vor bei Telefunken, die etwa zwei Drittel sämtlicher von Heer und Marine verwendeten Geräte gebaut haben. Als System kam in den ersten Kriegsjahren durchweg das von Telefunken durchgebildete System der tönenden Funken und erst in der letzten Phase des Krieges das der Kathodenröhren zur Anwendung.

Wie schon eingangs gesagt, verfügte unsere Heeresleitung zu Beginn des Krieges nur über etwa 40 schwere und leichte fahrbare Stationen und einige Automobilstationen, und zwar war jede Kavalleriedivision mit einer schweren und zwei leichten Funkenstationen ausgerüstet. Die schweren Stationen blieben beim Divisionsstab, während die leichten Stationen vorgehobenen Brigaden und Aufklärungschwadronen mitgegeben wurden. Dementsprechend mußten diese imstande sein, der Kavallerie in jeder Gangart zu folgen und sich schnell auf- und abbauen lassen. Während die schweren Stationen eine Reichweite von 250 bis 300 km besitzen, beträgt die Reichweite der leichten Station 100 km. Ihr Aufbau ist in höchstens fünf Minuten nach dem Übergang aus dem Marsch möglich, während die schwere Station immerhin 15 Minuten Zeit beansprucht, bis sie betriebsbereit ist. Außerdem sind die Stationen derart konstruiert, daß die funken Telegraphische Apparatur und die Maschinen sofort nach Öffnen der Wagentüren betriebsbereit sind. Das Umschalten der Antenne vom Sender zum Empfänger

und umgekehrt geschieht durch Betätigung eines einzigen Handgriffes und erfordert nur wenige Sekunden, wodurch äußerst schneller Wechselverkehr gewährleistet ist. Mit der wachsenden Ausdehnung der Kriegsschauplätze und der dadurch bedingten Vermehrung der Armeen stieg natürlich auch der Bedarf an diesen Stationen ganz gewaltig. So hat Telefunken allein in den Jahren 1914 bis 1918 über 150 leichte und über 50 schwere Stationen geliefert.

In den späteren Phasen des Krieges wurde unsere Kavallerie vor ganz andere Aufgaben gestellt; auch sie mußte vielfach in den Stellungskrieg eingreifen. Dabei stellte sich bald als Nachteil heraus, daß die Apparate und Maschinen der fahrbaren Stationen in den Fahrzeugen fest eingebaut waren. Man ging daher dazu über, sie in herausnehmbaren Transportkästen und Eisenrahmen so in die Fahrzeuge einzubauen, daß sie jederzeit leicht herausnehmbar in Unterständen und Unterkunftsräumen verwandt werden konnten.

Dem Bewegungskriege diente ferner dann noch die fahrbare Funkenkleinstation. In einem leichten Proßfahrzeug untergebracht, das der Bewegung der Truppe jederzeit zu folgen imstande war, verfügte diese Station über eine Reichweite von 125 km. Wo aber auch diese leichten Gefährte der Truppe nicht mehr zu folgen vermochten, oder wo die Geländeverhältnisse deren Verwendung nicht mehr zuließen, wurde zur Packsattelstation gegriffen. Natürlich besitzt diese eine geringere Leistung, da die Stationseinrichtung zum Zwecke der Fortbewegung in kleinere Lasten zerlegt ist, die beim Aufstellen der Station wieder zusammengesetzt werden muß. Immerhin hatten die zumeist auf dem Balkan und den türkischen Kriegsschauplätzen verwendeten Packsattelstationen eine Reichweite bis 100 km. Sie sind in zwölf Transportkoffern untergebracht, die in vollverpacktem Zustande Gewichte von je 40 bis 45 kg aufweisen. Je zwei dieser Koffer bilden eine Traglast für ein Tragtier. Zum Transport der gesamten Station sind also sechs Tragtiere notwendig.

Alle diese vorgenannten Typen sind in jahrelanger Zusammenarbeit mit den Militärbehörden entwickelt worden und während des Krieges in großer Zahl zur Anwendung gekommen. Für ihre Güte spricht die Tatsache, daß viele dieser Stationen auf den verschiedenen europäischen Kriegsschauplätzen tausende von Kilometern in jahrelangem ununterbrochenen Bewegungskriege zurückgelegt haben, ohne mehr als einer flüchtigen Überholung mit den an Ort und Stelle verfügbaren Mitteln zu bedürfen.

Konnte bei der weiteren Entwicklung der fahrbaren Stationen auf vor dem Kriege gesammelte Erfahrungen zurückgegriffen werden, so galt es, für den Stellungskrieg ganz neue, diesem besonders angepaßte Geräte zu schaffen. Schon Ende 1914 hatte die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie entsprechend den Wünschen der Militärbehörden eine Schützen-

grabenstation entwickelt, die allerdings noch mit Erdströmen arbeitete und nur eine Reichweite von 4 km erzielte.

Die erste tragbare Station nach dem Löschfunken-system wurde im April 1916 geliefert. Sie bestand aus fünf von je einem Mann zu tragenden Lasten, die alle Einzelemente der Station: Antenne, Kraftquelle, Sender, Empfänger und Verstärker enthielten. Da sich jedoch in der Praxis bald zeigte, daß diese Lasten für das Vorbringen in die Gräben noch zu großes Gewicht hatten, wurde eine weitere Teilung bis auf 13 Einzellasten durchgeführt. Diese Station, die die Bezeichnung „Kleine tragbare Funkenstation Type G-Fuk 16“ erhielt und sich aufs beste bewährte, ist dann allgemein im Heere eingeführt worden, so daß bereits im November 1917 allein von Telefunken 500 Stationen geliefert waren (Tafel 16,<sup>3</sup> u. 4).

Neben dieser ausschließlich dem Stellungskriege dienenden Schützen-grabenstation gelange dann noch eine kleinere Schützengrabenstation, die sogenannte Sturmtrupp- oder Granatrichterstation, in größerer Anzahl zur Einführung, bei der Stromquelle, Sender, Empfänger und Antenne in einem Apparat von 18 kg Gewicht vereinigt sind. Sie gab den aus den Gräben vorstoßenden Truppen die Möglichkeit, von jeder neuen Position aus sofort die rückwärtige Verbindung mit der Kommandostelle herzustellen (Tafel 16,<sup>5</sup>).

Mit der immer größeren Zunahme von Funkenstationen auf beschränktem Telegraphiergebiet machte sich die Eigenschaft des Löschfunken-systems, wonach die ausgestrahlten Wellenzüge infolge ihrer durch den Funken bedingten Dämpfung und Amplitude das gleichzeitige Arbeiten nur einer beschränkten Anzahl Stationen auf engem Raum gestatten, immer unangenehmer fühlbar. Man setzte daher alles daran, so schnell wie möglich die Löschfunkenstation durch ungedämpfte Stationen zu ersetzen. Bereits im Mai 1917 konnte Telefunken die erste derartige Station dem Heere liefern. Doch waren diese Geräte wegen ihres komplizierten Aufbaues noch nicht in dem Maße feldbrauchbar, daß ihre Einführung in größerer Zahl angängig schien. In Gemeinschaft mit dem in Namur inzwischen errichteten Funkerversuchsfeld gelang es aber bald, zwei Typen zu konstruieren, die ein brauchbares Feldgerät darstellten, so daß bis zum Mai 1918 der Front hundert derartige Geräte geliefert werden konnten.

Alle diese dem Stellungskriege in jeder Weise angepaßten Geräte haben sich auf das beste bewährt und unschätzbare Dienste geleistet. Wo Menschen hinkommen konnten, sei es hoch oben im Gebirge, sei es im Stollen oder Unterstand, sei es im Granatrichter oder im zerbrochenen Haus, überall konnten die leicht transportablen Geräte sofort in Dienst genommen werden, um die Verbindung mit den Kommandostellen herbeizuführen (Tafel 16,<sup>1</sup> u. 2).

Im Gegensatz zu der Armee-Funkentelegraphie befand sich die Entwicklung der Flugzeug-Funkentelegraphie bei Beginn des Weltkrieges noch

in ihren Anfängen. Das lag nicht so sehr am Stande der Technik, als vielmehr an den in Fliegerkreisen vorhandenen Vorurteilen. Hier meinte man, daß das Gerät und vor allem die vom Flugzeug herabhängende Antenne die Manövrierfähigkeit des Flugzeugs derart behindern müsse, daß dadurch der Wert einer im Flugzeug eingebauten Station illusorisch gemacht würde. Außerdem war das Propellergeräusch so lange einer guten einwandfreien Verständigung hinderlich, bis es der Technik gelungen war, die Empfangsgeräte mit Lautverstärkern auszugestalten, die den Ton im Hörer so stark machten (auf das Zehntausendfache erhöhten), daß er neben dem Propellergeräusch bestehen konnte. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden daher die Flugzeuge in der Hauptsache auch nur mit Sendestationen kleiner Reichweiten für Zwecke des Artillerieeinschleßens und solche mit größerer Reichweite für Erkundungsflüge hergestellt. Einen solchen Sender hatte Telefunken bereits im April 1912 der Militärbehörde zu Versuchszwecken zur Verfügung gestellt, doch entsprach dieser vor allen Dingen in seinen Gewichtsverhältnissen und in seinen Reichweiten nicht ganz den Anforderungen, die von selten der Militärbehörde gestellt werden mußten.

Im September/Oktober 1914 konnte Telefunken ein neues Gerät vorführen, mit dem die Versuche so günstig ausliefen, daß größere Bestellungen darauf erfolgten. In der Hauptsache handelte es sich hier um zwei Typen. Die eine war mit einem Hammerinduktor ausgerüstet. Als Kraftquelle dienten Batterien aus Dura-Feldelementen. Das Gewicht dieses Senders betrug 10,8 kg. Die zweite Senderart unterschied sich von der ersten durch Anwendung einer Wechselstromdynamo an Stelle der galvanischen Batterie, die durch einen Propeller angetrieben wurde. Als Antenne wurde ein 30 m langer herunterhängender Draht verwendet, der auf einer Haspel aufgewickelt war. Mit der ersten Art wurden Reichweiten von 20 bis 30 km, mit der zweiten solche von 40 bis 60 km vom Flugzeug zum Erdboden erzielt. Mit Rücksicht auf die größere Betriebssicherheit der Stationen mit Wechselstrommaschinenbetrieb gab schließlich die Militärbehörde diesen den Vorzug, so daß im ganzen 1600 Stück solcher Sender allein von Telefunken geliefert werden konnten.

Danach kam ein neues Gerät zur Einführung, das für drei feste Wellen, nämlich 150, 200 und 250 m eingerichtet war und zwei wahlweise schaltbare Energiestufen hatte, wodurch es möglich wurde, diesen Sender sowohl für Artilleriebeobachtung als auch für Erkundungsflüge zu benutzen, d. h. kleine und größere Reichweiten zu erzielen. Allen diesen Geräten wurde anfangs ein sogenannter automatischer Zeichengeber beigegeben, der den Zweck hatte, dem Beobachter das Erlernen der Morsezeichen zu ersparen.

Mit Einführung des Empfängers im Flugzeug ist dieser Apparat verschwunden und jeder Fliegerbeobachter muß nun in der Lage sein, mit dem Morseapparat zu arbeiten. Die ersten Geräte, die sowohl Sender wie

Empfänger enthielten, kamen bei den Flugzeugen im November 1916 zur Einführung. Diese Geräte vereinigten in einem Kasten Sender, Empfänger und Wellenprüfeinrichtung. Sender und Empfänger waren für einen Wellenbereich von 150 bis 500 m eingerichtet. Ein Luftdraht von 35 m diente für Wellen von 150 bis 300 m, ein anderer von 65 m Länge für die Wellen von 300 bis 500 m. Der Empfänger arbeitet mit einem Normal-Dreiröhrenverstärker.

Im Laufe des Krieges hat dieses Gerät dann noch verschiedene Verbesserungen erfahren; im großen und ganzen beruhen aber alle diese Geräte, die den Namen D-Geräte führen, auf demselben Prinzip. Parallel zum D-Gerät wurden auch noch verschiedene Spezialtypen ausgebaut, so eine solche für Kampfeinflieger, deren Gewicht nur 6,35 kg betrug. Die Reichweite dieser Geräte war etwa 20 km.

Für Großflugzeuge wurde ein größerer Flugzeugsender entwickelt und hergestellt, dessen Wellenbereich von 350 bis 1200 m reichte. Endlich erforderten auch die Riesenflugzeuge eine ihren Dimensionen angepaßte Funkenstation mit einer Reichweite von 450 km bei einem Gewicht von 25 kg. Fünfundzwanzig dieser Stationen sind an das Heer geliefert worden.

Alle diese Geräte waren nach dem System der tönenden Röhrenfunken gebaut. Auch von ihnen gilt daselbe, was vorher schon bei den Armeegeräten gesagt worden ist. Die Dichtigkeit der im Betrieb befindlichen Funkenstationen an der Front verlangte unbedingt, daß bei den Flugzeugstationen ebenfalls von tönenden Funken zum ungedämpften Betrieb übergegangen wurde. Es war bereits in der letzten Phase des Krieges, als dieses Gerät, das die Bezeichnung „Röhrensender-Empfänger ARS 80a“ führt, in etwa zwanzig Exemplaren beim Heere eingeführt wurde. Es ist dies wohl das vollkommenste Gerät, das bisher auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie für Flugzeuge konstruiert worden ist; es hat als solches noch eine große Zukunft auch im Friedensluftverkehr vor sich.

Dem Gerät im Flugzeug mußten natürlich entsprechende Stationen auf der Erde angepaßt werden. Solange die Flugzeuge nur mit Sendern ausgestattet waren, genügte eine Empfangsstation am Boden, bestehend aus einem Primärempfänger mit einem Wellenbereich von 150 bis 450 m in Verbindung mit einem Zweiröhrenverstärker. Ein Mast von 9 m Höhe diente als Träger der Antenne; diese hatte eine T-Form von 30 m Länge und ein 30 m langes Gegengewicht. Mit Einführung des Wechselverkehrs im Flugzeug mußte auch die Gegenstation am Boden zum Wechselverkehr, d. h. zum Empfangen und Senden, eingerichtet werden. In der Hauptsache kamen zwei Typen zur Anwendung, eine kleinere Station, die in einem Profifahrzeuge untergebracht war und die Bezeichnung Gef- (Gefechts-) Station führte, und eine größere Station, die in Automobilen untergebracht

war. Beide Einbauten gestatten ein leichtes Herausnehmen der Geräte, um sie in Unterständen oder Gebäuden zur Aufstellung bringen zu können (Tafel 16, a).

Vor ganz eigenartige Aufgaben gestellt wurde die drahtlose Technik durch die Ausstattung der Luftschiffe mit drahtlosen Stationen. Die ersten funktentelegraphischen Versuche dieser Art gehen bereits bis in das Jahr 1897 zurück.

Als dann im Jahre 1909 Graf Zeppelin mit seinem Luftschiff zum ersten Male in Berlin weilte, wurde auch die Frage nach der Möglichkeit, Luftschiffe mit drahtlosen Stationen auszurüsten, wieder angeschnitten, fand aber in aeronautischen wie in Kreisen der drahtlosen Technik manchen Widerfacher. Was scheinbar gegen die Einführung sprach, war hauptsächlich die Explosions- und Feuergefahr; erstere durch die Entzündung des Knallgases, das durch Verbindung des diffundierenden Gases mit der Luft entsteht; Entzündung und Feuergefahr, bedingt durch die Funkenbildungen an der Sendeapparatur, und durch die großen Energiemengen und hohen elektrischen Spannungen in der Antenne. Es bedurfte eingehender Versuche und Demonstrationen, um den Nachweis zu führen, daß diese Bedenken hinfällig seien. Dennoch ging man erst nach Einführung der tönenden Löschfunken ernstlich an die Aufgabe heran, Luftschiffe mit drahtlosen Stationen auszurüsten, und zwar war es ein Parseval-Luftschiff, das zuerst eine drahtlose Station an Bord hatte. Diese mußte sich natürlich viele Änderungen gefallen lassen, bis sie einigermaßen den gestellten Anforderungen entsprach. Immerhin wurde mit dieser Station doch der endgültige Nachweis geführt, daß man auf Luftschiffen ohne Gefahr für die Besatzung senden kann, wenn auch vorläufig erst bei unstarren mit hängender Gondel.

Mittlerweile hatte man aber auch auf Z-Schiffen Versuche vorgenommen, obgleich die Abneigung gegen den Einbau einer Funkenstation hier wegen ihrer großen Metallmassen noch nicht ganz überwunden war.

Im Jahre 1911 konnte dann aber doch auf Drängen der Verkehrstechnischen Prüfungskommission eine Station in ein Z-Schiff, und zwar in Z 2, eingebaut werden. Hier stellten sich die Antennenverhältnisse als erheblich günstiger heraus, als bei den halbstarren und unstarren Luftschiffen; denn das Z-Schiff bildet mit seinem Metallgerippe ein ideales Gegengewicht. Kann man doch das ganze Schiff elektrisch als einen Körper mit vollständig geschlossener Oberfläche ansehen.

Große Schwierigkeiten ergaben sich bei der Unterbringung der Station, die in einem Schrank eingebaut war. Aus Gründen der Feuergefahr brachte man sie zunächst in der vorderen Maschinen gondel unter. Das Geräusch des Luftschiffmotors erwies sich hier aber beim Empfang so hinderlich, daß man einen Platz suchen mußte, der möglichst weit vom Motor

entfernt war. Der einzig geeignete Ort war die mittschiffs liegende Kabine. Man mußte also versuchen, eine Station zu konstruieren, die bei Einbau in der Mitte die erforderliche Sicherheit gegen Entzündung besaß. Eingehende Versuche nach dieser Richtung hin, die von Telefunken in Verbindung mit der Luftschiffbau-Zeppelin-Gesellschaft unternommen wurden, führten schließlich zur Konstruktion der sogenannten Überdruckluft-Schiffschrankstation. Es ist dies ein Aluminiumschrank, in dessen Oberteil die Senderanordnung, in der Tischplatte der Empfänger und die Taste und im Unterteil die isolierte Antennenhäpkel eingebaut sind. Form und Stand der Station ist dann bis jetzt beibehalten worden. Allerdings hat sich die Station selbst und vor allen Dingen die Antennenanlage bis zum Kriege noch manche Veränderung gefallen lassen müssen, mit dem Resultat, daß die drahtlose Technik den Luftschiffen zu Beginn des Krieges eine Station zur Verfügung stellen konnte, die weitgehenden Ansprüchen gerecht wurde und die Luftschiffe erst befähigte, die ihnen im Kriege gestellten Aufgaben restlos zu erfüllen. Auch hier war wie auf so vielen anderen Gebieten der Krieg berufen, erst den Beweis zu erbringen für die Wichtigkeit der drahtlosen Telegraphie nicht nur als Nachrichten-, sondern vor allem auch als Orientierungs- und Navigationsmittel, ohne das ein kriegsgemäßes Fahren über den Wolken nicht möglich ist.

Zur direkten funkentelegraphischen Verbindung des Großen Hauptquartiers mit den weiter entfernten Arme-Oberkommandos auf dem Balkan und Orient, die zumeist mit schweren Automobilstationen ausgerüstet waren, diente eine feste Station von etwa 20 kW-Antennenenergie; der primäre Energiebedarf betrug etwa 60 kW.

Die Station vereinigte in sich nicht nur alle bisher erprobten und durchgeführten technischen Bervollkommnungen, sondern war auch in ihrem Aufbau aufs eleganteste und in ihrer Übersicht und leichten Bedienbarkeit aufs bequemste eingerichtet. Alle Apparate des Senders der Station waren in Schaltskastelform mit Marmortafeln in Holzverkleidung einzeln angeordnet, leicht zugänglich und leicht auswechselbar, obwohl alle Leitungen hinter der Tafel geführt wurden. Der Wellenbereich der Station war kontinuierlich, ausgehend von der Grundschwingung der Antenne bis 6000 m. Der Sender konnte wahlweise mit fünf verschiedenen Haupttönen sowie deren Untertönen arbeiten. Die Empfangsanlage bestand aus einem Empfangstisch, auf dem ein Universal-Zellenempfänger, ein E 5-Empfänger, ein Störfreisetzungskondensator, ein Überlagerer, ein Bierröhrenverstärker und zwei Zweiröhrenverstärker und die Detektorgegenschaltung für den E 5-Empfänger Aufstellung gefunden hatten. Die gesamte Bedienung des Sende- und Empfangsverkehrs geschah vom Empfangstisch mittels eines in diesen eingebauten Sendeempfangsumschalters. Nicht unerwähnt soll bleiben, daß diese Station in knapp sechs Wochen betriebsbereit aufgebaut werden mußte

und trotz der provisorischen Antennenanlage mit nur einem Mast von 70 m Höhe voll ihren Zweck erfüllt hat, solange es notwendig war, die Verbindung zwischen dem Hauptquartier, Konstantinopel und Damaskus aufrechtzuerhalten.

Schließlich müssen auch noch die Störstationen hier genannt werden. Auch der Feind bediente sich im Laufe des Krieges in stets wachsender Häufigkeit der drahtlosen Telegraphie. Auch bei ihm waren tausende von Flugzeugen mit funktentelegraphischen Stationen ausgerüstet. Diesen Verkehr zu stören, war Aufgabe der Störstation. Sie mußte, um diese erfüllen zu können, eine große Strahlenenergie besitzen und die Möglichkeit bieten, den Ton der feindlichen Flugzeugfunkstationen möglichst genau nachzuahmen. Die Station ist in zwei Wagen untergebracht; in dem einen haben Sender- und Empfangseinrichtung, auf einem Tisch angeordnet, Aufstellung gefunden, während im zweiten Wagen ein wassergekühlter Bierzylinder-Benzinmotor und die elektrischen Maschinen eingeordnet sind. Der Sender arbeitet nach dem Prinzip der tönenden Löschfunken und hat einen Wellenbereich von 150 bis 1600 m. Durch eine besondere Schaltung der elektrischen Maschine kann man Töne von 111 bis 1200 aussenden. Die Antenne ist eine sogenannte Doppelkomusantenne an einem 17 m hohen, austurbeibaren Teleskopmast, der auf dem Marsche an der Außenwand des Maschinenwagens befestigt ist.

Die Störstationen waren den Generalkommandos zugeteilt; und zu jeder gehörte eine sogenannte Leitstelle, die mit einer Empfangseinrichtung und einer scharf gerichteten Antenne ausgerüstet war. Diese Leitstellen wurden in etwa 6 km Entfernung von den Störstellen aufgestellt, beobachteten im Zusammenarbeiten mit den verschiedenen funktentelegraphischen Beobachtungsstellen den feindlichen Fliegerverkehr und gaben durch Fernspruch den Störstationen den Befehl zum Stören. Leit- und Störstelle mußten stets wenigstens 12 km hinter der Front aufstellung nehmen, damit einerseits die eigene Grabensunkerei nicht gestört, und andererseits die Störwirkung über den ganzen Frontabschnitt gewährleistet war.

Wie auf allen Gebieten, mußte Deutschland insbesondere in der Technik die quantitative Überlegenheit seiner Feinde durch qualitativ bessere Leistungen auszugleichen bestrebt sein. Das ihm dies auf dem drahtlosen Gebiete gelungen ist, muß als ein Ruhmesblatt dieses durch deutschen Forschergeist innerhalb weniger Jahrzehnte zu hoher Vollendung gebrachten Zweiges unserer Technik anerkannt werden.

## XI. Gasampf- und Gasabwehrmittel.

### a. Die militärischen Grundlagen.

Von Hauptmann Geyer.

Die Verwendung chemischer Stoffe im Kampf gehört zu den umstrittensten und interessantesten technischen Neuererscheinungen des Weltkrieges. Neben unbedingten Anhängern stehen hartnäckige Gegner des Gasampfes auf beiden Seiten.

In Wirklichkeit ist die Verwendung durchaus folgerichtig, sie entstand aus dem Zwang der veränderten Kampfführung. Die militärische Forderung, den Gegner hinter Deckungen zu treffen, hatte zur fortgesetzten Steigerung der Artillerie- und Minenwerferwirkung geführt. Mit der Verbesserung der Sprengstoffe, der Einführung der schwersten Artillerie und der neuesten Minenwerfer hatte man einen Höhepunkt der Entwicklung, aber keinen durchschlagenden Erfolg erzielt. Daher mußten neue Wege gesucht werden. Sie wurden — neben anderem — geahnt in der Verwendung chemischer Gase, für deren Entwicklung Industrie und Wissenschaft gerade jetzt reif waren.

Wie hoch bei Kriegsende an verantwortlicher deutscher Stelle die Gaswirkung eingeschätzt wurde, erhellt die Tatsache, daß die deutsche Heeresverwaltung schließlich mehr als  $\frac{1}{4}$  aller Artilleriemunition als Gasmunition fertigen ließ. Auch bei der Entente spielte die Gasverwendung eine immer größere Rolle. Daneben machte sie, leider vielfach erfolgreich, ausgedehnten Gebrauch von Rebellmitteln, denen wir nichts Gleichwertiges entgegensetzen konnten.

Der Gasampf stellt ein fortgesetztes Ringen zwischen Kampfstoff und Schußmittel dar. Ihm mußten sich auch die taktischen Maßnahmen anpassen.

Über die Gasverwendung auf feindlicher Seite im Herbst 1914 und in der ersten Hälfte 1915 fehlen heute noch eingehende Angaben. Zahlreiche Truppenmeldungen ließen aber, wenn auch zunächst in geringem Umfange, schon im Sommer 1914 die Verwendung von Gasmunition erkennen, und die bereits in der Vorkriegszeit in der feindlichen Presse ausgesprochenen Drohungen ließen den Schluß zu, daß man mit einem umfangreichen Einsatz von Gasmunition auf gegnerischer Seite werde rechnen müssen, und daß man dort auf diesem Gebiet schon einen starken Vorsprung gewonnen hatte. Offenbar hatte man sich bereits im Frieden darauf vorbereitet.

Erst auf Grund dieser Erkenntnis entschloß man sich nach eingehender Erwägung der völkerrechtlichen Lage auch deutscherseits, in den Gastkampf einzutreten.

Friedenserfahrungen lagen nicht vor, da sich noch keine deutsche Stelle mit derartigen Versuchen beschäftigt hatte\*). Trotzdem konnte man schon im Oktober 1914 die innerhalb weniger Wochen konstruierten Ni-Geschosse (Staubgeschosse, keine Gasgeschosse) erstmals an der Front erproben. Ihnen folgten Ende Januar 1915 in den T-Geschossen die ersten eigentlichen Gasgeschosse. Doch blieb ihr Einsatz zunächst in geringen Grenzen, da der Winter sich der Wirkung des T-Gases als ungünstig erwies, keine wirksame Taktik für das Gaschießen der Artillerie bestand und die Truppe für das neue Verfahren nur langsam gewonnen werden konnte. —

### 1. Das Blasverfahren.

Zunächst trat deshalb das Blasverfahren in den Vordergrund. Man entschloß sich dazu, weil es sehr schwer schien, in den verhältnismäßig engen Hohlräumen der Artilleriegeschosse so viel Gas aufzuspeichern, daß in kurzer Zeit eine genügend dichte Gaswolke am Ziel erzeugt wurde. Dazu schien das in Flaschen konzentrierte und beim Abblafen vom Winde fortgetriebene Gas geeigneter.

Die Gasflaschen waren aber schwer zu handhaben. Man brauchte dafür besonders organisierte und ausgebildete Truppen. Den Mannschaftserfaher entnahm man den Pionieren, die Offiziere auch anderen Waffen. Insbesondere Chemiker fanden nützbringende Verwendung.

So entstand in wenigen Wochen eine neue Gasgruppe, die am 22. April 1915 zum ersten Male in einer Breite von mehr als 6 km völlig überraschend bei Ypern abblies. Der Eindruck war ungeheuer, der Erfolg erheblich, obwohl er taktisch nicht voll ausgenutzt wurde. Offenbar hatte man einen großen Vorsprung erzielt. Der Feind war auf Gasabwehr nicht genügend vorbereitet.

Bald aber stellten sich Schwierigkeiten heraus. Für die Einbaufront mußte eine Reihe natürlicher und taktischer Vorbedingungen zutreffen, besonders, wenn man nach dem Abblafen angreifen wollte. So kam überhaupt nur eine begrenzte Anzahl Stellen der Front für den Blasangriff in Betracht. Der Einbau der Flaschen erforderte langwierige und langdauernde Vorarbeiten. Besonders lästig war die enge Abhängigkeit von Wind und Wetter.

\*) Über die Frage der Urheberchaft des Gastkampfes und die völkerrechtliche Frage vgl. die im Sommer 1919 erschienene Schrift der Obersten Heeresleitung und des Kriegsministeriums „Die deutsche Kriegführung und das Völkerrecht“ (Verlag E. S. Mittler & Sohn, Berlin).

Es war daher schwierig, das Abblasen mit einem größeren Angriff in Verbindung zu bringen. Es kam vor, daß man nach beendetem Einbau wochenlang warten mußte. Die Truppe hielt die eingebauten Flaschen für eine ständige Gefahr für sich selbst. Oft mußte das Unternehmen noch im letzten Augenblick wegen ungeeigneter Witterung abgejagt werden; die aufgewendeten Mühen waren dann vergeblich.

Auch das Angreifen hinter der Gaswolke war nicht einfach. Folgte man zu früh, so geriet man in die eigene Gaswirkung oder in das Feuer der feindlichen Artillerie, die von der Wolke noch nicht erfasst war. Folgte man zu spät, so gewann der Gegner Zeit, die Verteidigung neu zu organisieren. Dazu kam, daß der feindliche Gaschuß allmählich besser wurde. Kampfstoffes Vordringen über das von der Wolke bestrichene Feld wurde daher immer seltener möglich.

So kam es, daß größere Geländegewinne durch den dem Abblasen folgenden Angriff fast nirgends erreicht werden konnten. Man beschränkte sich daher bald darauf, das Abblasen lediglich als Mittel zur Beunruhigung und Schädigung des Gegners ohne nachfolgenden eigenen Angriff zu verwenden.

Unsere Gasbataillone haben so im Westen und Osten eine sehr große Zahl von erfolgreichen Gasangriffen ausgeführt; wir wissen aus zuverlässigen Feststellungen, daß die Blastruppen dem Feinde — vor allem im Osten — ganz außerordentlichen Schaden mit sehr geringem eigenen Einsatz getan haben.

Das von Österreich-Ungarn aufgestellte Spezialbataillon vermochte aus allerlei Gründen leider keine besondere Bedeutung zu gewinnen.

Dagegen wurde von der Entente mit äußerster Anstrengung gearbeitet, um den deutschen Vorsprung wettzumachen. Trotzdem gelang es den Engländern erst am 25. September 1915 bei Loos in größerem Stil abzublasen. Daß sie hierbei Erfolg hatten, verdanken sie der Überraschung. Die Truppe hatte nicht an die Gefahr geglaubt und war in der von der Heeresleitung befohlenen Gasdisziplin nicht gewandt genug.

Jetzt aber zwang der Gegner zur energischen Ausbildung im Gaschuß. Wetterbeobachtung und besondere Alarmierungseinrichtungen sollten vor Überraschung schützen; in Gasstürzen wurde das wesentliche der neuen Kampfmittel gelehrt, für Beratung von Führung und Truppe und für die Verwaltung und Verwendung des immer mehr vervollkommenen Schußgeräts ein eigener Gasdienst (Gasoffiziere und Gasunteroffiziere) eingerichtet. Obwohl die Häufigkeit der englischen und französischen Gasangriffe sich 1916 und 1917 ganz außerordentlich vermehrte, gelang es diesen daher nirgends mehr, nennenswerte Erfolge zu erzielen.

Die ständig verbesserte chemische Beschaffenheit des deutschen Kampf-

stoffes und die zweckmäßigere taktisch-technische Anwendung brachte den deutschen Blasangriffen dagegen längere Zeit hindurch immer noch erhebliche Erfolge.

Als aber auch beim Feinde Gaschutz und Gasdisziplin allmählich die Höhe der deutschen erreichten, wurde das Blasverfahren ausichtsloser. Man ging daher zum Einsatz der Gaswerfer über, mit denen ganz neuartige Wirkungen erzielt werden konnten.

## 2. Gasminen und Gaswerfer.

Die erste gedruckte Anweisung über Gasminen und Gasbandgranaten, die wir besitzen, stammt vom französischen Kriegsministerium und ist vom 21. Februar 1915 datiert. Derartige Geschosse konnten aber keine große Bedeutung gewinnen, weil die Erzeugung einer genügend dichten Gaswirkung sehr viele Geschosse erforderte, deren Zuführung bis nahe an die vorderste Linie äußerst mühsam war.

Es war daher eine Überraschung, als die Truppe im Frühjahr 1917 plötzlich massenhaftes Auftreten von Gasminen an der englischen Front meldete. Die Minen — meist mehrere hundert gleichzeitig — pflegten schlagartig einzufallen und erzeugten plötzlich ganz außerordentliche Gasdichten. Der Gaschutz wurde infolge der Plötzlichkeit der Vergasung oft nicht rechtzeitig aufgestellt oder wurde durchschlagen, wenn er nicht tadellos in Ordnung war. So traten bei unerfahrenen Truppen oft nicht unerhebliche Verluste ein, die erst allmählich durch strengste Handhabung der Gasdisziplin herabgedrückt werden konnten.

Natürlich suchte man das englische Verfahren auch deutscherseits anzuwenden und zu vervollkommen. Dies gelang in verhältnismäßig kurzer Zeit; Teile der bisherigen Blastruppen wurden auf die neue Aufgabe angelegt. Schon im Oktober 1917 beim Durchbruch in Italien wurde das neue Gerät mit außerordentlichem Erfolge erprobt.

Nun entschloß man sich zu erheblicher Vermehrung. Alle Blastruppen wurden auf das neue Gerät umgestellt, die Gaswerferbataillone schließlich bis auf 9 vermehrt.

Die Abhängigkeit von den Besonderheiten der Front sowie von Wind und Wetter war geringer, der Einbau einfacher und die Belästigung der Fronttruppe weniger empfindlich, die Verwendung daher vielseitiger als beim Blasen.

Die Entwicklung der Gaswerfer war noch nicht abgeschlossen, als der Krieg zu Ende ging. Besonders die Steigerung ihrer Schußweite und die Verbesserung der Kampfstoffe boten noch manche Zukunftsmöglichkeit.

Schon in ihrer unvollkommenen Gestalt haben die Gaswerfer das Verhalten in der Gefährzone sehr stark beeinflusst. Die Notwendigkeit,

größere Ansammlungen zu vermeiden, und der Zwang zu ständiger erhöhter Gasbereitschaft bei Tag und bei Nacht mußten taktisch und moralisch wichtige Folgerungen nach sich ziehen.

### 3. Das Gasschießen der Artillerie.

Die bisher geschilderten Arten des Gaskampfes vermochten wohl den Feind da und dort schwer zu schädigen, nötigten zur Ausbildung von Gaschutz und Gasdisziplin und zu neuer Ausrüstung und Ausbildung; in den Mittelpunkt großer Kampfhandlungen aber wurde das Gas erst durch das Gasschießen der Artillerie gerückt.

Auch hier schien anfänglich die Entwicklung auf eine Sonderwaffe, die Gasartillerie, hinzuweisen. Man stellte daher besondere „Gasstäbe“ auf, die als Kommandeure größerer Artillerieverbände gedacht waren, später aber sich zu Beratern entwickelten, als das Gasschießen zum Gemeingut der gesamten Artillerie wurde.

Die ersten deutschen Gasgeschosse waren, wie oben erwähnt, die T-Geschosse, zu denen sich bald andere Arten gesellten. Ihre Verwendung litt aber dauernd unter dem ungenügenden Verständnis der Truppe, das schwer zu überwinden war. Fast nur in den Argonnen, im Sommer 1915, wurde in größerem Maße mit Erfolg von den neuen Geschossen Gebrauch gemacht.

Hier wurden auch die Anfänge der neuen Gasktistik ausgebildet. Erstmals wurde versucht, „Gasperren“ und „Gasümpfe“ zu legen. Man erkannte bald, daß der wesentlichste Unterschied gegen das Brisanzschießen in größerer Raum- und Dauerwirkung bestand. Man wollte daher nicht mehr Einzelziele treffen, sondern Flächen mehr oder weniger lange „vergasen“, um dem Gegner den Aufenthalt in einem bestimmten Raum oder das Durchschreiten eines solchen unmöglich zu machen oder wenigstens zu erschweren. Man gewann neue Gesichtspunkte für die Abhängigkeit von Wind, Wetter und Gelände, die zwar geringer als beim Blasen, aber immer noch lästig genug blieb. Man lernte den Gasbedarf berechnen, d. h. was man an Geschützen, Geschossen und Zeit für eine bestimmte Vergasung brauchte usw.

In noch größerem Maßstabe — über 100 000 Schuß bei einem Beschuß! — wurde das Gas nach Einführung des „Grüntreuzes“ im Sommer 1916 bei Verdun eingesetzt. Die Verwendung begann von da ab vielseitiger zu werden, da die Zahl der Gas verschießenden Geschüharten vermehrt worden war. Auch die Feldkanonen hatten Gasgeschosse bekommen.

Den mächtigsten Aufschwung aber brachte dem Gasschießen der Artillerie — wie überhaupt der Gasverwendung — der Sommer 1917 mit der Einführung der drei Grundstoffe Grün, Gelb, Blau nebeneinander. Damit eröffneten sich die vielseitigsten Verwendungsmöglichkeiten, die in

dem erfolgreichen Abwehrjahr 1917 an vielen Stellen der Front, vor allem in Flandern und bei Verdun, ausgenutzt wurden. Die kaum wahrnehmbare „Verseuchung“ durch Gelbkreuz und der „Gasüberfall“ kamen als neue reglementarische Verwendung des Gases zum bisherigen „Bergasen“ — dem „Schwadenschießen“ — hinzu.

Die Gewandtheit in der Gasverwendung wuchs sichtbar. Unzweifelhaft wurden Erfolge erzielt, wenn auch eine völlige Verhinderung feindlicher Angriffe oder Lahmlegung jedes feindlichen Widerstandes durch Gas-schießen ebensowenig erreicht werden konnte wie durch Brißanzschießen.

Gegen das mangelnde Verständnis der Truppe wurde durch Gas- und taktische Kurse, durch Vorträge und praktische Vorführungen, durch Ausgabe von möglichst viel Gasmunition und nicht zuletzt durch Befehrerung seitens der obersten Stellen des Heeres angeämpft und an der Hebung des Verständnisses für den Gasstampf gearbeitet.

Mit vollem Erfolg! Wo feindlicher Angriff drohte, wurde in immer stärkeren Massen Gas angefordert; eigene Angriffe wollte die Truppe schließlich nicht mehr ohne ausgiebige Gasvorbereitung ausführen. Bei den großen deutschen Angriffen des Jahres 1918 wurde Gas gegen Artillerie und Infanterie in noch nie dagewesenen Mengen verwendet, und selbst für den Bewegungskrieg verlangte die Truppe bald nach Gas. Den deutschen artilleristischen Gasangriffen gelang es fast stets, die feindliche Artilleriewirkung während der entscheidenden Stunden des Angriffs ganz oder zum großen Teil lahmzulegen.

Der Verteidiger wurde dadurch gezwungen, seine gesamte Taktik umzustellen. Er versteckte und verteilte seine Artillerie noch mehr als bisher, ja er entzog sie ganz dem Feuerbereich des Angreifers. Dies bedingte auch eine andere, tiefer gegliederte infanteristische Besetzung der Verteidigungsstellung und führte schließlich auch Änderungen des Angriffsverfahrens herbei. In das Kampfverfahren kam damit neues Leben. Diese Folgen sind jedoch im Kriege nicht mehr zur vollen Auswirkung gelangt.

Auf Seiten der Entente vermochte das Gas-schießen der Artillerie niemals ähnliche Bedeutung zu gewinnen, obwohl Gasgeschosse sehr früh austraten und in großen Mengen verwendet wurden. Die Gründe liegen in dem technischen Zurückbleiben bezüglich der Kampfstoffe und in der Überlegenheit des deutschen Gas-schutzes, vermutlich aber auch in dem Mangel an einer einheitlichen Gastaktik. Immerhin blieben auch dem feindlichen Gas wichtige Erfolge nicht versagt, z. B. im Oktober 1917 am Damenweg. Und als gegen Ende des Krieges der Feind erbeutetes Gelbkreuz zu verschießen begann, mußten die noch immer vorhandenen deutschen Zweisler äußerst empfindliche Erfahrungen über die Wirksamkeit unserer

eigenen Kampfgase machen. Die Fortführung des Krieges hätte zweifellos neue Aufgaben gestellt.

Der Ausgang des Krieges soll angeblich Kriege für alle Zeit unmöglich machen. Es erscheint daher eigentlich unnötig, dem Gas- und Rebekampf das Horoskop zu stellen. Immerhin, wenn die Hoffnung der Friedensfreunde nicht zutrifft, werden auch diese Kampfmittel wieder erscheinen. Von berufener englischer Seite ist die energische Weiterentwicklung der Gaskampfmittel für die Zukunft gefordert worden. Ob und inwieweit die Formen des Krieges dadurch eine Umgestaltung erleiden werden, vermag niemand vorauszusagen.

## b. Die technische Ausführung.

### 1. Die Gaskampfmittel.

Von Professor F. P. Kerschbaum.

Die Entwicklung der deutschen Gaskampfwaffen und Kampfmethoden war im wesentlichen bedingt durch drei Punkte:

1. Durch das Bestreben, den Gegner durch Überraschung mit neuen und wechselnden Mitteln und Formen des Kampfes zu verwirren,

2. durch die Forderung, den Gegner erst vorübergehend durch die Wirkung von Reizstoffen aus seinen festen Stellungen herauszutreiben, dann weiter, mit der wachsenden Erbitterung in den Formen des Kampfes, ihn durch die Wirkung von Giftstoffen für längere Zeit oder dauernd kampfunfähig zu machen, und

3. durch die Notwendigkeit, den jeweils eingeführten Gaschutz des Gegners unwirksam zu machen.

In der Darstellung der zeitlichen Folge wird die zwingende Bedankensfolge des Wachstums dieses Gebietes aufgedeckt, treten die Wechselwirkungen zwischen Kampfmittel und Schutzmaßnahme klar hervor, ergeben sich die engen Zusammenhänge zwischen den Waffengattungen.

Vor dem Kriege und während des Bewegungskrieges hat niemand in Deutschland an einen Kampf mit Stoffen gedacht, die auf den menschlichen Organismus chemisch einwirken. Das Vertrauen in die unübertreffbar fürchtbare Wirkung der Feuerwaffen war so fest, daß jeder Gedanke an eine Verwendung chemischer Stoffe zur Schwächung oder gar zur Vernichtung des Gegners den militärtechnisch maßgebenden Stellen als unnötig erschien.

Aber bereits nach wenigen Monaten mußte der Wert der Feuerwaffen im Kampfe gegen einen verschanzten Gegner anders eingeschätzt werden.

Infanteriegeschöß und Granatsplitter blieben nur für den Angreifer suchbar, während dem Verteidiger die Erddeckung hinreichend Schutz bot. So erstarrte die Front im Herbst 1914 unter der Unzulänglichkeit der Waffen.

Außerdem neigten sich in dieser Zeit die Sprengstoffvorräte Deutschlands ihrem Ende zu. Die Hoffnung auf die Beschaffung neuer Mengen fuhte lediglich auf dem Glauben an einen großen technischen Erfolg der industriell unerprobten Salpetersäureherstellung aus Ammoniak.

Aus dieser Lage der Dinge erwuchs nach den Anzeichen beim Gegner auch auf deutscher Seite der Gedanke an den Kampf mit chemisch wirksamen Stoffen, den „Gastampf“.

Aber diese Zwangslage ist keine neue Erscheinung in der Kriegsgeschichte. Fast ebenso alt wie die Probleme des Stellungs- und Festungskrieges sind die Ansätze zu ihrer Überwindung durch chemisch wirksame Mittel. So kann man sagen, daß weder auf deutscher, noch auf der Gegenseite ein prinzipiell neuer Gedanke zur Anwendung gekommen ist.

Aber die Entwicklung alter, primitiver Verfahren, die Ausbildung selbstbrauchbarer Kriegsmittel und deren Massenherstellung sind eine der besonderen Leistungen deutscher Technik im Weltkriege. Die unter dem Druck der Not des Krieges geforderte Arbeit ist auf diesem Gebiete gründlich und rasch getan worden.

Der leitende Gedanke bei der ersten Ausführungsform eines deutschen Geschosses mit chemisch wirksamen Stoffen (Oktober 1914) bestand nun darin, durch eine Beiladung von Reizstoff, die durch die Explosion des Geschosses zerstäubt wird, den Gegner mit einer Wolke von Staub zu überschwemmen, der in der Luft schweben bleibt und so auf die Schleimhäute wirkt, daß er in dieser Atmosphäre vorübergehend nicht kämpfen kann. Es entstand durch Umkonstruktion des 10,5-cm-Einheitsgeschosses der leichteren Feldhaubige das Ni-Geschöß als ein 10,5-cm-Schrapnell, dessen Kugeln statt in Füllpulver in ein festgestampftes Riespulver (Dianisidindoppelsalze) eingebettet waren. Dieses wurde durch die Treibladung und die mahelnde Wirkung der Kugeln an der Explosionsstelle zerstäubt. Die erreichte Reizwirkung war nur von geringer Intensität, kurzdauernd und räumlich beschränkt, daher für die Anwendung im Felde bedeutungslos. Aber der prinzipielle Weg war beschritten.

Bald traten flüssige Reizstoffe in den Vordergrund, Iyglbromide und Iygltenbromide, eine Mischung, später als „T-Stoff“ verwandt, und Bromazeton sowie Brommethyläthylketon, später als „B-Stoff“ und „Bn-Stoff“ eingeführt. Sie ergaben in Versuchen so überlegene Wirkungen an Intensität, Dauer und räumlicher Ausdehnung, daß praktische Erfolge im Felde sicher waren. Aber ihrer Verwendung in Geschossen trat

die herrschende artilleristische Anschauung entgegen, nach der flüssige Stoffe aus ballistischen Gründen nicht verwendbar sein sollten. Erst eigens angestellte Schießversuche mußten dartun, daß die beim deutschen Heere eingeführten Geschosse auch mit flüssiger Füllung ballistisch brauchbar waren. So erstand (Januar 1915) das erste wirksame Gasgeschoss des deutschen Heeres, die T-Granate für die schwere Feldhaubitze, als „15-cm-Granate 12 T“. Beim Minenwerfer entschloß man sich zur selben Zeit zur Einführung der mittleren Mine mit B-Stofffüllung, der „B-Mine“.

Der Gegner trat mit der im Frieden für den Festungskampf eingeführten Gewehrgranate mit Bromessigesterfüllung in den Weltkrieg und schuf dazu zu Beginn des Krieges Handgranaten mit Chlorazetonfüllung. Diese Stoffe gleichen in den Wirkungen dem T- und B-Stoffe.

Mit diesen Kampfmitteln sind dann auf beiden Seiten im Winter 1914/15 lokale Wirkungen geringen Umfanges erzielt worden; sie entbehrten aber militärischer Bedeutung, weil es an der Massenwirkung gebrach. Zur Massenverwendung waren aber die damals bekannten Waffen nach Art und Zahl nicht geeignet. Die Zahl der Geschütze und Minenwerfer war beschränkt, das Fassungsvermögen der Geschosse neben der Sprengladung für den Kampfstoff zu klein; das zu beschießende Gelände zu groß. Durch ein Ausweichen konnte sich die Truppe der Gaswirkung leicht entziehen. Zur Veranschaulichung sei angegeben, daß eine Fläche von 100 m im Geviert rund 50 Schuß der 15-cm-T-Granate zu wirksamer Dauervergasung erforderte. Dabei stand damals kaum eine schw. Feldhaubitze-Batterie für den km Frontbreite zur Verfügung.

Wollte man für einen entscheidenden Erfolg die starre Front des Stellungskrieges 1915 durchbrechen, so mußte man sich unabhängig machen vom eingeführten Gerät und neue Formen suchen, die für den Masseneinsatz geeigneter waren und dabei einfach, schnell und in großer Zahl zu beschaffen waren.

Es gab zwei Möglichkeiten:

1. Die Massenherstellung und Verwendung von geeigneten einfachen Wurfeinrichtungen und grobhohlräumigen Geschossen zum Zweck, den Gegner mit chemisch wirksamen Substanzen zu überschütten. Aber die damals in Konstruktionsfragen maßgebenden Stellen Deutschlands glaubten weder an die Wirksamkeit solcher Wurfeinrichtungen noch an den Erfolg chemischer Mittel; es kam nicht einmal zu orientierenden Versuchen. Es blieb den Engländern vorbehalten — freilich erst im Frühjahr 1917 — zu beweisen, daß die technische Lösung dieser Aufgabe, der Gaswerfer, prinzipiell durchführbar und praktisch besonders erfolgreich ist. Es ist wertvoll,

in diesem Punkte die nationale Eigenart technischer Entwicklung zu erkennen.

2. Der Ausweg, zur Übertragung chemischer Stoffe aus der eigenen Stellung in die des Gegners die treibende Kraft des Windes zu benutzen. Was bis zum Weltkrieg an Ideen in dieser Richtung bekannt geworden ist, war ungeeignet zur Bewegung großer Massen und Erzielung genügend hoher Kampfstoffkonzentrationen. An Stelle des Lord Dundonaldschen brennenden Schwefels stand in Deutschland in größtem Maßstabe Chlorgas in verflüssigter Form zur Verfügung. Für seine Wahl war bestimmend, daß es infolge seiner großen Flüchtigkeit die militärisch wichtige Eigenschaft besaß, in der bestrichenen Zone Nachwirkung nicht zu hinterlassen. Der Sturm der Infanterie hinter der Blaswolke war also möglich. Kurze Versuche bestätigten diese Überlegung und bewiesen weiter, daß Chlorgas in erheblicher Konzentration einer stetigen Windströmung beigemischt werden kann, ohne daß die Art der Strömung sich dadurch wesentlich ändert. Seine Giftigkeit reichte an die von den Franzosen damals bereits eingeführten Stoffe Bromessigester und Chlorazeton nicht heran.

So wurde 1915 von der Heeresleitung der Einsatz des Blasesverfahrens an der Front beschlossen. Zur Durchführung wurde die Hälfte des Bestandes der Industrie an Chlorgasflaschen — 6000 Stück — beschlagnahmt. Die Flaschen wurden mit Tauchrohren und Bleischläuchen ausgerüstet, um das Abblasen des flüssigen Gasinhaltes in vertikaler oder schräger Flaschenstellung zu ermöglichen. Überdies wurden alsbald 24 000 neue Gasflaschen besonders gefertigt; sie unterschieden sich von jenen nur durch eine Verkürzung auf die Hälfte. Mit dieser im April 1915 verfügbaren Anzahl war die Besetzung einer Front von rund 20 km Länge durchführbar. Die Gasflaschen wurden, als Batterien zu 20 Stück und mehr zusammengefaßt, im Schützengraben eingebaut. Auf 1 km Frontbreite wurde so eine Menge von rund 30 Tonnen Kampfstoff verteilt, etwa der Inhalt zweier Kesselwagen.

Am Abend des 22. April 1915 wurde zum ersten Male der Befehl zum Abblasen gegeben. Er traf einen Frontabschnitt bei Langemark. Eine schwere, weißgelbe, undurchsichtige Wolkenwand von 6 km Breite entwickelte sich längs der deutschen Schützengräben; anfangs mannshoch, später höher, zog sie mit dem Winde ab. Nur 5 Minuten dauerte das Abblasen. Bei der herrschenden Windstärke von 2 bis 3 m betrug daher die Tiefe der Wolke 600 bis 900 m. Die Illustrated London News aus dieser Zeit enthalten die beste bildliche Darstellung dieses Ereignisses.

So schlagend die technische Wirkung war, so blieb dessen volle mili-

türkische Ausnutzung stecken. Die Heeresleitung sah im Angriff vor Ypern zwar ein erfolgreiches Experiment, die Truppe aber wehrte sich gegen die Verwendung dieses Verfahrens zur Einleitung von Großangriffen, weil die Angriffshandlung dadurch in stärkster Abhängigkeit von den nur ungenügend vorausbestimmbaren Witterungsverhältnissen geriet. Nachdem ein zweiter Versuch am 31. Mai 1915 an der Ostfront bei Nieborow infolge von Mißverständnissen ohne taktischen Erfolg ausgegangen war, wurde die Anwendung des Verfahrens nicht mehr mit dem Vorgehen großer Infanteriemassen hinter der Wolke verbunden.

Die Gegenseite erkannte im Blasverfahren alsbald ein wirksames Kampfmittel und setzte alles zur Durchführung eigener Gasangriffe in Bewegung. Führende Techniker Englands und Frankreichs sprachen sofort nach dem Angriff öffentlich die Meinung aus, daß die abgeblasene Wolke aus Phosgen und einer Zumischung von Rauch bestanden habe. Man verwies auf die große Produktionsmöglichkeit der deutschen Farnefabriken für Phosgen, die aber damals gar nicht bestand. Interessant ist auch die Suche nach der Erklärung für den weißen Bestandteil der Blasmolke. Man riet auf Schwefelverbindungen oder Rauch. Es war aber lediglich Wasserdampf, der sich infolge der starken Abkühlung der Luft durch das Verdampfen der enormen Mengen flüssigen Chlors als dicker weißer Nebelballen ausschied. Die äußerliche Erscheinung als eines Rauchangriffes, zusammen mit der Mißdeutung über die Natur dieses Nebels, hat auf die Ausbildung des französischen Blasverfahrens und der englischen Nebelangriffe wesentlichen Einfluß gehabt.

Eine besondere Eigentümlichkeit der „Gaswolken“ ist stets deren Schwere gewesen; sie wird nur zum Teil durch das hohe spezifische Gewicht der verwandten Gase erklärt; durch die Abkühlung der Luft infolge der verdampfenden Gasmassen ist eine weitere erhebliche Beschwerung gegeben.

Die deutsche Heeresleitung hat Blasangriffe danach bis zur Einführung des Gaswerfers im Jahre 1917 durchführen lassen. Dabei wurden die grundlegenden Ideen noch schärfer verwirklicht: Erhöhung der Gasmengen und der Konzentration in der Wolke durch Vermehrung der Flaschen und Verkürzung ihrer Blasdauer sollte den Gaschuß des Gegners erschöpfen; besondere Stoffzusätze (Phosgen, Chlorpitrin) sollten den jeweils eingeführten feindlichen Gaschuß durchschlagen; Überraschung durch geräuschloses Abblasen und mehrfache Wellen sollte den Gegner unvorbereitet treffen.

Der Engländer hat Blasangriffe noch im Herbst 1915 aufgenommen, und fast alle Feinde haben sich in den folgenden Jahren vielfach darin versucht.

Neben den Gaswolken sind 1915 vom deutschen Heere in geringen Mengen B-Stoffminen und in größerer Menge T-Granaten zu Gas schießen verwandt worden. Die spätere Entwicklung der Gaswaffe zeigt, daß beide Ansätze militärisch richtig waren, daß sie aber erst dann Bedeutung gewannen, als für beide Geschosse Anwendungsformen ausgebildet waren, die den Masseneinsatz ermöglichten.

Auf die Entwicklung der Mine zur Wurfflasche wird später beim Gaswerfer eingegangen.

Die Anwendung des Artilleriegeschosses, des T-Geschosses, Anfang 1915 in Rußland zeigte, daß die Flüchtigkeit des bei 217° siedenden Reizstoffes bei strenger Winterkälte zu gering war. In dem hälftigen Gemisch von T- und B-Stoff stand ein für die Wintermonate genügend flüchtiger Kampfstoff zur Verfügung; das Geschöß wurde als 15-cm-Granate Tgrün bezeichnet. Im Sommer 1915 wurde ein weiterer Stoff, der K-Stoff (unvollständig chlorierter Ameisensäuremethylester) eingeführt, der sich vom T-Stoff durch geringere Nachwirkungsdauer und erhebliche Reizwirkung auf die Atmungsorgane unterschied. In diesen beiden Stoffen T und K zeigen sich bereits die Ansätze zu den gegensätzlichen Stofftypen für defensive und aggressive Verwendung.

Aber die Laborierung des T- (und K-) Geschosses sei folgendes gesagt: Verlangt war von militärischer Seite, daß durch die Reizstoffbeladung die Splitterwirkung der Granate nicht aufgehoben war. Der Forderung wurde durch eine Ladung von 1,5 kg Trinitrotoluol entsprochen. Ihre Größe erlaubte die völlige Zerstäubung der Reizflüssigkeit, ohne aber den Stoff bei der Detonation erheblich zu verbrennen oder zu zerlegen.

T- und K-Stoff hatten die für die Laborierung äußerst unerwünschte Eigenschaft, sich bei der Berührung mit Eisen unter Gasentwicklung zu zerlegen. Eine direkte Einfüllung in das Geschöß war also nicht zulässig. Es war erforderlich, den Kampfstoff in besonderen Gefäßen in die Geschosse einzuladen. Die Gefäße bestanden anfangs aus autogen geschweißtem Blei, das später unter dem Rohstoffmangel durch Porzellan ersetzt wurde; sie faßten zwei Kilo Kampfstoff. Die Bleibüchse wurde mit Paraffin, bzw. mit Magnesiakitt in den zylindrischen Teil des Geschosses eingefügt und der Geschößkopf mit Trinitrotoluol ausgegossen. Diese Laborierung war reichlich kompliziert, nur bei strenger Kontrolle brauchbar und erlaubte auch dann noch keine hohen Ansprüche an Rohrsicherheit; stauchte sich doch die Bleibüchse beim Abschusse stets harmonikaartig zusammen.

Die monatliche Fertigung blieb mäßig; sie betrug im Durchschnitt 24 000 Schuß. Die Truppe verlangte nicht nach diesen Geschossen. Denn der Glaube an die Wirkung chemischer Geschosse war durchweg noch

recht gering, ein geeignetes Schießverfahren nicht erprobt. Gegen den militärischen Wert sprach Abhängigkeit von Wind und Wetter, nicht zuletzt auch die Unmöglichkeit, mit diesen Reizstoffen den Gegner tödlich zu treffen.

Die T- und K-Granate wurde im Sommer 1916 abgeschafft, als in der Grüntreuzgranate (siehe unten) ein wirksamerer Kampfstoff zur Verfügung stand. Denn gegen den T-Stoff schützten Brillen mit Gummischwammdichtung, gegen den K-Stoff bereits ein Wolltuch vor Mund und Nase.

Während der Engländer sofort den Gedanken des Gasamfens einfach aufnahm und weiter entwickelte, schlug der Franzose einen anderen, seiner Eigenart entsprechenden Weg ein. Im Vertrauen auf seine Feldkanone, das 75-mm-Geschütz, entschloß er sich zu Überraschung durch Gas. Er brach mit der Vorstellung, daß zum Artilleriegeschosse eine Sprengwirkung gehört, wohl aus der Überlegung, daß dadurch der Kampfstoffinhalt des Geschosses vermehrt wird, das Moment der Überraschung steigt und daß eine Sprengladung die Gaswolke, die das Geschöß erzeugen soll, in der Bildung behindert, sie zerreißt. Das so entstandene Geschöß stellt einen neuen Typ dar. Die Zündladung, 20 g Pikrinsäure, genügte gerade zur Zersetzung der Hülle; die Geschößbewegung sorgte für die Verpflüchtung der Gasfüllung. Diese bestand aus Phosgen. Es ist nicht genau bekannt, weshalb der Gegner das hochgiftige Phosgen nie rein verwandt hat, sondern stets durch einen vergleichsweise harmlosen Zusatz die Kampfkraft des Einzelgeschosses herabsetzte. Tatsache ist, daß er Zinntetrachlorid, dann auch Arsenchlorid zusetzte, wohl zur Rauchentwicklung an der Einschlagstelle.

Die Überlegungen der Franzosen waren richtig: Das französische Phosgengeschöß der Feldkanone hat im Frühjahr 1916 tödliche Verluste herbeigeführt. Daraus folgte die für weite Kreise überraschende Tatsache, daß schon kleine Mengen hochgiftiger Stoffe in Geschossen ohne Sprengwirkung bei richtigem Schießverfahren tödlich treffen können. Unsere Truppe, vom Gegner mit Gasampfstoffen bisher nur belästigt, wurde vom Wert des Gasgeschosses überzeugt.

Für die deutschen Konstrukteure entfiel nach dem Vorgehen der Franzosen die Notwendigkeit einer Sprengladung im Geschöß und ergab sich gleichzeitig die Möglichkeit zur Umstellung der Artilleriemunition auf den Masseneinsatz von Gas. Der Weg war frei für den großen Schritt zur Massenversorgung der Artillerie mit Gasgeschossen. Die Einführung der Grüntreuzgeschöße für sämtliche Kaliber der Artillerie war die Folge.

So schnell wir die Einfachheit der französischen Laborierung übernahmen, so folgten wir nicht dem Gegner in der Wahl des Füllstoffes. An Stelle des vom Franzosen verwandten Phosgens-

das zur Abfüllung die Mischung mit indifferenten Stoffen oder Kühlanlagen erfordert, stand uns der Perstoff zur Verfügung, perchlorierter Ameisensäuremethylester, eine Flüssigkeit vom Siedepunkt 127°. Er ist ebenso giftig wie Phosgen, hat die hochwichtige Eigenschaft der Beständigkeit gegen Eisen, ist explosions- und wasserbeständig. Er kann von dem mit einem geeigneten Atemschutz versehenen Arbeiter ebenso leicht wie Wasser gehandhabt werden. Seine Flüchtigkeit erlaubt Nachwirkungen von mäßiger Dauer. Er stand als Typ eines wirksamen Aggressivstoffes unter dem Decknamen Grünkruz bis zum Kriegsende in steter Benutzung. Seine Herstellung war durch besondere Fortschritte der chemischen Technik gesichert, die Produktion genügend hoch.

Bei den Geschossen der Feldkanone und der leichten und schweren Feldhaubitze war eine einfache Laborierung leicht durchführbar.

Es kamen nur Preßstahlhüllen in Betracht. Sie konnten ohne weiteres als Behälter für den Stoff verwendet werden; sie allein waren genügend dicht, Guhgeschosse zeigten Poren. Die durch das Fertigungsverfahren bedingte Verschraubung der Geschosse und der Zünder wurde durch Magnesiakitt gegen Kampfstoff verlässlich abgedichtet. Die Füllung geschah durch Einfließenlassen eines abgemessenen Kampfstoffvolumens durch das Mundloch, das darnach mit dem Zünder unter Anwendung von Kitt verschlossen wurde. Diese Laborierung war so einfach, daß sie sofort im größten Umfang in behelfsmäßig eingerichteten Füllstellen im Felde vorgenommen werden konnte.

Grünkruzmunition war seit Mai 1916 verfügbar. Sie machte den Masseneinsatz unabhängig von der Windrichtung und band ihn nur noch an geringe Windströmung oder möglichsie Windstille. Es begann die Periode der großen Gasumpfschießen der Artillerie. Der Angriff nach diesem Verfahren erstreckte sich auf eine Fläche von vielen Quadratkilometern; jeder Quadratkilometer Fläche wurde in wenigen Stunden mit dem Inhalt eines Kesselwagens voll Kampfstoff bedeckt.

Auch bei den Gasminen wurde um diese Zeit der B-Stoff durch den Perstoff ersetzt.

Die erste Verwendung des Perstoffes traf den Gegner ohne geeigneten Schutz. Der Franzose hatte durch die Ausrüstung seiner Truppe mit dem XTX-Maulkorb als Gasmaske einen Schutz gegen Chlor, nicht aber gegen das von ihm selbst bereits seit Monaten verwandte Phosgen und den gleich wirksamen Perstoff. Daher waren die Erfolge der Grünkruzmunition ansangs erheblich. Ihr Wert wurde von der Truppe anerkannt. Aber noch während der großen Kampfhandlungen vor Verdun führte der Gegner den Ersatz des XTX-Maulkorbes durch die M2-Maske mit Anspannung aller Kräfte durch. Denn die M2-Maske

schützte gegen Grüntreuzkampfstoff: der Schutzstoff des deutschen Einfasses gegen Phosgen, das Hexamethylentetramin, hielt auch den Perstoff, das Diphosgen, zurück.

So war von der Grüntreuzmunition allein Wirkung nicht mehr zu erwarten, sobald der Gaschutz des Gegners mit der M 2-Maske oder einem besseren Gerät durchgeführt war.

Dieser Rückschlag spornte auf deutscher Seite zu erneuter Anstrengung. Neue Mittel waren erforderlich.

Aus den Arbeiten des Jahres 1916 zur Auffindung eines Ersatzes für den T-Stoff ergaben sich zwei prinzipiell verschiedene Möglichkeiten, die beide zu Erfolg geführt haben. Die eine führte zum Dichloräthylsulfid, dem Gelbtreuzkampfstoff, die andere in ihrer Fortentwicklung zum Diphenylarsenchlorid, dem Blautreuzkampfstoff.

**Gelbtreuz:** Auf der Suche nach schwer flüchtigen Kampfstoffen, die geeignet waren, durch Giftwirkung die Dauerwirkung des T-Stoffes zu erweitern, fand sich unter den zahlreichen, als „Giftstoffen“ bezeichneten, tatsächlich aber meist nur als Riechstoffe zu bezeichnenden Stoffen auch das von Victor Meyer im Jahre 1886 beschriebene Dichloräthylsulfid. Überraschenderweise führte dieser geruchlose Stoff bei der Untersuchung auf seine Giftwirkung bei den Personen, die die Versuche ausführten, zu anfangs unerklärlichen Hautschädigungen in der Form von Entzündungen, die erst Stunden oder Tage nach der Einwirkung des Stoffes sich zeigten. Damit war ein neuer wirksamer Stofftyp gefunden. Seine technische Darstellung war alsbald in erheblichem Umfange auf dem Wege über Glycolchlorhydrin möglich. (Der zweite Weg über Chlorschwefel und Äthylen, den der Feind später beschritt, wurde von unserer im feindlichen Fliegerbereich gelegenen Industrie sehr ungern verfolgt.) Der Stoff war eisen- und wasserbeständig, hielt der Einwirkung erheblicher Sprengstoffbeiladung ohne allzu starke Zersetzung stand und zeigte nur einen schwachen, im Felde kaum merkbaren Geruch, gegen den man sich überdies schnell abstumpft. Er versprach infolge seiner mit T-Stoff identischen Flüchtigkeit im Sommer tagelange, im Winter wochenlange Nachwirkung an der Einschlagstelle. Die Versetzung des Geländes durch Gelbtreuzkampfstoff und der Umfang, den die Hautschädigung der beschossenen Truppe annahm, ist in der Tat über alle Erwartungen weit hinausgegangen: tödliche Vergiftungen sind durch diesen Stoff, wie vorausgesehen, nur in seltenen Fällen eingetreten.

Die Laborierung des Stoffes (im Gelbtreuzgeschöß) gleich anfangs der des Perstoffes (im Grüntreuzgeschöß). Fälle von Hautschädigungen beim Arbeiten mit diesem Stoff machten aber bald für die

Füllung der Selbstkreuzgeschosse die Erstellung besonderer Füllwerte im Hinterlande erforderlich.

Mit Rücksicht auf die Unwahrnehmbarkeit des Selbstkreuzkampfstoffes beim Einsatz wurde zur Verdeckung seiner Anwendung das gleichzeitige Verfeuern von Brisanzmunition angeordnet.

Bald setzten Bemühungen ein, Brisanzladung und Selbstkreuzstoff in einem Geschoh zu vereinigen. Das Resultat ist das Selbstkreuzbrisanzgeschoh, das „Zwischenbodengeschoh“ (ZB-Geschoh), das später auch für die Grüntreuzfüllung verwendet wurde. Das Zwischenbodengeschoh ist als ein in seiner Entwicklung abgeschlossener Geschohstyp zu betrachten, der die technische Durchbildung des zuerst eingeführten T-Geschohes darstellt.

Das ZB-Geschoh ist kein Sondergeschoh, auch keine Neutrononstruktion. Eine solche wäre bei unserer Zwangslage auf mechanisch-technischem Gebiete im dritten Kriegsjahr nicht mehr durchführbar gewesen. Die ZB-Geschohhülle ist eine mit den einfachsten mechanischen Mitteln zweckmäßig hergerichtete Hülle des Brisanzgeschohes deutschen Typs, die zur Ausnahme verschiedener Stoffe in zwei von einander abgeschlossenen Kammern unterteilt ist. Diese Teilung wird durch den „Zwischenboden“ erreicht. Er ist eine Kappe aus starkem Eisenblech von paraboloider Form mit zylindrischem Rand, der im zylindrischen Teil des Geschohinnern mittels Rohrwalzen im kalten Zustande in Rillen eingepreßt wird, die im Geschoh an geeigneter Stelle eingeschnitten sind. Durch das Walzverfahren wurde eine gasdichte Festlegung des Zwischenbodens im Geschohinnern erreicht. Die Füllung des entstehenden Hohraumes geschah durch ein seitlich angebrachtes Füllloch, das dann mit einer konischen Weicheisenschraube ohne weitere Dichtung geschlossen wurde. In die Vordertammer des Geschohes wurde geschmolzener Sprengstoff gefüllt.

Das so laborierte Gasbrisanzgeschoh gibt eine unbedingt rohrsichere Munition. Ballistisch einwandfreie Verhältnisse können durch entsprechenden Sitz des Zwischenbodens erreicht werden. Fluggeräusch und Einschlagerscheinung gleichen den normalen Brisanzgeschohen desselben Geschohkalibers, der Einschlagstoll in seiner Intensität dem nächst kleineren Kaliber.

Die Verdeckung des Gasstammstoffes im ZB-Geschoh ist vollkommen, die Versprühung des Kampfstoffes vermöge der erheblichen Sprengladung brauchbar. Nur bei den größten Fußartilleriekalibern blieben aus bestimmten Gründen neben den ZB-Geschohen noch Geschosse bestehen mit einer geringeren Sprengladung, die in einem axialen, bis zum Boden des Geschohes reichenden Rohr eingebaut war. Selbstkreuzkampfstoff ist auch in mittleren Minen ver-

wendet worden. Durch entsprechende Einstellung des Brennzünders wurden diese noch im Fluge, 10 bis 100 m über dem Boden, zur Zündung gebracht. Die Gelbkreuzflüssigkeit versprühte dann als feiner Regen über weite Flächen. Diese Form der Verfeuchung war besonders wirksam.

Gelbkreuzmunition wurde zum ersten Male in der Flandernschlacht im Juli 1917 eingesetzt. Es steht fest, daß nur durch diese und die gleichzeitig eingeführte Blaukreuzmunition die Maßnahmen des Gegners wirksam durchkreuzt und der Durchbruch des Feindes in diesem monatelangen Ringen vereitelt wurde.

Die Beurteilung des Gelbkreuzkampfstoffes durch den Gegner charakterisiert den Stoff: In den ersten Monaten der Anwendung war die Meinung des Engländers ziemlich gering, wohl deshalb, weil Fälle tödlicher Vergiftung kaum beobachtet wurden und die Hautverletzungen nur leichten Charakter zeigten. Aber dies änderte sich nach dem Einsatz erheblicher Stoffmengen, als der Gegner die Summe aus seinen Abgängen an Mannschaft infolge Hautverletzung zog. Wir wissen, daß der Gegner froh war, wenn er in einem unter Gelbkreuzbeschießung gestandenen Gebiet den vierten Teil seiner Mannschaft unbeschädigt halten konnte.

Trotzdem die Produktion an Gelbkreuzkampfstoff nahezu 1000 Monats-tonnen betrug, war schließlich die Verwendungsmöglichkeit und der Bedarf so groß, daß ein Mehrfaches der Monatsfertigung erst genügt hätte.

Unsere Truppen haben die Wirkung des Gelbkreuzkampfstoffes nicht voll erfahren. Denn erst wenige Wochen vor dem Zusammenbruch hat der Gegner in kleinen Mengen Gelbkreuz verwendet.

Blaukreuz: Die Suche nach neuen Reizstoffen auf dem Gebiete der Arsenverbindungen hatte eine Reihe von wirksamen Stoffen erbracht. Auf Grund der Überlegung, daß ein an Reizintensität über die bekannten Stoffe weit hinausragender Stoff auch noch bei geringerer Flüchtigkeit, als T-Stoff oder Gelbkreuzkampfstoff, in Dampfform wirksam sein könne, wurde auch das Gebiet schwer flüchtiger Stoffe mit Siedepunkten bis zu 400° erforscht. Dabei ergab sich der überraschende Befund, daß Diphenylarsenchlorid in fein versprühtem Zustand sämtliche eingeführten Gasmasken, einschließlich der deutschen, fast ungeschwächt durchdrang und bei ihren Trägern schwerste Reizwirkungen auslöste. Der Befund war nur zu erklären durch die Annahme, daß der Reizstoff in der Form eines Nebels wirkt, der durch Filter — auch reaktive Universalfilter, wie sie damals bereits die deutsche und englische Maske waren — äußerst schwer zurückgehalten wird. Weiter

ergab die Analyse, daß die untersuchte Kampfstoffluftmischung den Stoff in einer Konzentration enthielt, die über den Sättigungswert für den Dampf dieses Stoffes weit hinausging. Schließlich bewies auch die ultramikroskopische Untersuchung die Existenz eines Nebels. Damit war wiederum ein neuer Kampfstofftyp gefunden.

Das Diphenylarsinchlorid ist ein fester Stoff vom Schmelzpunkte 39°, bei gewöhnlicher Temperatur harmlos und wird erst durch Verstäubung oder Verdampfung zum wirksamsten Reizstoff, den wir besitzen. Eine Menge von 0,003 mg eingeatmet genügt, um einen erwachsenen Menschen in einen Zustand angstvoller Beklemmung und Schwäche zu versetzen, aus dem er sich jedoch nach  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Stunde erholt. Bei Einatmung größerer Stoffmengen sind die Wirkungen schwerer und anhaltender. Länger dauernde Giftwirkungen durch eingeatmeten Stoff sind bei Menschen nicht beobachtet worden. Die Produktion dieses Stoffes erreichte eine Menge von 600 Monatstonnen; sie verbrauchte das gesamte in Deutschland beschaffbare Arsen.

Die Frage nach der Anwendungsforn zur Ausnutzung seiner mastendurchdringenden Reizwirkung war nicht einfach zu lösen. Zwei Möglichkeiten gab es zur Erzeugung des Nebels:

1. Die Versprühung des in einem leichtflüssigen Lösungsmittel gelösten Stoffes und

2. die Verdampfung des Stoffes durch Anwendung von Wärme mit nachträglicher Abschreckung dieses Dampfes an der kalten Luft.

Der erste Weg wurde anfangs unter dem Druck der Notwendigkeit schleuniger Beschaffung beschritten. Er führte zur Einführung von Fußartilleriegeschossen mit einer Füllung von 20% Diphenylarsinchlorid in Phosgen, die durch die Detonation einer in einem axial gelagerten Rohr untergebrachten Sprengladung weitgehend zerstäubt wurde (Grüntreuz 2).

Die zweite Möglichkeit hat in der Ausführungsform Bedeutung erlangt, daß die Verdampfung durch kurzdauernde, aber intensivste Erhitzung, durch die Einbettung des Stoffes in eine detonierende Sprengstoffmenge, erfolgt. Diese Methode ist die Grundlage des Blaufreuzgeschosses, das alsbald für alle Kaliber der Artillerie eingeführt wurde.

Die Laborierung des Blaufreuzgeschosses brachte eine Fülle technischer Probleme.

Der Sprengversuch zeigt, daß ein Klumpen von Diphenylarsinchlorid passender Gestalt, eingeschlossen in eine leicht zerbrechliche Hülle und eingebettet in eine Ladung schnell detonierenden Sprengstoffes im Geschoss, bei der Detonation in Nebel übergeht. Dieser ist bei zweckmäßiger Anordnung der Mengenverhältnisse und Formen sehr dicht; Konzentrationen

von 20 mg Rebersubstanz im cbm und mehr sind beobachtet. Der physikalische Vorgang bei der Detonation ist der, daß durch die enorme Wärmeentwicklung die Vergasung eines Teils des eingelagerten Blautreuzkampfstoffes erfolgt und durch die kurz darnach eintretende Abkühlung an der Luft der verdampfte Anteil als Nebel ausfällt. Nur Teilchen unter einer Größe von ein zehntausendstel Millimeter Durchmesser sind zur Mastendurchdringung brauchbar. Die Entstehung solcher Teilchen in Massen ist wohl an das Ausströmen von enormen Mengen von Kondensationsternen beim Detonationsvorgang geknüpft. Ein weiterer erheblicher Teil des Diphenylarsinchlorids wird bei der Detonation zerlegt.

Es galt die durch den Sprengversuch bewiesene hervorragende Wirkung des Stoffes auszubauen zur Verwendung in einem rohrförmigen Geschöß. Erschwerend war, daß nur leicht deformierbare Hüllen eine wirksame Vernebelung zuließen. Sie mußten gleichzeitig gegen den Kampfstoff auch in flüssiger Form dicht halten, da er in unserem Klima nicht als fester Stoff behandelt werden kann; denn die Temperatur der Geschosse geht im Sommer über den Schmelzpunkt des Stoffes hinaus. Ein zähes inaktives Hüllenmaterial war nicht in genügendem Umfang zu beschaffen. Da die Sprengversuche besonders auf die Wirksamkeit der Einbettung in Glas hindeuteten, wurde es unternommen, den Kampfstoff in Form von Glasflaschen im Geschöß unterzubringen. Deren Einführung bedeutet einen erheblichen produktionsstechnischen Fortschritt. Nur durch die Herstellung großer Flaschenmengen war die Massenversorgung mit Blautreuzmunition durchführbar.

Während die Laborierung der Feldartilleriegeschosse in der Weise durchführbar war, daß die in das Innere des Geschosses eingehängte Flasche lediglich mit Sprengstoff umgossen und von diesem im erstarrten Zustand gehalten wurde (Heißlaborierung), genügte dieses Verfahren für die größeren Massen der 15-cm-Granate nicht mehr. Bei ihnen mußte man die Glasflasche in einen ausgeparten Hohlraum der Sprengstofffüllung mit Magnesitatt einbetten, so gegen den Druck des Füllpulvers beim Abschuß des Geschosses versteifen und gleichzeitig auf dem Geschößboden aufstützen (Kaltlaborierung). Beim 21-cm-Mörser trat an Stelle der Glasflasche eine Blechbüchse, die durch besondere Fertigungsmethoden, axial, in der Beanspruchungsrichtung, gegen den Druck beim Abschuß versteift war, ohne erhebliche Wandstärke zu besitzen.

Die Geschosse des Blautreuztyps waren im Einschlagsnahl und nach der Einschlagswolke von Brisanzgeschossen mit Rauchentwickler nicht zu unterscheiden.

Im Blautreuzgeschöß liegt ein Brisanzgeschöß vor, das den wirksamsten Reizstoff neben zwei Dritteln der vollen

Brisanzladung enthält. Sein militärischer Wert war erheblich. Dementsprechend ging die Monatsproduktion über eine Million Schuß hinaus.

Im Felde wurde Blaukreuz- und Grünkreuzmunition gleichzeitig — als Buntkreuz bezeichnet — verwendet, um den Gegner durch Blaukreuz zum Abreißen der Masken zu zwingen, wodurch er sich der Giftwirkung von Grünkreuz aussetzte.

Zu dieser letzten Konsequenz ist es jedoch nur selten gekommen. Denn sobald die Buntkreuzwirkung dem Gegner bekannt war, zog sich bei ihrem Einsatz die beschlossene Truppe aus der Stellung zurück in ein Gebiet, das der artilleristischen Wirkung entzogen war. Wohl hatte besonders der Engländer versucht, gegen das Diphenylarsinchlorid und seine noch bessere Folgestufe, das Diphenylarsincyanid, durch Wollstoff- und Wattefilter Schutz zu schaffen. Es ist ihm technisch weitgehend gelungen; aber das wirksamste Schutzgerät, das „Jacket“ zu seinem Bog, war militärisch unbefriedigend, weil es die Truppe mit Rücksicht auf die damit verbundene Atemerschwerung bzw. Erstickung nur beschränkt verwenden konnte.

So lösten die beiden Anwendungsformen, Buntkreuz und Gelbkreuz, die Typen der Aggressiv- und Defensiv-Munition, beim Gegner die gleiche Endwirkung aus: er wurde zur Räumung des beschlossenen Gebietes gezwungen. Es ist kein Fall bekannt, in dem der Gegner durch ein Gelbkreuz-verseuchtes Gebiet einen Vorstoß zu unternehmen gewagt hätte; es hat kein Angriffsschießen mit Buntkreuz gegeben, in dem die bei günstiger Windstärke unter Feuer genommene feindliche Artillerie auch in gedeckter Stellung während des Angriffes nicht zum Schweigen gezwungen worden wäre.

Über den Stellungskrieg hinaus hat Blaukreuzmunition im Bewegungskriege die Brisanzmunition verdrängt, weil sie neben der dort erwünschten Splitterwirkung durch die starke Reizwirkung der Blaukreuzbeiladung den Gegner — wenn auch nur vorübergehend — unter die Maske zwang und dadurch sein Gesichtsfeld und seine Bewegungsfreiheit in entscheidender Weise behinderte.

Während auf unserer Seite nur ganz wenige Kampfstoffe, diese aber mit Erfolg, zur Einführung kamen, bietet die Einführung von Gaskampfstoffen beim Gegner ein anderes Bild. Nicht weniger als 25 feindliche Gaskampfstoffe sind uns bekannt, nicht weniger als 15 Gasgeschosstypen hat der Franzose allein verwendet. Wir wissen aus aufgefundenen Blindgängern, was sie enthalten haben. Wirksam

war davon nur Phosgen und das Dichlordiäthylsulfid. Die anderen Stoffe sind harmlose Präparate; sie dienen wohl zum Teil zur Camouflage, einem Verfahren, das der Gegner schätzte, das bei uns aber bei der Leistungsfähigkeit der chemischen Industrie an wirksamen Stoffen nicht in Betracht kam.

Auch auf dem Gebiete der Konstruktion von Gasgeschossen ist Deutschland seinen Gegnern überlegen gewesen. Volle Ausnutzung des Geschosshohraumes, Einfachheit der Fertigung und Anpassung an die Bedürfnisse der Massenherstellung haben die deutsche Konstruktion der letzten Kriegsjahre gekennzeichnet.

Auf dem Gebiete der Gas-Schießtechnik hat jedoch der Engländer eine erfolgreiche originelle Idee zu einer neuen Waffe gehabt. Die Konstruktion sucht auf der Erkenntnis der Notwendigkeit und gleichzeitig der Unzulänglichkeit des Minenwerfers im Gaskrieg, dessen Treffgenauigkeit mit einer Reihe schwerer Verluste erkauft wird. Dort wo die Treffgenauigkeit nicht Grundforderung war, wie bei Gas, trat darum der Gaswerfer an seine Stelle. Das Gaswerfergerät besteht aus einem Wurfrohr und einer Flasche: ein Eisenrohr von 20 cm lichter Weite und 1 cm Wandstärke, an einer Seite offen, an der anderen Seite halbkugelig geschlossen, wird in die Erde eingebettet oder lose auf einen Erdhaufen aufgelegt. Das Rohr wird mit Richtinstrumenten primitivster Form eingerichtet. Als Treibladung wird von vorn eine Kartusche in das halbkugelig geschlossene Ende des Rohres eingeführt, ebenso das zugehörige elektrische Zündkabel. Darauf kommt das Geschoh; eine dünnwandige Gasflasche, die stark genug ist um den Abschuh auszuhalten, ruht auf einem Treibspiegel aus Holz, der zwischen die Treibladung und die Flasche gelegt wird und mit seiner halbkugeligen Höhlung den Boden der Flasche trägt. Zur Zerlegung des Geschosses ist axial eine geringe Sprengladung eingebaut, deren Detonation durch eine Zündschnur nach dem Einschlagen im Ziel ausgelöst wird. Die Zündschnur entzündet sich beim Abschuh an der Flamme der Kartusche. Die Flasche faht 12 bis 15 Liter Kampfstoff. Viele hunderte solcher Rohre, der Reihe nach neben- und hintereinander zu Batterien von 20 Stück und mehr vereinigt, werden auf einmal elektrisch abgeseuert. Die Reichweite beträgt 1000 m.

Die so in wenigen Augenblicken geworfenen Gasmenngen erzeugen überraschend die höchsten beim Gegner erreichbaren Gaskonzentrationen.

Auf deutscher Seite ist das englische Verfahren sofort aufgenommen worden. Es hat durch Anwendung von gezogenen Rohren und entsprechend geformten Geschossen eine Schußweite von 3000 m erreichen lassen.

Die Verwendung der Gaswerfergeschosse zur Einleitung eines Infanterieangriffes hat öfter durch Gasreste die stürmende Infanterie im Zielgebiete noch belästigt; daher sind später zur Angriffseinleitung aus den Gaswerfern auch Minen mit ausschließlicher Sprengstoffladung verschossen worden. —

Stellen die Begriffe Buntkreuz und Gelbkreuz die Endtypen der Gaskampfstoffe, den erreichten Stand der Gasgeschoskonstruktion, sowie die Art des Einsatzes dar, so bedeutet das Massenfeuer dieser Munition aus den Geschützen der Artillerie und den Rohren der Gaswerfer den erreichten Endpunkt der Schießtechnik. Darin liegt ein gewisser Abschluß der Entwicklung und der Möglichkeiten.

## 2. Die Gasabwehrmittel.

Von Dr. H. Pfa.

Technik und Handhabung der Gasabwehrmittel sind bedingt durch die Entwicklung der Gasmasfen. Da bei Ausbruch des Krieges niemand die bedeutungsvollen taktischen Wirkungen der selbstmäßigen Anwendung von Reiz- und Giftstoffen ahnte, waren weder unsere Gegner noch wir mit irgendwelchen Schutzvorrichtungen versehen.

In feindlichen Blättern ist gelegentlich die Meinung ausgesprochen worden, das deutsche Schutzgerät technisch so vollkommen durchgebildet, daß man daraus auf eine langfristige Vorbereitung des Gaskrieges bereits im Frieden schließen müsse. Daß diese Vermutung vollkommen falsch ist, weiß jeder, der die äußerst behelfsmäßige Schutzausrüstung der deutschen Truppen während des Einbaus der ersten Gasflaschen vor Ypern im April 1915 gesehen hat.

Da die damalige Füllung lediglich aus Chlor bestand, griff man in der Verlegenheit zu einem einfachen Mittel, das bereits in der Chlorindustrie zum Schutze der Arbeiter angewandt wurde. Man gab dem Manne einen mit Natriumthiosulfat („Antichlor“) getränkten Bausch von Pußwolle, den er in einem wasserdichten Beutelchen bei sich führte und sich im Bedarfsfalle mit der Hand vor Mund und Nase hielt. Die Wirkung dieser Schutzpäckchen war zwar auf die Abwehr des Chlors beschränkt, aber nicht schlecht. Recht störend war es, daß eine Hand des Mannes dem Waffengebrauch entzogen war. Alle Verbesserungen, die diesem Uebelstande durch eine mechanische Befestigung der Päckchen am Gesichte abhelfen sollten (sogenannte Nasenschützer und dergleichen), erwiesen sich als Verschlechterungen, da die Anpressung des Bausches in den Nasenwinkeln sehr unvollkommen blieb. So ergab sich sehr bald die unabweisbare Notwendigkeit, ein technisch gründlich durchgebildetes Gerät zu

schaffen, das Augen und Atmungsorgane der Einwirkung der Reizgase möglichst vollkommen zu entziehen vermochte.

Zwei grundsätzlich verschiedene Wege standen hiersür offen. Man konnte dem Manne ein Gerät geben, das ihn von der Außenluft vollkommen unabhängig macht, also ein Sauerstoffgerät, das die Atmungsorgane von der umgebenden Atmosphäre gänzlich abschließt. Dabei wird der für eine gewisse Zeit erforderliche Sauerstoff in komprimiertem oder chemisch gebundenem Zustande mitgeführt, während eine Regenerationspatrone für die Beseitigung der Ausatmungsgase (Kohlensäure und Wasserdampf) sorgt. Derartige „geschlossenen“ Geräte, zu denen beispielsweise der im deutschen Heere eingeführte Selbstretter gehört, bieten in Verbindung mit einer Schutzbrille ein hohes Maß von Sicherheit für ihren Träger, in welcher Atmosphäre er sich auch befindet. Indessen sind sie sehr schwer und kostspielig und erfordern während der Benutzung dauernde Bedienung und Aufmerksamkeit. Es sei betont, daß die Dauer ihrer Schutzleistung lediglich von dem Sauerstoffverbrauch des Trägers, also seiner Arbeitsleistung und gewissen individuellen Faktoren abhängt, aber völlig unabhängig davon ist, ob er sich in reiner Luft oder in einer Atmosphäre befindet, die überhaupt keine atembaren Gase enthält. Die Füllung wird also auch dann verneut, wenn der Feind durch ein Scheinverfahren (Abblasen von Rauch usw.) zum Anlegen des Schutzes nötigt.

Die zweite Klasse von Schutzgeräten umfaßt die „offenen“ oder Absorptionsgeräte. Bei ihnen bleibt der Träger in Verbindung mit der Außenluft. Diese wird jedoch, ehe sie in die Nase und zu den Atmungsorganen gelangt, von ihren schädlichen Beimengungen auf chemischem Wege befreit. Das Verfahren setzt voraus, daß in der Atmosphäre genügende Mengen atembarer Luft vorhanden sind, daß also die schädlichen Stoffe nur als eine zusätzliche Beimengung anzusehen sind. Daß dies bei der Anwendung von Gas im offenen Gelände fast immer der Fall ist, lehrten bereits die ersten praktischen Versuche mit Gasstamfmitteln. So fiel die Entscheidung zugunsten der offenen Geräte.

Für die Gestaltung derselben bestehen viele Möglichkeiten. Maßgebend für die Wahl waren die praktisch-militärischen Forderungen. Nur die frühzeitige klare Erkenntnis dieser Bedingungen hat uns von vornherein einen Vorsprung auf dem Gaschutzgebiet verschafft und uns grundsätzliche Änderungen an dem Gerät erspart, die Engländer, Franzosen und Russen mehrfach vornehmen mußten.

Welches sind nun diese praktischen Forderungen? Selbstverständlich mußte der Schutz der Nase gegen alle Stoffe wirksam sein, die bereits im Gasstampf ausgetreten und nach menschlicher Voraussicht noch zu erwarten waren. Aber der beste Schutz versagt, wenn er nicht rech-

zeitig angelegt wird. So wurde besonders darauf geachtet, daß das Anlegen des Gerätes nur wenige Sekunden erforderte. Der gasdichte Schluß der Maske soll sofort nach dem Aufsetzen und auch bei längerem Tragen möglichst vollkommen sein. Alle Teile, die nicht zur Filtration der Außenluft dienen, müssen natürlich gasdicht sein und bei längerer Beanspruchung durch Transport oder Gebrauch bleiben. Im Interesse des Infanteristen waren ein möglichst niedriges Gewicht und leichte Unterbringung geboten. Endlich war es militärisch besonders wichtig, daß die Kampffähigkeit des Mannes durch die Schutzvorrichtung nicht allzusehr gemindert würde. Möglichst freie Sicht und leichte Atmung, sowie Verzicht auf die Mitwirkung der Hände beim Tragen der Maske waren also notwendig.

Die *Heeresmaske*, die im Herbst 1915 nach kurzen Vorarbeiten an die Truppe ausgegeben wurde, strebte eine weitgehende Anpassung an diese Forderungen an. Alle späteren Änderungen ließen das Prinzip unberührt und bezweckten nur eine noch strengere Befolgung der erwähnten Leitfäden, soweit dies unsere Rohstofflage zuließ.

Bei der Ausgestaltung des Gerätes waren zwei wesentliche Entscheidungen zu fällen. Sie betrafen:

die Wahl der Dichtungslinie und

die Unterbringung der die Atmungsluft reinigenden chemischen Stoffe.

Jede Maske muß aus einem starren oder weichen (z. B. aus Stoff gefertigten) „Körperteil“ bestehen, der zumindest Mund oder Mund und Nase des Maskenträgers umgibt und längs einer in sich geschlossenen Linie am Gesicht oder Kopf gasdicht anliegt. Die Auswahl der Dichtungslinie ist von entscheidender Bedeutung für den gasdichten Abschluß („Maskenschluß“) und für die Gasbereitschaft des Maskenträgers. Es lag nahe, den ganzen Kopf samt dem Halse mit einer Haube zu umschließen und zur Abdichtung den Knochenträger überzuknöpfen. Die Dichtungslinie verläuft dann am Hals. Engländer und Franzosen haben kurz nach unserem überraschenden Erfolg bei Öpern derartige Hauben („Ragulen“) eingeführt. Der Schluß am Hals ist bei ihnen sehr einfach und verhältnismäßig sicher. Indessen zeigen sie den schweren Mangel, daß das Aufsetzen viel zu viel Zeit erfordert und daß der Maskenträger starke Hitzebelastung erleidet. Franzosen und Engländer haben daher sehr bald andere Geräte eingeführt. Erstere haben die Haube vollkommen aufgegeben, während der Engländer ihre bestentwickelte Form (P. S.-Haube) bis zum Schluß wenigstens als Reservegerät beibehielt.

Man kann sich nun alle übrigen Mascentypen durch Verkleinerung der Haube entstanden denken, derart, daß die Dichtungslinie immer kleinere Teile des Kopfes umschließt. Beschränkt man sich auf die gasdichte Ab-

dichtung des Gesichtes, so erhält man eine „Halbmaste“; umkleidet man nur Mund und Nase, so kommt man zu maukfortartigen Schutzkappen, wie sie vorübergehend in der französischen Armee eingeführt waren. Den äußersten Fall stellt ein bloßes Mundstück dar, das mit einem chemischen Filter versehen ist. Die Dichtungslinie ist dann auf ein Minimum beschränkt und gewissermaßen in den Mund hineinverlegt. Der Schluß ist in diesem Falle ebenso gut oder noch besser als bei der Haube. Im Gegensatz zu ihr kann das Gerät mit größter Beschleunigung angelegt werden. Indessen gibt die Einführung eines Mundstückes in den Mund noch keine vollständige Gasbereitschaft. Um die Nasenatmung auszuschließen, muß die Nase durch einen Klemmer geschlossen werden. Für den Schutz der Augen ist eine besondere Gaschutzbrille erforderlich. So sind an Stelle eines einzigen Geräts drei Teilgeräte nötig und im Falle der Gefahr drei verschiedene Handgriffe zur Vervollständigung der Ausrüstung vorzunehmen. Gegen eine derartige Aufspaltung des Gerätes in Einzelteile sprechen erhebliche militärische Bedenken. Nur in einigen Sonderfällen wurde auf diese Lösung zurückgegriffen (f. S. 303).

Die deutsche Heeresverwaltung entschied sich daher für die Einführung einer Halbmaste, die Nase, Mund und Augen bedeckte. Für die Dichtung wurde eine über Stirn, Schläfen, Wangen und unter dem Kinn verlaufende Linie gewählt. In dieser Führung der Dichtungslinie lag ohne Zweifel ein erhebliches Wagnis, da es schwierig schien, ein beutelförmiges Gebilde an die genannten Stellen des Gesichtes dicht anzupassen, und da Länge und Form der in Betracht kommenden Partien des Kopfes ganz bedeutenden individuellen Schwankungen unterliegen. Das Ziel wurde jedoch dank technischer und organisatorischer Mittel erreicht (vgl. S. 299 ff.) und der Erfolg hat uns Recht gegeben. Die späteren Masken der Franzosen (M. 2, Tissot, A. R. S.) und Engländer (Bog-Gerät) wiesen sämtlich die gleiche oder ganz ähnliche Dichtungslinien wie die deutsche auf.

Wir wenden uns der Unterbringung der chemischen Filterstoffe (Absorptionsmittel) zu. Um die schädlichen Bestandteile der Außenluft zu binden, kann man entweder die ganze Maske aus gasdurchlässigem, feuchtigkeitsaugendem Stoff herstellen und in ihrer gesamten Oberfläche mit chemisch wirksamen Stoffen tränken, oder aber den Maskenkörper aus gasundurchlässigem Stoff fertigen und für den Anschluß des in einer besonderen Kapsel (Einsatz, Bog) untergebrachten chemischen Filters eine Öffnung ausparen. Franzosen und Engländer beschritten bei der Einführung ihrer Kagulen den ersteren Weg. Der Vorteil liegt darin, daß man Filter von recht erheblicher Fläche erhält und daß infolgedessen der bei der Einatmung zu überwindende Widerstand bei passender Wahl des Körperstoffes (Woll, Flanell oder dergleichen) verschwindend klein ist. Der

Franzose hat noch bis 1918 an einer Maske dieser Art festgehalten; seine M 2-Maske war eine Halbmaske, die sich aus vielen getränkten Mullagen zusammensetzte und eine äußerst leichte Atmung gestattete. Andererseits ist das Anliegen feuchter, klebriger und stark riechender (die englischen P- und Ph-Hauben rochen nach Phenol) Stoffteile am Gesicht recht störend; über die lästige Hitzestauung unter der M 2-Maske klagten die französischen Reserven, die bei den Kämpfen vor Verdun im Frühjahr 1916 mit aufgesetzter Maske durch die Baugschucht zu marschieren hatten, ganz besonders. Auch in chemischer Hinsicht zeigen diese Masken Mängel. Da alle Reagenzien dem Maskenstoff einverleibt werden, kommen nur flüssige oder gelöste Stoffe in Betracht, während alle fest-trockenen Massen ausgescheiden. Militärisch endlich ist es recht störend, daß ein kurzfristiger Umlauf der Maske nicht zu umgehen ist, da ausgetrocknete oder chemisch beanspruchte Masken zur Neuimprägnierung hinter die Front gesandt werden müssen. Die einzelne Maske verliert damit den Charakter eines *persönlichen Ausrüstungsstückes*, für dessen Unversehrtheit der Träger im eigenen Interesse einzustehen hat. Im Gegensatz dazu erstrebte der deutsche, später auch der feindliche Gaschutzdienst, daß der Mann durch Übungen Vertrauen zu dem verpackten Gerät gewinnt und es mit entsprechender Sorgfalt behandelt.

Es erschien daher von vornherein zweckmäßiger, das Filter für sich aufzubauen und abnehmbar am Maskenkörper zu befestigen. Bei der deutschen Maske sind die wirksamen Chemikalien in einer schwach konischen oder auch fast rein zylindrischen Blechdose zwischen versteiften Drahtgeweben untergebracht; dieser Blechtopf wird mit einem Schraubgewinde in ein entsprechendes Metallteil (Mundplatte oder Mundring) der Maske gasdicht eingeschraubt und hängt beim Gebrauch schräg nach unten vor dem Munde des Maskenträgers. Der abschraubbare Teil, der „*Atemeinsatz*“, kann also beliebig oft ausgetauscht werden, ohne daß ein Abgeben der Maske erforderlich ist. Durch Mitführen eines Reserveeinsatzes oder Stapelung von Einsatzen in der Stellung hat die Truppe die beruhigende Sicherheit, daß sie sofort nach dem Überstehen eines größeren Gasangriffes für weitere Abwehr wieder frisch gerüstet ist. Das Einsatzprinzip gestattet ferner, die Gasabwehr leicht der fortschreitenden Entwicklung des Gaskampfes anzupassen.

Das Einsatzprinzip wurde allmählich von allen Feinden übernommen, am spätesten von den Franzosen, die 1918 in ihrer A. R. S.-Maske ein der deutschen Maske sehr ähnliches Gerät herausbrachten; selbst die konische Form des Atemeinsatzes ist von ihnen nachgeahmt worden. Selbständiger haben sich die Russen und — mit erheblich besserem Erfolg — die Engländer das Prinzip zunutze gemacht. Das englische Boggerät ist im Grunde nur

eine deutsche Maske mit stark vergrößertem Einsatz. Die zur Ausnahme der Chemikalien bestimmte Büchse hat etwa den dreifachen Rauminhalt der deutschen. Dadurch wird das Gewicht der Büchse so groß, daß die unmittelbare Befestigung an der Maske nicht mehr möglich ist. Sie wird daher vor der Brust getragen und mit dem Mundstück der Maske durch einen Faltenschlauch verbunden. Die englische Büchse hat eine sehr zweckmäßige Form und kann während des Gebrauchs in der am Halse befestigten Maskentasche belassen werden.

Diese Vergrößerung des Atemeinsatzes erfordert jedoch aus physiologischen Gründen eine Ventilsteuerung der Atemluft. Bei der deutschen Maske wird die Atemluft auf dem gleichen Wege, durch den sie in die Maske eintritt, durch den Einsatz, auch wieder ausgestoßen (P e n d e l - a t m u n g). Dabei wird derjenige Teil der Ausatemungsluft, der nach der Ausatmung im Einsatz verbleibt, beim nächsten Atemzug, mit Frischluft verdünnt, wieder eingeatmet und verschlechtert dadurch die Einatemungsluft (Kohlensäureanreicherung!). Wird jedoch die Filterbüchse, wie beim englischen Bog, bedeutend größer als der deutsche Einsatz, so muß für eine besondere Abführung der Ausatemungsluft gesorgt werden, da andernfalls beim Einatmen nur oder fast nur die Ausatemungsluft der vorigen Atempersiode eingesaugt würde. Die B o g - M a s k e ist daher mit einem Ausatemungsventil (Zippenventil unter dem Schlauchstutzen vor der Maske) und einem Einatemungsventil (am Boden des Bogs) versehen. Die V e n t i l s t e u e r u n g ist ohne Zweifel ein atemphysiologischer Vorteil. Die Atmung gestaltet sich leichter und freier; die Erfahrungen beim englischen Bog lehren, daß durch ein Ausatemungsventil von geübten Leuten verhältnismäßig sehr hohe Einatemungswiderstände ertragen werden\*). Wenn man deutscherseits auf das Ventil verzichtete, so geschah dies mit Rücksicht auf die großen Schwierigkeiten, die die Instandhaltung eines solchen empfindlichen Gerätes im Felde bereitet. Englische Gaschutzvorschriften zeloten, daß die Truppe regelmäßige, häufige Durchatmungen der B o g - g e r ä t e vornehmen mußte, um die Ausatemungsventile sauber und geschmeidig zu erhalten.

Auch die Russen haben eine Reihe bogartiger Geräte ausgebildet, doch blieb der russische Gaschutz — nicht zum wenigsten wegen physiologischer Fehler der Masken — lange Zeit auf einem sehr niedrigen Niveau.

Wir wenden uns der technischen Entwicklung zu, die das Gerät während der Kriegsjahre genommen hat. Dabei sollen Körperteil der Maske und Einsatz getrennt behandelt werden. Während die Veränderungen der eigentlichen Maske im wesentlichen auf wirtschaftliche, technische

\*) Die Bog-Füllungen der letzten Zeit setzten der Einatmung einen drei- bis sechs-mal größeren Widerstand als der deutsche Einsatz entgegen.

und physiologische Gründe zurückgingen, blieb die Gestaltung des Einsatzes vor allem von dem jeweiligen Stande des Gaskampfes abhängig.

Der **Körper teil** der im Herbst 1915 ausgegebenen **G a s s c h u ß - m a s k e n** wurde aus einseitig gummiertem Baumwollstoff gefertigt. Die Augengläser wurden in zwei kreisrunde Löcher des Körperstoffes eingefügt. Sie bestanden damals und später aus runden Scheiben von Zellon, einem Zellstoffderivat, das vor Glas den Vorteil der Unzerbrechlichkeit und Splitterfreiheit, vor dem schon länger bekannten Zelluloid den der Feuer-sicherheit bietet. Die Zellonscheiben wurden in passende Metallfassungen eingestanzt und diese mit dem Körperstoff durch eine Ligatur aus Leinenband gasdicht verbunden. In ähnlicher Weise wurde der Mundring für den Einsatz unterhalb der Augenringe in symmetrischer Lage befestigt. Elastische Bänder aus Gummiband, die an der Schläfe ansetzten und über den Hinterkopf gelegt wurden, sorgten für festen Sitz am Kopf. Durch Verzweigung der Bänder zu einem mehrteiligen „Kopfgestell“, später auch durch Anbringung von Bändern an der Stirnlinie wurde der Sitz des Gerätes noch besser gesichert. Ein Trageband, das um den Hals gehängt wurde, gestattete, die Maske in Bereitschaft vor der Brust zu tragen. Die Randlinie des Maskenkörpers, die sich der Gesichtshaut gasdicht anschließen sollte, wurde durch Stoffeinlagen verstärkt. Alle Nahtstellen, die Gasundichtigkeiten zur Folge haben konnten, wurden mit Lack gedichtet. Das charakteristischste Merkmal der alten Gummimaske, an dem sie von der später eingeführten Ledermaske sofort kenntlich ist, sind zwei große tütenartige Stoffalten beiderseits der Augengläser; diese „Wischsalten“ gestatteten, den Zeigefinger der einen oder anderen Hand in die Maske einzuführen, um die mit Wasserdampf beschlagenen Augengläser blanzuputzen.

Die Eigenart der gewählten Dichtungslinie machte ein besonders sorgfältiges **B e r p a s s u n g s v e r f a h r e n** erforderlich. Jeder Mann wurde, mit Maske und Einsatz versehen, in einen Gasraum geführt, in dem ein kleiner, mit B-Stoff gefüllter Körper zur Detonation gebracht wurde. Wurde ein Augen- oder Rachenreiz unter der Maske wahrgenommen, so mußte die Ausrüstung gewechselt werden. Im allgemeinen kam man mit drei (später vier) verschiedenen Größenmodellen aus. Indessen war bei der zuerst ausgegebenen Maske mit einfacher Randdichtung („Viniendichtung“) die Verpassung nicht ganz leicht. Namentlich bereiteten Mannschaften mit mageren Gesichtern oder tiefliegenden Schläfen erhebliche Schwierigkeiten. Diesem Uebelstande wurde durch die bereits im Winter 1915/16 erfolgte Einführung der **M a s k e mit R a h m e n d i c h t u n g** abgeholfen. Die dichtende Randverstärkung der Maske wurde durch einen besonderen, etwa 2 cm breiten, mehrere Millimeter dicken, tonischen Stoffrahmen ersetzt, der am inneren Rande des Maskenkörpers angenäht war; die Naht zwischen Rahmen und Körperteil verläuft also längs der Berührungslinie von

Gesicht und Maske. Damit übernahm der Rahmen die Dichtung am Gesicht. Da er die Bewegungen des Maskenstoffs beim Aus- und Einatmen nicht mitmacht und sich dem Gesicht dank seiner tonischen Schnittweise anschmiegt, wurde eine viel bessere Dichtung als bei der Linienmaske erzielt. Die Rahmendichtung war für die Sicherheit unseres Gaschutzes von größter Bedeutung; sie wurde bald auch von den Engländern (bei der Bog-Maske) und später von den Franzosen (bei der A. R. S.-Maske) übernommen.

Die Schwierigkeit der Gummibesorgung nötigte dazu, von der Verwendung dieses Rohstoffes abzusehen. An Stelle der Kopfbänder aus Gummiband wurden Spiralen aus Klavierdraht, die man in schlauchartige Stoffbänder einnähte, angewendet. Für den Körperstoff standen schließlich nur noch so minderwertige Regenerataufstriche zur Verfügung, daß ein neuer Ersatz ausfindig gemacht werden mußte. Die Anfang 1917 eingeführte Maske aus gasdicht imprägniertem Leder war aber keineswegs ein bloßes Erfaherzeugnis. Sie stellt vielmehr einen wesentlichen Fortschritt dar. Der Stoff der Gummimaske war recht empfindlich gewesen. Didiere Streichstoffe waren aber wegen ihrer Brüchigkeit nicht anwendbar, da die Maske beim Verpachen starken Knitterbeanspruchungen ausgesetzt ist. Die mechanische Widerstandsfähigkeit der Ledermaske war erheblich besser. Ihre Einführung brachte aber auch weitere Verbesserungen. Das sehr lästige Anlaufen der Augengläser wurde durch Einlegen von „Klarscheiben“ behoben. Dies sind Zelluloidscheiben, die in die Augenringe hinter die Zellonscheiben eingelegt werden und leicht ausgewechselt werden können; sie sind mit einer dünnen, der Innenseite der Maske zugewandten Schicht aus Gelatine bestrichen und beschlagen selbst bei vielstündiger Berührung mit der Ausatemungsluft nicht. Infolgedessen konnten die Wischalteln fortfallen, die bei einem erheblichen Mehrverbrauch an Maskenstoff überdies den Totraum der Maske lästig vergrößert hatten. Die gedrungene, tüteartige Form der Ledermaske gestattete eine viel flachere und daher leichtere Atmung. Dies war besonders wichtig, da die körperlichen Anforderungen sich mit fortschreitender Entwicklung des Gasstumpfes immer mehr verschärften.

Auch die Entwicklung des Atemeinsatzes hat sich in stetiger Weise unter Beibehaltung der von Anfang an befolgten Prinzipien vollzogen. Entsprechend der jeweiligen Wirkung der Gasstumpfmittel wurde das eine oder andere chemische System des Einsatzes vermehrt oder oermindert oder dem Einsatz auch ein neuer Schutzstoff einverleibt. Der 1915 ausgegebene Einsatz (Modell 21/8) war in erster Reihe ein Schutz gegen Chlor. Seine Füllung bestand aus etwa 2 bis 3 mm großen Körnern eines porösen, gut saugenden Steinmaterials (Diatomit oder Bimssties), das mit Pottaschelösung getränkt war. Um dem Einsatz auch

eine kleine Leistung gegen die damals nur wenig gefürchteten organischen Reizstoffe (Bromessigester, Bromazeton u. dgl.) sowie gegen Phosgen zu geben, wurde das feuchte Granulat mit seiner Adsorptionskohle überpubert. Die Einsätze wurden wegen ihrer einheitlichen Füllung im Gegensatz zu dem später eingeführten Mehrschichteneinsatz vielfach als „Einschichteneinsatz“ bezeichnet.

Die Verwendung von Phosgen- und Chlorgemischen machte die Einführung eines starken Phosgenschuhes erforderlich. Der Einsatz Modell 11/11, wegen seiner dreischichtigen Füllung auch als Dreischichteneinsatz bezeichnet, entsprach dieser Forderung. Er kam bereits um die Jahreswende 1915/16 zur Ausgabe. Wenige Wochen später war die ganze Armee damit ausgerüstet. Es verdient dies besonders hervorgehoben zu werden, da das neue Gerät in seiner Art ein kleines Präzisionsinstrument darstellte und bei der Massenfertigung die größte Sorgfalt erforderte. Bei diesem Einsatz nahm das Material des alten 28/8-Einsatzes nur noch annähernd die vordere Hälfte des verfügbaren Füllraumes ein. Die mittlere Schicht bestand aus einer körnigen, nach einem besonderen Verfahren hergestellten Adsorptionskohle (A-Kohle), der ein sehr großes Aufnahmevermögen für organische Reizstoffe und für Phosgen zukommt. Die dem Munde des Maskenträgers zunächst gelegene Schicht (Mundschicht) endlich war wiederum aus Diatomit- oder Binstörnern gebildet. Diese Schicht enthielt im Gegensatz zur Außenschicht einige Reagenzien, darunter Hexamethylentetramin (auch Urotropin genannt), die die letzten Reste des Phosgens ausnahmen. Von der Verwendung des Urotropins als Phosgenschutz hat später auch der Feind ausgiebigsten Gebrauch gemacht.

Die Einführung einer besonderen, hoch wirksamen Kohleschicht war von erheblicher Bedeutung. Dieses eigenartige Material ist ein weitgehend unspezifisch wirkendes Mittel und nimmt die allermeisten Stoffe von nicht allzu niedrigem Molekulargewicht auf, auch wenn diese einen ausgeprägt neutralen Charakter (z. B. Chlorpikrin) haben. Gerade solchen Stoffen aber wandte sich der Gaskrieg mit fortschreitender Entwicklung zu, während Stoffe mit sauren Eigenschaften, wie Chlor, mehr und mehr zurücktraten. Dementsprechend machte der Dreischichteneinsatz allerlei Wandlungen durch. Als im Jahre 1917 die Verwendung von Chlorpikrinmischungen an Bedeutung gewann, wurde die Kohleschicht auf Kosten der Außenschicht vermehrt (11-C-11-Einsatz). Diese Entwicklung endete, als 1918 die Außenschicht ganz in Fortfall kam und der gesamte freier werdende Füllraum der A-Kohle eingeräumt wurde (Sonntageseinsatz). Die damit verbundene Erhöhung der Phosgenleistung war im Hinblick auf die Gefahr der Gaswerferangriffe äußerst willkommen. Gleichzeitig wurde die Blaufäurefestigkeit des Einsatzes durch Einfügung besonderer Schutzstoffe in die

Mundschicht gesteigert. Bei der geringen Kampfkraft der Blausäure hat sie trotz des großen Umfanges, in dem der Feind den Stoff anwandte, nur geringe praktische Bedeutung erlangt.

Auch in der Anwendung der Kohle sind uns Engländer, Russen und zuletzt auch die Franzosen gefolgt. Die hohe Absorptionskraft der deutschen Kohle und — was noch wichtiger — ihre Fähigkeit zur raschen Absorption ist aber von keinem der fremdländischen Erzeugnisse erreicht worden. Infolge der Hochwertigkeit des deutschen Absorptionsmittels konnten wir bis zum Schluß des Krieges mit einem Einsatz von verhältnismäßig kleinen Dimensionen auskommen.

Die vorstehenden kurzen Darlegungen sind keineswegs erschöpfend. Darum sei wenigstens gesagt, daß manche im Laufe der Zeit vorgenommenen, recht unscheinbare, mitunter äußerlich gar nicht wahrnehmbare Änderung dennoch technisch, chemisch und physiologisch recht bedeutungsvoll war. Auch kann hier die chemische Leistung des Gerätes gegenüber den einzelnen Kampfstoffen nicht eingehend behandelt werden. Ein weitverbreitetes Mißverständnis sei aber aufgeklärt. Den Benutzer des Gerätes beschäftigte naturgemäß die Frage nach der Dauer des Schutzes auf das lebhafteste. Hierzu ist zu sagen, daß sie sich in dieser allgemeinen Form überhaupt nicht beantworten läßt. Nicht die Zeit, während deren der Einsatz benutzt wird, sondern die Menge des Kampfstoffes, die in ihn eindringt, ist das Wesentliche. Man kann zwar auf Grund von Laboratoriums- und subjektiven Versuchen sagen, der Einsatz nimmt bis zu seinem Durchbruch sowohl 600 Gramm Chlor als auch 600 Gramm Phosgen auf; in welcher Zeit dies aber geschieht, ist nur von untergeordnetem Einfluß. Es ist also ziemlich gleich, ob eine sehr dichte Chlorwolke 5 Minuten lang oder eine zehnmal so dünne Wolke 50 Minuten lang einwirkt. Die Gesamtmenge des Chlors, zu deren Aufnahme der Atemschutz befähigt ist, wird zwar in letzterem Falle ein wenig höher befunden, aber dies ist von ganz untergeordneter praktischer Bedeutung. — In feindlichen Armeebefehlen fand sich des öfteren die Angabe, daß der deutsche Einsatz nur eine halbe Stunde gegen Chlor schütze. Dem liegt ein Mißverständnis zu Grunde. Die Einsätze wurden im Laboratorium einer regelmäßigen Prüfung unterzogen, die aus Rücksicht auf Versuchsräume und Versuchspersonal so eingerichtet war, daß ein guter Einsatz dabei etwa eine halbe Stunde dicht hielt. Diese Angabe muß wohl auf Umwegen an den Feind gelangt sein und ist von ihm in ganz sinnloser Form verbreitet worden.

Für die Praxis ist es wichtig, daß der Einsatz selbst der größten Anhäufung feindlicher Gasstammittel standgehalten hat und daß sogar die

eigene Gasstruppe, die ja besonders hoher Gefahr ausgesetzt war, bald nach Einführung der Maske freiwillig das Sauerstoffgerät abgelegt und sich der bei der Arbeit weniger störenden Maske anvertraut hat, während für die französischen Gasstruppen ein besonderes, ziemlich schweres Absorptionsgerät, der Tissot-Apparat (mit großer, auf dem Rücken getragener Chemikalienbüchse), eingeführt wurde.

Es ergibt sich weiterhin die Frage nach den Grenzen der qualitativen Leistung des Einsatzes. Das Gerät schützt nur wenig gegen rauch- und nebelartige Stoffe, gar nicht gegen Kohlenoxyd. Als die Stoffe vom Blautreuztyp größere Bedeutung gewannen, mußte ein Ergänzungsgerät ausgegeben werden. Eine dünne, nach einem besonderen Verfahren hergestellte Filzkartonscheibe aus Baumwollfaser wurde mit Hilfe eines federnden Deckels (Schuappdeckel) an der Vorderseite des Einsatzes befestigt. Diese Vorrichtung gewährte gegen die vom Feinde angewandten blautreuzartigen Stoffe (z. B. Zinntrichlorid) vollkommen ausreichenden Schutz, während das stärker durchdringende deutsche Blautreuzgas nur in mäßigem Grade abgefangen wurde.

Als Kohlenoxyd- und Minengaschutz mußten Sauerstoffgeräte behalten werden. Gegen Ende des Krieges erhielt zwar die Marine einen Spezial Einsatz, der gegen Detonations- und Deflagrationsgase des Pulvers schützt, doch wäre dieses Gerät aus mancherlei Gründen für das Heer kaum in Betracht gekommen. In der Stageratschlacht hat die Flotte den 11/11-Einsatz wegen seiner Wirkung gegen Nitrose und organische Nitrokörper mit gutem Erfolg angewandt.

- Im Heere sind neben der Maske noch einige Spezialgeräte in Verwendung gewesen: das M. M. C. - Gerät bestand aus einem Mundstück mit Nasenklemmer, Atemschlauch und anschließender Schraubmutter zur Befestigung des gewöhnlichen Einsatzes. Das Gerät wurde an Radfahrer und andere Spezialtruppen, die freie Sicht brauchten, ausgegeben. Es bedurfte bei Gegenwart augenreizender Stoffe zur Ergänzung der Gaschutzbrille.

Gelegentlich wurde an der Westfront auch ein besonderes Mundstück (3-Mundstück) mit Schraubmutter zur unmittelbaren Befestigung des Einsatzes und mit einem Kopfbandgestell in beschränkter Zahl ausgegeben. Das Gerät sollte gestatten, den Einsatz auch im Schlaf unmittelbar vor dem Mund zu tragen und bei einem Gaswerferangriff sofort in Gebrauch zu nehmen; durch Lauffschnallen konnte die Bänderung so verstellt werden, daß das Gewicht des Einsatzes schließlich nur noch am Kopf, nicht aber mehr an den Zähnen wirkte. Indessen hat die Truppe ihre Gasdijipsin allmählich so vervollkommnet, daß schließlich auch mit der gewöhnlichen Maske wesentliche Ausfälle durch Gaswerferwirkung vermieden wurden.

Die Wirkung der Gasstampfstoffe blieb im allgemeinen auf die Schädigung der Augen und der Atemwege beschränkt, so daß andere Organe eines Schutzes nicht bedurften. Erst die Einführung des Dichlordiäthylsulfids (Gelbkreuz) in den Gasstampf nötigte den Gegner zur Verwendung von Schuhtiefeln, Handschuhen u. dgl., um den schweren Hautschädigungen vorzubeugen, die bei unmittelbarer Berührung mit dem Stoffe entstehen. Auf deutscher Seite ergab sich ein Bedürfnis für die Anwendung solcher Schutzmittel erst während der letzten Wochen des Krieges.

Für P s e r d e und H u n d e wurden mit Schußfaßlösungen getränkte Stoffmasken angewandt. Dabei konnte das Pferdeauge ungeschützt belassen werden, da es nur mäßig empfindlich ist. Für B r i e s t a u b e n wurden tragbare „Gaschutzkästen“ gebaut, deren Inneres mit der Außenluft nur durch Atemeinsätze in Verbindung stand. —

\*       \*       \*

Das deutsche Gaschutzgerät verdankt seine Zuverlässigkeit einerseits seiner guten technischen Durchbildung, nicht zum wenigsten aber auch einem umfassenden System von Erprobungen und Abnahmeprüfungen in der Heimat, die sich anfänglich nur auf die Fertigerzeugnisse, später aber auch auf die meisten Rohstoffe, Zubehörteile und Halbfabrikate erstreckten. In den Zeiten der Höchstlieferung waren 1000 bis 2000 Personen, meist Frauen, mit der Abnahmeprüfung beschäftigt.

Der G a s s c h u ß d i e n s t der T r u p p e mußte sich für die Überwachung der Geräte mit einer äußerlichen Befichtigung der Masken und mit der Gasraumprobe begnügen. Nur für die Messung des Widerstandes, den der Einfaß der Atmung entgegensetzt, wurde ein einfaches feldmäßiges Gerät (M. W. - F e l d p r ü f e r) ausgegeben, das die Aussonderung schwer durchatembarer Einsätze erleichterte.

Das Vertrauen, das die Truppe zu dem Gerät gewonnen hat, wird den Krieg überdauern. Schon jetzt wird die Maske vielfach von heimgekehrten Mannschaften, die bei ihrer Berufsarbeit unter schädlichen Gasen zu leiden haben, angefordert. Da der Heereseinfaß als solcher oder nach Einführung kleiner Veränderungen tatsächlich gegen sehr viele industriellen Gifte schützt, kann diesem Verlangen meist stattgegeben werden. So ist zu erhoffen, daß die umfangreichen Kriegserfahrungen auf dem Gaschutzgebiet auch in Zukunft nicht unbenutzt bleiben und der Arbeiterwohlfahrt zugute kommen werden.

## XII. Kriegsgeologie.

### a. Die militärischen Grundlagen.

Von Oberstleutnant z. D. Boede.

Die Bodenbeschaffenheit mußte im Weltkriege allmählich die Kriegführung stark beeinflussen, als diese sich monate- und jahrelang an derselben Stelle festwurzelte. Die Arbeits- und Lebensmöglichkeit der vorantretenden und schanzenden Truppe hing wesentlich von ihr ab. Hartgestein erforderte harte Arbeit, schützte aber auch als Unterstandsdecke gut. Gewisse weiche Bodenarten rutschten — besonders bei Feuchtigkeit — leicht ab und zwangen zum steten Nachbessern an den Böschungen. Überfluß wie Mangel an Wasser in den Stellungen spielte vielfach eine überragende Rolle. Bei trockener Jahreszeit anscheinend vortrefflich angelegte Gräben konnten bei steigendem Grundwasser im Frühjahr zu Sumpflöchern und Seuchenherden, also unbenutzbar und unbewohnbar werden. In einem Abschnitte war im Frühling reichlich Regenwasser vorhanden; als bei anhaltender Dürre im Sommer Verstärkungen einrückten, trat quälender Wassermangel auf. Geradezu entscheidend war des Bodens Bearbeitbarkeit, Standfestigkeit und Schalleitung für die Mineurarbeiten.

Auch in den räumlichen Zonen und im Etappengebiete spielte die Bodenbeschaffenheit hemmend oder fördernd in die verschiedensten Dienstzweige hinein. Unvorsichtig geführte Anmarschwege erschlossen, überlastete Bahndämme rutschten, Mastleitungen konnten nicht ausgebessert werden, weil der Untergrund streckenweise versumpfte, Flugplätze wurden zu Morästen, Betonunterbauten für schwerste Geschütze gerieten ins Gleiten. In Gegenden, die der Franzose im Frieden wegen Wassermangels als Manövergelände gemieden hatte, mußten jetzt große Truppenlager errichtet werden. Die Brunnen wurden verseucht, weil man bei Anlage eines Kriegerfriedhofs die Grundwasserströmung nicht beachtet hatte. Kies und Schotter zur Betonbereitung und zum Bahn- und Straßenbau wurden, oft unter empfindlicher Belastung der Bahn, weit hergeholt, bis sie der Geologe neben den Bedarfsstellen fand. Alte Halden und Bergwerke bargen ungeahnte, wertvolle Sparmetalle. Phosphate für die bedrängte heimische Landwirtschaft, Kalk, Kohlen, Torf und andere Nutzstoffe lagerten unentdeckt im Boden. Auch er wollte verstanden, durchforscht und richtigbehandelt werden.

Dafür gab es aber weder Sachverständige noch Vorschriften und Erfahrungen, denn auf diese Art des Krieges war man nicht vorbereitet. Hier und da zog ein Oberkommando Geologen heran; die Heeresleitung aber widerstrebte ihrer grundsätzlichen Einführung, denn Zahl und Stärke der

Stäbe schollen ohnedies beängstigt an. Endlich, 1916, wurde in der Angliederung von Kriegsgeologen ans Kriegsvermessungswesen ein Ausweg gefunden.

Die Lösung erwies sich als glücklich. Die vielseitige Verwendung der zur Hilfe, nicht als Selbstzweck, bestimmten Vermessungstruppen verschaffte der Kriegsgeologie rasch Eingang. Die Herstellung der geologischen Karten und befruchtender Austausch der von Topographen, Photogrammetern und Geologen im und am Gelände gemachten Beobachtungen ergaben weitere Berührungspunkte. Dem Kriegsvermessungschef wurde ein Kriegsgeologe zur Bewertung der Felderfahrungen zugeteilt. Die Landesaufnahme besorgte daheim den Personal- und Geräteersatz und stellte in geologischen Beratungen in Berlin, Lille und Straßburg Bücher- und Kartenstoff bereit.

Nun wuchs das zunächst wenig geachtete Pflänzchen zum stattlichen, segenspendenden Baume empor. Der Nutzen sachlicher geologischer Beratung war zu handgreiflich. Die Veröffentlichung der gemachten Erfahrungen lenkte die zum Teil an praktische Arbeit wenig gewöhnten Fachgelehrten in die rechte Bahn und gab den höheren Stäben Anregungen.

Freilich waren auch Hemmungen vorhanden. Eine niemals überwundene war der Personalmangel. Die Zahl der Fachgeologen war begrenzt, ein erheblicher Teil für Feldarbeit und Truppendienst ungeeignet. Die besten Gutachten waren wertlos, wenn ihnen taktisches Verständnis fehlte, und das war bei vielen, bisher ungedienten Wissenschaftlern der Fall. Andere wurden von der kämpfenden Truppe für unabhkömmlich erklärt. Der wachsenden Nachfrage konnte nur durch das Drillen von Nichtfachleuten in heimatlischen Lehrgängen zu Gehilfen der zünftigen Kriegsgeologen notdürftig entsprochen werden. Auch das Heranschaffen der Geräte und der teilweise nur im Auslande erhältlichen Fachbücher und Karten war nicht einfach.

Aber was wollte das alles besagen gegenüber den geradezu über raschenden Erfolgen, die die Kriegsgeologen schnell errangen? Beim Bau vieler rückwärtiger Stellungen ist ihr Rat, im Rahmen des taktisch Zulässigen, ausschlaggebend gewesen. Versumpfte Gräben und Stollen wurden oft mit geringer Mühe entwässert, Kampszonen, Lager, ja ganze Städte (Mitau, Kowno, Laon) mit gutem Wasser versorgt. Am Minenkriege wurden die Geologen grundsächlich beteiligt. Zahlreiche, zwecklose Bahntransporte von Rohstoffen ersparten sie durch Erschließen unbekannter Lagerstätten. Auf den Gebieten der Erdtelegraphie, des Abhorddienstes und der Kleinfunkerei entdeckten sie neue Beziehungen zur Bodenbeschaffenheit und halfen so den Nachrichtentruppen.

Der Kriegsgeologe hat damit wohl für alle Zeit seine Notwendigkeit im Kriegsheere erwiesen.

## b. Die technische Ausführung.

Von Prof. H. Philipp, Leutnant d. Landw.

Im Gegensatz zu anderen Naturwissenschaften, ist die Geologie in diesem Kriege zum ersten Male in die Reihe der Militärwissenschaften getreten. Ihre Anwendbarkeit beruht auf dem verschiedenen Verhalten der die Erdrinde aufbauenden, miteinander wechsellagernden Schichten.

Hierbei handelt es sich im wesentlichen um folgende Eigenschaften:

a) Stoffliche Beschaffenheit, also die Gesteinsart (Kalkstein, Dolomit, Sandstein, Nagelkub, Ton, Tonchiefer, Mergel, Lehm, Löß, Sand, Kies, Schotter, Gehängeschutt, Gips, Salz, Torf, Granit, Diorit, Gneis, Porphyr, Trachyt, Basalt usw.).

b) Lagerung der Gesteine (schichtig, bankig, massig; klüftig, schiefrig; eben, geneigt, gefaltet; auseinander, wechsellagernd usw.).

c) Tektonische Störungen (Vorhandensein von Verwerfungen, Störungszonen, Faltungen, Zerruschelungen, Spannungen usw.).

d) Standfestigkeit (standfest, labil, schiebend, quellend usw.).

e) Bearbeitbarkeit (grabbar, mit Pickel und Brecheisen bearbeitbar, Sprengungen erforderlich, für welche Bohrtechnik geeignet usw.).

f) Wasserführung (bergfeucht oder trocken, Grund- oder Sickerwasser, Anzahl der Grundwasserstocwerke, Stärke und Richtung des Grundwasserstroms, gespanntes [artefisches] Wasser, Spaltenwasser, Wasserfäden, Thermalwasser usw.).

g) Temperatur im Berginnern.

h) Elektrische Leitfähigkeit.

Die besonderen Schwierigkeiten der geologischen Erkundung liegen darin, daß die Bodenverhältnisse nur selten klar zutage treten, sondern daß aus den spärlichen natürlichen oder künstlichen „Aufschlüssen“ das Gesamtbild des Aufbaues rekonstruiert werden muß, und ferner darin, daß der Aufbau eines Geländes, seine Schichtenfolge, von Ort zu Ort wechselt. Man beachte in dieser Hinsicht z. B. die außerordentliche Vielgestaltigkeit des geologischen Bildes der Westfront, wo von der Schweizer Grenze bis zur Nordsee alle geologischen Formationen vertreten sind, die sich ihrerseits wieder in der mannigfaltigsten Weise gliedern. Daher ergibt sich für jeden Frontabschnitt eine gesonderte geologische Grundlage, der sich der Geologe jeweils erst auf Grund eingehender wissenschaftlicher Untersuchung anpassen muß.

Stellungsbau. Die Mitarbeit des Geologen wird hier sofort durch den Wechsel der Schichten im Untergrund verständlich, da diese sich bezüglich ihrer Bearbeitbarkeit, ihrer Wasserführung, Lagerungsverhältnisse und sonstigen geologischen Eigenschaften sehr verschieden verhalten

tönnen. Wird auch die vorderste Linie meist durch die taktische Lage bestimmt, so wird schon bei der zweiten und dritten Linie und vor allem bei rückwärtigen Stellungen die rechtzeitige Heranziehung des Geologen der Truppe große Mühen und Arbeit ersparen. Das wird bei rückwärtigen

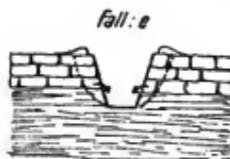
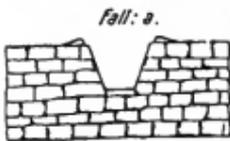


Abb. 1.

Stellungen um so wichtiger sein, wenn in diesen zunächst nur bestimmte Stützpunkte ausgebaut werden können, die Aushebung der Gräben aber der zurückgehenden Truppe überlassen werden muß. Ist die Bearbeitbarkeit des Bodens eine Frage, die letzten Endes durch die Zeit und die Zahl der Arbeitskräfte ausgeglichen werden kann, so ist das Verhalten gegenüber dem eindringenden Wasser eine dauernde, oft die ganze Verteidigungslinie in Frage stellende Eigenschaft des Untergrundes. Abb. 1 gibt hierfür verschiedene Beispiele aus der Kriegspraxis zwischen Maas und Mosel in verallgemeinerter Form. Im Falle a liegt die Stellung in wasserdurchlässigen Schichten, z. B. durchlässigen Kalken oder losen Kiesen und Sanden. Die Stellung ist völlig trocken und wird auch bei Regen das einströmende Wasser versickern lassen, wenn eine Verstopfung der natürlichen Abzugswege verhindert wird. Im Gegensatz hierzu würde Fall b eine Stellung in undurchlässigem, tonigem oder mergeligem Boden darstellen, wo jede natürliche Versickerung ausgeschlossen ist, also nur durch Pumpen oder durch ein nivellistisch festgelegtes, gleichmäßiges Gefälle der Abzug des zum Einsturz der Stellung (vgl. gestrichelte Linie) führenden Wassers bewirkt werden kann. In c bis e treten durchlässige und undurchlässige Schichten in Wechselagerung auf. Im Falle c neigen zwar die in tonigem oder mergeligem Gestein liegenden Wände zum Aufquellen und Nachstürzen, das Niederschlagwasser selbst aber kann, nach einer leicht durchzuführenden Vorklärung, durch den Untergrund entweichen. Im Falle d ist eine wasserdurchlässige Schicht im Untergrund durch Sickerlöcher (s) und Sickerstollen zu erreichen. Im Falle e werden durch die Überlagerung von wasserstauendem Ton durch klüftige, wasserdurchlässige Schichten die Schwierigkeiten besonders groß, weil außer den direkten Niederschlägen sich das an der Grenze beider Schichten sammelnde Wasser in den Graben ergießt. Diese verschiedenen Möglichkeiten treten in der

Natur in buntem Wechsel auf; hier gilt es, die günstigsten Verhältnisse auszuwählen oder bestehenden Mifständen nach Möglichkeit auf natürlicher Grundlage zu steuern, wie es Abb. 2 in einem Beispiel zeigt. Von drei Stellungen, I, II und III, die ohne Zuziehung des Geologen von der Truppe ausgehoben wurden, liegt Stellung I in durchlässigen Schichten und ist völlig trocken, Stellung II und III, obwohl in geringer Entfernung von Stellung I, leiden unter größter Wassernot, da in undurchlässigen Tonen liegend. Die geologische Feststellung ergibt in der Tiefe nochmals eine durchlässige Schicht, so daß die III-Stellung durch Sickerschächte zu entwässern ist. Für Stellung II ist dieser Weg örtlich zu großer Tiefenlage der unteren wasserdurchlässigen Schichten nicht möglich, eine geringe Verschiebung nach IIa gestattet jedoch die gleichen Vorkehrungen wie für III. Die erste geologische Aufgabe wird also stets die genaue Feststellung der Schichtenfolge in



Abb. 2.

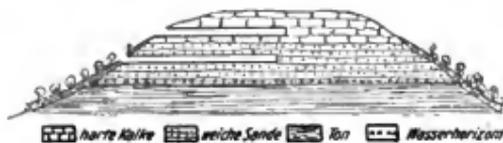


Abb. 4.

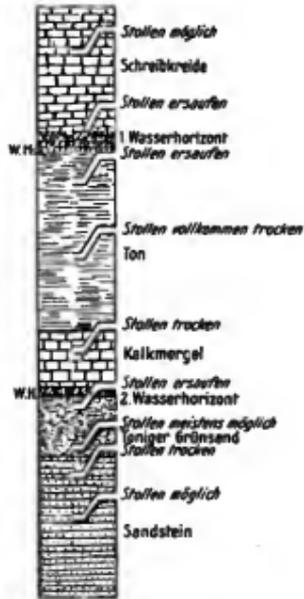


Abb. 3.

vertikaler Richtung, des sogenannten „geologischen Profils“ sein, um danach die günstigsten Anfahrpunkte für Gräben und Stollen auszuwählen, wie es Abb. 3 zeigt. Größere Fundamentierungen, namentlich Fortifikationsarbeiten, erfordern eingehende Berücksichtigung der Standfestigkeit, wobei vor allem der Ansnitt quellender Tone im Gehänge zu vermeiden ist; daneben ist besonders auf das Vorhandensein stärkerer Grundwasseransammlungen, artesisch gespannten Wassers oder von Schwimmsanden im Untergrund zu achten, deren Tiefenlagen genau festzustellen sind.

Tunnel- und Tiefstollenbau. Die gleichen Eigenschaften wie beim Stellungsbau, vor allem die Bearbeitbarkeit und die Wasserführung, gewinnen hier eine noch höhere Bedeutung. Bei Angriffs- und

Verkehrsstollen von mehreren hundert Metern Länge ist die größere oder geringere Schwierigkeit der Bearbeitung häufig von ausschlaggebendem Wert. Ein Beispiel, das Fälle kombiniert, wie sie an der Aisne und an der lothringischen Front verschiedentlich der Begutachtung des Geologen unterlagen, zeigt Abb. 1 (s. S. 309). Die Kuppe baut sich in ihrem oberen Teil aus harten, schwer zu bearbeitenden Kalken auf. Die Flanken des Berges verdecken infolge Schuttbedeckung und Waldbestand dem Nichtgeologen den inneren Aufbau des Berges. Die militärische Lage erforderte Längsstollen vom Hange aus durch die Kuppe. Mangelnde Kenntnis des geologischen Aufbaues ließ zunächst den kürzesten Weg, oben durch die harten Kalle, wählen, während die spätere geologische Erkundung hier unter den Kalken weiche, leicht zu bewältigende sandige Schichten feststellte, die trotz des längeren Weges ein bedeutend schnelleres Vorarbeiten ermöglichten. Ferner mußte innerhalb der Sande durch den Geologen die Höhenlage des Stollens genau festgelegt werden, da ein tiefer gelegenes Grundwasserstotwerk den Stollenbau aufs schwerste gefährden konnte.

Welche Bedeutung beim *M i n e n k r i e g* der geologischen Erkundung zukommt, haben die Kampfhandlungen in Lothringen und vor allem in Flandern gelehrt. Hier im nordfranzösischen und belgischen Tertiärgebiet galt es die berüchtigten *O p p e r n* Schwimmsande zu vermeiden und Anhaltstellen für den Stollenbau zu finden, die unter diesen wassererfüllten Schichten das Vortreiben in dem günstigen *O p p e r n t o n* gestatteten. Neben der Bearbeitbarkeit und der Wasserführung ist beim Tiefstollenbau die tektonische Lagerung der Schichten maßgebend, also die Feststellung, ob eine bestimmte Schicht horizontal oder geneigt im Untergrund verläuft oder aber ob sie durch eine Verwerfung plötzlich abgebrochen und durch den *W e r m u r f* in höhere oder tiefere Lage gelangt ist.

*A n s u m p f u n g* und *U b e r f l u t u n g*. Bei diesen Maßnahmen handelt es sich um eine gleichmäßige Berücksichtigung geologischer und topographischer Verhältnisse; nach der äußeren Bodengestaltung muß die Größe des überflutbaren Gebietes festgestellt werden, ferner, soweit es sich nicht um Überflutungen vom Meere aus handelt, die verfügbare Wassermenge und schließlich die Beschaffenheit des Bodens, da ein Anstauen des Wassers natürlich nur auf undurchlässigem Boden möglich ist. Rechtzeitige Zusammenstellungen aus feindlichen topographischen und geologischen Aufnahmen geben Anhaltspunkte, wie weit der Gegner seinerseits imstande ist, eine Überflutung vorzunehmen und den Vormarsch zu hindern, feindliche Maßnahmen also, die uns zu Beginn des Krieges in Flandern leider noch unvorbereitet trafen und uns unermesslichen Schaden zugefügt haben. In Verbindung mit den vorbeschriebenen Sicherungsvoorkehrungen stehen solche des Hochwasserdienstes. Hier handelt es sich für den Geologen

darum, aus geologisch-morphologischen Anzeichen (Terrassenbildungen u. a.) die zu erwartende Höhe der periodischen Hochwässer (im Osten Frühjahrshochwasser, im Westen winterliche Überschwemmungen) festzustellen, den hierdurch bedingten Rückstau des Grundwassers abzuschätzen und danach die rechtzeitige Räumung der gefährdeten Stellungsabschnitte zu veranlassen, Vorkehrungen, die namentlich in den russischen und rumänischen Niederungen, in Verbindung mit einem geregelten Hochwassermeldebienste, außerordentlich wertvolle Dienste geleistet haben.

**Sockelfestigkeit, Deckenfestigkeit, Schußsicherheit, Splitterwirkung.** Daß in einem Gebiet wie z. B. beiderseits der Mosel, wo standfeste Kalle und Sandsteine mit Ton und Mergel in bunter Folge wechsellagern und streifenweise an der Oberfläche zutage treten, der Rat des Geologen für die Auswahl standfester natürlicher Sockel für schwere Geschütze von Bedeutung wird, ergibt sich ohne weiteres. Ebenso hängt die Schußsicherheit minierter Unterstände sowie die Deckenfestigkeit unterirdischer natürlicher oder künstlicher Hohlräume (Höhlen, Katakomben oder unterirdische Steinbrucharanlagen), wie sie im französischen Kreide- und Tertiärgebiet so häufig auftreten, wesentlich von der Festigkeit des Gesteins, seiner Schichtung und Zerküftung ab. Hierher gehört ferner die Beachtung der Splitterwirkung der Gesteine, die je nach dem Material sehr verschieden ist und bei ungünstiger Anlage der Stellung zu weitgehender Schädigung der Truppen führen kann.

**Wasserversorgung und Hygiene.** Jede Wasserversorgung ist zunächst eine geologische Frage, soweit sie ihr Wasser nicht offenen Gewässern entnimmt; denn das Bodenwasser ist entweder an Spalten und Klüfte im Erdinnern oder an die Grenze von wasserdurchlässigen gegen wasserundurchlässige Schichten gebunden. Im letzteren Falle bilden sich über den undurchlässigen Schichten Grundwasserstauwerke, deren oft mehrere übereinander liegen. Ihre Schnittflächen mit der Erdoberfläche ergeben die natürlichen Austrittspunkte für das Grundwasser, die Quellschizonte. Treten die Quellen offen zutage, so ist es wesentlich Sache des geologisch geschulten Technikers, sie sachgemäß zu fassen, um den Höchstbeitrag ohne Schädigung des natürlichen Grundwasserreservoirs und auf hygienisch einwandfreie Weise zu erschließen. Anders liegen die Verhältnisse, wenn die Grundwasserhorizonte künstlich im Erdinnern erschlossen werden müssen oder der Verlauf wasserführender Spalten zu erforschen ist. Hier bieten sich dem Geologen die dankbarsten Ausgaben. Die Anzahl und Tiefe der Grundwasserstauwerke, ihre Ergiebigkeit, ihr Verlauf ist festzustellen, ferner die Richtung des Grundwasserstromes, die Möglichkeit natürlichen artesischen Auftriebes, um dann der Truppe eine feste Unter-

lage für die Möglichkeit der Wasserversorgung in den Stellungen, Ruhelagern und Ortschaften zu geben. Abb. 5 gibt das Schema für die erfolgreich durchgeführte Versorgung der wegen ihrer Wasserarmut berücksichtigten Woëvreebene mit artesischem Wasser. Der Höhenzug B bis C, die Côtes



Abb. 5.

Lorraines, besteht aus durchlässigen Kalken, darunter lagern die mächtigen Woëvretone. An der oberen Grenze der Tone bei B treten zwar ergiebige Quellen aus, das ganze Gebiet von A bis B ist dagegen völlig wasserarm; Hausbrunnen führen nur

spärliches Sickerwasser. Die geologische Feststellung ergab in der Tiefe von etwa 70 bis 100 Metern unter den Tonen einen kluftigen, wassererfüllten Kalk, in dem das Wasser unter natürlichem Druck steht, so daß es durch Tiefbohrungen (T) leicht erschlossen werden konnte, die das Wasser unter artesischem Druck aufsteigen ließen.

Wasserversorgung und Hygiene hängen eng zusammen. Die Möglichkeit der Berunreinigung jeden Bodengewässers ist gebunden an die geologischen Verhältnisse, vor allem an die Richtung des Grundwasserstroms und an die Durchlässigkeit der über ihm lagernden Schichten. Hierauf mußte, was zuerst vernachlässigt war, die Neuanlage von Senkgruben, Friedhöfen, Bade- und Entlausungsanstalten unbedingt Rücksicht nehmen, woraus sich später die enge Zusammenarbeit des Geologen mit dem Truppenarzt und dem Truppenhygieniker entwickelte.

**Rohstoffgewinnung.** Abgesehen von deren Beschaffung für die heimische Industrie und Landwirtschaft, also vor allem von Erzen, mineralischen Brennstoffen (Kohlen und Erdölen), Kali und Phosphoriten handelte es sich im Front- und Etappengebiet um Beschaffung von Rohstoffen für Betonzwecke und für den Straßenbau, daneben von Ziegelgut und Torf, gelegentlich auch von Brennholz und Kreide. Der Bedarf an Beton- und Straßenbaumaterial hatte im Stellungskampf ungeahnte Dimensionen angenommen. Da es sich um Millionenwerte handelte, mußten diese Stoffe in Feindesland gewonnen werden, außerdem aber in möglicher Nähe der Front, um die Bahnstrecken und Schiffsfahrtswege zu entlasten. Wie einschneidend die Frage der Betonrohstoffe war, erhellt aus den politischen Verhandlungen anlässlich der Rüsttransporte durch holländisches Gebiet. Das Auffuchen und das Urteil über die Güte des Materials ist Sache des Geologen. Er kann in der Regel von vornherein beurteilen, ob in einer Gegend überhaupt die Möglichkeit besteht, den geforderten Rohstoff zu gewinnen, und nimmt auf Grund des geologischen

Aufbaues seine speziellen Auffuchungen vor. Ferner bestimmt er die Menge und die Abbauwürdigkeit der vorhandenen Rohstoffe.

**Straßen-, Bahn-, Flugplatzanlagen usw.** Bei den ersteren mußte sich die geologische Begutachtung vor allem auf die Standfestigkeit des Bodens erstrecken. Anschnitt von Tonen und anderem, sehr tonreichem Gestein birgt stets Rutschungsgefahr, ebenso ist der Anschnitt von Grundwasser und Quellhorizonten zu vermeiden. Besondere Erkundungen verlangen moorige und vertorfte Gebiete, wo die Feststellung der Tiefe des Moores bzw. die Beschaffenheit von dessen Unterlage wesentlich für die Linienführung und den Ausbau der Strecke ist. Daneben erforderte das Auftreten von Flugsand, sowie im Osten die Gefahr der Schneeverwehungen, besondere Aufmerksamkeit. Die Auswahl von Flug- und Truppenübungsplätzen erfolgte dagegen mehr unter dem Gesichtspunkt der Wasserversorgung und der natürlichen Entwässerungsmöglichkeiten der Oberflächenschichten.

**A b h o r c h - u n d M e l d e d i e n s t.** Während beim Minenkrieg die verschieden ausgeprägte, rein mechanische Schalleitung der Schichten in Betracht kommt, handelt es sich bei den Arendstationen und der Erdtelegraphie um die Leitfähigkeit des Gesteins für die elektrischen Wellen und danach um die Auswahl der geeignetsten Einbaustellen für Sender und Empfänger. Erst gegen Ausgang des Krieges ist hier der Einfluß der geologischen Verhältnisse genügend erkannt und gewürdigt worden; die Untersuchungen über dieses vielversprechende Gebiet sind noch nicht zum Abschluß gekommen; bestimmte Grundsätze aber konnten festgelegt und der Truppe dienstbar gemacht werden.

**K r i e g s g e o l o g i s c h e K a r t e n.** Gegenüber dem Einzelgutachten für die speziellen Erfordernisse eines Truppenteils findet die Summe der geologischen Erkundung ihren Ausdruck in den kriegsgeologischen Sonderkarten, namentlich den Minier-, Grundwasser-, Wasserversorgungs-, Überflutungs-, Rohstoff- und erdelektrischen Karten, bei deren Anfertigung darauf Wert zu legen ist, der Truppe keine wissenschaftliche Darlegung, sondern eine dem allgemeinen Verständnis und dem Bedürfnis der Truppe angepaßte Darstellung zu geben.

Die geologische Beratung und Erkundung darf sich aber nicht damit begnügen, nur das augenblickliche Bedürfnis der Truppe zufriedenzustellen, sondern sie muß vorausschauend die Vorbereitungen für den Vormarsch oder Rückzug treffen. Hier setzt statt der direkten Beobachtung in der Natur die „literarische“ Tätigkeit des Geologen ein. Aus den wissenschaftlichen Veröffentlichungen, den geologischen Schriften und Karten, sucht er Aufschluß zu gewinnen über die Gebiete, die ihm nicht zugänglich sind, wobei er durch Beobachtungen aus dem Flugzeug oder, soweit es sich um

unmittelbares Vorgelände handelt, durch die Fernrohrbeobachtung unterstützt werden kann. Farbe des beim Feinde ausgeworfenen Bodens, Feststellung der Überschwemmungsgebiete und der feindlichen Wasserversorgungsanlagen werden ihm wertvolle Hinweise geben. So entstehen die kriegsgeologischen Vormarsch- und Rückzugskarten und zur Ergänzung der letzteren die Zerstörungskarten mit Eintragung derjenigen Anlagen, vor allem Wasserversorgungs- und Rohstoffgewinnungsanlagen, die im Falle eines Rückzuges in erster Linie zerstört werden müssen, um den Vormarsch des Gegners zu verhindern oder aufzuhalten.

Völlig unvorbereitet traf der Ausbruch des Krieges die Geologen; wenige dachten daran, daß überhaupt im Ernstfalle eine stärkere Beanspruchung der Geologie eintreten werde, und so mußte sich bei Beginn des Stellungskrieges die Geologie erst schrittweise ihre Anerkennung als Mit-helferin in dem gewaltigen Drama erkämpfen. Von den einfachsten Anwendungsmöglichkeiten ausgehend, mußte der Truppe der Wert geologischer Beratung erst vor Augen geführt, häufig sogar aufgedrängt werden. Trotzdem hat sich aus den kleinsten Anfängen eine festgefügte Kriegsgeologie entwickelt mit einem weitverzweigten Netz ineinandergreifender Aufgaben, die die Arbeit von Hunderten von Geologen und Hülfsgelogen an der Front erforderten. Die Auswirkung dieser Arbeit kann nicht auf den Krieg beschränkt bleiben. Zum ersten Male hat die Geologie in diesen schweren Jahren im großen Maßstabe den Beweis erbracht, wie sehr sie zur praktischen Mitarbeit an den zahlreichen technischen Aufgaben, namentlich des Tief- und Hochbaues, der Wasserversorgung und der Rohstoffbeschaffung beteiligt ist, so daß mit voller Sicherheit erwartet werden kann, daß sich aus der Kriegsgeologie ein neuer bisher nur wenig beachteter Wissenschaftszweig, die „Angewandte Geologie“, entwickeln wird, dessen Ergebnisse in gleicher Weise dem Friedensbedürfnisse der Technik wie dem Kriegsbedürfnisse des Heeres zugutekommen werden.

### XIII. Die Technik in der Etappe.

Von General der Infanterie g. D. Schroeter.

#### a. Die militärischen Grundlagen.

Die Verhältnisse des Weltkrieges brachten es mit sich, daß das Etappenwesen eine Bedeutung und einen Umfang gewann, wie man es früher nie geahnt hat. Von entscheidendem Einfluß hierauf waren die Millionenheere, die ungeheure Ausdehnung der Kriegsschauplätze, die Blockade im Verein mit der langen Dauer des Krieges, das langdauernde Erfrieren der Kriegshandlungen im Stellungskriege und schließlich das Bestreben, die physische Leistung von Mensch und Tier durch Maschinen zu unterstützen und mehr oder weniger zu ersetzen, wofür man das Wort von der Mechanisierung des Krieges geprägt hat. Von diesen Erscheinungen wirkten im besonderen auf die Technik der Etappe ein die Blockade, der Stellungskrieg, der zum weitaus größten Teil im besetzten feindlichen Gebiet geführt wurde, und der mit der langen Dauer des Krieges immer fühlbarer werdende Mangel an Arbeitskräften.

Die Blockade zwang dazu, alle Hilfsquellen der besetzten Gebiete für die Bedürfnisse der Kriegführung aufs äußerste auszunützen und die Heimat vom Nachschube nach Möglichkeit zu entlasten. Das langdauernde Verbleiben in den gleichen Stellungen und Etappengebieten gab die Möglichkeit, alle Einrichtungen hierfür planmäßig zu treffen und zu entwickeln; und der Bedarf an Menschen für den Kampf zwang dazu, alle Hilfsmittel der Technik für die Arbeitstätigkeit der Etappe auszunützen. So ergab sich für die Etappe ein Feld der Lätigkeit und ein Umfang des Geschäftsbereichs, die weit über den früher planmäßig vorgesehenen oder auch nur für möglich gehaltenen Rahmen hinausgingen und ohne genau bestimmte Abgrenzungen teils nach der Front, teils nach der Heimat übergriffen.

Selbstredend ging das nicht mit einem Male, sondern die Etappe wuchs sich ganz allmählich zu dem Umfange aus, den sie bei Beendigung des Krieges besaß. Manche Armeen und Armee-Abteilungen, die nicht planmäßig aufgestellt, sondern erst im Bedarfsfalle zusammengestellt wurden, besaßen anfangs überhaupt keine Etappe, was sich beim Übergang in den Stellungskrieg recht fühlbar machte. Indessen bot in den ersten Zeiten des Krieges, als noch niemand an sparen und haushalten dachte, das feindliche und eigene Hinterland noch genügend Vorräte und Hilfsquellen. Da man zunächst auf Selbsthilfe angewiesen war, wurden diese nicht nur von den Armee-Oberkommandos, sondern auch von der Truppe bis zu den kleinsten Formationen herab rücksichtslos und selbständig aus-

genugt. Das mußte natürlich aufhören, als sich eine lange Dauer des Krieges voraussehen ließ, und die Wirkung der Blockade die ganze Volks- und Kriegswirtschaft immer schwieriger gestaltete. Zunächst wurde das Etappen- und Nachschubwesen von den Armeen geregelt, sodann die ganze Kriegswirtschaft in der Heimat und im Felde einheitlich organisiert.

Man gelangte hierbei zu einer meist vom grünen Tisch geleiteten Zentralisation, die unter den vorliegenden Verhältnissen wohl unvermeidlich, aber in mancher Hinsicht doch vielleicht etwas übertrieben und mit Nachteilen für die Front verbunden war.

An der Spitze der gesamten Organisation stand das preußische Kriegsministerium, das in allen die Kriegführung betreffenden Verwaltungs- und Versorgungsfragen im Einvernehmen mit der Obersten Heeresleitung arbeitete und später das Kriegsamt angegliedert erhielt. Auf jedem Kriegsschauplatze waltete ein Generalquartiermeister mit einem zahlreichen Stabe und sogenannten Beauftragten und Sachverständigen für die verschiedenen technischen Zweige seines Dienstbereichs, seines Amtes. Jedes Armeekorps verfügte über eine Etappen-Inspektion, deren Bezirk — „Etappengebiet“ — vom „Operationsgebiet“ zwar örtlich abgegrenzt war, deren Wirksamkeit aber doch vielfach in das Operationsgebiet übergreif. An der Spitze stand ein General als Etappen-Inspekteur mit einem Stabe, der im Laufe des Krieges immer mehr anwuchs. Für die einzelnen wirtschaftlichen und technischen Formationen und Betriebe, von denen später die Rede sein wird, waren Wirtschaftsausschüsse aus Sachverständigen gebildet, denen Fachleute als Betriebsleiter zur Seite standen.

Unabhängig von der Etappe, aber in vieler Beziehung Hand in Hand und gleichlaufend mit ihr arbeiteten für die Versorgung der Front noch andere Organe des Oberkommandos, wie der General der Artillerie, der General der Pioniere, der Armeearzt, der Armeeeintendant, die verschiedenen Spitzen des Verkehrs- und Nachrichtenressorts und andere mehr.

Als militärische und Arbeitskräfte standen der Etappe außer ihren planmäßig aufgestellten Formationen zuerst Landwehrruppen, einzelne für den Stellungskrieg entbehrliche Formationen der Feldtruppen, feindliche Landeseinwohner und gedungene Zivilarbeiter, zum Teil unter Unternehmern, zur Verfügung. An Stelle der Landwehr traten später Landsturmruppen. Außerdem wurden ihr Armierungstruppen, Kriegsgefangene in größerer Zahl und Zwangsarbeiter, die als arbeitslos aus den besetzten Gebieten abgeschoben waren, zugewiesen. Kriegsgefangene und Zwangsarbeiter waren unter Landsturmabteilungen militärisch organisiert. Sie fanden auch vielfach in den technischen Betrieben Verwendung, wo sie sich rasch einarbeiteten und als eine Art bodenständigen Personals gute Dienste leisteten.

Aus vorstehenden Ausführungen ergibt sich, daß die Technik der Etappe außerordentlich vielseitig war. Diesen umfangreichen Stoff jetzt schon erschöpfend und im einzelnen zu behandeln, gestattet weder das vorliegende Quellenmaterial — im besonderen fehlt es fast ganz an statistischen und Zahlenangaben — noch der zur Verfügung gestellte Raum. Der Bearbeiter muß sich daher auf einen Überblick, auf Angaben allgemeiner Art und Andeutungen beschränken. Ferner sei bemerkt, daß, wenn hier von der Technik in der Etappe gesprochen wird, nicht das Etappengebiet im engeren Sinne verstanden werden kann. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich vielmehr, entsprechend der volkstümlichen Auffassung des Begriffs „Etappe“, im weiteren Sinne auf die Technik „hinter der Front“.

### b. Die technische Ausführung.

**Verkehrsweisen.** Eine der ersten Aufgaben stellte das Verkehrs- oder besser gesagt das Transportwesen der Etappentechnik. Da man die Schienenwege meist unbrauchbar vorfand, war man für den Nach- und Abschub aller Art in der Regel zunächst auf die Landstraßen angewiesen. Mit wenigen Ausnahmen befand sich schon wenige Monate nach Beginn des Krieges das Straßennetz hinter den Fronten in einem unbefreiblichen Zustande. Es galt, die Straßen auszubessern, dauernd instand zu halten und neue zu bauen. Neu geschaffene Straßenbau-Direktionen oder -Inspektionen fanden in der Wegebautechnik ein reiches Feld der Betätigung. Die Baustoffe mußten mangels örtlicher Entnahmestellen zum großen Teil mit der Vollbahn herangeschafft, auf Ladebühnen in Feld- und Förderbahnen umgeladen und nach den Verwendungsstellen befördert werden, wo sie mit Hilfe von Dampfwalzenbetrieben eingebaut wurden. In späterer Zeit litten die Straßen sehr durch die eisenbereiften Lastkraftwagen. Ihre dauernde Instandhaltung erforderte sehr zahlreiche Arbeitskräfte.

Fast gleichzeitig mit dem Straßenbau wurde die Wiederherstellung und die Ergänzung der Vollbahnen und der Neubau eines Feld- und Förderbahnnetzes in Angriff genommen und planmäßig so gefördert, daß bei Beendigung des Krieges fast jede Stellungsddivision über ein engmaschiges Feldbahnnetz verfügte, das bis in die vordersten Laufgräben ausstrahlte und nach Maßgabe der Gelände- und Kampfverhältnisse durch maschinell betriebene Bergbahnen (Bremsberge), Drahtseilschwebbahnen und mit der Hand betriebene, sogenannte einschienige Laufgraben-Schwebbahnen ergänzt wurde.

Daß auch die Wasserstraßen mit ihren Betriebsanlagen — Schleusen, Häfen, Umschlagplätze usw. — wieder in Stand und Betrieb gesetzt wurden, kann nur kurz erwähnt werden.

In Verbindung mit dem Transportwesen hinter der Front stand der Brückenbau. Die meist von den Pionieren beim Vormarsch mit Kriegs- oder Behelfsgerät gebauten Brücken mußten bald durch solche für schwere und schwerste Lasten ersetzt werden, wobei die verschiedensten Bauarten Anwendung fanden und höchst beachtenswerte Leistungen erzielt wurden. Im übrigen darf hier auf die Abschnitte A VI und A IX des Buches verwiesen werden, in denen das Eisenbahnwesen und der Brückenbau besonders behandelt werden.

**Gewinnung von Rohstoffen.** Infolge der Notwendigkeit, sich vom Nachschub aus der Heimat möglichst unabhängig zu machen, bildete die Gewinnung von Rohstoffen aus den besetzten Gebieten eine der wesentlichsten Aufgaben der Etappe.

**Holz.** In erster Linie stand das Holz, das in ungeheuren Mengen für Stellungsbau — Unterstände, Minierarbeiten, Bekleidungen, Hindernisse —, für Verkehrsanlagen — Brücken, Dämme, Schwellen, Leitungsmaße —, für wirtschaftlichen Bedarf — Untertunftsbauten aller Art mit innerer Ausstattung, Brennholz, Holzwohle (für Lagerstätten), Werkstättenbetriebe aller Art —, schließlich auch für sehr umfangreiche Masken und Sichtdeckungen gebraucht wurde. Die Gewinnung erfolgte in der Regel vom Stamm unter forstfachverständiger Leitung und Ausnutzung aller technischen Hilfsmittel, die Verarbeitung in besonderen technischen Betrieben, von denen später die Rede sein wird. Für die Zuführung des Holzes an die Verbrauchsstellen bestand bei jeder Armee eine „Holzverteilungsstelle“, der auch die Ergänzung der in der Etappe gewonnenen Bestände durch heimatlichen Nachschub oblag.

**Steine.** Für Wegebau, Eisenbahnbauten, bombensichere Unterstände (Beton- und Eisenbeton), sowie Hochbauten mußten die Bodenschätze an geeigneten Mineralien ausgebeutet werden. Steinbrüche, Riesgruben und Baggereien zur Gewinnung von Bausteinen, Schotter, Splitt, Kies und Sand, Ziegeleien und Kalköfen zur Gewinnung von Backsteinen und Kalk wurden wieder in Betrieb genommen oder neu angelegt, die vorgefundenen Zementfabriken nach Möglichkeit ausgenützt und erweitert, die Schlackenberge der Hütten aufgearbeitet; der Betrieb von Koproolithgruben zur Gewinnung landwirtschaftlicher Stickstoffprodukte wurde wieder aufgenommen.

**Metalle.** Den ungeheuren Bedarf des Krieges an Eisen hätte die Heimat nicht decken können, wenn nicht die Etappengebiete an der Erzeugung und Verarbeitung der Erze mitgearbeitet hätten. Im besonderen waren es die Gruben, Hütten- und Walzwerke, Blech- und Drahtwerke, Nagel- und Kettenfabriken, Ofengießereien, Maschinenfabriken usw. von Belgien, Nordfrankreich und Lothringen, deren Betrieb, soweit irgend

möglich, fortgeführt und erweitert wurde. Später mußte man sogar dazu übergehen, die in stillstehenden Betrieben, in entbehrlichen Bauten und Anlagen eingebauten Eisenteile systematisch auszubauen und als „Schrott“ zur Wiederverarbeitung der Heimat zuzuführen, weil auf anderem Wege der Riesenbedarf der Heere an Eisenerzeugnissen nicht gedeckt werden konnte. In gleicher Weise verfuhr man mit anderen sogenannten Sparmetallen, im besonderen mit dem so dringend benötigten Kupfer und seinen Legierungen. Tausende von Maschinen und Apparaten wurden zerlegt und ihre Teile, soweit nicht unmittelbar für andere Maschinen zu verwenden, als Rohstoffe der Wiederverarbeitung zugeführt.

**Brenn- und Beleuchtungsstoffe.** Auch den Bedarf an Brenn- und Beleuchtungsstoffen suchte man nach Möglichkeit aus den Gebieten hinter der Front zu decken. Ziemlich uneingeschränkt gelang dies mit Brennholz und Holzkohle. Es entstanden zahlreiche Köhlerereien, die die Holzkohle an die Front und Teer als Nebenprodukt der Teerindustrie lieferten.

Eine wichtige Aushilfe gewährten die Kohlengruben Belgiens und Nordfrankreichs und in späteren Zeiten des Krieges die Wiederaufnahme der Petroleumgewinnung in Galizien und Rumänien. Auch wurden einzelne Gaswerke wieder in Betrieb genommen. Eine befriedigende Lösung der Beleuchtungsfrage brachte allerdings erst die Einrichtung elektrischer Überlandwerke, von der später die Rede sein wird.

**Wassergewinnung.** Ein umfangreiches Feld der Betätigung fand die Etappentechnik in der Wasserversorgung. Für die vielfachen Verbrauchszwecke — Trink-, Koch- und Spülwasser, Speisewasser für maschinelle Anlagen und Betriebe, Lazarette, Bäder, Schwimmbassins, Entlausungsanstalten, Wäschereien, Schwemmen usw. — mußten nicht nur die vorhandenen Entnahmestellen geschützt und ausgebaut, sondern auch neue erschlossen werden. Es kamen daher vielfach umfangreiche Quellenforschungen, Brunnenbohrungen und weitverzweigte, zum Teil bis in die vorderen Schützengräben ausstrahlende Wasserleitungen mit maschinellen Betrieben — Pumpwerken, Widdern usw. — und zum Teil bombensicheren Hochbehältern zur Ausführung. Für diese Anlagen wurden in manchen Armeegebieten besondere Wirtschaftsformationen — Wasserbauabteilungen — unter sachmännischer Führung und einheitlicher Oberleitung organisiert.

**Landwirtschaftliche Erzeugnisse.** Auch auf dem Gebiete der Selbstverpflegung wurde hinter der Front unter landwirtschaftlicher sachverständiger Leitung viel geleistet. Die brachliegenden, ungeheuren Ackerflächen wurden der Bebauung wieder erschlossen und ungeachtet mancher Fehlgriffe, die sich zumeist aus der Unbekanntheit mit den

örtlichen Eigentümlichkeiten erklären, achtbare Erfolge erzielt. Die Bestellung der Felder mit Getreide, Hackfrüchten, Öl- und Futterkräutern, die Wiesen-, zum Teil auch die Teich- und Fischwirtschaft wurde einheitlich geregelt und beaufsichtigt, der Garten-, hauptsächlich Gemüsebau in jeder Weise begünstigt und gefördert. Es entstanden Zentralen für Viehwirtschaft — Rinder, Schweine, Schafe — und für Geflügelzucht. Die Obsternie wurde beaufsichtigt und sogar der Bienenwirtschaft Beachtung geschenkt. Große Reparaturwerkstätten sorgten für die Erhaltung und Ausbesserung landwirtschaftlicher Maschinen.

**Technische Betriebe.** Die Wiederaufnahme stillliegender vorgefundener, und die Neuanlage maschineller Verarbeitungsbetriebe sehr vielseitiger Art bildete eine Hauptaufgabe der Etappentechnik. Abgesehen von Klein- und Hausbetrieben, deren Weiterführung — wie z. B. in den Seitentälern der Maas — schon deshalb begünstigt wurde, um der eingewohnten Bevölkerung den gewohnten Arbeitsverdienst zu ermöglichen, war die hierbei benutzte Kraftquelle von einschneidender Bedeutung.

**Kraftquellen.** Neben der Ausnutzung von Wasser und Wind kamen in der ersten Zeit des Krieges für Neuanlagen hauptsächlich leicht transportable Dampfmaschinen — Lokomobilen — und Verbrennungs- bzw. Explosionsmotore, im besonderen Benzin-, Benzol- und Dieselmotore zur Anwendung. Die Feuerung der Dampfmaschinen erfolgte vielfach mit Holz, das unmittelbar aus dem Walde oder aus dem Abfall der Holzverarbeitungsbetriebe gewonnen wurde. Der Betrieb steigerte sich in solchem Maße, daß — wie in der Heimat — Kohlenverteilungsstellen, Kesselprüfungsstellen usw. eingesetzt werden mußten. Als dann aber die Brenn- und Betriebsstoffe immer knapper wurden, und die elektrischen Kriegs-Überlandwerke aufkamen, ging man in den meisten Fällen zum elektrischen Betriebe über, der hinsichtlich Lieferung von Licht und Kraft zum ersten Male in der Kriegsgeschichte berufen war, eine hervorragende Rolle zu spielen.

**Starkstrom.** Den ersten Anlaß zur weitgehenden Anwendung der Elektrizität gab die Notwendigkeit, bei dem langdauernden, ausreißenden Stellungskrieg an Truppen zu sparen durch elektrisch geladene Hindernisse, die nach einem vom Ingenieur-Komitee im Benehmen mit den großen elektrischen Firmen sorgfältig ausgearbeiteten System in vielen Hundert km Länge sowohl zur Absperrung neutraler Gebiete, wie zur Verstärkung der Stellungshindernisse im Osten und Westen angelegt wurden und sich im allgemeinen bewährten, bis die zunehmende Verschlechterung des Leitungsmaterials, besonders der isolierten Erdkabel im feindlichen Feuerbereich, und die Zerstörungen im Großkampfe die dauernde Instandhaltung der Anlagen sehr erschwerte, und bei dem häufigen Wechsel der Stellungs-

truppen die Unglücksfälle auf eigener Seite sich mehrten. Später trat die Versorgung mit Licht und Kraft in den Vordergrund. Anfänglich beschränkte man sich auf kleinere, mit Dampf- oder Verbrennungsmotoren betriebene, bei Fabriken vorgefundene oder neu angelegte Zentralen von geringer Reichweite. Um den hiermit verbundenen Nachteil der Zersplitterung und des immer noch hohen Bedarfs an Arbeitskräften, Betriebsstoffen und Transportmitteln auszuscheiden, ging man später zu großen einheitlichen Überlandwerken von vielen tausend Pferdekraften mit einem weitverzweigten Leitungsnetz über. Diese großzügigen Anlagen lieferten schließlich nicht nur für alle, sowohl im Etappen- wie Operationsgebiete arbeitenden Betriebe die Kraft, sondern auch die Beleuchtung für das ganze Armeegebiet und sogar vielfach auch den Kraftbedarf für reine Kampfwerte bis in die vordersten Stellungen hinein, wie für die Lüftung in Stollen und Unterständen, für Bergbahnen, Bodenförderungs- und Gesteinsbohrmaschinen, Pumpwerke und anderes mehr. Wo die Kampflage die Einführung der Lichtleitungen in die vordersten Gräben nicht gestattete, half man sich mit Akkumulatorenlampen, wofür besondere Ladestellen im Anschluß an Umschaltstellen und elektrische Betriebsposten eingerichtet wurden.

Die vorwiegend im Anschluß an Bergwerke, Hütten und sonstige industrielle Anlagen vorgefundene und meist mit minderwertiger Kohle oder Gichtgasen betriebene elektrische Kraftquellen wurden ausgenutzt, erweitert, zu Aushilfe- und Reservezwecken auch für benachbarte Armeegebiete aneinandergeschlossen. Der ganze Betrieb wurde einheitlich militärisch organisiert, ein weitverzweigtes, ausschließlich dem Betriebe dienendes Fernsprechnetz lief den Starkstromleitungen parallel und verband sämtliche Betriebsstellen und Posten mit der Zentrale. Da indessen die glatte Abwicklung des Betriebes dieser äußerst umfangreichen Anlagen bei dem häufigen Wechsel des zumeist aus der Armee abkommandierten Personals auf große Schwierigkeiten stieß, wurde bei jeder Armee ein bodenständiges, fachtechnisches Personal durch Etatifizierung von „Starkstromabteilungen“ zu mehreren Kompagnien mit einem Bataillonsstabe und einer gemeinschaftlichen Ersatztruppe gebildet, die unmittelbar den Armee-Oberkommandos oder auch dem General der Pioniere unterstanden.

**S ä g e w e r k e.** Von den technischen Verarbeitungsbetrieben nehmen unstreitig die Sägewerke und Holzbearbeitungsbetriebe den ersten Rang ein. Fast jede Stellungen-division hatte ihr kleines Sägewerk mit mindestens einem einfachen Gatter, einer Kreis- oder Bandsäge in einem meist offenen Schuppen arbeiten, während in den großen Etappen-Sägewerken alle Arten Maschinen zur groben und feinen Holzbearbeitung, wie mächtige, rasch arbeitende Gatter, Kreis- und Bandsägen verschiedener Konstruktion, Hobel-,

Bohr- und Fräsmaschinen, Spezialmaschinen zur Anfertigung von Holz- wolle und von Minenhölzern in großer Zahl, in riesigen, vorgefundnen Fabrikhallen oder neu aufgestellten Barackenhallen mit Kolbbahnanschluß vereinigt waren und von vielen Hunderten von Arbeitern, vielfach Kriegs- gefangenen, unter fachmännischer Leitung und Aufsicht bedient wurden.

**Mineralienverarbeitung.** Kaum minder wichtig, wie die Holzverarbeitung, war für die Etappentechnik die Verarbeitung der aus den besetzten Gebieten gewonnenen Mineralien, wobei es sich fast ausschließlich um die Weiterführung der vorgefundnen Fabrikantlagen handelte. Es seien hier nur genannt: die Petroleumindustrie in Rumänien, die Hütten, Walzwerke und Drahtfabriken, die in der Regel mit Erz- und Kohlenruben verbundenen Instandsetzungswerkstätten, Zement- und Maschinenfabriken, Fabriken für Werkzeuge und Eisenbedarfsartikel, elektrische Fabriken. Als Einzelheit sei erwähnt, daß z. B. die Magnussche Fabrik für elektrische Beleuchtungsartikel, dicht hinter unserer Front in Bagny a. d. Mosel — eine der größten Europas — mit einheimischen Arbeitskräften wieder in Betrieb genommen und so lange gehalten wurde, bis der Gegner sie völlig einschloß. Soweit die Bergwerke nicht weiter ausgebeutet werden konnten, versuchte man wenigstens die Pumpwerke zur Wasserhaltung in Betrieb zu halten. Schließlich sei auch die fabrikmäßige Erzeugung flüssiger Luft für Sprengzwecke erwähnt, die bei der zunehmenden Knappheit an nitrierten Sprengstoffen erhebliche Bedeutung gewann.

**Instandsetzungsbetriebe.** Neben diesen, der mehr selbständigen Produktion dienenden Betrieben waren zahlreiche maschinell arbeitende Instandsetzungswerkstätten entstanden, zum Teil im Anschluß an Depots, Lager und Parks, so für Fahrzeuge, landwirtschaftliche Maschinen, Artilleriegerät, Minenwerfer, Pionier- und Nahkampfgerät, Handwaffen, Flug- und Luftdienst, Fernsprengerät, elektrische Anlagen, Gas- schußgerät, Ausrüstung und Bekleidung und andere mehr. Auch alle diese Betriebe waren militärisch organisiert, größtenteils an den Starkstrom angeschlossen und trugen dazu bei, die Front von der Heimat möglichst unabhängig zu machen und Transporte zu sparen.

**Berpflegungsbetriebe.** Die Knappheit an Nahrungsmitteln in der Heimat zwang dazu, die Heimat von dem Nachschube an Berpflegung nach Möglichkeit zu entlasten. Es entstanden daher zahlreiche Betriebe, die dazu bestimmt waren, die in den besetzten Gebieten gewonnenen Berpflegungsrohstoffe zu verarbeiten und haltbar zu machen. Hierzu gehörten die Mühlen, vielfach verbunden mit Bäckereien und Teigwarenfabriken, Schlächtereien in Verbindung mit Kühlanlagen, Fleisch- und Fettkonservenfabriken, wobei infolge der Fettknappheit der Knochenölgewinnung be-

sondere Aufmerksamkeit zugewendet wurde, besondere Kadaververwertungsanlagen zur Erzeugung von Düngemitteln und Fettstoffen — was zu der bekannten Lüge von der Verarbeitung menschlicher Leichen Veranlassung gab. Um sich von der Witterung beim Einerten des Getreides unabhängiger zu machen, wurden Getreidetrocknereien, zur Verarbeitung und Konservierung von Gemüse und Obst wurden Kartoffel- und Gemüse-trocknereien, Sauertraut- und Marmeladefabriken eingerichtet. Großangelegte Molkereien versorgten vorwiegend die Sanitätsanstalten mit frischer und kondensierter Milch, Butter und Käse. Selterswasser und Limonadenfabriken lieferten hygienisch einwandfreie Getränke und sogar Brauereien und Brennereien wurden hie und da, so lange der Vorrat an Rohstoffen reichte und die kupfernen Apparate nicht für wichtigere Zwecke gebraucht wurden, in Betrieb genommen. Auch chemische Fabriken wurden in großer Zahl nutzbar gemacht: Karbidfabriken, Farben-, Waschmittel-, Algnatron-, Kohlen säurefabriken, Fettgewinnungsanstalten machten die Armeen vielfach von der Heimat unabhängig. Schließlich erleichterten Siedeschneiden, Heu- und Strohpressen die Futterbeschaffung für die Pferde.

**Unterhaltungsbetriebe.** Der Vollständigkeit halber sei auch der Anlagen gedacht, die der Unterhaltung, dem Sport und der Aufklärung dienten, wie Feld-Armeetheater, Kinos, Soldatenheime, Sportplätze, Regelbahnen, die wie Pilze aus dem Boden schossen und bei Einrichtung und Betrieb auch ein gewisses Maß sachverständiger Technik beanspruchten.

**Parks und Depots.** Der rechtzeitigen Befriedigung aller Nachschubs- und Ergänzungsbedürfnisse der Front, besonders zu Zeiten gesteigerter Kampfaktivität, konnte nur genügt werden, wenn in die Beförderungstrecke zwischen Abgangs- bzw. Erzeugungsstelle und Verbrauchsstellen Sammellagen hinter der Front eingeschaltet wurden. So hat auch der Krieg eine technische Entwicklung des Magazin-, Park- und Depotwesens in früher nie geahntem Umfange zu verzeichnen. Aus der großen Zahl der hierher gehörigen Anlagen seien nur genannt: Artillerie-Munitionsdepots, die Pionierparks, die Minenwerfer- und Rahtampfmittelparks, die Flughäfen, die Wandlerdepots der Gastruppen, die für wirtschaftliche Bedürfnisse bestimmten Materialiendepots, die Sanitätsdepots. Später kamen die Gaschuklager, die elektrischen Baustoff- und Gerätelager der Starkstromtruppen und schließlich auch die von besonders aufgestellten Sammelkompagnien eingerichteten Sammelager für erbeutetes und geborgenes Gerät und Material aller Art hinzu. Auch diese Anlagen entwickelten sich meist aus kleinen Anfängen und wuchsen sich zum Teil auf Grund der selbst gewonnenen Erfahrungen und der mit der Zeit von oben

herausgegebenen Anleitungen und Vorschriften zu großen Betrieben aus, deren Einrichtung und Führung ein nicht unwichtiges Stück besonderer Technik hinter der Front ausmachte.

Die Geländeverhältnisse, die Wasserfrage, Volk- und Feldbahnanschlüsse, Au- und Abfuhrwege, Lade- und Halteplätze, vorhandene Baulichkeiten und maschinelle Anlagen, die Möglichkeit des Barackenbaues, schließlich die Gefährdung der Umgegend durch Explosionen mußten berücksichtigt werden. Im Verlaufe des Krieges trat noch ein ganz neuer Gesichtspunkt auf, nämlich die Rücksicht auf Schutz gegen Lufstertzung, gegen Bombenabwurf und sehr weit tragendes Artillerief Feuer. In erster Linie galt dies für die Munitions- und Nahkampfmitteldepots wegen der Explosionsgefahr. Man legte sie in Wälder, Schluchten und tief eingeschnittene Täler, man verteilte die Vorräte auf eine große Zahl kleiner, über weite Geländeflächen sich ausdehnender Lagerräume, oder brachte sie wohl auch in bombensicheren Räumen, vereinzelt an der Westfront auch in stillliegenden Bergwerken (Gruben) unter, was im letzten Falle wieder eine zuverlässige Betätigung der maschinellen Förderanlagen erforderte. Für die Mannschaften entstanden fast überall, ebenso wie auf den größeren Bahnhöfen, bombensichere Unterstände, die auf entsprechende Alarmzeichen hin benutzt wurden.

**Fliegerkeller.** In gleicher Weise wurden die Orts- und Lagerunterkünfte hinter der Front bis weit in die Etappengebiete hinein mit derartigen Fliegerkellern ausgestattet. Sie waren an der Westfront zuletzt in sehr großer Zahl vorhanden und entweder bergmännisch oder in Eisenbeton nach bestimmten Mustern meist unter einheitlicher Aufsicht und Anleitung der Generale der Pioniere gebaut.

**Lager- und Barackenbau.** Zu Lager- und Barackenbauten war man in sehr großem Umfange genötigt, da die Ortschaften für die in Frage kommende Belegungsdichtigkeit meist völlig unzureichend, zum Teil auch zerstört waren und vielfach unter feindlichem Artillerie- und Fliegerfeuer lagen. Die Technik des Lagerbaues — meist von sehr notdürftigen und einfachen Anfängen ausgehend — erreichte mit der Zeit eine hohe Stufe der Vollkommenheit. Es entstanden Anlagen, die sich, abgesehen von der später grundsätzlich verlangten Deckung gegen Fliegersicht, wenig von Friedenslagern auf den Truppenübungsplätzen unterschieden. Besonders beliebt waren im bewegten Gelände die Hanglager auf den dem Feinde abgewendeten, steileren Hängen, weil sie dem feindlichen Fernfeuer nahezu entzogen waren und gute Abwässerung sowie bequeme Anlage bombensicherer Stollenunterstände im unmittelbaren Anschluß an die Wohnbaracken gestatteten. Die Ausführung der Barackenbauten war nach Zweck und Bauart sehr vielseitig und verschieden, wobei die Reigung und Gewohnheit der Truppe, die Ortlichkeit, die Jahreszeit und die zur Verfügung stehenden

Baustoffe von Einfluß waren. Es seien genannt: Wohnbaracken für Mannschaften, Offiziere, höhere Stäbe und Geschäftszimmer, Baracken für Küchen, Handwerksstätten, Schuppen für Fahrzeuge, Stallbaracken, Barackenbauten für Sanitäts- und Unterhaltungszwecke, mächtige Barackenhallen für Flugzeuge und Fesselballons. Selbst Feldscheunen und Proviantbaracken wurden in größerer Zahl gebaut. Als Baustoff fand vorwiegend das Holz Verwendung und zwar sowohl unmittelbar vom Stamm — wobei hin und wieder ganz reizende Blockhäuschen entstanden — oder zugeschnitten in den Sägewerken. Für die Dichtung von Dach, Wänden und Fußböden entstand ein ungeheurer Bedarf an Dachpappe. In zweiter Linie griff man zum Wellblech, allein oder auf Eisenkonstruktion, seltener zu Lehm, Mauer- und Fachwerk.

In späterer Zeit, als die großen Sägewerke und Holzbearbeitungsbetriebe entstanden, wurden in diesen ganz bestimmte Muster von Holzbaracken hergestellt, die in zerlegtem Zustande leicht befördert und ebenso wieder zusammengefeßt werden konnten. Derartige Baracken, besonders das sogenannte Genter Muster, waren sehr beliebt, sie wurden in unzähligen Exemplaren hergestellt und wanderten von Aufstellungsort zu Aufstellungsort.

Eine besondere Gattung Lager bildeten die Gefangenelager hinter der Front. Sie waren so angelegt, daß sie von einem oder wenigen Punkten aus übersehen und dementsprechend überwacht werden konnten, und in der Regel mit einem dreifachen hohen Stacheldrahtzaun umschlossen, im übrigen aber zufolge Anordnungen vom grünen Tisch vielfach wohnlicher angelegt und ausgestattet, als manche Unterkünfte für die eigenen Truppen.

**Ausbildungsanstalten hinter der Front.** Die Länge und die eigentümlichen Verhältnisse des Krieges brachten es mit sich, daß die Ausbildung des Ersatzes in der Heimat nur kurz und unvollkommen sein konnte, so daß der Truppe selbst im Felde die Hauptlast der Ausbildung, im besonderen der Fachausbildung, zufiel. Es entstanden demgemäß hinter der Front mit der Zeit eine ganze Reihe von Ausbildungsformationen, Schulen und Lehrgängen, die abgesehen von einigen, für ganze Kriegsschauplätze bestimmte Sonderlehrgänge, wie für höhere Truppenführer, Generalstabs-, Maschinengewehr-, Flieger-, Pionier-, Flak-, Minenwerferoffiziere, meist armeeweise zusammengefaßt und von den Armeekorpskommandos einheitlich geleitet und überwacht wurden. Es seien hier nur die Rekrutendepots für die verschiedenen Waffen, die Sturmabteilung, Feld- und Luftartillerieschulen und Schießplätze, Lehrgänge für Kompagnieführer und Offiziersaspiranten und Minenwerferschulen genannt. Im späteren Verlauf des Krieges wurden sogar unter den Generalen der Pioniere, meist im Anschluß an den Bau rückwärtiger Stellungen, Betonierungsschulen eingerichtet, zu denen Vertreter aller Waffen kommandiert

wurden. Für die meisten dieser Formationen und Lehrgänge mußten Lager, Übungs- und Schießplätze, Schießstände, Übungswerte, Exerzier-, Turn- und Sportplätze usw. geschaffen werden, für deren Einrichtung teils die entsprechende Heimattechnik als Vorbild diente, teils aber auch — begünstigt durch die meist unbeschränkte Verfügung über das Gelände und beeinflusst durch die Kriegserfahrungen — viel Neues und technisch Lehrsreiches entstand; so, um nur eins zu erwähnen, die Anlage großer künstlicher Trichterfelder und die Ausbildung in ihrer Überwindung als Vorbereitung für die großen Frühjahrsoffensiven im letzten Kriegsjahr.

**Rückwärtige strategische Stellungen.** Der Überblick über die Technik in der Etappe bzw. hinter der Front würde lückenhaft sein, wenn die rückwärtigen, strategischen Stellungen ganz mit Stillschweigen übergangen würden. Sie sind insofern von allgemeinem Interesse, als die hierbei gewählten selbständigen Befestigungsformen — unbedingte Trennung der Fern- von der Nahverteidigung, weitgehende Tiefenbefestigung, Zerteilung und Verteilung über weite Geländeflächen, Anwendung mächtiger Hindernisfelder, möglichste Mastierung aller Anlagen und anderes mehr — wohl den Übergang zu einer späteren, ständigen Landesbefestigung bilden werden. Im gewissen Zusammenhange hiermit steht die Wiederherstellung und Erweiterung eines Teils der genommenen feindlichen Festungen. Leider haben die rückwärtigen Stellungen den Erwartungen teilweise nicht entsprochen und zwar aus dem einfachen Grunde, weil an sie in laienhafter Unkenntnis und Überschätzung der Leistungsfähigkeit der Technik unter den vorliegenden Verhältnissen zu hohe Ansprüche gestellt wurden, so daß sie nie fertig waren, wenn sie gebraucht wurden und zudem — mit wenig Ausnahmen unter nicht technische Bauleitungsstäbe gestellt — manche Mängel, hauptsächlich technischer Art, aufwiesen, was bei den genannten Ausnahmen vermieden wurde. Der Obersten Heeresleitung kann der Vorwurf nicht erspart werden, daß sie bei dem von ihr grundsätzlich beliebten Beiseiteschieben der militärtechnischen Berufsorgane in dieser und übrigens auch in manchen anderen, wichtigen, das Ingenieur- und Pionierwesen angehenden Fragen nicht auf dem richtigen Wege war.

Wie bereits eingangs dieses Kapitels angedeutet, konnte im Rahmen des ganzen Wertes über die Technik der Etappe nur ein flüchtiger Überblick in großen Zügen gegeben werden. Es muß ruhigeren Zeiten vorbehalten bleiben, den ungemein umfangreichen Stoff mehr im einzelnen zu verarbeiten und alle Erfahrungen für die zukünftige Entwicklung der einschlägigen Technik nutzbar zu machen.

---

---

## B. Seekrieg.

---

---

### I. Kriegsschiffbau und Ausrüstung.

#### a. Die militärischen Grundlagen.

Von Korvettenkapitän S c h e i b e.

##### 1. Schiffsgattung und Schiffstyp.

Wie in Heere Waffengattungen, so unterscheidet man in einer Flotte Schiffsgattungen. Hier wie dort wird ihr Wesen durch Bedürfnisse und Eigenart des Kampfes, durch den Stand der Technik und der Waffenentwicklung bestimmt. Von jeher hat es eigentliche Kampfschiffe, Schiffe für Hilfszwecke der Seekriegführung und Schiffe für Verwendung besonderer Kampfmittel gegeben.

Der Verwendungszweck und die entsprechenden militärischen Anforderungen einerseits, die technischen und finanziellen Möglichkeiten, die äußeren Verhältnisse und die sich aus ihnen ergebenden natürlichen Grenzen der Erfüllung dieser Forderungen andererseits haben jeweils eine bestimmte Erscheinungsform für eine Schiffsgattung herausgebildet. Man bezeichnet sie mit Schiffstyp.

##### 2. Der Stand der Entwicklung zu Kriegsbeginn.

In früheren Zeiten erschöpfte sich der Begriff des Kampfschiffes im Linienschiff, d. h. in dem Schiff, das in der Kampflinie socht. Dann bildete sich als Gattung, zunächst allein für die selbständige Handelskriegführung gedacht, der Große Kreuzer als Panzerkreuzer heraus. Er wurde sehr bald zur Unterstützung des Flottenausrüstungsdienstes und dann in der Schlacht taktisch als schnelle Division — Schlachtentavallerie — verwendet und entwickelte sich dementsprechend zu einer besonderen Kampfschiffsgattung. Als mit Einführung des Dreadnoughttyps der Wert des Einzelschiffes stark wuchs, erhielt der Panzerkreuzer, diesem Werte entsprechend, stärkere Bewaffnung und besseren Schutz bei großer Geschwindigkeit, die ihn schon vorher als Kreuzereigenschaft auszeichnete. Die durch seine Verwendung als Kampfschiff bedingten hohen Anforderungen steigerten wiederum seine Größe und damit seinen Wert. Diese Entwicklung, die übrigens bei fast allen Gattungen im Kampfe um die Überlegenheit des Typs zu beobachten ist, näherte den Panzerkreuzer immer mehr dem

Linien Schiff an, machte ihn immer ausgesprochener zu einer Kampfschiffgattung. Schließlich war er, im Gegensatz zu seiner anfänglichen Entwicklung als Typ des Handelskrieges, reiner Flottentyp geworden. Die Handelskriegsführung wurde von kleineren Fahrzeugen übernommen. Während früher alle größeren Marinen Panzerkreuzer bauten, entwickelten ihn nach dem Übergang zum Dreadnoughtbau zunächst nur England und Deutschland, später Japan weiter. Der große geschützte Kreuzer verschwand, da er nach Einführung des Dreadnoughttyps für den Flottentkampf keine genügende Kampfkraft, vor allem nicht die erforderliche Standkraft besaß. Der militärische Nutzwert — militärischer Wert im Verhältnis zu Größe, Besatzung und Kosten — wurde zu gering. Für die Handelskriegsführung genügte ein kleineres Fahrzeug.

Als besonderes Schiff des Flottenaufklärungsdienstes bildete sich der Kleine Kreuzer heraus. Er sollte nur sehen, melden und sich gegen seinesgleichen wehren können. Dazu bedurfte er vor allem höchster Geschwindigkeit. Da der Panzerkreuzer Aufklärungsschiff blieb, mußte vom Kleinen Kreuzer Geschwindigkeitsüberlegenheit über den Panzerkreuzer gefordert werden. Der Kleine Kreuzer erhielt außerdem die Aufgabe der Torpedoboots- und Zerstörerabwehr zugewiesen. Seine Artilleriebewaffnung mußte dem angepaßt sein. Schließlich wurde er, vornehmlich in Deutschland, Träger der Minenwaffe in ihrer offensiven Verwendung. Die Geschwindigkeitssteigerung des Panzerkreuzers mit Annahme des Dreadnoughttyps (Einführung der Turbinen) und die Größensteigerung des Zerstörers mußten eine entsprechende Erhöhung der Geschwindigkeit und Verstärkung der Zerstörerabwehrtillerie — Mittelartillerie 15-cm-Schnellladegeschütz — beim Kleinen Kreuzer zur Folge haben. Damit wuchsen Schiffsgröße und -wert, so daß man schon vor dem Kriege sagen konnte: Der Kleine Kreuzer ist auf dem besten Wege, sich wieder zu einem kleinen Panzerkreuzer auszuwachsen. Mit der Größensteigerung und dem Anwachsen der Dampfstärke wurde er zu einem für die Handelskriegsführung geeigneten Fahrzeug, wenn auch hierfür besondere Typeigenschaften im einzelnen gefordert werden mußten (Dampfstrecke, Brennmaterialergänzung, Seefähigkeit, Wohnlichkeit), die auf eine Trennung zwischen Flottentyp und Handelstyp drängten.

Die mit der Größensteigerung verbundene Verminderung des Nutzwertes — Annäherung des Kleinen Kreuzers an den früheren geschützten Großen Kreuzer — führte zu einem Abbrechen des Wachstums und zur Schaffung eines kleineren Typs (England: „Arcthusa“, Deutschland: „Brummer“-Klasse, letztere nur im Kriege gebaut), bei dem die hauptsächlichsten Typeigenschaften wieder klarer herausgebildet waren: hohe Geschwindigkeit bei geringer Wasserverdrängung.

Auch der Kleine Kreuzer wurde nicht von allen Marinen gleichmäßig entwickelt und gebaut. Träger der Entwicklung war Deutschland. England setzte den Bau jahrelang aus und begann erst wieder mit der „Blanche“- und der neueren „Städte“-Klasse. Die Vereinigten Staaten bauten ihn nur als Auslands-Kreuzer. In Frankreich erscheint er seit 1899 nicht mehr. Das neueste Bauprogramm wies ihn wieder auf. In der österreichischen, italienischen und japanischen Marine bestand er in einigen wenigen Exemplaren.

Die Entwicklung des großen Torpedobootes hielt vom Kleinen Kreuzer noch lange einen großen Abstand. Nur England baute als Versuchsboot den „Swift“, einen Zerstörerzerstörer oder ein Zerstörerführerschiff, das dem neuen verkleinerten Typ des Kleinen Kreuzers nicht fern stand. Auch hier sehen wir die Berührung der Schiffsgattungen untereinander infolge der Steigerung der Typeigenschaften im Kampfe um Ebenbürtigkeit und Überlegenheit. Der Typ wurde indessen zunächst nicht angenommen. Er wurde der Vorläufer des erst im Kriege gebauten Flottilla Leaders, des Zerstörerführerschiffs.

Schon vor dem Kriege war die Rede davon, daß das Unterseeboot eines Tages das Torpedoboot ersetzen werde. Bei Kriegsbeginn konnte hiervon noch nicht die Rede sein. 1913 wurden die ersten großen seetüchtigen U-Boote für Fernunternehmungen verwendungsbereit.

### 3. Die Entwicklung während des Krieges.

Alle im Kriege fertig gewordenen Linienschiffsbauten sind bereits Friedenskonstruktionen, ausgenommen die amerikanischen. Die allgemeine Entwicklung des Typs zu einer endgültigen Einheitsform so, wie sie vor dem Übergang zum Dreadnoughttyp vorhanden war, hatte sich im Frieden bereits angebahnt. Die über die Oberdeckfläche zerstreute Aufstellung der schweren Hauptartillerie in überhöhten Doppeltürmen\*) machte allmählich, unter zusammengefaßter Aufstellung von drei und vier Geschützen in einem Turm, wieder der bei den Borddreadnoughttypen üblich gewesenen Anordnung der schweren Artillerie in zwei Gruppen im Vor- und Hinterschiff Platz, die konstruktiv und militärisch natürliche Vorzüge aufweist. In jeder Gruppe standen je zwei Doppel-Drilling- oder Vierlingtürme gegenseitig überhöht hintereinander. Zwischen diesen Turmgruppen bildete sich im mittleren Teil des Schiffes, über einer Zitadelle, die alte Kasematte wieder heraus, in der, wie bei den Borddreadnoughttypen, die von England in den ersten Dreadnoughttypen aufgegebene Mittelartillerie eine günstigere Aufstellung fand. Nach Steigerung des

\*) Türme mit 2 Geschützen in gegenseitig überhöhter Aufstellung. Drillingturm und Vierlingturm sind Türme mit je 3 und 4 Geschützen.

Kalibers der schweren Artillerie auf 38 cm (England, Deutschland) und 40 cm (Vereinigte Staaten) ging die Zahl der in einem Turm aufgestellten Geschütze wieder auf zwei herunter, so daß in der allgemeinen Anordnung der Artillerie und der Panzerung ein dem um die Jahrhundertwende ausgebildeten alten Normaltyp des Linienschiffs ähnlicher Typ entstanden ist, nur daß anstatt je eines schweren Doppelturms vorn und hinten, deren zwei in überhöhter Aufstellung vorhanden sind. In der Panzerung hatten die englischen Typen nach den Erfahrungen der Seeschlacht vor dem Skagerrak erhebliche Mängel gezeigt, so daß nach dieser Schlacht auf allen englischen Schiffen die Deckspanzerung über den Munitionskammern nachträglich verstärkt wurde. Die Panzerstärken sind allgemein etwas gewachsen. Der Unterwasserschutz hat sich unter Führung Deutschlands, das in dieser Hinsicht bei weitem an der Spitze stand, ebenfalls verbessert. Der Geschwindigkeitsdurchschnitt ist, nach vorübergehendem starken Emporschwellen bei der englischen „Queen Elizabeth“-Klasse (von 21 Knoten auf 25 Knoten) im allgemeinen etwas gehoben („Royal Sovereign“ 23 Knoten). Die Torpedobewaffnung zeigte keine nennenswerten Veränderungen. Ihre Einschätzung scheint auch in der amerikanischen Marine im Steigen zu sein. Aber die neuesten amerikanischen und japanischen Typen ist wenig bekannt geworden.

Die Entwicklung des Panzerkreuzers hat nur in England eine Neuerscheinung hervorgebracht, die auf Grund von Kriegserfahrungen entstanden ist. Ihr geistiger Urheber — ebenso wie der des englischen Dreadnoughttyps — ist Admiral Lord John Fisher. Auch die Panzerkreuzer „Renown“ und „Repulse“ tragen den Stempel der für seine Persönlichkeit bezeichnenden Hartnäckigkeit in der Verfolgung bestimmter Grundsätze, die sich zu Übertreibungen hinreihen läßt. Der Gedanke, ein Schiff fast ausschließlich auf seine Angriffskraft — Artillerie und Geschwindigkeit — konstruieren und die Verteidigungsfähigkeit — Panzerung, Sinkfesterheit — dagegen in den Hintergrund treten zu lassen, ist in ihnen noch stärker zum Ausdruck gebracht, als in den ersten Dreadnoughttypen, die man wegen ihrer augenscheinlich geringen Standkraft in der Marinekritik Englands „ten minutes ships“ genannt hat, d. h. Schiffe, die einem kampfkraftigen Gegner in 10 Minuten erliegen müssen. Oberflächlich betrachtet konnten die Erfolge der Panzerkreuzer der „Invincible“-Klasse bei den Falklands-Inseln gegen unsere Panzerkreuzer älteren Typs der „Scharnhorst“-Klasse und wohl auch der für England glückliche Verlauf des 28. August 1914 (Gefecht bei Helgoland) als eine Bestätigung der Anschauungen Lord John Fishers angesehen werden. Indessen konnte man zu einer solchen Schlußfolgerung nur gelangen, wenn man übersah, daß bei den Falklands-Inseln deutsche Schiffe

des Dreadnoughttyps, also mit einer verhältnismäßig schwachen Hauptbewaffnung, gegen englische Dreadnoughttypen mit schwerer Hauptartillerie und am 28. August englische Panzerkreuzer des Dreadnoughttyps gegen deutsche kleine Kreuzer gesichtet hatten. Seine Beurteilung erfuhr der in der Fischerischen Übertreibung liegende Fehler erst in der Schlacht vor dem Stagerraf. Hier kämpfte Dreadnoughttyp gegen Dreadnoughttyp. Die deutschen Typen, besonders die Panzerkreuzer, hielten in der konstruktiven Wertbemessung von Angriffs- und Verteidigungskraft abweichend von dem englischen Vorgehen eine mittlere Linie. Ihr Artilleriekaliber und ihre Geschwindigkeit waren etwas geringer als die der englischen Schiffe, ihre Panzerung, besonders aber ihr Unterwasserschutz erheblich besser. Nach kurzem Kampf von  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{2}$  Stunde wurden die englischen Panzerkreuzer „Indefatigable“, „Queen Mary“ und „Invincible“ durch die deutsche schwere Artillerie vernichtet. Dies geschah, trotzdem die Engländer an Schiffen zahlenmäßig um das Doppelte überlegen waren und ihre Schiffe größere Kaliber führten. Die deutschen Schiffe, die in dieser Schlacht am schwersten gelitten hatten, erreichten mit Ausnahme der „Bühow“, zum Teil mit 25 schweren Artillerie- und mehreren Torpedotreffern den Heimathafen. Die grundsätzlichen Schwächen der militärischen Konstruktionsgrundlagen im englischen Kampfschiffbau, die sich hier rächten und die in den englischen Kriegspanzerkreuzerbauten noch ausgeprägter in die Erscheinung treten, als bei den in der Schlacht vor dem Stagerraf vernichteten Schiffen, finden ihren reinsten Ausdruck in dem Wiedererstehen des großen geschützten Kreuzers während des Krieges in England. Wie schon erwähnt, war diese Schiffsgattung wegen ihres zu geringen Nutzwertes nach Annahme des Dreadnoughttyps verschwunden. Lord Fisher war es vorbehalten, sie wieder erstehen zu lassen. Ihre typischen Merkmale sind: eine sehr starke, aber wenig zahlreiche schwere Artillerie (4 — 38 cm), hohe Geschwindigkeit (32 Knoten), ein leichter Splitterpanzer des Schiffskörpers — 76 mm größte Stärke — und als Hauptbewaffnung eine zahlreiche Torpedobewaffnung (14, bei „Furious“ 18 — 53 cm Torpedorohre). Die Verwendung dieser eigenartigen Schiffe war wohl so geplant, daß sie in der geordneten Schlacht auf den Flügeln der Befechtslinie stehen und, wie die Torpedoboote, Torpedoangriffe gegen die feindlichen Linien fahren sollten. Ferner waren sie wahrscheinlich besonders für Vorstöße nach der deutschen Bucht der Nordsee, also für Unternehmungen wie am 28. August 1914, gedacht. Ihr sehr geringer Tiefgang — nur 6,5 m — läßt auf eine solche Bestimmung schließen. Gegenüber dem Torpedoboot als Träger der Torpedowaffe hat der Typ den Nachteil der Zusammenfassung einer großen Anzahl von Torpedorohren auf einem sehr wertvollen, dabei aber wenig widerstandsfähigen Bau, mit dem sie alle gleichzeitig ausfallen können, und

den geringerer Höchstgeschwindigkeit, den Vorteil des unauffälligen taktischen Auftretens, der größeren Seefähigkeit und der stärkeren Artilleriebewaffnung. Nachts ist die Möglichkeit seiner Verwendung zum Torpedoangriff sehr viel geringer als beim Torpedoboot. Der Typ ist, trotz der Betonung der Offensivaffen, ein ausgesprochener Fernkampftyp. Dies entspricht auch seinem Charakter als Torpedoschiff; der Torpedo war in der Zeit vor dem Kriege zur Fernkampfwaffe geworden. Einen unter Umständen notwendig werdenden Stoß auf die feindlichen Linien, wie ihn die deutschen Panzerkreuzer am Abend des 31. Mai 1916 zur Herbeiführung einer entscheidenden Wendung ausführten, würden die englischen Torpedokreuzer nicht wagen dürfen. Sie würden mit Sicherheit das Schicksal der am gleichen Tage vernichteten englischen Panzerkreuzer teilen, ein Schicksal, das ihnen übrigens auch im Fernkampf droht. Darnach ist ihr Wert zu bemessen. Auch diese neusten Bauten erhielten übrigens nach den schlechten Erfahrungen der Slagerratschlacht einen verstärkten Panzerschutz über den Munitionskammern. „Furious“, der an Stelle der vier 38-cm- nur zwei 45,7-cm-Geschütze führen sollte, also eine Bewaffnung, die artilleristisch sehr sonderbar erscheinen muß, wurde im Frühjahr 1917 zu einem Flugzeugmutter-schiff umgebaut. Dabei fiel die schwere Artilleriebewaffnung ganz fort. Man hatte wohl eingesehen, daß dieser Typ, ja die ganze Gattung, ein militärischer Fehlgriff war.

War die Schiffsgattung des großen geschützten Kreuzers als Schiffsgattung des Flottentampfes wiedererstanden, als die sie einstmals verschwunden war, so vollzog in England der Kleine Kreuzer die im Frieden bereits angebahnte Entwicklung zu einem dem früheren kleineren Panzerkreuzer ähnlichen Typ, wohl unter dem Gesichtspunkt des Auslandskreuzertrieges. Sollte der neue kleine Panzerkreuzertyp als Flottentyp gedacht gewesen sein, was nicht ausgeschlossen ist, da die englische Flotte noch am 31. Mai 1916 kleine Panzerkreuzer älteren Typs in der Schlacht verwendete, und zwar anscheinend gegen unsere kleinen Kreuzer, so wäre auch dieser militärische Entschluß als vollkommen verfehlt zu bezeichnen. Das schnelle, vernichtende Ende des aus kleinen Panzerkreuzern bestehenden heath'schen Geschwaders am 31. Mai zeigt das vollkommene Unmögliche des Gedankens einer Schlachtverwendung solcher Schiffe. Die im Kriege entwickelte neue englische „Raleigh“-Klasse hat eine Größe von fast 10 000 Tonnen, eine Geschwindigkeit von 30 Knoten, eine Hauptbewaffnung von sieben 19-cm-Geschützen und sechs 53-cm-Torpedorohren, anstatt von 12 Rohren der D-Klasse, ihrer Vorgänger.

Eine Auferstehung alter Gattungen sehen wir in der Wiederaufnahme des Baus von Monitoren, die zum Kampfe gegen Landbesetzungen gedacht sind. Innerhalb dieser Gattung haben sich während des Krieges in

England mehrere Typen herausgebildet, kleinere von 350 Tonnen ab, mit zwei 15-cm-Geschützen bestückt, bis zu 8000 Tonnen mit zwei 38-cm-Geschützen. Der Monitor ist nur für Küstenbeschießungen verwendbar. Andere Marinen sind der englischen im Bau der geschützten großen Kreuzer, der kleinen Panzerkreuzer und der Monitore begreiflicherweise nicht gefolgt.

Von Hilfschiffen, die in diesem Kriege mitgewirkt haben, sind als hauptsächlichste und wichtigste zu nennen: *Mineräumschiffe*, meist eine Art Fischdampfer, auch Raddampfer, die man in England trotz der bei Minentreffern bestehenden großen Gefahr des Rades verwendete, ferner *Flugzeugmutterchiffe*, von denen „*Furious*“ schon erwähnt wurde. Auch ein Kreuzer der „*Raleigh*“-Klasse ist für diese Zwecke eingerichtet. Die Flugzeugmutterchiffe werden mit der zunehmenden Wichtigkeit der Flugwaffe für Aufklärungsdienst und Artilleriebeobachtung auch auf See an Bedeutung gewinnen. Deutschland baute Handelsdampfer und kleine Kreuzer für diese Zwecke um. Die sogen. „*Patrol-Boote*“ der englischen Flotte, die der U-Bootsabwehr dienen, sind etwa 600 Tonnen große, flache und niedrige Fahrzeuge mit etwa 22 Knoten Geschwindigkeit, die einen Rammbug haben, um damit U-Boote zu vernichten. Ihre Bewaffnung besteht aus zwei Geschützen und zwei Torpedorohren achtern. In der deutschen Marine hat sich ein bestimmter Typ des *Minensucher*s herausgebildet. Für die U-Bootsabwehr stand in der Hauptsache das große Torpedoboot zur Verfügung. Erst spät kam ein Motorboot zur Verwendung.

Die Materialtransportdampfer und die zu Hilfskreuzern umgebauten Handelsdampfer können, da sie keinen besonderen Kriegsschiffstyp darstellen, hier unbefprochen bleiben.

Torpedoboot und U-Boot werden besonders behandelt. Erwähnt sei nur, daß sich während des Krieges das große Torpedoboot dem kleinen Kreuzer, das U-Boot dem Torpedoboot mehr und mehr angenähert hat.

Im allgemeinen haben sich die deutschen Baugrundsätze, sowohl militärisch wie technisch, im Kriege bewährt. Der kleine Kreuzer bedurfte, ebenso wie in England, wohl einer gewissen Zurückentwicklung zu seinen ursprünglichen Typeigenschaften. Das Torpedoboot mußte der durch das strategisch defensive Verhalten der englischen Flotte geschaffenen Lage in seinen Eigenschaften angepaßt werden. Man mußte seinen Wirkungsbereich, also den Brennstoffvorrat, vergrößern. Die Erfahrungen der Kämpfe haben bewiesen, daß unsere Schiffe in Konstruktion und Material den englischen überlegen waren. Dasselbe gilt von Bewaffnung und sonstiger Ausrüstung. Unsere Schiffskonstruktionen

waren auch militärisch besser durchdacht und durchgearbeitet, ein Erfolg unserer gründlicher und ernsthafter betriebenen Gesechisausbildung. Wir hätten nach dem Kriege wesentliches nicht zu ändern brauchen.

## b. Die technische Ausführung.

Von Martne-Baumelster Be h o l d.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 17.)

Der Sieg vor dem Stagerak ist nach dem Vorhergehenden in erster Linie ein Sieg der deutschen Taktik und Seemannschaft und der gründlichen Personalausbildung. Er ist aber nicht minder ein Sieg der deutschen Schiffbau- und Waffentechnik. Ohne Überhebung und ohne das Verdienst des schneidigen Führers und seines Personals zu schmälern, darf das Wort ausgesprochen werden: Der Erfolg der besten Ausbildung und Leistung war nur möglich durch die erstklassige Güte des deutschen Materials an Schiffen und Waffen. Die Schlacht brachte unseren von England bis dahin so viel geschmähten Marinekonstruktoren und unserer so oft als minderwertig angesprochenen Schiffbauindustrie den einwandfreien technischen Sieg und lieferte den untrüglichen Beweis für ihre Ebenbürtigkeit. Dieses Urteil haben selbst die Engländer bald anerkannt.

In diesem deutschen technischen Weltstieg haben gleichen Anteil alle Mitarbeiter im Kriegsschiffbau, all die blei- und federbewehrten geistigen Arbeiter am grünen Tisch, die in mühsamer Lebensarbeit die Erfahrungen der eigenen und fremden Marinen zusammentragen, abwägen und auswählen, um die Ideen der leitenden Konstrukteure mit deutschem Fleiß, deutscher Ausdauer und Gründlichkeit durchzuarbeiten. Gleichen Anteil haben alle Arbeiter, Angestellten und Beamten der bauausführenden Werften und technischen Institute, und die gesamte Stahl, Panzer, Maschinen, Waffen und Munition liefernde deutsche Industrie.

Die Entstehung des Kriegsschiffes. Es kann hier nicht über die Kriegsschiffbaukunst im allgemeinen, über die Riesenarbeit bis zur Entstehung des endgültigen Entwurfes, über die Bauausführung und die Typenentwicklung unserer Kriegsflotte ausführlich berichtet werden.

a) Entwurf. Es sei daran erinnert, daß jeder Schiffstyp schon im Entwurf einen der schwierigsten technischen Kompromisse darstellt. Maßgebend für den Entwurf ist die für den Bau eines Schiffes bereitgestellte Geldsumme und die jeweilig strategischen und taktischen Auffassungen. Aus

diesen ergeben sich die militärisch gestellten Forderungen an Geschwindigkeit, Artillerie, Panzerschutz und Sinkficherheit bei einem durch Kanal, Schleusen und Hasenanlagen beschränkten Displacement. Aufgabe des Konstrukteurs ist es, diese sich oft widersprechenden Forderungen in seinem Entwurf miteinander in Einklang zu bringen. Hierzu kommen bei der Ausarbeitung des Entwurfes die Formgebung, die für Geschwindigkeit, Stabilität und Fahrtelgenschaften von entscheidendem Einfluß ist, die Art des Schiffsantriebes, seine Betriebsicherheit und Reserven, Art und Verteilung der Artillerie, Sprengwirkung und Detonationsicherheit der Artillerie- und Torpedomunition, Munitionsförderung, Befehlsanlagen, Feuerleitungseinrichtungen, Durchbildung des Seiten-, Deck- und Innenpanzers, des Unterwasserschutzes und der wasserdichten Unterteilung.

Dieses ist nur eine Aufzählung von Faktoren, die der Konstrukteur an Hand der Erfahrungen und Wissenschaft beim Entwurf ständig gegeneinander abwägen muß. Hieran schließt sich die Aufstellung der Ausführungszeichnungen, wo wieder die einzelnen Forderungen und ihre Folgerung für die Bauausführung zu schier unüberwindlichen Schwierigkeiten führen.

b) Bau. Dann kommt der Ausbau des ganzen Wertes auf der Werft, an dem Hunderte von Unterlieferanten, Tausende von Handwerkern mittelbar und unmittelbar beteiligt sind.

Während dieser, Jahre erfordernden, Bauausführung muß der Konstrukteur und sein Stab ständig geistig an allen Einzelheiten des großen Baues mitarbeiten und darüber wachen, daß sie im Sinne seines Entwurfes durchgeführt werden. Alle inzwischen gemachten Einzelerfahrungen müssen nach Möglichkeit berücksichtigt werden, damit das fertigfertige Schiff auch tatsächlich modern ist. Mit Recht kann man somit das fertige Kriegsschiff als das höchststehende, vielseitigste Erzeugnis von technischer Kunst und Wissenschaft bezeichnen.

c) Bewertung. Die Bewertung des fertigen Schiffes läßt sich nicht in mathematische Formeln zwingen. Sie ist selbst beim Vergleich mit ähnlichen Typen fremder Marinen nur dann möglich, wenn all die Erwägungen bekannt sind, die dort für die Wahl, Anordnung und Ausführung der technischen Einzelheiten maßgebend waren. Die Geheimnisse der mit Riesenschritten fortschreitenden Entwicklung der technischen Einzelheiten, die Ermittlung ihrer Bedeutung und ihre schnelle Nutzenwendung bleibt die Kunst des Konstrukteurs. Das Endurteil für die Richtigkeit seiner Anordnungen kann nur der Erfolg einer Schlacht gegen gleichwertiges Material liefern. Daß unsere deutschen Konstrukteure richtige Wege gegangen sind, das hat die Bewährung unseres Kriegsschiffmaterials in der Schlacht am Stagerrat bewiesen.

Heute, drei Jahre nach dem Siege der deutschen Technik, mehrten sich

selbst bei den Briten die Stimmen der Anerkennung für unsere deutsche Kriegsschiffbautunft.

Wie ganz anders hörten sich noch im Frühjahr 1916, also kurz vor der Schlacht vor dem Skagerrak, die Berichte in den englischen Fachzeitschriften „Naval and military Record“ und „Engineering“ an. Da wurden unsere neuesten Großkampfschiffe Klasse für Klasse als minderwertige Nachahmung der um zwei Jahre älteren englischen Parallelklassen hingestellt. Dabei sind die Dreadnoughts keineswegs eine englische Erfindung. Die englischen all one big calibre gun ships sind den Ideen und Veröffentlichungen des Italieners Cuniberti nachempfunden. Allerdings kann England in Anspruch nehmen, als erste Marine Großkampfschiffe gebaut zu haben, aber die Ausführung des Typschiffes „Dreadnought“ war, wie selbst englische Quellen zugeben, schiffbaulich mangelhaft, ihr Hauptkennzeichen, der Verzicht auf die Mittelartillerie, blieb in der Schiffbaupolitik ohne Nachahmung.

Dieser Sprung in der Entwicklung der Kampfschiffstypen, welcher vollkommen aus dem Rahmen der bisherigen Entwicklung fiel, lenkte die gesamte Schiffbaupolitik der Welt in neue Bahnen. Die neue Ara im Kriegsschiffbau entwertete das bisherige Material an Kampfschiffen. Den Seemächten wurde die Ausnahme des Milliardenwettstreites maritimer Rüstungen von England aufgezwungen.

Deutschland braucht sich dessen nicht zu schämen, daß in der Schiffstypenfrage die Führung bei England lag, das seit etwa einem Jahrhundert die führende Seemacht ist, und im Gegensatz zu uns durch fast unbeschränkte Geldmittel dazu in der Lage war, schnell Konstruktionen zu verwirklichen, die den plötzlich auftretenden Frontbedürfnissen gerecht werden. Deutschland konnte aus politischen Gründen das Wetttrüben durch Überbieten der englischen Entwürfe an Größe und Artillerie nicht mitmachen. Es mußte bei den finanziellen Einschränkungen Schiffe schaffen, deren Wert Jahrzehnte überdauerte, es mußte andererseits bei seiner beschränkten Schiffszahl darauf sehen, daß die neuen Typen den gleichzeitig gebauten Schiffen der rivalisierenden Mächte mindestens gleichwertig waren.

Als England sein erstes Großkampfschiff 1905 in Bau nahm, war die Geheimhaltung aller Neubauten in England bereits mit sichtlichem Erfolg durchgeführt. Die deutschen Konstrukteure waren daher darauf angewiesen, aus den Parlamentsberichten, den Presseäußerungen und Agentennachrichten ein allgemeines Bild über Englands Absichten in der Typenentwicklung zu gewinnen. Die erhaltenen Angaben waren aber zum Teil unzuverlässig, zum Teil irreführend. Die Ausführung unserer Entwürfe erfolgte daher nicht in Nachahmung englischer Ausführungen, sondern nach selbständigen Gesichtspunkten über die Art der Armierung, Geschüßaufstellung, Panzerschuß, Torpedoschuß und Geschwindigkeit.

England begünstigte die Entwicklung der Bewaffnung und Geschwindigkeit auf Kosten der Panzerung, während wir dem Panzerschuß, d. h. der Panzerdicke, der sachgemäßen Anordnung des Seiten-, Innen- und Deckpanzers, dem Torpedoschuß und der Innenteilung besondere Aufmerksamkeit schenkten.

Den auffallend guten Über- und Unterwasserschuß erhielten unsere Schiffe auf Grund umfangreicher und kostspieliger Sprengversuche und Beschießungen von Zielschiffen, die bereits vor dem Übergang zum Großkampfschiffbau zu einem gewissen Abschluß gekommen waren. Auf diesen Versuchsständen und -schiffen wurden in einzelnen Abteilungen Längs- und Querschotte, Zellen und Panzer so angeordnet, wie es der beabsichtigten Bauweise entsprach. Die wissenschaftliche Bearbeitung der damit angestellten Schieß- und Sprengversuche ergab für unsere Konstrukteure ständig brauchbare Anregung für die Neuentwürfe. England hat derartige Versuche nur in kleinem Umfang und erst während des Krieges angestellt, so daß nur auf den in den letzten Jahren gebauten englischen Schiffen in beschränktem Maße ein leistungsfähiger Unterwasserschuß vorgesehen ist. Deutschland bevorzugte ein System von gepanzerten Längschotten mit außerhalb derselben liegenden Kohlenbunkern und Luftzellen, während England einen Schuß ausgebildet hat, der aus einem außerhalb des Schiffes angebrachten System von Luft- und Wasserzellen (genannt: blister) besteht.

In der Geschwindigkeit waren bei etwa gleichem Displacement die englischen Schiffe etwas überlegen; ihre Armierung steigt von zehn 30,5-cm- zu zehn 34,3-cm- und acht 38,1-cm-Kanonen. Die Mittelarmierung fehlt beim Typschiff Dreadnought ganz und steigt dann von sechzehn 10,2-cm- auf sechzehn 15,2-cm-Kanonen, während wir bei der Nassau-Klasse noch zwölf 28-cm-, dann zwölf bzw. zehn 30,5-cm-Kanonen beibehielten, bis zur „Baden“ und „Bayern“, die je acht 38-cm-Kanonen bekamen.

Die Mittelarmierung ist bei uns ständig mit zwölf, vierzehn oder sechzehn 15-cm-Kanonen vorhanden.

Der stärkste englische Panzer ist erst von „Queen Elizabeth“ an 343 mm, während schon unsere „Kaiser-Klasse“ 350 mm Seitenpanzer trägt.

Es stehen also immer den schwer bestückten, aber leichter gepanzerten britischen Schiffen leichter bestückte und stärker gepanzerte deutsche gegenüber.

Und wie steht es mit unseren kleinen Kreuzern?

Vom ersten Typschiff „Gazelle“, also vom Jahre 1898 an, nimmt ihre Entwicklung einen stetigen, zielbewußten Gang. Mit steigendem Displacement (von 2600 bis 5600 Tonnen) steigt auch die Geschwindigkeit (von

19 auf 28 Knoten). Die Bewaffnung, zehn bzw. zwölf 10,5-cm-Kanonen, bleibt die gleiche. Erst während des Krieges geht man in Deutschland zu 15-cm-Kanonen auf Kleinen Kreuzern über, also wesentlich später als in der englischen Marine. Doch gerade der Übergang zum 15-cm-Geschütz auf Kleinen Kreuzern war bereits seit Jahren eine militärischerseits viel umstrittene Frage. Der Vorteil der Einheitspatronen und der damit verbundene Vorteil der größeren Feuergeschwindigkeit beim 10,5-cm-Geschütz, sowie die Möglichkeit, ohne erhebliche Displacementssteigerung eine größere Anzahl Geschütze aufzustellen, ließen jedoch immer wieder dieses Geschütz beibehalten.

Auch unsere Kleinen Kreuzer haben sich durchweg als seetüchtige und zweckentsprechende Schiffe bewährt und bei den verschiedensten Gelegenheiten ihre technische Güte bewiesen. Die stetige Entwicklung ihres Typs ist von unseren Gegnern, in Sonderheit den Engländern, neidisch verfolgt und wiederholt anerkannt worden.

Das Ergebnis der beiderseitigen Rüstungen war, daß wir vor dem Skagerrak mit 18 Großkampfschiffen, 5 Schlachtkreuzern und 6 älteren Linienschiffen, das ist mit hundertundzehn 28-cm- und hundertvierundfünfzig 30,5-cm-Geschützen, erschienen; England mit 30 Großkampfschiffen, 6 Schlachtkreuzern und 4 älteren Panzerkreuzern, das ist hundertdreißig 30,5-cm-, hundertfünfzig 34,3-cm- und sechzig 38-cm-Geschützen.

England mußte trotz dieser zahlenmäßigen Übermacht an Schiffen und Geschützen die bittere Erfahrung machen, daß nicht die Anzahl und Größe der Schiffe und nicht die Anzahl und das Kaliber der Geschütze für den Ausgang der Schlacht allein maßgebend waren, sondern neben ihnen eine ganze Reihe von anderen Faktoren, in denen unsere Schiffe dank der gewissenhaften Durchbildung technischer Einzelheiten überlegen waren.

Wie verhalten sich nun die beiderseitigen Verluste in der Schlacht vor dem Skagerrak?

Zunächst auf deutscher Seite:

„L ü g o w“, die als Spitzenschiff fuhr, erhielt einen Torpedotreffer und etwa 16 schwere Granattreffer. Das Schiff wurde gegen Abend kampfunfähig und sackte auf dem Rückmarsch vorn schließlich auf 13 m Tiefgang, so daß seine Geschwindigkeit auf 12 Knoten beschränkt wurde. Trotzdem hielt sich „L ü g o w“, zuletzt mit 8000 Tonnen Wasser im Schiff, noch über sieben Stunden und mußte schließlich aus rein militärischen Gründen nach Ausschiffung der Besatzung vom eigenen Kommando gesprengt werden.

„P o m m e r n“, ein älteres Linienschiff der Vor-Dreadnought-Klasse, und der Kleine Kreuzer „F r a u e n l o b“ sanken infolge Torpedotreffer.

Der kleine Kreuzer „*Elbing*“ ist beim Durchbruchversuch von der „*Pommern*“ gerammt worden und sank darauf.

Der kleine Kreuzer „*Rostock*“ wurde durch einen Torpedotreffer kampfunfähig, schwamm aber noch sechs Stunden; die Besatzung wurde gerettet. Das Schiff selbst mußte von unseren eigenen Torpedobooten noch drei Torpedoschüsse erhalten, ehe es sank.

Der kleine Kreuzer „*Wiesbaden*“ wurde beim Vorstoß der kleinen Kreuzer auf die entwickelte englische Panzerkreuzerlinie zunächst lahm geschossen, hielt sich aber längere Zeit schwimmend und sank schließlich, ohne hoch zu gehen.

Das heißt: Von sechs verlorenen Schiffen ist nur das ältere Linienschiff „*Pommern*“ in die Luft geflogen, zwei Schiffe haben sich schwer beschädigt noch viele Stunden halten können.

Die englischen Verluste. Dagegen haben die Engländer unter der überraschenden Wirkung der deutschen Artillerie schwer gelitten: drei britische Schlachtkreuzer wurden bereits im Entwicklungsstadium der Schlacht vernichtet.

Der Schlachtkreuzer „*Queen Mary*“ ist durch zwei das Schiff in der Mitte treffende Salven schwersten Kalibers infolge Explosion der Munitionskammern in die Luft geflogen. Das Schiff klappte auseinander, dann erschien eine Detonationswolke von 800 bis 900 m Höhe, aus welcher die Stichflammen herausschlugen. Als sich der Qualm verzogen hatte, war von dem Schiff nichts mehr zu sehen. Ebenso erging es „*Invincible*“, während „*Indefatigable*“ nach einem Salventreffer vorn und hinten explodierte und schließlich kenterte. Ferner wurden zusammengeschoffen die Panzerkreuzer „*Warrior*“, „*Defence*“ und „*Black Prince*“.

Technisches Ergebnis der Schlacht. Aus diesen Tatsachen läßt sich ein endgültiges Urteil über alle Einzelheiten des Kriegsschiffbaues natürlich noch nicht fällen; das wird erst möglich sein, wenn nach Jahren die Einzelheiten der beiderseitigen Konstruktionen und die Gründe bekannt sind, die im einzelnen für die Anordnungen maßgebend waren. Doch schon heute ergibt der Vergleich der beiderseitigen Verluste und Beschädigungen folgendes Bild (vgl. auch Abb. Tafel 19):

Die Wirkung der schweren Treffer auf den deutschen Schiffen zeigt durchweg, daß die englische Munition minderwertig war. Die Granaten kreppten zum Teil nicht, zum Teil außerhalb des Panzers, während die deutschen Zünder die Geschosse erst explodieren ließen, nachdem sie den Panzer durchschlagen hatten. Die Art und Verpackung der englischen Pulvermunition und ihr ungenügender Schutz stellte sich als eine dauernde Gefahrquelle für das ganze Schiff heraus. Der englische Panzer war in Anordnung und Dickenabmessung der schwächeren deutschen Bestückung unter-

legen, während der deutsche Panzer sich in der von den Konstrukteuren gewählten Anordnung, Dickenabmessung und Güte auch den schwersten englischen Kalibern gegenüber bewährte. Der Panzer von 350 mm ist selbst nicht von 38-cm-Granaten auf 10 bis 15 km Entfernung durchschlagen. Drei englische Großkampfschiffe flogen in die Luft, drei weitere Große Kreuzer wurden restlos zusammengeschoffen.

Englisches Urteil. England hat seine Überhebung in der Beurteilung unserer Konstruktionen bitter bereuen müssen. Lord Jellicoe gibt jetzt in seinem Buch „Die große Flotte“ die vielen Mängel und Schwächen zu, die der bisher als das unvergleichlich mächtigste Kriegswerkzeug gerühmten „Großen Flotte“ anhafteten.

Er sagt wörtlich:

„Unseren Kreuzern fehlte es an Geschwindigkeit, die für die Aufklärung verlangt wird. — Der Panzer unserer Schlachtkreuzer stand dem der deutschen Schiffe ähnlicher Art nach, weil er an Bug und Heck und unter Wasser nur ungenügend Schutz gab. Als „Audacious“ auf eine Mine lief, hatten so viele der Großkampfschiffe Mängel entwickelt, daß der Unterschied zwischen uns und den Deutschen unangenehm klein war. Das war der Grund, weshalb der Verlust der „Audacious“ so lange wie möglich verheimlicht wurde. — Während des ganzen Krieges sind englische Großkampfschiffe, die auf Minen liefen oder torpediert wurden, selten durchgekommen. — Der Feind besaß ein äußerst wirksames, panzerbrechendes Geschöß mit Zeitzündung, der die Granaten erst innerhalb des Panzers plagen ließ. Ihre Scheinwerfer waren besser als unsere und zeigten alles, außer ihren eigenen Schiffen. — Sie hatten bemerkenswerte Leuchtgranaten, die wir damals noch nicht kannten. Sie hatten eine gute Feuerleitungsanlage für ihre Mittelartillerie. Die Anbringung unserer entsprechenden Anlagen hatte infolge von Fabrikations- und Arbeiterschwierigkeiten eben erst begonnen.“

Wenn Jellicoe bestätigt, daß Minen und Torpedos den englischen Schiffen stets verhängnisvoll wurden, so dürfen wir im Gegensatz dazu betonen, daß infolge unseres hochentwickelten Unterwasserbuches trotz zahlreicher Unterwasserverletzungen im Kriege kein einziges unserer Großkampfschiffe durch Torpedo oder Mine vernichtet oder kampfunfähig wurde. „Goeben“ hat sogar einmal gleichzeitig zwei, dann drei Minenverletzungen erlitten, der kleine Kreuzer „Breslau“ sogar fünf, ohne daß die Schiffe dadurch kampfunfähig wurden.

Jellicoes Ausführungen beweisen, daß sich das deutsche Schiffs- und Geschützmaterial dem britischen nicht nur gewachsen, sondern überlegen gezeigt hat, also auch unsere Baupolitik, d. h. die Bevorzugung der Forderung für Schutz und Sicherheit und damit der Standkraft

gegenüber den Offensiv Eigenschaften, Artilleriebewaffnung und Geschwindigkeit, gerechtfertigt war.

#### Bautätigkeit im Kriege.

a) Großkampfschiffe und Große Kreuzer. Gleich in den ersten Kriegsmonaten wurden beschleunigt die vier Großkampfschiffe der „König“-Klasse und „Derfflinger“ fertiggestellt und in die Front eingereiht. 1915 folgte „Lübow“ (Tafel 17,2), 1916 „Baden“ und „Bayern“ (Tafel 17,1), 1917 „Hindenburg“. Alle diese Schiffe sind Bauten, die bereits vor Kriegsbeginn in Auftrag gegeben wurden. Ihre Konstruktionen gehen auf die Etatsjahre 1911 bis 1913 zurück. „Bayern“ und „Baden“ sind die ersten Schiffe der deutschen Flotte mit 38-cm-Kanonen. Leider war es ihnen nicht vergönnt, in der Seeschlacht mitzuwirken.

b) Kleine Kreuzer. An Kleinen Kreuzern traten 1915 und 1916 zur Flotte: „Graudenz“, „Regensburg“, „Pillau“, „Elbing“, „Wiesbaden“ und „Frankfurt“, diesen folgten nach der Schlacht vor dem Skagerrak als Ersatzschiffe die neuen „Königsberg“, „Karlsruhe“, „Emden“, „Nürnberg“, „Eöln“ (Tafel 17,3) und „Dresden“.

„Pillau“ und „Elbing“ sind aus den bei Schichau bei Kriegsausbruch in Bau befindlichen russischen Kreuzern „Murawjess Amurski“ und „Admiral Newekstoy“ entstanden; die übrigen Schiffe sind, soweit sie nicht schon in Bau waren, nach Konstruktionsunterlagen gebaut, die bereits vor Kriegsausbruch festlagen. Selbstverständlich sind bei ihrer Bauführung alle inzwischen gemachten technischen und militärischen Erfahrungen berücksichtigt worden. Ihre Bauzeiten sind zum Teil wesentlich kürzer als die der reinen Friedensbauten, an Güte stehen sie ihnen nicht nach. Ein ganz neuer Typ, eine reine Kriegskonstruktion, sind die beiden Minenschiffe „Brummer“ (Tafel 17,4) und „Bremse“, die unter Verwendung von ursprünglich für einen russischen Kreuzer bestimmten Turbinenanlagen entstanden. Bei einer Minenausrüstung von über 300 Minen und einer Armierung von vier 15-cm- und zwei 8,8-cm-Kanonen sowie zwei Decktorpedorohren sollten sie 28 bis 30 Knoten Geschwindigkeit erreichen. Im Äußereren mußten sie mit Rücksicht auf ihren Verwendungszweck im feindlichen Küstengebiet den neuesten englischen Kleinen Kreuzern möglichst ähnlich sein. Diese Aufgabe verlangt, zusammen mit der Forderung einer kurzen Bauzeit, eine möglichst Leichtigkeit, möglichst einfachen Bau und weitgehende Verwendung von vorhandenem Baumaterial. Die Vulkanwerke haben zur vollständigen Herstellung dieser beiden Schiffe vom Tag der Kiellegung an gerechnet rund 12 Monate gebraucht.

### Inanspruchnahme der Werften.

a) Neubauten. Die beschleunigte Fertigstellung der ausgeführten 9 großen Schiffe und 14 kleinen Kreuzer stellte naturgemäß an die Bau- und Ausrüstungswerften sehr hohe Anforderungen. Leider mußte, wie bekannt, der Großschiffbau im Laufe des Krieges mehr und mehr eingestellt werden, weil die Werften insolge anderer Anforderungen der Kriegführung, insonderheit durch die Reparaturen an den in Gefechten beschädigten Schiffen und durch den Neubau von Torpedobooten, Minensuch- und -räumbooten, vor allem aber durch den ausgedehnten Neubau von U-Booten bis an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit beansprucht wurden.

b) Mobilmachungsarbeiten auf den Kriegsschiffen. Zudem bildete der Neubau nur einen Teil der Arbeit unserer Werften, die neben der Umstellung von Friedens- auf Kriegsbetrieb, also neben den Mobilmachungsarbeiten, weiter lief. Denn in ununterbrochener Tages- und Nachtarbeit waren zu Kriegsbeginn alle Kräfte aufs äußerste beansprucht, unsere Kriegsschiffe kriegsmäßig auszurüsten. Hierhin gehört der Ausbau und die Bombardgabe von vielen Einrichtungen und Gegenständen, die während des langen Friedens zur Bequemlichkeit und Wohnlichkeit für die Besatzung vorgesehen waren, und die Auffüllung der zum Kriegsbetrieb erforderlichen Materialien, Kohle, Brennstoff, Schmieröl, Reserveteile der Maschinen und Kessel, Artillerie- und Torpedoeinrichtung, die Kriegsmunition, Frisch- und Dauerproviant, die Ausstattung der Gefechtsverbandplätze, Ausrüstung der Schiffe mit Nebelapparaten zum Schutz gegen feindliche Sicht, mit Rettungsflößen und anderem mehr.

Daneben läuft die Bereitstellung der vielen für die Kriegführung sofort nötigen Hilfsschiffe, Ausrüstung von Frisch- und Verteilungsdampfern des Friedensbetriebes zu Sperrbrechern, Vorpostenbooten, Flugzeugmutter- und Fesselballonschiffen, Hilfsminensuchdampfern, Lazarett-, Werkstoff- und Truppentransportschiffen und schließlich der Umbau von Handelsschiffen zu Hilfskreuzern.

Alles dieses sind große technische Arbeiten, die in kurzer Zeit geleistet wurden.

Um ein Beispiel zu geben: Der Fracht- und Passagierdampfer „Bosnia“ wurde in sechs Wochen zum modernen Werkstattdampfer umgestaltet, das im Troß der Flotte unter Leitung von zwei höheren technischen Beamten selbst größere Reparaturen spielend erledigen konnte. Da war ein großer Laderaum zur modern eingerichteten Schmiede und Gießerei geworden, in den anderen Laderäumen waren Schiffbau- und Maschinenbauwerkstatt, Schlosserei und Tischlerei untergebracht. Autogene Schneid- und Schweißapparate, Preßluftwerkzeuge und ein großes Lager an Material vervollständigten die Ausrüstung.

d) Hilfskreuzer. In das gleiche Kapitel gehört der Umbau und die Ausrüstung zahlreicher Hilfskreuzer. Unter ihnen leuchten die Namen: „Möve“, „Wolf“, „Königin Luise“, „Meteor“, „Falle“, „Seeadler“.

Das waren plötzliche Anforderungen unserer Kriegführung an die Technik. Was diese Schiffe auf ihren Kreuzfahrten geleistet haben, ist zur Genüge bekannt, weniger aber die Entstehung dieser Heldenschiffe aus harmlosen Frachtdampfern und die vielseitige technische Arbeit, die in der sachgemäßen Auswahl und Ausrüstung jedes dieser Schiffe für seinen Sonderzweck liegt. Der Hilfskreuzer muß sich äußerlich unkenntlich machen und seine Bewaffnung verbergen können. Diese Forderung allein gibt eine ganze Reihe von einzelnen technischen Aufgaben: Ein oder mehrere Pseudoschornsteine müssen leicht aufstellbar und wegnehmbar sein, die Masten müssen so eingerichtet sein, daß sie verkürzt oder verlängert und mit Raaken und Gaffeln versehen werden können. Ein Teil der Aufbauten und der Reeling müssen als Scheinaufbauten und Scheinreeling so ausgeführt werden, daß die aufgestellten Geschütze und Torpedorohre sich leicht dahinter verbergen lassen. Die Hauptarbeit bringt die sachgemäße Abergholung und Ausrüstung von Schiff und Maschine mit allem, was für eine Reise erforderlich, die auf ein Jahr und länger keine Möglichkeit bietet, am Schiffskörper und an den Maschinen wesentliche Reparaturen auszuführen. Dazu kommt die Ausrüstung mit dem nötigen Inventar, Material und Reserveteilen, der Einbau entsprechender Kohlenbunker mit möglichst bequemen Kohlenübernahme- und Transporteinrichtungen, Vorkehrungen, um die Selbstentzündung der Kohle zu vermeiden und Kohlenbrände schnell zu ersticken, Unterbringung von Wasser und Vorräten. Das Schiff selbst muß mit Geschützen, Torpedos und Minen ausgerüstet werden. Dazu gehören Geschütz- und Torpedorohrunterbauten und Pforten, Minenabwurfeinrichtung, Munitionstammern mit Isolation, Lüftungs-, Kühlungs-, Flut- und Staueinrichtungen, Munitionsaufzüge, Funkentelegraphie- und Unterwasserschallsignaleinrichtungen, versenkbare Scheinwerfer, Motor- und Rettungsboote, Ausrüstung zum Kabelsuchen und Kabelschneiden, ferner der Einbau von Proviant- und Trinkwasserlasten, Küchen, Klosett, Lazarett, Bade- und Apothekeneinrichtungen.

Mobilmachung von Hilfskreuzern im Ausland. Etwas anders liegen die Verhältnisse mit den Hilfskreuzern „Kaiser Wilhelm der Große“ und „Eitel Friedrich“. Sie hatten keine Gelegenheit, im Heimathafen sich umbauen und ausrüsten zu lassen. Unvorbereitet traf sie ihr Mobilmachungsbefehl. In wenigen Tagen waren sie bewaffnet, mit Munition und Proviant versehen und imstande, ihren erfolgreichen Kreuzerkrieg aufzunehmen. Der Hilfskreuzer „K a p T r a

„Cap Trafalgar“ lag sogar bei Kriegsausbruch in Buenos-Aires und trat, nur notdürftig mit Kohlen versehen und ohne besonderes Ausrüstungsmaterial an Bord, die Fahrt zum Herstellungsort an. Kaum außer Sicht von Land, wurde das Schiff durch Abnahme des dritten Schornsteins und Veränderung der Aufbauten und des Anstriches unkenntlich gemacht. „Cap Trafalgar“ traf zur bestimmten Zeit das Kanonenboot „Eber“, nahm in zwei Tagen dessen Kanonen, Munition, Proviant und Kohlen sowie Befahrung an Bord und stand nach Sprengung des „Eber“ zum Kreuzerrieg bereit.

In ähnlicher Weise wurde der Hilfskreuzer „Kronprinz Wilhelm“ vom Kreuzer „Karlsruhe“ auf See in zwei Tagen bewaffnet und ausgerüstet.

Während „Cap Trafalgar“ und „Kaiser Wilhelm der Große“ bereits nach wenigen Wochen der englischen Gegenwirkung zum Opfer fielen, haben „Prinz Eitel Friedrich“ und „Kronprinz Wilhelm“ sieben und acht Monate lang die Ozeane unsicher gemacht. Ohne einen Hafen anzulaufen, um ihre Borräte zu ergänzen, und ohne die Möglichkeit zu haben, an ihren Maschinen und Kesseln große Reparaturen ausführen oder in einem Dock ihren Schiffsboden reinigen zu können, haben sie über 30 000 Seemeilen zurückgelegt und 12 bzw. 15 feindliche Dampfer mit zusammen 94 000 Tonnen versenkt.

Das sind Leistungen, die eben nur möglich waren bei gutem Schiffsmaterial und einer schon beim Bau als Handelsdampfer von unseren deutschen Werften technisch wohl durchdachten und vorbereiteten Verwendung als Hilfskreuzer.

Bewährung unserer Auslandskreuzer. Nicht viel anders ging es unsern kleinen Kreuzern „Leipzig“, „Emden“, „Dresden“, „Karlsruhe“ und „Königsberg“; sie alle traf der Befehl zum Kreuzerrieg ziemlich unvorbereitet im Auslande und auf hoher See. Auch sie mußten den monatelangen Kreuzerrieg führen ohne Anlaufen eines Stützpunktes, ohne Kohlenstation, ohne Verbindung mit der Heimat, ohne Möglichkeit, in gesichertem Dock Ausbesserungen vorzunehmen. Die Schiffe konnten ihre militärische Aufgabe, den feindlichen Handel und Verkehr zu stören und feindliche Streitkräfte fern von der Heimat im Bewachungs- und Verfolgungsdienst zu binden, glänzend erfüllen, weil sie technisch erstklassiges Material und erstklassige Arbeit darstellten. Daß sie schließlich nach monatelangen Fahrten und Versenkung von 57 Schiffen mit rund 200 000 Tonnen, wie das geheßte Wild der Meute, zum Opfer fielen, war kein technischer Versager, sondern bedingt durch die systematische Einkreisung, an der rund 70 feindliche Kriegsschiffe sich beteiligten.

Auch „Goeben“ und „Breslau“ waren nach ihrem Durchbruch nach Konstantinopel zunächst technisch nicht viel besser gestellt als die anderen Auslandskreuzer; denn was die Türkei zu Beginn des Weltkrieges an Werkstätten besaß, war äußerst kümmerlich. Die englische Marinekommission hatte zwar zum Aufbau einer modernen Werft Haufen von Werkzeugmaschinen, Werkzeug und Baumaterial angeliefert, aber moderne Quais, Docks und Werkstätten fehlten, und ohne sie war all das teure, gut verpackte Material wertlos. Dazu kam das natürliche Mißtrauen der Türken gegen alles Neue, ihre Eigenliebe und Einfalt, die unseren Marinetechnikern viel Kummer und Arbeit bereiteten, bis die Werftanlagen halbwegs als solche anzusprechen waren. Trotzdem bleiben die beiden Reparaturen der „Goeben“ Anfang 1915 und 1916 große technische Leistungen.

Im Dezember 1914 erlitt „Goeben“ durch die Explosion von zwei russischen Minen Verletzungen, von denen die größere einen Umfang von rund 60 qm hatte. Aus militärischen und politischen Gründen mußte damals der Umfang der Beschädigung auch den Türken gegenüber streng geheim gehalten werden. Die Vorbereitungen zur Vornahme der Reparaturen wurden daher so weit wie möglich ausgeführt, ohne daß das Schiff an die Werft ging, ja es unternahm sogar ab und zu trotz der Verletzungen aus politischen Gründen noch kürzere Fahrten in das Schwarze Meer. Zur Ausführung der Unterwasserarbeiten fehlte jegliche Dockgelegenheit; an die lecken Stellen wurden daher besondere eiserne Leckkästen gelegt. Anfang Februar waren die Vorbereitungen getroffen, die Ausführung der umfangreichen Arbeiten vollzog sich trotz vieler Schwierigkeiten, die eben in den türkischen Verhältnissen bedingt waren, ziemlich glatt. Ende März war das Schiff bis auf innere Arbeiten, die hinausgeschoben werden konnten, fertig. Das zweite Leck war, um die eigentlichen Wiederherstellungsarbeiten abzukürzen, nur provisorisch mit Holz gedichtet. Das Schiff stand zunächst zu neuen Unternehmungen bereit, die Reparatur der zweiten Verletzung wurde später gelegentlich in zwei Wochen durchgeführt.

Schwieriger waren die 1916 nötigen Arbeiten zum Beseitigen der Lose in den Wellenlagern, welche die Verwendung des Schiffes behinderten. Auch hierzu mußten besondere Leckkästen gebaut und angebracht werden, welche Schrauben, Wellenbock und Welle umfaßten, und in welche nach Abnahme der Naben die Wellen hineingezogen werden konnten. Der Bau der recht schwierigen Kästen war in rund vier Wochen beendet; das Anbringen und Abdichten erforderte nur vier Tage, und in weiteren vier Wochen war die Arbeit an jeder Schraubenwelle erledigt, die Kästen abgenommen und das Schiff wieder voll fahrbereit.

Bergung der „Rheinland“. Eine ähnlich schwierige technische Aufgabe bildet die Bergung des Linienschiffes „Rheinland“, das Anfang April 1918 auf der Fahrt nach Reval im Nebel vor dem Leuchtturm von Tagstär auf eine schräge Felsplatte rannte. Das Schiff saß mit der vorderen Schiffshälfte auf, während das Heck frei überhing. Die Außenhaut und der Innenboden waren in erheblichem Umfang beschädigt, die drei Heizräume und fast alle unteren Räume im Vorschiff zwischen den Torpedoschotten waren vollgelaufen. Mit Hilfe von Pumpendampfern gelang es, zunächst einen großen Teil der leeren Räume zu lenzen und zu dichten. Um das Schiff vom Felsen abzuheben, blieben dann immer noch rund 9000 t durch Leckdichtung, Leichterung und Hebelkästen zu bewältigen. Erschwert wurde die Arbeit dadurch, daß das Schiff glatt auf dem Felsen aufsaß, die verletzten Teile des Bodens demnach nicht zugänglich waren, nicht von außen her gedichtet werden konnten und auch ein Durchnehmen von Trossen und Bändern für das Anbringen von Hebelkästen im Bereich des aufliegenden Teils nicht möglich war.

In Anbetracht der weiten Entfernung von den Stützpunkten und den daraus sich ergebenden Schwierigkeiten, Hilfsmittel von den heimischen Werften heranzuschaffen, bestand wenig Aussicht, das Schiff vor Einsetzen der Sturmperioden frei zu bekommen. Bergungsgesellschaften lehnten daher die Übernahme der Bergung ab. Um so mehr ist es anzuerkennen, daß die technischen Marinebehörden die Aufgabe selbst mit vollem Erfolg durchführten. Rund 6400 t wurden durch Abgabe von Kohlen, Munition, Inventar, Ausbau von Seitenpanzer, Turmpanzer, Geschützen und Geschützteilen geleichtert. Der Rest an fehlendem Auftrieb wurde durch acht eiserne Schwimmkästen von je 650 bzw. 750 t Hebekraft ersetzt, die durch entsprechende Konsolen und Gurtbänder kunstgerecht am Vor- und Hinterschiff angebaut wurden.

Dank der umsichtigen technischen Leitung und aufopfernden Hingabe aller beteiligten Kräfte gelang es, allerdings sehr vom Wetter begünstigt, das Schiff in rund 15 Wochen vom Felsen abzuheben und nach Kiel zu schleppen.

Deutscher Schiffbautechnik und deutscher Arbeit war es damit geglückt, fern von der Heimat und mit beschränkten Mitteln und Personal auch auf dem Gebiete der Schiffbergung Hervorragendes zu vollbringen. Diese Arbeit tritt würdig neben die Leistungen unserer heimatischen Werften auf dem Gebiete des Neubaus, Umbaus und der Reparatur.

Technische Bewährung unserer Werften, ihrer Arbeiter und Beamtenstämme. Die Leistungsfähigkeit der Staats- und Privatwerften ist aber letzten Endes nur möglich gewesen durch

einen in langer Friedensarbeit gut geschulten und zu erstklassiger Arbeit erzogenen Stamm von Facharbeitern, Aufsichtsbeamten und Konstruktionsingenieuren. Diesen Stamm geschaffen und vorgebildet zu haben, ist das Verdienst der technischen Leiter unserer Werften. Welche unendliche Arbeit mehrerer Menschenalter hat aber dazu gehört, all die Facharbeiter auf den verschiedensten technischen Sondergebieten heranzubilden. Wir dürfen dabei nicht vergessen, daß der Eisenschiffbau überhaupt erst vor rund 40 Jahren, Anfang der achtziger Jahre, aufgekommen ist. Kein technisches Gebiet hat eine so schnelle Entwicklung durchgemacht, wie der Kriegsschiffbau. Kein technisches Gebilde ist so vielseitig und umfassend geworden, wie das moderne Kriegsschiff. Wie auf so vielen technischen Gebieten hat aber auch im Kriegsschiffbau deutsche Gewissenhaftigkeit und deutsche Genauigkeit den deutschen Weltruf gesichert. Daß unsere Schiffkonstruktionen, ihre technischen Einzelheiten und Einrichtungen im Weltkriege die Feuerprobe bestanden, daß die deutsche Technik und die deutschen Werften stolz auf die Bewährung ihrer Arbeit im Weltkriege sein dürfen, das verdanken wir der schöpferischen Kraft, Initiative, Organisationsfähigkeit, Ausdauer und Systematik unserer leitenden Techniker.

Wenn wir heute unseren, an die Entente preisgegebenen stolzen Schiffen noch ein wehmütiges „*sic transit gloria mundi*“ nachrufen, so dürfen wir es tun im stolzen Bewußtsein:

„Unsere unbefiegten Schiffe konnten euch ausgeliefert werden, den Weltruf der deutschen Kriegsschiffbautechnik könnt ihr nicht aus dem Buch der Geschichte löschen.“

## II. Torpedoboote, Schnell- und Fernlenkboote.

### a. Die militärischen Grundlagen.

Von Kapitänleutnant Paul.

#### 1. Torpedoboote.

Die Torpedowaffe besitzt gegenüber der Artillerie einen bedeutenden Vorteil. Die vernichtende Wirkung eines detonierten Torpedos an einem Schiffsziel macht es möglich, unter Aufwand verhältnismäßig geringer Mittel an Geld, Menschen- und Schiffsmaterial große Erfolge zu erzielen.

Zum Heranbringen des Torpedos an den Feind bedarf man keiner starken und wertvollen Schiffe, sondern es genügen kleine aber schnelle

Fahrzeuge, die in überraschendem nächtlichen Angriff dem Gegner schwere Verluste belzubringen vermögen.

Die Torpedowaffe ist die ausgesprochene Waffe des Schwächeren; sie bildet eine unentbehrliche Ergänzung seiner Schlachtflotte.

Hierin liegt auch die Erklärung, weshalb gerade die deutsche Flotte seit Jahren ihre Sorge dem Bau zahlreicher und leistungsfähiger Boote zugewandt und besonderen Wert auf die Ausbildung der Torpedobootflottillen gelegt hat. Man war sich während des Ausbaues unserer Marine niemals im Zweifel darüber, daß unsere Flotte im Kampfe schon allein gegen die englische Seemacht einer Übermacht gegenüberstehen würde, die nach menschlichem Ermessen zur Vernichtung der deutschen Schlachtflotte führen mußte.

Die Notwendigkeit, den Gegner schon vor einer Schlacht durch nächtliche Torpedobootsangriffe zu schädigen und seine zahlenmäßige Überlegenheit auf ein erträgliches Maß herabzumindern, bildete das strategische Ziel für die Verwendung unserer Flottillen im Kriege.

Die in diesem Sinne geleitete Ausbildung erzog in Führern und Besatzungen schnelle Entschlußfähigkeit, schneidigen Angriffsgeist und gab ihnen eine nahezu instinktive Sicherheit in der Handhabung der Boote.

Bei rücksichtslosem Einsatz der Torpedoboote im Kriege mußte von vornherein mit schweren Verlusten an Booten gerechnet werden. Dementsprechend wurde unmittelbar nach Kriegsausbruch eine starke Vermehrung der Torpedobootstreitkräfte durch umfangreiche Bestellungen von Neubauten des Typs 1913 bei den bewährten Bauwerften sichergestellt.

Die erstrebte Gelegenheit zu nächtlichen Angriffen gegen die feindliche Schlachtflotte ist unseren Torpedobootten im letzten Kriege versagt geblieben. Die Engländer gefährdeten ihre wertvollen Schiffe nicht durch eine enge Blockade unserer Flußmündungen, sondern hielten ihre Schlachtflotte in den nördlichen Häfen, zeitweilig sogar in der Irischen See zurück, wo sie von unseren Booten nicht erreicht werden konnte.

In Hunderten von Vorstößen haben unsere Torpedoboote vergeblich die Nordsee nach der feindlichen Flotte abgesehen. In den seltenen Fällen, in denen sich Schiffe des Gegners im Aktionsbereich unserer leichten Streitkräfte befanden, hat sofort die Wirkung nächtlicher Angriffe eingeseht. Insbesondere sind die dunklen Neumondnächte dazu ausgenutzt worden, überraschende Angriffe gegen die leichten Bewachungstreitkräfte des Gegners zu erzielen. 3 Kreuzer, 18 Zerstörer und mehr als 21 bewaffnete Vorpostendampfer sind in nächtlichen Kämpfen den Angriffen unserer Torpedoboote zum Opfer gefallen.

Die Preisgabe der Nordsee von seiten des Feindes, ferner auch der mit Beginn des U-Bootkrieges einsetzende starke Minentrieg des Gegners

hat auf die Verwendung und Tätigkeit der Torpedoboote und damit auch auf ihre bautechnische Ausgestaltung eine merkwürdige Änderung ausgeübt.

Immer neue Ansprüche traten an die Besatzung heran, immer vielseitiger wurden die Anforderungen, die an die Leistungsfähigkeit der Boote gestellt wurden. Außer zur Begleitung der Hochseeflotte auf ihren Vorstößen und im aufreibenden Vorposten- und Patrouillendienst an den Grenzen der deutschen Bucht, fanden die Torpedoboote in steigendem Maße zur Abwehr feindlicher U-Boote und zum Geleitedienst für die eigenen U-Boote Verwendung; auch wurden sie zum Schutze für die weitab von der eigenen Küste arbeitenden Minensuchverbände und zum Minensuchen selbst herangezogen.

Für die weit ausholenden Unternehmungen, die unsere Flottillen vielfach bis an die englische Ostküste heranzuführen, erwies sich der Fahrbereich der Boote als zu klein. Der mitzuführende Brennstoffvorrat mußte vergrößert werden, die Bootsartillerie bedurfte der Verstärkung und der Ausgestaltung mit zeitgemäßen Hilfsmitteln und die vermehrte Besatzung beanspruchte erweiterte Wohnräume. Diese notwendigen Verbesserungen hatten naturgemäß bedeutende Gewichtszunahmen zur Folge und zwangen zu einer entsprechenden Vergrößerung der Bootsabmessungen.

Den dauernd gesteigerten Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Torpedoboote und dem Wunsche nach höherer Geschwindigkeit konnte schließlich nicht mehr durch Vergrößerung des Ms.-Typs Rechnung getragen werden, sondern es wurden völlige Neukonstruktionen erforderlich. Erst von den 2400 t großen Booten der Serie 1916 und dem Typ 1918 war zu erwarten, daß sie allen Forderungen, die man billigerweise an Torpedoboote stellen darf, gerecht werden würden. Durch den Abschluß des Waffenstillstandes sind diese neuen Bootstypen leider nicht mehr zur kriegerischen Verwendung gekommen.

Die Aufgaben, welche die Seekriegführung in Flandern an unsere Torpedoboote stellte, ähnelten denen in der Nordsee. Jedoch waren diese Aufgaben infolge der geringen Ausdehnung der von uns besetzten Küste, der beschränkten Bewegungsfreiheit der Boote und der geringen Wassertiefen ausichtsreicher von kleinen Küstenbooten, als von Hochseebbooten zu lösen. Aus diesen besonderen Verhältnissen heraus entwickelte sich während des Krieges neben dem normalen und verbesserten Ms-Boot ein vollkommen neuer Typ kleiner Torpedoboote, die nach ihren 3 Entwicklungsstufen die Bezeichnung „A I bis A III-Boote“ erhielten.

Die Gesamtlage auf dem Seekriegsschauplatz entscheidend zu beeinflussen, konnte von unseren Torpedobootstreitkräften ebensowenig erwartet werden, wie von der gleichen Waffe unserer Feinde. Über Erwarten

hinaus haben sich die Torpedoboote bei allen am Seekrieg beteiligten Nationen als ein unentbehrliches Kriegsmittel zur Durchführung aller Arten von Unternehmungen, sei es zum Angriff wie zur Abwehr, bewährt.

## 2. Motortorpedo- und Fernlenkboote.

Im Verlauf des vierjährigen Krieges gelangten, gleichwie im Landriege, so auch auf der See, bereits der Vergessenheit anheim gefallene Waffen früherer Epochen von neuem zur Verwendung, oder es wurden neue Abwehrmittel ins Feld geführt, sobald die geographische Beschaffenheit des Kriegsschauplatzes oder die Taktik des Gegners hierzu Veranlassung gaben.

Im Seekriege übte vor allem die flandrische Küstenbeschaffenheit einen besonderen Einfluß auf die Waffenentwicklung, sowohl bei uns wie auch beim Feinde, aus.

Lang ausgedehnte Untiefen vor den deutschen Stützpunkten hinderten die Engländer am Heranföhren schwerer Linienfahrzeuge. Sie bedienten sich deshalb zum Beschießen der Küstenplätze eines eigens zu diesem Zweck erbauten Kampfmittels, indem sie die schon seit langer Zeit aus den Kriegsflootten aller Staaten verschwundenen Monitore in zeitgemäßer Vervollkommnung wieder erstehen ließen.

Ähnliche Kampfmittel zum Einsatz gegen die schwer angreifbaren Monitore befaßen wir nicht. Die Verwendung von Unterseebooten war wegen der geringen Wassertiefen ausgeschlossen und Minen wurden von feindlicher Seite durch vorausgeschickte Minensuchboote aus dem Wege geräumt.

In dieser Zwangslage verfiel man auf den Gedanken, kleine, sehr schnelle Motorboote mit einem Torpedorohr auszurüsten und diese „Motor-Torpedoboote“ gegen die Monitore zu verwenden.

Der Gedanke wurde in die Tat umgesetzt, und in erstaunlicher Anpassungsfähigkeit und Schnelligkeit erfüllte auch hier wiederum die Technik die an sie gestellten Anforderungen. Schon ein halbes Jahr später wurden die ersten 6 Motor-Torpedoboote als fronttreifes Kampfmittel in Flandern in Dienst gestellt.

Außer diesen Motor-Torpedobootten wurde noch ein zweites Abwehrmittel gegen die feindlichen Seestreitkräfte von den flandrischen und kurländischen Küsten zur Kriegsbrauchbarkeit entwickelt, das „Fernlenkboot“.

Fernlenkboote sind schnell laufende Motorboote ohne jede Besatzung. Sie werden vom Lande aus oder aus der Luft auf elektrischem Wege bis zum Zusammenstoß gegen ein feindliches Schiff gelenkt. Durch den Anprall wird eine starke Sprengladung zur Detonation gebracht, die dem Gegner ein großes Loch in der Wasserlinie verursacht und ihn dadurch dem Untergange weihet.

Dieses neuartige Kampfmittel verdankt seine Konstruktion einzig der Initiative der Firma Siemens u. Halske, Berlin, während die Apparate für die funktentelegraphische Lenkung von der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie geliefert sind.

Beide Bootsarten, Motor-Torpedo- und Fernlenkboote haben zu wiederholten Malen kriegerische Verwendung gefunden. Die Motortorpedoboote wurden in Flandern außer zum Angriff auch zum Sicherungs- und Geleitsdienst benutzt. Im August 1918 führten sie gegen drei vor Dünkirchen zu Anker liegende feindliche Zerstörer einen erfolgreichen Angriff aus, von denen zwei versenkt wurden. Im gleichen Sommer gelang es einem angreifenden Fernlenkboot, einen der englischen Monitore gänzlich außer Gefecht zu setzen. Auch in Kurland vernichteten die Motor-Torpedoboote mehrere Dampfer und übten durch ihre Anwesenheit eine starke moralische Wirkung auf den Feind aus. Feindliche Seestreitkräfte wagten es nach dem ersten Auftreten der Boote nicht mehr, sich der Küste zu nähern.

### 3. Artilleriewaffe.

Die Hauptaufgabe der Torpedoboote, der Torpedoangriff auf Schiffe, und der dieser Bestimmung in erster Linie Rechnung tragende Bootstyp machten die Artillerie auf den Booten zur Nebenwaffe.

Die Verwendung der Torpedobootsflottillen war so geplant, daß am Tage besondere Geleitzkreuzer ihren Schuß übernehmen sollten. Für die Nacht wurden die beiden handlichen 8,8-cm-Geschütze eines Bootes als ausreichend erachtet, um sich einen auch stärker bewaffneten Zerstörer vom Leibe zu halten.

Bereits die ersten Zusammentreffen englischer und russischer Zerstörer mit unseren Torpedobootten, denen der geplante Schuß durch Kreuzer fehlte, bewiesen nur zu deutlich unsere artilleristische Unterlegenheit in Bezug auf Zahl und Tragweite der Geschütze.

Die Bewaffnung eines englischen Zerstörers bestand in der Regel aus zwei oder drei Geschützen von 10,2-cm-Kaliber, deren Mündungsenergie 370 mt und deren Reichweite mehr als 10 000 m betrug. Im Vergleich zu ihnen besaß das deutsche 8,8-cm-Torpedobootsgeschütz L/30 eine Mündungsenergie von nur 151 mt und eine Reichweite von kaum 7400 m.

Unserer hochentwickelten Waffentechnik ist es gelungen, noch während des Krieges diese Unterlegenheit unserer Boote in der Artilleriebewaffnung nicht allein auszugleichen, sondern sogar in eine Überlegenheit zu verwandeln.

Dieser Ausgleich im Kräfteverhältnis wurde durch den Umstand begünstigt, daß noch vor dem Kriege die Erprobung eines leistungsfähigeren 8,8 cm Geschützes mit halbautomatischem Fallblockverschluss zum Abschluß

gekommen war. Mit diesem vollkommeneren Geschütz sind die 12 ersten im Kriege in Dienst gestellten Boote und die auf sie folgenden 14 Torpedobootsneubauten ausgerüstet worden.

In bezug auf die Reichweite und die Treffsicherheit war diese neue 8,8-cm-Torpedobootskanone L/45 den feindlichen 10,2-cm-Geschützen als nahezu gleichwertig zu erachten. Auch die Wirkung der 10 kg schweren Sprenggranate stand der des englischen 11,4 kg Geschosses kaum nach. Die frühere Überlegenheit des Gegners durch eine größere Zahl von Geschützen an Bord eines Zerstörers wurde dadurch ausgeglichen, daß auf allen Torpedobootsneubauten drei Geschütze in der Mittschiffslinie Aufstellung fanden.

Je mehr nun im Laufe des Krieges unsere Torpedoboote, ohne jeden Kreuzerschuß, zu selbständigen Unternehmungen verwandt wurden, desto dringender wurde naturgemäß das Verlangen, dem Gegner nicht nur gewachsen, sondern nach Möglichkeit überlegen zu sein. Das 8,8-cm-Geschütz war an der Grenze seiner Entwicklung angelangt. Nur der Übergang zu einem stärkeren Kaliber bot die Möglichkeit, dem Geschöß eine größere Sprengladung zu geben und damit seine zerstörende Wirkung am Ziel zu steigern.

Als geeignete Waffe erwies sich das 10,5-cm-Geschütz, das bei ausreichender Schußweite und Feuergeschwindigkeit durch sein 17,4 kg schweres Geschöß eine Sprengwirkung erzielte, welche der des englischen 11,4-kg-Geschosses bei weitem überlegen war. Kanonen dieses schwereren Kalibers wurden zunächst auf den 1500-t-Torpedoboote und nach diesen auf weiteren 63 in der Kriegszeit erbauten Booten eingebaut.

Die mit den 10,5-cm-Geschützen gegen feindliche Zerstörer erzielten Erfolge haben die Erwartung vollkommen erfüllt, zum Teil sogar übertroffen. Trotzdem ist die Steigerung des Kalibers mit den 10,5-cm-Geschützen nicht zum Stillstand gekommen. Während der Gegner uns durch Einführung eines 12-cm-Geschützes überlegen zu sein glaubte, sind wir mit dem Kaliber noch höher gegangen. Für die „großen“ Torpedoboote der Bauserie 1916, die wegen ihrer beabsichtigten selbständigen Verwendung eine besonders starke Bewaffnung tragen sollten, war die Aufstellung von vier 15-cm-Geschützen vorgesehen.

Gleichzeitig mit der Verbesserung und Verstärkung der Geschützbe-  
waffnung wurden im Laufe des Krieges auch jene artilleristischen Hilfs-  
mittel in zeitgemäßer Weise ausgestattet, deren man bedarf, um ein ge-  
leitetes Artilleriegefecht zu führen und die Feuerkraft der Bewaffnung voll  
auszunutzen.

Alle Boote erhielten moderne Entfernungsmessinstrumente zum Er-  
mitteln der Ansangsentfernungen. Die Einrichtungen zur Leitung des

Feuers durch den Artillerieoffizier wurden wesentlich dadurch verbessert, daß elektrisch betätigte optische Befehlsübermittlungsanlagen in Verbindung mit Salvenglocken, Fernsprecher und Schallrohre an Stelle der bisherigen Sprachrohre traten. Die Neubauten vom Jahre 1916 ab wurden außerdem noch mit einer vollständigen Richtungsweiseranlage ausgerüstet, einer Einrichtung, die es dem Artillerieoffizier möglich macht, alle Geschütze vom Kommandostrand aus auf ein gemeinsames Ziel einzurichten. Für die nicht mehr fertiggestellten „großen“ Torpedoboote war die Ausrüstung mit fast allen artilleristischen Hilfsmitteln vorgesehen, welche unsere Elektrotechnik in den letzten Jahren hervorgebracht hat.

Unter dem Einfluß der vielseitigen und selbständigen Verwendung im Kriege hat sich das artilleristisch schwache Torpedoboot im Laufe von wenigen Jahren zu einem Fahrzeug entwickelt, das an Geschützstärke, Feuerkraft seiner Bewaffnung und Kompliziertheit seiner artillerie-elektrischen Einrichtungen einem kleinen Kreuzer kaum nachsteht.

#### 4. Torpedowaffe.

Die Torpedowaffe auf den deutschen Hochseebooten befand sich bei Ausbruch des Krieges auf einer Höhe der Entwicklung, die dem Stande unserer leistungsfähigen Technik voll entsprach.

Es kann wohl mit Recht behauptet werden, daß die militärisch-technischen Eigenschaften der auf Torpedoboote eingeführten G 7-Torpedos kaum noch steigerungsfähig waren. Die Technik hatte in dem ihr zur Verfügung stehenden Raum von 7 m Länge und 50 cm Durchmesser die größte Menge von Energie zusammengedrängt, die unter höchster Beanspruchung des Materials erreichbar war. Sie stand hier an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit.

Verlangte man von den Torpedos noch weitere Lauffrecken, größere Geschwindigkeit und vermehrte Sprengladungen, so konnten diese Forderungen nur durch eine Steigerung des Kalibers und der Länge des Torpedos erfüllt werden. Größere Abmessungen aber hätten so bedeutende Gewichtszunahmen zur Folge gehabt, daß Torpedos und Ausstoßrohre nicht mehr mit Menschenkraft zu bewegen gewesen wären. Auf den vorhandenen Torpedoboote und den Kriegsneubauten des Normaltyps war die Verwendung von Maschinen zur Torpedobewegung nicht möglich, da weder der erforderliche Raum noch das Gewicht zur Verfügung standen.

Auf Grund der bisherigen Kriegserfahrungen wurde im Jahre 1916 eine Serie Torpedoboote auf Stapel gelegt, deren Wasserverdrängung von 2400 t es gestattete, maschinelle Kräfte zum Laden der Torpedos in die

Ausstoßrohre und zum Schwenken der Rohre in die Schußstellung zur Anwendung zu bringen. Hierdurch waren die Voraussetzungen erfüllt, um diese Torpedoboote mit dem modernsten 60 cm Schiffstorpedo auszustatten, der den Bootstorpedo an Laufstrecke und Sprengwirkung bei weitem übertraf.

Da, wie erwähnt, weder Veranlassung vorlag, noch die Möglichkeit vorhanden war, die bewährten G 7-Torpedos noch weiter zu vervollkommen, haben sich die Verbesserungen an der Torpedowaffe während des Krieges hauptsächlich auf die Ausstoßrohre und die Zielmittel beschränkt.

Eine wertvolle Steigerung der Kampfkraft unserer Boote wurde durch den Übergang vom einfachen Mittschiffsausstoßrohr zum Doppelrohr erzielt; er vermehrte die Zahl der sofort schußbereiten Torpedos an Bord eines Hochseebootes von vier auf sechs. Die Achsen zweier zusammengehöriger Rohre wurden so angeordnet, daß sie mit ihren Mündungen um einen Winkel von 15° divergierten. Der Vorteil dieser Anordnung besteht darin, daß die Torpedos unbeeinflusst von einander dem Ziele zulaufen und dem Schützen eine ausreichende Zeit gewährt wird, um beide Schüsse sorgfältig gezielt nacheinander abzugeben.

Die auf unseren Booten gebräuchliche Methode, einen Torpedo aus dem Ausstoßrohr abzufeuern, bestand bis in die neueste Zeit hinein darin, ihn durch Entzündung einer Pulverladung aus dem Rohre zu treiben. Diese Art des Ausstoßes besaß zwar den Vorteil der Einfachheit und Sicherheit, hatte aber auch einen Nachteil. Beim Abfeuern entstand eine hellleuchtende Flamme. Sie verriet in der Nacht dem aufmerksamen Gegner das Lösen eines Torpedoschusses und gab ihm Gelegenheit, sich durch ein Ausweichmanöver der drohenden Vernichtung zu entziehen.

Ein Mittel, um den Ausstoß des Torpedos unter Vermeidung eines Mündungsfeuers zu vollziehen, bot die Verwendung von komprimierter Luft, die den Torpedo ohne jede Flammenerscheinung aus dem Rohre treibt. Während des letzten Kriegsjahres ist eine Anzahl von Ausstoßrohren mit gutem Erfolg für den Luftausstoß umgeändert, der auch auf allen Neubauten vom Jahre 1918 ab zur Anwendung kommen sollte.

Von den übrigen an den Torpedorohren vorgenommenen Verbesserungen ist noch die Einrichtung einer mit Dampf betriebenen Heizvorrichtung erwähnenswert. Die Notwendigkeit einer solchen stellte sich auf dem östlichen Kriegsschauplatz heraus, als infolge der strengen Wintertälte das im Torpedo befindliche Wasser und die wasserführenden Teile einzufrieren drohten. Diese Gefahr wurde noch rechtzeitig erkannt und durch Anbringen von Heizschlangen, welche die Ausstoßrohre ständig erwärmten, beseitigt.

Mit den bedeutenden Vergrößerungen der Torpedoauffreden in den letzten Friedensjahren hatte die Vervollkommnung der Zielmittel bis zum Kriege nicht gleichen Schritt gehalten. Auf den großen Schußentfernungen von mehr als 12 000 m ließen die bisherigen einfachen Visiermittel ein genaues Zielen nicht mehr zu. Alle Hochseeboote, die mit weit laufenden Torpedos ausgerüstet waren, erhielten deshalb bereits im ersten Kriegsjahre Zielfernrohre, mit deren Hilfe es möglich war, auch auf die weitesten Entfernungen den als Ziel gewählten Gegner genau zu erfassen.

Im Vergleich mit der außerordentlichen Verstärkung der Torpedobootsartillerie im Kriege sind die Verbesserungen an der Torpedowaffe verhältnismäßig geringfügiger und nirgends grundsätzlicher Art gewesen. Die Marine kann das Verdienst für sich in Anspruch nehmen, bereits im Frieden durch rechtzeitige Ausnutzung von Erfindungen und Neuerungen auf dem Gebiete der Technik eine Waffe geschaffen zu haben, die selbst den hohen Anforderungen des Krieges fast vollkommen entsprochen hat.

## b. Die technische Ausführung.

Von Marine-Baumelster Kertcher.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 18.)

### 1. Torpedoboote.

Vor dem Kriege. Während die fremden Marinen zwei Torpedobootstypen bauten, kleine Torpedobootsfahrzeuge für den Küstenschutz und große Torpedoboote (Zerstörer) für die Seeflakt, wurde bei uns das Torpedoboot nur in dem Sinne des „großen Torpedobootes“ weiter entwickelt. Entsprechend der in der deutschen Marine üblichen Torpedoboots-taktik, mußten die Torpedoboote wegen der Durchbruchmanöver durch die eigenen Kampflinien in ihren Abmessungen auf das äußerste beschränkt werden. Die Forderung, daß die Boote eine möglichst geringe Zielfläche (Silhouette) bieten sollten, zwang dazu, die Aufbauten und die Überwasserform der Boote weitgehendst zu bescheiden. Um ein möglichst geringes Schiffstörergewicht zu erhalten, mußte die Grenze der zulässigen Beanspruchungen in den Schiffsverbandteilen wesentlich höher gesetzt, als sonst im Schiffbau üblich, und außerdem ein Material verwendet werden, das besonders für den Torpedobootsbau hergestellt wurde und eine erhebliche höhere Festigkeit aufwies. Große Drehfähigkeit, eine Hauptbedingung für die im engen Verbands manövrierenden Boote, gewährleistete ein unter dem Bug des Bootes eingebautes zweites Ruder. Dieses Bugruder wurde gleichmäßig mit dem Heckruder von einer Rudermaschine

gelegt und konnte bei Nichtgebrauch in das Schiff eingezogen werden, so daß die Boote beim Passieren von Minen- und anderen Sperrern nicht durch das vorstehende Ruder gefährdet waren. Durch die Verwendung des Bugruders wurde der Drehkreis der Boote um 25 v. H. verringert, so daß ein Drehkreisdurchmesser von 310 m erreicht wurde. Die ganze Konstruktion der Boote stand unter dem Gesichtspunkt möglicher Gewichtserparnis, und so wurden auch alle Bohn- und Vorratsräume bis auf das äußerst zulässige Maß beschränkt, damit alles freiwerdende Gewicht und alle freiwerdenden Räume für die Maschinenanlage und den Brennstoffvorrat verwendet werden konnten.

Die großen Torpedoboote besaßen vier Überwasser-Einzeltorpedorohre, von denen zwei in der Mittschiffslinie nach allen Seiten drehbar und je eins in dem Raum zwischen Back und Brücke an der Seite des Oberdecks aufgestellt waren. Die beiden Geschütze waren auf die Back und das Achterdeck verteilt.

Durch Verwendung des Turbinenantriebs, der erstmalig 1903 und 1905 versuchsweise und dann seit 1907 ständig gewählt wurde, erzielten die Torpedoboote bauenden Firmen Germaniawerft, Schichau- und Vulkanwerft Glanzleistungen in den erreichten Geschwindigkeiten. Die Kesselanlage bestand aus Kesseln für Kohle und Ölfuerung. Die Heizflächenanteile der Kohle- und Ölkessel verhielten sich wie 5 : 1; dies Verhältnis änderte sich in den letzten Jahren zugunsten der Ölkessel auf 1,3 : 1.

Bis zum Jahre 1910 war die Größe der Boote ständig gewachsen. Die nächsten beiden Jahre brachten jedoch eine Änderung. Die militärische Forderung auf Verringerung des Deplacements und Verkürzung der Länge zur Erzielung einer großen Manövrierfähigkeit zwang dazu, die Ausnutzung der Boote hinsichtlich Raum und Gewicht zu übertreiben, und in dieser Beziehung stellen die Boote aus den Jahren 1911 und 1912, V 1/6, G 7/12 und S 12/24, eine technische Glanzleistung dar. In einem um 17 % kleineren Boote waren dieselben Kampfwerte enthalten. Man hatte das durch eine die Grenze des Zulässigen fast überschreitende Gewichtserparnis in der Konstruktion von Schiff und Maschine und u. a. auch durch Vermehrung der Ölfuerung erreicht; hierdurch wurde außerdem die Seeausdauer der Boote größer, da die Geschwindigkeit der mit Kohlefüerung ausgerüsteten Boote, vor allem bei schlechtem Wetter, infolge Nachlassens des Bedienungspersonals praktisch ganz erheblich zurückgeht. Wegen ihres verringerten Deplacements verloren die Boote jedoch erheblich an Seefähigkeit. Man hatte den Raum zu sehr ausnutzen müssen, und insolgedessen wurde u. a. das Zubringen der Kohle aus den beengten Bunkern an die Kohlekessel bei schlechtem Wetter zur Unmöglichkeit. Die Frage, ob Öl- oder Kohlefüe-

rung, war außerdem auch eine wirtschaftspolitische, da in dem Deutschen Reiche die Vorräte so gering waren, daß eine Versorgung während des Krieges damals nicht sichergestellt schien. So war die Technik nicht in der Lage, das Allerletzte aus dem Boote noch herauszuholen zu können. Dies gelang erst, als man im Jahre 1913 neue Boote in Auftrag gab, die bei reiner Ölfeuerung erhöhte Geschwindigkeit, gesteigerte Torpedobewaffnung und wesentlich größere Seebausdauer infolge ihres vermehrten Displacements aufwiesen.

Bei einer Vergrößerung der Boote um nur 100 Tonnen wurde es ermöglicht, den Booten sechs 50-cm-Torpedorohre zu geben. Davon waren je zwei als Doppelrohre in der Mittschiffslinie und zwei als Seitenrohre hinter der Back aufgestellt. Da die Doppelrohre nach allen Seiten drehbar waren, erreichte man so eine Breitseite von fünf Torpedorohren; eine gewaltige Steigerung der Angriffskraft, die durch Erhöhung des Kalibers der Torpedos und somit ihrer Sprengladung besonders betont wurde. Eine elektrische Zentralabfeuerung aller Rohre von der Brücke aus sicherte eine Höchstausnutzung dieser hochwertigen Bewaffnung. Auch die Nebenwaffe, die Artillerie, wurde durch Vergrößerung der Kalibrlänge der Geschütze verbessert, so daß eine größere Schußweite erzielt wurde. Durch Einbau elektrischer Befehlsübermittlungsanlage war auch dieser Waffe eine bessere Wirkung gegeben.

Die Geschwindigkeit dieser Boote war konstruktiv auf 34 Knoten erhöht; tatsächlich wurden jedoch über 38 Knoten, u. a. mit einem Boot der Vulkanwerke, bei einer Maschinenleistung von 24 000 W. P. S. erreicht. Die ausschließliche Verwendung von Kesseln mit Ölfeuerung gewährleistete die Erhaltung der Höchstgeschwindigkeit auch bei schlechtem Wetter.

Bei den im folgenden Jahre 1914 in Bau gegebenen Booten G 37/V 48 wurde durch Vergrößerung des Vorrats eine Erhöhung des Fahrbereichs bei einer nur geringen Displacementsteigerung verlangt. Im übrigen gleichen diese Boote ihren Vorgängern; nur bei V 48 war anstelle des direkten Propellerantriebs durch Turbinen versuchsweise indirekter Antrieb mittels Föttinger-Transformator gewählt worden, der außer anderen Vorteilen eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Anlagen und damit eine Erhöhung der Geschwindigkeit und des Fahrbereichs bringen sollte. Gleiche Anlagen wiesen auch die später in Bau gegebenen Boote V 83 und V 84 auf.

Die Boote V 25 — V 48 stellen den eigentlichen modernen deutschen Torpedobootszerstörer-Typ dar, der wohl unbestreitbar als eine hohe Leistung deutscher Technik bezeichnet werden kann. Mit Einsetzen der Mobilmachung wurden sofort 48 dieser sogenannten „M<sub>s</sub>-Boote“,

S 49/G 96, den drei Werften: Schichau, Vulkanwerke, Germanlawerft zur beschleunigten Fertigstellung in Auftrag gegeben.

Auch die Aufträge fremder Marinen bei den deutschen Werften wurden für uns nutzbar gemacht. Die bei der Germanlawerft für die argentinische Regierung in Bau befindlichen vier großen 1700-t-Zerstörer wurden beschlagnahmt und in Anpassung an den deutschen Bootstyp, vor allem hinsichtlich der Torpedobewaffnung, fertiggebaut. Sie erhielten vier 10,5-cm-Geschütze. Die Geschwindigkeit dieser Boote stand mit fast 34 Knoten wesentlich hinter den Leistungen der deutschen Boote zurück. Die Firmen Blohm & Bosh und Vulkanwerke hatten für die russische Regierung Torpedobootsturbinenanlagen in Bau, für die beide Firmen nach Angaben der Inspektion des Torpedowesens 1700-t-Zerstörer konstruierten mit gleicher Bewaffnung wie die vier argentinischen Boote. Schon nach  $4\frac{3}{4}$  Monaten konnte die Werft Blohm & Bosh, obwohl sie bisher noch keine Torpedoboote gebaut hatte, das erste Boot zur größten Zufriedenheit der deutschen Marine abliefern. Die Boote entwickelten mit etwa 41 000 WPS. eine Geschwindigkeit von über 38 Knoten, die von denen der Vulkanwerke nur um  $\frac{2}{10}$  Knoten unterschritten wurde. Schließlich wurden die bei den Vulkanwerken für die holländische Regierung in Bau befindlichen kleinen 400-t-Torpedoboote für die deutsche Marine fertiggestellt.

Während des Krieges. Der Verlauf der Kriegsoperationen zu Lande beeinflusste gleich in den ersten Monaten erheblich den Torpedobootsbau. Die in der Ablieferung und in Bau befindlichen 84 Torpedoboote waren durch die Behinderung der Heizölzufuhr aus Galizien und Rumänien in ihrer Existenz gefährdet. Es war keine Sicherheit mehr vorhanden, daß die in Deutschland vorhandenen Vorräte aus diesen Ländern dauernd entsprechend dem durch U-Boote und Torpedoboote gesteigerten Verbrauch ergänzt werden konnten. So war man gezwungen, die Vorteile der Ölfeuerung wieder aufzugeben. Dies bedeutete eine erhebliche Bauverzögerung und Störung der in angestrengter Tag- und Nachtarbeit schaffenden Werften. Es galt nicht nur die Innenkonstruktion der Boote umzubauen, auch die Kessel mußten von Grund auf geändert werden. Teilweise war der Bau der Boote schon so weit fortgeschritten, daß man die Änderung nicht mehr vornehmen konnte. Diese dem Torpedobootsbau und damit der Kampfkraft der deutschen Flotte drohende Gefahr mußte unbedingt vermieden werden; es gelang schließlich, durch Steigerung der heimischen Förderungen und Verwendung des deutschen Teeröls, die erforderlichen Brennstoffmengen sicherzustellen. So konnte man den eben eingeleiteten Rückschritt zu den Kohleesseln wieder aufgeben und die ursprüngliche Bauart und Ölfeuerung verwenden. Der einmal verursachte

Zeitverlust ließ sich jedoch trotz angestrengtester Arbeit auf den Werften nicht wieder einholen.

Die Änderung der taktischen Verwendung der Torpedoboote während des Krieges, weite Aufklärungsfahrten, Vorstöße mit den Kreuzern an die englische Küste, Sicherung des Vorpostendienstes, der eigenen minenlegenden und -suchenden Verbände und des Handelsschiffsverkehrs, hatten eine grundlegende Änderung der Anforderungen an die großen Torpedoboote zur Folge. Der ursprünglich verlangte Fahrbereich erweiterte sich als zu gering. Die Seefähigkeit der älteren Boote reichte für die auch bei schlechtestem Wetter im Verbande mit den seetüchtigeren Kreuzern ausgeführten Vorstöße nicht aus. Der Artilleriebewaffnung wurde jetzt eine größere Bedeutung beigemessen. Dies alles bedeutete technisch eine Vermehrung des Vorrats, Vergrößerung der Boote und Einbau größerer Geschütze. Das letztere ließ sich am schnellsten durchführen, da die Änderung der Geschützunterbauten bei den noch nicht fertigen Booten sich ohne weiteres erreichen ließ. Die Vergrößerung der Vorräte jedoch stieß auf erhebliche Schwierigkeiten. Ein nachträglicher Einbau von Öl bunkern war wegen der praktischen Ausführung auf einem fertigen Boote einmal ein Wagnis, andererseits wurde durch die vermehrte Zuladung eine Vergrößerung des Displacements und infolgedessen eine Herabminderung der Geschwindigkeit und eine ganz wesentliche Verschlechterung der Seeigenschaften verursacht, da am Schiffskörper und den Maschinenanlagen in der verfügbaren Zeit keine verbessernden Änderungen mehr vorgenommen werden konnten. Dies alles sollte jedoch militärisch in Kauf genommen werden. Bei den noch nicht weit im Bau fortgeschrittenen Booten konnte man jedoch diese Nachteile wenigstens zu einem Teil beheben. Die Boote wurden auf der Helling um einige Meter auseinandergezogen und ein neues Stück als Öl bunker dazwischen gefügt. Die Tiefertauchung der Boote wurde so durch die Vergrößerung der Verdrängung zu einem gewissen Teil wieder aufgehoben und damit die frühere Seefähigkeit erreicht. Die Steigerung der Zahl und des Kalibers der Geschütze von zwei 8,8-cm. auf drei 10,5-cm.-S. K. verlangte weiterhin eine Vermehrung und Verbesserung der Artilleriebefehlsmittel. Die bisherige Sprachrohranlage wurde durch umfangreiche Telefonverbindungen und andere elektrische Befehlsübermittlungsanlagen ergänzt. Es mußten besondere Befehlsstellen auf den räumlich sehr beengten Kommandobrücken geschaffen werden, ausgerüstet mit großen Entfernungsmessgeräten, Scheinwerfern und sonstigen artilleristischen Hilfsmitteln. Letzten Endes wurden die Befehlsapparate noch durch eine zentral betätigte elektrische Richtungsweiseranlage, entworfen von der Firma Siemens & Halske, ergänzt, durch die die Aufsätze für Entfernung und Seiteneinrichtung an den Geschützen, Scheinwerfern und Entfernungsmess-

geräten eingestellt werden konnten. Dies alles bedingte eine stark vermehrte Besatzung, und es war nur mit großen Schwierigkeiten möglich, die Mannschaften in den an sich beengten Räumen unterzubringen.

Die erfolgreiche Verwendung der großen Torpedoboote in der Abwehr feindlicher U-Boote verlangte eine auch aus anderen Gründen notwendige Erhöhung der bisherigen Marschgeschwindigkeit, da bei der immer zunehmenden Ober- und Unterwassergeschwindigkeit der U-Boote die bisherige Marschleistung der Torpedoboote von 17 Knoten nicht mehr ausreichte. Der Vorteil des vorher vermehrten Storrates wurde nun durch den bei höherer Geschwindigkeit größeren Ölverbrauch wieder aufgehoben. Man war daher gezwungen, nachträglich die Wirtschaftlichkeit der Maschinenanlage zu erhöhen. Dies geschah durch Verwendung von Zahnradzwischengetrieben, die bis zu einer Geschwindigkeit von 23 Knoten der Hauptmaschinenanlage vorgeschaltet wurden. Es gelang der Germania-werft zuerst, ein brauchbares Getriebe dieser Art zu schaffen, dem bald solche von Vulkan und Schichau folgten.

Für die U-Bootsabwehr wurde den Booten in Gestalt von Wasserbomben, die vom Heck geworfen wurden, ein sehr wirksames Kampfmittel gegeben. Ferner erhielten die Boote einen U-Bootsdrachen; dieses Gerät, bestehend aus einem Scheerbrettssystem mit Sprengladung, wurde hinter dem Boot hergeschleppt und durch Scheerbrettwirkung auf einer bestimmten Tiefe gehalten. Bei Berührung mit einem U-Boot wurde durch die Detonation der Sprengladung meist eine tödliche Verletzung des Bootes erzielt. Da infolge der starken feindlichen Gegenwirkung durch Minen auch die großen Boote zum Minensuchen benutzt werden mußten, erhielten die Boote auch die umfangreiche Minensucheinrichtung. Auf die Minenausrüstung der Torpedoboote wurde im Laufe der Zeit verzichtet, da das Minenlegen von anderen Fahrzeugen, vor allem von U-Booten, ausgeführt wurde. Diese neuen Forderungen und die sonstigen Kriegserfahrungen wurden nach Möglichkeit auf den im Laufe des Krieges außer den vorerwähnten 72 Booten noch in Bau gegebenen 95 Ms-Booten berücksichtigt, soweit es ohne zu große Verlängerung der Bauzeit geschehen konnte.

Das Bestreben, immer noch schnellere und leistungsfähigere Boote zu schaffen, verlangte eine völlige Neukonstruktion und damit viel Zeit, und man stand damit in Widerspruch zu der Forderung, möglichst viele Boote in kürzester Zeit bereitzustellen. Notgedrungen mußte man ein Kompromiß schließen und unter Beibehaltung der Hauptkonstruktion die Boote zunächst im Einzelnen vervollkommen. Die Belastung der gesamten Industrie durch die U-Bootsbauten und Heereslieferungen, vor allem das Hindenburgprogramm, die erheblich geminderte Leistungsfähigkeit der Arbeiter, die Schwierigkeiten der Materialbeschaffung, der Mangel an Kohle und

hochwertigen Rohstoffen, die Verwendung von Ersatzstoffen waren außerordentlich bauverlängernde Momente. Die Materialfrage, der Mangel an Kupfer, Zinn usw. war für den Torpedobootsbau eine sehr ernste geworden; der weitgehende Ersatz durch Eisen gefährdete die Grundbedingung für den Bau hochwertiger Boote: leichteste Bauart; denn er brachte eine derartige Gewichtsvermehrung mit sich, daß die Erfüllung der geforderten Höchstleistungen, vor allem bezüglich Geschwindigkeit, in Frage gestellt wurde.

So entschloß man sich in den letzten Jahren des Krieges dazu, in den technischerseits lange geforderten Bau verbesserter Boote des Ms-Typs mit höherer Geschwindigkeit, größerer Seefähigkeit und vermehrter Artilleriebewaffnung einzutreten. Der Konstruktion dieser „1918 Ms-Boote“ (Tafel 18,3) wurde bei einem Displacement von 1500 t eine um  $2\frac{1}{2}$  bis 3 Knoten gesteigerte Geschwindigkeit zugrunde gelegt. Diese außerordentliche Erhöhung wurde ermöglicht durch die Verwendung des indirekten Propellerantriebs durch Zahnradgetriebe für alle Fahrstufen. Diese Antriebsart war inzwischen durch die Marschgetriebe der Ms-Boote und die Rädergetriebe der später zu erläuternden A-Boote als durchaus betriebssicher erprobt worden. Leider sind diese 1917 in Bau gegebenen, mit großer Spannung erwarteten Boote, die an Geschwindigkeit alles bisher Erreichte übertroffen hätten, nicht mehr zur Ablieferung gekommen.

Schon vordem war man zur Entwicklung eines ganz neuartigen Torpedobootstyps übergegangen. Die Inspektion des Torpedowesens hatte die 2400 t großen „1916-Boote“ (Tafel 18,4) entworfen und im Jahre 1916 in Bau gegeben. Die Bewaffnung bestand aus bisher nur auf Kreuzern üblichen 15-cm-Flak- und 60-cm-Torpedorohren. An Geschwindigkeit sollten die Boote mindestens 35 Knoten erreichen, sie waren mit allen neuzeitigen Hilfsmaschinen und Hilfsmitteln für die Torpedo- und Artilleriebewaffnung ausgestattet und stellten das höchsterreichbare an Kampfkraft bei Fahrzeugen dieser Größe dar. Auch diese Boote konnten nicht mehr Verwendung finden, da die ersten kurz vor dem Zusammenbruch der Marine zur Ablieferung gelangten. Da auch die Probefahrten nicht mehr zu Ende geführt werden konnten, war eine Feststellung der tatsächlich erreichbaren Höchstgeschwindigkeit unmöglich. Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß es nur in den ersten Kriegswochen möglich war, die Probefahrten und Erprobungen auf großer, für die Geschwindigkeit einwandfreier Wassertiefe auszuführen. Man ward infolge der feindslichen Gegenwirkung bald gezwungen, die Probefahrten in der westlichen Ostsee und daher auf flacherem Wasser auszuführen. Die hier festgestellten Geschwindigkeiten sind durch die beschränkte Wassertiefe außerordentlich im ungünstigen Sinne beeinträchtigt.

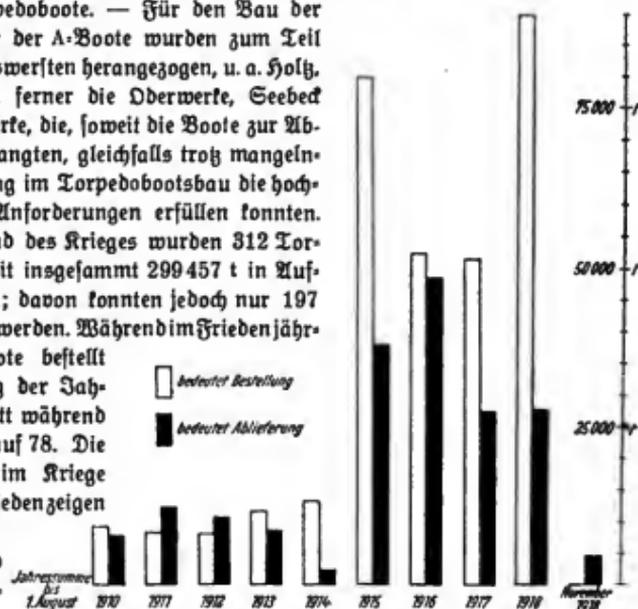
Da vor allem die Steigerung und Bevorzugung der U-Bootsbauten der Bereitstellung einer vermehrten Zahl von Torpedobooten hinderlich war, mußten Werften zu den Bauten herangezogen werden, die noch keine Erfahrung im Torpedobootsbau besaßen. Es gelang z. B. den Howaldtswerken, die bisher nur Linienschiffe und Kreuzer neben Handelsschiffen gebaut hatten, trotz ihrer ungeübten Arbeiterkraft hochwertige große Torpedoboote, zunächst nach Plänen der Germaniawerft und Vulkanwerke, zur Zufriedenheit der Marine fertigzustellen. Ferner wurden mit dem Bau der Schiffskörper solcher Boote beauftragt die Lübecker Maschinenbau-A.-G. und die Werft Nobistrug, Rendsburg. Die Reichswerft Wilhelmshaven hatte ein größeres Boot nach den Plänen der Germaniawerft in Auftrag.

Die während des Krieges erreichte Ausdehnung der von deutschen Streitkräften besetzten Küstengebiete zwang dazu, für den Küstenschutz auch kleine Torpedoboote bereitzustellen. Hierfür besaß die deutsche Marine nur ältere Boote mit geringer Geschwindigkeit, unzureichender Seeausdauer und veralteter Artilleriebewaffnung. Wenige Monate nach Kriegsbeginn wurden zu diesem Zweck 25 sogenannte A-I-Boote den Vulkanwerken in Auftrag gegeben, die innerhalb von  $\frac{3}{4}$  Jahren abgeliefert wurden. Diese etwa 100 t großen Torpedoboote besaßen zwei 45-cm-Torpedorohre und ein 5,2-cm-Geschütz und entwickelten mit einer Maschinenanlage 20 Knoten Geschwindigkeit. Die Hälfte dieser Boote sollte in Flandern Verwendung finden; um sie nun bei einer Überführung über See nicht der Zerstörung durch feindliche, an Geschwindigkeit überlegene Streitkräfte auszusetzen, wurden diese Boote in zerlegtem Zustande auf dem Landwege in das besetzte Gebiet gebracht und dort auf den deutschen Marinewerften wieder zusammengesetzt. Das Gleiche geschah später mit einigen A-II-Booten (Tafel 18, c), die für das Mittelmeer bestimmt waren und in Pola zusammengesetzt wurden.

Nach diesen kleinen Booten trat infolge ihrer vielseitigen Verwendungsmöglichkeit ein gesteigerter Bedarf ein. Sie wurden auch außerhalb des Küstendienstes in der U-Bootsabwehr, im Vorpостendienst, zum Schutz der Sperrfahrzeuge an den Minensperren und als Geleitfahrzeuge für Handelsschiffe verwendet. Diese vielseitige Ausnutzung bedingte vor allem eine erhöhte Geschwindigkeit und eine Vermehrung der Artillerie. Aus diesen A-I-Booten entwickelten sich die A-II- und A-III-Boote, die bei einem Displacement von 225 bzw. 330 t mit zwei Maschinen über 28 Knoten liefen. Die Artillerie bestand aus zwei 8,8-cm-Flak, während anderseits die Torpedobewaffnung auf ein 45-cm-Rohr herabgesetzt wurde. Von diesen Fahrzeugen wurden insgesamt 98 den Howaldtswerken, Schichau und Vulkanwerken in Bau gegeben. Die Boote der Firma Schichau er-

hielten die bereits vorher erwähnten Zahnräderhauptgetriebe für alle Geschwindigkeiten und gaben mit den vorher erwähnten Ms-Booten der Germaniawerft so die Grundlage für die maschinenbauliche Weiterentwicklung der großen Torpedoboote. — Für den Bau der Schiffskörper der A-Boote wurden zum Teil Binnenschiffswerften herangezogen, u. a. Holz, Sachsenberg, ferner die Oberwerke, Seebeck und Atlaswerke, die, soweit die Boote zur Ablieferung gelangten, gleichfalls trotz mangelnder Erfahrung im Torpedobootsbau die hochgespannten Anforderungen erfüllen konnten.

Während des Krieges wurden 312 Torpedoboote mit insgesamt 299 457 t in Auftrag gegeben; davon konnten jedoch nur 197 fertiggestellt werden. Während im Friedensjahre 12 Boote bestellt wurden, stieg der Jahresdurchschnitt während des Krieges auf 78. Die Steigerung im Kriege gegen den Frieden zeigen nebenstehende Stäbe und unten folgende Tabelle.



Der Anteil der einzelnen Werften war:

	Bestellung:		Lieferung:	
	Stk.	t	Stk.	t
Blohm u. Bohn	9	18 129	6	10 740
Germaniawerft	28	37 834	22	27 046
Howaldtswerke	27	35 819	2	2 266
Schichau	109	95 781	79	49 362
Wulfsanwerke	138	110 761	88	58 505
Reichswerft Wilhelmshaven	1	1 133	—	—
<b>Gesamt</b>	<b>312</b>	<b>299 457</b>	<b>197</b>	<b>147 919</b>

Jahresbestellung und Lieferung in Stückzahl

	bis 1. 8. 14		bis 1. 8. 15		bis 1. 8. 16		bis 1. 8. 17		bis 1. 8. 18		bis Nov. 18	
	große Boote	kleine Boote	große Boote	kleine Boote								
Bestellung	12	60	29	20	48	37	22	54	18	—	—	—
Lieferung	3	25	29	42	—	15	38	16	24	2	4	—

Tabelle der im Kriege bis

N a m e	Auftrag erteilt	Rü-	Größe	Größe	Mitt.	Mitt.	Di-	Größ-
		gefte						
		Bau-	m	m	Tief-	Ber-	bei	Di-
		zeit			gang	brängung	Probef.	vorrat
		i Mon.			m	t	t	t
<b>Größe</b>								
<b>Ma-Boote:</b>								
„V 25—30“	1. 4. 13	7 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	78,52	8,3	2,68	800	90,0	232,2
„S 31—36“	1. 4. 13	12 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	79,6	8,3	2,39	790	90,0	220,3
„G 37—40“	22. 4. 14	14	79,6	8,3	2,71	872	110,0	298,8
„G 41—42“	22. 4. 14	17 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	83,0	8,3	2,76	960	166,0	325,9
„V 43—46“	22. 4. 14	9 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	79,6	8,3	2,73	831	90,0	280,5
„V 47—48“	22. 4. 14	12 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	83,1	8,3	2,84	948	179,0	338,4
„S 49—52“	6. 8. 14	10	79,6	8,3	2,39	790	90,0	251,6
„S 53—66“	6. 8. 14	8	83,34	8,3	2,53	905	162,0	305,1
„V 67—84“ (Zeil 18, 1)	6. 8. 14	9	82,02	8,3	2,81	950	160,5	317,3
„G 85—96“	6. 8. 14	14 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	83,0	8,3	2,76	956	166	325,9
„V 125—30“	28. 6. 16	8 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	82,0	8,3	2,79	907	167,5	330,4
„S 131—39“	15. 7. 16	8	83,0	8,31	2,55	910	162,0	305,1

## zum 6. 11. 1918 abgelieferten Torpedoboote.

Größter Fahr- ber. bei 20 Kn	Höchstwert bei einem Durchlauf		Mittelwert aus 4—6 Durchläufen		Torpedo- bewaffnung	Artillerie- bewaff- nung	Minen- aus- rüstung	Bauwerft
	Raschi- nenleift.	Größte Geschw.	Raschi- nenleift.	Größte Geschw.				
Sm	WPS	Kn	WPS	Kn				

## Boote.

1680	24 300	38,2	22 260	36,8	6 50 cm, 2 Einzelr., 2 Doppelr.	3 8,8 cm Tppts. K. L/45	24	Vulkan- werke Stettin
1250	22 180	34,9	22 180	34,7	6 50 cm, 2 Einzelr., 2 Doppelr.	3 8,8 cm Tppts. K. L/45	24	Schichau Elbing
1685	25 800	35,12	25 000	34,45	6 50 cm, 2 Einzelr., 2 Doppelr.	3 8,8 cm Tppts. K. L/45	24	Germa- niawerft Riel
1715	25 000	34,6	25 000	34,18	6 50 cm, 2 Einzelr., 2 Doppelr.	3 10,5 cm Flak L/45	24	Germa- niawerft Riel
1750	25 400	37,5	24 060	36,91	6 50 cm, 2 Einzelr., 2 Doppelr.	3 8,8 cm Tppts. K. L/45	24	Vulkan- werke Stettin
1985	23 850	35,3	22 940	34,87	6 50 cm, 2 Einzelr., 2 Doppelr.	3 10,5 cm Flak L/45	24	Vulkan- werke Stettin
1345	24 610	37,1	24 610	36,36	6 50 cm, 2 Einzelr., 2 Doppelr.	3 8,8 cm Tppts. K. L/45	24	Schichau Elbing
1960	25 013	35,73	25 000	35,13	6 50 cm, 2 Einzelr., 2 Doppelr.	3 10,5 cm Flak L/45	24	Schichau Elbing
1810	22 600	36,64	22 600	34,35	6 50 cm, 2 Einzelr., 2 Doppelr.	3 10,5 cm Flak L/45	24	Vulkan- werke Stettin, Hamburg
1960	26 300	34,2	26 100	33,72	6 50 cm, 2 Einzelr., 2 Doppelr.	3 10,5 cm Flak L/45	24	Germa- niawerft Riel
1095	25 500	34,68	25 150	34,63	6 50 cm, 2 Einzelr., 2 Doppelr.	3 10,5 cm Flak L/45	—	Vulkan- werke Stettin
1530	24 000	34,61	23 800	33,74	6 50 cm, 2 Einzelr., 2 Doppelr.	3 10,5 cm Flak L/45	—	Schichau Elbing— Danzig

Tabelle der im Kriege bis zum

N a m e	Auftrag erteilt	Rür- gefte Bau- zeit	Größe Länge	Größe Breite	Mittl. Probef. Tief- gang	Mittl. Probef. Ver- brängung	Di- vorrat bei Probef.	Größ- ter Di- vorrat
		i. Mon.	m	m	m	t	t	t
<b>Größe</b>								
„H 145—46“ (Zofst 16, 3)	15. 11. 16	16	85,30	8,35	2,84	990	166,0	332,0
„B 97—98“ „B 109—12“ (Zofst 16, 3)	7. 8. 14 16. 10. 14	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> 5	98,00	9,35	2,86	1354	150,0	526,5
„V 99—100“	10. 8. 14	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	99,00	9,36	2,81	1313	150,0	518,8
„G 101—04“	15. 8. 14	15	95,30	9,20	2,76	1198	150,0	499,0
<b>Kleine</b>								
<b>A I Boote:</b>								
„A 1—25“	4. 9. 14	3	41,58	4,60	1,26	107	—	23,8
<b>A II Boote:</b>								
„A 26—49“ (Zofst 16, 3)	5. 12. 15 22. 12. 15	6	50,1	5,32	1,83	228	45,0	53,2
„A 50—55“	5. 7. 16	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	50,1	5,62	1,84	229	45,0	55,6
<b>A III Boote:</b>								
„A 56—66“	5. 7. 16	6	60,00	6,41	1,80	329	85,0	91,67
„A 80—82“	19. 3. 17	5						
„A 86—91“	13. 7. 17	5						
„A 68—79“	5. 7. 16	5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	60,02	6,42	1,91	354	76,0	82,00
„A 92—95“	12. 7. 17	7						
„V 105—08“	10. 8. 14	12	61,0	6,21	1,94	349	30,0 R. 5,6 Di	59,7 R. 16,2 Di

## 6. 11. 18 abgelieferten Torpedoboote (Fortf.).

Größter Fahr- ber. bei 20 Kn Sm	Höchstwert bei einem Durchlauf		Mittelwert aus 4—6 Durchläufen		Torpedo- bewaffnung	Artillerie- bewaff- nung	Minen- aus- rüstung	Baumerkt
	Maximi- malenleift.	Größte Geschw.	Maximi- malenleift.	Größte Geschw.				
	WPS	Kn	WPS	Kn				
<b>Boote.</b>								
1840	23 788	33,56	23 800	33,33	6 50 cm, 2 Einzel., 2 Doppel.	3 10,5 cm Flak L/45	—	Hornalbt- werke Riel
2620	40 800	38,09	40 217	37,51	6 50 cm, 2 Einzel., 2 Doppel.	4 10,5 cm Flak L/45	24	Blohm & Hoff Hamburg
2250	42 850	37,85	42 475	37,67	6 50 cm, 2 Einzel., 2 Doppel.	4 10,5 cm Tppts. K. L/45	24	Vulkan- werke Hamburg
2420	29 400	33,72	28 650	32,96	6 50 cm, 2 Einzel., 2 Doppel.	4 10,5 cm Tppts. K. L/45	24	Germa- niawerft Riel
<b>Boote.</b>								
440 (19) Kn	1 125	20,0	1 084	18	2 45 cm, Einzel.	1 5 cm Tppts. K. L/40	4	Vulkan- werke Hamburg
975	3 500	26,37	3 300	25,81	1 45 cm, Einzel.	2 8,8 cm Ubts. u. Tppts. K. L/30	—	Schichau Eibing, Danzig
840	3 500	25,71	3 300	24,77	1 45 cm, Einzel.	2 8,8 cm Tppts. K. L/30	—	Schichau Eibing, Danzig
805	6 050	28,38	5 960	25,39	1 45 cm, Einzel.	2 8,8 cm Tppts. K. L/30	—	Vulkan- werke Siettin
725	5 800	27,01	5 800	26,2	1 45 cm, Einzel.	2 8,8 cm Tppts. K. L/30	—	Schichau Eibing
640	6 000	30,1	5 905	29,96	3 45 cm, Einzel. 3 8,8 cm	3 8,8 cm Tppts. K. L/45	12	Vulkan- werke Siettin

## 2. Schnell- und Fernlenkboote.

Zur Abwehr feindlicher Minen- und U-Bootstätigkeit wurden flachgehende schnelle Motorboote geschaffen.

Die 19 t schweren F-Boote waren ausgerüstet mit zwei 60 PS-Motoren, 1 M. G. und erreichten eine Geschwindigkeit von 11 Knoten. Die UZ-Boote (U-Boot-Zerstörer) waren 40 t große, mit zwei 300 PS-Motoren und einer 5-cm-St. ausgerüstete, äußerst seefähige Boote, die bei 17 Knoten Geschwindigkeit eine Fahrstrecke von fast 1000 Seemeilen besaßen.

Die LM-Boote (Tafel 18, e) entwickelten mit drei Luftschiffmotoren zu 240 PS eine Geschwindigkeit von über 30 Knoten. Die nur 7 t schweren und 1 m tief gehenden Boote konnten mit einem 45-cm-Bugtorpedorohr und zwei M. G. ausgerüstet werden; jegliche Bohreinrichtung und Aufbauten fehlten. Von diesen drei Typen wurden 111 Boote von den bekannten Bootswerften erbaut.

Seit Jahren arbeitete die Firma Siemens & Halske unter Leitung von W. v. Siemens an der Verwirklichung eines fernlenkbaren (F. L.) Überwassertorpedos, genannt „Siemens FL-Boot“. Zusammen mit der Bootswerft Fr. Lürssen-Begefac wurde ein Schnellboottyp geschaffen — Doppelschraubenboot  $13,0 \times 1,86 \times 0,6$  m —, welcher bei 6 t Gesamtgewicht mit zwei 200 PS-Flugzeugmotoren eine Geschwindigkeit von 30 Knoten besaß, ausgerüstet mit Sonderapparaten für einen automatischen Sechsstundenbetrieb. Die Boote trugen eine sehr hohe Sprengladung, die im Vorschiff in der Wasserlinie angeordnet, durch Pertussions- oder Fernzündung zur Detonation gebracht werden konnte. Die FL-Apparatur bestand aus dem Kommandogeber auf dem Fernsteuerstande und dem Kommandoempfänger im Boote, welcher die zur Ausführung der Kommandos nötigen Nebenapparate auslöste. Die Übertragung der Impulse geschah mittels einer auf dem Boote untergebrachten, in Fahrt ablaufenden Aderpule, deren auslaufendes Ende an die Kommandostelle angeschlossen wurde. Die Fernsteuerung erfolgte anfänglich von hohen Geländepunkten und Baulichkeiten oder von Fesselballons und Flugzeugen aus. Die drahtlosen Kommandos konnten bis auf 50 km Luftlinie zuverlässig an Land aufgenommen und automatisch durch die Aderverbindung dem Boote direkt übermittelt werden. Schließlich wurden die Boote von dieser Abhängigkeit befreit, indem sie selbst F. L.-Empfangsapparate unter Fortfall der Aderverbindung erhielten und damit zu 6-Stundenfahrten — 350 km Aktionsradius — befähigt wurden. Die Steuerung erfolgt dann ausschließlich von Flugzeugen aus.

### III. Schiffsmaschinenanlagen.

(Schiffstessel, Maschinen, Propeller, Hilfsmaschinen und Apparate.)

#### a. Die militärischen Grundlagen.

Von Marine-Oberhefingenieur Lemke.

Die Maschine ist das Mittel, die Artillerie- und Torpedowaffe an den Feind heranzubringen, seine Verfolgung aufzunehmen oder das Schiff der Einwirkung des feindlichen Feuers zu entziehen. Die von ihr dem Schiffe erteilte *Geschwindigkeit* ist somit eine den übrigen gleichwertige und ebenbürtige *Waffe*. Sie allein bietet die Möglichkeit, dem Gegner Zeit und Ort des Kampfes aufzuzwingen. Ihre schnellste Änderung innerhalb weiter Grenzen bis zum Maximum ist eine unerlöbliche Forderung beim Auffärungsdienst, beim Aufmarsch der Streitkräfte zum Kampf und während der Schlacht.

Die Geschwindigkeit eines Schiffes hängt in erster Linie von der Stärke und dem Zustande seiner Maschinenanlage ab. Sie den im Kriege auftretenden Bedürfnissen anzupassen und aufs höchste zu steigern, mußte ohne Unterbrechung angestrebt werden. Auf dieses Ziel gingen alle im Verlauf des Krieges geschaffenen Änderungen.

Die treibende Kraft für die Kriegsschiffsmaschine, der Wasserdampf, wird in Wasserrohrkesseln erzeugt, für die als Brennmaterial im allgemeinen Steinkohle diente.

Bei den Vorstößen nach der englischen Küste 1914 zeigte sich die Erhaltung einer höheren Dauergeschwindigkeit als sehr schwierig, weil die Kesselrosten sehr schnell derart verschlachten, daß die einwandfreie Bedienung der Feuer nahezu unmöglich wurde. Wirksame Abhilfe schufen die wassergeführten *Hohlrosten*. Zu Beginn des Krieges versuchsweise auf dem Großen Kreuzer „Blücher“, wurden sie nach dem Gefecht auf der Doggerbank (Januar 1915) in die Kessel aller Großkampfschiffe und Kreuzer mit größter Beschleunigung eingebaut.

Eine weitere Erhöhung der Leistung ermöglichte die allgemeine Einführung der *Dizelsaßsteuerung* bei Kohlekesseln. Die in die Kesselfeuerungen eingebauten Leerölbüfen brachten eine wesentliche Erhöhung der Dampferzeugung.

Schließlich ersetzte man bei größeren Schiffsneubauten einen Teil der Kohlekessel durch reine *Dieselmotoren*, die sich auf Torpedobooten schon lange ausgezeichnet bewährt hatten. Der großen Feuergefährlichkeit, die beim Gegner üble Folgen zeitigte, begegnete man dadurch, daß man die Stunker

in weitgehendstem Maße durch angrenzende Kohlenbunker und Panzerdecks zu schützen suchte.

Der Ersatz der Kolbendampfmaschine auf den neueren Kriegsschiffen durch die Dampfturbine war notwendig, weil in den verfügbaren Räumen die für eine Leistung bis zu 100 000 Pferdestärken nötigen Maschinenätze nicht in anderer Form unterzubringen waren; für sie sprach auch die große Betriebsicherheit bei dauernder Hochbelastung. Die Leistung wird entweder unmittelbar oder durch Einschaltung eines Zwischengliedes (Föttingertransformator, Zahnradgetriebe) auf die Propeller übertragen. Durch Einführung des Dreimaschinensystems, gegenüber den Maschinenanlagen englischer Kriegsschiffe mit nur zwei Maschinen, fielen auf unseren Schiffen die Propeller naturgemäß kleiner aus. Dadurch wurde der Tiefgang vermindert und ein Befahren flacherer Gewässer ermöglicht. Die zur Maschinenanlage gehörenden Hilfsmaschinen sind teils wichtige Bestandteile der Hauptmaschinen, teils erfüllen sie ganz bestimmte Sonderzwecke. So führte z. B. die Forderung, die Geschütztürme schnell, sicher und leicht zu bedienen, die schnelle Schießgeschwindigkeit der neuzeitlichen Geschütze und das große Gewicht der zu fördernden Munitionsmengen zum maschinellen Antrieb bei der Schiffsartillerie.

Anstelle der Dampfmaschinen als Antriebsmaschinen auf älteren Schiffen trat für unsere neueren Schiffe mit Vorteil der elektrische Antrieb, teilweise in Verbindung mit hydraulischen Pumpen, weil die elektrische Energie ihre Zufuhr selbsttätig einstellt, wenn die Zuleitungen zerstoßen sind, und weil das Kabel platzspart, leicht verlegt ist und keine Hitze ausstrahlt. Ähnliche Anforderungen stellten zahlreiche andere Hilfsmaschinen; Bootsheißmaschinen, Heckschiffe, Lüftungsmaschinen, Werkstattmaschinen werden fast ausschließlich elektrisch angetrieben.

Als Stromquelle dienen starke Dynamomaschinen, zu deren Antrieb man zum Teil an Stelle der Dampfturbine den Dieselmotor einführte und damit zugleich einen Teil der wärmeausstrahlenden, platzraubenden Rohrleitungen und die Gefahr des aus zerstoßenen Rohrleitungen austretenden Dampfes beseitigte.

Zu den Hilfsmaschinen für besondere Zwecke zählen auch die Kältemaschinen zur Kühlung der Munitions- und Pulverkammern, wie zur Kühlung der Proviand- und Fleischräume. Bei letzteren wurde während des Krieges eine wesentliche Verbesserung dadurch erzielt, daß man dem den Fleischraum durchstreichenden Luftstrom beständig auf elektrischem Wege erzeugtes Ozon zuführte und die Frischhaltung des Fleisches verbesserte.

Dringend notwendig erwies sich die maschinelle Unterstützung des stark beanspruchten Maschinenpersonals. Vor Beginn eines Gefechtes werden

alle dampf- und wasserführenden Rohrleitungen so geschaltet, daß bei einer Befehlsförderung durch Havarie eines Rohrstruhens oder einer Maschine der Ausfall möglichst beschränkt bleibt. Die verschiedenen Schaltungsmöglichkeiten lassen sich nicht selbsttätig einrichten, sondern die den Verhältnissen entsprechende Schaltung muß schnell befohlen und schnell durchgeführt werden. Bald nach Kriegsbeginn stellte sich heraus, daß diese Schaltungsmöglichkeiten verbessert werden mußten. Sie wurden durch Einbau einer Anzahl von Zwischenventilen erreicht. Das forderte die Schaffung einer gut arbeitenden Befehlsübermittlung, um die Befehle der Schiffsleitung sicher auszuführen. So wurden neue Fernsprechanlagen notwendig; fliegende Leitungen als Reserve mußten an Bord gegeben, alle Fernsprecher durch mehrere von einander unabhängige Kraftquellen gespeist werden.

Die Befehlsübermittlung der von der Leitzentrale aus geleiteten Leitzweir durch Sprachrohr und Läuferposten erwies sich als nicht ausreichend; es wurde für die Leitzweir eine besondere Fernsprechanlage eingebaut.

Die Gasbetämpfung im Schiff war schon lange vor dem Kriege geübt. Die ersten Zusammenstöße zeigten aber, daß die Ausbreitung der Gase viel schneller und weiter vor sich ging, als die Übungen ergeben hatten. Die Lüftungstankale mußten zahlreiche und besser abdichtende Verschlüsse erhalten, die Sprachrohrabschlüsse verbessert werden. Selbstretter wurden zahlreicher an Bord gegeben, Gasmasken eingeführt. Sie kamen gerade rechtzeitig, um in der Stageracktschlacht manchem Braven das Leben zu retten.

Die Lüftung der Schiffsräume im Gefecht wurde immer mehr beschränkt, um die Ausbreitung giftiger Gase zu verhindern. Die Temperaturen der Räume wurden dadurch höher und in den Maschinenräumen bald durch Wasserdampf stark geschwängert.

In den Gefichtspausen war deshalb schnelle Durchlüftung und noch schnellerer Abschluß bei Wiederbeginn des Feuers nötig. Dazu wurde die Druckluft der Kesselräume in starkem Umfange herangezogen, eine besondere Mannschaftsgruppe zur Bedienung der Lüftung gebildet.

Eine ernste Probe auf die Wirksamkeit der Verbesserungen ließ der Abbruch der Kampfhandlungen leider nicht mehr zu.

## b. Die technische Ausführung.

Von Marinebaurat W. Pauluhn.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 19.)

### A. Maschinenanlagen für Kriegsschiffe und Torpedoboote.

#### 1. Anlagen für den Schiffsantrieb.

Die dauernde Steigerung der militärischen Anforderungen hat in allen Marinen eine Vergrößerung nicht allein der Schiffstörper, sondern auch der Schiffsgeschwindigkeiten und somit aus doppelter Ursache heraus eine Erhöhung der Maschinenleistungen bedingt, die weit über die der Displacements (d. i. das vom Schiffe verdrängte Wassergewicht) hinausging. Stellt man kurz vor dem Kriege oder während desselben in Bau gegebene deutsche Kriegsschiffe und Torpedoboote mit den jeweils innerhalb ihrer Gattung letzten Kolbenmaschinenschiffen in Vergleich, so ergibt sich folgendes Bild:

Schiffsklasse	Bezeichnung	Jahr der In- dau- gabe	De- place- ment in t nach Kon- struk- tion	Maschinen- leistung in Pferde- kräften*) (PS)		Zuwachs an		
				nach Konstruk- tion	erreicht oder er- weitert**)	De- place- ment in ‰	Maschinen- leistung in ‰	
							bezogen auf Kon- struk- tions- leistung	bezogen auf er- reichte oder er- weiterte Leistung
Linienchiffe	„Ostfriesland“	1908	22 800	28 000	35 500	25,9	71,5	55
	„Württemberg“	1914	26 700	48 000	55 000			
Große Kreuzer	„Blücher“	1906	15 500	36 200	44 000	116	148,5	150
	„Erlach Nord“	1915	33 500	90 000	110 000			
Kleine Kreuzer	„Emden“	1906	3 500	15 000	16 350	60	106,5	206
	„König“	1915	5 800	31 000	50 000			
Torpedoboote	V 150 bis 160	1907	555	10 250	11 000	260	368	409
	V 116 bis 118	1916	2 000	48 000	58 000			

Für die Großkampfschiffe würde die starke Steigerung der Maschinenleistungen noch deutlicher in die Erscheinung treten, wenn man die während des Krieges durchgearbeiteten, aber nicht mehr in die Bauausführung gekommenen Entwürfe in den Vergleich einbezöge. Als Beweis hierfür wird die Angabe genügen, daß für Linienchiffe Maschinenleistungen bis zu 160 000 WPS, für Große Kreuzer (oder sogenannte „schnelle Linienchiffe“)

\*) Die Leistung der Kolbenmaschinen-Schiffe „Ostfriesland“, „Blücher“, „Emden“ und V 150 bis 160 sind in „indizierten Pferdekraften“ (i. PS) angegeben. Da bei Turbinen die indizierte Pferdekraft nicht feststellbar ist, sind für die Turbinenschiffe die obigen Werte in „Wellenpferdekraften“ (WPS) aufgeführt darunter die an den Schraubenswellen gemessene Bremsleistung zu verstehen ist. Bei Zugrundelegung desselben Einheitsbetrages würde sich somit der Zuwachs an Maschinenleistung noch höher stellen.

\*\*) Bei noch nicht fertiggestellten Schiffen.

fogar solche von mehr als 300 000 WPS. in ernste Erwägung gezogen worden sind. Aber die Ausführbarkeit solcher Anlagen, die noch vor wenigen Jahren als phantastisch erschienen wären, besteht heute kein Zweifel mehr.

Daß indessen Leistungen dieser Höhe nicht mit Kesseln und Maschinen erreichbar waren, wie sie noch zu Anfang des Jahrhunderts auf Kriegsschiffen benutzt wurden, liegt auf der Hand, obwohl auch die damaligen Anlagen schon — und mit Recht — als bedeutende Werke der Technik galten. Ganz abgesehen von der weiterhin noch darzulegenden Unmöglichkeit, Leistungen der angeführten Größe in den zu jener Zeit allgemein verwendeten Kolbenmaschinen zu verwirklichen, durften insbesondere Gewicht und Raumbedarf nicht in demselben Maße wie die Leistungen wachsen, wenn man nicht auf Displacements kommen wollte, für die weder die Reichsfinanzen noch auch die vorhandenen Docks und Schleusen, ja, selbst die Wassertiefen der Nordsee ausgereicht hätten. In wie starkem Maße es der Marinetchnik gelungen ist, die Einheitsgewichte, d. h. die Gewichtszahlen für 1 PS., herabzudrücken, darüber gibt die nachfolgende, auf die gleichen Schiffe wie die vorstehend angeführten bezogene Vergleichstafel ein anschauliches Bild:

Schiffs- klasse	Bezeich- nung	Maschinenlei- stung *) in PS		Einheitsgewicht, kg/PS				Gewichtsabnahme für 1 PS um %			
		nach Konstruktion	tatsächlich erreicht oder ermartet	nach Kon- struktion		erreicht o. ermart. **)		bezogen auf die Konstru- tionstilung		bez. a. b. erreichte erw. Leistung	
				Kessel- anlage	Stech- anlage	Kessel- anlage	Stech- anlage	Kessel- anlage	Stech- anlage	Kessel- anlage	Stech- anlage
Zerstörer	„Ostfriesland“	28 000	35 500	30,5	32,0	24,6	26,0	30,3	29,5	31,7	22,3
	„Württemberg“	48 000	55 000	19,3	23,2	16,8	20,2				
Große Kreuzer	„Blücher“	36 200	44 000	28,7	31,0	23,6	25,5	37,0	42,0	37,2	42,4
	„Erzherzog Ferdinand“	90 000	110 000	18,1	18,0	14,8	14,7				
Kleine Kreuzer	„Emden“	15 000	16 350	21,4	24,7	27,0	22,7	25,5	16,2	49,6	43,6
	„Köln“	31 000	50 000	21,9	20,7	18,6	12,8				
Torpedoboot.	V 150 bis 160	10 250	11 000	13,3	10,4	12,4	9,7	41,3	38,5	40,0	41,2
	V 116 bis 118	48 000	56 000	7,8	6,6	6,7	5,7				

Auch im Platzbedarf, der am übersichtlichsten bei einem Vergleich der in Anspruch genommenen Bodenflächen zum Ausdruck kommt, ist der Fortschritt gegenüber den älteren Anlagen unverkennbar. Betrachtet man die Verhältnisse beispielsweise bei den Kreuzern, so stieg

- a) bei den neuesten großen Kreuzern gegenüber „Blücher“:  
 die Leistung um . . . . . rund 150%  
 dagegen das Gewicht der Maschinenanlage (ohne Kessel)  
 nur um . . . . . 44%

\*) Vgl. die Anm. zur ersten Zahlentafel. — \*\*) Bei noch nicht fertiggestellten Schiffen.

das Gewicht der Kesselanlage nur um . . . . .	rund	57%
die Bodenfläche der Maschinenanlage (ohne Kessel) nur um . . . . .		87%
und die Bodenfläche der Kesselanlage sogar nur um . . . . .		68%

b) bei den neuesten kleinen Kreuzern gegenüber den letzten mit Kolbenmaschinen ausgerüsteten:

die Leistung um . . . . .	rund	206%
dagegen das Gewicht der Maschinenanlage (ohne Kessel)		
nur um . . . . .		73%
das Gewicht der Kesselanlage sogar nur um . . . . .		54%
die Bodenfläche der Maschinenanlage (ohne Kessel) nur um . . . . .		73%
die Bodenfläche der Kesselanlage sogar nur um . . . . .		40%

Die Steigerung der Maschinenleistung bei diesen Schiffen ist also annähernd dreimal so groß wie die Vermehrung an Raum und Gewicht, und dieses Verhältnis würde noch beträchtlich günstiger werden, wenn man die während des Krieges entstandenen Neuentwürfe, die in Bauausführung zu geben der Kriegsausgang verhindert hat, dem Vergleich zugrundelegen würde.

Ein so wesentlicher Leistungszuwachs bei verhältnismäßig geringem Mehrbedarf an Raum und Gewicht war natürlich nur durch einschneidende Konstruktionsänderungen erreichbar, die eine ungewöhnlich schnelle Entwicklung des Schiffsmaschinenbaus auf fast allen seinen Einzelgebieten zur Voraussetzung hatten.

### I. Kesselanlage.

Die in neuerer Zeit erzielten Verbesserungen an den Schiffskesseln sind um so bemerkenswerter, als sich beim Beginn des 20. Jahrhunderts in der deutschen Marine der Übergang von dem noch recht schweren Zylindertessel der eigentlichen Kriegsschiffe und dem zwar leichteren, aber auch noch ziemlich empfindlichen Lokomotivkessel der Torpedoboote zum engrohrigen Wasserrohrkessel des sogenannten „Marinetyps“ schon größtenteils vollzogen hatte. Die letzten Kolbenmaschinenschiffe waren bereits durchweg mit solchen Marinekesseln ausgerüstet, und es schien zunächst, als ob Verbesserungen nur noch hinsichtlich der Einzelheiten durch sorgfältiges Studium aller inneren Vorgänge und darauf gegründete Versuche erreichbar sein würden. Indessen fand sich unter dem Zwange der Notwendigkeit doch ein Weg zu dem gewünschten Erfolge: der Übergang von der reinen Kohle- zur Ölheizung.

Es ist nur natürlich, daß äußere Verhältnisse und militärische Forderungen zuerst den Torpedobootsbau zur Anwendung der Ölheizung nötigten. Schon auf den Booten T 162 bis 164, also im Jahre 1908, sah die zuständige Marinebehörde, die Inspektion des Torpedowesens in Kiel, neben den seit Einführung der Wasserrohrbauart allein benutzten Kohle-

keffeln\*) auch einen Ölkessel des Marinetyps vor, womit sie die Möglichkeit schuf, die Dampfleistung, wenn auch noch in verhältnismäßig geringem Maße, schnell über den bisherigen Höchstbetrag hinaus zu steigern. Mit Rücksicht auf die ungünstige Lage der Dampferzeugung in Deutschland und die sich daraus ergebende Unsicherheit, ob im Kriegsfall die erforderlichen großen Ölmengen verfügbar sein würden, beschränkte man sich zunächst auf das Verhältnis von 3 Kohle- zu 1 Ölkessel, bis die dringenden Forderungen des Krieges endlich zur reinen Ölfeuerung zwangen, einem Schritt, der — durch die Fortschritte in der Gewinnung genügender Mengen brauchbarer Öle aus heimischen Kohlen erleichtert — nicht allein die militärische Verwendbarkeit der Boote steigerte, sondern auch die Bootsformen stark beeinflusst hat. Als militärisch wichtig ist hier noch eine weitere Verbesserung zu nennen, durch die völlig rauchloses Anheizen der Kessel unter Zuhilfenahme von Preßluft ermöglicht wurde.

Etwas anders gestaltete sich die Entwicklung auf den eigentlichen Kriegsschiffen, den Linienschiffen und Kreuzern. Das Bestreben war hier zunächst darauf gerichtet, Kessel zu verwenden, die beliebig mit Kohle oder mit Öl oder auch mit beiden Brennstoffen zugleich geheizt werden konnten. Die Versuche, hiermit eine einwandfreie Verbrennung zu erzielen, fielen damals jedoch nicht zufriedenstellend aus, weil die inneren Vorgänge noch nicht genügend geklärt waren. Deshalb wurde die Ölheizung vorübergehend aufgegeben, bis die steigenden Anforderungen der Front auch hier — und zwar nicht nur in Deutschland, sondern auch in anderen Marinen — zu dem schon im Torpedobootsbau beschrittenen Wege zwangen, neben den Kohle- noch einige Kessel ausschließlich für Ölbetrieb einzubauen. Bei den ersten, 1910 fertiggestellten Kreuzern, die mit einer solchen „gemischten Kesselanlage“ ausgerüstet waren, wurden nur zwei Ölkessel vorgesehen, so daß von der gesamten Dampfleistung noch etwa 60 % auf die Kohle- und nur 40 % auf die Ölkessel entfielen. Auf den ersten Linienschiffen dieser Art gaben die Ölkessel allein sogar nur rund 30 % der Gesamtleistung her. Die günstigen Erfahrungen, der große Vorteil, den die ohne besondere Inanspruchnahme von Menschenkraft leicht und hoch forcierebare Heizölanlage besaß, haben dann ganz natürlich dazu geführt, daß das Leistungsverhältnis sich trotz der zu weiser Beschränkung im Ölverbrauch zwingenden Schwierigkeiten, die der Sicherstellung der für einen längeren Krieg nötigen Ölmengen gegenüberstanden, allmählich mehr zugunsten der Ölkessel verschob. Bei den zuletzt gebauten Kriegsschiffen stellte sich das Verhältnis der Ölkessel zur Gesamtkesselleistung

\*) In Lokomotivkesseln ist russisches Öl (Mafut) allerdings schon seit 1896/1897 auf den Torpedobooten T 42 bis 60 verfeuert worden.

bei den Linienschiffen	auf 42 %,
„ „ Großen Kreuzern	„ 45 %,
„ „ Kleinen „	„ 52 %,

und bei den im Kriege entstandenen, aber nicht mehr zu praktischer Ausführung gelangten Entwürfen wuchs dieses Verhältnis sogar bis auf etwa 70 % an.

Die äußere Ansicht eines Marineölkessels zeigt Tafel 19, s. Seine Leistungsfähigkeit mögen folgende Angaben beleuchten. Beim Kohlekessel bedeutet die stündliche Erzeugung von 50 kg Dampf für jeden Quadratmeter Heizfläche schon eine starke Forcierung, beim Ölkessel kann sie ohne Schwierigkeit auf 80 kg/qm gesteigert werden. Ein Ölkessel vom Marinetyp wiegt für jeden Quadratmeter Heizfläche nur etwa den sechsten Teil der früher auf großen Schiffen allgemein verwendeten Zylindertessel, deren Dampferzeugung, wiederum auf 1 qm Heizfläche bezogen, überdies nur etwa den dritten Teil derjenigen eines modernen Ölkessels ausmachte. Bei gleichem Gewichtsauswand wird also bei diesem eine 18mal so große Dampfleistung erreicht, wie bei jenem. Dank dieser Leistungsfähigkeit werden stündlich bei Großen Kreuzern insgesamt bis zu 750 000 kg, bei Kleinen Kreuzern bis zu 330 000 kg Wasser verdampft.

Das Studium der Betriebsverhältnisse bei Kesseln mit reiner Ölheizung führte nun aber weiter zu der Erkenntnis der Ursachen, aus denen die früheren Versuche, Kessel für Öl- und Kohlefeuerung zu bauen, nicht den gewünschten Erfolg gehabt hatten. Infolgedessen gelang es nun, auch solche Kessel mit „gemischter Feuerung“ zu einwandfreiem Betriebe zu bringen, und da sich die „Z u s a t z - Ö l f e u e r u n g“ auch nachträglich an Kohlekessel anbauen ließ und ein vortreffliches Mittel bot, eine wesentliche Leistungssteigerung — besonders bei ungünstigen Bedienungsverhältnissen, verschlachten Feuern, bei Kohlemangel oder Schwierigkeiten in der Heranschaffung genügender Kohlemengen aus den Bunkern — herbeizuführen, so wurden teils kurz vor Ausbruch, teils auch während des Krieges alle Kohlekessel unserer Linienschiffe und Kreuzer durch Einbau von 1 bis 3 Ölbüfen — je nach Kesselgröße — mit derartigen Zusatzfeuerungen versehen. Die dadurch erreichte Steigerung der Kesselleistung im Dauerbetriebe betrug durchschnittlich etwa 30 v. H., bei den Kleinen Kreuzern bis zu 35 v. H. Für die neuesten, noch im Bau befindlichen Großen Kreuzer sollte die gleiche Maßnahme sogar eine Steigerung um etwa 60 bis 70 v. H. der Kohlekesselleistung ermöglichen.

Übrigens ist die Frage der Ölheizung wie in der deutschen so auch in den fremden Marinen durch die damit eng zusammenhängende Frage der Ölbeschaffung maßgebend beeinflusst worden. Voran ging die in dieser Hinsicht am besten gestellte amerikanische, die schon seit 1907 allen neue-

willigten Zerstörern, seit 1911 auch allen neueren Großkampfschiffen Ölkesselanlagen gab. Nur zögernd — erst seit 1909 — folgte die englische Marine, die indessen für Großkampfschiffe mit wenigen Ausnahmen am Typ des Kohlekessels mit Ölzusahdüsen festhielt. Ein ähnliches Verhalten zeigten auch die kleineren Marinen: fast allgemein findet man bei ihnen reine Ölkesselanlagen nur bei Zerstörern, dagegen entweder gemischte Feuerungen — Kohlekessel mit Ölzusahdüsen — oder auch gemischte Kesselanlagen — besondere Kohle- und besondere Ölkessel — bei den größeren Schiffen.

Die Unmöglichkeit, während des Krieges stets gute Kohle zur Verfügung der Schiffe zu halten, führte in der deutschen Marine so häufig zum Verschleiden der Kisten und damit zu starkem Sinken der Kesselleistung, daß Abhilfe geschaffen werden mußte. Das Mittel dazu wurde in einer *K ü h l u n g* der als Hohlkörper ausgebildeten *K o s t s t ä b e* gefunden, die während des Krieges bei allen in der Front verwendeten Kohlekesseln eingeführt wurde. Das unter dem Zwange der Not als einzig erprobtes anfangs angenommene, mit *W a s s e r k ü h l u n g* arbeitende System der Prometheus-Werke, Herrenhausen bei Hannover, wurde auf Grund umfangreicher Versuche der Reichswerft Wilhelmshaven bald wesentlich vereinfacht und verbessert. Indessen war auch damit das letzte Wort in der Entwicklung der sogenannten „*H o h l r o s t e n*“ noch nicht gesprochen. Die bisher verwendete Wasserführung verschlechtete nämlich den Kesselwirkungsgrad um rund 5 v. H., weil durch sie ein Teil der bei der Verbrennung erzeugten Wärme nutzlos in das als Kühlmittel durch die Kisten und dann wieder nach außenbords gepumpte Seewasser übertrat. Um diese sehr unerwünschten Verluste zu verhüten, wurden in der letzten Zeit des Krieges auf der Reichswerft Kiel Versuche vorbereitet, um die Kistkühlung durch Luft zu bewirken. Die hierbei angewärmte Luft wollte man der Feuerung zuführen, ihren Wärmehalt dem Verbrennungsvorgang also wieder nutzbar machen. Leider hat die überraschend plötzliche Beendigung des Krieges die Durchführung dieser Versuche verhindert.

## II. Hauptmaschinenanlage.

Bis in den Beginn des laufenden Jahrhunderts hinein wurden alle Kriegsschiffe noch durch *K o l b e n - D a m p f m a s c h i n e n* angetrieben. Mit der zunehmenden Größe wuchsen aber die damit verbundenen Schwierigkeiten. Die größte Leistung, die auf Kriegsschiffen mit Maschinen dieser Art erzielt worden ist, betrug für eine Schraubenwelle, d. h. also in einer Maschine noch nicht 15 000 iPS, wobei die Niederdruckzylinder-Durchmesser mit rund 1900 mm schon nahe an der Grenze der Ausführungsmöglichkeit lagen. Überdies machten Kolbenmaschinen dieser Größe auch

bereits eine besondere „Ausbalanzierung“ der bewegten Massen notwendig, weil die sonst auftretenden Erschütterungen des Schiffskörpers ein treffsicheres Schießen ausgeschlossen haben würden.

Mit den weiter steigenden Anforderungen an die Leistung der Hauptmaschinen war die Beibehaltung der Kolbenmaschinen nicht mehr möglich. Glücklicherweise war jedoch im ersten Jahrzehnt unseres Jahrhunderts die Dampfturbine schon so weit entwickelt, daß sie für die Verwendung auf Kriegsschiffen reif erschien, und nachdem zunächst einige vorsichtig tastende Versuche auf kleinen Kreuzern und Torpedobooten („Lübeck“, „Stettin“, „T 126“, „T 137“) befriedigende Ergebnisse geliefert hatten, setzte bald — 1907 beginnend — eine Hochkonjunktur im Schiffsdampfturbinenbau und eine Schnelligkeit in der Entwicklung ein, die noch vor kurzem kaum für möglich gehalten worden wäre. Von 1907 ab erhielten in Deutschland alle Großen und Kleinen Kreuzer — von den Großen zuerst der bei Blohm u. Voß in Hamburg gebaute „von der Tann“ —, von 1909 ab auch alle Linienschiffe ausschließlich Turbinenantrieb, wobei die Antriebsmaschinen unmittelbar mit den Schraubenwellen gekuppelt wurden, so daß also Turbinen und Schrauben stets die gleiche Drehzahl besaßen. Infolge dieses Systemwechsels konnten schon der zweite mit Dampfturbinen ausgerüstete kleine Kreuzer „Stettin“, 22 000 WPS, d. i. rund 50 v. h. mehr als die bisherigen Schiffe dieser Art, und die dann folgenden — „Dresden“, „Augsburg“ usw. — bereits 31 000 WPS, der erste Große Kreuzer mit Dampfturbinen aber schon mehr als 80 000 WPS Gesamtleistung entwickeln.

Die Dampfturbinenanlagen der vorgenannten Schiffe haben gemeinsam, daß eine Hochdruck- und, abgetrennt davon, die zugehörige Niederdruckturbine auf je eine Welle derselben Schiffseite arbeiteten, wodurch freilich eine für den Kriegsschiffsbetrieb unerwünschte Abhängigkeit der beiden Wellen voneinander bedingt wurde. Bei den damals verwendeten, reinen Reaktionsturbinen (System Parsons) war aber eine solche Anordnung notwendig, weil nur so ein genügend langer Dampfweg innerhalb der Turbine und eine ausreichend hohe Zahl von Schaufelsträngen für den Dampfstrom zu schaffen war, um die im Interesse nicht allein der Geldersparnis, sondern noch vielmehr eines möglichst hohen „Aktionsradius“ anzustrebende Wirtschaftlichkeit zu erreichen.

Die Mängel der reinen Parsons-Turbinen, die besondere Wartturbinen und Hochdruck-Rückwärtsturbinen verlangten und die Wellen in eine für den Gefechtsfall unzweckmäßige Abhängigkeit von einander brachten, die verwickelten Schaltungen, die sich ergaben, wenn die Anlage auch bei kleiner Belastung noch mit befriedigender Wirtschaftlichkeit arbeiten sollte, führten in Deutschland indessen bald zur Ausbildung der sogenannten

„Einheitsturbine“, welche die Vorteile der von Curtis entwickelten Aktionsturbinen für den ersten Hochdruckteil (zwei bis drei Stufen) mit derjenigen der Parsonschen Reaktionschaufelung für den folgenden Hochdruckteil in zweckmäßiger Weise vereint. Diese Anordnung gestattete wiederum eine nennenswerte Steigerung der Leistung; als Beispiele seien die folgenden erst während des Krieges in Dienst gestellten deutschen Schiffe genannt:

Linien Schiff „Bayern“ mit ungefähr 56 000 WPS, Großer Kreuzer „Hindenburg“ mit etwa 96 000 WPS, Kleiner Kreuzer „Dresden“ mit rund 50 000 WPS und Torpedoboot „S 113“ mit fast 56 000 WPS.

Maschinenanlagen dieser Leistungen haben bei Vollbelastung bereits außerordentlich große Dampfmengen zu verarbeiten. Bei den zuletzt gebauten Großen Kreuzern durchströmen jeden Turbinensatz, d. h. also die Anlage einer Schiffseite, stündlich rund 300 000 kg oder 37 500 cbm hochgespannten Dampfes. Diese Mengen haben sich beim Verlassen der letzten Schaufelkränze unter entsprechender Druckverminderung bereits soweit vergrößert, daß sie nicht weniger als 1300 cbm Dampf in den Kondensator abfließen. Da die Bewältigung derartiger Dampfmengen hohe Umfangsgeschwindigkeiten bedingt, bei unmittelbarem Schraubenantrieb aber die Drehzahlen verhältnismäßig niedrig gewählt werden müssen, um den Schraubenwirkungsgrad nicht zu ungünstig werden zu lassen, so bleibt nichts weiter übrig, als die Schaufelkränze mit sehr großem Durchmesser auszuführen. Bei Leistungen von rund 100 000 WPS insgesamt ergeben sich dann jedoch bereits so große Abmessungen insbesondere der Niederdruckturbinen (vgl. z. B. Tafel 19, e), daß eine weitere Steigerung kaum noch ausführbar ist. Überdies wird die Unterbringung solcher Riesenturbinen an Bord außerordentlich schwierig, und es ist dabei ausgeschlossen, die Kondensatoren, wie allgemein zweckmäßig, unmittelbar unter die Turbinengehäuse zu legen. Daß ferner jede Unterbringung des Turbineninnern zu einer „Haupt- und Staatsaktion“ wird, daß selbst kleine Schaufelausbesserungen insolge dessen lange Zeit beanspruchen und hohe Kosten verursachen, bedarf keines besonderen Beweises.

Die Entwicklung, die schon einmal bei den Kolbendampfmaschinen eine Grenze erreicht hatte, wäre also zum Stillstande verurteilt gewesen, wenn nicht die rastlos schaffende Technik in der Einführung von *Ubersetzungsgetrieben* abermals einen Ausweg gefunden hätte.

Es ist interessant, sich bei dieser Gelegenheit der Tatsache zu erinnern, daß im Schiffbau längst vergangener Zeiten schon einmal Übersetzungsgetriebe eine Rolle gespielt haben. Die vor Erfindung der Schiffschraube benutzten Raddampfer besaßen Maschinen ganz geringer Drehzahl. Als dann die schneller laufende Schiffschraube aufkam, half sich der noch in den

Kinderschuhen steckende Maschinenbau damit, zwischen die langsam drehende Antriebsmaschine und die Schraube ein Zahnradgetriebe zu schalten, um so den Lebensbedingungen beider gerecht werden zu können. Für die damaligen Leistungen und Drehzahlen machten selbst nach heutigen Begriffen sehr mangelhaft geschnittene Zahnräder keine besonderen Schwierigkeiten.

Gerade umgekehrt liegen die Verhältnisse jetzt. Die notwendige Verringerung der Turbinenabmessungen, die nur bei hoher Anfangsgeschwindigkeit wirtschaftlich auszunutzende Dampfergie weisen zwingend auf hohe Turbinendrehzahlen hin, deren Verwirklichung jedoch die an verhältnismäßig niedrige Grenzen gebundene Schraubendrehzahl hindernd entgegensteht, wenn man nicht an Schraubenwirkungsgrad verlieren will, was man an Turbinenwirkungsgrad gewinnt. Allerdings stellten sich der hierdurch wieder notwendig gewordenen Einführung von Übersetzungsgetrieben unter den völlig veränderten Verhältnissen ganz andere Schwierigkeiten als in jenen längst verklungenen Tagen entgegen.

Dadurch, daß man die Hauptturbinen von den Schraubenwellen gewissermaßen löst, werden folgende große Vorteile erreicht:

1. Vollständige Freiheit in der Wahl der Turbinendrehzahl, die jetzt lediglich der möglichst guten Ausnutzung des Dampfes — mit dem Erfolge einer wesentlichen Steigerung des Gesamtwirkungsgrades der Anlage — angepaßt werden kann. Bei Kriegsschiffsanlagen geht man hierin zweckmäßig so weit, daß man die Vollastdrehzahl der Turbinen höher legt, als die Erreichung des besten Wirkungsgrades bedingen würde, daß also der höchste Turbinenwirkungsgrad nicht bei Volleistung, sondern bei mittleren Geschwindigkeiten erzielt wird; Kriegsschiffe fahren ja weit häufiger und länger mit diesen als mit jener. Auf diese Weise läßt sich die Wirtschaftlichkeit bei hoher Fahrt um 10 bis 12 v. H., bei kleineren Geschwindigkeiten sogar bis zu 30 v. H. gegenüber den früher gebauten, langsam laufenden Turbinen steigern.

2. Die dadurch zu erreichende Verkleinerung der Turbinenabmessungen ist so bedeutend, daß z. B. Leistungen bis zu 80 000 WPS noch in einem einzigen Gehäuse zusammengefaßt werden können. Dadurch werden Vierwellenanlagen an Bord mit 300 000 WPS Gesamtleistung und darüber ausführbar.

3. Aus demselben Grunde können die Kondensatoren wieder unter den Turbinen angeordnet werden. Dadurch fallen die sehr unbequemen großen Abdampfbojen fort, und vor Ausnahme des Turbinenoberteils zur Befichtigung oder zu Instandsetzungsarbeiten des Gehäuseinnern brauchen nur die verhältnismäßig kleinen Hochdruckrohrleitungen abgelöst zu werden.

4. Liegen die Kondensatoren unter den Turbinen, so sind größere

Überströmquerschnitte als bei Abdampfbögen verfügbar; die infolgedessen bessere Ausnutzung der Luftleere im Kondensator kommt abermals der Wirtschaftlichkeit zu gute.

5. Die kleineren Abmessungen der Turbinen und ihrer Schaufeln machen schließlich die Verwendung überhitzten Dampfes weniger bedenklich und verringern auch die Gefahren, die sich aus dem schnellen Wechsel der Wärmeverhältnisse beim Umsteuern ergeben:

Voraussetzung zur Erlangung dieser Vorteile ist die weitgehende Vervollkommnung aller Konstruktionseinzelheiten der Turbine, insbesondere der Schaufelbefestigung und aller Lager, einschließlich der Drucklager, die z. B. bei Torpedobooten als Kugeln, in neuester Zeit auch als sogenannte „Einscheibenlager“ ausgebildet worden sind. Nur allergrößte Genauigkeit in der Herstellung aller dieser Einzelteile, Verwendung bestgeeigneter Baustoffe, sorgfältigste Auswuchtung aller bewegten Massen usw. ermöglichen die Steigerung der Turbinendrehzahlen auf 3000 in der Minute und darüber; bewegt sich die Beschaufelung moderner, schnelllaufender Dampfturbinen doch mit Umfangsgeschwindigkeiten bis zu 250 m in der Sekunde, das sind Geschwindigkeiten, die denen moderner Geschosse schon ziemlich nahegerückt sind.

Nach dem heutigen Stande der Technik kommen für die Übertragung auf die langsamer drehende Schiffschraube die elektrische, die hydroaulische und die mechanische oder Zahnradübertragung in Betracht.

Bei der elektrischen Übertragung treiben die Hauptturbinen unmittelbar Dynamomaschinen an. Diese leiten den erzeugten Strom durch Kabel auf Motoren über, die möglichst weit hinten im Schiff angeordnet und unmittelbar mit den Schraubenwellen gekuppelt sind. Bisher hat von derartigen Übertragungen nur die Marine der Vereinigten Staaten von Nordamerika — diese allerdings in ziemlich umfangreichem Maße — Gebrauch gemacht. Nachdem Versuche auf dem Kohlentender „Jupiter“ nach Wirtschaftlichkeit und Manövrierfähigkeit befriedigt hatten, wurde 1914 das Linienschiff „New Mexiko“ für turboelektrischen Antrieb in Bau genommen; schon im nächsten Jahre aber erstreckte sich diese Maßnahme auf alle weiteren Linienschiffs-Neubauten. Soweit Nachrichten vorliegen, sind bisher davon nur „New Mexiko“ und „Tennessee“ fertiggestellt. Ihre Vierwellenanlagen bestehen aus zwei Drehstrom-Turbogeneratoren von je 11 400 kW, die je zwei Propellermotoren von 6700 WPS bei 175 minutlichen Umdrehungen (oder 8400 WPS und 185 Umdrehungen bei Überlastung) speisen. Die Propellermotoren sind für zwei Schaltungen eingerichtet, so daß je nach der zur Wirkung gelangenden Polzahl (24 oder 36) eine bestimmte Schraubendrehzahl eingestellt werden kann. Im

übrigen gestattet indessen die elektrische Kuppelung die Drehzahländerung der Schraube durch diejenige der Turbogeneratoren, da das Übersetzungsverhältnis durch die Polzahlen der Dynamomaschinen und der Schraubennmotoren gegeben ist.

Das Vertrauen, das die amerikanische Marine dem turboelektrischen Antriebe entgegenbringt, wird hell durch die Tatsache beleuchtet, daß auch für die 1916 bewilligten 35-Knoten-Schlachtkreuzer, deren Bau jetzt allerdings eingestellt worden sein soll, Anlagen derselben Art mit einer Antriebsleistung von 180 000 WPS vorgesehen waren. Diese Vorliebe für das in Amerika entwickelte System erscheint jedoch bei näherer Prüfung wenig gerechtfertigt. Nach den hierüber bekannt gewordenen Angaben dürfte feststehen, daß der Platzbedarf der etwa 30 000 WPS starken Hauptmaschinenanlage auf „California“ nur wenig kleiner ist als der Raum, den die noch mit unmittelbarem Turbinenantrieb versehene Hauptmaschinenanlage des deutschen Linienschiffs „Württemberg“ mit etwa 55 000 WPS beansprucht. Ergibt sich schon daraus also fast die doppelte Rauminanspruchnahme, so würde sich dieser Vergleich, sobald man ihn auf hydraulische oder mechanische Übersetzungen erstreckt, noch erheblich weiter zuungunsten der elektrischen Übertragung verschieben. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Gewichtsnachprüfung, und schließlich darf auch die Gefahr nicht außer acht gelassen werden, welche die notwendigerweise anzuwendende Hochspannung für die Schiffsbesatzung in sich schließt. Hiernach dürfte es verständlich sein, daß dem amerikanischen Beispiele bisher keine andere Marine gefolgt ist, obwohl es natürlich an sorgfältigster Untersuchung dieser Frage auch während des Krieges nicht gefehlt hat.

Die hydraulische Übersetzung besteht im wesentlichen aus einer auf der Turbinenwelle sitzenden, schnelllaufenden Kreiselpumpe und einer auf der Schraubenwelle angeordneten, langsamer arbeitenden Wasserturbine. Als Druckmittel dient Wasser, und zwar aus wirtschaftlichen Gründen Kesselspeisewasser, das bei der Leistungsübertragung angewärmt und dessen sonst verlorener Wärmeinhalt somit den Kesseln wieder zugeführt wird.

Das einfache Aneinanderreihen der vorgenannten Einzelbestandteile würde einen sehr schlechten Wirkungsgrad der Übertragung — kaum 60 v. H. — ergeben. Für hochwertige Maschinenanlagen brauchbar wird sie erst durch eine ganz eigenartige, von dem früheren Ingenieur der Vulkanwerke, jetzigen Professor Dr. Ing. Föttinger angegebene Konstruktion, die durch äußerst geschickten Aneinanderbau von Kreiselpumpe und Wasserturbine die Reibungs- und Formwiderstände auf ein Mindestmaß einschränkt und den Wirkungsgrad des „Turbotransformators“ auf mehr als 90 v. H. zu steigern gestattet.

Mit der elektrischen Übertragung hat der Turbotransformator den Vorteil gemeinsam, daß die Umsteuervorgänge in die Übersehungsgetriebe gelegt werden können, die Dampfturbine selbst also nicht umsteuerbar zu sein braucht; hinsichtlich Raum und Gewicht ist er ihr jedoch wesentlich überlegen. Dazu kommt der hohe Grad von Betriebssicherheit, der durch eine Kraftübertragung nur mittels strömenden Wassers gewährleistet ist. Dagegen ist die Wirtschaftlichkeit — sowohl bei Vollast als besonders bei Marschfahrt — schlechter als bei dem im folgenden zu besprechenden Zahnradgetriebe. Den für die Marschfahrt zu stellenden Ansprüchen genügt daher der Transformator allein nicht, er kommt vielmehr, sobald auf große Dampfströme Wert gelegt wird, nur in Verbindung mit besonders vorgeschalteten Zahnrad-Marschturbinen in Frage.

Die ersten Turbotransformatoranlagen wurden seitens der deutschen Marine auf dem Kleinen Kreuzer „Wiesbaden“ und auf einigen Torpedobooten (V 46, V 83 und V 84) eingebaut. Die Anlagen haben sich, solange sie an Bord erprobt werden konnten, gut bewährt. Leider ist „Wiesbaden“ schon nach kurzer Indiensthaltung in der Schlacht vor dem Stagerrat untergegangen. Gleichfalls gute Erfahrungen sind mit einer ähnlichen Anlage auf dem Passagierdampfer „Königin Luise“ gemacht worden, der — bei Kriegsausbruch als Hilfsschiff in die Kriegsmarine übernommen — gleich in den ersten Augusttagen 1914 das Opfer einer kühnen Angriffsfahrt gegen England geworden ist.

Von den während des Krieges in Bau gegebenen Kriegsschiffen sollten drei große Kreuzer: „Ersatz York“, „Ersatz Sneyenau“ und „Ersatz A“ ebenfalls Turbotransformatoren, und zwar je vier unabhängige, auf vier Wellen verteilte Maschinensätze erhalten. Als Höchstleistung dieser Schiffe wurden mindestens 110000 WPS erwartet, wobei die Schraubenwellen mit 315, die Turbinen mit etwa 1360 minutlichen Umdrehungen arbeiten sollten. Das Übersetzungsverhältnis betrug also 1 : 4,3; es kann beim Turbotransformator nicht ohne beträchtlichen Wirkungsgradverlust beliebig gesteigert werden.

Die mechanische Übertragung durch Zahnradgetriebe ist nach ihrer neueren, großartigen Entwicklung zweifellos als diejenige anzusprechen, der unter allen bekannten Übertragungsarten der Vorrang gebührt. Zunächst kann bei ihr das Übersetzungsverhältnis praktisch beliebig hoch gewählt werden, so daß die Turbinen mit der wirtschaftlich günstigsten Drehzahl arbeiten und daher besonders klein und leicht ausfallen. Der Vorteil des Zahnradgetriebes liegt aber vor allem in dem sehr hohen, nicht mehr zu übertreffenden Wirkungsgrade, der sich bei gut geschliffenen und sorgfältig eingeschliffenen Rädern auf 99,2 v. H. herausgestellt hat. Dabei liegt der Hauptteil des an sich geringen Verlustes von 0,8 v. H. noch dazu

in der Lagerreibung; die von den Zähnen selbst verbrauchte Reibungsarbeit hält sich zwischen 1 und 2 vom T a u s e n d.

Nachdem zuerst de Laval bei seinen mit 10 000 bis 30 000 minutlichen Umdrehungen laufenden Aktionsturbinen Leistungen bis zu 500 PS durch Zahnradgetriebe erfolgreich übertragen hatte, griffen in neuerer Zeit die Vereinigten Staaten und England den Gedanken wieder auf. In Amerika entstand zuerst ein Versuchsgetriebe für 6000 PS, aber schon 1911 machte sich England das mechanische Überfetzungsgetriebe für seine Kriegsmarine zunutze, indem es erstmalig eine Zweiwelleanlage mit Räderüberfetzung von insgesamt 16 500 WPS für die Zerstörer „Badger“ und „Beaver“ in Bau gab. Erst 1913 begann man auch in Deutschland, wo man bis dahin Zahnradüberfetzungen von höchstens 300 PS verwendet hatte, den mechanischen Getrieben größere Beachtung zu schenken. Zunächst wurden auf einer Anzahl von Torpedobooten (S 53/66, G 85/96 und V 72/82), sowie auf dem kleinen Kreuzer „Karlsruhe“ derartige Getriebe für die Übertragung von Teilleistungen vorgesehen, und zwar bei den ersteren für die Marschleistung, bei „Karlsruhe“ für die Leistung der schnelllaufenden Hochdruckturbinen, d. i. etwa die Hälfte der Gesamtleistung. Jedes „Rigel“, worunter das kleine Zahnrad verstanden wird, übertrug bei der Kreuzeranlage 6000 PS, die beiden angetriebenen, großen Zahnräder, mit deren jedem zwei Rigel in Eingriff standen, hatten also je 12 000 PS aufzunehmen. Die guten Erfahrungen mit diesen Getrieben haben dann der weiteren Entwicklung freie Bahn gegeben. Geplant waren zunächst Zahnrädergetriebe für die Marschleistung — für die der unmittelbare Turbinenantrieb großer Schiffe besonders unwirtschaftlich ist — aller während des Krieges in Bau gegebenen Großen Kreuzer, aber auch für kleine Kreuzer und Torpedoboote, und bei diesen für die Übertragung der Hauptleistung, stand ein reiches Verwendungsgebiet in Aussicht; beispielsweise war bei den 1918 bestellten sogenannten Ms-Booten (V 175 und 176, V 193 u. a.) die mechanische Übertragung der Gesamtleistung von rund 40 000 WPS vorgesehen. Nachdem die Hauptschwierigkeit, die peinlich sorgfältige Herstellung der Zahnfränze, überwunden war, hat die deutsche Industrie mit Unterstützung des Reichs-Marineamts diese Frage in selbständiger Arbeit trotz aller Kriegshemmungen so zu fördern verstanden, daß sie den ansfangs in England und Amerika vorhandenen Vorsprung mehr als eingeholt hat. Während früher — im Teilkreis gemessen — Umfangsgeschwindigkeiten von nur wenigen m zulässig waren, sind nach dem jetzigen Stande der Versuche solche von 50 m/sec noch unbedenklich. Ein Versuchsgetriebe arbeitete mit 2400 Zahnberührungen in der Sekunde, wobei der Zahndruck ohne Gefahr bis auf 260 kg/cm gesteigert werden konnte. Die Zähne

sind dabei dank der jetzt erreichten Herstellungsgenauigkeit mit nur 8 bis 10 mm Höhe ausführbar. Würde man einer Neukonstruktion nur die Hälfte des erzielten Zahndrucks, also 130 kg/cm zugrunde legen, so gestatten die jetzt vorliegenden Erfahrungen für jedes Ritzel bereits die Übertragung einer Leistung von rund 20 000 PS, und da an einem großen Rade sich unschwer vier solcher Ritzel anordnen lassen, so sind heute Zahnradübersehnungen ausführbar, die auf jede Schraubenwelle bis zu 80 000 WPS, beim Viersehraubendampfer also eine Gesamtleistung von mehr als 300 000 WPS übertragen können. Da auch der moderne Schiffsturbinenbau, wie wir gesehen haben, solche Leistungen zu verwirklichen gestattet, so ist damit eine Kriegsschiffsanlage möglich geworden, die auf lange Zeit hinaus allen Anforderungen der Front entsprochen haben würde. Schade nur, daß die unglückliche Gestaltung der äußeren Verhältnisse die Ausnutzung dieses Triumphs deutscher Technik für deutsche Kriegsschiffszwecke auf absehbare Zeit ausschließen dürfte.

## 2. Hilfsmaschinenanlagen.

Mit dem Anwachsen der in den Hauptmaschinen entwickelten Leistung haben natürlich auch die Hilfsmaschinen nach Zahl und Stärke wesentlich zugenommen, zum Teil sogar in höherem Maße als jene. Die Lüftungsmaschinen z. B., die zur Erzeugung der für den Kesselbetrieb nötigen Luftpressung dienen, haben bei dem eingangs mehrfach erwähnten „Blücher“ insgesamt etwa 600 PS entwickelt, während sie bei den während des Krieges in Bau genommenen Großen Kreuzern rund 4000 PS zu leisten imstande sein sollten, wodurch sie befähigt werden, sekundlich 900 cbm Luft zu fördern. Selbst bei den Kleinen Kreuzern ist die Leistung dieser Maschinen in annähernd derselben Zeit von 250 PS auf 2000 PS — entsprechend einer Förderleistung von rund 400 cbm Luft — angewachsen. Die Kühlanlagen sind auf den älteren Großen Kreuzern für etwa 20 000, auf den modernen dagegen für rund 150 000 WE bemessen worden. Im ganzen betrug bei Hochforcierung und Inbetriebnahme aller Hilfsmaschinen, Apparate usw. die Gesamtleistung der Hilfsmaschinen auf „Blücher“ etwa 2000 PS, auf den während des Krieges in Bau gegebenen Großen Kreuzern dagegen rund 8000 PS. Bei der geringen Wirtschaftlichkeit vieler Hilfsmaschinen bedeutet dies, daß zur Zeit bis zu etwa 30 v. H. der gesamten Dampfleistung jedes Schiffes allein für den Hilfsmaschinenbetrieb aufgemendet werden muß, und deshalb hat es sich als notwendig erwiesen, den Abdampf der Hilfsmaschinen durch Zuführung zu geeigneten Stufen der Hauptturbinen noch weiter auszunutzen. Die Wirkung dieser nach mannigfachen Versuchen getroffenen Maßnahmen drückt sich in einer Dampf-

ersparnis bis zu 20 v. H. bei kleinen und bis zu 10 v. H. bei den höheren Geschwindigkeiten aus.

Der Antrieb der Hilfsmaschinen erfolgt an Bord allgemein teils durch Dampfmaschinen, teils durch Elektromotoren. Bei Anwendung der ersteren macht sich immer mehr das Bestreben geltend, die bei hohen Drehzahlen empfindliche und geräuschvolle, dabei ziemlich schwere und sperrige Kolbenmaschine möglichst weitgehend durch schnelllaufende Dampfturbinen zu ersetzen. Dabei war man schon vor dem Kriege und mit besonders gutem Erfolge während seiner Dauer bemüht, die Hilfsmaschinen allgemein so durchzubilden, daß sie bei größter Betriebssicherheit möglichst niedrigen Dampfverbrauch besitzen.

Zum Antriebe der schon erwähnten Kesselraumlüfter werden zur Zeit ausschließlich Dampfturbinen verwendet. Aber auch für einen großen Teil der zum Maschinenbetriebe gehörigen Pumpenanlagen (Kondensator-, Luft- und Kühlwasserpumpen, Kesselspeisepumpen u. a. m.) sind umlaufende Konstruktionen entwickelt worden, um auch für sie unmittelbare Kupplung mit Antriebs-Dampfturbinen zu ermöglichen. Nebenher laufen Bestrebungen, als Luftpumpen, die möglichst hohe Luftleere in den Kondensatoren erzeugen sollen, zweistufige Dampfstrahlpumpen zu bauen, die nach Art von Dampfjektoren die Luft absaugen und auf atmosphärische Spannung verdichten. Versuche mit solchen sehr einfachen, dem Verschleiß wenig ausgesetzten Dampfstrahlpumpen sind während des Krieges mit gutem Erfolge auf kleinen Kreuzern durchgeführt und später auf Torpedobooten fortgesetzt worden; sie haben höhere Luftleere und geringeren Dampfverbrauch bei wesentlicher Gewichts-, Raum- und Kostenersparnis und hoher Betriebssicherheit ergeben.

Es würde zu weit führen, an dieser Stelle alle die umfangreichen und wichtigen Fortschritte aufzuzählen, die in den letzten Jahren an den zahlreichen, für den Betrieb von Kessel- und Hauptmaschinenanlagen nötigen Hilfsmaschinen, Apparaten usw. gemacht worden sind, obwohl sie in ihrer Gesamtheit ein besonders gutes Bild von dem hohen Stande der Entwicklung geben würden, auf dem unsere Marinetchnik im Weltkriege angelangt war. Nur kurz sei noch angedeutet, daß es gelungen ist, die Betriebssicherheit der Kondensatoranlage — einmal durch Anwendung besonderer Schutzverfahren gegen Aufressungen (Cumberland-Verfahren durch Herstellung eines der Zerstörung entgegenwirkenden elektrischen Stromes), sodann aber auch durch Schaffung von Reserven für den Havariesfall, nämlich durch Unterteilung derart, daß jede Niederdruckturbine ihren Dampf in zwei getrennte Kondensatoren entläßt — wesentlich zu erhöhen. Auch die Wirksamkeit der Kondensatoren suchte man durch geschickte Formgebung, z. B. durch birnenförmigen Querschnitt, bei dem der ein-

strömende Dampf sofort auf ein möglichst großes Rohrfeld verteilt wird und dann entsprechend der zunehmenden Kondensation auf kleinere Flächen trifft, zu steigern. Für die letzten Neuentwürfe der Kriegszeit wollte man ferner die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage noch durch Einbau von Speisewasser-Vorwärmern in die Rauchfänge und von Dampfüberhitzern in die Rohrbündel der Kessel verbessern, wodurch überdies je nach der Fahrtstufe Leistungsvermehrungen zwischen 5 und 10 v. H. erreichbar gewesen wären. Und schließlich mag als Beispiel für die Fortschritte im Schiffshilfsmaschinenbau noch auf die Einführung tragbarer hydraulischer Lenzumpfen hingewiesen werden, durch die überflutete Räume schnell und wirksam ausgepumpt werden können.

Etwas näher ist jedoch noch auf einen besonderen Teil des Hilfsmaschinenbetriebes einzugehen, der sich als die Elektrizitätsanordnung kennzeichnet und in den letzten Jahren steigende Bedeutung gewonnen hat. Als hauptsächlichste Verwendungsgebiete auf den am umfangreichsten mit elektrischen Einrichtungen ausgestatteten Großkampfschiffen sind zu nennen: der Antrieb fast aller den rein militärischen und seemannischen Zwecken dienenden Hilfsmaschinen, die Schiffsbeleuchtung (Innenbeleuchtung und Signallaternen), die Fernbeleuchtung durch Scheinwerfer, die Befehlsübermittlung (Telegraphen- und Fernsprechanlagen), die drahtlose Telegraphie, die Kompassfernübertragung usw.

Die neueste Entwicklung der elektrischen Primäranlagen kennzeichnet sich nicht allein durch die Steigerung der Gesamtleistung, die z. B. bei dem während des Krieges in Dienst gestellten Linienschiffe „Bayern“ mit 2200 kW = rund 3000 PS schon diejenige des Elektrizitätswerts einer mittleren Stadt wie Lübeck erreichte, sondern auch durch Übergang zum verbrennungsmotorischen Antriebe eines Teils der Stromerzeugungsmaschinen. Bei den neueren Großkampfschiffen z. B. wurden die elektrischen Primäranlagen auf vier räumlich getrennte „Stationen“ verteilt; von den sechs einzelnen Maschinenätzen waren vier als Turbo- und zwei als Dieseldynamos ausgebildet. Diese Anordnung gab die Gewähr dafür, daß nicht allein bei Schiffshavarien, sondern auch bei schwerer Beschädigung der Dampfanlage der wichtigste Teil der Innenbeleuchtung, der Befehlsübermittlung und der artilleristischen Einrichtungen aufrecht erhalten werden konnte, ein unschätzbarer Vorteil, der, in seiner ganzen Tragweite erkannt, nach genügender Durchbildung der Dieseldynamos zur vollbefriedigenden Betriebsicherheit das Bestreben zeitigte, den Anteil dieser Maschinenart an der Gesamtstromerzeugung bei den letzten Entwürfen noch zu vergrößern. In der letzten Kriegszeit in hoffnungsvoller Entwicklung begriffene Versuche, ohne nennenswerten Ge-

wichtszuwachs die Leistung der Dieseldynamos auf rund das Doppelte der bisherigen zu steigern, eröffneten überdies die Aussicht, in absehbarer Zeit die Primärstationen nur aus Maschinenjäten dieser Art zusammenzusetzen.

Daß die Bordelektrizität durch den wachsenden Mangel an bestimmten Rohstoffen — hier vor allem Kautschuk, Glimmer und Asbest — besonders empfindlich betroffen wurde, bedarf nach den Ausführungen an anderer Stelle dieses Wertes nur des Hinweises. Es bedeutet eine große technische Leistung, daß trotzdem auch unter diesen Erschwernissen der späteren Kriegszeit die volle Betriebssicherheit der elektrischen Anlagen aufrecht erhalten werden konnte.

Von der starken Entwicklung der elektrischen Kriegsschiffsanlagen erhält man ein anschauliches Bild, wenn man einige Vergleichsangaben für den ältesten im Weltkriege noch im Dienst gewesenen Großen Kreuzer „Fürst Bismarck“ — Stapellauf 1897, Displacement 10 700 Tonnen — und für den leider sehr bald nach der Fertigstellung anlässlich der Schlacht vor dem Stagerraf gesunkenen Großen Kreuzer „Lützow“ — Stapellauf 1913, Displacement 26 700 Tonnen — einander gegenüberstellt.

Die Gesamtzahl und der Energiebedarf der angeschlossenen (wenn auch nicht durchweg gleichzeitig zu betreibenden) Motoren betrug auf

„Fürst Bismarck“	44 Stück	von zusammen	150 kW = ~ 200 PS,
„Lützow“	222 „ „	„ „	2550 kW = ~ 3500 PS.

Die Zahl der Lampen stieg von 900 auf 2200, ihr Kraftverbrauch verdoppelte sich. An Scheinwerfern hatte „Fürst Bismarck“ in den ersten Jahren seiner Indienststellung 5 Stück von 90 cm Spiegeldurchmesser, „Lützow“ dagegen erhielt 8 Stück von 110 cm Durchmesser, was etwa den doppelten Energiebedarf bedeutete. Während auf „Fürst Bismarck“ der elektrischen Befehlsübermittlung mit 88 Telegraphen- und 35 Fernsprechanlagen noch eine ziemlich untergeordnete Rolle zugewiesen war, umfaßte sie auf „Lützow“ 370 Telegraphen- und 109 Einzel-Fernsprechanlagen. Zu letzteren trat bei „Lützow“ aber noch eine Verkehrs-Fernsprechanlage mit 1 Haupt- und 7 Unterzentralen für insgesamt 127 Anschlüsse.

Die Primäranlage bestand bei „Fürst Bismarck“ aus 5 Dampfdynamos (Antrieb durch Kolbenmaschinen) mit zusammen 325 kW = 440 PS., auf „Lützow“ aus 4 Turbo- und 2 Dieseldynamos mit zusammen 1760 kW = 2400 PS. Die Leistung der elektrischen Zentrale war sonach etwa auf das 5½fache angestiegen.

Die Länge des Kabelnetzes betrug bei „Fürst Bismarck“ insgesamt 33, bei „Lützow“ nicht weniger als 105 km.

Trotz der Gewichtsa b n a h m e für die Leistungseinheit stieg das

Gesamtgewicht der elektrischen Anlagen bei den beiden verglichenen Kreuzern von 103 500 auf 562 000 kg, ihr Gesamtpreis auf mehr als das Zehnfache.

Die Entwicklung läßt sich kaum besser verdeutlichen als durch diese Zahlen!

### B. Maschinenanlagen für Schnell- und Fernlenkboote.

Eine für den Fachmann sehr interessante Entwicklung haben während des Krieges die erst durch seine Anforderungen geschaffenen Schnell- und Fernlenkboote in ihren maschinellen Einrichtungen genommen. Während die Maschinenanlagen der Schnellboote ausschließlich auf verbrennungsmotorischem Gebiete lagen und somit in das Gebiet der verbrennungsmotorischen Industrie fielen, gebührt das Verdienst hinsichtlich der Fernlenkboote vorzugsweise der elektrotechnischen Industrie und in dieser vornehmlich der Firma Siemens & Halske.

Da es bei den Schnellbooten insbesondere auf Leichtigkeit ankam, so wurden für ihren Antrieb ausschließlich Verpuffungsmotoren verwendet. Die „UZ-Boote“ (Unterseeboots-Zerstörer) erhielten 2 bis 3 Rotoren von rund 500 PS Gesamtleistung, die, mit Benzol betrieben, zum Teil für den vorliegenden Zweck ganz neu konstruiert worden waren. Ihr Einheitsgewicht, das sich auf rund 20 kg/PS belief, war aber für die eigentlichen Kampffahrzeuge, die sehr schnellen „Flandernboote“, noch viel zu hoch. Man rüstete sie deshalb zunächst mit drei Luftschiffmotoren Maybachscher Bauart aus, bei denen man übrigens auf Rückwärtslauf ganz verzichtete; rückwärtsfahren konnten diese Boote nicht. Erst nach Befriedigung des ersten Bedarfs durch diesen Notbehelf konnte man dann an die Entwicklung für den Bootsbetrieb besser geeigneter hochleistungiger und dabei doch sehr leichter und betriebs sicherer Rotoren herangehen, die zudem noch möglichst die Verwendung schwererer Treiböle, als der im Kriege nur zu knapp gewordenen Benzine und Benzole, gestatten sollten. Der Kriegschluß hat dieser sehr hoffnungsvollen Entwicklung leider ein Ende bereitet, und es ist daher in der praktischen Ausführung bei 450-PS-Sechszylindermotoren geblieben, die, mit 1400minütlichen Umdrehungen arbeitend, nur etwa 2 kg/PS wogen. Aber die Versuche zur Erzielung noch höherer Leistungen haben doch bereits gezeigt, daß für die deutsche Industrie auch die Herstellung tausendpferdiger Rotoren mit Einheitsgewichten von 3 bis 4 kg/PS schon heute im Bereiche der Möglichkeit liegt.

Wichtige militärische Forderungen für alle diese Boote waren Geräuschlosigkeit und Unsichtbarkeit des Auspuffs. Deshalb wurden sie durchweg mit Unterwasserauspuß ausgeführt, der zwar insofern eine gewisse Gefahr in sich barg, als bei unrichtiger Ausbildung

Wasser in die Arbeitszylinder gelangen konnte, aber die gestellte Aufgabe am einfachsten und gründlichsten löste. Die erwähnte Gefahr hat sich durch zweckmäßige bauliche Maßnahmen bannen lassen, und die geringe, durch den Gegendruck des Wassers bedingte Leistungsverminderung fiel gegenüber den damit erreichten Vorteilen nicht ins Gewicht.

Die Maschinenanlagen einer besonderen Art von Schnellbooten, der unbemannt gegen den Gegner geleiteten Fernlenkboote (FL-Boote), bieten ihrer Eigenart wegen schließlich noch besonderes Interesse. Bei der Firma Siemens & Halske schon seit mehreren Jahren in der Entwicklung, sind diese Einrichtungen seit 1915 unserer Kriegsführung dienstbar gemacht worden und haben sich dabei gut bewährt.

Da für die Antriebsmaschinen Leichtigkeit und geringer Platzbedarf bei verhältnismäßig hoher Leistung besonders wichtig waren, so erhielt jedes Boot zwei Maybach-Benzinmotoren von je 210 PS. Die Bedienung dieser Motoren, außerdem der Steuereinrichtungen und der an Bord gesetzten Scheinwerfer erfolgte jedoch auf elektrischem Wege mittels Fernsteuerung, die anfangs, als die Boote nur dem Küstenschutz dienten, vom Lande aus, und zwar von hohen Geländepunkten, Baulichtern, Hochständen oder auch von Fesselballons aus, betätigt wurde. Die Anordnung war so getroffen, daß für jedes einzelne Kommando ein einmaliger Tastendruck genügte. Der Strom wurde dem Boote durch eine auf ihm untergebrachte, in Fahrt ablaufende Aderspule zugeleitet, deren auslaufendes Ende an die Kommandostelle angeschlossen war; als Rückleiter wurde das Seewasser benützt. Der im Boote aufgestellte Kommandoempfänger nahm die elektrischen Impulse auf und löste damit die zur Ausführung des Kommandos nötigen Nebenapparate aus. Später wurden FL-Boote auch von Kriegsschiffen aus verwendet und geleitet; und auch im Dienste der Hochseeflotte haben Boote und maschinelle Einrichtungen sich als zuverlässige Waffe erwiesen.

Als durch die Steigerung der Schußweiten der Aktionsradius dieser Boote — 20 km hatte zunächst als ausreichend gegolten — zu gering wurde und weit über die Sichtweite, von der festen Kommandostelle aus gerechnet, hinauswuchs, legte man die befehlgebende Stelle in ein Flugzeug, das, mit drahtloser Sendeapparatur ausgestattet, dem 50 km Aderverbindung tragenden Boote auf Schweite — bis 5 km — folgte. Die drahtlos vom Flugzeug aus gegebenen Kommandos konnten bis auf 50 km Luftlinie zuverlässig an Land ausgenommen und von da selbsttätig durch die Aderverbindung auf das Boot übertragen werden. Den Höhepunkt der Entwicklung bildete aber schließlich eine Anordnung, bei der die Boote unter Fortfall der Aderverbindung selbst Empfangsapparaturen für funktentelegraphisch übermittelte Befehle erhielten und damit von den Landstationen ganz unabhängig wurden. Sie konnten nun bei 350 km Aktionsradius sogar Sechsstundenfahrten ausführen.

Die Boote trugen ihrem Verwendungszwecke entsprechend eine kräftige Sprengladung, die bei Annäherung an das Ziel auf elektrischem Wege durch den Fernsteuernden entschert und deren Perkussionszündung beim Aufstreifen ausgelöst wurde. Machten besondere Umstände die Sprengung des Boots nötig, bevor es sein Ziel erreicht hatte, so konnte sie ebenfalls durch Fernzündung bewirkt werden.

Können die vorstehenden Ausführungen auch keinen Anspruch darauf machen, dem Leser über die glänzenden Leistungen unseres Kriegsschiffsmaschinenbaus in all den zahlreichen, technisch hochinteressanten Einzelheiten ein ganz klares und vollständiges Bild zu vermitteln, so wird der kurze Überblick über die wesentlichsten Gebiete, auf denen sich die Entwicklung vollzogen hat, doch gezeigt haben, daß die deutsche Maschinenbautechnik sich im Kriege auf einer Höhe der Leistungsfähigkeit befunden hat, die jeden Deutschen mit Stolz erfüllen darf. Diese Erkenntnis berechtigt zu der Hoffnung, daß soviel Tatkraft, Unternehmungslust und Können durch das unglückliche Ende des Weltkrieges mit all seinen Folgeerscheinungen wohl zeitweilig in den Hintergrund geschoben, sicherlich aber nicht vernichtet werden konnten. Sie eröffnet damit zugleich den Ausblick in eine bessere Zukunft, aufgebaut nicht zum mindesten auf den Leistungen deutscher Technik!

## IV. Unterseeboote.

### a. Die militärischen Grundlagen.

Von Korvettenkapitän Bartenbach.

#### Stand des U-Bootsbaus bei Kriegsbeginn.

Infolge der geographischen Lage Deutschlands kamen für die deutsche Marine von vornherein nur solche U-Boote in Frage, die alle von diesen Booten zu fordernden Eigenschaften in einem solchen Maße besaßen, daß sie auf hoher See nach Zurücklegung eines Marsches von mehreren hundert Seemeilen ihre Tätigkeit aufnehmen und möglichst lange fortsetzen konnten. U-Boote für reine Küstenverteidigung, die an der Küste hocken mußten, zu bauen, war bei der Art der deutschen Nordseeküste und der Gestalt der Zugänge zur Ostsee von vornherein zwecklos. Die Nordseeküste ist sehr viel einfacher durch Minensperren und Küstengeschütze zu verteidigen. Die Ostseezugänge sind leicht zu sperren.

Der für die Anforderungen der Hochseefriegführung entwickelte Typ war beim Beginn des Krieges vorhanden und hat sich während des ganzen Krieges den Anforderungen gewachsen gezeigt.

Die deutsche Marine stand beim Kriegsbeginn in der Typentwicklung des U-Bootes, vertreten durch die U-Boote von U 19 ab, unzweifelhaft an der Spitze sämtlicher Marinen. Diese Entwicklung ist in nicht ganz zehn Jahren, ohne einen Fehlbau, in unbeirrter Folgerichtigkeit durchgeführt worden.

### U-Bootsbau im Kriege.

Typenfrage: Die Bauzeiten der bis zum Kriegsbeginn gebauten U-Bootstypen hatten nicht unter 20 Monate betragen und waren meist erheblich überschritten worden, man konnte also für eine Kriegsbauer, wie sie im August 1914 geschätzt wurde, eine Verstärkung der U-Bootwaffe durch die bei der Mobilmachung in Bau gegebenen U-Boote dieses Typs nicht erhoffen, sondern mußte sich bemühen, die noch im Bau befindlichen U-Boote möglichst schnell fertigzustellen. Das Bild änderte sich sofort mit der Besetzung der belgischen Häfen. Diese boten mit ihrer günstigen Lage zur Straße Dover—Calais und zu England die Möglichkeit, den Gegner empfindlich zu schädigen, mit kleineren sehr rasch zu bauenden U-Booten vom Einhüllentyp, unter Benützung vorhandener und rasch zu liefernder Osmaschinen.

Dieser Schritt, der zur Konstruktion der B I-Boote\*) führte, bedeutete einen bewußten Rückschritt im Vergleich zu dem bisher gebauten Typ, war aber durch die Kriegslage gegeben. Gleichzeitig tauchte der Gedanke auf, durch Minenverseuchung durch U-Boote die Häfen der französischen Kanalküste und der englischen Süd- und Ostküste zu betämpfen und den Transportverkehr zu schädigen.

Diese Überlegung führte zur Konstruktion der Minen-U-Boote des C I-Typs\*). Maßgebend war der Gesichtspunkt, möglichst schnell zur Ausnützung der belgischen Häfen, deren Besitz die strategische Lage für die deutsche Marine geändert hatte, U-Boote in die Hand zu bekommen, ohne der Heimatflotte in der Nordsee solche entziehen zu müssen.

Die Aufgabe wurde durch die Technik rasch gelöst, die Boote erwiesen sich als sehr brauchbar, namentlich wegen der sehr kurzen Tauchzeit (30 bis 40 Sek.) und der Betriebseinfachheit.

Nachdem dieser Zuwachs an brauchbaren U-Booten gewonnen war, ging das Bestreben dahin, auf Grund der mit diesen Booten gemachten Erfahrungen, deren Eigenschaften, namentlich Geschwindigkeit, Armierung

\*) Über die konstruktiven Eigenschaften der verschiedenen Typen vgl. Ausführungen und Tabellen des technischen Teils dieses Abschnitts.

und Fahrbereich zu erhöhen, die Betriebseinfachheit und kurze Bauzeit jedoch nach Möglichkeit beizubehalten. Es entstand aus diesen Überlegungen der B II- und C II-Typ.

Diese Boote besaßen Eigenschaften, die eine Verwendung auch von der deutschen Bucht, von Libau und Pola aus gestatteten und erwiesen sich ebenfalls als sehr brauchbar. Die Anforderungen, die an sie gestellt wurden, hatten bereits wieder den Übergang zum Zweihüllenboot notwendig gemacht, d. h. die Boote führten ihren Brennstoffvorrat und die Tauchtanks außerhalb des eigentlichen Druckkörpers. Im Laufe des Krieges hatten sich die Abwehrmaßnahmen des Gegners erheblich gesteigert; eine größere Geschwindigkeit über Wasser war nötig geworden, um den Konvoys leichter folgen zu können, auch mußte der Torpedovorrat bedeutend erhöht werden, weil fast nur noch der Torpedo zur Versenkung der bewaffneten oder begleiteten Dampfer benützt werden konnte.

Ferner war es notwendig geworden, den Fahrbereich so weit zu erhöhen, daß die Boote auch bei der Wahl des Weges nördlich von England alle Teile des Sperrgebietes um England aussuchen konnten.

Diese Notwendigkeiten führten zum Bau der B III- und C III-Boote.

Dieser Typ stellte das höchste an Leistungsfähigkeit dar, was aus einem verhältnismäßig kleinen, betriebseinfachen U-Boot herauszuholen war.

Während die Entwicklung dieser Typen B I-, B II-, B III-, C I-, C II-, C III-Boote planmäßig den gesteigerten Anforderungen der Kriegführung folgte und hauptsächlich eine rasche zahlenmäßige Vergrößerung des U-Bootmaterials zum Ziele hatte, konnte der Bau der übrigen Boote nicht mit der gleichen Planmäßigkeit erfolgen.

Es spielte bei diesen Booten mit ihrer langen Bauzeit das ewige Hin und Her in der Frage der Kriegsdauer, der Durchführung oder dem Aufgeben des uneingeschränkten U-Bootkrieges eine große Rolle.

Die Marine war durch die Unentschiedenheit der Reichsleitung in die üble Lage gebracht, für beide Eventualitäten U-Boote schaffen zu müssen, einerseits für den Handelskrieg nach der Prisenordnung, wobei das Hauptgewicht auf Überwassereigenschaften — hohe Geschwindigkeit, starke Artillerie auf guter Plattform, sehr hohen Fahrbereich — zu legen war, also große U-Boote, die naturgemäß nur in geringerer Zahl zu schaffen waren, andererseits solche für den uneingeschränkten U-Bootskrieg, wobei die Unterwassereigenschaften in den Vordergrund zu stellen waren, kürzeste Tauchzeit, hohe Torpedozahl, Handlichkeit und Betriebseinfachheit, also kleinere Boote in größerer Anzahl.

Nebenbei war zu berücksichtigen, daß bei der begrenzten Gesamtmenge an Material und Arbeitskräften im Deutschen Reich eine Forderung stets

auf Kosten einer anderen ging und daß es selbstverständlich unmöglich war, wirklich großzügig und planmäßig den U-Bootsbau zu betreiben, solange die Ablehnung des U-Bootskrieges durch die Reichsregierung vorlag.

Hervorgehoben werden muß, daß all das U-Bootmaterial, das nach der klaren Entscheidung der Reichsleitung für den uneingeschränkten U-Bootskrieg in Auftrag gegeben werden konnte, bis auf wenige Boote, die kurze Zeit im Jahre 1918 mitarbeiten konnten, nicht mehr in den U-Bootskrieg eingegriffen hat.

Der U-Bootskrieg mußte also mit dem U-Bootmaterial geführt werden, das zu einer Zeit gebaut werden mußte, als Reichsleitung und zeitweise auch Heeresleitung den U-Bootskrieg verwarfen. Der Bau dieser U-Boote war daher unter ständigem Kämpfen und Lavieren um das notwendige Material und Arbeitskräfte durchgeführt worden.

Zunächst wurde der Typ des großen bei Kriegsausbruch vorhandenen U-Boots (Ms., Mobilmachungsboot) weitergebaut, mit einigen Verbesserungen hauptsächlich zum Abkürzen der Tauchzeit und der Steuerfähigkeit unter Wasser versehen. Dieser Bootstyp ist während des ganzen Krieges weitergebaut worden und hat sich sehr brauchbar erwiesen.

Die Aufgabe des U-Bootskrieges im Frühjahr 1915 rückte wieder den Wert des Minenkrieges und die Handelskriegsführung nach der Preisordnung in den Vordergrund, es wurde daher der Bau der großen Minenboote U 71 bis U 80 beschlossen. Diese Boote sollten auf weiter entfernten Kriegsschauplätzen eine größere Zahl Minen legen können, an der englischen Westküste, an der Murmanküste.

Die Boote mußten für die langen Anmärsche ihre Minen im Bootsinnern fahren und von dort auswerfen, im Gegensatz zu den C-Booten, die ihre Minen in offenen Schächten führten. Die schwierige Aufgabe wurde von der Technik gut gelöst.

Der Minenkrieg steckte sich aber noch weitere Ziele; auch die atlantischen Küsten Nordamerikas mußten nach dem Eintritt dieses Staates in den Krieg mit Minen bearbeitet werden; es wurden die großen Minenboote U 117 bis U 126 gebaut. Diese Boote hatten neben einer starken Minenarmierung noch starke Artillerie und Torpedobewaffnung, denn sie sollten neben ihrer Minentätigkeit auch noch U-Bootskrieg führen.

Die immer größer werdenden Anforderungen an die Überwasser-eigenschaften zwangen zur Verbesserung des bisher gebauten Ms-Bootes von 800 Tonnen zur Vergrößerung des Bootes zum „verbesserten Ms-Boot“ von 1200 Tonnen mit stärkerer Armierung, höherer Überwassergeschwindigkeit, großem Fahrbereich.

Um die U-Bootsgefahr für den Gegner immer weiter auszudehnen, die Abwehr immer mehr zu beschäftigen, wurde zum Bau der U-Kreuzer geschritten und zunächst, der Zeitersparnis wegen, die durch den Kriegseintritt Amerikas für friedliche Zwecke nicht mehr verwendbaren Handelsboote vom „U-Deutschland“-Typ armiert und umgebaut, daneben der Bau der U-Kreuzer von 139/141 gefördert. Die Leistungsfähigkeit dieser Fahrzeuge, namentlich die Überwassergeschwindigkeit und Fahrbereich, wurden von U 142 ab noch gesteigert, zum Laden der Batterie noch eine besondere Lademaschine aufgestellt.

Für einen Nebenzweck, den Transport von wertvollem Material, Granatzündern, M.-G.-Munition und dergleichen, nach der nordafrikanischen Küste von Pola aus, wurden einige Minenboote mit einem Transportvorschiff, anstatt der Minenschächte, eingerichtet und haben durch ihre Fahrten unseren osmanischen Bundesgenossen wertvolle Dienste geleistet.

Der Entwicklungsgang brachte also auch bei den großen U-Booten die Einführung der Minenwaffe und die fortwährende Steigerung der Leistungsfähigkeit, entsprechend der immer fortschreitenden Ausdehnung des Kriegsschauplatzes und der Abwehr des Gegners.

#### Ausrüstung der U-Boote.

An allen Teilen der Ausrüstung wurden mehr oder weniger wichtige Verbesserungen vorgenommen.

Eingeführt wurde auf allen Booten der magnetische Kompaß mit Lichtbildübertragung ins Bootsinnere, der sich bei Kriegsbeginn noch im Versuchsstadium befand, als Reserve für den Kreiselkompaß.

Der Kreiselkompaß wurde durch das Dreikreiselsystem gegen die Einflüsse des Seegangs unempfindlicher gemacht,

die Sehrohranlagen durch Einführung der dünnen Sehrohrenden gegen Gesichtetwerden und durch Fahrstuhl und Einführung eines Standsehrohres in der Bedienung und durch die Einrichtung zum Kippen des Horizonts verbessert.

F. T.-Einrichtung mußte verbessert und eine sofort nach dem Auftauchen betriebsklare Antenne geschaffen werden.

Eine Unterwasserloteinrichtung wurde eingebaut.

Die Unterwassergeräuschempänger zum Hören unter Wasser wurden allgemein eingeführt, die Versuche mit Unterwasser-Signalgebern wurden fortgesetzt, desgleichen Erkennungssignale zum Abgeben im getauchten Zustande eingeführt durch die Nebelsignalschleuse.

Die Geschüßarmierung wurde für alle U-Boote, außer den B I- und C I-Booten, durchgeführt, Kaliber je nach der Größe des Typs auf 8,8, 10,5, 15 cm festgesetzt, Geschüße teilweise als Flakgeschüße eingerichtet.

Munitionsstauung und Förderung wurden verbessert, Entfernungsmehrinstrumente eingeführt,

die Torpedoarmierung mit Einrichtung zum Abschwächen des Luftschwall's beim Ausstoß versehen, Versuche mit Abgangsrohren angestellt.

Torpedos wurden mit Verbesserungen für Unterschließen von flachgehenden Zielen versehen.

Zum Schutze gegen Minen wurden alle hervorstehenden Teile des Bootes, Ruder, Schrauben, Turm usw., mit Drahttauen und Bügeln zum Abweisen der Minen und Netze untkleidet, zum Zerschneiden von Netzen am Vordersteven unter Wasser und über Wasser eine Netzfäge notwendig, ferner wurden Versuche mit elektrischen Schneideapparaten zum Abschluß gebracht.

### U-Bootsabwehr.

Die U-Bootsabwehr umfaßte in der Hauptsache Aufstellung von Verbänden von leichten Fahrzeugen — Fischdampfern und Motorbooten — zum Suchen und Jagen von U-Booten, sowie die Ausrüstung dieser und der übrigen leichten Streitkräfte der Flotte mit U-Bootsabwehrmitteln.

An Abwehrmitteln wurden notwendig: leichte und schwere Stahlnetze, teils zum Verankern, teils zum Schleppen mit und ohne eingebundenen U-Bootsminen;

Minensperren von Minen mit kleiner Sprengladung mit Krängungs- und Kontaktzündung zum Verankern in verschiedenen Tiefen;

U-Bootsdrachen zum Schleppen unter Wasser durch leichte schnelle Fahrzeuge und Torpedoboote mit Kontaktzündung und starker Sprengladung, Wasserbomben zum Gebrauch gegen getauchte U-Boote auf beliebiger Wassertiefe;

Einrichtung zur Höcherverfolgung getauchter U-Boote.

Alle diese Abwehrmittel wurden im Kriege neu geschaffen und arbeiteten mit gutem Erfolge gegen die feindlichen U-Boote. Namentlich in der Ostsee ist es diesen Abwehrmitteln und der gründlichen Ausbildung des damit betrauten Personals zu verdanken, daß der U-Bootskrieg der Engländer und Russen gegen unseren Ostseeverkehr vollständig ins Wasser fiel und die für die Fortführung des Krieges unentbehrliche Erzzufuhr aus Schweden ohne Unterbrechung durchgeführt werden konnte.

Die Technik ist allen den vielfachen an sie gestellten Anforderungen gerecht geworden und hat den allmählich sich immer mehr bemerkbar machenden Mangel an Rohmaterialien durch Einführung von geeigneten Ersatzmaterialien zu überwinden verstanden. Nachteilig für die Kriegführung haben sich nur die immerwährenden Bauverzögerungen bemerkbar gemacht, die ihre Erklärung zum Teil in den Transport- und Material-

schwierigkeiten fanden, aber auch durch die mangelnde Arbeiterzahl und geringer werdende Arbeitsleistung der Arbeiter herbeigeführt wurden.

Die ganze glänzende Entwicklung des U-Bootsbaues, in dem wir allen Nationen weit voranstanden, ist durch den Zusammenbruch im Herbst 1918 um ihren Erfolg gebracht und ihre Aussichten stehen durch den Plan, den Bau von Unterwasserfahrzeugen für Deutschland zu verbieten, vor der vollständigen Vernichtung.

## b. Die technische Ausführung.

Von Marine-Baurat Dr. Ing. Werner.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 20.)

### 1. Stand vor dem Kriege.

Die Entwicklung der U-Boote bis zum Ausbruch des Krieges hatte zwei Wege einzuschlagen: Anpassung des Fahrzeugs an die besonderen Bedingungen der Unterwasserfahrt und Gestaltung des Unterwasserfahrzeugs zum vollwertigen Kriegsmittel. Untertauchen und sich schwebend unter Wasser halten war kein schwieriges Problem, wohl aber war es die gesteuerte Unterwasserfahrt, besonders in bewegter See. Erst nach 1900 gelang es, wirklich gut und sicher steuernde Unterwasserfahrzeuge für ruhige See zu bauen. Die dynamischen Grundlagen für das Verhalten in bewegter See haben wir uns aber erst im Kriege erworben.

Das Tauchen. Jedes seegehende Fahrzeug besitzt ein gewisses Maß von Reserve schwimmkraft, die durch den über der Schimmebene liegenden Teil des Schiffskörpers gegeben ist. Beim Wegtauchen wird sie vernichtet, und zwar beim U-Boot durch Einlassen von Wasserballast in eigens dafür bestimmte Zellen. Um ein völliges Wegsinken des still liegenden U-Boots zu verhüten, wird ihm ein gewisses Maß von „Restauftrieb“ (etwa  $\frac{1}{2}$  bis 1 t) belassen. Alsdann ragt nur noch ein kleiner Teil, gewöhnlich die Kuppel des Kommandoturms aus dem Wasser. Ein völliges Verschwinden ist nur möglich, wenn das Boot entweder Fahrt aufnimmt und den Restauftrieb mit Hilfe seiner wagemachten Flossen — der „Tiefenruder“ — vernichtet, also „dynamischen Abtrieb“ benutzt oder mit Hilfe einer selbsttätig gesteuerten Pumpe Wasser in eine besondere Regulierzelle ein- und ausdrückt, also „statisch“ sein Gewicht ausgleicht.

Die erste Art ist die gewöhnliche, weil sie schneller und sicherer wirkt. Das Boot behält dabei auch während des Auffüllens seiner Ballastzellen Fahrt und benutzt diese Fahrt zum Herabdrücken unter die Wasseroberfläche. Damit behält es der Führer stets in der Hand, weil der Druck des Fahrtstromes auf die Tiefenruder Kräfte und Momente in bezug auf die

Schwerpunktsachse des Bootes hervorruft, mit deren Hilfe die wagerechte und wenigstens nur um wenige Grade (mag. 7°) geneigte Lage erhalten werden kann.

Die Fahrt unter Wasser. Setzt das Boot seine Fahrt unter Wasser fort, so zeigt sich folgendes: Ist es stabil (und dies ist die Vorbedingung für jedes Unterwasserfahren), d. h. liegt sein Gewichtschwerpunkt unter dem Auftriebschwerpunkt, so werden äußere Impulse oder augenblickliche Gewichtsverschiebungen dem Boote einen mehr oder weniger großen Ausschlag geben, je kleiner oder größer die Entfernung dieser beiden Schwerpunkte voneinander ist. Infolge dieses Vorgangs nimmt das Boot eine zur Fahrtrichtung geneigte Lage ein, die zur Folge hat, daß der Fortbewegungswiderstand seine Richtung und Größe ändert. Das Fahrzeug würde entweder abwärts oder aufwärts wandern und wellenartige Bewegungen ausführen, wie wir es an einer flach ins Wasser geworfenen Austerschale beobachten können, und die es allmählich auf Grund sinken lassen. Dem wird durch die Handhabung der Tiefenruder vorgebeugt. Durch geneigte Stellung gegen die Fahrtrichtung wirken sie in gleicher Weise wie die gewöhnlichen Ruder der Überseefahrzeuge, doch statt in der wagerechten, in der senkrechten Ebene. Ihre Wirkung wird dadurch kompliziert, daß die Ruderkräfte nicht nur auf Drehung, sondern auch auf Heben und Senken des Fahrzeugs wirken. Infolgedessen gehört zur richtigen Handhabung der Tiefenruder und zur richtigen Wahl ihrer Größe, Form und Lage Erfahrung und Erkenntnis der mechanischen Gesetze.

Noch nicht erreicht war eine ausreichende Steuerfähigkeit in schwerer See; die ersten praktischen Versuche mit U-Booten wurden erst kurz vor dem Kriege in der Nordsee gemacht.

Bootsform. Über den Einfluß der Bootsform auf die Unterwassersteuereigenschaften, namentlich in bewegter See, war man sich vor dem Kriege weniger klar. Die Konstrukteure der amerikanischen und englischen Boote bevorzugten die spindelähnliche Gestalt, die Franzosen, Italiener und wir eine mehr für die Überwasserfahrt passende Torpedobootsähnliche Form, mit mehr oder weniger starker Abplattung.

Stabilität beim Tauchen. Während des Füllens der Zellen verhalten sich Zweihüllenboote wie Schiffe mit flüssiger Ladung, also es verstärken die in den Zellen hin- und herwogenden Wassermassen die Kräfte, die zum Überlegen des Bootes führen. Je breiter und höher die Zellen sind, je größer ist der Schwingungsausschlag der beweglichen Wassermasse und je bedenklicher ist dies für die Bewegungen des Fahrzeugs. Besonders gefährlich werden jene Einflüsse, wenn dabei der Gewichtschwerpunkt noch nicht unter dem Auftriebschwerpunkt liegt. Das Boot wird alsdann „unstabil“. Liegt aber in diesem Zustand der Gewicht-

Schwerpunkt bereits genügend tief unter dem Auftriebschwerpunkt, dann wirkt das vorhandene Gewichtsmoment dem Kentern entgegen, das Fahrzeug bleibt „stabil“.

Man muß also durch entsprechende Gewichtsverteilung im Boot einerseits den Gewichtsschwerpunkt so tief wie möglich zu legen trachten, andererseits die Form der Ballastzellen so gestalten, daß das freie Wasser möglichst kleine Schwingungsausläge ausführen kann.

Das U-Fahrzeug unterscheidet sich dadurch ganz wesentlich vom Überseefahrzeug, daß sein Gewicht stets unveränderlich bleiben muß, da es sonst seine Tauchfähigkeit verlieren und nach Füllen der Ballastzellen auf Grund sinken würde. Für jedes nachträgliche Gewicht muß also entweder ein anderes ausgebaut oder aus dem vorhandenen Ballast eine entsprechende Menge entnommen werden. Das führt aber stets zu einer nachteiligen Verschiebung des Gewichtsschwerpunktes.

Dies Befehl ist eine harte Fessel für den U-Bootskonstrukteur und hat dem Verfasser im Kriege mit seinen unaufhörlich wechselnden und im ganzen steigenden Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Boote viele Stunden schwerer Sorge bereitet.

Der U-Bootsentwurf steht und fällt mit der Erhaltung der Gewichtserferven und der festen Ballastmenge.

**Tauchtechnik.** In der Methode des Flutens und Lenzens der Ballastzellen war die deutsche Marine bisher eigene Wege gegangen. Während man sich in den anderen Marinen zum Fluten lediglich auf die natürlichen durch die Form und Lage der Zellen bedingten hydrostatischen Druckhöhen verließ, die sich aus den Niveauunterschieden zwischen der Schwimmlinie des Bootes und dem Wasserstand in den Zellen ergibt, suchte man hier eine künstliche Vergrößerung der Druckhöhe dadurch herbeizuführen, daß man mit Hilfe einer Kreiselluftpumpe eine Luftverdünnung in der Zelle erzeugte. Diese Pumpe wurde gleichzeitig zum Lenzens der Zellen beim Austauchen benutzt, indem sie auf umgekehrtem Wege Luft von außen ansaugte und in die Zellen drückte. Obgleich diese Pumpen, die von der A. E. G. zu hoher Betriebsicherheit entwickelt waren, technisch voll befriedigt haben, so wurden doch bereits vor dem Kriege Stimmen laut, die eine Abkehr von diesem Wege forderten, weil er das Tauchmanöver allzusehr von einer Maschine abhängig machte, und die gewünschte weitere Abkürzung der Flutzzeit von ihm nicht zu erhoffen war. Infolgedessen wurde auf U 43 bis 50 zur natürlichen Entlüftung übergegangen, die Luftpumpe aufgegeben und die Ballastzellen an das Lenzsystem des Bootes angeschlossen.

↑ • Geschwindigkeit und ↑ • Maschinenanlage. Mit der ↑ • Geschwindigkeit waren wir, dank der neuen Dieselmotoren der

Germania-Werft und der M. A. N. Augsburg, nahe an 17 Knoten gekommen.

Als der Krieg ausbrach, standen erst wenige Monate die ersten Dieselboote der Reihe „U 19/26“ K. W. Danzig und G. W. in der Front. Aber es zeigte sich bereits, wieweit außerordentlichen Fortschritt die U-Waffe dieser Maschine zu danken haben sollte. Das Zeitalter des Verpuffungsmotors war für das U-Boot nunmehr überwunden. Von 1911 ab waren nur noch Boote mit Dieselmotoren in Bau gegeben worden. Der Verpuffungsmotor hatte uns wertvolle Dienste geleistet, uns ein seefähiges, offenes Boot ermöglicht, das schnell zu einer  $\uparrow$ -Geschwindigkeit fortgeschritten war, die die aller anderen Marinen übertraf. Als wesentlichster militärischer Nachteil wurde aber der weithin sichtbare Auspuff, die Folge der unzulänglichen Lösung des Verpuffungsproblems, und das starke Geräusch empfunden, was besonders in Anbetracht der im Gange befindlichen schnellen Entwicklung der elektrischen Unterwasserhörapparate für das U-Boot, das un gesehen und lautlos sich an seinen Gegner heranschleichen soll, geradezu eine Daseinsfrage war.

„U 19“ (K. W. Danzig) als erstes Dieselboot hatte bereits gezeigt, daß es hierin allen billigen Forderungen gerecht werden konnte; aber was im Kriege nicht minder schwer in die Waagschale fallen sollte, das war die unvergleichlich viel größere Betriebsicherheit. Das galt vor allem von der M. A. N. 4-Takt-Maschine, wogegen die Germania-Werft 2-Takt-Maschine bei Kriegausbruch ihre Kinderkrankheiten noch nicht ganz überwunden hatte. Immerhin waren es die G. W.-Boote „U 23 bis 26“, die zuerst in der deutschen Marine 17 Knoten Probefahrts geschwindigkeit erreichten.

Die Frage 2- oder 4-Takt stand noch vor der Entscheidung. Darüber vgl. Seite 407. Wenn auch die Motoren an sich voll befriedigten, so zeigten sich doch bald in Verbindung mit den für die  $\downarrow$ -Fahrt notwendigen elektrischen Motoren und den Ausrückkupplungen in der Gesamtanlage innere dynamische Erscheinungen, Resonanzschwingungen, die die Fundamente der Maschine und die Kurbelwellen außerordentlich hoch beanspruchten und zu schweren Kurbelwellenbrüchen führten.

Die Resonanzerscheinungen treten bei mehreren bestimmten Drehzahlen der Motoren auf, ähnlich wie wir es bei einer Violinseite beobachten, die eine eigene Grundschwingungszahl für den Grundton, und mehrere Eigenschwingungszahlen für die Obertöne besitzt. Trifft die Zahl der Impulse mit einer dieser Eigenschwingungszahlen zusammen, so tritt Resonanz ein, d. h. die Impulse verstärken die Schwingungsaus schläge theoretisch bis ins Unendliche. Das führt zu starken Überbeanspruchungen der Welle und der Befestigungen des gesamten Maschinensystemes.

Entscheidend ist auch die größere Sparsamkeit im Brennstoffverbrauch von 0,2 bis 0,25 kg gegenüber 0,4 bis 0,5 kg je EPS/Stb. und die größere Unempfindlichkeit gegen die Reinheit des Brennstoffs. Das war für die Kriegstüchtigkeit der U-Boote entscheidend, weil wir damit einerseits mehr oder weniger unabhängig vom Auslandsöl wurden, andererseits den Booten einen fast doppelt so großen Fahrbereich geben konnten.

↓-Geschwindigkeit und ↓-Maschinenanlage. Mit der ↓-Geschwindigkeit waren wir bereits mit „U 2“ (K. W. Danzig) an 10 Knoten für eine einstündige ↓-Fahrt herangekommen, „U 16“ (G. W.) hatte mit 11,6 Knoten den Höchstwert erreicht. Alle folgenden Bauten vor dem Kriege zeigten darin wieder einen kleinen Rückschritt, weil mit dem Displacement die elektrische Leistung nicht in gleicher Weise gesteigert werden konnte, sie vielmehr gegenüber der ↑-Geschwindigkeitssteigerung zurücktreten mußte.

Die elektrische Maschine, die aus elektrischen Kraftspeichern (Akkumulatoren) gespeist wird und umgekehrt diese mit aufladen muß, ist seit „Isaac Peral“ (1887) die gegebene ↓-Antriebsmaschine. Das Problem lag hierfür in den großen militärischen Anforderungen an die weite Regulierfähigkeit der Drehzahlen.

Der große Regulierbereich ließ sich am leichtesten mit der Leonardschaltung (3 Motorenschaltung) erreichen (U 1 bis 12). Das bedingte einen verhältnismäßig großen Aufwand an Raum und Gewicht, weshalb man — zunächst unter Verzicht auf Drehzahlen unter 100 — zur 2 Motorenschaltung überging, bei der die beiden Antriebe einer Doppelmaschine für den unteren Drehzahlbereich in Serie, für den oberen Drehzahlbereich parallel an das Netz gelegt werden. Diese von „U 13“ ab verwendete Maschinenanordnung ist bis heute für alle Boote im wesentlichen unverändert geblieben. Diese Maschinen hatte man zunächst mit einer durch eine Meisterwalze gesteuerten, sehr komplizierten Schützensteuerung betätigt („U 13 bis 18“). Doch war bereits vor dem Kriege der Anfang zu dem später zu großer Vollkommenheit entwickelten Schnellanfahrverfahren mit der Grobschaltung (S. S. W. versuchsweise „U 13 und 16“, „U 19 bis 24“) gemacht (vgl. Seite 411).

In der Akkumulatorenfrage waren wir mit „U 13“ und ff. endgültig auf die Masseplatte abgekommen. Bis 1911/12 hatte immer noch die Groboberflächenplatte im Wettbewerb gestanden, weil die Fachleute sie für beständiger hielten. Bald erwies sich diese Annahme als irrig, die Masseplatte kam ihr in der Lebensdauer mindestens gleich, hatte dafür aber eine um etwa 20 v. H. größere Kapazität für die Gewichtseinheit.

**Sehrohre.** Die geringsten technischen Schwierigkeiten bei der Ausgestaltung des U-Fahrzeugs zur Waffe hatte das Sehrohr bereitet. Schon „U 1“ hatte ein vorzügliches Sehrohr der Firma Zeiß, Jena. Goerg, Berlin kam ihr bald nach, und optisch genügten beide vollkommen den Anforderungen. Doch war bei ihrer Ausgestaltung noch wenig auf geringe Sichtbarkeit geachtet, und die zur Sehrohrbedienung erforderlichen Einrichtungen waren noch wenig entwickelt, so daß hier infolge der Kriegserfahrungen wesentliche Umgestaltungen vorgenommen werden mußten.

Dies war der Stand der Technik beim Kriegsausbruch. Wir sehen, das Ziel, einen kriegsbrauchbaren Waffenträger zu schaffen, war erreicht. Manches schwankte wohl noch in der Beurteilung, was zum Teil auch an der Unsicherheit des militärischen Urteils aus Mangel an praktischer Erfahrung lag.

Mit der Reihe „U 19 und ff.“ war jedenfalls die Marine in den Besitz einer U-Waffe gelangt, die technisch das damals Erreichbare in denkbaren Vollendung darstellte: gute Geschwindigkeit, hervorragende Betriebssicherheit, großer Fahrbereich, vortreffliche Hochseefähigkeit. Charakteristisch für die damalige militärische Anschauung war es, daß auf diese doch mehr für ein Überwasserfahrzeug geltenden Eigenschaften mehr Wert gelegt wurde, als auf die besonderen  $\downarrow$ -Eigenschaften. Dies geschah im Gegensatz zu den fremden Marinen, die bis damals jedenfalls die  $\downarrow$ -Eigenschaften in den Vordergrund gestellt hatten. Daher kam es auch, daß die ersten Kriegserfahrungen von uns erhöhte Aufmerksamkeit für die  $\downarrow$ -Eigenschaften verlangten.

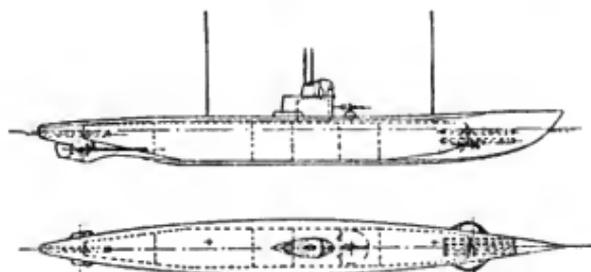
**Angriffswaffen. Torpedo.** Es darf nicht verwundern, daß wir uns noch nicht mit den Waffen selbst beschäftigt haben. Die Torpedobewaffnung war das Gegebene, weil arteeigentümlich für das U-Boot. Sie war von „U 1“ an vollkommen auf der Höhe, weil sie ohne grundsätzliche Änderung von den großen Schiffen, wo sie als Unterwasserarmierung bereits in langen Zeiträumen entwickelt war, übernommen werden konnte. Lediglich ihre Anordnung im Boot zeigte Abweichungen: von „U 2“ ab bauten wir 2 Bug- und 2 Heckrohre ein, mit „U 19“ gingen wir von dem 45 cm- auf den 50 cm-Torpedo und mit „U 43“ zu 4 Bugrohren neben den beiden Heckrohren über.

**Geschütz.** In der Geschützfrage für das U-Boot steckten wir noch ganz in den Anfängen. Wir hatten 2 Boote probeweise mit je einer Krupp- und einer Ehrhardt-8,8-cm-Kanone bestückt. Erfahrungen lagen noch kaum vor, auch war man sich über die militärische Bedeutung noch nicht recht klar. Das Vorgehen der englischen Marine zwang aber dazu, die Frage ernstlich zu prüfen.

## 2. Entwicklung im Kriege.

**Typen.** Über die militärischen Notwendigkeiten, die zur Bildung der verschiedenen U-Bootstypen geführt haben, ist oben im militärischen Teil das Erforderliche ausgeführt. Sie konnten naturgemäß ohne allmähliche Entwicklung nicht fertig und allen Anforderungen entsprechend dastehen. Das wesentlichste Entwicklungsmoment war die zur Verfügung stehende Bauzeit. Sie wurde vom Staatssekretär des Reichs-Marineamts mit Rücksicht auf politische Gesichtspunkte begrenzt. Für die B-, C- und großen Minenboote des Jahres 1914 und 1915 galt der Grundsatz: Voraussichtlich kurze Kriegsdauer, deshalb Bauzeit höchstens 6 Monate. Für die Boote des Jahres 1916 wurde die Zeit bereits auf 12 Monate heraufgesetzt, weil infolge Abbruchs des uneingeschränkten U-Bootkrieges der U-K-Typ bevorzugt werden mußte. Ab 1917, also mit Wiedereröffnung des uneingeschränkten U-Bootkrieges wurden alle Typen gleichmäßig vergeben, die Bauzeit war weniger ausschlaggebend, da nunmehr mit längerer Kriegsdauer zu rechnen war, und die militärischen Notwendigkeiten sich mehr durchsetzten, als es bei den kurzen Bauzeiten der Fall sein konnte.

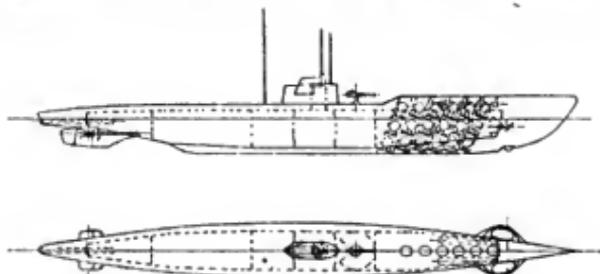
**B·C·Boote.** Daraus ergab sich für die B- und C-Boote bis zu den Nummern „B 47“ und „C 79“ und für „U 71/80“ das folgende: Einfachster Bau des Schiffskörpers, also möglichst kein oder wenig Außen-



Stizze 1. B-Typ. „UB 48 bis 149“.

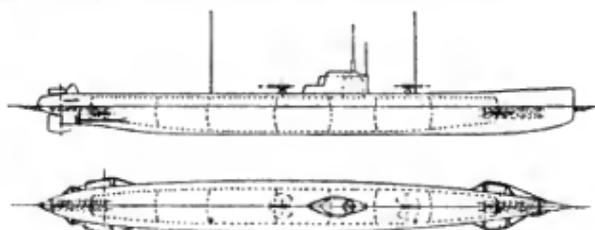
ballast. Daher die Wahl des Einhüllenprinzips bei „UB 1 bis 17“, „UC 1 bis 15“ und „U 71 bis 80“. Ferner Wahl von Dismaschinen-Typen, die entweder fertig auf Lager oder fertig in der Konstruktion vorlagen, und kein Problem mehr darstellten. Daher die kleinen 60 und 90 PS-Motoren für die kleinen B- und C-Boote, die ehemals für Rußland bestimmten 2-Takt-Körting-Maschinen für „U 71“ und „U 73“ und die 150 ePS-Motoren für „UB 18 bis 47“. (Motoren von 600 bis 1200 PS hatten damals 8 bis 10 Monate Bauzeit.)

Aus beiden Folgerungen ergab sich als dritte gemeinsame: größte Displacementsbeschränkung. Also nicht aus technischem Unvermögen, sondern



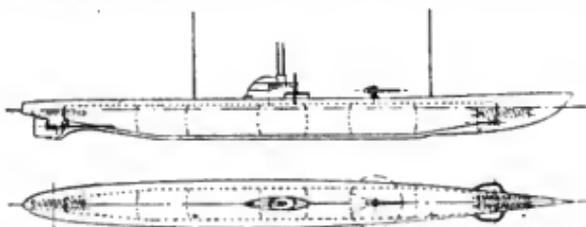
Stizze 2. C-Typ. „UC 18 bis 79“.

aus der politischen und militärischen Lage sind die kleinen B- und C-Boote entstanden (Stizzen 1 und 2 und Tafel 20, 1 und 20, 2).



Stizze 3. M s - Typ. „U 43 bis 50“.

M s - Typ. Bei Kriegsausbruch, als noch nicht die geringste Klarheit über die Bewertung der U-Boote gewonnen war, wurden zunächst plan-



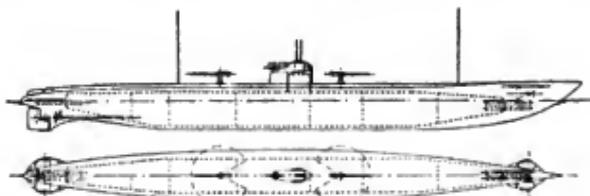
Stizze 4. M s - Typ. „U 93 bis 98“.

mäßig weitere Boote des damals modernsten, sehr befriedigenden „U 19“- und „U 43“-Typs (Stizze 3) in Anpassung an jüngste Friedenserfahrungen in Bau gelegt. Man glaubte damals, sie für die spätere Friedenszeit zu bauen, und nahm nicht so viel Rücksicht auf die Bauzeiten. Sie waren während

des Baus mehrfachen Änderungen und Displacementssteigerungen unterworfen, weil sich die Kriegserfahrungen im Laufe der Jahre 1914 und 1915 überstürzten (Skizze 4).

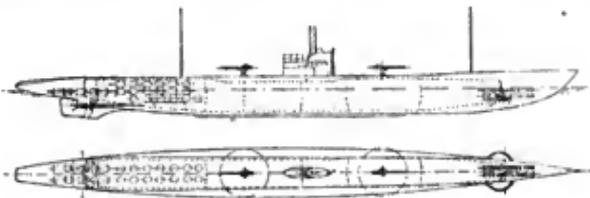
Frühjahr 1916 wurden 12 Boote eines Typs „U 127 bis 138“ in Bau gelegt, der eine Weiterentwicklung des Ms-Typs in Richtung größerer Geschwindigkeit und Betriebsicherheit darstellt, und dessen Grundlagen noch im Frieden geschaffen waren. Er mußte mit Rücksicht auf die inzwischen aufgetauchte Forderung nach größeren U-Booten im Bau zurückgestellt werden. Es trat von ihm kein Vertreter mehr in Aktion.

U · K · Typ. Mit Aufgabe des uneingeschränkten U-Bootkrieges zeigte sich die Schwäche der U-Boote im Artilleriegefecht. Die Boote waren



Skizze 5. U · K · Typ. „U 139 bis 141“.

dazu nicht hochbordig genug, die Plattform für das Geschütz zu unruhig, das Geschützkaliber, was sie tragen konnte, zu wenig wirksam. Es war



Skizze 6. Minenboote „U 117 bis 126“.

das 15-cm-Kaliber, das auf die hohe See gegen die bewaffneten Handelsdampfer und die Geleitzugbewacher getragen werden mußte. Dazu gehörte großes Displacement, und die Konstrukteure wagten den für U-Fahrzeuge unerhörten Sprung von 700 t auf 1900 bis 2400 t mit den Fahrzeugen „U 139 bis 150“ (Skizze 5 und Tafel 20, 3). Die G. B. hatte allerdings vorher schon mit „U Deutschland“ und „U Bremen“ den Sprung auf 1500 t gemacht, jedoch sich in den äußeren Abmessungen noch nicht wesentlich von den bisher gebräuchlichen entfernt. Auch waren die Bedingungen für Handelsfahrzeuge bezüglich Taucheigenschaften und Beweglichkeit nicht

so schwer wie für Kriegsfahrzeuge. Der U-K-Typ kam leider zu spät, die vorgesehene Bauzeit konnte nicht eingehalten werden.

Das große Minenboot. Das große Minenboot Typ „U 117/126“ (Skizze 6 auf vor. S.) sollte den Typ „U 71/80“ weiter entwickeln, mehr Geschwindigkeit und Fahrbereich haben und eine kräftige Torpedowaffe tragen. Der Bau verzögerte sich ebenfalls erheblich über das erwartete Maß hinaus, weil die kleineren U-Boote der Bauwerften Vulkan, Hamburg, und Blohm und Boff während der Bauzeit militärisch allmählich dringender wurden. Hierzu kam das schwankende Urteil des Wertes der Minenwaffe. Der Typ zeichnet sich besonders durch sehr schwere Bewaffnung im Verhältnis zu seiner Größe aus.

↑. Geschwindigkeit und ↑. Maschinenanlage. Wie schon gesagt, war in den Jahren 1914/15 die Beschränkung der Bauzeit das wesentlichste Entwicklungsmoment, ihm mußte sich alles andere unterordnen. Die Größe der Geschwindigkeit konnte sich also nicht nur nach militärischen Gesichtspunkten, sondern mußte sich auch nach gegebenen Tatsachen richten. Sie waren: ein vorhandener Motortyp, der sich in 2 bis 3 Monaten bauen ließ, und Abmessungen der Boote, die den Bahntransport nach Flandern ermöglichten. Da wir die See nicht beherrschten, und die Seeigenschaften sowie die Betriebssicherheit der kleinen Maschinen äußerst zweifelhaft erschienen, glaubte man nicht an die Möglichkeit des Seewegs. Die Ereignisse haben uns später eines besseren belehrt, zwei kleine B- und mehrere kleine C-Boote haben im Kriege mit ihren „Pinnaß“-Maschinen die Strecke Cattaro—Konstantinopel ohne Begleitung zurückgelegt: eine glänzende Leistung von Personal und Material.

Könnte also anfänglich die Geschwindigkeit kein Entwicklungsmoment der U-Boote schlechthin werden, so wurde sie es doch innerhalb der einzelnen Typen. In der B-Klasse stieg sie von 6 über 9 auf 13 bis 14 Knoten. In der C-Klasse von 6 auf 12 Knoten. Bei den U-Kreuzern sehen wir die Geschwindigkeit von 9 Knoten (bei den ursprünglich als U-Handelsboote gebauten „U 151 bis 157“) auf 15,5 Knoten (bei „U 139 bis 141“) und auf 18 Knoten (bei „U 142 und ff.“) wachsen.

Diese seit 1916 erstrebten Geschwindigkeitssteigerungen waren aber nur durch Vergrößerung der Displacements (siehe Tabelle S. 408/409) und Schaffung neuer Motorentypen zu erreichen. Komplizierte Schiffkörper mit guten Formen und längere Bauzeiten waren die Folge. Sie waren mit Rücksicht auf die militärisch immer stärker hervortretende Notwendigkeit der höheren Geschwindigkeit in Kauf zu nehmen.

Neue Motorentypen brauchten viele und langwierige Konstruktions- und Erprobungsarbeit. Außer der M. A. N., Augsburg, und der G. B., Kiel, traten Gebr. Körting, Hannover, Daimler, Mariensfelde, und Benz,

Mannheim, später auch die A. E. G., Berlin, als U-Bootsmotorenbauer hinzu. Auch die Lizenznehmer der M. A. N., Blohm und Boff und Hamburger Vulkan, bauten mit großem Erfolge zahlreiche Maschinen bis zu 3000 ePS nach den Plänen der M. A. N.

Die bei den M. A. N.-Motoren der ersten Dieselboote „U 19 bis 22“ festgestellte Betriebsicherheit wurde allmählich von den Motoren der neuen Firmen auch erreicht. Kleinere Rückschläge konnten bei der Neuheit der Materie und den außerordentlichen Anstrengungen, denen das Material im Kriegsdienst unterworfen war, nicht ausbleiben. Es muß aber besonders hervorgehoben werden, daß nie Entmutigung eintrat und von keiner Stelle von dem einmal eingeschlagenen Weg abgewichen wurde, was sich nachher als richtig herausgestellt hat.

Dieser Weg war im wesentlichen gekennzeichnet durch Wahl des Viertakt-Systems und der Ölkühlung der Kolben. Vor dem Kriege war, wie erwähnt, die Frage 2- oder 4-Takt ihrer Lösung nicht näher gekommen. Körting, G. W., Sulzer und Fiat glaubten, daß dem 2-Takt die Zukunft der schnelllaufenden Schiffsmaschine gehören müsse, selbst die M. A. N. verfolgte in ihrem Nürnberger Werk diesen Weg. Bis auf die G. W. waren die Erfolge gering, und auch sie ist während des Krieges mehr und mehr davon überzeugt worden, daß dem 4-Takt bei den bisherigen Leistungen bis zu 300 ePS auf den Zylinder der Vorrang gebührt (Tafel 20, 4). Vor allem sind die Wärmestauungen in den Zylinderköpfen und den Kolben schwer zu beherrschen. Machten sie doch bereits beim 4-Takt nicht unerhebliche Schwierigkeiten.

Trotzdem Öl auf den ersten Blick als Kühlflüssigkeit weit ungeeigneter erscheint als Wasser, so folgten doch darin alle Motorenfirmen (mit Ausnahme der G. W.) dem Beispiel der M. A. N. und nahmen die Ölkühlung für die Kolben an. Für den Fahrbereich des U-Boots ist diese Frage insofern wichtig, als bei Wasserkühlung der Kolben nur Süßwasser benutzt werden kann, und deshalb ein besonderer Frischwasservorrat hierfür mitgeschleppt werden muß. Versalzt dieser Vorrat, oder geht er infolge Verdampfen verloren, so ist das Boot lahmgelegt. Das Kühlöl wird dagegen dem Schmierölvorrat entnommen und kann stets wieder verwendet werden.

Im Laufe der langen Fernunternehmungen der Boote zeigte sich ein starker Verschleiß der Maschinen, der jedesmal eine längere Überholung notwendig machte und den militärischen Wirkungsgrad der Boote herabsetzte. Verstärkt wurde er noch durch den Mangel an Kupfer und Zinn. (Erbauer und Erhalter\*) hatten mit erheblichen Schwierigkeiten zu

\*) Als solche sind in erster Linie die Reichswerften Wilhelmshaven und Kiel, die technische Abteilung der deutschen Mittelmeer-U-Flottille in Pola, sowie die Stützpunkte in Ostende und Brügge zu nennen.

Tabelle der im Kriege gebauten

N a m e	De- pla- ce- ment a. CWL	Größe	↑ Ma-	Größe	↓ Ma-	Größe
		↑ Fahrbereich in Seemeilen	schin- en- leistung	↑ Ge- schwindig- keit	schin- en- leistung	↓ Ge- schwindig- keit
	in t	bei Kn. Std.	ePS	in Kn	ePS	in Kn
U 29/30 . . .	675	9 800/8,0	2 × 1000	16,75	2 × 550	9,85
U 31/41 . . .	685	9 000/8,0	2 × 925	16,75	2 × 550	9,75
U 43/50 . . .	725	11 250/8,0	2 × 1000	15,50	2 × 550	9,75
U 51/56 . . .	715	9 500/8,0	2 × 1200	17,00	2 × 550	9,50
U 57/62 . . .	768	11 400/8,0	2 × 900 bzgl. 2 × 1200	16,50	2 × 550	9,50
U 63/65 . . .	810	9 200/8,0	2 × 1100	16,50	2 × 550	9,00
U 66/70 . . .	791	7 500/8,0	2 × 1150	17,00	2 × 630	10,60
U 71/80 . . .	755	8 000/7,0	2 × 450	10,60	2 × 450	8,00
U 81/86 . . .	808	11 250/8,0	2 × 1200	16,85	2 × 550	9,50
U 87/92 . . .	757	11 500/8,0	2 × 1200	16,0	2 × 550	9,0
U 93/98 . . .	857	8 500/8,0	2 × 1150	16,8	2 × 550	9,0
U 99/104 . . .	750	10 500/8,0	2 × 1200	16,5	2 × 550	9,0
U 105/114 . . .	798	8 500/8,0	2 × 1150	16,5	2 × 550	9,40
U 117/125 . . .	1163	11 500/8,0	2 × 1200	15,00	2 × 600	7,50
U 135/136 . . .	1175	10 000/8,0	2 × 1750 2 × 550	17,75	2 × 890	8,50
U 139/141 . . .	1930	18 000/8,0	2 × 1750 1 × 550	15,8	2 × 890	8,00
U 142 . . . .	2158	20 000/6,0	2 × 3000 1 × 550	18,00	2 × 1300	8,00
U 151/157 . . .	1510	25 000/5,5	2 × 450	10	2 × 400	5,50
U 160/163 . . .	821	8 500/8,0	2 × 1200	16,2	2 × 550	8,50
U A . . . . .	270	950/9,75	2 × 450	14,2	2 × 190	7,5
U B 1/17 . . .	127	1 500/5,0	1 × 60	6,50	1 × 120	6,2
U B 18/47 . . .	272	7 000/5,0	2 × 142	9,15	2 × 140	5,8
U B 48/149 . . .	516	9 000/6,0	2 × 550	14,00	2 × 380	8,00
U C 1/15 . . .	168	900/5,0	1 × 80	6,50	1 × 175	5,67
U C 16/79 . . .	410	8 700/7,0	2 × 300	12,0	2 × 310	7,45
U C 90/105 . . .	491	9 850/7,0	2 × 300	11,5	2 × 310	6,6

## E r l ä u e r u n g e n z u

M. H. H. = Maschinenfabrik Augsburg—Nürnberg, G. B. = Germaniawerft,  
werke Hamburg, Bre. Vu. = Bremer Vulkan,

## und am 6. 11. 1918 fertigen U-Boote.

Tarpeda- aus- rüstung	WRinen- ausrüstung	Artillerie- armierung	Bauwerft	Ölomotoren- lieferer
2 B 2 H	—	—	D3g.	W. H. R.
2 B 2 H	—	1 10,5	G. W.	G. W.
4 B 2 H	—	1 10,5	D3g.	W. H. R.
2 B 2 H	—	1 10,5 u. 1 8,8	G. W.	*
2 B 2 H	—	1 10,5 u. 1 8,8	W. H. W.	*
2 B 2 H	—	1 10,5	G. W.	G. W.
4 B 1 H	—	1 10,5	G. W.	*
1 B 1 H	2 H WRinenröhre	1 10,5	Sa. Su. 8	Benz 5 Körting 4
2 B 2 H	—	1 10,5 u. 1 8,8	D3g. 2	Sa. Su. 1
4 B 2 H	—	1 10,5 u. 1 8,8	G. W.	W. H. R.
4 B 2 H	—	1 10,5 u. 1 8,8	D3g.	*
4 B 2 H	—	1 10,5 u. 1 8,8	G. W.	W. H. R. 3 G. W. 3
2 B 2 H	—	1 10,5 u. 1 8,8	W. H. W.	W. H. R.
4 B 2 H	—	1 10,5 u. 1 8,8	G. W.	W. H. R. 7 G. W. 3
4 B	2 H WRinenröhre	1 15	Sa. Su. 4	W. H. R. 6
4 B 2 H	—	1 15	Bl. B. 5	Körting 1 Bl. B. 2
4 B 2 H	—	1 15	D3g.	W. H. R.
4 B 2 H	—	2 15	G. W.	G. W. 1 W. H. R. 2
4 B 2 H	—	2 15	G. W.	W. H. R.
2 B	—	2 15	G. W.	G. W.
4 B 2 H	—	2 10,5	Br. Su.	W. H. R.
2 B 1 H	—	1 5	G. W.	G. W.
2 B	—	—	W. H. W. 9	Daimler 8
2 B	—	1 8,8	G. W. 8	Körting 9
4 B 1 H	—	1 10,5	Bl. B. 18	Daimler 10
—	6 WRinenstäbte	—	W. H. W. 12	Körting 10 Benz 10
2 B 1 H	6 WRinenstäbte	1 8,8	Bl. B. 26	W. H. R. 48
2 B 1 H	6 WRinenstäbte	1 10,5	W. H. W. 33	Körting 19
—	6 WRinenstäbte	—	Sa. Su. 24 G. W. 6	Daimler 7 Benz 9
2 B 1 H	6 WRinenstäbte	1 8,8	Sa. Su. 10	H. G. G. 3 Sa. Su. 3
2 B 1 H	6 WRinenstäbte	1 10,5	W. H. W. 5	Daimler 10 Benz 5
—	6 WRinenstäbte	—	Bl. B. 24	W. H. R. 26 Bl. B. 10
—	6 WRinenstäbte	—	Sa. Su. 21 W. H. W. 7	Körting 19 Benz 3
—	6 WRinenstäbte	—	G. W. 6 D3g. 6	Daimler 6
—	6 WRinenstäbte	—	Bl. B.	W. H. R.

## den Abfertigungen:

D3g. = Reichswerft Danzig, W. H. W. = W. G. „Weser“, Sa. Su. = Vulcan-  
Wegesad, Bl. B. = Blohm u. Voß, Hamburg.

kämpfen, und doch gelang es ihnen allmählich, dank auch des vorzüglichen Personals der U-Boote, daß wiederholt die Boote nach Rückkehr von 6 bis 8 wöchigen Unternehmungen melden konnten: „Boot und Maschinen zu neuer Unternehmung klar.“

Der Zusammenbruch hat uns in einer Zeit intensivster Entwicklung getroffen; Körting, Daimler und die Germania-Werft bauten ihre ersten 1700 ePS 4-Takt Maschinen, sie kamen nicht mehr zum Einbau. Die M. A. R. hatte neue große Pläne in der Vorbereitung, die auch wieder dem 2-Takt gerecht werden sollten, es kam anders!

Die Frage der „kritischen Dreheschwingungen“ heroorggerufen durch die Resonanz zwischen Eigenschwingungen und Drehkraftschwankungen (siehe Seite 400), wurde ihrer Lösung näher gebracht. Es gelang nach den Versuchsergebnissen der ausgeführten Anlagen für Neuanlagen vorauszubestimmen, welches die kritischen Drehzahlbereiche sein würden, und sie so zu verlegen, daß die im Dienst gebräuchlichsten Drehzahlen der Maschinen nicht in diesen Bereich hineinfelen.

Die elektrischen Anlagen. Die  $\downarrow$ -Geschwindigkeit und die  $\downarrow$ -Maschinenanlage. Die Entwicklung der zum Unterwasserantrieb, zur Beleuchtung und zum Betrieb der Hilfsmaschinen dienenden elektrischen Anlagen hat im wesentlichen Erhöhung der Betriebsicherheit, Vereinfachung der Bedienung und leichtere Zugänglichkeit (größere Schnelligkeit in der Beseitigung von Haoarien) sowie die Beseitigung von Betriebsgeräuschen zum Gegenstand gehabt. Es würde zu weit führen, hier auf Einzelheiten einzugehen; doch ist es dieser systematischen Kleinarbeit im wesentlichen zu danken, daß trotz der gerade für die E-Anlage immer schlechter werdenden Baustoffe die Verfägar in mäßigen Grenzen geblieben sind und die erforderlichen Werstliegezeiten sich nicht verlängert haben.

Um den Anforderungen des Bauprogramms gerecht werden zu können, mußte, während vor dem Kriege die S. S. W. die fast alleinigen Lieferanten gewesen waren, fast die gesamte deutsche E-Industrie zu den Lieferungen herangezogen und ihr hierzu die gemachten Erfahrungen vermittelt werden. Daß dies ohne Rückschlag gelang, ist als großer Erfolg aller Beteiligten anzusehen.

Die  $\downarrow$ -Geschwindigkeit schied während des Krieges als maßgebende Entwicklungsgröße ganz aus. Wie bereits ausgeführt, kam es vielmehr auf den Unterwasserfahrbereich an. Der Angriff selbst wurde mit kleiner Geschwindigkeit gefahren. Die Boote wurden aber, namentlich seitdem die Bewachung stärker und die Mittel zur U-Bootsbekämpfung wirksamer geworden waren, immer länger unter Wasser gedrückt. Dabei mußten sie sich allerdings kurze Zeit auch mit hoher Fahrt fortbewegen können.

Die im Boot aufgespeicherte Energie mußte diesen Forderungen ebenfalls gerecht werden, und die auf den deutschen Booten bisher ausgeführten Anlagen zeigten sich ihnen völlig gewachsen. Es wurde deshalb das Verhältnis der Energiemenge zum Displacement nicht nur nicht gesteigert, sondern zum Teil sogar etwas vermindert, dafür aber die erreichbare Mindestgeschwindigkeit durch Anlegen der in Serie geschalteten Doppelmachine an die halbe Batteriespannung (Mittelleiter) auf die Hälfte herab- und der Unterwasser-Aktionsradius damit wesentlich heraufgesetzt. Für die neuesten Boote ließ man den Mittelleiter wieder fallen und erreichte durch Hilfswicklungen auf den Ankern der Doppelmachine, die zur „Schleichfahrt“ mit den Hauptwicklungen in Serie geschaltet werden, eine weitere wesentliche Steigerung des Unterwasser-Aktionsradius. Andere, die Gesamtanordnung betreffende Änderungen sind, abgesehen von versuchsweisen Einzelausführungen an den Haupt-E-Maschinen nicht vorgenommen worden, doch hat das Anlaßverfahren der Haupt-E-Maschinen eine wesentliche Weiterentwicklung erfahren. Der Propellerantrieb, der ein mit der dritten Potenz der Drehzahl ansteigendes Drehmoment hat, ermöglicht, zumal das Wasser der Schraube bei sehr großen Beschleunigungen ausweicht, wie kaum ein anderer Betrieb das Schnellanlassen. Nach dem von den S. S. W. zuerst vorgeschlagenen Grobhaltungsverfahren wurden die vorerregten Maschinen ohne jeden Verschaltwiderstand an die volle Batteriespannung gelegt. Lediglich der Widerstand von Maschine, Leitung und Batterie und die Selbstinduktion der Maschine begrenzten den auftretenden Stromstoß. Die Erwägung, daß auf die Dauer diese Stromstöße und die gewaltigen mechanischen Stöße der Maschine und den die Käste übertragenden Teilen nicht zuträglich sein könnten, führte zu einem neuen Schnellanlaßverfahren der S. S. W. mit dem die weitaus größte Zahl der während des Krieges gebauten U-Boote ausgerüstet ist, und bei dem die nicht vorerregte Maschine mit einer von Hand zu schließenden Widerstandsstufe angelassen wird. Dieses zu großer Einfachheit und Betriebssicherheit entwickelte Verfahren erfordert verhältnismäßig viel Handgriffe, weshalb für die größeren Stromstärken u. a. zur Schonung des Personals von der U. J. mit der A. G. B., Dr. Paul Meyer, Berlin, und Voigt und Häffner, Frankfurt a. M., ein Anlaßverfahren entwickelt wurde, bei dem bei Legen irgendeines Manövrierhalters die vorgesehenen zwei Anlaßstufen selbsttätig nach Sinken des Stromstoßes unter einen gewissen Wert nacheinander geschlossen werden.

Die Entwicklung der Akkumulatorenanlagen der Akkumulatorenfabrik A. G., hat im wesentlichen in Vergrößerung der Zellen, Verwendung von Kriegsmaterialien (z. B. synthetischer Gummi für die Akkumulatorkästen u. a.), Verbesserung der Aufstellung im Boot und der zugehörigen Ein-

und Ausbavorrichtungen, sowie Verbesserung der Belüftung bestanden.

**Fahrbereich.** Der ↑-Fahrbereich der U-Boote ist eine Frage des Ölverbrauchs, also der wärmetechnischen Vollkommenheit der Maschine, des Schmierölverbrauchs, d. h. der technischen Mittel zur Rückgewinnung des benutzten Öles, und schließlich der Betriebsicherheit. Man kann sie als die „absoluten“ Größen bezeichnen. Ölverrat und Proviant sind die „relativen“ Größen, abhängig vom Gesamtkompromiß, den ein U-Boot darstellt. Daneben spielt natürlich auch die Form, Seefähigkeit, Wohnlichkeit des U-Bootes eine gewisse Rolle.

Die „a b s o l u t e n“ Werte sind bei der 4-Taktölmachine (Tafel 20, 4) bis heute noch günstiger als bei der 2-Taktölmachine. Der Brennstoffverbrauch beträgt etwa 0,18 bis 0,21 kg für die ePS-Stunde beim 4-Takt, und 0,22 bis 0,25 kg beim 2-Takt je nach der Belastung, gegen 0,45 bis 0,5 kg beim Petroleum-Verpuffungsmotor. Der Schmierölverbrauch war anfangs erschreckend hoch und drohte den Fahrbereich ganz erheblich einzuschränken. Im Laufe des Krieges ging er aber infolge sorgfältiger konstruktiver Durchbildung der ganzen Anlage auf etwa  $\frac{1}{15}$  bis  $\frac{1}{12}$  des Brennstoffverbrauches zurück.

Es ist am Plage, hier über die Dampf-U-Boote einiges einzuschalten, da die französische und englische Marine diese auch während des Krieges weiter gebaut haben, und die Engländer darin anscheinend sehr weit vorgekommen sind, wir uns aber davon zurückgehalten haben. Der Grund liegt im Fahrbereich. Dadurch, daß der Brennstoff seine Wärmeenergie nicht unmittelbar wie beim Verbrennungsmotor, sondern erst mittelbar durch den Wasserdampf in Kraft umsetzt, wobei mit den Heizgasen große Wärmemengen ungenützt nach außen entweichen, ist die Dampfmaschine der Ölmaschine auf alle Zeiten unterlegen, und zwar ist der Brennstoffverbrauch rund dreimal so groß. Andererseits ist aber das Einheitsgewicht der Dampfanlage bei erstklassiger Durchbildung nur  $\frac{2}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  der Ölmaschinenanlage. Für die Dampfanlage spricht die unbegrenzte Steigerungsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit der Leistung. Im Motorenbau sehen wir noch immer ein Schreiten von Type zu Type bestimmter Leistung. Dampfturbinen baut man indessen heute in allen beliebigen Größen: von 50 PS bis 50 000 PS und mehr mit derselben Sicherheit ohne Risiko. Darin liegt der Vorteil und Vorsprung der Dampfanlage. Auch der Kosteffekt ist kein Problem mehr. Will man also mit dem U-Boot vor allem größere Geschwindigkeiten erreichen, also 20 und mehr Knoten die Stunde, dann bleibt einem nur die Dampfanlage. Es fragt sich aber, was militärisch wichtiger ist, die Geschwindigkeit oder der Fahrbereich, und da konnte es bei uns gar keinen Zweifel geben. Bei unserer militärisch-geo-

graphischen Lage und unserer Art der Kriegführung mußte der Fahrbereich die allererste Rolle spielen. Geschwindigkeit war sehr vonnöten, sie durfte aber nicht auf Kosten des Fahrbereiches erzielt werden, sonst waren unsere U-Boote in die Nordsee gebannt. In der Tat haben die Engländer ihre Dampf-U-Boote auch nur für die Nordsee gebaut, und die Franzosen sind nicht weit über ihre Küsten damit hinausgekommen. Denkt man aber an den Kompromiß: Dampfmaschine für Höchst- und Ölmaschine für Marschleistung, so kommt man zu den Displacements von nicht unter 2500 t, das sind natürlich keine Boote mehr, also für den Torpedoangriff zu schwerfällig und zu sichtbar.

Eine ähnliche Rolle spielt der ↓-Fahrbereich. Wir brauchten, wie dargetan, sehr erheblichen ↓-Fahrbereich, weil wir die Angegriffenen und Verfolgten waren; die Engländer waren dagegen in umgekehrter Lage, ihre U-Boote brauchten in uns den Angreifer und Verfolger nicht zu fürchten. Daraus ergab sich für die Engländer große Geschwindigkeit für kurze Dauer. Ihre Dampfboote haben daher bis zu 11 und 12 Knoten/Stunde für etwa 5 bis 10 Minuten laufen können.

Die Betriebssicherheit ist die zweite „absolute“ Größe, die auf den Fahrbereich wirkt. Wie gesagt, wurde sie im Laufe des Krieges durch die ständigen Bemühungen der Industrie und der Marine immer größer, wenn sie naturgemäß auch nicht die der Dampfmaschine erreichen kann. Das verhindern die große Zahl bewegter Teile, die hohen Temperaturen mit gleichzeitig großem Druck beim Arbeitsvorgang im Zylinder, die zahlreichen, komplizierten Hilfseinrichtungen, Einblasluftpumpe, Umsteuerung, Kühlung u. a. m. Infolgedessen sind ja auch, wie oben schon erwähnt, der Verschleiß ein so viel größerer und die Reparaturen nach jeder längeren Unternehmung so umfangreich und zeitraubend. Aus diesem Grunde kam die U-Bootsinspektion dazu, auf den größeren Booten „U 127 bis 138“ neben den Hauptölmotoren noch zwei Hilfsölmotoren von 550 ePS vorzusehen, die mittels elektrischer Übertragung für Marschfahrt und zum Ladebetrieb der Akkumulatoren benutzt werden sollten. Auf den Kreuzern „U 139 bis 150“ wurde eine solche Maschine neben den Hauptölmotoren aufgestellt. Damit war zugleich eine wesentliche Entlastung der Hauptölmotoren sichergestellt, und gleichzeitig die Sparbarkeit im Ölverbrauch und die Fahrstrecke gesteigert.

In der Bemessung des Ölverrats wurde im Kriege ein gewaltiger Schritt vorwärts getan, der bei unseren Feinden geradezu Verblüffung erregte. Man wollte nicht glauben, daß unsere Boote aus eigenen Mitteln solche Strecken zurücklegen konnten, vermutete heimliche Hilfe der Neutralen, geheimnisvolle Depots in entlegenen Buchten, sogar zu unterseeischen Depots verstieg sich die Fantasie. Dabei war das Mittel so einfach, man

nahm Öl in einen Teil der Ballastzellen. Das Mittel war zwar einfach, aber schwer in der technischen Ausführung. Mit leeren Ballastzellen hatte das Boot seinen konstruktionsmäßigen Freibord und eine Reserveschwimmkraft von 20 bis 30 v. H. vom Konstruktionsdeplacement. Die Füllung eines Teils der Zellen mit Öl verringerte beide Größen, setzte also Seefähigkeit (die Stabilität wurde schlechter), Geschwindigkeit und Sicherheit herab. Die für Wasser gebauten Zellen durften kein Öl durchlassen, ihre Fluteinrichtungen mußten einwandfrei dicht halten. Dann veränderte sich das Bootsgewicht im Tauchzustand dadurch, daß statt des schwereren Wassers das leichtere Öl in den Zellen stand. Das waren ganz erhebliche Widerstände, die überwunden werden mußten. Man lernte mit kleinerer Reserveschwimmkraft in der hohen See fahren, gewöhnte sich an die kleine Stabilität und die daraus sich ergebenden sehr weichen Bootsbewegungen und riskierte eben, mit geringerer Sicherheit gegen Wegfaden zu fahren. Es war ja Krieg. Auf diese Weise ist es dann möglich geworden, die vor dem Kriege für unmöglich gehaltenen Fahrtstrecken von 10 000 und mehr Seemeilen mit den U-Booten zu erreichen. Als Glanzleistung an Personal und Material muß die Reise von „U 53“ (Kommandant Rose, Erbauer Germaniawerft) nach New London (V. St.) und zurück ohne Brennstoffergänzung angesehen werden. Das Boot war bei seiner Ausreise so belastet, daß das Aufdeck, die Decke seiner Ballastzellen, die sonst 50 cm über Wasser liegt, gerade vom Wasser überspült wurde, es fuhr also fast im überfluteten Zustande.

**Tauchtechnik.** Wie eingangs geschildert, befand sich die Tauchtechnik zu Kriegsbeginn gerade in einem Umwandlungsprozeß, der noch nicht entschieden war. Gleich die ersten Kriegshandlungen, Aufklärungsfahrten der U-Boote nach den Shetlands, sowie das Gefecht bei Helgoland zeigten, daß unsere Tauchzeit mit allen Mitteln auf das technisch Erreichbare herabgesetzt werden mußte.

Die Tauchzeit setzt sich aus zwei Abschnitten zusammen, der Flutzeit der Ballastzellen und der Zeit des eigentlichen Wegtauchens auf Sehrohrtiefe (Riel 9 bis 10 m unter Wasser). Angestrebt wurde eine Flutzeit von einer halben Minute, die auch bald mit den im Kriege entworfenen Bauten erreicht wurde. Möglich war sie nur durch Ausschaltung jedes maschinellen Zwischenbetriebes, indem lediglich durch genügend weit bemessene Flut- und Entlüstungsöffnungen die natürliche Flutgeschwindigkeit des eintretenden Wassers vergrößert wurde. Eine tiefe Lage der Zellen, wie sie den Einhüllenbooten im Gegensatz zum Zweihüllenboot eigentümlich ist, unterstützt das Bestreben, und so konnten bereits auf den kleinen B- und C-Booten des Jahres 1915 20 bis 30 Sekunden Flutzeit gemessen werden. Eine beträchtliche Leistung, wenn man die Flutzeit der Vorkriegsboote von 2 bis 3 Minuten dagegen hält.

Das Mittel erscheint so einfach, daß man die Schwierigkeiten nicht recht begreift, die aber vor allem in den sehr großen Abmessungen der Abschlußorgane und der Luftrohre liegen. Große Ventile mit Klappen halten schlecht dicht, bedürfen erheblicher Anzugkräfte, lassen sich auf den im Raum so äußerst beschränkten U-Booten schwer wirklich zweckentsprechend unterbringen. Weite Entlüftungsleitungen, die hoch an Oberseite des druckfesten Bootsteils liegen müssen, sind Schutzverletzungen besonders leicht ausgefetzt und gefährden damit die Tauchsicherheit. Allerlei Vortehrungen mußten daher neu erdacht werden, um diese Hindernisse zu überwinden.

Der zweite Abschnitt der Tauchzeit, die Zeit des Wegtauchens, ist, wie sich im Kriege allmählich herausstellte, mit technischen Mitteln nur inmäßigen Grenzen zu beeinflussen. Hier spielt der Widerstand, den das Wasser der senkrechten oder schräg abwärts gerichteten Bewegung entgegensetzt, die Hauptrolle, dessen Größe schätzungsweise mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wächst. Hierzu gehört aber auch der Widerstand, den die Durchflußöffnungen des vom Wasser frei durchspülten Raumes der Aufbauten dem eindringenden Wasser entgegensetzen. Alle diese Widerstände sind im wesentlichen abhängig von der Bootsgröße, d. h. der gesamten Formverdrängung, und deshalb bei gegebenem Displacement nur wenig zu beeinflussen.

Das Tauchen in Fahrt war schon vor dem Kriege gebräuchlich gewesen, zur Regel und zwar mit „hoher Fahrt“ wurde es erst im Kriege. Ebenso gilt dies für das statische Mittel, das Tauchen mit Abtrieb oder Untertrieb. Dies mußte ebenso wie die dynamischen Mittel mit wachsender Bootsgröße größer werden. Wertvolle Aufschlüsse darüber hat uns die erste Amerikafahrt des G. W. Handels-U-Boots „Deutschland“ gebracht. Während man früher mit etwa 1 bis 2 Tonnen tauchte, trug man jetzt kein Bedenken mehr, 10 und 20 Tonnen Abtrieb zu geben.

Unterwasserfahrt. Sehr bald zeitigten es die Kriegserfordernisse, daß die U-Boote in harter See und jedem Wetter tauchen, unter Wasser fahren und angreifen mußten. Dazu gehörte außer einer großen Tauchgeschwindigkeit vor allem eine sichere Unterwassersteuerung. Sie war vor dem Kriege nicht erreicht. Die Boote nahmen leicht größere Längsneigungen an, führten infolgedessen starke Tiefenschwankungen aus und kamen beim Angriff heraus, so daß sie dem Gegner sichtbar wurden. Die Ursachen waren zu geringe und zu langsame Tiefenruderwirkung und eine mangelhafte Restenlüftung der Ballastzellen. Die erstere wurde durch Einführung des elektrischen Antriebs für sämtliche Tiefenruder und durch Verlegung der hinteren Tiefenruder hinter die Propeller fast ganz beseitigt, ein Verdienst der Germaniawerft.

Die Verbesserung der Zellenentlüftung ging Hand in Hand mit der Verbesserung der Bootsform. Je breiter die Ballastzellen, je ebener ihre

Decks sind und je näher die Hauptmasse des Ballastwassers der Schwimmlinie liegt, um so kleiner ist der natürliche Druck, der die Restluftmengen beim Fluten aus den Ballastzellen treiben soll. So bleiben leicht nach vollzogenem Fluten Luftblasen in den Ballastzellen, die während der Unterwasserfahrt wie in einer Wasserwage hin und hergehen und dabei die Wassermengen in den Zellen verschieben. Infolgedessen kippen die Boote mit Leichtigkeit in gewissen Winkeln um die Mittellage, was die Stetigkeit der Unterwasserfahrt natürlich sehr erschwert. Durch andere Formgebung der Zellen und richtige Führung der Entlüftung wurden wir auch dieser Mängel Herr.

Auch die Gestalt des Bootes ist von Bedeutung für die Tiefensteuerung (siehe Seite 398). Je mehr wir der Spindelgestalt nahe kamen, um so kleiner wurde die bei „U 19 bis 41“ häufig beobachtete Neigung zum unwillkürlichen Hochkommen, je leichter und einfacher wurde die Tiefensteuerung, je sicherer der Angriff.

Es ist nicht möglich, alle die Verbesserungen, Vereinfachungen und Neuerungen aufzuzählen und zu beschreiben, die im Kriege an der gesamten Tauchanlage der U-Boote vorgenommen worden sind. Lenzpumpen, Niederdruckluftgebläse, Hochdruckluftverdichter seien nur als die Maschinen genannt, die erhebliche Fortschritte zur Betriebsicherheit und Leistungssteigerung machten. Die Steuerung der elektrischen Rudermaschinen erfuhr noch im Jahre 1917/18 eine grundlegende Änderung und Verbesserung, so daß sie präziser, betriebsicherer und vor allen Dingen geräuschloser vor sich ging.

**Seefähigkeit.** In der Seefähigkeit der Boote haben wir wohl die größten Fortschritte, auch vor allen fremden Marinen, zu verzeichnen. Hier hat uns die Form „U 43“ manches Gute gebracht. Erstens eine Verkleinerung der bisher stets zu großen Anfangsstabilität für die Unterwasserfahrt von 800 auf 500 mm und damit eine Verringerung der Schlingerperiode von 15 bis 16 auf 10 bis 12 Doppelschwingungen. Zweitens größeren Reserveauftrieb und zwar bis 45 v. H. der Konstruktionsverdrängung. Reserveauftrieb und Seefähigkeit stehen in unmittelbarer Beziehung zueinander, je größer der erstere, je besser auch die letztere. Mit den zunehmenden Forderungen an den Fahrtstrecken und den Munitionsbedarf wurde allerdings dieser Überschuß vielfach wieder aufgezehrt, und wir kamen bei den U-K-Booten bis auf 9 v. H. des Ausreisedeplacements herab. Im Rückkehrzustand hatten sie wieder ihr konstruktionsmäßiges Deplacement mit 30 v. H. Reserveschwimmkraft. So machte also die große Konstruktions-Reserveschwimmkraft die Boote indirekt erst zu ihren großen Marschleistungen fähig.

Mit der zunehmenden Bedeutung des U-Kreuzerkriegs wuchs auch

die Bedeutung der Artillerie. Ihre Treffsicherheit ist wesentlich abhängig von der Stetigkeit der Geschützplattform. Da man auf Kreuzern und großen Torpedobooten gute Erfahrungen mit den „Frahm“schen Schlingertanks gemacht hatte, ging man daran, auch die U-Boote damit auszurüsten, zumal die frei flutenden Teile des Aufbaues geradezu dafür geschaffen schienen.

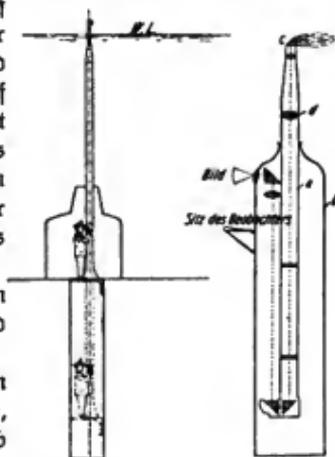
**Sehrohre.** Das Sehrohr ist das Auge des U-Boots. Optisch war es voll auf der Höhe. Die Kriegsansforderungen gingen auf weitere Unsichtbarkeit beim Angriff und Verlängerung des Ausschubs. Weitere Unsichtbarkeit war nur durch Herabsetzung des Durchmessers des aus dem Wasser ragenden Rohrteils möglich, es gelang allmählich, zum Teil ohne Einschränkung der optischen Leistungen, von 150 mm auf 30 bis 40 mm Durchmesser herabzugehen. Je dünner der Oberteil, um so schwächer war der Schaumstreifen, den das Sehrohr durch das Wasser zog.

Die Verlängerung des Ausschubs ergab die Möglichkeit, mit dem U-Boot tiefer unter Wasser zu fahren. Da die Bootsbewegungen in bewegter See mit zunehmender Wassertiefe abnehmen und die Tiefensteuerung sicherer wird, so ist der Angriff alsdann leichter durchzuführen. Je länger aber der Ausschub ist, um so größer sind die Biegekräfte, die der Fahrtstrom auf das Sehrohr ausübt. Deshalb müssen mit dem Ausschub auch der Durchmesser des Rohrs, anderseits aber auch die zum Drehen des Rohres erforderlichen Kräfte größer werden, so daß schließlich die Handkraft des Menschen nicht mehr genügt.

Bisher wurde Heben und Senken von Maschinenkraft, das Drehen aber von Hand besorgt.

Heben und Senken mußte sich den Vertikalbewegungen des U-Boots anpassen, der Beobachter also mitgehen. Deshalb stand er auf einem Fahrstuhl, der mit dem Sehrohr gekuppelt war. Während des Hebens und Senkens konnte das Rohr ständig gedreht werden (siehe Skizze 7).

Goerz machte alsbald den Vorschlag, den Beobachter selbst mit zu drehen, aber nicht mit zu heben und zu senken. Daraus ergab sich das Standsehrohr (siehe Skizze 8). Das verschiebliche Rohr a, das Objektivrohr, steckt in dem drehbaren Rohr b, dem Okularrohr. Das Absuchen des Hori-



Skizze 7.  
Fahrstuhl-  
sehrohr.

Skizze 8.  
Stand-  
sehrohr.

zonts geschieht durch Drehen beider Rohre um die gemeinsame Rohrachse, während unabhängig davon und gleichzeitig das Rohr a ein- und ausgehoben werden kann.

Die bereits vor dem Kriege in Vorbereitung gewesene Einrichtung des Vergrößerungswechsels wurde allgemein eingeführt. Man konnte entweder in einer der natürlichen Größe und Entfernung angepaßten 1,5fachen oder in 6facher Vergrößerung und entsprechender Bildannäherung sehen. Dies geschieht durch wahlweises Vorschalten eines Linsensystems zwischen c und d (siehe Skizze 8). Diese Schaltung wird vom Beobachter mittels im Rohr liegender Seilzüge und Zahntriebe betätigt.

Eine weitere Verbesserung ist die Beweglichkeit des Kopfprisma c: der Beobachter kann den Neigungswinkel des Prismas zur Wagerechten beliebig verändern und den Bootschwankungen auf diese Weise folgen. Er bleibt so leichter am Ziel, als dies früher beim festen Prisma der Fall war.

**A n g r i f f s w a f f e n:** a) **T o r p e d o.** Von Torpedo und Mine wird an anderer Stelle gehandelt. Hier soll nur von Ort und Zahl gesprochen werden.

Wie eingangs erwähnt, waren wir auf 4 Bug- und 2 Heckrohre abgekommen. Die Engländer benutzten daneben auch das ↓-Breitseitrohr. Taktisch ist es den vorgenannten ohne Zweifel überlegen, technisch war es für uns unausführbar, weil wir Torpedos bis zu 7 m Länge gegen 5,2 m der englischen führten. Ein großer Fortschritt wurde in der Aufnahmefähigkeit an Zahl der Torpedos gemacht; anfangs 6, wurden es im Laufe des Krieges 14 auf Booten gleichen (Ms-) Typs. Selbst die kleineren Boote der B-Klasse konnten 10 bis 11 Torpedos mitnehmen, allerdings unter sehr wesentlicher Beeinträchtigung der Wohnlichkeit.

b) **M i n e.** Die Mine auf dem U-Boot wurde im Kriege für uns etwas ganz Neues. Minenversuchscommando und U-Bootsinspektion haben in wenigen Monaten das Problem erfolgreich gelöst.

Minentechnisch waren die Schwierigkeiten am größten; erst mühevollte Dauerversuche konnten zum Ziele führen. U-Bootstechnisch lagen sie in der außerordentlichen Raum- und Gewichtsbeanspruchung und der großen Empfindlichkeit der Zündorgane der Mine.

Man mußte besondere U-Bootstypen dafür entwickeln, und zwar einen solchen für kürzere Unternehmungen, bei denen die Minen ständig im Wasser liegen konnten, und einen anderen Typ großen Fahrbereichs, bei dem die Minen trocken bis kurz vor dem Wurf nachseh- und einstellbar im Bootsinnern gelagert werden mußten. Daraus entstand der C-Typ und der Typ „U 71/80 und 117/126“ (siehe Typskizzen).

Auf dem C-Boot wurden die mit besonderen Schuß- und Führungs-

schienen verfehenen Minen im schrägen Schacht aufgehängt, aus denen sie nach unten kraft ihres Eigengewichtes herausgleiten konnten.

Auf den großen Booten wurden sie mit Hilfe röhrenförmiger, im Heck eingebauter, wagerechter Schleusen, in denen mehrere Minen gleichzeitig hintereinander Ausnahme finden konnten, derart über Bord geschleußt, daß eine ständige Abwurffolge möglich war. Das Herauschieben besorgten mehrere gemeinschaftlich angetriebene Zahnräder, die in die als Triebstöcke ausgebildeten Führungs- und Schußschielen der wagerecht liegenden Minen eingreifen. Im Bootsinnern war der Minenvorrat laderecht vor den Rohren so aufgestapelt, daß die Minen in Gerüsten laufend, zwangsläufig den Rohren zugeführt werden konnten.

Wenn die Anlage auch sehr sperrig ist und viel Raum beansprucht, so war damit der Zweck erreicht, die Minen an weit entfernte Plätze zu bringen und sie während der langen Fahrt ständig unter Augen zu haben. Für das Werfen aus der Unterwasserfahrt war es auch sehr wesentlich, daß eine fortlaufende Wurffolge mit dieser Einrichtung möglich war. Nur auf diese Weise lassen sich Sperren mit bestimmten Abständen legen.

**Geschüßbewaffung.** Die Geschüßbewaffung wurde mit der Aufgabe des uneingeschränkten U-Bootskrieges im Jahre 1915 in den Vordergrund des Interesses geschoben. Wir mußten uns entschließen, alle verfügbaren 8,8- und 10,5-cm-Kanonen für die U-Boote zu benutzen und konnten zuerst keine besonderen Rücksichten auf die Eigenart des U-Boots dabei nehmen. Von vornherein wurde darauf verzichtet, beklappbare oder Verschwinde-Lafetten zu nehmen; das einfachste war auch hier das beste, und wir nahmen daher die gewöhnliche Torpedobootslafette an. Im Laufe des Krieges wurde zwar auch eine besondere U-Bootslafette entwickelt, die sich aber nur dadurch von der gewöhnlichen unterschied, daß sie mehr Rücksicht auf eine für die Unterwasserfahrt günstige äußere Form nahm und auch Luftabwehr durch eine große Erhöhung ermöglichte. Die Geschüßbewaffung ist dem U-Boot wesensfremd und verdirbt im gewissen Sinne die Unterwasser Eigenschaften. Sie verlangt hohen Freibord, eine weiträumige Geschüßplattform, in der Nähe des Geschüßes bereit liegende Munition. Alle diese Forderungen widerstreben den Unterwasserbedingungen. Namentlich war die Bemessung der Munitionsmenge ein sehr schwieriges Kapitel. Für uns kam hinzu, daß die Anforderungen darin immer weiter und schneller stiegen, so daß die Gewichts- und Ballastreserven in bedenklicher Weise aufgezehrt wurden.

Mit dem U-Kreuzer gingen wir zum 15-cm-Kaliber über, das alle genannten Schwierigkeiten noch erheblich steigerte. Namentlich war es hier die Munitionszufuhr, deren erforderliche Schnelligkeit nur mit Hilfe maschinell betriebener Aufzüge sichergestellt werden konnte. Daß dies

weitere unerwünschte Komplikationen zur Folge haben mußte, liegt auf der Hand.

Die A b w e h r. Die wirksamsten Mittel der U-Bootsbekämpfung sind Mine und Wasserbombe, erstere sowohl als gewöhnliche Kontaktmine als auch in Verbindung mit Netzperren. Da das U-Boot verhältnismäßig klein ist, nur eine dünne Hülle besitzt und aus räumlichen Rücksichten nicht so lecksicher sein kann wie große Fahrzeuge, so genügt schon eine schwache Ladung, um mit einer Mine das U-Boot tödlich zu verletzen. Leider gibt es bis heute keinen wirksamen Schutz dagegen. Soweit Netzperren U-Boote nur fangen sollen, die alsdann, in's Garn gegangen, austauschen und sich dem bewachenden Feind ergeben müssen, soweit können Netzjäger, automatische elektrische Schneideapparate, Schutzvorrichtungen gegen Haken und Leinen usw. als Befreier wirken, sobald aber Minen mit den Netzen verbunden sind, nützen sie nicht mehr, weil mit den beweglichen Netzteilen auch die Minen an dem Bootskörper anschlagen und sich entzünden.

Die Verwendung der Wasserbomben kam erst im Kriege auf und hat sehr weitgehende Ausdehnung erfahren. Der Feind bediente sich sehr empfindlicher Geräuschempfänger zur Verfolgung und Einkreisung des U-Boots und warf Wasserbomben auf die Stellen, die er als vermutlichen Standort eingepreist hatte. Ebenso wenig wie gegen die Mine konnte auch gegen die Wasserbombe ein sicheres Gegenmittel gefunden werden. Als wirksamste Maßnahme blieb nur die Abschüttlung der Hörschverfolgung durch weitgehende Abdämpfung aller Betriebsgeräusche im U-Boot. Dies ist auch in sehr vollkommener Weise gelungen.

Ein beschränktes Schutzmittel ist die Steigerung der Widerstandsfähigkeit des Bootskörpers, und zwar der „druckfesten Hülle“, die dem äußeren Wasserdruck standhalten soll. Es gelang durch Versuche und eingehende theoretische Untersuchungen, an denen sich im besonderen die Reichswerft Danzig, die Germaniawerft sowie die U-Bootsinspektion beteiligt haben, diejenige Tauchtiefe annähernd genau zu ermitteln, bei der die druckfeste Hülle die Grenze ihrer Widerstandsfähigkeit erreicht. Es stellte sich heraus, daß, obwohl die Boote nur für 50 m Tauchtiefe gebaut waren, sie unbedenklich auf 100 m Tiefe gehen konnten, falls die Flucht vor der Wasserbombenverfolgung es erheischte. Die Zünder der Wasserbomben sind mit Rücksicht auf ihr leichtes Versagen gewöhnlich keine Aufschlagzünder, sondern werden durch einen Tiefensteller betätigt, der bei einer bestimmten Wassertiefe die Zündung auslöst. Ist dies z. B. bei 25 m Tiefe der Fall, so kann das U-Boot sich der Explosionswirkung durch Tiefstauchen auf 100 m entziehen. Seichte Gewässer sind daher für die U-Bootsbekämpfung ein sehr günstiges Feld, und die Wirksamkeit der U-Bootsbekämpfung nimmt mit zunehmender Wassertiefe ab.

So hatten wir denn auch im englischen Kanal und dicht unter der englischen Küste die meisten U-Bootsverluste zu verzeichnen, abgesehen davon, daß hier natürlich auch die Bewachung am schärfsten gehandhabt werden konnte.

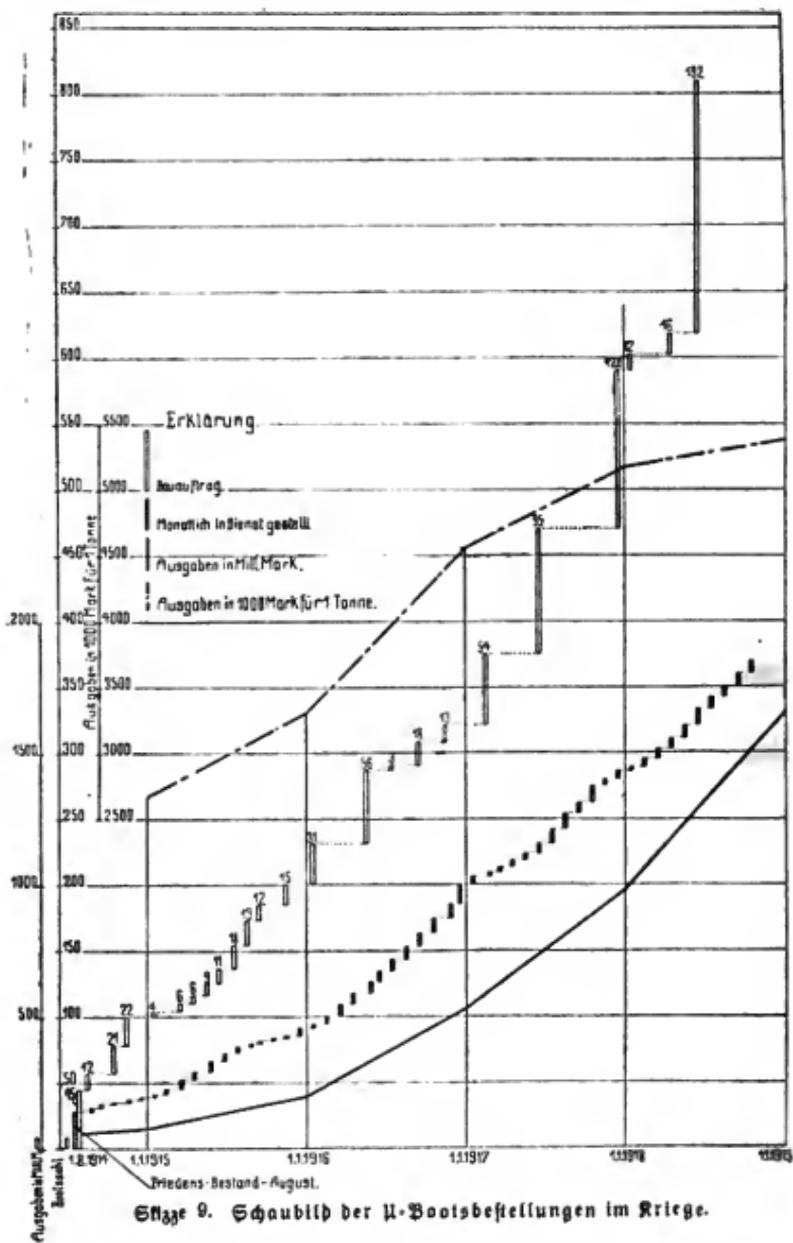
Mit den U-Kreuzern kam auch die Panzerung des Druckkörpers auf; sie sollte Schutz gegen Geschosse bieten, die unweit vom U-Boot auf dem Wasser oder durch Aufschlag auf dem U-Bootsaufendeck krepieren. Der obere Teil der druckfesten Hülle wurde deshalb aus 25 mm dicken Chromnickelstahlplatten hergestellt, der Kommandoturm, der Kopf des U-Boots, erhielt einen Gesamtschutz von 100 mm Dicke. Der untere Teil der Hülle, bei dem nur Minen- oder Bombenwirkung in Frage kommt, bestand aus 25 mm dicken niedrigprozentigen Nickelstahlplatten. So sollten die U-Kreuzer fähig sein, ein Artilleriegefecht mit einem artilleristisch unterlegenen Gegner eine Weile durchzutämpfen, ohne sofort bei den ersten Naktreffern tauchen zu müssen.

F. T. und U. T. Ein sehr wesentliches Hilfsmittel für den U-Bootskrieg bildet die Funkentelegraphie (F. T.) und die Unterwassertelegraphie (U. T.). Ihrer Entwicklung ist in den Abschnitten A XI und B VII gedacht. Hier interessiert uns nur das speziell U-Boottechnische daran. Die größte Sorge bereiteten die Masten für die Antenne. Sie müssen niederklappt sein, von innen aus bedient werden und unmittelbar nach dem Auftauchen wieder klar zum „Geben“ und „Empfangen“ sein. Die technischen Probleme, die dabei zu lösen sind, sind besonders schwieriger Natur. Die Klappmasten sind und bleiben ein wackliges Element, das leicht versagt. Telestopmasten, wie sie das Heer benutzt, sind hier, in Salzwasser, Wind und See, einstreifen noch unbrauchbar. Manches wurde versucht, wenig blieb.

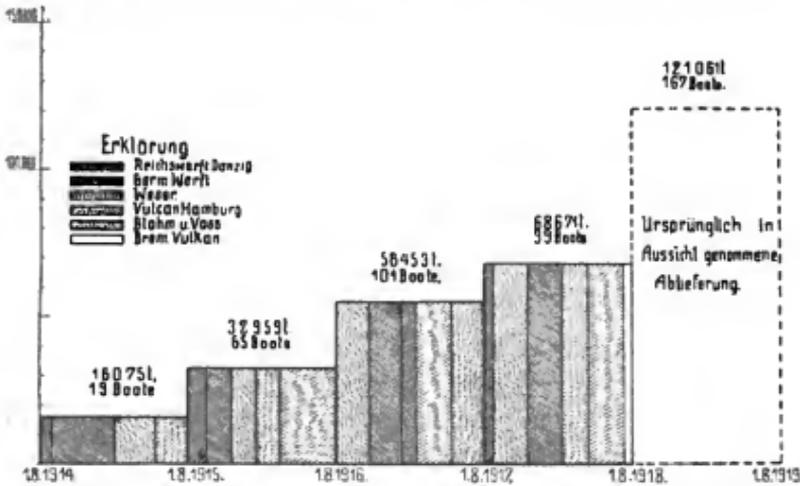
Da war es denn gewissermaßen eine Erlösung, daß es gelang (i. bef. der Arbeit der Torpedo-Inspektion), die Rehavweiser, die sich im Kriege als Schutz gegen Netze und Leinen eingebürgert hatten und sich in Gestalt starker Stahltaue vom Vorsteven über den Turm nach dem Hintersteven spannten, als Rotantennen mit brauchbaren Reichweiten zu benutzen.

Die U. T.-Einrichtung bestand im wesentlichen nur aus sehr empfindlichen Unterwasser-Mikrophonen, um auch bei getauchtem Boot und eingefahrenem Schrohr das Herannahen feindlicher Streitkräfte am Schraubengeräusch feststellen zu können. Unterwassergeber wurden im U-Bootskrieg von unserer Seite nicht benutzt, um sich nicht dem Feinde zu verraten.

Leistung der Industrie. Alles, was im Laufe des Krieges an Neuem erstand, teils selbstschöpferisch aus den Kreisen der Erbauer, teils anregend und fördernd aus der Front, alles zusammen aber erzwungen durch die harte Notwendigkeit des Krieges und seiner Mittel, alles das verdanken wir deutschem technischen Geist und deutschem Opfer- und Wagemut.



Die Wertstatt, in der alle Pläne für die U-Waffe geschmiedet wurden, war die Inspektion des Unterseebootwesens in Kiel mit ihrem umfangreichen Stab von Technikern und Offizieren. Hier wurden die Grundlinien für die Typen festgelegt, die Pläne im Rohbau angefertigt und den Bauwerften als Grundlage für den Bau übermittelt, die nun ihrerseits an die Durcharbeitung und weitere Ausgestaltung gingen, so daß danach der Bau ausgeführt werden konnte. Damit war die militärisch notwendige Gleichwertigkeit der Boote innerhalb ihrer Typen erreicht, ohne daß dabei



Skizze 10. Schaubild des Anteils der Werften an den fertiggestellten Unterseebooten.

die einzelnen Werfterzeugnisse ihren eigenen Stil verloren. Die Größe der U-Bootsbestellungen und den Anteil der Werften an der Gesamterzeugung veranschaulichen Skizzen 9 und 10.

Außer der Entwurfsarbeit fiel der Inspektion des U-Bootwesens vor allem die unumgängliche Zentralisierung der Maschinen- und Hilfsmaschinenbeschaffung für die U-Boote zu. Die Werften waren in erster Linie für den Bau der Schiffskörper da; Motoren und Hilfsmaschinen nebst Apparaten mußten größtenteils von der Binnenlandindustrie hergestellt werden, den Werften blieb der Einbau. Sollten aber die erforderlichen Mengen an Maschinen in der richtigen Zahl und dem richtigen Modell rechtzeitig herangeschafft werden, so mußte eine sachverständige Stelle da sein, die den Bedarf der U-Bootswaffe und die Leistungsfähigkeit der Industrie zugleich erkannte, und außerdem die Bedingungen für die Schaffung des richtigen Modells aufstellte.

Nach Schaffung des U-Bootsamtes in Berlin verblieb diese Arbeit auch weiterhin der Inspektion; sie erhielt aber eine wesentliche Stütze insofern im Amt, als dies für die ausreichende Besetzung der Werke mit Arbeitern und ihre Versorgung mit Betriebsstoffen sorgte. Außerdem überzog dies neue Amt ganz Deutschland mit einem Netz von sachverständigen Agenten, die in den Betrieben nach den Ursachen etwaiger Verzögerungen forschten und dem Amt ihre Beseitigung crinögllichten. So konnte gehofft werden, die immer mehr anwachsenden Verzögerungen in der Ablieserung der U-Boote, die ihre Ursache in dem Mangel an Facharbeitern und Betriebsstoffen, den Transport-, Rohstoff- und Ernährungsschwierigkeiten hatten, wenigstens wieder einigermaßen auf ein erträgliches Maß zurückführen zu können.

Den Hauptanteil an der Schaffung unserer U-Waffe hat aber die deutsche Schiffbauindustrie und ihre Arbeiterschaft, die es verstanden hat, einen ihr größtenteils ganz neuen Zweig ihres Gewerbes schnell zu einer vorher nie gehofften Höhe zu bringen. Um so tragischer, daß alles umsonst war und sie, die für ihre Leistungen wahrlich reichlichen Lohn verdient hätte, jetzt vor einer Krisis steht, wie kaum eine andere Industrie: Rücksichtsloser Rückbau, ja Zerstörung der U-Bootsbauten auf Geheiß des Feindes und die drohende Beschlagnahme aller Handelschiffsbauten.

Die dankbare Erinnerung an die großen Leistungen kann dadurch aber im Volke nicht ausgelöscht werden.

## V. Schiffs- und Küstengeschütze; schwerstes Flachfeuer an der Westfront.

Von Korvettenkapitän Ringel.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 21.)

### a. Die militärischen Grundlagen. (Die artilleristischen Ereignisse im Seetriege).

Die Artillerie hat in allen bedeutenden Seegefechten des Krieges die Hauptrolle gespielt. Wo sich gleichaltrige deutsche und englische Schiffe gegenüberstanden, haben die deutschen Schiffsgeschütze, obwohl meist im Kaliber etwas geringer als die englischen, sich diesen vollkommen gewachsen, ja vielfach überlegen gezeigt. Wo es den Engländern insofge der günstigen Lage ihres Landes und ihrer materiellen Überlegenheit gelang, mit neueren englischen Schiffen älteren und kleineren deutschen gegenüberzutreten, ist ehrenvoller Untergang nach tapferer Gegenwehr das Los der deutschen ge-

wesen — solange Manneszucht, Ehre und Stolz Gemeingut der deutschen Seeleute war.

Die nachgenannten Seegefechte sind als bedeutendere zu zählen — nach der Größe der sich gegenüberstehenden Streitmacht oder nach dem Einfluß, den sie auf den Gang des Krieges auf dem Meere gewonnen haben:

1. Am 28. August 1914 kamen die Engländer in überraschendem Vorstoß mit ihrem schnellen ersten Panzerkreuzergeschwader und kleineren Kreuzern bei unsichtigem Wetter in die deutsche Bucht. Auf erstes Sichten hin griffen unsere in Ems und Jade liegenden kleinen Kreuzer unter Admiral Raab sie an, nicht achtend des Fehlens der Unterstützung durch schwerere Streitkräfte. Nur auf 6 bis 7 km Entfernung gestattete der Dunst die Sicht, die Artilleriekämpfe waren kurz und heftig: „Cöln“, „Mainz“ und „Ariadne“, mit 10-cm-Geschützen armiert, wurden von englischen 34-cm-Geschützen zusammengeschoßen und sanken in der Nordsee. Die auf englischer Seite an den einzelnen Gefechten beteiligten kleinen Kreuzer erlitten zum Teil schwere Beschädigungen.

2. Am 1. November 1914 trafen im Stillen Ozean unter Admiral Graf Spee „Scharnhorst“ und „Gneisenau“, unsere ostasiatischen Panzerkreuzer, mit je acht 21-cm- und sechs 15-cm-Geschützen, auf die englischen wenig älteren Kreuzer „Good Hope“ und „Monmouth“, die mit im ganzen zwei 23,4-cm- und dreißig 15-cm-Geschützen schwächer armiert waren. Nach etwa eine Stunde währendem Kampfe waren die Engländer bei Anbruch der Nacht vernichtet; sie sind während der Nacht gesunken; „Gneisenau“ und „Scharnhorst“ hatten in diesem Gefecht keine irgendwie nennenswerten Beschädigungen erlitten; zwei Mann waren leicht verwundet.

3. Am 8. November 1914 stellte sich der kleine Kreuzer „Emden“ bei den Cocos-Inseln im Indischen Ozean dem weit überlegenen englischen Kreuzer „Sidney“ zum Kampf. Der nur mit 10-cm-Geschützen bestückten „Emden“, der ein wesentlicher Teil ihrer Besatzung fehlte, gelang es infolge ihrer unterlegenen Geschwindigkeit nicht, auf ihren Geschützen entsprechende Entfernungen an den Gegner heranzukommen. Sie wurde von den 15-cm-Geschützen des Gegners auf große Entfernung schwer havariert und vom Kommandanten, Kapit. zur See Karl von Müller, in gefechtsunfähigem Zustande aufs Riff gesetzt. Es erwies sich hierbei die Unzulänglichkeit der 10-cm-Armierung der kleinen Kreuzer im Kampf mit einem Gegner, der 15-cm-Armierung trug, eine Erfahrung, die die Richtigkeit des Planes der Armierung unserer neueren kleinen Kreuzer mit 15-cm-Geschützen bestätigte, und die es erforderlich machte, auch die älteren kleinen Kreuzer der Front während des Krieges mit 15-cm-Geschützen umzurüsten.

4. Am 8. Dezember 1914 fand der englische Admiral, der mit zwei

modernen Schlachtkreuzern, drei Panzerkreuzern und mehreren kleinen Kreuzern zur Vernichtung unserer zwei älteren Panzerkreuzer und drei kleinen Kreuzer des ostasiatischen Kreuzergeschwaders ausgesandt war, diese überraschend bei den Falklandinseln. Bei Beginn des Gefechtes gelang es dem Admiral Grafen Spee, auf Schußweiten heranzukommen, auf die auch seine 21-cm-Geschütze verwendbar waren. Der englische Admiral brach das Gefecht darauf ab, um es später in einem Abstände wieder aufzunehmen, den die 21-cm-Geschütze nicht mehr durchmessen konnten; so brachten die beiden mit je acht 30-cm-Geschützen ausgerüsteten modernen englischen Panzerkreuzer die „Scharnhorst“ und die „Gneisenau“ mit ihrem Admiral nach im ganzen fünfständigem Gefecht zum Sinken. Das gegenrirsche Flaggschiff, der Schlachtkreuzer „Invincible“, hatte allein 22 Treffer erhalten. — Auch die kleinen Kreuzer „Nürnberg“ und „Leipzig“ wurden vernichtet; nur „Dresden“ konnte sich der Übermacht entziehen.

5. Am 24. Januar 1915 trafen auf der Dogger-Bank in der Nordsee unsere Panzerkreuzer „Seydlitz“, „Moltke“, „Derfflinger“ und „Blücher“ mit vier kleinen Kreuzern auf die fünf englischen Panzerkreuzer „Vion“, „Tiger“, „Princeß Royal“, „New Zealand“ und „Indomitable“, die von sieben kleinen englischen Kreuzern begleitet waren. In dem Gefecht standen 40 schwerste englische Geschütze 28 deutschen schweren Geschützen gegenüber, und zwar:

	englische	deutsche
	24 34 · cm	8 30,5-cm
	16 30,5 ·	20 28 ·

Dazu kam auf deutscher Seite „Blücher“ mit zwölf 21-cm-Geschützen. Daß dieses schwach gepanzerte und wesentlich langsamere Schiff den deutschen Panzerkreuzern zugeteilt war, wurde sein Verhängnis. Das Schiff wurde durch einen unglücklichen Treffer in die Maschinenanlagen lahmgeschossen und schließlich zum Sinken gebracht. Die englischen Panzerkreuzer hatten inzwischen durch das deutsche Feuer, dessen materielle Unterlegenheit durch größere Schießkunst und bessere Munition mehr als ausgeglichen war, so schwer gelitten, daß sie das Gefecht abbrachen und sich zurückzogen. „Vion“, „Tiger“ und „Princeß Royal“ waren schwer havariert, während „Seydlitz“, „Derfflinger“ nur wenig, „Moltke“ gar keinen Treffer bekommen hatten.

6. Als letztes und größtes Ereignis ist die Stagerratschlacht hier zu nennen. Sie war die umfangreichste und wichtigste Prüfung der Technik der deutschen Schiffsartillerie in diesem Kriege. Es wird auf sie deshalb in der vorliegenden Arbeit wiederholt zurückgekommen.

Wie außerordentlich in dieser Schlacht die englischen Verluste trotz der ungeheuren materiellen Überlegenheit der Engländer die deutschen über-

stiegen, dürfte allgemein bekannt sein. Das erste Telegramm, das der deutsche Flottenchef, Admiral Scheer, bei Rückkehr aus der Schlacht nach der dienstlichen Meldung abgab, ging an den Admiral v. Tirpitz und sprach sich in Worten begeisterter Anerkennung über die Bewährung des Materials, die Erfolge der deutschen Technik, aus.

Aus der Schlacht sei ein militärisch wichtiger Punkt hier hervorgehoben: Das Kreuzergesecht, das die Schlacht einleitete, war das einzige Seekriegsereignis, bei dem sich in einem längeren laufenden Gefecht deutsche und englische Schiffe gegenüberstanden, deren Art und Alter sich einigermaßen entsprach. Hier suchten auf deutscher Seite fünf, auf englischer sechs moderne Panzerkreuzer gegeneinander auf Entfernungen, die dem Zufall nicht allzu viel Spielraum ließen. Das Ergebnis dieses etwa 50 Minuten währenden Kampfes war, daß zwei der englischen Schiffe durch deutsche Artillerietreffer vernichtet wurden und sanken, während die deutschen Kreuzer nur wenige, belanglose Treffer erhielten, die keinen von ihnen in der vollen Gefechtsfähigkeit beschränkten. So nahmen die deutschen Kreuzer an der weiteren Entwicklung der Schlacht gegen das englische Gros an ausgefeilter Stelle teil, während die englischen Kreuzer in der Schlacht nicht wieder in Erscheinung getreten sind.

Wie stark Sicherheit und Urteilsfähigkeit der sonst so nüchternen englischen Seeleute durch die überraschende Wirkung und den überwältigenden Erfolg der deutschen Artillerie in der Skagerrakschlacht verwirrt worden sind, das sprach aus den ersten englischen Berichten über die Schlacht. „Die See wimmelte von Unterseebooten“ — diese und ähnliche Behauptungen kehren immer wieder. Nur durch das Eingreifen zahlreicher deutscher Unterseeboote konnte man sich die Versenkung so vieler englischer Schiffe erklären, und die Veröffentlichung dieser Meldung sollte die englischen Seeleute, das englische Volk und die Welt darüber beruhigen, daß mit den ehrlichen Mitteln eines Artillerieduells die unüberwindliche englische Flotte niemals derartige Verluste hätte erleiden können.

Tatsache ist, daß kein einziges deutsches Unterseeboot in der Schlacht zugegen war.

## b. Die technische Ausführung.

Eine umfassende Darstellung des neuzeitigen Materials an Geschützen, ihrer Munition und ihren Richt- und Bedienungsapparaten an Bord und an der Küste, wie sie bis Kriegsbeginn geschaffen waren und während des Krieges entstanden, läßt sich im Rahmen dieses Aufsatzes nicht ermöglichen. Selbst die Stoffe alle in gedrängter Form zu

behandeln, die im Kriege von besonderer Bedeutung gewesen sind, reicht der zur Verfügung gestellte Raum nicht aus; es hat weitgehende Beschränkung Platz greifen müssen.

### 1. Artillerie an Bord.

Hinsichtlich der an Bord von Schiffen aufgestellten Artillerie sind behandelt: die Rohre und Schußweiten, die Munition unter besonderer Berücksichtigung der Panzergeschosse und der Zünder, endlich die Aufstellung und Verwendung von Geschützen auf U-Booten.

#### Rohre und Schußweiten.

Sämtliche Rohre der schweren und mittleren Artillerie an Bord der Schiffe waren von Krupp gefertigt und bestanden aus Seelenrohren, die mit geschmiedeten Ringen und Mänteln umgeben waren. Auf die ausgezeichnete Bewährung dieses Rohrmaterials wird bei seiner Verwendung an der Landfront zurückzukommen sein, wo die Rohre bis zur Grenze ihrer Lebensdauer belastet wurden. An Bord, wo die Rohre stets batterieweise feuern und von der geringen Größe der Batteriestreuung der Erfolg abhängig ist, ist die Auswechslung einzelner Rohre wegen besonders starker Belastung gelegentlich nach Gefechten erforderlich geworden. Diese Rohre konnten dann ohne weiteres im Landkrieg weiter verwendet werden.

Die Schußweite der schweren Rohre an Bord ist natürlich nicht in erster Linie bestimmt durch die Leistungsfähigkeit der Rohre, sondern durch die Konstruktion der Lafette und des Turmpanzers, welche nur eine beschränkte Erhöhung zulassen. Es liegt im Interesse des Schiffsbauers, Gewicht und Abmessungen der Turmlafetten möglichst niedrig zu halten; er gewinnt damit Gewicht und Raum für Maschinen und sonst nötige Einrichtungen. Einige Grad Erhöhungsmöglichkeit für das Rohr spielen aber für Größe und Gewicht der Lafette schon eine wesentliche Rolle; so wird den schweren Rohren, die mit rund 45° Erhöhung ihre größte Schußweite erreichen würden, meist nur eine weit geringere Erhöhungsmöglichkeit an Bord zugestanden.

Bei Beginn des Krieges war die vorherrschende Meinung bei uns, die Seegefechte zwischen großen Schiffen in der Nordsee würden sich auf Entfernungen bis zu etwa 12 bis 13 km höchstens abspielen. Eine rationelle Ausnutzung der schweren Artillerie erfordert, mit der Entfernung nicht höher zu gehen, da die Treffaussichten dann gering werden und man ganz auf Zufallstreffer angewiesen ist. Vertraute man auf seine Schießfertigkeit und gute Leistung der eigenen Munition dem feindlichen Panzer gegenüber, so konnte man kaum auf den Gedanken kommen, ein Gefecht auf größere als die genannte Entfernung zu wünschen.

Das, was an Erhöhung entbehrlich erschien, wurde dem Rohr mehr an Senkung (Neigung unter die Horizontale) gegeben, um dem den damaligen Anschauungen entsprechenden Bedürfnisse, auf kurze Entfernungen in starkem Schlingern schießen zu können, zu entsprechen.

Die Engländer haben uns mit der Taktik überrascht, die Gefechtsentfernung, wo sie konnten, wesentlich größer zu wählen, und damit das Treffen im wesentlichen dem Zufall zu überlassen. Die Gründe hierfür mögen folgende gewesen sein: Wenn auch unsererseits darauf geachtet worden war, daß unsere Schiffe an Schußweite den gleichzeitig auf Stapel gelegten englischen nicht unterlegen, im Gegenteil meist überlegen waren, so waren doch infolge der kürzeren Bauzeit einige englische Schiffe jeden Typs mit größeren Erhöhungswinkeln und größerer Schußweite vorhanden, so daß auf Entfernungen über 19 km der Engländer hoffen konnte, uns zu beschießen, ohne daß geantwortet werden konnte. Ferner nimmt mit der Entfernung der Einfallswinkel der Geschosse zu. Damit wächst die Aussicht, statt der gepanzerten Wände des Schiffes von oben her seine Decks zu treffen und auf diesem Wege zu vitalen Teilen zu gelangen, ohne den Gürtelpanzer durchschlagen zu müssen. Durch die Wahl einer sehr großen Entfernung bestand also für den Engländer die Aussicht, die Überlegenheit des feindlichen Panzers den eigenen Geschossen gegenüber und die Überlegenheit der feindlichen Panzergeschosse dem eigenen Panzer gegenüber auszugleichen. Auch die überlegene deutsche Schießkunst verlor damit ihren Einfluß, wogegen die zahlenmäßige Überlegenheit der Geschütze auf englischer Seite schwerer ins Gewicht fiel. Wo sich nun im Kriege einigermaßen gleichwertige deutsche und englische Schiffe gegenüberstanden, ist der englischen Taktik des Schießens auf größere Entfernungen ein Erfolg versagt geblieben. Nur da konnte diese Taktik wirken, wo die Unterschiede im Kaliber der Hauptartillerie neuerer, größerer englischer Schiffe gegenüber wesentlich älteren kleineren deutschen so groß waren, daß der Kampf von vornherein aussichtslos war. So bei den Falkland-Inseln (30-cm gegen 21-cm), auf der Dogger-Bank (34-cm gegen 21-cm des „Blücher“) und bei den Cocos-Inseln (15-cm „Sidney“ gegen 10-cm „Emden“).

### Panzergeschosse und Zünder.

Ein altes Problem auf dem Gebiete der Armierung von Kriegsschiffen ist der „Kampf zwischen Artillerie und Panzer“. Vielfach ist vor dem Kriege das Urteil ausgesprochen worden, daß dieser Kampf von der Artillerie gewonnen sei. Ist dieses Urteil durch den Krieg bestätigt worden? Die Frage liegt nahe.

Sie ist aber nicht ohne weiteres zu beantworten, ist in dieser allgemeinen Form heute überhaupt nicht zu beantworten. Doch führt uns

die Frage auf das artilleristische Hauptproblem des modernen Schiffskampfes.

Es ist richtig: Die Güte des Panzers hat in den letzten Jahren vor dem Kriege nicht mehr wesentlich verbessert werden können; und allenthalben war die Artillerie insoweit dem Panzer überlegen, als man imstande war, ein Stahlvollgeschöß, also einen massiven Stahlbolzen aus bestem Material, bei nahezu senkrechtem Auftreffen mit einer nicht zu geringen Geschwindigkeit durch einen Panzer von der Stärke des Geschößkalibers hindurchzubringen.

Aber das ist nicht die Aufgabe, die die Seeoffiziere der verschiedenen Staaten vor dem Kriege ihrer Artillerie zu lösen gaben; hinsichtlich der Forderung, die in diesem Seetriege an die Artillerie gestellt wurde, ist vielmehr folgendes zu sagen:

Panzerfahrer besitzen einen Gürtelpanzer, der ihre Wasserlinie gegen das Reißen größerer Löcher durch feindliche Sprenggeschöße schützt; sie besitzen ferner ein horizontales Panzerdeck hinter diesem Gürtelpanzer, das gemeinsam mit ihm die „vitalen“ Teile des Schiffes schützen soll. Die „vitalen“ Teile sind die Maschinen- und Kesselanlagen und die Munitionsräume und -aufzüge.

In der Seeschlacht kann man mit senkrechtem Auftreffen der Geschöße auf den Panzer nicht rechnen. Wenn auch das Schiff am zweckmäßigsten im Kampfe dem Gegner die Breitseite zuwendet, damit es alle Geschütze zum Feuern bringen kann, so bringt es doch die taktische Lage fast immer mit sich, daß der Gegner etwas vorlich oder achterlich steht. Um den gleichen Winkel erfolgt das Auftreffen schräg. Dazu kommt der mit der Gefechtsentfernung wachsende Fallwinkel der Geschöße. Die Präzessionspendelungen des Geschößes endlich werden im allgemeinen bewirken, daß im Augenblick des Auftreffens die Geschößachse nicht genau in der Flugbahntangente liegt.

Aus all diesem ergibt sich die Aufgabe, den Panzer auch bei schrägem Auftreffen zu durchschlagen.

Des weiteren verliert das Geschöß in seinem Fluge bis zum Auftreffen durch den Luftwiderstand an Geschwindigkeit. Die Auftreffgeschwindigkeit hängt also von der Gefechtsentfernung ab und wird in den meisten Fällen weit unter derjenigen Geschwindigkeit liegen, die für das Durchschlagen des Panzers die günstigste ist.

Endlich aber ist es nicht mit dem Stahlvollgeschöß getan. Um einem großen, festgebauten Schiffe mit einem Treffer möglichst großen Schaden zu tun, es womöglich außer Gefecht zu setzen, ist das Streben aller Nationen schon längere Zeit vor dem Kriege dahin gegangen, der Schiffartillerie Geschöße zu geben, welche stark genug sind, den feindlichen

Panzer heil zu durchschlagen, gleichzeitig aber eine Höhlung zur Ausnahme von Sprengstoff besitzen. Dieser Sprengstoff soll von größter Leistung und doch so sicher sein, daß er durch den Stoß beim Auftreffen und durch die Wärme beim Durcharbeiten durch den Panzer nicht selbständig detoniert; es muß einen Zünder besitzen, der ebenfalls heil durch den Panzer zu bringen ist und erst gewisse Zeit nach Durchschlagen des Panzers zur Wirkung kommt und dann die Sprengladung im Innern des feindlichen Schiffes zur vollen Detonation bringt.

Diese Bedingungen sind also der Artillerie in ihrem Kampfe gegen den Panzer auferlegt. Kurz zusammengefaßt gilt als Leitsatz: Im Schiffskampf ist der überlegen, der seine Panzersprenggranaten heil durch den Panzer des Gegners auf Entfernungen hindurchbringt, wo der Gegner dies nicht kann. Für den Fall des hinter uns liegenden Seekrieges ist hierzu noch folgendes zu erörtern:

Es leuchtet ein, daß die Größe des dem feindlichen Panzer gegenüber eingefetzten Kalibers der Schwerartillerie in dem Kampf zwischen Panzer und Artillerie von größter Bedeutung ist. Je größer das Geschüßkaliber, desto leichter wird es die oben genannten Bedingungen erfüllen können. Und es ist allgemein bekannt, daß das Kaliber der Schwerartillerie unserer Linienschiffe und Panzerkreuzer dem der gleichalten englischen Schiffe fast immer unterlegen war. Als der Engländer seinen Schiffen 30-cm-Geschütze gab, standen wir beim 28-cm-Geschüß, bald nachdem wir auf 30-cm gegangen waren, steigerte er auf 34-cm, und bei Stagerak führte er sogar schon eine Reihe von Schiffen mit 38-cm-Geschützen ins Treffen, während auf deutscher Seite kein Geschüß mehr als 30-cm-Kaliber hatte.

Also war scheinbar der Engländer auch, abgesehen von seiner größeren Schiffszahl, im Kampf zwischen Artillerie und Panzer überlegen. Zwei Faktoren aber sind es, die tatsächlich bei Austragung des Kampfes die deutsche Artillerie überlegen zeigten:

1. das Verhältnis zwischen Artilleriekaliber und Panzerdicke der gegnerischen Schiffe,
2. die Überlegenheit der Konstruktion der deutschen Panzersprenggranate.

Was den ersten Punkt betrifft, so sind beim Entwurfe des Baues eines neuen Linienschiffes oder Panzerkreuzers eine Anzahl von Anforderungen zu berücksichtigen, denen das Schiff genügen soll. Mit zwingender Notwendigkeit muß die eine Forderung allen anderen vorangestellt werden: es muß dem gleichaltrigen Schiff des voraussetzlichen Gegners im Kampfe mindestens gewachsen, womöglich überlegen sein.

Baut nun zum Beispiel mein voraussichtlicher Gegner Schiffe mit dünnem Panzer und sehr großkalibrigen Geschützen, die diesem seinem eigenen Panzer bis zu den größten Gesichtsentsfernungen unter den oben angegebenen Bedingungen überlegen sind — so könnte ich ihm nachahmen, auch mein Kaliber so hoch steigern und meinen Panzer so schwach gestalten. Dann würde im Einzelkampf voraussichtlich der erste Treffer die Entscheidung bringen; sie würde mithin dem Zufall überlassen bleiben, denn den ersten Treffer kann das beste Material und die beste Ausbildung nicht gewährleisten. Es ist also zweckmäßiger, das Gegenteil zu tun: das Kaliber nur so groß zu wählen, daß es auf die voraussichtliche Gesichtsentsfernung dem feindlichen Panzer überlegen ist, und dafür den Panzer so dick zu machen, daß die feindlichen Geschosse auf die gleiche Entfernung nicht heil hindurchkommen. Der letztere Weg ist vom Reichsmarineamt beschritten worden.

Die endgültige Entscheidung über die Richtigkeit der in dieser Hinsicht angestellten Spekulation hängt wesentlich von Güte und Leistungsfähigkeit der zur Verwendung gelangenden Panzersprenggranate ab. Hiermit kommen wir zum zweiten Punkt. Die Durchbildung der deutschen Panzersprenggranate ist im Waffendepartement des R. M. A. frühzeitig als einer der wichtigsten Punkte für den Schiffskampf erkannt und im Verein mit der Firma Krupp in jahrelanger, zäher Arbeit voller Schwierigkeiten und Enttäuschungen gefördert worden. Bei Kriegsausbruch genügten die drei Teile: Geschößkörper, Sprengladung und Zünder, den Anforderungen. Der Geschößkörper besteht aus Kruppschem Tiegelguß-Nickelchromstahl, an den hinsichtlich sowohl Härte wie Zähigkeit die höchsten Anforderungen gestellt wurden, die die Kruppsche Stahltechnik zu leisten imstande war. Das Geschöß hat eine schlank ausgebildete Spitze, damit es im Fluge den Luftwiderstand besser überwindet; sie würde beim Auftreffen auf den Panzer abbrechen, würde sie nicht durch die Kappe aus weicherem Material geschützt. Die Aufgabe, die günstigste Form und das günstigste Material für diese Kappe zu finden, hat zahlreiche kostspielige und umständliche Versuche erfordert. Der Geschößkörper hat in seinem hinteren Teil eine Höhlung zur Aufnahme des Sprengstoffes, dessen Gewichtsmenge etwa 3 v. H. des ganzen fertigen Geschosses beträgt. Nur hochbrisante, aromatische Sprengstoffe sollten hierbei in Frage kommen, um die Detonation im Innern des feindlichen Schiffes vernichtend zu gestalten. Diese Sprengstoffe detonieren aber im allgemeinen durch das Auftreffen auf den Panzer, und es ergab sich hieraus die schwierige Aufgabe, den Sprengstoff so zu phlegmatisieren, daß er heil durch den Panzer gebracht werden konnte, ohne doch seine Wirkung dadurch wesentlich zu beeinträchtigen. Wie schwer die Lösung dieser Aufgabe ist, geht daraus hervor, daß

sie den Engländern zur Zeit der Stagerratschlacht noch nicht gelungen war. Trotz langer Versuche waren sie gezwungen gewesen, ihre Panzergeschosse fast durchweg mit dem alten, weniger empfindlichen, aber auch weit weniger leistungsfähigen Schwarzpulver zu laden.

Die dritte Aufgabe in dem komplizierten Problem des Panzergeschosses bot der im Boden des Geschosses angebrachte Zünder mit Verzögerung. Nur geringes Gewicht, geringer Raum steht für ihn zur Verfügung. Die kleinen Teile seines Organismus müssen zunächst dem Stoß beim Abschluß im Rohr mit absoluter Sicherheit gewachsen sein; denn wenn es einmal vorkommt, daß ein Zünder das Geschöß beim Schuß im Rohr zur Detonation bringt, so wird dadurch das Rohr zertrümmert, die Turmbedienung getötet und durch Inbrandsetzung des im Turm befindlichen Pulvers das ganze Schiff aufs schwerste gefährdet werden. — Die Zündereinrichtung nebst ihrer Verzögerung muß weiter den gewaltigen Stoß beim Auftreffen des Geschosses auf die Platte in allen Teilen ohne die geringste Störung überstehen; sie muß im Augenblick des Auftreffens die Zündung betätigen und dann nach Ablauf der Verzögerungszeit das Geschöß zur vollen Detonation bringen. Unendlicher Pflichttreue, die durch kein Mißlingen noch so zahlreicher Versuche abgesehrt wurde, ist der Bau einer Verzögerung endlich gelungen, die allen Stößen gewachsen war und das heile Geschöß in das Innere des feindlichen Schiffes eindringen ließ, um dort die Detonation zu bewirken.

So lag in den Händen der deutschen Marine mit dem in allen seinen Teilen glücklich durchkonstruierten und gründlichst erprobten Panzersprenggeschöß eine Waffe, der der Gegner gleichartiges nicht gegenüberzustellen vermochte.

Das einzige Seegefecht, das in diesem Kriege zwischen annähernd gleichaltrigen modernen Panzerschiffen unter einigermaßen gleichen Gefechtsbedingungen ausgefochten ist, und das deshalb wirklich einen Vergleich gestattet, jenes oben erwähnte etwa 50 Minuten währende Gefecht am Nachmittag des 31. Mai 1916 vor dem Stagerrat zwischen den Panzerkreuzern der deutschen und englischen Flotte — es hat mit einem vollen deutschen Erfolge geendet, und dies ist neben unserer überlegenen Schießausbildung in erster Linie der Güte der deutschen Panzersprenggranate zu danken. Die Erscheinungen, unter denen in diesem Gefecht die englischen Panzerkreuzer „Queen Mary“ und „Indomitable“ in die Luft geflogen sind, lassen keinen Zweifel daran, daß deutsche Panzersprenggranaten Gürtel- und Turmpanzer oder Panzerdeck durchschlagen haben und durch ihre Detonation in den Munitionsräumen dort liegendes Pulver oder Geschosse zur Explosion gebracht haben, wodurch die Schiffe in die Luft gesprengt und zerrissen wurden.

Kein deutsches Panzerschiff ist im ganzen Kriege in gleicher Weise durch englische Panzerfrengranaten in die Luft gesprengt worden.

Was also den Kampf zwischen Panzer und Artillerie betrifft, so hat der Krieg erwiesen, daß ihn die deutsche Artillerie im Kampf mit dem englischen Panzer gewonnen hat, die englische Artillerie im Kampf mit dem deutschen Panzer dagegen nicht, trotz der größeren englischen Geschützkaliber. Das war der Erfolg der Konstruktions- und Waffendepartements des Tirpitzschen Reichsmarineamts. —

Es sei noch ein artillerietechnisches Problem erwähnt, das im Seetriege schnell eine hohe Bedeutung erlangte:

#### Die Verwendung von Geschützen auf U-Booten.

Die Untersuchungen über die Möglichkeit, Geschütze auf U-Booten aufzustellen, gehen in die Zeit des Baues der ersten U-Boote, also weit vor Kriegsausbruch zurück. Bei Kriegsbeginn bestand aber nicht die Absicht, die U-Boote mit einer Offensiv-Artilleriearmierung zu versehen, da sie bei ihrer leichten Verletzlichkeit Artilleriegefechte nicht führen sollten. Das U-Boot war damals lediglich als Waffe gegen feindliche Kriegsschiffe gedacht, die es naturgemäß unter Wasser mit dem Torpedo angreifen sollte. Leichte Geschütze von 5 cm Kaliber wurden den U-Booten als Notwehrwaffe für den Fall der Lauchbehinderung mitgegeben. Weddigen und seine Kameraden hatten im ersten Teil des Krieges keine eigentliche Artilleriearmierung an Bord.

Es kam aber dann die völkerrechtswidrige Hungerblockade; es kam als Antwort darauf der als Kreuzerrieg zu führende U-Bootskrieg, bei dem also das U-Boot gehalten war, jeden Handelsdampfer vor der Versenkung auf die Berechtigung dazu nach dem Völkerrecht zu untersuchen; es kam ferner dann die ganz außerhalb allen Rechts stehende Armierung der englischen Handelsdampfer, der Befehl an sie, die U-Boote, die sie anhalten wollten, zu rammen, und die Prämie auf die Versenkung jedes U-Bootes. Daraufhin erst entschloß man sich zur Sperrgebietserklärung und zu dem Befehl an die U-Boote, die Handelsdampfer im Sperrgebiet ohne Untersuchung und Warnung zu versenken.

Die Schwierigkeit, an die Dampfer immer zum Torpedoschuß unter Wasser heranzukommen, die beschränkte Ausrüstung der Boote mit Torpedos und der Wunsch, trotz allem das Leben der feindlichen Dampferbesatzungen zu schonen, dabei aber tunlichst viel Schiffsraum zu versenken, zwang zur Einführung von Geschützen auf jedem U-Boote.

Die ersten U-Bootsgeschütze — 8,8 cm Kaliber — waren so eingerichtet, daß sie mit ihrer Lafette umgelegt und innerhalb des Außentörpers des U-Bootes versenkt werden konnten, da man annahm, daß das ausreicht

stehende Geschütz die Unterwasserstabilitäts- und Fahreigenschaften des Bootes ungünstig beeinflussen würde. Nachdem aber praktische Versuche gezeigt hatten, daß diese Maßnahme nicht erforderlich sei, wurden die Geschütze auf festem Sockel aufgestellt; dadurch wurde einmal die Feuerbereitschaft wesentlich erhöht, dann aber wurde auch die bald erforderliche Kalibersteigerung wesentlich erleichtert.

Da das Geschütz bei Unterwasserfahrt dauernd, bei Überwasserfahrt auch meistens, vom Seewasser umspült wurde, mußte möglichst rostfreies Material für alle auf Gangbarkeit beruhenden Teile wie Verschluß usw. gewählt werden; es waren besondere Vorrichtungen zur Erhaltung der Beweglichkeit aller Richtmittel, die bei den heftigen Bewegungen des kleinen U-Bootes in der freien See besonders leicht spielen und sicher arbeiten mußten, erforderlich; notwendig war weiter ein wasserdichter Abschluß des Rohres, der mit dem Verschluß derart zu verblocken war, daß es unmöglich wurde, gegen die wasserdichte Mündungsklappe zu schießen und auf diese Weise durch einen Rohrdetonierer das Boot oder mindestens die angetretene Unternehmung zu gefährden; ferner wasserdichter Einbau der Visier- und Fernrohrreinrichtungen. Die meisten dieser Forderungen konnten trotz gleichzeitiger Steigerung des Kalibers auf 10-cm schnell der Erfüllung zugeführt werden; die gewaltige Menge der für die stetig wachsende Zahl der U-Boote erforderlichen neuartigen Geschütze wurden in angestrengter Arbeit von den Firmen Krupp und Ehrhardt (Rheinische Metallwaren- und Maschinenfabrik) stets rechtzeitig bereitgestellt. Besondere Schwierigkeiten schienen zu erwachsen, als es sich herausstellte, daß die englischen Handelsdampfer mehr und mehr mit 12-cm-Geschützen armiert wurden, so daß das 10-cm-Geschütz mit Einheitsmunition für die U-Boote nicht mehr ausreichte und zum 15-cm mit getrennter Munition übergegangen werden mußte. Hierher gehört vor allem die Forderung, die Geschütze mit so leistungsfähigen Munitionsfördereinrichtungen zu versehen, daß bei lebhaftestem Feuern die aus dem Druckkörper des U-Bootes nachgeforderte Munition zur Speisung der Geschütze vollkommen genügte. Diese Munitionsfördereinrichtungen mußten natürlich bei überraschendem Angriff durch einen Bewacher, der Schnelltauchen erforderlich machte, mit einem Griff wasserdicht geschlossen werden können. Die Durchbrechung des Druckkörpers durfte also nicht durch ein Förderseil oder eine feste Leitstange für die Förderung gesperrt werden. Andererseits mußten die nahezu 1 Zentner schweren Geschosse in der Fördereinrichtung so handlich am Geschütz erscheinen, daß sie auf dem stets nassen, schlüpfrigen Deck, auch wenn es sich in stärkster Schlinger- und Stampfbewegung befand, leicht und sicher abgenommen und dem Rohr zugeführt werden konnten.

Auch die Richtmittel des schweren Geschützes, deren Übertragungsräder

wieder und wieder stundenlang dem Seewasser ausgefetzt waren, boten ein schwieriges Problem, und ähnlich war es mit der Pivotierung des Geschützes, die einerseits so geringen Raum beanspruchten mußte, daß sie die Fahrt des Bootes unter Wasser möglichst wenig hemmte, andererseits so fest sein mußte, daß der Schütze während des Schusses das Auge am Fernrohr halten und das Ziel beobachten konnte. Mit Spannung wurde die Rückkehr des ersten U-Kreuzers mit 15-cm-Geschützen von seiner ersten über drei Monate dauernden Atlantikfahrt erwartet. Wenn auch einige Verbesserungen sich nötig zeigten, so lautete das Urteil des Kommandanten über seine Geschütze doch in jeder Hinsicht befriedigend; die Hauptprobleme waren richtig gelöst worden.

Nicht jedem U-Bootkommandanten waren die Geschütze auf seinem Boote von vornherein ans Herz gewachsen. Die alten Torpedobootsfahrer und Torpedospezialisten sahen das Eindringen der lauttönenden Schwesterwaffe in ihren Bereich zunächst nicht mit freudiger Begeisterung. Aber die meisten von ihnen haben mit der Erfahrung diese neue U-Bootwaffe schätzen gelernt, und ihrer notwendigen guten Behandlung und Konservierung volle Aufmerksamkeit zugewendet; denn in vielen Fällen sind die U-Bootgeschütze bei Angriff und Verteidigung von ausschlaggebender Bedeutung gewesen.

## 2. Artillerie an der Küste.

„Nicht unsere Küstenbefestigungen, nicht Minen und U-Boote haben den Engländer im Anfange des Krieges gehindert, sich unseren Küsten zu nähern, nicht ihnen verdanken wir es, daß in den vier Kriegsjahren nicht eine feindliche Granate von der See her deutsche Lande getroffen hat — das verdanken wir der von Tirpitz geschaffenen Großkampfschiff-*flotte*.“ So heißt es in der lesenswerten Broschüre Hinzmanns über „*Marine, Krieg und Umsturz*“.

In der Tat: die genannten, an der deutschen Küste von Nord- und Ostsee stehenden Küstenbefestigungen haben während des Krieges kein Gesecht erlebt. Wenige Schüsse von Helgoland und Borkum gegen leichte feindliche Streitkräfte auf große Entfernung — das war die kriegerische Tätigkeit unserer heimischen Küstenartillerie. Solange wir unsere Hochseeflotte besaßen, bedurfte es der Küstenwerke selbst gegen die mächtigste Koalition feindlicher Seemächte kaum; sie haben sich an die „*Rattenlöcher*“ nicht herangewagt; sie haben schließlich dessen nicht bedurft.

So erübrigt es sich auf unsere guten, modernen Werke an der Küste hier näher einzugehen. Ihre Technik konnte sich im Kriege nicht bewähren.

Aber ihre Fähigkeit, Küsten zu armieren und in kürzester Zeit mit neuzeitiger Technik unangreifbar zu machen, hat die Marine doch im Kriege beweisen können: bei der Befestigung der flandrischen Küste!

Zur Verfügung standen hierfür einige Reserverohre unserer modernen schweren Schiffsartillerie, zu deren Festlegung in Flandern man sich angesichts der vorzüglichen Haltbarkeit und Zuverlässigkeit der Krupp'schen Schiffsgeschütze entschließen durfte, und ältere Schiffsgeschütze von nicht mehr kriegsverwendungsfähigen Schiffen, besonders die 21-cm und 15-cm der Hanfaklasse, unserer Friedens-Schulschiffe. Teilweise gelangten sie in ihren alten Bordlafetten zur Aufstellung, teilweise mußten neue Lafetten und Schießgerüste — von Krupp — gebaut werden. In überraschend kurzer Zeit waren die ersten Batterien an der Küste schießbereit. Bald reiheten sich Beton- und Eisenbauten der großartigsten Anlage und vorzüglichsten Ausführung längs der ganzen Küste aneinander, das Dünen-  
gelände geschickt ausnützend. Erst im letzten Kriegsjahre unternahm der Engländer gegen die Ausfallpforten von Zeebrügge und Ostende verzweifelte Angriffe, die nur die Gefährlichkeit dieser Plätze für ihn dokumentierten, und sämtlich mißlingen. Bis dahin wagte er den Angriff nicht. Kein Schiff seiner Grand fleet hat er je in den Schießbereich der flandrischen Batterien kommen lassen. Nur mit Monitoren, die mit besonders weittragenden Geschützen ausgerüstet waren, beschloß er zuweilen die Hafensplätze auf so große Entfernung, daß nur die Mastspitzen der Monitore von den Küstenwerken zu sehen waren. Bis zu 30 km Entfernung sind diese Monitore von den Batterien Tirpitz (28 cm) und Deutschland (38 cm) mit einzelnen Schüssen belegt worden, die fast stets genügten, die Monitore zum sofortigen Einstellen des Feuers und Abdampfen nach See zu bringen.

Was dort deutsches Können und deutscher Fleiß in kurzer Zeit so aufgebaut hatte, daß es uneinnehmbar, ja unangreifbar schien, liegt heute in Trümmern: die Werke zerstört, die Rohre und Lafetten gesprengt. Aber von See her hat der Feind es nicht vermocht, hätte das auch nie erreicht, was die Untergrabung der deutschen Mannesjucht zuwege brachte.

### 3. Schiffsartillerie an der Landfront.

Es ist wenig bekannt, in wie großem Umfange Schiffsgeschütze an der Landfront Verwendung gefunden haben. In den beiden ersten Kriegsmonaten hatten die schweren Geschütze der Fußartillerie voll und ganz ihre Dienste getan. Ihr Feuer hatte die französischen und belgischen Festungen sturmreif gemacht und zur Übergabe gezwungen. Aber schon früh wurde erkannt, daß großkalibrige Geschütze mit langen Rohren, wie sie der Armee zur Verfügung standen, nötig sein würden zur Bekämpfung von Festungen, an die man die Geschütze nicht anfangs gleich nahe heranzuführen konnte. Bald machte sich auch das Verlangen geltend, mit weittragenden Geschützen mittleren Kalibers (15 bis 24 cm) die gegnerische Artillerie zu bekämpfen

und die rückwärtigen Verbindungen des Feindes zu stören, und mit Einsetzen des Stellungskrieges förderte der Wunsch, Munitionslager, Stappenplätze, Truppenansammlungen hinter der feindlichen Front unter Feuer nehmen zu können, das Ersuchen an die Marineverwaltung um Abgabe einer möglichst großen Zahl schwerer Flachfeuergeschütze.

Im Laufe der Zeit wurden der Armee über 150 15-cm, eine große Anzahl 17- und 24-cm, einige 21-cm und zahlreiche 28- und 38-cm-Schnellladegeschütze zur Verfügung gestellt. Das Krupp'sche Material der schweren Schiffsrohre hat hier erst Gelegenheit gehabt, sich voll zu bewähren. Die starke allgemeine materielle Beanspruchung erforderte, die Rohre solange wie irgend möglich im Feuer an der Front zu lassen; sie wurden bis zur Grenze ihrer Leistungsfähigkeit belegt. Hierbei zeigte sich, daß ihre Lebensdauer nicht nur die der Geschütze aller anderen Nationen weit übertraf, sondern auch die von der Krupp'schen Fabrik gewährleistete Anzahl von Schüssen tatsächlich weit in den Schatten gestellt wurde. Die Vorzüglichkeit des Krupp'schen Materials sei beispielsweise durch die Angabe erläutert, daß eine 38-cm-S. K. L./45, für die 200 Schuß ursprünglich garantiert waren, tatsächlich nahezu 700 Schuß an der Front gefeuert hat, bevor sie zum Neuseelen zurückgebracht werden mußte. In der englischen Marine rechnet man im allgemeinen mit 80 bis 100 Schuß für ein schweres Geschützrohr.

Für die 15- und 17-cm-S. K., die an die Armeeverwaltung übergingen, wurden Kadlafetten, zum Teil mit Rotorschleppzügen, geschaffen. Die Lafettierung und Aufstellung der schweren Geschütze blieb Sache der Marine; sie sind auch während des ganzen Krieges zum großen Teil mit aus der Küstenartillerie der Marine gestellten Marinefondertommandos besetzt worden.

Für diese Geschütze mußten Lafetten, Schießgerüste und Bettungen neu konstruiert und geschaffen werden; auch war die Verwendung der Schiffsgeschosse im Landkrieg unzweckmäßig. Neue Geschosse, neue Zünder waren in Anlehnung an die Erfahrungen der Armee zu schaffen.

#### Schießgerüste, Bettungen, Eisenbahngeschütze.

Die ersten Lafetten für die schweren Marinegeschütze im Landkriege trugen unverkennbar den Stempel der Eile, in der sie geschaffen werden mußten. Es waren Behelfslafetten, Schießgerüste, welche nur unter Aufwendung erheblicher Zeit mittels schwerer Kräne auf besonders zu bauenden Betonbettungen verwendet werden konnten. Der Nachteil dieser Anordnung besteht außer der zur Aufstellung benötigten Zeit auch darin, daß ein vom Feinde erkanntes und unter Feuer genommenes Geschütz nur unter erheblicher Gefährdung der Kräne und des Arbeitspersonals abgebaut werden kann. Auch war die Erhöhungsmöglichkeit der ersten Be-

rüste beschränkt und sie besaßen nur behelfsmäßige Vorrichtungen zum Nehmen der Höhen- und Seitenrichtung. Von Anfang an ging daher das Bestreben dahin, die Erhöhungsmöglichkeit des Rohres, seine Beweglichkeit in der Lafette und die Aufbau- und Abbaugeschwindigkeit zu steigern. Intensivster Weiterarbeit an den Konstruktionen war es zu danken, daß sehr bald schon Schießgerüste an der Front erschienen, welche eine Erhöhung von  $45^\circ$  oder mehr mittels bequemer maschineller Richtvorrichtungen schnell einzustellen gestatteten und deren Bettungen nicht mehr in Beton eingemauert wurden, sondern aus zerlegbaren Eisenteilen bestanden, die in kurzer Zeit zusammengesetzt und auseinandergenommen werden konnten.

Da zum Einlegen des Rohres in das Schießgerüst nach seiner Aufstellung auf der ortsfesten Bettung zunächst noch immer ein Hebezeug erforderlich war, so wurden die einzelnen Teile der zerlegbaren Eisenbettung so eingerichtet, daß sie mittels dieses Hebezeuges zusammengesetzt und eingebaut werden konnten. Bei den 21- und 24-cm-Geschützen zuerst erprobt, wurden solche Bettungen bald auch für die schwersten Geschütze angewandt, und die Truppe erlangte allmählich in der Handhabung der Kräne, im Strecken der zerlegbaren Bettungen und Schußfertigtmachen der Geschütze große Gewandtheit, so daß es bis auf die schwersten Kaliber meist gelang, in einer Nacht die Feuerbereitschaft herzustellen.

Man war sich jedoch bewußt, daß auf diesem Gebiete noch wesentliche Fortschritte möglich waren. Im Verein mit der Firma Krupp setzte das Waffendepartement des R. M. A. die Versuche und Untersuchungen fort, die zum Ziele hatten, auch den schwersten Geschützen größte Beweglichkeit zu geben und bei ihrer Aufstellung zum Schießen das schwer zu handhabende und im Gelände schwer zu verbergende Hebezeug ganz zu ersparen — kurz, aus der Lafette einen Eisenbahnwagen zu machen, der auf der Normalspurbahn bis zur Feuerstellung fahren konnte, und womöglich das Rohr ohne weitere Arbeiten von den Schienen aus feuern zu lassen. Die Aufgabe war schwierig insolge der großen Gewichte, die es zu transportieren galt, insolge der großen Rückstoßkräfte, die der Wagen und die Schienen beim Schuß aufnehmen mußten, und insolge der sich widersprechenden Bedingungen, daß das Profil der Bahnen nicht überschritten werden durfte, während das schwere Rohr so hoch liegen mußte, daß das Bodenstück bis zur Erhöhung von  $45^\circ$  und darüber zum Schuß gesenkt werden konnte.

Das erste Projekt eines 24-cm-Eisenbahngeschützes benutzte vorhandene 80 t Staatsbahnwagen. Als die Oberste Heeresleitung mit dem Wunsche an das R. M. A. herantrat, die schweren Marinegeschütze in Eisenbahngeschütze umzuwandeln, konnten insolge der vorgeschrittenen Vorarbeiten in kurzer Zeit die ersten Versuche gemacht werden; sie verliefen

günstig, und es setzte nun eine sehr rasche Entwicklung ein, die sich auf die Fertigstellung von Eisenbahnwagen für die 24-cm-Geschütze und den Umbau der vorhandenen Bettungsgeschütze in Eisenbahngeschütze, ferner auf die Anwendung des Prinzips und der Erfahrungen auf die 28-cm- und 38-cm-Geschütze erstreckten. Die Abbildungen Tafel 21, 1 u. 2) zeigen den Unterschied zwischen den ersten behelfsmäßigen Bettungslafetten und einem 38-cm-Eisenbahngeschütz, wie es schon in der zweiten Hälfte 1916 entstand, und verdeutlichen die Schnelligkeit der Entwicklung. Die elegante Form des 38-cm-E-Geschützes verdient besonders hervorgehoben zu werden; es stellt mit seinen 18 Achsen eines der schwersten und größten Eisenbahnfahrzeuge überhaupt dar. Die Zahl der Achsen war gegeben durch die Höchstbelastung, der die einzelne Achse auf unseren Bahnen unterworfen werden darf.

Während die Eisenbahnlafetten der 24-cm- und 28-cm-Geschütze ohne weiteres von den Schienen mit 45° Erhöhung feuern konnten, war dies bei der geringen Höhe, die das Profil der Eisenbahn vorschrieb, bei den 38-cm-Geschützen nicht möglich. Sie konnten zunächst von den Schienen bis zu 17° Erhöhung feuern und erreichten damit eine Schußweite von rund 22 km. Um die größere Schußweite der Rohre mit größerer Erhöhung auszunutzen, mußten sie wieder auf einer Bettung abgesetzt werden. Es gelang aber von vornherein eine Konstruktion, bei der die Verwendung eines Hebezeuges beim Absetzen fortfallen konnte; das Geschütz fährt auf den Schienen über eine in einer Baugrube hergerichtete zerlegbare Bettung, welche in der Mitte einen Pivotzapfen trägt. Mittels starker hydraulischer Pumpen einfachster Art wird das Geschütz mit Handbetrieb gleichmäßig soweit gehoben, daß die Radgestelle vorn und hinten herausgezogen werden können; dann erfolgt die Einsenkung des Geschützes auf den erwähnten Pivotzapfen. Diese Arbeit des Absetzens war bei eingübter Truppe in wenig mehr als einer Stunde zu leisten. Das Geschütz stand nun auf einer Mittel-Pivotbettung, von der es mit größter Erhöhung und einem Schwenkbereich von 360° schießen konnte. Durch Verwendung der gleichen hydraulischen Pumpen konnte es von der Bettung abgehoben und nach Unterschiebung der Radgestelle schnellstens wieder in ein Eisenbahngeschütz verwandelt werden.

Über das Nehmen der Seitenrichtung der Eisenbahngeschütze ist folgendes zu sagen: Die grobe Richtung wurde dadurch genommen, daß das Geschütz bis zu einem bestimmten, vermessenen Punkte auf einer Gleiskurve gefahren wurde. Derartige Gleiskurven waren hüben und drüben in größerer Zahl angelegt. Meist in zwei bis vier Schienensträngen nebeneinander für eine Batterie von ebenso vielen Geschützen ausgeführt, gewannen sie auf Fliegerphotographien das Aussehen von Klauen oder Sichel. Die Batterie konnte hier auffahren, ein Ziel unter starke Feuer-

wirkung nehmen und beim Einsetzen stärkerer feindlicher Gegenwirkung auf Wunsch mittels Lokomotiven ohne weiteres ihren Platz verlassen, um unmittelbar darauf von einer anderen Klaue aus aufs neue in Wirkung zu treten. Für die genaue Seitenrichtung innerhalb 1 bis 2° waren die Rohre auf den Wagen mit einem Schwertwerk versehen.

Die Einstellung der Feindseligkeiten hat der weiteren Entwicklung der schweren Eisenbahngeschütze zunächst ein Ziel gesetzt. Sie haben sich während des ganzen Krieges und besonders während der Offensiven des Jahres 1918 vollauf bewährt.

### Munition.

Es ist während des Krieges wiederholt in Erscheinung getreten, wie wenig sich Schiffsgeschosse zur Bekämpfung von Landzielen eignen.

Eine gute Ausrüstung der schweren Batterien an der Landfront mußte in Geschossen bestehen, mit denen man je nach Wunsch 1. schwere betonierte Ziele bekämpfen, 2. belegte Ortschaften und leichte Erdwerke unter wirksamem Feuer nehmen, 3. Truppenansammlungen weit hinter der Front, Lager, Erdstationen von Fesselballonen usw., kurz lebende Ziele, vernichtend stören konnte. Die Aufgabe wurde dadurch gelöst, daß alle Geschosse für eine dreifache Zündungsart gebaut wurden. Jedes Geschöß erhielt die Einrichtung zum Einsetzen eines Bodenzünders mit Verzögerung für die Ziele unter 1, daneben aber auch das Mundloch für einen empfindlichen Kopfzünder, der bei den unter 2 genannten Zielen zu verwenden war. Zur Erhöhung der Schußweite waren die Geschosse mit einer Haube ausgerüstet; diese ermöglichte es, nach Wunsch beim Beschießen der dritten Art Ziele auf den Kopfzünder einen hölzernen Stößel aufzustecken, der bei der ersten Berührung des Erdbodens, ja, beim Auftreffen auf einen dünnen Baumzweig, das Geschöß zur sofortigen Detonation brachte.

Die Unterschiede in der Wirkung des Geschosses mit den verschiedenen Zünderarten sind gewaltig. Die Beschießung einer offenen Batterie mit Bodenzündergeschossen schwersten Kalibers z. B. macht wenig Eindruck. Leute, welche 20 bis 30 m von der Einschlagstelle des Geschosses entfernt stehen, werden zwar umgeworfen und leicht verschüttet, bleiben aber meist unverletzt. Beim Aufschlag eines schweren Geschosses mit Stößelzünder dagegen sind durch die mit großer Rasanz nach allen Seiten fliegenden Splitter alle ungedeckt stehenden Personen bis zu 1000 m Entfernung und darüber aufs schwerste gefährdet. Auch ist die moralische Wirkung des in freier Luft detonierenden Geschosses nicht zu unterschätzen.

Die Methode, die Batterien mit nur einer Art Geschosse auszurüsten und jedem Geschöß von vornherein die beschriebene dreifache Art der Zündung mitzugeben, hat sich aufs beste bewährt.

Die Steigerung der Schußweiten; das Ferngeschütz.

Es war oben (Seite 428) ausgeführt, weshalb an Bord der Kriegsschiffe die Schußweite der schweren Rohre durch ihre Erhöhungsmöglichkeit eine Beschränkung erfahren muß und darj. Bei den an Bord in Frage kommenden Schußentfernungen von höchstens 20 km gilt als feststehende Erfahrungstatsache, daß das schwerere Geschöß dem leichteren vorzuziehen ist, weil es den Luftwiderstand in den dichten unteren Luftschichten besser überwindet und am Ziele die größere Austreffenergie und Durchschlagsfähigkeit hat.

Anders bei den an der Landfront aufgestellten Marinerohren. Sie haben eine Erhöhungsmöglichkeit von 45° und darüber, und es lag nahe, durch den Wunsch nach Erzielung möglichst großer Schußweiten sich zu Berechnungen und Versuchen veranlaßt zu fühlen, wie weit sich etwa die Schußweite durch Einführung leichterer Geschosse zu dem Zweck, bestimmte, wertvolle, sehr weit entfernt gelegene Ziele z. B. feindliche Hauptquartiere unter Feuer zu nehmen, steigern lasse. Es war gegeben, diese leichteren Geschosse durch Aufsetzen einer Haube und günstigste Formgestaltung zum Überwinden des Luftwiderstandes aufs beste auszurüsten.

Die Versuche führten zur Einführung leichterer Geschosse für das 38-cm-Geschütz L/45 und für ein Kruppsches Versuchsrohr von 35,5-cm Rohrweite. Die leichten 38-cm-Sprenggranaten erzielten mit einer um ein geringes gegen die eingeführte Geschossladung gesteigerten Pulvermenge eine Erhöhung der Anfangsgeschwindigkeit um weit über 200 m. Die Schußweite stieg auf etwa 47 km, so daß in Flandern weit hinter der Kampffront stehende 38-cm-Geschütze mit diesen Geschossen Düntkirchen erreichen konnten. Weit übertroffen wurde dieses Ergebnis mit dem genannten Kruppschen Versuchsrohr, dessen Anfangsgeschwindigkeit weit über 1000 m, dessen Schußweite auf über 62 km gesteigert werden konnte, so daß mit diesem Geschütz von der Gegend Cambrai aus die feindlichen Hauptquartiere und Eisenbahnnotenpunkte in St. Pol und Doullens auf etwa 62 km Entfernung unter Feuer genommen werden konnten. Die Streuung der Geschütze war auf die angegebene Entfernung naturgemäß größer als bei Verwendung der schwereren Geschosse, sie hielt sich aber durchaus in praktisch verwertbaren Grenzen.

Die Tatsache, daß das leichte Geschöß, mit großer Erhöhung und einer das gewohnte Maß übersteigenden Anfangsgeschwindigkeit verfeuert, schnell die dichten Luftschichten der Erdoberfläche verließ und in seinem Fluge in den oberen dünnen Luftschichten nur geringen Widerstand fand, ließ Anfang 1916 den Gedanken auftauchen, daß es wohl möglich wäre, mit besonders konstruierten Geschützen eine Schußweite von 100 km und darüber zu erreichen; die vorauszusehenden großen Arbeiten und Aufwendungen

beim Bau solcher Geschütze konnten in Kauf genommen werden, da es möglich erschien, diese Geschütze gegen die weitausgedehnte Festung Paris zu verwenden und durch die Beschließung von Paris den moralischen und tatsächlichen Druck auf die Franzosen zu verstärken.

Der geringe, zur Verfügung stehende Raum und andere Rücksichten machen es leider unmöglich, die Entstehungsgeschichte des Ferngeschützes hier eingehender zu behandeln. Die folgenden kurzen Angaben müssen genügen:

Zur Verwendung gelangten wieder schwere Marinerohre; die Aufgabe, von der Obersten Heeresleitung gestellt, fiel schon deshalb dem Waffendepartement des R. M. A. zu. Wie auch sonst waren es Krupp'sche Ingenieure, in erster Linie der geniale Professor Kaufsberger, die den zu beschreitenden Weg angaben und bei allen sich zeitweise türmenden Schwierigkeiten Rat und Auswege wußten.

Das Rohr (später waren es mehrere) wurde in das genannte schwere Rohr eingeführt; es hatte zunächst 21 cm Kaliber und ragte nach vorn weit über das Mutterrohr hinaus. Zum Einschneiden der Züge reichte gerade die längste Krupp'sche Ziehbank, in ihrer ganzen Länge benutzt, aus. Das Geschossgewicht entsprach mit wenig über 100 kg etwa dem der gewöhnlichen 21-cm-Sprenggranate. Das Gewicht der Pulverladung aber betrug ein Mehrfaches des Geschossgewichtes, während bei allen eingeführten Geschützen im allgemeinen die Pulverladung etwa  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  des Geschossgewichtes beträgt. Das Verhalten des Geschosses auf seiner Flugbahn außerhalb des Rohres ließ sich rechnungsmäßig recht genau vorher bestimmen. Es erreichte bei 120 km Entfernung eine Scheitelhöhe von über 40 km, entfernte sich also weiter von der Erdoberfläche als bisher irgend ein irdischer, nicht rein staubförmiger Körper. Unsere Kenntnis von Gewicht und Zusammenetzung der Atmosphäre in diesen Höhen ist gering; man kann aber ohne großen Fehler annehmen, daß der Kubikmeter Luft dort etwa 1 g wiegt gegen 1,2 kg an der Erdoberfläche. Die Flugzeit des Geschosses konnte zu etwa 3 Minuten 10 Sekunden berechnet werden.

Schwierigkeiten traten dagegen bei dem Problem auf, das Geschosß mit seiner, jedes bekannte Maß übersteigenden Anfangsgeschwindigkeit genau zentrisch und mit dem richtigen Drall aus dem Rohr herauszubringen. Keine Geschosßführung schien zunächst stark genug, der Gewalt der Pulvergase das Durchschlagen zwischen Geschosß und Rohrwand zu verwehren, und die Lösung dieses Problems schien längere Zeit das Gelingen in Frage zu stellen. — Die Abnutzung des Rohrrinnern beim Schuß ist naturgemäß sehr groß. Der Verbrennungsraum vergrößert sich von Schuß zu Schuß nicht unbeträchtlich. Es war daher erforderlich, um jedesmal die gleiche

Anfangsgeschwindigkeit zu erzielen, die Ladung von Schuß zu Schuß nach der Verlängerung des Verbrennungsraumes zu vergrößern und ständig neu zu bestimmen. Auch mußte das Geschöß der starken Beanspruchung im Rohr entsprechend aus bestem Geschößstahl besonders fest gebaut und versteift werden, auf Kosten der Sprengladung, die bei dem 100 kg schweren Geschöß etwa 8 kg betrug. Weiter wurde ein besonderer Zünder erforderlich, da damit gerechnet werden mußte, daß das Geschöß vom Scheitelpunkt der Flugbahn ab nicht mehr mit der Spitze nach vorn flog, folglich auch unter Umständen mit dem Geschößboden nach vorn aufstreifen konnte.

Daß alle Probleme schließlich gelöst wurden, und welchen Erfolg die Beschießung von Paris gehabt hat, ist bekannt. Erwähnt werden soll zum Schluß, daß keines dieser Geschütze in Feindeshand gefallen ist. Sie wurden, nachdem die Beschießung am 23. März 1918 begonnen hatte, zuletzt im Juli von der Gegend von La Fère en Tardenois aus verwendet und konnten bei Beginn des Rückzuges von dort geborgen werden.

## VI. Torpedos und Minen, Suchgerät.

Von Korvettenkapitän S i n g m a n n.

### a. Die militärischen Grundlagen.

**T**orpedo und Mine sind die Unterwasserwaffen des Seetrieges. Während die Mine bereits im russisch-japanischen Kriege sich als moderne Kriegswaffe wirkungsvoll betätigt hat, ist der Torpedo erst jetzt im Weltkriege bedeutsam in Erscheinung getreten. Über 100 Jahre alt ist die Mine. Als Treibmine, als Schlepptorpedo und als Waffe eines Unterseebootes wollte ihr Erfinder, der Amerikaner Bushnoll, sie im amerikanischen Unabhängigkeitskriege rein offensiv gegen England verwenden. Seine Versuche hatten keinen Erfolg. Erst die um die Jahrhundertwende 1800 von Fulton konstruierte, unter Wasser verankerte Seemine wies den richtigen Weg; sie ist die Grundlage der modernen Minen geworden, die in diesem Kriege verwendet worden sind.

Rein passiv ist die Mine ihrem Eigenwesen nach. Sie trifft den Feind nicht wie ein Geschöß, sondern sie wird unsichtbar auf seinem Wege liegend von ihm getroffen und durch den Stoß des Schiffskörpers gegen sie zur Wirkung, zur Detonation gebracht. Anders der Torpedo. Er hat stets Eigenbewegung. Als gezielter Schuß wird er gegen den Feind gesteuert; Antriebsmaschine, Tiefensteuerung und Geradlaufapparat führen ihn an

sein Ziel. Aber beide Waffen können offensiv und defensiv verwendet werden.

In unmittelbarer Anlehnung an Küstenbefestigungen schützen auch heute noch Torpedos und Minen in enger Verbindung miteinander Hafeneinfahrten und Flußläufe. Dann hat meist die Minensperre die Aufgabe, das Fahrwasser für Feind und Freund in möglichster Breite ganz zu sperren, so daß nur eine Sperrlücke unter Land den eigenen Schiffen das Aus- und Einlaufen ermöglicht, während Torpedobatterien mit ihren Torpedos diese Sperrlücke bestreichen. Aber das sind heute Nebenaufgaben. Heute liegt der hohe Kriegswert beider Waffen in ihrer offensiven Verwendung. Überall auf See von seegehenden Schiffen aus, sei es Großkampfschiff, Kreuzer oder Torpedoboot, sei es Unterseeboot, bedroht der Torpedo heute den Gegner. Diese offensive Verwendung war erfolgversprechend erst möglich, als es gelungen war, dem Torpedo im Geradlaufapparat eine Einrichtung mitzugeben, die ihn zwang, eine bestimmte Richtung bis zum Ende seiner Laufbahn innezuhalten. Erst in den neunziger Jahren des letzten Jahrhunderts ist dieser Geradlaufapparat erfunden worden. Die moderne Torpedowaffe ist also noch keine 30 Jahre alt. Nur auf kurze Entfernung, auf rund 500 m, gelang es in den ersten Jahren, etwa bis 1900, den Geradlauf zu beherrschen. So wurde der Torpedo in diesem ersten Jahrzehnt nahezu ausschließlich als Waffe des Nachtkampfes entwickelt, der Nacht, deren Dunkelheit erlaubt und fordert, daß zum Torpedoschuß auf nächste Entfernung an den Feind herangegangen wird. Dann begann die Entwicklung des Torpedos zur Fernwaffe. England ging zunächst voran. Auf 2000 m um das Jahr 1900, auf 4000 m um das Jahr 1904, entsprechend den damals artilleristisch geltenden Hauptgefechtsentfernungen wurde die Laufstrecke des Torpedos gesteigert, schrittweise durch kleine technische Verbesserungen, besonders aber durch einfache Vergrößerung von Torpedokaliber und Torpedolänge und durch Einführung immer besseren Kesselmaterials, so daß neben der Vermehrung der Kesselluftmenge die Erhöhung ihres Druckes den Maschinenbetriebsstoff vergrößerte. Die um das Jahr 1906 einsetzende „Dreadnought“-Ära zwang zu schneller weiterer Leistungssteigerung. Die Gefechtsentfernung steigerte sich auf 9000 bis 12 000 m, die Widerstandsfähigkeit der neuen Großkampfschiffe gegen Unterwassertreffer wuchs von Schiffstyp zu Schiffstyp, die Geschwindigkeit aller Schiffsklassen stieg von Baujahr zu Baujahr. Dem trug die Technik überall Rechnung. Ersatz vieler Bronzeteile durch Stahlschuß leistungsfähigere Maschinen, Einführung von Luftpfeizeinrichtung gestattete ökonomischere Ausnutzung der Preßluft, neue brisantere Sprengstoffe ersetzten die alte Schießwolladung. So war der Torpedo bei Kriegsausbruch eine Offensivwaffe geworden, die als Hauptwaffe neben der Ar-

illerie einen wesentlichen Teil der Seekriegsrüstung darstellte. Zwei Hauptarten für ihre Verwendung sind zu unterscheiden: der Weitschuß und der Nahschuß. Der moderne Weitschuß kann ein Präzisionschuß gegen ein Einzelziel nicht mehr sein. Rund eine Minute braucht der Torpedo, um eine Strecke von 8000 m zu durchlaufen. Schon bei geringen Fehlern im Abkommen, Fehler, die wegen falscher Schätzung und unuermeidlicher Ungenauigkeit in der Berechnung der Fahrtrichtung und Geschwindigkeit des Zieles stets vorliegen, sinkt die Treffaussicht des Einzelschusses gegen ein Großkampfschiff von rund 150 m Länge bei den üblichen Schiffs- und Torpedogeschwindigkeiten bereits auf 4000 m auf rund 10 %, auf 8000 m auf ein Minimum. Der moderne Weitschuß kommt daher nur noch gegen Linienziele in Frage, d. h. gegen eine Reihe von in annähernd gleichen Abständen fahrenden Schiffen. Hier hat der Torpedoschuß, gleichgültig, auf welche Entfernung er geschossen wird, unabhängig von Schätzungs- und Abkommfehlern, bei den gebräuchlichen Schiffsabständen, bei denen sich die Schiffslängen zu den Schiffslücken, d. h. den Abständen vom Heck des Vordermannes bis zum Bug des Hintermannes, wie 2:1 verhalten, etwa 33 % Trefferwahrscheinlichkeit. Solch große Treffaussichten der in jedem Einzeltreffer gefährlich wirkenden Torpedowaffe zwingen die im Artilleriekampf miteinander ringenden Linien, sich stets außerhalb der Reichweite der Torpedos der gegenüberstehenden Schiffe zu halten, das gibt den Torpedoboote, den Hauptträgern der Torpedowaffe, in der Tagsschlacht die Möglichkeit, vor der Spitze ihrer eigenen Linie anlaufend, die feindliche Linie durch einen Massentorpedoangriff tödlich zu treffen oder aber so schwer zu bedrohen, daß sie, diesem Torpedofeuere ausweichend, den Artilleriekampf wenigstens vorübergehend abbricht. So wirkte die Torpedowaffe in der einzigen großen Seeschlacht dieses Krieges, der Stagerratschlacht. Niemals ist in ihr die Gesichtsentsfernung zwischen den kämpfenden Linien bis auf Torpedoreichweite gesunken: das war die passive Wirkung der Torpedos der Großkampfschiffe; wiederholt haben in ihr unsere Torpedoboote durch ihren Angriff den an Zahl überlegenen Gegner zum Abbrechen gezwungen: so hat der Torpedo der Torpedoboote als Weitschießwaffe aktiv den Schlachterfolg beeinflusst. Weit einschneidender aber war in diesem Kriege die Wirkung des Torpedos als Nahkampfwaffe. Das Torpedoboot und das Unterseeboot sind ihre Träger: Nur der vom Feinde ungesebene Angriff kann den Nahschuß des Torpedos ermöglichen. Nur bei Nacht kann daher im allgemeinen das Torpedoboot zum Nahschuß, zum Angriff kommen. Die rein defensive Seekriegsführung Englands, die alle wertvollen Angriffsziele planmäßig während des ganzen Krieges nachts weit außerhalb des Seegebietes hielt, in dem unsere Torpedoboote hätten zum Angriff angefeht werden können, hat wider Erwarten dem

Nachtangriff der Torpedoboote so gut wie keinen Erfolg beschert. Anders das Unterseeboot. Es kann seine Hauptwaffe, den Torpedo, auch bei Tage ungesehen an den Feind heranbringen. Als seine Waffe hat der Torpedo in diesem Kriege tief einschneidende Wirkungen ausgeübt. Der Bereitstellung der Torpedos für unsere Unterseeboote, der Anpassung der Torpedowaffe an die Verwendung vom Unterseeboot aus, hat daher die Hauptkraft der technischen Entwicklung der Torpedowaffe während des Krieges gegolten. Rund 5000 Torpedos haben unsere Unterseeboote gegen den Feind geschossen und über 50 % davon haben getroffen. Unterseeboot und Torpedo als technische Waffen des Seekrieges haben sich einander als gleichwertig erwiesen. Ihre glänzendste Leistung war ihnen beschieden, als am 19. September 1914 Kapitänleutnant Weddigen auf seinem Boot „U 9“ mit fünf Torpedoschüssen drei englische Kreuzer, „Hogue“, „Creffy“ und „Aboukir“, versenkte; ihren entscheidendsten Erfolg errangen sie, als am 25. und 27. Mai 1915 Kapitänleutnant Hersing von „U 21“ aus nach vierwöchentlanger Fahrt von Deutschland um England in die türkischen Gewässer vor den Dardanellen die Linienfahrer „Triumph“ und „Majestic“ vernichtete und damit die unmittelbar vor dem Zusammenbruch stehende Dardanellenfront rettete.

Ein derartig entscheidender Erfolg ist der Schwesterwaffe, der Mine, nicht beschieden gewesen. Große Einzelerfolge hat auch sie gehabt. Es waren Minen des Hilfskreuzers „Berlin“, denen das englische Großkampfschiff „Audacious“ an Irlands Küste zum Opfer fiel; es waren Minen des Unterseebootes „U 80“, die den englischen Kreuzer „Hampshire“, der Lord Kitchener an Bord hatte, in 15 Minuten zum Sinken brachten. Beide Erfolge wurden an des Feindes Küste erzielt. Ausgesprochen offensiv ist die Mine auch sonst von beiden Seiten verwendet worden. Aber nicht nur in der Nähe der feindlichen Küsten hat die Mine den Feind bedroht, sie hat auch, in immer steigendem Maße in großem Umfange im freien küstensenen Gewässer verwendet, jede Seefahrt überhaupt gefährdet. England war der Schrittmacher auf diesem Wege. Zwar hatte auch England den Beschränkungen zugestimmt, die durch das „Abkommen über das Legen unterseeischer Kontaktminen“ auf der zweiten Haager Konferenz zum Schutze der neutralen Schifffahrt festgelegt waren. Aber schon die englische Warnung vom 2. Oktober 1914, „daß es notwendig gewesen sei, nördlich der Doverstraße ein großes Minensfeld zu legen“, und dann vollends die Kriegsgebietserklärung vom 2. November 1914, die besagte, „daß das Befahren der gesamten Nordsee außerhalb bestimmter Wege jede Schifffahrt durch die in diesem ganzen Gebiet geworfenen englischen Minen schwer gefährde“, beseitigten für England diese Einschränkungen. Wurden daraufhin bereits 1914 zahlreiche Minenselder von England und dann auch von

uns in der freien Nordsee geworfen, so entwickelte sich der Minenkrieg doch erst mit dem Beginn des Unterseebootkrieges zu einem Hauptfaktor des Seefrieges. England versuchte die ganze deutsche Bucht zwischen Tersjelling und Horns Riff und dann später die ganze Nordsee durch Minen so abzusperren, daß unsere Unterseeboote in ihren Stützpunkten, den „Rattenlöchern“, verkümmern mußten. Deutschland suchte rings um England, vor den französischen Kanal- und Atlantikhäfen, im Mittelmeer und schließlich vor den Atlantikhäfen der amerikanischen Küste durch Minen legende Unterseeboote das feindliche Wirtschaftsleben zu treffen. So wurde der Minenleger ein unentbehrliches wichtiges Glied der Flotten. Schnelle Kreuzer, Torpedoboote, Spezialschiffe wurden dazu hergerichtet; ganz besonders aber wurde im Minen-Unterseeboot, das zuerst bereits im Winter 1914/15 in Deutschland als kriegsbrauchbares Fahrzeug gebaut wurde, der neue erfolgreiche Minenleger dieses Krieges geschaffen. Wie für den Torpedo haben daher auch für die Mine die militärischen und technischen Anforderungen, die ihrer Verwendung vom Unterseeboot aus gestellt wurden, die Richtlinien und das Maß der technischen Entwicklung der Mine während des Krieges bestimmt.

Der drohenden Gefahr, daß unsere Unterseeboote durch die englischen Minen in unseren Häfen, unseren Flußmündungen eingeschlossen werden könnten, der drohenden Gefahr, daß unsere Minen die englische Küstenschiffahrt lahmlegen und Englands Frachtraumnot zur Katastrophe steigern würden, mußte durch ständige Verbesserung und Vermehrung der zum Suchen und Beseitigen der Minensperren dienenden Minensuchfahrzeuge und ihres Minensuch- und Räumungsgerätes Rechnung getragen werden. Die entsagungsvolle und verlustreiche Tätigkeit der Männer, die auf den Minensuchfahrzeugen in vier Kriegsjahren größtenteils in ihrer praktischen Arbeit ihre Geräte, ihre technischen Hilfsmittel selbst weiter entwickelnd, unsern Unterseebooten die Wege hinaus zur Fahrt gegen den Feind offengehalten haben, sie ist ein besonderes Ruhmesblatt, das neben dem Lorbeer der Unterseeboote und aller anderen, die ihre Waffen gegen den Feind führen durften, nie welken wird.

## b. Die technische Ausführung.

### 1. Torpedos.

Ganz unabhängig vom Auslande ist die deutsche Torpedowaffe in der staatlichen Torpedofabrik der Marine, der Torpedowerkstatt in Friedrichs-ort, entwickelt worden. Völlige Zuverlässigkeit jedes einzelnen Torpedos und technisch überhaupt erreichbare Gleichwertigkeit aller Torpedos eines

jeden Typs, das waren die leitenden Gesichtspunkte, nach denen die Konstruktion und die Fabrikation unserer Torpedos dort erfolgt ist, denen zu Liebe auf einzelne „Rekord“leistungen verzichtet wurde. Der Krieg hat gezeigt, daß der Weg der richtige war. Keine andere Marine hat mit ihren Torpedos ähnliche Leistungen vollbringen können wie die deutsche. Es waren alte in den Jahren 1905/06 konstruierte Torpedos, mit denen Weddighens Boot ausgerüstet war; der Erfolg spricht für die technische Güte der Waffe. — Drei militärischen Grundforderungen soll der Torpedo genügen: große Wirkung am Ziel, große Laufftreue, hohe Geschwindigkeit.

**Wirkung am Ziel.** Schon im Frieden war die Kopfladung unserer Torpedos planmäßig gesteigert worden. Rund 90 kg nasse Schießwolladung hatte der auch in diesem Kriege von unseren U-Booten erfolgreich verwandte alte 45-cm-Bronzetorpedo der 90er Jahre. 120 bis 150 kg einer besonders leistungsfähigen Ladung, die in enger Zusammenarbeit zwischen der oberschlesischen Sprengstoffabrik Kruppamühle und dem Torpedolaboratorium in Kiel frontbrauchbar entwickelt war, eines Gemisches aus Trinitrotoluol und Hega, das die Wirkung der nassen Schießwolle um rund 30 % übertraf, hatten alle neueren 45-cm-Torpedoarten. Auf 200 kg wurde diese Ladung beim Übergang zum 50-cm-Kaliber etwa 1906 gesteigert, auf 250 kg bei dem neuesten 60-cm-Torpedotyp, der im Frieden konstruiert und erprobt, im Kriege an Bord des Schlachtkreuzers „Lützow“ zuerst an die Front kam. Kein fremder Torpedo gleicher Größe besaß Ladungen, die dem gleichkamen. Und diese deutsche Ladung genügte trotz ihrer hohen Brisanz in jeder Weise der Forderung unbedingter Schußsicherheit, d. h. Widerstandsfähigkeit gegenüber feindlichen Geschößtreffern. Einen glänzenden Beweis dafür lieferte eine Verletzung des Schlachtkreuzers „Moltke“, bei der ein feindlicher Unterseebootstorpedo in einem Torpedoraum des Schiffes zur Detonation kam, ohne daß die drei zum Teil unmittelbar getroffenen und zerrissenen Torpedotöpfe der an der Bordwand liegenden Torpedos detonierten.

**Laufftreue und Geschwindigkeit.** Laufftreue und Geschwindigkeit hängen wechselseitig voneinander ab. Steigerung der Maschinenleistung ist die technische Grundforderung. Durch Größensteigerung des Torpedos, durch Verwendung besseren Kesselmaterials und dadurch zulässige Drucksteigerung der Preßluft, des Betriebsstoffes der Torpedomaschine, durch Anwärmen und Heizen und dadurch ökonomischere Ausnutzung dieses Betriebsstoffes ist der Forderung in stetiger Entwicklung in den beiden letzten Jahrzehnten vor dem Kriege Rechnung getragen worden. Von 4,5 m beim Bronzetorpedo auf 5,6 m bei den neueren 45-cm-Torpedos und dann auf 7 m und 9 m bei den modernen 50-cm- und 60-cm-Torpedos wuchs die Torpedolänge, von 90 Atm. auf 150 und

schließlich 160 bis 175 Atm. der Kesseldruck; eine Luftwärmeverrichtung steigerte um 1902/03 die Leistung um rund 30 v. H., der Übergang zum Verdampfer und damit der Ersatz der bisher gebräuchlichen reinen Preßluftmaschine durch eine Dampfmaschine um das Jahr 1911 brachte einen weiteren Gewinn von rund 40 v. H. So waren bei Kriegsbeginn Laufstrecken von 6000 m mit dem 45-cm-Torpedo, von 10 000 bis 12 000 m mit dem 50-cm-Torpedo und von rund 15 000 m mit dem 60-cm-Torpedo erreicht worden. Demgegenüber hatte die Geschwindigkeitssteigerung nicht Schritt gehalten. 35 bis 36 Knoten war die Höchstgeschwindigkeit aller verschiedenen Torpedosorten. Rein maschinentechnisch war auch hier weitere Steigerung der Leistung durchaus möglich. Dagegen war es im Frieden nicht gelungen, die Schwierigkeiten zu überwinden, die die Beherrschung der ersten 200 bis 300 m Laufstrecke des Torpedos mit sich brachten, da mit der Aufnahme der vollen Torpedogeschwindigkeit und dem Einsetzen der vollen Maschinenarbeit zunächst derart große und wechselnde Geschwindigkeitschwankungen und Stöße verbunden sind, daß es nicht gelang, den Torpedo sicher zum Einsteuern in die eingestellte Tiefe zu bringen. Die dringende militärische Forderung, für unsere Unterseeboote Torpedos mit möglichst hoher Geschwindigkeit bereitzustellen, zwang während des Krieges die Technik zu immer neuen Versuchen, die schließlich leider erst im letzten Kriegsjahre den Erfolg hatten, eine zuverlässige, frontbrauchbare Torpedogeschwindigkeit von 40 Knoten zu erreichen.

Unterseebootstorpedo. Abgesehen von der Geschwindigkeitsforderung stellte der Unterseebootkrieg auch sonst der Torpedotechnik neue Aufgaben. Auf ihren oft wochenlangen Fahrten, durch schlechtes Wetter und feindliche Gegenwirkung behindert, brauchten die Unterseeboote Torpedos, die einmal schiefklar in den Torpedoausstoßrohren gelagert auch ohne umfangreiche, Zeit und Platz fordernde Konservierungsarbeiten schußbereit blieben. Kleine technische Verbesserungen, Fortfall des Verdampfers, dessen große Laufstreckenleistung das Unterseeboot im allgemeinen nicht brauchte, sorgfältige und planmäßige Erprobung und Durcharbeitung von Konservierungsmethoden, die derartige Dauerlagerungen zuließen, trugen den Rechnung. Wichtiger noch, aber auch schwerer zu erfüllen, wurde die Forderung, den Torpedoschuß unbemerkt zu machen. Da der Torpedoausstoß — der Schuß — aus dem Torpedorohr mittels Preßluft erfolgt, die mit und nach dem Torpedo, an die Wasseroberfläche strömt, entsteht an der Schußstelle stets ein Wasserhwall, der „Verräter“ des Unterseebootes. Die Verkleinerung und, wenn möglich, Beseitigung dieses Wasserhwallen wurde zur Lebensfrage des Unterseebootes. Denn nicht nur vereitelte das Erkennen solchen Wasserhwallen in vielen Fällen den Erfolg des Angriffes dadurch, daß der Gegner abbrechend dem Torpedo ausweichen

konnte, sondern es gefährdete das Unterseeboot unmittelbar. Zerstörer und Unterseebootsjäger, die ständigen Begleiter der feindlichen Handelsschiffsgeleitzüge stürzten sich auf diese durch den Wasserfchwall so markant gezeichnete Schußstelle und belegten sie und ihre Umgebung mit zahlreichen, immer wirkungsvolleren Wasserbomben, das Unterseeboot tödlich bedrohend. Eine wesentliche Besserung gelang der Technik nach kurzer Zeit dadurch, daß die Luft an den Ausstoßpatronen des Rohres abgeperrt, am weiteren Ausströmen verhindert wurde, sobald sie unter einen bestimmten Druck gefallen war. Das war möglich, da schon der Druckabfall von etwa 30 Atm. — dem gewöhnlichen Gebrauchsdruck der Ausstoßpatronen — auf rund 15 Atm. genügte, dem Torpedo die erforderliche Anfangsgeschwindigkeit zu geben. Umfangreiche praktische Versuche setzten für jedes Ausstoßrohr fest, bis zu welchem Luftdruck der Druck in der Ausstoßpatrone fallen durfte, um noch eben einen sicheren Ausstoß des Torpedos zu gewährleisten. So wurde wohl eine wesentliche Besserung erzielt, leider aber noch keine volle Abhilfe erreicht. Sie gelang erst im Sommer 1918, ist aber für die Kriegführung nicht mehr zur Anwendung gekommen.

Die Verwendung flachgehender Fahrzeuge durch den Gegner einerseits, die Notwendigkeit jede irgend mögliche Schußgelegenheit, auch solche, die an sich torpedotechnisch ungünstig sind, auszunutzen andererseits, stellte eine weitere Aufgabe. Stärkerer Seegang macht nämlich den Torpedoschuß unzuverlässig, da der Torpedo im Wellental die Wasseroberfläche durchbrechend, starken Geschwindigkeits- und damit auch Tiefenschwankungen und unberechenbaren Seitentritten ausgesetzt ist. Es entstand daher die Forderung nach einer Einrichtung, die es gestattete, den Torpedo bei stärkerem Seegang mit größerer als der normalen 3 bis 4 m Tiefeneinstellung zu schießen und doch die weniger tiefgehenden Fahrzeuge zu fassen. So entstand die Hebelpistole, die eine der Greifnasen der Torpedopistole gewissermaßen nach oben senkrecht zur Längsachse des Torpedos verlängernd, den Schiffsboden noch fassen und den Torpedo dadurch noch zur Detonation kommen ließ, auch wenn das Ziel an sich etwas unterschossen wurde.

Und wie für den Torpedo selbst, so brachte der Unterseebootskrieg auch für die Torpedoarmierung des Unterseebootes neue Aufgaben. Trotz der hohen Zahl der Ausstoßrohre — bis zu 8 — und der Lagerstellen im Boot wurde stärkere Ausrüstung gefordert. So entstanden die Zusatzarmierungen aus gitterförmigen, teils fest eingebauten, teils schwenkbaren Deckrohrern. Besonders aber machte die zunehmende Abwehr des Feindes, die schnellste Waffenanwendung und damit unbedingt zuverlässige Verbindung zwischen dem sein Boot fahrenden und zugleich schießenden Kommandanten und der fern von seinem Kommandoort am Schrohr im Turm unten, ganz vorn und ganz hinten im Bootsinnern liegenden Tor-

pedowaffe erforderte, planmäßige Erweiterung und Neueinführung einer großen Zahl von technischen, mechanischen und elektrischen Befehls- und Abfeueleinrichtungen erforderlich.

**Schiffs- und Torpedobootstorpedo.** Wesentlich neue Aufgaben sind der Technik auf Grund der Kriegserfahrungen mit den Torpedos der Schiffe und Torpedoboote nicht gestellt worden. Ihre Arbeit lag auf dem Gebiet planvoller Weiterentwicklung. An erster Stelle standen die nie restlos erfüllbaren Forderungen nach höherer Torpedogeschwindigkeit, besonders für den Torpedobootstorpedo, und größerer Laufstrecke für beide Torpedoarten. Wie schon ausgeführt, gelang es schließlich eine erhebliche Geschwindigkeitssteigerung zu erreichen. Durch Erhöhung des Kesseldruckes für den Geschichtschuß um 10 v. H., eine Maßnahme, die bei dem vorzüglichen Nickelstahlkesselmaterial der Firma Krupp technisch zugestanden werden konnte, wurde trotz der an sich schon hohen Leistungen noch eine erneute Laufstreckensteigerung für alle neueren Torpedoarten ermöglicht. Das war besonders zu begrüßen, weil die Geschichtserfahrungen am 24. Januar 1915 die Bedeutung des Kampfes auf ganz großen Entfernungen gezeigt hatten. Diese Vergrößerung der Schußweiten stellte aber zugleich zwei neue Anforderungen an den Geradlaufapparat des Torpedos. Der durch Federkraft einmal angetriebene Richtkreisel des älteren Torpedos hatte schon mit etwa 5000 m Laufstrecke die Grenze seiner technischen Leistungsfähigkeit erreicht. Durch eine geniale Konstruktion eines Zweikreiselapparates, dessen beide Kreisele, durch Luftdruck immer wieder erneut auf der erforderlichen hohen Umdrehungszahl gehalten, einander ablösten, war dem in den neueren Torpedos Rechnung getragen. Die Steigerung der Laufstrecken führte zu weiterer Vervollkommnung einer derartigen, ständig durch Luftantrieb in voller Bewegung gehaltenen Kreiselkonstruktion. Die großen Geschichtsentfernungen verlangten aber neben solchen Verbesserungen des Kreiselantriebes ganz besonders eine Erweiterung der sogenannten Winkelschußeinrichtung. Solange der Torpedo nur in der Rohrrichtung geschossen werden konnte, war es notwendig, daß das fest im Schiff eingebaute Rohr auf den beabsichtigten Treffpunkt gerichtet, d. h. also, daß zum Torpedoschuß mit dem ganzen Schiff besonders manöviert wurde. Das war nur im Nahkampfe möglich, nicht aber im Ferngefecht, in dem Innehalten der Linie und möglichst ruhiges Fahren in der Linie die Grundlage für erfolgversprechende Artillerieanwendung ist. Mit dem Übergang des Torpedos zur Fernwaffe war daher eine besondere Einrichtung am Geradlaufapparat eingeführt worden, die es gestattete, den Torpedo nicht nur in der Rohrrichtung, sondern auch in bestimmten Winkeln, und zwar in Winkeln von  $15^\circ$  zu  $15^\circ$  von der Rohrrichtung aus zu schießen, die Winkelseinstellvorrichtung. Jetzt erwies sich dieses  $15^\circ$ -Winkelintervall als zu groß, da es auf Entfernungen über

10 000 m wieder große Schiffsbewegungen nötig gemacht hätte, um die Winkelschuhrichtung auf das gewünschte Ziel zu bringen. Technische Verbesserungen, denen in Anbetracht der geringen Größe des ganzen Gerätschaftsapparates und der Notwendigkeit völliger Zuverlässigkeit der Einstellbarkeit erhebliche Schwierigkeiten entgegenstanden, verringerten daher bei unseren neuesten Torpedos das Intervall auf 5°.

Weit einschneidender aber als diese Verbesserungen an den Torpedos waren die technischen Neuschöpfungen an Befehls- und Hilfsmitteln, die auf Grund der Kriegserfahrungen eingeführt worden sind, um die technisch so leistungsfähige Torpedofernwaffe militärisch brauchbar zu machen. Schätzungen von Gegner-Kurs und Fahrt, gelegentliches Messen seiner Entfernung durch Geräte der Artillerie, Beobachten und Zielen durch enge Sehklügel genügte, wie sich schnell herausstellte, nicht mehr. So entstanden besondere Befehls-, Entfernungsmess- und Rechenstellen und eigene Torpedozielrohre für die Torpedowaffe und schließlich auf den neueren Schiffen, ebenso wie für die Artillerie, im Vormarsch eine besonders gut ausgebauten Torpedomeßstelle.

**Torpedofabrikation.** Eine der größten Aufgaben wurde der Torpedotechnik in rein quantitativer Richtung gestellt. Der Unterseebootskrieg, dessen Hauptwaffe der Torpedo war, brauchte in immer steigendem Maße nicht nur gute, sondern auch viele Torpedos. 193 Torpedos, das war die Gesamtjahresleistung im letzten Friedensjahre, im Jahre 1913. Nur schrittweise konnte die Fabrikation gesteigert werden, da die technischen Erfahrungen, die Grundlage für die Zuverlässigkeit der Waffe nur allmählich an neue Arbeitsstellen der Torpedowerkstatt und dann weiter an andere größte Torpedofabriken übertragen werden konnte. Es ist gelungen alle Schwierigkeiten zu überwinden und stets genügenden Nachschub an Torpedos bereitzustellen. Welche Arbeit dabei geleistet ist, das beweist die Tatsache, daß im letzten Kriegsmonat September 1918 viermal soviel Torpedos, nämlich 774 Stück, lauffertig geworden sind, als im Jahre 1913; das ist eine Steigerung der Fabrikation auf das 48 fache. Durch umfangreiche Heranziehung der gesamten Industrie, durch große Erweiterungsbauten der Torpedowerkstatt, durch Anlage neuer fester und schwimmender Schießstände und in erster Linie durch nie versagende unermüdlige Arbeit der beteiligten Fabrikleiter, Ingenieure, Wertmeister und — wenigstens in den ersten Kriegsjahren — aller Arbeiter ist diese Leistung ermöglicht worden.

## 2. **Minen und Minensuchgerät.**

Nur die vom Lande unabhängige, verankerte und mit einer selbsttätigen Bündoorrichtung versehene Kontaktmine, die sogenannte „Streumine“, hat im Weltkriege eine militärische Rolle gespielt. Vier Haupt-

sorderungen muß die Streumine als Waffe genügen: sie muß ausreichende Wirkung am Ziel haben; sie muß ohne Gefährdung des die Mine legenden Fahrzeugs, des Minenlegers, geworfen werden können; sie muß, zuverlässig verankert, unsichtbar unter der Wasseroberfläche stehen, und sie muß unschärf, unschädlich werden, wenn sie sich von ihrer Verankerung losreißt.

**Sprengladung.** Gegen 30 bis 40 kg zur Zeit des Russisch-Japanischen Krieges, betrug das Ladungsgewicht der Minen bei Kriegsausbruch überall 100 bis 150 kg. Aus nasser gepreßter Schießbaumwolle oder aus ihr an Leistungsfähigkeit etwa gleichwertigen Sprengstoffen, wie Pyroglyin (z. B. in Rußland) oder Trinitrotoluol (z. B. in England und Deutschland), bestand die Ladung. Ihre Wirkung genügte, wie sich bald zeigte, den Kriegsanforderungen nicht. Der Unterwasserschuß der modernen Schiffe und dann sehr bald die im Kriege neu geschaffenen besonderen Schuß- und Abweiseinrichtungen die, wenn sie auch die Minen nicht immer ganz abweisen konnten, doch mindestens sicherstellten, daß ihre Detonation in einem gewissen Abstände von der Außenhaut erfolgte, zwangen dazu, die Wirkung zu steigern. Verbesserung der Ladung durch Übergang zu leistungsfähigeren Sprengstoffen und Ladungsvergrößerung war technisch möglich. Der ungeheure Bedarf an Sprengstoffen aller Art setzte in Deutschland der Verwendung von hochnitrierten Ladungen, wie z. B. von dem in unseren Torpedoköpfen verwandten Gemisch aus Trinitrotoluol und Hexa, wegen unserer Knappheit an den zum Nitrieren nötigen Stoffen, Schranken. So wurde bei uns im allgemeinen die Wirkungssteigerung durch Vergrößerung der Ladungen erreicht. Dem größeren Ladungsgewicht mußte durch Vergrößerung des Austriebes Rechnung getragen werden. Vergrößerung der Minen und dementsprechende Umkonstruktion und Anpassung vieler Einzelteile wurde nötig. Nicht willkürlich konnte diese Vergrößerung erfolgen, da die Minen stets von den verschiedenen vorhandenen und neugeschaffenen Minenlegern, deren Einrichtungen nur bestimmte Abmessungen zuließen, verwendbar sein mußten. Erforderte der Kampf gegen das Überwasserschiff wirkungsvollere und damit größere Minen, so führte der Kampf gegen das Unterseeboot den entgegengesetzten Weg. Schon bei leichter Verletzung seines Druckkörpers ist das getauchte fahrende Unterseeboot tödlich getroffen. Dazu genügen Ladungen von 20 kg. Möglichste Beschränkung der Sprengwirkung der einzelnen Mine liegt aber im Interesse der Wirksamkeit der Gesamtsperre, die um so dichter sein kann, je weniger leicht die Nachbarminen durch die Detonation einer Mine zur Mitzündung gebracht werden können. Rund 40 m muß bei den großen Minenladungen der Sicherheitsabstand von Mine zu Mine betragen. Besondere kleine Minen gegen Unterseeboote wurden daher konstruiert, die meist mit größerem Tiefstande — 12 bis 20 m unter der Wasseroberfläche

— verankert, gestatteten, diese Sperren mit kleinen, der geringen Breite des U-Bootes angepaßten Abständen zu werfen. Statt des einen Normaltyps der deutschen Streumine mit rund 100 kg Ladung mußte die Technik daher eine große Anzahl verschiedener Minenarten von der 20-kg-U-Bootsmine bis zur großen Mine mit 200 kg Ladung bereitstellen.

**Sicherheit des Minenlegers.** Während die unmittelbare Sicherheit des Überwasserfahrzeuges als Minenleger durch eine Zünderversicherung, die die Mine erst nach dem Werfen scharf werden ließ, so erreicht war, daß diese Einrichtung ohne Änderung auch für die Verwendung der Minen vom Unterseeboot übernommen werden konnte, stellte die Verwendung des Unterseebootes als Minenleger andere neue Aufgaben.

Nicht nur der Minenleger mußte gegen vorzeitige Entzündung der Mine, sondern auch die Mine gegen vorzeitige Betätigung ihrer Einzelteile geschützt werden. Vor dem Werfen liegt die Mine im Unterseeboot bereits in ihrem Element, im Wasser. Das zwang zu Änderungen der Verbindungszange, das ist die Einrichtung, die die Mine mit ihrem Anker fest verbindet und die erst nach einer bestimmten Liegezeit der Mine im Wasser durch Wegschmelzen eines Salztüdes sich löst und damit der Mine gestattet, von dem auf dem Meeresgrunde liegenden Anker aufzusteigen auf die eingestellte Tiefe; das zwang schließlich, als die militärische Verwendung durch Entsendung von Minen-U-Booten in außereuropäische Gewässer oft wochenlange Liegedauer der Mine im U-Boot nötig machte, zu völligem, wasserdichtem Abschluß des ganzen Ankers und damit des für die richtige Wirksamkeit der Mine, ihren Stand auf einer bestimmten Tiefe unter der Wasseroberfläche entscheidenden, empfindlichen Apparates, des Tiefenstellers.

**Verankerung.** Wassertiefen über 100 m setzten bei Kriegsausbruch im allgemeinen der Minenverwendung eine Grenze. Die großen Wassertiefen in der östlichen Ostsee führten zuerst die Russen, die Notwendigkeit auch den tiefen Nordzugang zur Nordsee, das Gebiet zwischen den Schetlandinseln und der norwegischen Küste, mit Minen zu sperren, führte dann auch die Engländer dazu, die Ankertaulänge zu steigern. Auch die deutsche Minentechnik ist dieser Entwicklung gefolgt. Nächste der Verwendung dünnerer Ankertau, die aber naturgemäß beschränkt ist durch die Forderung genügender Lebensdauer der Verankerung, kann nur durch Steigerung des Auftriebes, also der Größe der Mine, das Mehrgewicht des längeren Ankertau ausgleichend werden. Wie der Ladungssteigerung, so setzt also auch der Vergrößerung der Ankertaulänge und damit der Verwendung der Minen in großen Wassertiefen die Größe und Abmessung der Minenleger und ihrer Einrichtungen bestimmte Grenzen. Trotzdem gelang es unserer Technik, durch Auswahl geeigneten Materials und gute An-

passung, Minen bereitzustellen, die auf 300 m Wassertiefe einwandfrei verwendbar sind.

**Entschärfer.** Nicht nur der international geforderte Schutz der neutralen Schifffahrt, sondern auch das eigene Interesse der Kriegsführenden erfordert einen Schutz gegen Minen, die sich von ihrer Verankerung losgerissen haben und so, herrenlos herumtreibend, jede Schifffahrt gefährden. Eine besondere Einrichtung, die entweder beim Losreißen der Mine vom Untertau den Zünder herausreißt, oder die die Mine nur so lange scharf hält, als sie mit ihrer Auftriebskraft an dem Untertau zieht, trägt dem Rechnung. Die militärische Verwendung der Minen in diesem Kriege stellte aber noch eine neue Entschärfungsforderung. Es war notwendig, bestimmte Gewässer nur zeitweise zu sperren, wenn man sich diese Gebiete nicht für die ganze Kriegsbauer selbst sperren wollte. So entstand die Zeiteinrichtung, die gestattete Minen zu legen, die nach einem bestimmten einstellbaren Zeitraum unwirksam wurden. Durch Uhrwerke und besondere Schmelzmassen wurde bei uns und anderen Marinen das Problem zu lösen versucht. Die vollkommenste Lösung gelang unserer Technik auf elektrischem Wege durch Unterbrechung des Zündstromkreises nach Zerlegung einer bestimmten Flüssigkeitsmenge.

**Minenfabrikation.** Neben diesen konstruktiven Ausgaben fiel der Technik des Minenwesens während des Krieges auch die schwierige Aufgabe zu, den ständig wachsenden militärischen Forderungen auf Bereitstellung einer genügenden Anzahl von Minen nachzukommen. Sie hat auch das geleistet. Von rund 450 Minen im Monat im Herbst 1914 ist die Lieferung auf bis zu 2000 Minen im Monat gesteigert worden, trotz aller Schwierigkeiten, die auch hier die Knappheit an den erforderlichen Rohstoffen mit sich brachten.

**Minenleger.** Nur das im Kriege ganz neu als Minenleger auftretende Fahrzeug, das Unterseeboot, stellte der Technik besondere Aufgaben; Lager- und Wurfeinrichtungen mußten neu konstruiert werden. Trotzdem hier zunächst alle praktischen Erfahrungen und Vorversuche fehlten, wurde auch diese Aufgabe sofort den militärischen Anforderungen entsprechend gelöst (vgl. auch Abschnitt B IV). Zwei verschiedene Arten von Minen-U-Booten wurden gebaut: das Röhrensystem, bei dem die im Vorschiff des U-Bootes in besonderen Röhren senkrecht — teils einzeln, teils zu zwei übereinander — lagernden Minen nach unten fallen gelassen werden, und das Schleusensystem, bei dem die Minen wagerecht auf Ablaufbahnen im Hinterschiff des U-Bootes lagern und von da über das Heck durch besondere Schleusen ausgeworfen werden. Neben diesen Hauptarten sind dann schließlich noch die Torpedoausstoßrohre der Unterseeboote als weitere Minenlager- und Wurfeinrichtungen hergerichtet worden, so

daß auch die nur als Torpedo-U-Boote gebauten Boote im Minenkriege verwendet werden konnten, allerdings nur nach Ausrüstung mit besonderen, in ihrer Form dem Torpedoausstoßrohr angepaßten sogenannten Torpedominen.

**Such- und Räumgerät.** Die ungeahnte Ausdehnung der Minenverwendung in diesem Kriege waren unsere Minensuch- und Räummittel, so wie sie vor dem Kriege entwickelt waren, weder ihrer Art, noch ihrer Arbeitsmethode, noch ihrer Zahl nach gewachsen. Im sorgfältigen Absuchen kleiner engbegrenzter Gebiete, also etwa der Flußmündungen oder höchstens der Helgoländer Bucht und im gelegentlichen Beileitdienst der Flotte durch minenverdächtige Gebiete hatte man ihre Aufgaben gesehen; für diese Arbeit dicht unter der Küste waren die kleinen Minensuchfahrzeuge, durchweg alte Torpedoboote, für diese Kleinarbeit war das Gerät bestimmt. Durch besondere, seefähige und für das Arbeiten mit dem Gerät besonders gebaute und wohnlische Fahrzeuge, die M-Boote, durch Einstellung der für das Arbeiten auch bei schwerer See geeigneten Fischdampfer, durch Bereitstellung schneller, flachgehender Motorfahrzeuge und von Mutter Schiffen, die ihnen als schwimmende Stützpunkte dienen konnten, wurde das Fahrzeugmaterial den neuen Aufgaben angepaßt. Neben das genau arbeitende leichtere Suchgerät trat das sogenannte schwere Suchgerät, das die Minen einfach zusammenharkend und abreißend besonders geeignet war, lange Minensperren schnell in Grobarbeit zu beseitigen. Neben solchen Neueinführungen ging die Verbesserung des vorhandenen Gerätes durch Steigerung von Suchbreite und Suchgeschwindigkeit. Auch hier gelang es wesentliches zu erreichen. Statt nur mit 11 sm konnte später mit 15 sm Geschwindigkeit gesucht werden, statt rund 100 m überdeckte später ein Suchgerät 200 bis 300 m. — Die starken Verluste gerade der Minensuchenden Fahrzeuge führten dann weiter zur Einführung von Geräten, die nicht, wie die bisher gebräuchlichen, von dem Fahrzeug geschleppt wurden, also nur hinter ihm suchen können, sondern die vorne am Bug oder an einem besonderen, vor dem Bug unter Wasser nach vorn ragenden Spier angebracht das suchende Fahrzeug zugleich vor Minentreffern schützen. Dieses sogenannte Scheerbrettminenräumgerät ist dann schließlich so entwickelt worden, daß es nicht nur für die Minensuchfahrzeuge, sondern im letzten Kriegsjahre ganz allgemein zum Schutze aller Kriegsschiffe eingeführt werden sollte. Es ist nur noch teilweise dazu gekommen. Dem bisher üblichen Minensystem, der Mine am Untertau, wäre mit der endgültigen Ausrüstung aller Schiffe mit diesem Gerät voraussichtlich das Todesurteil gesprochen worden.

## VII. Signal- und Fernsignalwesen.

Von Korvettenkapitän Bindseil.

Die Bedingungen, unter denen das Signal- und Fernsignalwesen an Bord der Kriegsmarine arbeiten soll, sind grundsätzlich verschieden von den für die Nachrichtenmittel des Heeres gültigen.

Selbst in der Bewegung besteht bei diesen eine gewisse Stetigkeit der Verbindung; dagegen kann die fahrende Flotte, wo jedes einzelne Glied sich von Sekunde zu Sekunde in Richtung und Stellung zueinander verschiebt, nur Signalmittel benutzen, die sich einer der drei die Schiffe verbindenden Medien: Luft, Äther oder Wasser, zur Fortpflanzung bedienen, also auf nahe und nächste Entfernungen optische und akustische, auf weitere und weiteste Entfernungen optische und elektromagnetische Signalmittel (Funkentelegraphie). Nur innerhalb des einzelnen Schiffes können alle mechanischen Draht- usw. Verbindungen von Fernsprech-, Telegraphen- und Befehlsübermittlungsanlagen zur Anwendung kommen.

Das moderne Schlachtschiff, als in sich abgeschlossene Kampfeinheit, bedarf einer Unzahl von Signal- und Nachrichtenmitteln,

- a) zur Aufrechterhaltung der eigenen Lebens- und Kampfkraft,
- b) zur Sicherung und zum Verkehr mit Nebenmann und Führung innerhalb des eigenen Verbandes, sowie
- c) zum Fernverkehr, sei es zur Sicherung des Zusammenhalts innerhalb der weit verteilten Hochseeflotte oder zum Verkehr mit Auslandsschiffen, mit heimischen Stützpunkten und der übrigen Außenwelt.

Da alle diese Signal- und Befehlsmittel auf engem Raum nicht nur störungsfrei neben- und durcheinander, sondern auch unbeeinträchtigt durch die zahlreichen, starken Geräusche von laufenden Maschinen u. dgl. arbeiten sollen, müssen für sie alle irgendwie brauchbaren Hilfsmittel moderner Verkehrstechnik ausgenutzt werden.

Hinsichtlich der Gruppe a) standen die Schiffe der deutschen Hochseeflotte bei Kriegsbeginn den Gegnern mindestens gleichwertig da.

Ein weitverzweigtes und gut geschütztes Netz von Sprach- und großkalibrigen Schallrohren verband einmal die wichtigsten Stellen im Schiff und sicherte andererseits innerhalb der verschiedenen Waffens- und Gefechtsgruppen den festen Zusammenhalt der einzelnen Neben- und Unterstellen.

Für die Schiffsführung im Gefecht gab es eine besondere **G e f e c h t s - t e l e p h o n a n l a g e**, deren Leitungen entweder unter Panzerschutz fest-

verlegt oder als Befehlsreserve in Gestalt von fliegenden Anlagen schnell auszubringen waren.

Eine große Zahl Befehlsübermittlungsapparate, Befehlsgeber und Telegraphen, optischer, mechanischer und zumeist elektromagnetischer Bauart, dazu eine lang erprobte Feuerleitungsanlage mit einem besonderen Artillerietelephonon<sup>\*)</sup> gewährten schnellste Befehlserteilung im Schiff.

Selbsttätige Warnsignalklingeln von den Geschützen nach den durch ihren Luftdruck gefährdeten Teilen des Oberdecks und der Aufbauten, Alarm- und Schottendichtglocken nach allen wasserdichten Abteilungen, dazu eine Unzahl elektrischer Signalklingeln für besondere Zwecke vervollständigten die Ausrüstung.

Eine vollkommene Fernsprechanlage mit Vermittlungsamt und etwa 120 Anschlüssen war auf dem Linien Schiff „Kaiser“ in Erprobung, selbst eine Rohrpostanlage war kurz vor Kriegsausbruch auf dem Flottenflaggschiff zur schnellen Verbindung zwischen den beiden Funkpruchstellen und der Flottenführung auf der Kommandobrücke erprobungshalber zum Einbau gelangt.

Alle Einrichtungen haben sich im Gefecht wie im Dauerbetriebe des Krieges gut bewährt. Sie bedurften deshalb — besonders nach den reichen Erfahrungen der Stagerat-Schlacht — nur eines weiteren Ausbaus.

Zur Gruppe b der Signalmittel gehören zunächst alle Einrichtungen zum Anzeigen von Fahrt- und Ruderlage. Änderungen an diesen, in jahrelanger Fronterprobung bewährten Signalmitteln brauchten nicht vorgenommen zu werden.

Daselbe gilt für die Signalmittel des Nahverkehrs: Flaggsignale für Taggebrauch, Nachtsignalapparate (N. S. A.) und Sternsignale für Nachtbetrieb, ebenso auch für die akustischen Signalmittel.

Der Befehls signaldienst war vor Ausbruch des Weltkrieges unter Ausnutzung aller Fortschritte der Technik den neuesten Anforderungen angepaßt worden\*).

\*) Die Grundgedanken dieser vom damaligen Flottenchef, Admiral v. Ingenohl, durchgeführten Ausgestaltung waren etwa folgende:

1. Alle taktischen Signalmittel sind ausschließlich der Befehlserteilung durch den Flottenführer vorbehalten, nur Winkspruch und Signalscheinwerfer stehen für Signalmeldungen zur Verfügung.
2. Alle Signalbefehle werden gleichzeitig mit allen verwendbaren Signalmitteln, also Flaggen, Sternsignalen, Funken- und Unterwassertelegraphie (3. Station) abgegeben.
3. Die einzelnen Signalmittel werden so über das Schiff verteilt und gegen feindliche Einwirkung gesichert, daß nach menschlichem Ermessen nicht alle Signal-

Die Forderung nach Schutz der Flaggen-signale und des Signalpersonals erheischte die Verlegung der Signalstelle in das vom Panzer geschützte Schiffsinne und zwar, um den gänzlichen Ausfall durch einen einzigen schweren Treffer zu vermeiden, die Einrichtung mehrerer solcher Gesehts-signalstellen. Das Heißen bzw. Zeigen der Flaggen erfolgte aus jeder einzelnen Stelle in doppelter Weise: einmal an Leinen nach den Raaen des zunächst stehenden Mastes und gleichzeitig durch Schlitze im Seitenpanzer an ausfahrbaren oder telekopartig auschiebbaren Stangen (Stahlrohren) nach seitwärts frei von der Bordwand\*).

Der Einbau solcher Gesehts-signalstellen — zumal nachträglich in fertige Schiffe — stieß auf große Schwierigkeiten, da ihm vielfach berechtigte Forderungen von artilleristischer und seemännischer Seite sowie Gründe der Schiffssicherheit entgegenstanden. Unsere Schiffsbau-technik ist ihnen aber trotzdem gerecht geworden.

Zur funktentelegraphischen Übermittlung der Signalbefehle waren neben der F. L.-Hauptstation noch besondere F. L.-Zweigstationen (sogenannte Z.-Stationen) vorhanden, die über einen tönen-den Böschfunkenfender und einen abstimm-scharfen Empfänger verfügten. Zwei aus Sicherheitsgründen getrennt unter Panzerdeck aufgestellte Umformer lieferten den 1000-Perioden-Wechselstrom; eine besondere Synchronanlage gewährte die Möglichkeit des gleichzeitigen Arbeitens von Haupt- und Z.-Station. Als Luftnetz diente zunächst eine kleine Antenne, von oberhalb des Kommandoturmes nach dem vorderen Mast geführt; bei deren Ausfall trat ein vom Turminnern auschiebbarer oder ausfahrbarer Telestopmast von etwa 9 m Höhe, der freistehend durch eine starke Durchführung in der Turmdecke gehalten wurde. Zwei weitere solcher Z.-Masten standen klar zum Ausbringen auf einer Revolverdreh-scheibe im Turmschacht.

Zur Beschränkung der eigenen Reichweite, sowie zum Schutz gegen

mittel gleichzeitig ausfallen können, daß also immer wenigstens eins davon gangbar bleibt.

4. Alle Signale so einfach und kurz wie nur möglich und so ausgewählt, daß Verwechslungen ausgeschlossen sind.
5. Diese nach Form und Zahl beschränkten Gesehts-signale sind so anzulegen, daß sie von Offizieren und Signalpersonal leicht im Kopf behalten werden können.
6. Dadurch, daß die auf verschiedenen Wegen eintreffenden Signalbefehle oftmals und von den verschiedensten Stellen abgelesen und kontrolliert werden, ist größtmögliche Sicherheit gewährleistet.

\*) Diese beiden Arten sind notwendig, um sicherzustellen, daß von den gleichzeitig wehenden Flaggen-signalen unter allen Wechsel-fällen (unter dem aufsteigenden Rauch oder über dem auf dem Wasser liegenden Rauch, in Wind- und Feuer (e und - (u) stets wenigstens eines für Vorder-, Hinter- und Nebenmann erkennbar bleibt.

Störungen durch anderen F. L.-Verkehr, benutzte die 3.-Station verhältnismäßig kurze Wellen von etwa 150 bis 250 m, dazu einen besonders hohen und markanten Ton, der das Heraushören der 3.-Stationsbefehle aus anderem Signalverkehr ähnlicher Wellenlängen erleichterte.

Die 3.-Stationen haben einwandfrei und unbeirrt durch feindliche Störungsversuche gearbeitet. Ihrer schnellen und sicheren Übermittlung ist es mit zu verdanken, daß die Signalbefehle in der Schlacht vor dem Stagerrak ohne Versagen und ohne Verzögerung durchkamen und das durch sie angeordnete mehrmalige Herumwerfen der Linie vor dem überlegenen Feuer der die Umfassung anstrebenden „Grand Fleet“ glückte.

Vom Raume der 3.-Station aus wurde auch das modernste Schiffs- und Gefechtsignalmittel: die Unterwassertelegraphie (U. T.) Anlage betätigt, weil dadurch das Zusammenarbeiten mit der F. L. und die Kontrolle durch den F. L.-Offizier am besten gewährleistet wurde.

Zu Kriegsbeginn waren derartige Anlagen erst in zwei Ausführungen vorhanden und bedurften noch der Fronterprobung.

Es waren sogenannte U. T. - Sirenen, die die Schallschwingungen im Wasser mit Hilfe von gleichmäßig und schnell aufeinander folgenden Druckwasserstößen erzeugten. Sie erwiesen sich als zu kompliziert und zu empfindlich, auch bildete der unter dem Schiffstiel hervorragende Sirenenkörper ein Gefahrmoment für das Schiff. Sie wurden deshalb — besonders nach den Erfahrungen auf U-Booten — durch den viel einfacheren, leichteren und ungefährlichen elektromagnetischen Membransender ersetzt, dessen Schallplatten an günstigen Stellen des Unterwasser-schiffs in Wassertästen oder in die Bordwand selbst eingebaut und durch Elektromagnete in periodische Schwingungen versetzt werden, die sie dem umgebenden Wasser mitteilen.

Die Aufnahme der vom U. T. - S e n d e r gegebenen Morse-signale erfolgte auf älteren Schiffen mittels der dort vorhandenen „nautischen Empfänger“, die sonst zum Abhören von Unterwasser-Blockensignalen von Feuer-schiffen und Bojen dienen. Die neueren Schiffe erhielten ebenso wie die U-Boote besondere abstimmfähige Unterwasser-schallempfänger, die weit empfindlicher waren, größere Lautstärke besaßen und dadurch die Reichweite steigerten.

Diese U. T. - E m p f ä n g e r übermitteln die bei ihnen auftreffenden Schall-schwingungen mit Hilfe von Mikro-phonen und Empfangsverstärkern nach den Hörern des Empfangsraumes (3.-Station).

Die Reichweiten der U. T. wechseln sehr stark, mit der Dichtigkeit (Luftgehalt) des Wassers (Temperatur, Jahreszeit), mit der Wassertiefe und — bei geringeren Tiefen — mit der Gestaltung und Beschaffenheit des Meeresbodens. Nebengeräusche können recht hinderlich werden.

Während von einzeln fahrenden Schiffen und U-Booten oft wechselseitige Reichweiten von 20 km und mehr erreicht wurden, ergaben sich innerhalb der fahrenden Flotte infolge der Schraubenwirbel usw. erheblich geringere Verständigungstrecken. Ein heute noch nicht beseitigter Nachteil ist der Schattenwinkel, der sich bei jedem durch Schrauben fortbewegten Fahrzeuge infolge des Schraubenstromes nach achteraus bildet und den Signalgeber zwingt, seine Gegenstation während des Verkehrs in Richtung voraus oder querab zu halten\*).

Als letzte Vertreter gehören zur Gruppe b) die Erkennungs-signale (E. S.).

Sie wurden abgegeben, sobald sich zwei Fahrzeuge in Sicht bekamen und nicht jeder Zweifel über die Zugehörigkeit und das Wesen des anderen ausgeschlossen war. Außer den auf Überwasserfahrzeugen vorhandenen Signalmitteln gab es hierfür noch einige besondere E. S.: farbige Lichter, Kunstfeuer, Raketen, Splittersterne (für Flieger), verschiedenfarbener Anstrich von Aufbauten, Schornsteinen, von aufgemalten Abzeichen\*\*) oder endlich eine Art Nebelbomben, die ebenso wie die E. S.-Sterne aus dem Turminnern des gestutet oder aufgetauchten U-Bootes herausgeschossen wurden und beim Aufstreifen aufs Wasser eine charakteristische Nebelwolke entwickelten.

Die meisten E. S.-Signale wechselten häufig (meist täglich), um dem Gegner das Nachahmen zu erschweren; die übrigen beruhten auf streng gehüteten Geheimnissen und Erfindungen unserer überlegenen chemischen und optischen Industrie, für die eine schnelle Nachahmung durch den Feind nicht zu befürchten war.

#### Gruppe c:

Der Scheinwerfer als erstes der Fernsignalmittel gewährt bei Nacht, auf die Wolken gerichtet, einen Signalverkehr von 60 bis zu 80 km Entfernung, bei Tage, auf den Signalempfänger eingestellt, selbst bei Sonnenschein bis zur Grenze der Sichtweite, ja bis unter die Kimm. Die neuen Schiffe besaßen acht solcher Scheinwerfer von 110 cm Spiegeldurchmesser\*\*\*). Daneben gab es noch zwei oder drei kleinere Signalscheinwerfer, die, teils fest, teils transportabel eingerichtet,

\*) Für die in Kelllinie fahrende Flotte muß sich der Signalgeber also entweder seitlich heraussetzen oder aber mit seitlich der Formation aufgestellten U. T. Signalwiederholern arbeiten.

\*\*) Wie die Eisernen Kreuze der Luftschiffe und Flugzeuge und die schwarzweißen Ringe auf den Turmbeden der Schlachtschiffe und an Oberdeck der U-Boote (als Erkennungszeichen gegenüber der Luftwaffe).

\*\*\*) Von diesen großen Scheinwerfern war in der Tagsechschlacht nur je einer vorn und achtern gebrauchsfähig — Bedienungen in Deckungsstellung —, die übrigen standen unter Panzerschutz und wurden erst mit Dunkelwerden ausgebracht.

zum Signalisieren eine Klappjaloufie besaßen, die das Geben von langen und kurzen Blicken ermöglichte; zum Betriebe der Lampe diente Gleichstrom des Schiffsnetzes.

Auf Fahrzeugen ohne elektrisches Licht trat anstelle der Bogenlampe ein Azetylen- (Kalziumkarbid-) Brenner, wie er auch in der „Feldsignallampe“ an Land Verwendung fand.

Eine besondere Art von Signalscheinwerfern war auf den Luftschiffen in Gebrauch in Gestalt einer aus etwa 20 Glühbirnen bestehenden Sternlampe, die von der Akkumulatorenbatterie der Reserve-F. L.-Anlage gespeist wurde\*).

Das eigentlichsie Fernsignalmittel, das alle seine Vorgänger aus dem Felde geschlagen hat und noch die weitesten Entwicklungsmöglichkeiten bietet, ist die Funkentelegraphie\*\*) (F. L.); ohne sie ist die moderne Seerriegführung gar nicht zu denken!

Die Hochseeflotte stand hinsichtlich ihrer F. L.-Ausrüstung bei Eintritt in den Krieg ziemlich gleichmäßig und zeitgemäß ausgestattet da. Das Flotten-F. L.-Personal stand gleichfalls auf einer erfreulichen Höhe technischer Durchbildung und praktischer Signalfertigkeit. Eine eiserne F. L.-Disziplin sicherte die militärische Leistungsfähigkeit dieses wichtigsten Signalmittels.

Mit Hinzutreten der wieder in Dienst gestellten alten Schiffe mußte natürlich die Einheitlichkeit innerhalb der Hochseestreitkräfte leiden, auch die durchschnittliche Leistungsfähigkeit in den ersten Wochen der Robilmachung sinken, da mit den zahlreichen veralteten F. L.-Anlagen auch viele aus der Übung gekommene Reservisten in den Frontbetrieb eingereiht werden mußten. Die veralteten F. L.-Anlagen wurden aber bald durch leistungsfähigere ersetzt oder modernen Ansprüchen angepaßt. Auch das eingezogene Reservistenpersonal erlangte bald durch fleißiges Üben die erforderliche Signalfertigkeit wieder.

Spätherbst 1914 war die Vereinheitlichung der F. L.-Anlagen dank der schnellen Arbeit der Werften und Fabriken durchgeführt; von nun ab war jede Funkpruchstelle der deutschen Marine mit dem Einheitsystem der tönenden Böschfunken (Telefunken) ausgerüstet.

In der Leistung — nach erzeugter Schwingungsenergie gemessen — unterschieden sich die Sendeanlagen in

\*) Die Einführung dieser Glühlampenscheinwerfer war nötig, weil die leichte Entzündlichkeit der mit Wasserstoffgas gefüllten Luftschiffballonnets die Verwendung offener brennender Bogenlampen nicht zuließ.

\*\*) Über ihr Wesen und die technischen Grundlagen usw. gibt Teil A, Abschnitt „Nachrichtennittel“, näheren Aufschluß.

a) 4 kw - S e n d e r (für Flaggschiffe, große Kreuzer und wichtige Küstenstationen),

b) 2 kw - S e n d e r (für Linienfahrer, kleine Kreuzer und mittlere Küstenstationen),

c) 0,5 kw - S e n d e r (für Torpedoboote und Nebenstellen an Land).

Dazu traten bei der Mobilmachung:

d) 1,5 kw - S e n d e r (für größere Hilfsfahrer, Handelsdampfer und

e) 0,2 kw - S e n d e r (für Minensucher und Vorpostenboote, Fischdampfer).

Als infolge der fortschreitenden Minenverfuchung das Grenz- und Kampfgebiet weiter von der heimischen Küste abgerückt wurde, und sich die Störungen durch feindlichen F. L.-Verkehr stärker fühlbar machten, wurden einige stärkere Sendertypen eingeführt, und zwar:

ein 10 kw - S e n d e r für Verbands-Flaggschiffe und große Kreuzer und

eine 5 kw - S e n d e r für kleine Kreuzer.

Sie kamen jedoch nur noch in wenigen Ausführungen in die Front.

Während die unter a) bis c) genannten Marinetypen — einschließlich der Luftschiffsender — Abstimmittel für einen stetig veränderlichen Wellenbereich von 200 bis 2000 m besaßen, waren die Sendebereiche der beiden Typen d) und e) auf einige fest einstellbare Wellen in den Grenzen von etwa 200 bis 600 m Länge beschränkt.

Die Großkampfschiffe und modernen kleinen Kreuzer sowie die Flaggschiffe einiger älterer Schiffsverbände und einige große Küstenstationen verfügten außerdem noch über einen ungedämpften (Bogenlampen-) Sender System Poulsen-Lorenz von 4 bzw. 1,5 kw Leistung und einem Wellenbereich von 2000 bis 6000 m.

Zu jeder Senderanlage gehörten zwei Umformeraggregate, die in getrennten Umformerräumen unter Panzerdeck aufgestellt waren und mittels Fernanlasser vom Senderraum aus wahlweise an verschiedene Stromkreise des Schiffes angeschaltet werden konnten. Sie wandelten den Schiffsgleichstrom um entweder in den 500 ~ Wechselstrom für den Telefunkenfender oder in hochgespannten Gleichstrom für die Poulsenlampe.

An Empfangseinrichtungen gehörten zu jeder der beiden Sendergruppen a) und b) je drei Zellenempfänger für verschiedene sich überlappende Wellenbereiche und mit Einrichtung für Primär- und Sekundär- und teilweise auch Tertiärempfang, einer von ihnen für ungedämpften Empfang mit Lärer oder Schleifer ausgestattet.

Jeder dieser drei Empfänger hatte sein eigenes *L u s t n e ß*, seinem Wellenbereich angepaßt. Das sogenannte „große Reß“ als Masten- oder Dachantenne zwischen den Masten und Raanoden ausgespannt, dann das „mittlere Reß“ meist zu oberst zwischen den Mastenspitzen als L- oder T-Antenne aufgebracht, und schließlich das „kleine Reß“, das meist als Doppeldraht oder Keufenantenne nach einem der beiden Masten geführt war.

Die drei Empfangsapparate mit den vorbeschriebenen beiden Sendern bildeten zusammen die Haupt-*F. L.*-Anlage der Schiffe, die in einem schallisolierten *F. L.*-Raum hinter Panzerschutz oder unter Panzerdeck untergebracht war. Wenn irgend möglich, war der Haupt-*F. L.*-Raum noch in einen Sender- und Empfangsraum unterteilt. Dabei wurde die abgefonderte Senderanlage durch eine elektrische oder mechanische Fernbedienung vom Empfangsraum aus bedient, während eine automatische Rückmeldevorrichtung die erforderliche Kontrolle gewährte.

Über die außerdem vielfach vorhandene 3.-Station siehe S. 460.

Im Laufe des Krieges wurden alle Schiffe der ersten Kampflinie noch mit einer besonderen *F. L.*-Reserve ausgerüstet in Form einer tragbaren, vollkommen selbständigen Reservestation mit eigener Stromquelle (Benzol- oder Elektromotorbetrieb) und etwa 0,3 kw Senderleistung, die auch als Landungsstation verwandt werden konnte.

Diese Reservestation war in einem besonderen *Reserve-F. L.*-Raum untergebracht, der möglichst weit ab von der Hauptstation lag und in unmittelbarer Sprachrohrverbindung mit dem Hauptraum und der Brücke stand. Falls auch der *Reserve-F. L.*-Raum unbenutzbar wurde, blieb die Möglichkeit des Ausbaues an Deck und der Stromentnahme aus Anschlußboxen des Schiffesnetzes übrig. An Bord arbeitete die Reservestation auf ein eigenes *kleines Lustneß*, bei Verwendung an Land mit einer T-Antenne, die zwischen zwei leichten, aus zusammensteckbaren Stahlrohren hergestellten Masten aufgebracht wurde.

Diese Reservestationen haben oft bei Unbrauchbarwerden der Hauptstation gute Dienste geleistet.

Während die Schiffs-*F. L.*-Anlagen vor Kriegsbeginn zu einem gewissen Abschluß gekommen waren, bedurften die Sondertypen für Luftschiffe, Flugzeuge und Unterseeboote mancher Verbesserung. Unter dem Druck der Forderungen des Krieges fanden sie aber bald eine solche Förderung, daß auch hier früher nie geahnte Leistungen erzielt wurden.

**Luftschiffstationen\*).** Sender und Empfänger sowie Anlaß- und Kontrollapparate waren auf unseren Z. (Zeppelin-) und S. L. (Schütte-Lanz-)Schiffen in der vorderen, d. h. Führergondel in einem schalldicht abgeschotteten F. L. - Raume untergebracht; nur der F. L. (Wechselstrom-)Dynamo stand außerhalb des Raumes in der hinteren Maschinen-gondel, wo er mittels Riemenübertragung von einem (später von mehreren) der dortigen Motoren angetrieben wurde.

Der etwa 0,7 kw Schwingungsenergie liefernde Telefunken sender war zur Ausschaltung der Funkengefahr in einem gestatteten und gut durchventilierten Senderschrank eingeschlossen und gestattetete mit einer unterhalb des Luftschiffes aufgehängten, dreischwänzigen oder L. A. n. t. e. n. e. das Senden aller Wellenlängen zwischen 600 und 1800 m.

Ein Empfänger mit Primär- und Sekundärausschaltung ermöglichte die Ausnahme aller in Betracht kommenden Wellenlängen.

Die Verbesserungen, die die Luftschiffs-F. L.-Anlagen im Hinblick auf die gewaltig gesteigerten Fahrtleistungen sowie auf den entscheidenden Wert der F. L. für die militärische Verwendung, Navigierung und Sicherheit der Luftschiffe erfuhren, bezweckten einmal eine Vergrößerung der Verkehrsweiten, sodann die Schaffung möglichst großer Betriebssicherheit durch Strom- und Sender-Reserven.

Auf dem Wege der Verstärkung der Senderanlagen ließ sich das erste Ziel nicht voll erreichen; denn das verfügbare Gewicht war viel zu beschränkt, um das erforderliche Mehr an Rotor- und Senderleistung zu schaffen: über 1 kw ließ sie sich selbst mit der leistungsfähigsten Dynamoanlage nicht steigern; es mußte also durch Verstärkung der Empfangsenergie versucht werden. Die kurz vor Kriegsbeginn als Empfangsverstärker erprobte Lieben-Röhre erwies sich wohl als förderlich, jedoch infolge ihres Zubehörs als reichlich schwer und als zu empfindlich gegen Temperaturwechsel und Erschütterungen. Weit bessere Ergebnisse lieferte der 1914/15 erprobte Empfangsverstärker (E. V.) der Firma Telefunken, der mit zwei, später vier und drei Verstärkerröhren arbeitete und sicheren Empfang auf allen in Frage kommenden Entfernungen gewährte.

Die Betriebssicherheit der Stromversorgung wurde vergrößert

a) durch Einbau eines zweiten F. L.-Dynamos in die vordere Gondel.

\* Wie überhaupt Armee- und Marineluftschiffahrt im Kriege bei der Entwicklung und Ausnutzung der Waffe Hand in Hand arbeiteten, so schloß sich die Armeeluftschiffahrt auch hinsichtlich der F. L. ganz der Marine an: Sie übernahm nicht nur das Marinemodell für ihre Schiffs-F. L.-Anlagen, sondern entsandte auch Luftschiffaffigiere und Junfer zur Ausbildung im F. L.-Verkehr der Marine auf Schiffe der Flotte.

b) durch Schaffung einer Antriebsmöglichkeit für die beiden F. L.-Dynamos durch mehrere Motoren,

c) durch Antrieb der F. L.-Dynamos mit Hilfe der im Fahrtstrom leerlaufenden Schiffspropeller,

d) durch Notbetrieb unter Zuhilfenahme der Eisemannschen Lichtmaschine, die, als Motor geschaltet, den mit ihr gekuppelten F. L.-Dynamo aus der Akkumulatorenbatterie antrieb und ausreichenden Betriebsstrom für 300 am (550 km) Senderreichweite schaffte.

Nach den traurigen Erfahrungen mit dem über Holland ledgeschossen, dann auf dem Wasser hilflos abtreibenden „L. 19“ wurde für den Fall, daß die Hauptantenne mitsamt den Motoren und Dynamos ausgefallen ist, eine Reserve gebaut in Gestalt eines auf dem Lustschiffgerüst aufzustellenden Tretdynamos und einer Ballon- oder Drachenantenne.

**Flugzeugstationen.** Die Ausrüstung mit F. L.-Anlagen hat die Fliegerwaffe erst zu einem brauchbaren Werkzeug der Aufklärung über See gemacht\*), gleichzeitig auch die Sicherheit der Seeflugzeuge und ihrer Besatzungen bedeutend vermehrt, insofern sie durch Geben des Seenotzeichens Hilfe herbeirufen konnte.

Bei Kriegsausbruch ließen die für die F. L. geforderten Gewichte im Verein mit der schwierig zu lösenden Antennenfrage den Einbau auf Seeflugzeugen noch technisch unmöglich erscheinen, waren sie doch infolge der Schwimmerausrüstung schon an sich sehr schwer und jedem Landflugzeug an Geschwindigkeit, Steig- und Manövrierfähigkeit unterlegen! Erst im Sommer 1915 kam das erste F. L.-Flugzeug in die Front. Bei ihm beschränkte sich aber die F. L.-Ausrüstung noch auf eine Sendeanlage mit einer festen Welle; bald wurden es ihrer vier, nach Wahl zwischen 300, 400, 450 und 600 m. Der Einbau von Empfängern wurde erst möglich, als man ausreichende Schallisolierung gegen die störenden Wind- und Motorgeräusche zu schaffen und gleichzeitig die Lautstärke der ankommenden Zeichen zu erhöhen vermochte. Der eigentliche Aufschwung trat aber erst ein, als die Bedienung der F. L.-Anlagen in die Hand gründlich ausgebildeten und erfahrenen Flotten-F. L.-Personals übergegangen war.

Die erste Senderart, von der Signalgesellschaft in Kiel als tönender Löschfunkenfender mit direkter Stoßkreisverbindung gebaut,

\*) Solange die Flugzeuge ihre Beobachtungen erst nach Rückkehr vom Fluge melden konnten, waren ihre Berichte nur von historischem Wert. Die F. L. erst befähigte die Flugzeuge, ihre Beobachtungen an Ort und Stelle und ohne Bergzug zu melden und weiter unter fortlaufender Weidung am Feinde Fählung zu halten, so daß es möglich wurde, eigene Streitkräfte noch rechtzeitig und günstig an den Feind heranzubringen.

wurde gespeist aus einer mit dem Flugzeugmotor direkt gekuppelten Dynamomaschine und arbeitete auf eine 60 m lange, frei herabhängende Kupferdrahtantenne. Gesamtgewicht etwa 50 kg. Die beiden vorhandenen festen Senderwellen von 400 und 450 m erzielten unter normalen Frontverhältnissen eine Reichweite von 120 sm (220 km).

Der Nachteil der Unfähigkeit, bei ausfahendem Flugmotor noch (See-)Signale geben zu können, wurde beseitigt durch den Herbst 1915 eingeführten Sender der Torpedo-Inspektion (T. I.), der als Stromquelle eine kleine Dynamomaschine mit Propellerantrieb (Fahrwind) benutzte. Diese ließ sich mehr oder weniger in den Wind drehen und gestattete so selbst bei stillstehendem Flugmotor noch ein Funken während des Gleitfluges. Dabei verminderte sich das Gesamtgewicht auf etwa 24 kg, trotzdem der Wellenbereich um eine feste 300-m- und 600-m-Wellen erweitert worden war.

Die ein Jahr später eingeführte, ebenfalls von der T. I. gebaute Empfangsanlage bestand aus einem Primärempfänger mit Karborunddetektoren und einem 2-Röhren-G. B. von Telefunken.

Der Einbau der Kopftelephone in die Fliegerkappe gab ausreichenden Schutz gegen störende Geräusche. Das Gesamtgewicht stieg zwar wieder auf 50 kg, dafür war aber bei gleichbleibender Reichweite ein wechselfeitiger Verkehr ermöglicht. Diese F. L.-Anlagen wurden bis zum Kriegsende beibehalten.

Ein im Jahre 1918 fertig entwickelter Röhrensender für normale Flugzeuge, eine R.-Flugzeuganlage mit großem Wellenbereich und verstärkter Senderleistung, sowie ein Audion-Empfänger als Ersatz für den normalen Primärempfänger gelangten nicht mehr zur Einführung.

U-Bootsstationen. Die technischen Bedingungen, unter denen die F. L. an Bord der engen, feuchten und vom Lärm der Maschinen widerhallenden U-Boote arbeiten mußte, stellten besonders hohe Anforderungen an unsere elektrische Industrie. Es bedurfte längerer Zeit, bis sie der vielen, immer neuen Schwierigkeiten Herr wurde.

Erst im Jahre 1913 gelangte die erste wirklich „U-Bootsfähige“ F. L.-Anlage zum Einbau; zwar war auch hier noch manches verbesserungsbedürftig, aber sie erzielte doch militärisch brauchbare Verkehrsergebnisse und gab die sichere Grundlage ab für die spätere großartige Entwicklung, die die U-Boots-F. L. unter dem Zwange des U-Bootskrieges\*) gefunden hat.

\*) Wie wäre wohl die Führung des U-Bootskrieges fern von der Heimat möglich gewesen ohne die F. L.? — Ohne sie keine Nachrichten über feindlichen Schiffsverkehr, keine Warnung vor feindlicher Gegenwart und

Der bis zu 0,5 kw leistende U-Bootsender (System tönende Löschfunken) war auf eine feste Gebrauchswelle gebaut, für die er den günstigsten Wirkungsgrad bei kleinsten Abmessungen erhalten konnte. Der geringen Antennenkapazität und -höhe wegen, die die Verhältnisse auf den U-Booten (z. B. umlegbare Masten) bedingten, war nur eine entsprechend kleine Wellenlänge anwendbar, die sich mit 400 m bis auf die weitesten Entfernungen und auch im wirksamsten Störungsbereich feindlicher F. L.-Anlagen aufs beste bewährt hat.

Besondere Schwierigkeiten verursachte die Durchführung der Antenne durch den Druckkörper, die bei der durchaus notwendigen Isolation auch wasserdicht und druckfest selbst bei heftigster Erschütterung durch Wasserbomben sein mußte.

Ziel Kopfszerbrechen erforderte auch die Aufstellung und sichere Lagerung der Masten sowie ihrer Einrichtungen zum Ausrichten und Umlegen bei ausgebrachter Antenne vom tauchklaren U-Boot aus. Unter reger Mitarbeit der Front wurden jedoch alle Schwierigkeiten überwunden und schließlich in der Ausnutzung der über das U-Boot gespannten Reichweite als Empfangs-, später auch Sendantenne die einfachste Lösung gefunden.

Dank dem edlen Wettstreit eines vorzüglich durchgebildeten F. L.-Personals und unter Benützung der bekannten 2- und 3-Röhren-E. B. von Telefunken sind schließlich von unseren kleinen U-Bootsstationen Reichweiten von 1000 und mehr Seemeilen im wechselseitigen Verkehr\*) erzielt worden.

Beim Bau der großen U-Bootskreuzer konnte bei den vergrößerten Raumverhältnissen die Leistung der U-Bootsender auf 1 kw und darüber gesteigert werden. Das praktische Ergebnis entsprach aber nicht den Erwartungen. Daher versuchte man es mit dem ungedämpften Röhrensender der Flugzeugstationen, der zunächst neben dem bewährten Löschfunken sender zum Einbau gelangte und bald erfolgversprechende Reichweiten ergab. Die Aufgabe des U-Bootskrieges und der dann folgende Zusammenbruch unserer stolzen Wehrmacht bereiteten den ausichtsreichen Frontversuchen ein vorzeitiges Ende.

Die Rüstensfunksprüche stellen der Marine waren mit den-

ihren U-Bootsfällen, kein Zusammenarbeiten, keine Hilfe bei Seenot und Gefahr, keine Meldung nach der Heimat, keine Kunde aus der übrigen Welt!

\*) Weit aus dem Atlantik, von den Canarischen Inseln wie unter Island, aus dem Mittelmeer, Golf von Lyon und Straße von Sicilien, aus Biscaya und dem Eismeer wurde die nächste Verbindung mit der Heimat (S. M. S. „Arkona“ oder „Rugia“ in Emden) unterhalten; wenn es nicht anders ging, half ein Kamerad dem anderen. Es waren selbst für den Fachmann staunenerregende Leistungen.

selben Anlagen ausgerüstet wie die Schiffstationen. An größeren Stationen wurden von der Marine während des Krieges gebaut: zwei kräftige Flügelstationen in Brügge und Libau, für südliche Nordsee und östliche Ostsee, mit einem 15 bzw. 10 kw L. U. F.-Sender, dazu (als Reserve für Nordholz) eine mittlere Anlage für Luftschiffverkehr in Althorn, eine Küstenstation auf Sylt (Düst) und eine größere Anzahl kleinerer Stationen im deutschen und besetzten Küstengebiet sowie auf dem Balkan.

Als eine besondere Errungenschaft des Krieges sind die Richtungsanlagen (R. A.) zu erwähnen, die in erster Linie zur Erleichterung der Luftschiffnavigation, daneben auch zum Einpeilen (Ortsbestimmung) eigener und feindlicher F. L.-Sender dienten. Nachdem im Winter 1914/15 die ersten Versuche mit einer behelfsmäßigen, in einem Möbelwagen untergebrachten Anlage, die Dr.-Ing. Harbig von der L. U. bei Cuxhaven zusammengestellt hatte, günstige Ergebnisse geliefert hatten, wurde auf Betreiben des Flottentommandos sofort an den Bau von vier festen R. A. auf Sylt, Borkum und bei Nordholz und Brügge (in Flandern) gegangen, mit deren Hilfe dann bis Kriegsende die Luftschiffe auf ihren Angriffsfahrten über See nach England und wieder heimgeleitet wurden. Auch Flugzeuge, U-Boote und Überwassersfahrzeuge bedienten sich gern dieser R. A. für ihre Navigation. Die guten Erfolge ließen bald — auch bei der Armee auf Veranlassung der D. S. U. — an allen Fronten und auf allen Kriegsschauplätzen gleichartige Anlagen entstehen.

Diese R. A. bestanden nur aus Empfangsanlagen, und zwar aus einem System radial gespannter Erdantennen, in dessen Mittelpunkt der an allen Antennen gleichzeitig oder paarweise anzuschaltende Empfangsapparat (Goniometer) aufgestellt war. Das Antennensystem war rechtweisend orientiert, und zwar derart, daß bei den erstgebauten Anlagen auf jeden Kompaßstrich eine Antenne zu liegen kam (= 16 Antennenpaare), bei den neueren Anlagen auf jeden vollen Zehnergrad (= 18 Antennenpaare). Innerhalb der ganzen Striche bzw. Zehnergrade erfolgte die genauere Bestimmung und Unterteilung in Zweiergrade durch Messung mit dem Empfangsapparat, und zwar der leichteren Meßbarkeit halber mit Hilfe des Minimums an Lautstärke.

Die Aufstellungsorte für die R. A. waren so gewählt, daß die Peilung innerhalb der zu beobachtenden Gebiete möglichst günstige Schnittpunkte für Kreuzpeilungen ergaben. Die einzelnen R. A. waren durch Fernspregleitung an eine Küstenstation angeschlossen, die die genommenen F. L.-Peilungen auf Anforderung an die gepeilte Senderstation durch chiffrierten Funkpruch übermittelte.

Die in mancher Hinsicht als Nachteil anzusehende funktelegraphische Übermittlung der Peilungen an den Gepeilten wurde durch eine zweite,

im Herbst 1917 in Bau gegebene Art der R. A., nämlich die R i c h t u n g s - sendeanlage (R. S. A.), beseitigt. Bei ihnen strahlte ein kräftiger Sender alle halbe Stunde mit Hilfe eines gleichmäßig umlaufenden Goniometers auf jeder gerichteten Antenne ein- oder zweimal, also nacheinander auf jeden Zehnergrad des Kompasses ein- oder zweimal ein kurzes Zeichen aus, wonach jeder im Sendebereich stehende Empfänger unter Zuhilfenahme einer besonders eingerichteten Stoppuhr die geographische Richtung (Peilung) der R. S. A. und aus gleichzeitiger Peilung von zwei solchen R. S. A. seinen Schiffsort feststellen konnte. Zwei solcher R. S. A. wurden im Frühjahr 1918 in Cleve und Londen fertiggestellt und waren bis Kriegsende in Tätigkeit.

Eine große Zahl von Sonder signalmitteln, wie sie der neuartige Unterwasserkrieg zur Abwehr und zum Angriff benötigte, muß außerhalb dieser Betrachtung bleiben.

Das hier in Umrissen Gebotene läßt erkennen, daß auch auf dem Gebiete des Signal- und Fernsignalwesens der Marine: technische Höchstleistungen unserer Industrie im Verein mit sorgfältigster militärischer Organisation und sachgemäßer, hingebender Mitarbeit eines gut geschulten Personals Ergebnisse gezeitigt haben, die sich den besten Leistungen anderer Waffengattungen ebenbürtig an die Seite stellen lassen und in die Friedenszeit hinüberwirken werden.

## VIII. Marine-Luftfahrt.

### a. Die militärischen Grundlagen.

Von Korvettenkapitän Bindseil.

Während die Armee im Laufe des dritten Kriegsjahres die Luftschiffe durch Großflugzeuge ersetzte (s. Abschn. A VIII), behielt die Marine die Luftschiffwaffe bis zuletzt bei, weil die Luftschiffe für die Seefriegführung neben ihrer Aufgabe als Angriffswaffe noch die andere kaum minder wichtige der Fernaufklärung und Sicherung über See zu versehen hatten, eine Aufgabe, die im Landriege bei den viel kürzeren Anmarschstrecken besser von Flugzeugen durchgeführt werden konnte und wofür Luftschiffe bei der gesteigerten Abwehr nicht mehr in Frage kamen\*).

\*) Für die Marine war der Übergang zum Groß- bzw. Tiefenflugzeug noch nicht möglich, da der Aktionsradius und die Seefähigkeit dieser Flugzeugtypen für Fern-

Außerdem war die Navigierung auf Luftschiffen zuverlässiger als auf Seeflugzeugen; auch die Fähigkeit der Zeppeline, sich lange Zeit freischwebend oder mit ganz geringer Fahrt auf der Stelle zu halten, war für besondere Zwecke, z. B. Minensuchen, von großem Werte.

Von nicht zu unterschätzendem Einfluß war es endlich, daß die praktische Marineluftschiffahrt in dem damaligen Führer der Luftschiffe (F. d. L.), Fregattenkapitän Strasser, einen besonders zielbewußten und tatkräftigen Förderer fand, der im Verein mit dem Grafen Zeppelin und auch nach dessen Tode sein ganzes Streben darauf richtete, Deutschlands Vorpiong in der Luftschiffahrt zu erhalten und noch zu vergrößern.

Daß gerade ein Seeoffizier für die kriegstüchtige Weiterentwicklung der Luftschiffwaffe die Richtlinien angab, darf nicht wundern, denn der Seeoffizier ist infolge seiner seemännischen, navigatorischen, meteorologischen sowie militärischen Ausbildung zum Luftschiffführer besonders geeignet.

Zu Beginn des Krieges standen die Angriffsfahrten sicherlich auch bei der Marine im Vordergrund des militärischen Interesses. Da ein kurzer Anmarsch und sichere, nach damaligen Begriffen also terrestrische Navigierung\*) eine Grundbedingung für das gute Gelingen der Luftschiffangriffe zu sein schien, waren, wie bei der Armee, die Luftschiffhäfen und Hallenanlagen möglichst nahe an das Angriffsobjekt heranverlegt worden (z. B. nach Ramur und Brüssel und in der Rheinebene nach Düsseldorf und Düren).

Die stetig an Umfang und Wirksamkeit zunehmende feindliche Gegenwirkung sowie auch die Gefahren, die die unsichere Navigierung in stockfinsterner Nacht (ohne Leitfeuer und Peilobjekte) bei der Rückkehr von Angriffsfahrten bot, zwang jedoch bald zur Aufgabe dieser vorgeschobenen Luftschiffplätze. Da man inzwischen auch den großen Wert der strategischen Luftschiffaufklärung für die Seetriegführung, besonders für die Sicherung der Deutschen Bucht, schätzen gelernt hatte, ging man dazu über, die Luftschiffhäfen in der Nähe der Nordseeküste (Nordholz und Ahlhorn) zu vergrößern und zu Hauptstützpunkten auszubauen. Die nunmehr aus der Heimat angesehten Luftschiffangriffe erhielten zwar einen bedeutend längeren, dafür aber unbeobachteten Anmarschweg; die sich anfangs entgegenstellende Schwierigkeit der Ortsbestimmung über hoher See wurde von den navigatorisch ausgebildeten Aufklärung und lange Sicherungsfahrten über See, die neben weiten Anmarschwegen ein langes Verbleiben an der Grenze des Sicherungsgebietes erfordern, noch nicht ausreichen. Eine Verkürzung der Anmarschreden war auch nicht möglich, denn man war in der Auswahl der Stützpunkte und Häfen an die ungünstig zurückspringende deutsche Nordseeküste gebunden.

\*) d. h. Schiffsortbestimmung nach Landmarken, wie Flüsse, Kirchtürme, Ortschaften und Inseln.

ten Seeoffizieren unschwer überwunden: die astronomische Ortsbestimmung vom Luftschiff aus erwies sich in Wirklichkeit als recht gut möglich. Zudem schaffte sehr bald die Funkentelegraphie (F. L.) eine willkommene und große Erleichterung durch Übermittlung von F. L.-Beilagen mit Hilfe der neu erbauten F. L.-Richtungsanlagen (f. S. 470, Abschn. B VII).

Schwierig aber blieben für die Luftschiffverwendung nach wie vor die Wind- und Wetterverhältnisse, die ja leider die größte Rolle bei Fernunternehmungen und Angriffsfahrten spielen. Fehlt schon für die schließlich bis auf 6000 m gesteigerten Angriffsfahrtshöhen alle praktischen Werte und Erfahrungen für Windströmungen usw. in so hohen Luftschichten, so war ihre Einschätzung noch besonders dadurch erschwert, daß seit Kriegsbeginn alle sonst aus Atlantik, Westen und Norden regelmäßig eingehenden Wetterbeobachtungen fortgefallen waren. Man war für die Beurteilung der Wetterlage auf einige Messungen aus Flandern, sonst aber auf Schätzungen und theoretische Überlegungen angewiesen, bei denen aber der damalige F. d. L. fast ausnahmslos das Richtige getroffen hat. Ihm glückte es fast immer, seine Luftschiffe so zum Angriff zu bringen, daß sie beim Anmarsch nur mäßigen Gegenwind hatten und den Angriff selbst und die Rückfahrt vor dem Winde (d. h. mit Schiebewind) durchführen konnten.

Die Angriffsfahrten auf England setzten bald nach Kriegsausbruch ein und wurden trotz Rückschlägen und Verlusten nicht aufgegeben. Die Abhängigkeit von Wind und Wetter und sonstigen meteorologischen Verhältnissen ließ zwar die gewünschte ununterbrochene Tätigkeit nicht zu, jedoch wurde jede günstige Wetterlage in den Zeiten um Neumond zu Angriffsfahrten ausgenutzt. Da die Größe der Schiffe als Zielobjekt den Tagangriff verbot, wurde der Angriff so angelegt, daß die Schiffe nachts über Feindesland standen.

Das Hauptziel der Angriffe war London, Nebenziele: Industrie, Bahn- und Verkehrs-, sowie militärische Anlagen unserer Feinde. Neben den örtlichen Schäden durch die bis zu 300 kg schweren Spreng- und Brandbomben haben diese Angriffe in der Hauptsache den Nutzen gehabt, daß Hunderte von Abwehrgeschützen, Scheinwerfern und Flugzeugen nebst Tausenden von Leuten an Bedienungspersonal hierfür an Englands Boden gebunden wurden. Das bedeutete zweifellos eine erhebliche Entlastung der Armee. Daneben dürfen aber auch die moralische Wirkung auf die Bevölkerung sowie die während der Angriffsperioden durch das Abblenden allen Lichtes verursachten Verkehrs- und Störungen nicht unerwähnt bleiben.

In noch höherem Maße wie der Gegner die Schußweite und Steighöhe seiner Abwehrgeschütze, Brandraketen und Flugzeuge steigerte, mußte auch die Fahrt- und Steighöhe unserer Luftschiffe gesteigert werden. Dieser Wettlauf um die Überlegenheit in der Luft zwischen Luftschiff und Abwehrmitteln stellte an die deutsche Technik immer schwerere Aufgaben. Denn der Zwang, beim Angriff auf immer größere Höhen, schließlich bis über 6000 m, zu gehen, hatte manche Nachteile zur Folge: die Schiffe erlitten erhebliche Einbuße an Geschwindigkeit, einmal durch den stärkeren Höhenwind, der gewöhnlich entgegen dem Angriffsurke gegen England wehte, vor allem durch die nachteilige Wirkung der dünneren Luft auf Propellerschub und Motorleistung. Auch die Luftschiffbesatzung kam in diesen Höhen nicht mehr ohne künstliche Sauerstoffzuführung, Kälteschutzmittel und dergl. aus. Schließlich gelang es der deutschen Technik aber doch, all der Schwierigkeiten Herr zu werden und die Höhengeschwindigkeit der Schiffe zu steigern, so daß unsere Luftschiffe bis zuletzt trotz aller Gegenwirkung nach England gelangen konnten.

Im Laufe des Krieges sind im ganzen 47 Luftschiffangriffe auf England erfolgreich zur Durchführung gekommen, dabei rund 172 000 kg Spreng- und Brandbomben abgeworfen worden; 42 300 kg davon allein auf London und nächste Umgebung. Da hierzu höchstens 15 Schiffe, meist aber weniger als die Hälfte, zur Verfügung standen und jedes Luftschiff nur höchstens 2 bis 3 t mit sich führen konnte, so wird dieser Leistung bei den zu überwindenden großen Schwierigkeiten die Anerkennung gewiß nicht verjagt bleiben.

Bestand der Hauptwert der Marineluftangriffe auf England in einer Entlastung der Armee, so lag in der Luftaufklärung und Sicherung der deutschen Bucht und in der Ostsee der Schwerpunkt des Ruhens für die Seekriegführung.

Der Geschwindigkeitsüberschuß der Luftschiffe über die Kreuzer (der noch durch geschickte Ausnutzung des Windes vergrößert werden konnte), die ungehinderte Beweglichkeit im Luftraum über See wie über Land, der große Gesichtskreis aus der Höhe, die ruhige Beobachtungsmöglichkeit und anderes mehr ließen ein einziges Luftschiff in der Aufklärung bequem zwei bis drei Überwasserkreuzer ersetzen. Deren Bewegungsfreiheit war nicht nur durch navigatorische Hindernisse (Untiefen und Land), sondern in den letzten Jahren besonders durch die zahlreichen feindlichen und eigenen Minenfelder, außerdem noch durch auf der Lauer liegende U-Boote stark behindert.

Solche räumlichen Schranken aber kennt das Luftschiff nicht. Sobald die Wetterlage es gestattete, sanden Tag- und auch Nachtaufklärungsfahrten statt, die zuweilen bis hoch hinauf nach Norwegen und bis vor den Firth of Forth und die Orkney-Inseln führten. Bei klarem Wetter genügten zwei Luftschiffe, um die Deutsche Bucht zwischen Terfshelling (Holland) und Horns Riff (Dänemark) zu sichern. Diese Sicherung hinderte die englische Flotte an einer unbemerkten Annäherung an unsere Küste, gewährte dabei unserer unterlegenen Flotte die Möglichkeit, die erforderlichen Angriffs- oder Abwehrmaßnahmen zu treffen. Sie ermöglichte es unseren Minensuchverbänden, ungestört die für unsere U-Boote benötigten Aus- und Einlaufwege durch die immer wieder von englischen Minenlegern gelegten Minenfelder zu schaffen. Auch zum Minensuchen selbst konnten Luftschiffe bei ruhigem Wetter, also glatter Wasseroberfläche, Verwendung finden. Daß auch feindliche U-Boote von Luftschiffen mit Bomben angegriffen und kampfunfähig gemacht worden sind, verdient wohl erwähnt zu werden, auch, daß Luftschiffe sich durch Anhalten und Untersuchen von Handelsschiffen in der Nordsee am Handelskrieg tätig beteiligt haben, indem sie neben den angehaltenen Schiffen aufs Wasser nieder gingen und sich die Papiere durch Schiffsboote längsweit bringen ließen.

Von außerordentlichem Werte aber war die Luftschiffaufklärung bei Vorstößen und Angriffsunternehmungen unserer Hochseeflotte. Zu diesen Gelegenheiten wurde ein Schirm von 8 bis 10 Luftschiffen in den möglichen Anmarschrichtungen oder auch nach den Stützpunkten des Feindes zu vorgeschoben. In der Morgendämmerung auslaufend, kartierten die Schiffe dann innerhalb zugeteilter Sektoren das ganze Gebiet der Nordsee auf, um danach in vorgeschriebenen Sicherungslinien des Grenzgebietes auf- und abzupatrouillieren. Diese Luftschiffesicherung hat die Flottenunternehmungen planmäßig und mit der nötigen Sicherheit durchführen lassen.

Der deutschen Marine und Industrie ist der Bau und die Verwendung von Luftschiffen für die nächste Zukunft durch Waffenstillstandsbedingungen und Friedensvertrag untersagt — dafür aber hat sich der Engländer mit aller Kraft auf den Luftschiffbau geworfen. Das, was die Technik der gesamten übrigen Welt trotz aller Anstrengungen vor und in dem Kriege nicht aus sich heraus hat entwickeln können, haben sie jetzt durch Raub und Erpressung der Waffenstillstandsbedingungen erreicht; jetzt bauen sie drüben „englische Luftschiffe“, d. h. bis auf den letzten Niet genaue Abbilder unserer alten Schiffe!

War die Aufgabe des Luftangriffs und der Fernaufklärung über See den Luftschiffen zugefallen, so ergab sich für die

Seeflugzeuge (bei ihrer geringeren Trag- und Seefähigkeit sowie Fahrtausdauer) als Hauptaufgabe die *Nahaufklärung* der See- und Kampfgebiete auf feindliche Seestreitkräfte und in zweiter Linie ihre Bekämpfung. Als Angriffswaffe konnten sie nur in Sonderfällen auftreten und auch erst, nachdem ihre Flugeigenschaften und Bewaffnung entsprechend entwickelt und verbessert worden waren.

Die bei Kriegsausbruch vorhandenen 20 Seeflugzeuge waren fast sämtlich Versuchsflugzeuge; ein für die *Nahaufklärung* wirklich geeigneter Frontflugzeugtyp mußte erst geschaffen werden. Beginnend mit dem 100-PS-Flugzeug im Jahre 1914 wurde dieser Typ, insbesondere von der Flugzeugfirma Friedrichshafen, bis zum 200-PS-Flugzeug des Jahres 1918 weiterentwickelt. Die Haupteigenschaften dieses *Aufklärungslflugzeuges* waren Seefähigkeit, Betriebsstoff für fünf Stunden, Geschwindigkeit von 120 bis 140 km. Seine Hauptausrüstung bestand aus einer F. T. Sende- und Empfangsanlage (vgl. Abschnitt B VII) und einer Bombenausrüstung zur U-Bootsbekämpfung; eine Schußwaffe daneben ließ sich erst bei den 200-PS-Flugzeugen in Gestalt eines beweglichen Maschinengewehrs (M. G.) unterbringen.

Als sich 1915 auf den Kriegsschauplätzen, die in größerer Nähe zur Front oder zu Stützpunkten der Gegner lagen (Flandern, Rußland, Türkei), eine Gegenwirkung durch feindliche Seeflieger einstellte, wurde die Forderung nach leichten, wendigen *Seekampfflugzeugen* zur Bekämpfung der gegnerischen Flugzeuge dringend. Es wurden *Seekampfeinsitzer* mit einem, später zwei festeingebauten M. G. geschaffen, die durchschnittlich für zwei Stunden Betriebsstoff mit sich führen konnten. Trotz ihres nur beschränkten Wirkungsbereiches, ihrer Abhängigkeit vom Flughafen und geringen Seefähigkeit beherrschten sie im Jahre 1916 die Luft.

Gegen sie bot der Gegner im Winter 1916/17 an Geschwindigkeit überlegene Landeinsitzer auf, die den Seekampfeinsitzer im ungeschützten Rücken angreifen konnten. Dies zwang, die Seekampfeinsitzer 1917 durch leichte *Kampfflugzeuge* mit Beobachter zu ersetzen und die Verwendung ersterer auf solche Gebiete zu beschränken, wo sie nur gegen feindliche Seeflugzeuge aufzutreten hatten. Diese Kampfflugzeuge mit Beobachter, 3 Maschinengewehren und 3½ Stunden Betriebsstoff wurden vornehmlich von den Hanfa- und Brandenburgischen Flugzeugwerken entwickelt und stellten bei ausreichendem Wirkungsbereich bis zuletzt ein dem Gegner voll gewachsenes Luftkampfmittel dar. Ihre neuester Typ wurde in dem 150 bis 180 PS und 260 PS *Brandenburg-Eindecker* mit 3 Maschinengewehren verkörpert. Geschlossene Staffeln von je fünf solchen Eindeckern haben im Spätsommer 1918 ihre Aufklärungen trotz

stärkster Gegenwirkung durch englische Landflugzeuge von Flandern aus bis in die Themse-Mündung und vor die Kanalhäfen durchgeführt. Eindeckerstaffeln waren auch das erfolgreichste Kampfmittel gegen die englischen Curtis-Großflugboote, die sich im letzten Kriegsjahre bis ins Grenzgebiet der deutschen Bucht vorwagten, dort auf dem Wasser Lauerstellung einnahmen, um im gegebenen Moment über unsere dort stehenden Luftschiffe herzufallen.

Das Bestreben, die bewährten Aufklärungsflugzeuge auch für die Fernaufklärung tauglich zu machen, führte weiter dazu, vom Jahre 1916 ab zweimotorige Großflugzeuge ( $2 \times 160$  PS, später  $2 \times 200$  und  $2 \times 260$  PS) an die Front zu bringen. Sie haben jedoch die auf sie gesetzten Hoffnungen nicht erfüllt und sind mehr zu Sonderzwecken, als Bombenflugzeuge für schwere Bomben, als Torpedoflugzeuge oder als Minenleger verwandt worden.

Als solche haben sie bei der Vernichtung der russischen Flugstation Arensburg, bei Vernichtung von Handelsdampfern und Torpedobooten vor der Themse und im Rigaer Meerbusen Erfolge erzielt. Die Versuche, sie durch Mitgabe eines abwerfbaren Hilfsbenzintanks für Fernaufklärungen auszurüsten, hatten, wie schon gesagt, kein günstiges Ergebnis.

Hier mußte vielmehr im letzten Kriegsjahre, als die englischen Flugzeuge unsere Luftschiffe in der Durchführung ihrer Aufgaben immer wirksamer behinderten, ein neuer Typ in Gestalt der viermotorigen Riesenflugzeuge ( $4 \times 240$  PS) entwickelt werden. Sie haben in der Front keine Verwendung mehr gefunden. Ihre Aufgabe der Aufklärung und Sicherung der Minensucher in entfernten Seegebieten mußte, so gut es ging, von Nahaufklärungsflugzeugen übernommen werden, die von Flugzeugmutter Schiffen und Flugzeugkreuzern hinaus- und hereingebracht wurden.

Als Sonderflugzeug darf schließlich das kleine Bordflugzeug „Wölfchen“ nicht unerwähnt bleiben, das die erfolgreiche Arbeit des Hilfskreuzers „Wolf“ wirksam unterstützt hat, indem es ihm gute Beute nicht nur meldete, sondern auch zuführte.

Zur Abwehr feindlicher Luftangriffe auf deutsches Küstengebiet fanden Landflugzeuge Verwendung. Sie wurden der Marine von der Obersten Heeresleitung aus Armeebeständen zugeteilt (vgl. Abschnitt A VIII).

Die militärische Entwicklung der deutschen Seeflieger hat ein jähes Ende gefunden. Wie sehr die Gegner bestrebt sind, ihre gefürchtete Weiterentwicklung auch für die Zukunft lahm zu legen, erhellt aus den Friedensbestimmungen, die den völligen Verzicht auf Bau und Verwendung von Seeflugzeugen und die Vernichtung jeglichen militärischen Fliegergerätes von Deutschland fordern.

## b. Die technische Ausführung.

Von Marine-Baurat Engberding.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 21, 22 und 23.)

### 1. Luftschiffe.

Am heutigen Stande der Entwicklung gemessen, steckte die Luftschiffahrt bei Beginn des Krieges noch in den Kinderschuhen. Die Marine hatte sich im Frieden der Einführung der Luftschiffwaffe gegenüber abwartender verhalten wie die Armee, weil für ihre Zwecke, die namentlich in Fernaufklärung über See und Angriffen auf Überseeländer lagen, die damals vorhandenen Typen noch nicht leistungsfähig genug erschienen.

Zwei Schiffe, „L 1“ und „L 2“, hatte die Marine im Frieden verloren. Im Juli 1914 war nur noch ein Schulschiff „L 3“ von 22 500 cbm Gasraum und etwa 75 km Stundengeschwindigkeit vorhanden. Projekte für größere Z-Schiffe waren in Arbeit. Wegen des Baues eines Schütten-Lanz-Schiffes, eines neuen Typs von 32 400 cbm, waren die Verhandlungen vor dem Abschluß. Zur Unterbringung von Luftschiffen stand der mit Wasserstoffgasanstalt und Drehhalle ausgerüstete Marineluftschiffplatz Nordholz zur Verfügung.

Der Kriegsausbruch erforderte schnelles Handeln. Es galt, möglichst rasch eine starke Marineluftschiffflotte zu schaffen. Die vorhandenen drei Luftschiffwerften: Zeppelin-Friedrichshafen, Schütten-Lanz-Mannheim-Rheinau und Luft-Fahrzeug-Gesellschaft-Bitterfeld wurden sofort veranlaßt, den Bau von Luftschiffen bis zur Grenze ihrer Leistungsfähigkeit aufzunehmen und ihre vorhandenen Bauanlagen so rasch wie möglich zu erweitern. Mit der Armee wurde verabredet, daß je die Hälfte aller Neubauten der Marine und der Armee zufallen sollte. Ein großzügiges Arbeiten setzte ein. — In der Marine mußte eigentlich so gut wie alles neu geschaffen werden, von den Schiffen angefangen bis zu den Luftschiffplätzen mit all' ihren Einrichtungen für die Unterbringung der Schiffe und Mannschaften, für Gaserzeugung, Gasauspeicherung und Transport, Betriebsstoff- und Waffenlagerung, Wetterdienst und Funten-telegraphie, Nachrichtenwesen und die sonstigen militärischen Bedürfnisse. In rascher Folge entstand im Laufe der Zeit eine Reihe von modern ausgebauten, jedesmal mehreren Schiffen Unterkunft bietenden Marineluftschiffplätzen an der Nord- und Ostsee, in Belgien und Rußland.

Im Januar 1915 wurde der erste Luftschiffangriff auf England von „L 3“ in nur 1550 m Fahrhöhe ausgeführt. Die ursprünglich kaum vorhandenen oder doch noch recht unvollkommenen Abwehrmittel des Gegners gegen Luftangriffe, vor allem die Flugzeuge, vervollkommneten sich von

Tag zu Tag und zwangen das leicht verletzliche Luftschiff, zu seinem eigenen Schutze immer größere Höhen aufzusuchen, so daß schließlich unsere modernen Schiffe in Höhen von über 6000 m angriffen.

Erreichbar war das nur durch weitgehendste technische Vervollkommnung der Schiffe, die es uns ermöglichte, der Abwehr stets überlegen zu bleiben. Manches Schiff, namentlich der älteren Typen, ging verloren. Viel Beirgeld mußte bezahlt werden auf dem ganz neuen Kampfgebiet, wo keinerlei Erfahrungen vorlagen, sondern alles erst neu aufgebaut werden mußte. Die deutsche Technik bewährte sich. Nie ist während des Krieges ein deutsches Luftschiff verloren gegangen, weil die technische Konstruktion Mängel aufwies. Die Verluste hatten andere, in den besonderen Verhältnissen des Krieges liegende Ursachen. Die Marineluftschiffe haben trotz aller gegenteiligen Behauptungen die ihnen gestellten Aufgaben im großen und ganzen erfüllt. Sie haben den Feind dauernd beunruhigt, sie haben ihn gezwungen, im eigenen Lande ständig eine umfangreiche Abwehr zu unterhalten; sie haben ihm Handel und Wandel in der Zeit ihrer Angriffe empfindlich gestört; sie haben vor allem der deutschen Flotte wichtige Dienste in der Aufklärung über See geleistet. Daß sie, namentlich auf letzterem Gebiete, nicht noch mehr geleistet haben, lag nicht in ihnen selbst begründet, sondern in der eigenartigen Entwicklung, die der Seekrieg überhaupt genommen hatte.

Erinnert werden mag als an eine ganz besondere Leistung an die Fahrt des „L 59“, der mit einer insgesamt 14 000 kg schweren Ladung an Munition, Waffen, Medikamenten zur Unterstützung unserer Schutztruppe im November 1917 von Jamboli (Bulgarien) nach Ostafrika gesandt wurde, aber leider in der Gegend von Chartum funktelegraphisch aus „militärischen“ Gründen zurückgerufen wurde und glücklich die Heimat wieder erreichte. Etwa 7000 km hatte er unter den schwierigsten Verhältnissen in ununterbrochener 96stündiger Fahrt über Feindesland ohne die geringsten Anstände zurückgelegt, eine technische Leistung, wie sie bis dahin ein Luftschiff noch niemals vollbracht hatte.

Es ist heute müßig, darüber zu sprechen, ob das Luftschiff als Kriegsmittel überholt ist. Deutschland wird, wie die Dinge nun einmal liegen, in der nächsten Zeit kaum Gelegenheit haben, an der Lösung dieser Frage praktisch mitzuarbeiten. Andere Völker aber werden Marineluftschiffe bauen und werden beweisen, daß das moderne Luftschiff nicht nur als Weltverkehrsmittel, sondern auch als militärisches Fernaufklärungsmittel über See und gelegentliche Angriffswaffe lebensfähig ist. Wir wollen dann aber nicht vergessen, daß es deutsches geistiges Eigentum ist, welches das Ausland verwertet. Die heute, im Jahre 1919, von den Engländern gebauten großen Starrluftschiffe sind eine fast bis ins kleinste

gehende, genaue Nachahmung unserer deutschen Zeppelin-Luftschiffe. Auch sie sind also, im Grunde genommen, ein Triumph deutscher Technik.

Man hört heute manchmal die Frage: „Welcher Schiffstyp ist nun eigentlich besser, ein Zeppelin oder ein Schütte-Lanz? Wer hat das größere Verdienst an der großartigen Entwicklung des Starrluftschiffes im Kriege?“ Diese Fragen sind unrichtig gestellt! Bei gerechter Abwägung aller Für und Wider kann man nur sagen: „Beide Typen waren Meisterwerke der Technik. Beide haben sich während des Krieges naturgemäß in ihrer ganzen Bauausführung einander erheblich genähert. Beide haben gegenseitig das Gute voneinander übernehmen müssen. Jeder von ihnen hat zu seinem Teil in genialer Weise das Starrluftschiff weiter entwickelt.“ Die Marine war dabei in der glücklichen Lage, durch ihre eigenen Techniker an dieser Weiterentwicklung in hervorragendem Maße mitarbeiten zu können. Durch das Zusammenwirken aller dieser Beteiligten ist das große Werk entstanden und es wäre keines von ihnen würdig, wenn er etwa heute mit der Elle abmessen wollte, wieviel gerade er dabei mitgeholfen hat. Wir wollen vielmehr stolz darauf sein, daß wir in Deutschland zwei Firmen gehabt haben, welche solche Werke schaffen konnten.

Wir wollen aber auch nicht vergessen, daß eine dritte Firma, die Luft-Fahrzeug-Gesellschaft, im Kriege auf dem Gebiete des Brall-Luftschiffbaus hervorragendes geleistet hat. Allen Anfeindungen zum Troß haben die Marinetechniker es für richtig gehalten, nicht nur das Starr-Luftschiff, sondern auch das Brall-Luftschiff weiter zu entwickeln und es sind dabei Ergebnisse erzielt worden, auf die ich hier nicht näher eingehen kann, die aber für die Zukunft noch manches erhoffen lassen. Durch widrige Zufälle wurde die Entwicklung des Brall-Luftschiffes im Kriege abgestoppt, so daß das letzte gebaute Schiff „PL 27“ nicht mehr zur Verwendung in der Front kam.

Insgesamt haben diese drei Firmen im Kriege über 70 Marineluftschiffe abgeliefert.

Wie gestaltete sich nun die technische Entwicklung des Luftschiffes im Kriege im einzelnen? Wesentliche Unterschiede zwischen Marine- und Armeeschiffen gab es nicht. Die Armee übernahm ohne weiteres die von der Marine gemeinsam mit den Baufirmen entwickelten Typen auch für ihren Gebrauch. Für die Marine galt es bei Kriegsbeginn, wie schon erwähnt, so rasch wie möglich überhaupt Schiffe zu erhalten. Zeppelin baute also zunächst den vorhandenen Typ „L 3“ weiter; Schütte-Lanz ging sofort an die Ausführung seines Marineprojektes „SL 3“; von der Luft-Fahrzeug-Gesellschaft wurde ein für England fertiggestelltes Brall-Luftschiff „PL 19“ übernommen und ein ähnliches, verbessertes in Auftrag gegeben.

Den dauernd gesteigerten Anforderungen der Front genügten diese Typen bald nicht mehr. Die Technik schuf vollkommeneren! Die Bauwerke erweiterten sich. Neue, großzügig angelegte Werften inmitten Deutschlands entstanden. Der Konstrukteur hatte schwere Arbeit. Nicht nur daß die Anforderungen größer wurden, sie wechselten auch oftmals, je nach den Kriegserfahrungen. Bald wurde der Hauptwert auf hohe Geschwindigkeit gelegt, bald wieder eine große Nutzlast, Steighöhe und Aktionsradius bevorzugt.

Zwei Wege gab es zur Erfüllung all' dieser Forderungen, die beide mit Erfolg beschritten wurden. Steigerung der Qualität der Arbeit und dadurch erzielte Widerstandsverminderung und Gewichtserleichterung, die sich wieder in die gewünschten Mehrleistungen umsetzen ließ; sodann Größensteigerung der Schiffe und dadurch günstigere Ausnutzung des aufzuwendenden Baugewichtes.

Bestimmte Hauptforderungen mußten von den Marine-Luftschiffen zunächst erfüllt werden. Vor allem mußten die Schiffe vollkommen betriebssicher sein. Die glänzendste Eintagsleistung nützt bei einem Luftschiff nichts, die Dauerleistung ist das Entscheidende. Dazu muß vor allem der Rotor und die gesamte Maschinenanlage zuverlässig und gut zu überwachen sein. Keine für die Sicherheit des Schiffes nötige Einrichtung darf fehlen. Selbstverständlich ist betriebssichere Funkentelegraphie mit großer Reichweite, die auf der Fahrt über See, im Dunkel der Nacht jederzeit die Verbindung mit der Heimat und mit Hilfe der drahtlosen Richtungsstationen die Bestimmung des eigenen Standortes gestattet. Die Schiffe sollen so klein wie möglich sein. Je größer sie sind, desto schwerer und gefährlicher ist ihre Handhabung auf dem Erdboden und das Hinein- und Herausbringen aus den Hallen, desto mehr Bedienungspersonal und Hilfseinrichtungen sind erforderlich. Die Schiffe müssen über eine hohe Geschwindigkeit verfügen, damit sie auch bei großer Windstärke gegen den Wind ankämpfen können und nicht abgetrieben werden. Die absolute und prozentuale „Nutzlast“ muß groß sein. Sie ermöglicht es, daß man entweder einen großen Betriebsstoffvorrat mitnehmen kann, also einen großen Aktionsradius hat, oder in der Lage ist, eine große Fahrhöhe aufzusuchen, also gesicherter gegen feindliche Angriffe ist, oder daß man eine größere Bombenlast oder sonstige Gewichte tragen kann. Je nach Belieben kann der Führer des Luftschiffes bei seinen Fahrten diese einzelnen Möglichkeiten, je nach den jedesmaligen Anforderungen, gegeneinander austauschen.

Hauptgesichtspunkt für den Luftschiffkonstrukteur bleibt immer: Leicht bauen! Jedes unnötige Gewicht vermeiden! Auf diesem Gebiete wurde im Kriege viel geleistet. In nie ermüdender, ausdauernder Arbeit wurde

systematisch bei allen, auch bei den kleinsten Konstruktionsteilen Gewicht gespart. Jede überflüssige Ecke eines noch so kleinen Winkels wurde weggeschritten. Jedes mögliche Erleichterungsloch in einem Blech ausgepart. Die Trägerkonstruktion des Gerippes wurde dauernd verbessert und erleichtert; die einzelnen Streben der Bitterträger bekamen eine günstigere, das Material besser ausnutzende Form, die bei dem einzelnen Stück zwar jedesmal nur ein paar Gramm Gewichtersparnis brachte, im ganzen aber eine erhebliche Erleichterung bedeutete. In nie ausgehender Versuchstätigkeit wurden neue hochwertige Qualitätsmaterialien für die einzelnen Bauteile erprobt und eingeführt. Das Hauptbaumaterial der früheren Zeppelinische, das Zinkaluminium, wurde ersetzt durch das Dur-Aluminium, welches mit seinen vorzüglichen Festigkeitseigenschaften, bei geringem Eigengewicht, überhaupt erst den Bau unserer heutigen hochwertigen Zeppelin-Schiffe ermöglichte. Auch die Holzkonstruktion der SL-Schiffe wurde auf Grund wissenschaftlicher und praktischer Untersuchungen hervorragend verbessert. Neue, wasserdichte Leimungen wurden beim Trägerbau angewandt. Das Bauholz wurde nach neuartigem Verfahren innerlich imprägniert, so daß es keine Feuchtigkeit mehr in sich aufsaugen konnte, welche die Festigkeit herabgemindert und das Schiff unnötig belastet hätte. Der Stoff der äußeren Hülle wurde so leicht gewählt, wie es die Rücksicht auf Festigkeit noch gerade erlaubte. Bei den Gaszellen ging man von den schweren und wegen ihrer elektrischen Eigenschaften auch nicht ungefährlichen Gummizellen zu Goldschlägerhaut- und später zu Stoffhaut- und Seidenhautzellen über. Genaue statische Durchrechnung der Beanspruchungen des Schiffskörpers zeigte, wo noch Gewicht gespart werden konnte, ohne die Festigkeit zu beeinträchtigen.

Viel wurde dadurch erreicht, daß jeder Konstruktionsteil, jeder Einrichtungsgegenstand immer wieder daraufhin geprüft wurde, ob er nicht vielleicht doch noch entbehrt werden könnte. Frontoffizier und Techniker lagen dauernd im friedlichen Kampfe gegeneinander, weil der eine für sein Schiff alle möglichen neuen, an und für sich sehr nützlichen Einrichtungen haben, der andere aber aus Gewichtsgründen dem Schiff noch allerlei an schon vorhandenen, aber nicht unbedingt nötigen Einrichtungen wegnehmen wollte. Die Sache hatte den Vorteil davon.

Ein weiteres wichtiges Gebiet für den Fortschritt war die Berringerung des Schiffswiderstandes und dadurch die Erzielung einer größeren Geschwindigkeit bei gleichbleibender Motorenleistung. Hier lag bei Kriegsbeginn noch vieles im Argen. Die Schiffbautechniker der Marine, denen die Forderung schöner, für den Widerstand günstiger Formen eines Schiffes von ihrer Tätigkeit vom Seeschiffbau her etwas Selbstverständliches war, fanden hier ein reiches Feld der Betätigung. Die Baufirmen ar-

beiteten verständnisvoll mit. Die Formgebung des Schiffskörpers wurde den hohen Geschwindigkeitsforderungen entsprechend günstiger. Das parallele Mittelschiff der früheren Z-Schiffe verschwand. Bei den SL- und P-Schiffen war die Form schon früher günstiger gewesen. Ein harmonischer Verlauf der Linien, eine Zuspärfung der Enden, besonders im Hinterschiff verringerte den Luftwiderstand. Allen unnötigen Einzelwiderständen ging man zu Leibe, die bei den früheren geringen Fahrgewindigkeiten eine nicht so große Rolle gespielt hatten. Die offenen, schon mit Rücksicht auf die Besatzung nicht mehr verwendbaren Gondeln verschwanden. Die anfänglich ungeschickten, eckigen Formen der neuen geschlossenen Gondeln wurden für den Zu- und Abfluß des Fahrtwindes und für den Zufluß der Luft zum Propeller günstiger gestaltet. Die seitlich am Schiffskörper hoch hinaus geführten Propellerböde mit ihrem viel Widerstand bietenden Gestänge fielen überall fort zugunsten direkt angetriebener Propeller, wie sie die SL-Schiffe von Anfang an gehabt hatten. Die Aufhängung der Gondeln wurde besonders daraufhin geprüft, daß jedes unnötige Aufhängefeil wegfiel. Jeder Einzelteil an den Gondeln wurde windschnittig ausgebildet. Sogar die Leitern aus den Gondeln nach dem Schiffskörper wurden so konstruiert, daß sie bei Nichtgebrauch zusammen klappten und so weniger Luftwiderstand boten. Die Dämpfungsflächen, die früher mit einer Unmenge von Drahtverspannungen gegeneinander und gegen den Schiffskörper gespannt waren, wurden ohne Gewichtsvermehrung und ohne jede äußere Verspannung, als „gebaut“ außen glatte, also wenig Widerstand bietende Träger ausgeführt. Die äußere Hülle des Schiffes wurde zur Widerstandsverminderung zelloniert, womit auch gleichzeitig die unerwünschte Aufsaugfähigkeit für Feuchtigkeit vermindert wurde. Die Kühler an den Gondeln wurden so angeordnet, daß sie, je nach Bedarf, ganz oder teilweise in diese hineingezogen werden konnten, oder so, daß man sie unmittelbar in die Vorderwand der Gondeln einbaute. Die Konstruktion und Aufhängung der FT-Antenne wurde so verbessert, daß der geringstmögliche Luftwiderstand erzielt wurde. Kurzum, das ganze Schiff wurde bis in alle Einzelheiten hinein gründlichst umgestaltet und verbessert.

Alle diese Verbesserungen brachten zwar viel Erfolge, insgesamt aber genügten sie noch nicht, um die dauernd sich steigenden Anforderungen der Front an die Leistungsfähigkeit der Schiffe zu erfüllen. Man mußte notgedrungen auf immer größere Schiffsabmessungen übergehen, weil nur dadurch, neben ausreichender Geschwindigkeit, eine weitere, größere Steigerung der absoluten und prozentualen Nutzlast erreicht werden konnte. Der „L 3“ hatte noch einen nutzbaren Gasraum von nur 22 500 cbm, der „L 71“ bereits einen solchen von 68 500 cbm; das letzte, nicht mehr zur Ausführung gekommene Marineluftschiff „L 100“ sollte 108 000 cbm haben.

Die prozentuale, unter bestimmten Voraussetzungen errechnete Nutzlast des „L 3“, bezogen auf den Gesamtauftrieb, betrug 33 v. H., die des lehtgebauten „L 71“ war 64 v. H.; die absolute Nutzlast bei „L 3“ = 8700 kg, bei „L 71“ = 51 000 kg! Die Geschwindigkeit war von 21 m/sec bei „L 3“, auf 34 m/sec bei „L 71“ gestiegen und sollte bei „L 100“ mindestens 37 m/sec, d. h. 133 km/ Stunde erreichen.

Die einzelnen Etappen der Entwicklung der Luftschiffe im Kriege zu schildern, ist wegen des geringen zur Verfügung stehenden Raumes hier leider nicht möglich. Einen kleinen Überblick soll nachstehende Tabelle der Hauptabmessungen mehrerer wichtiger Schiffe geben, die durch einige Abbildungen ergänzt werden möge. —

Bei einem Vergleich der Leistungen von Schiffen verschiedener Firmen untereinander, darf man übrigens die Zeit ihrer Fertigstellung nicht übersehen, da sich sonst ungerechte Trugschlüsse ergeben würden. Angaben über die mögliche größte Fahrstrecke der einzelnen Schiffe sind in der Tabelle nicht enthalten, da diese Fahrstrecke, je nach den besonderen Begleitumständen, wie Fahrhöhe, Fahrgewindigkeit, Belastung mit Personen und Bomben usw., ganz verschieden ausfallen kann. Als Beispiel mag angegeben werden, daß ein Schiff, wie der „L 71“, bei Marschgeschwindigkeit von 30 m/sec mit voller Besatzung und Ausrüstung und 2000 kg Landungsballast, bei einer anfänglichen Fahrhöhe von 500 m und unter der Voraussetzung, daß er nicht gezwungen ist, später eine größere Fahrhöhe aufzusuchen als seinem jeweiligen Brennstoffverbrauch entspricht, insgesamt etwa 18 000 km zurücklegen kann.

	Schiff	Länge m	Durch- messer m	Gas- raum cbm	Nutz- last kg	Motoren		Ge- schwin- digkeit m/Sec.	Statische Steighöhe bei voller Aus- rüstung m
						Zahl	Lei- stung PS		
1	L 3 . . . .	158	14,86	22 500	8 700	3	210	21	2000
2	L 10 . . . .	183,5	18,71	31 900	15 600	4	210	26	2800
3	L 20 . . . .	178,5	18,71	35 800	17 800	4	240	25,5	3200
4	L 30 . . . .	196,5	23,93	55 000	28 500	6	240	27	3800
5	L 60 . . . .	196,5	23,93	55 850	39 600	5	240	30,5	6000
6	L 71 . . . .	226,5	23,93	68 500	51 000	6	260	34	6600
7	L 100 . . . . (Projekt)	238	29,4	108 000	82 000	10	260	37	8200
					minde- stens			minde- stens	minde- stens
8	SL 3 . . . .	156,5	19,75	32 400	13 200	4	210	23,5	2400
9	SL 6 . . . .	182,9	19,75	35 000	15 800	4	210	25,8	2600
10	SL 8 . . . .	174	20,10	38 700	19 500	4	240	25,8	3500
11	SL 20 . . . .	198,3	22,92	56 000	35 300	5	240	28,5	5000
12	PL 19 . . . .	92	15,5	10 000	3 300	2	180	21,7	2500
13	PL 25 . . . .	113,8	16	14 100	6 000	2	210	22	3000
14	PL 27 . . . .	157	18,6	31 150	18 000	4	240	25	4500

Wie ein modernes Starrschiff heute im einzelnen gebaut ist, kann ich hier nicht auseinandersetzen. Einige, die Abbildungen Tafel 21 und 22 ergänzende Stichworte mögen einen ungefähren Anhalt gewähren:

Langgestreckte Schiffsform; die Unterseite des Schiffstörpers schwarz gefärbt, um sich des Nachts vom dunklen Himmel im Scheinwerferlicht weniger abzuheben; einfache, horizontale und vertikale Dämpfungsflächen und Steuerruder hinten am Schiff; Plattform für Beobachter und Maschinengewehre vorn oben auf dem Rücken des Schiffes; die ursprünglich 10, schließlich 15 m langen, einzelnen Gaszellen des Schiffstörpers im Innern; (auf „L 71“ beispielsweise 16 Stück, davon die größte mit über 6000 cbm Gasinhalt); besondere Gasabführungschächte, welche den beim Prallwerden abblasenden Wasserstoff oben am First des Schiffes in die freie Luft abführen; über die ganze Schiffslänge sich erstreckender, innenliegender Laufgang; in ihm: die Betriebsstoffe für die Motoren, Benzin und Öl, Wasserballast in „Säcken“ und „Hofen“, Reserveteile für die Motoren, Antertaue, Einrichtungen für die Mannschaften, Abwurfstellen für Sprengbomben und Brandbomben, Drahtzüge für die Betätigung der Steuerruder und der Gasventile und den Abwurf von Bomben, Wasserballast und Benzin, Benzinpipenleitungen, Sprachrohre, Telefonleitungen, F. L.-Kabel; unter dem Schiff, mit genügendem, aus Sicherheitsgründen erforderlichen Abstand für freien Luftdurchzug, an Drahtseilen aufgehängt, die verschiedenen Gondeln; die unteren durch Knidstreben zum Abfangen der Landungsflöße gegen den Schiffstörper abgesteift; vorne die Führergondel, auf den Z-Schiffen unmittelbar mit der vorderen Rotorengondel zusammengebaut, bei den SL-Schiffen getrennt für sich; in ihr die Einrichtungen zur Führung und Navigation des Schiffes, Höhen- und Seitensteuer, Kabine für Funkentelegraphie in besonderer, schallsicher gebauter Zelle, eine Zentralanlage für flüssige Luft- und Sauerstoffatmung in größeren Höhen (ähnliche Apparate auch in den übrigen Gondeln), Scheinwerferanlage; paarweise aufgehängte Seitengondeln mit je einem Motor und unmittelbarem Propellerantrieb. Hinten eine größere Rotorengondel mit 2 Motoren, die über ein Getriebe auf einen großen Propeller arbeiten; jede Rotorenanlage selbständig und unter dauernder, bequemer Überwachung des Bedienungspersonals stehend; Höhenleistungsmotore von 260 PS Maybach, die auch bei dem in größerer Höhe geringeren Luftdruck ihre volle Leistungsfähigkeit behalten und dadurch eine größere Schiffsgeschwindigkeit ergeben; in mehreren Gondeln Erzeugung von elektrischem Strom für Funkentelegraphie; Einrichtungen für Aufstellung von Maschinengewehren; Hilfsruderstand in der hinteren Gondel usw.

Auch über die vielen Nebeneinrichtungen, die geschaffen werden mußten, um die Schiffe unterzubringen, um sie sicher ein- und ausfahren

zu können, um Betriebsstoffe jeder Art für sie bereit zu stellen, nur einige Stichworte: Fahrbare, oder (auf wichtigeren Plätzen) feste Wasserstoffgasanstalten; letztere mit einer schließlich täglichen Gesamterzeugung von 160 000 cbm. Gasverteilungs- und Abfüllleitungen auf den Plätzen und in den Hallen, auf Grund schwerer Erfahrungen und wissenschaftlicher Untersuchungen mit allen denkbaren Sicherheitseinrichtungen versehen; moderne riesige Gasometer für Wasserstoff; große, unterirdische Hochdrucklagerungen für Gas, wo, in Kesseln von je 1000 cbm Inhalt, Wasserstoff unter einem Druck von 100 Atmosphären aufgespeichert wird; neuartige, im Kriege zum erstenmal gebaute, schwere Eisenbahn-Gaskesselwagen, die jeder in mehreren Hochdruckkesseln unter 100 bzw. 200 Atmosphären Druck bis zu 2600 cbm Gas beförderten und die bisherigen, für den gewaltigen Gasbedarf nicht mehr geeigneten kleinen Gasflaschen von 6 cbm Inhalt ersetzten; Einrichtungen für Benzinlagerung; Bombenteller; Ausfahrbahnen in und vor den Hallen; besondere Abstütz- und Haltegestelle für die Schiffe, die bei böigem Wetter beim Einfahren in die Halle zur gesicherteren Handhabung des Schiffes auf dem Erdboden an den Schiffskörper angelegt wurden; Leuchtfeuer; Fesselballone als Ansteuerungsmarke bei Nebel; und so fort!

Eine Unsumme von Erfahrungen mußte gesammelt werden, eine gewaltige Arbeit auf allen Gebieten geleistet werden, um das deutsche Luftschiff bis zu der Vollkommenheit zu bringen, die es heute besitzt.

Deutschland kann stolz sein auf das Geleistete.

Das Werk wird weiter bestehen; das deutsche Luftschiff wird in Zukunft zumindest als Völker verbindendes Verkehrsmittel die Ehre des deutschen Namens in die Welt hinaustragen.

## 2. Seeflugzeuge\*).

Bei Ausbruch des Krieges war ein wirklich frontbrauchbares Seeflugzeug noch nicht vorhanden. Erst während des Krieges gelangte es zu seiner heutigen technischen Vollkommenheit.

Die Anforderungen an ein Seeflugzeug sind technisch weit schwerer zu erfüllen, wie die an ein Landflugzeug.

Um einem Seeflugzeug die Möglichkeit zu geben, auf dem Wasser zu starten und zu landen, muß man Schwimmkörper anordnen, die entweder in Form eines zentral gelegenen Bootes oder von zwei seitlich gelegenen Schwimmern gebaut sind. Die übliche Ausführung für das deutsche Seeflugzeug des Krieges war der „Z w e i f e l d w i m m e r - T y p“. Erst gegen

\*) Für die Zusammenstellung des Materials für diesen Abschnitt bin ich Herrn Marine-Baummeister Wischer zu besonderem Dank verpflichtet. Der Verfasser.

Ende des Krieges, als man zu dem Bau von Seeflugzeugen von vorher nicht gekannten Abmessungen überging, kam das Flugboot wieder mehr in Aufnahme.

Die Entwicklung der Flugzeuge erfolgte entsprechend den Frontbedürfnissen in verschiedenen Typen nebeneinander. Man baute Aufklärungs-, Kampf- und Spezialflugzeuge.

Die wichtigste Aufgabe der Marineflugzeuge war die Aufklärung über See. Um sie erfüllen zu können, wurde von der Front zunächst ein Betriebsstoffvorrat von 5 Stunden und ausreichende Festigkeit des Flugzeuges beim Starten und Landen in Seegang 4 und bei einer Windgeschwindigkeit von etwa 8 m/sec für ausreichend gehalten. Auf Steigleistung wurde weniger Wert gelegt. Die bei Ausbruch des Krieges vorhandenen Flugzeuge mit einem Motor von 100 bis 120 PS erfüllten diese Bedingungen nur unvollkommen.

Die Verhältnisse besserten sich erst, als es gelang, einen betriebsfähigeren Motor von 150 PS herzustellen. Man rüstete mit ihm zweifelhige Doppeldecker aus, mit drei-, später zweifelhiger Zelle und besonders kräftigem Schwimmergestell. Dieser Typ wurde verhältnismäßig lange beibehalten.

Ein merkbarer Fortschritt wurde im Jahre 1916 durch Einführung des 200-PS-Motors erreicht. Das Tragvermögen der Flugzeuge stieg dadurch erheblich; Geschwindigkeit und Betriebsstoffvorrat wuchsen und mit ihnen der Aktionsradius. Durchweg erhielten die Aufklärungsflugzeuge jetzt funktentelegraphische Einrichtung zum Hören und Geben und Bewaffnung mit einem Maschinengewehr. Vereinzelt waren auch Einrichtungen für Bomben vorgesehen. Überall da, wo es sich um Aufklärung ohne besonders starke feindliche Luftgegenwirkung handelte, wurden diese Flugzeuge (Tafel 22, 4) mit ihrem Betriebsstoffvorrat von 6 Stunden und einer Geschwindigkeit von etwa 140 km in der Stunde mit größtem Erfolge eingesetzt, in der Nord- und Ostsee, im Mitteländischen und Schwarzen Meer.

Im Laufe der weiteren Entwicklung, namentlich seit Eröffnung des verschärften U-Bootkrieges, wurde von der Front die Forderung nach Fernaufklärungsflugzeugen für die Nordsee erhoben. Erfüllbar war dieses Verlangen nur durch mehrmotorige Flugzeuge, bei denen neben großem Aktionsradius die Möglichkeit gegeben war, auch beim Aussetzen eines Teiles der Rotorenanlage das Flugzeug noch in der Luft zu halten. Die damals schon bestehenden zweimotorigen Spezialflugzeuge erfüllten diese Bedingungen noch nicht. Eine viermotorige Anlage erschien am vorteilhaftesten. Die ersten Anregungen für einen derartigen Typ gingen auf den Grafen Zeppelin zurück, der bereits 1914 die ersten Versuche einleitete. 1918 wurde das erste als Eindecker gebaute Riesen-

flugboot mit 4 Motoren zu je 260 PS in ununterbrochenem,  $6\frac{1}{2}$  stündigem Fluge vom Bodensee nach Norderney überführt (Tafel 22, 5). Das Neue bei diesem Typ war die Ausführung sämtlicher Teile in Dur-Aluminium oder Stahl mit Ausnahme der Stoffbespannung der Flügel. Zur gleichen Zeit wurden Flugzeuge derselben Motorenleistung abgeliefert, die aber als Doppeldecker und mit seitlichen Schwimmern gebaut waren (Tafel 22, 6). Der Bau noch größerer Fernaufklärungsflugzeuge kam nicht mehr zur Vollendung.

Als seinerzeit die belgische Küste von uns besetzt war, trat die Notwendigkeit auf, zum Schutze der Aufklärungsflugzeuge und zur Bekämpfung der feindlichen Luftkräfte über See, besondere Kampfschiffe zu bauen, die vor allem Schnelligkeit und Wendigkeit besitzen mußten, während die Steigleistung weniger in Frage kam, da sich die Luftkämpfe über dem Wasser im allgemeinen in niedriger Höhe abspielten. In Erfüllung dieser Forderung wurden im Sommer 1916 die ersten Seekampfeinsitzer mit je zwei starr eingebauten Maschinengewehren an die Front abgeliefert. Zur Gewichtersparnis waren sie verhältnismäßig leicht konstruiert. Das Wirken dieser Kampf-Seeflugzeuge war nur kurz, aber ruhmreich. Der Feind setzte schließlich zu seiner Bekämpfung Landflugzeuge ein, denen gegenüber das schwerer gebaute Seeflugzeug naturgemäß auf die Dauer unterlegen war. Der Rüstenschutz mußte auch von unserer Seite Landflugzeugen überlassen werden.

Das Betätigungsfeld der Seekampfflugzeuge mußte weiter nach See hinaus verlegt werden, wofür die Schaffung eines neuen Typs erforderlich wurde, dessen Zweck sowohl Kampf wie Aufklärung sein sollte. Diese neue Aufgabe stellte den Konstrukteur vor erhebliche Schwierigkeiten. Zunächst waren nur 150-PS-Motore verfügbar. Die Ausrüstung bestand aus einem Führer und Beobachter, einem (später zwei) starren und einem beweglichen Maschinengewehr, sowie Betriebsstoff für vier Stunden. Durch weitgehendste Sparsamkeit mit dem Baumaterial und äußerste Verringerung des Luftwiderstandes (z. B. durch Fortfall der schädlichen Verspannungstafel), wurde auch diese Aufgabe gelöst. Zunächst waren es Doppeldecker, später Eindecker, die dem Feinde überlegen waren und hervorragende Erfolge erzielten (Tafel 23, 1).

Als neuester Typ wurde ein vollkommen aus Aluminium gebauter Eindecker mit freitragenden Flügeln in Erprobung genommen (Tafel 23, 2).

Außer den eben beschriebenen Haupttypen wurden im Laufe des Krieges noch verschiedene Spezialtypen gebaut, beispielweise Torpedoflugzeuge, von welchen aus ein Torpedo gegen feindliche Schiffe lanziert wurde und welche mehrfache Erfolge aufzuweisen hatten. Aus Mangel an Betätigungsfeld wurde ihr Bau schließlich aufgegeben (Tafel 23, 3).

Besondere zusammenlegbare Flugzeuge wurden zur *Witnchme auf U-Booten* konstruiert, sind aber nicht mehr zur Ausführung gekommen, ebenfowenig wie *Bordflugzeuge*, die man auf Auslandskreuzern mitführen wollte.

Die Mannigfaltigkeit der Aufgaben stellte den Konstrukteur vor immer neue Fragen, die aber alle aufs beste gelöst wurden.

Die Zahl der Seeflugzeuge wuchs beständig. Bei Ende des Krieges wurden monatlich etwa 100 Neubauten an die Front abgeliefert.

Die Entwicklung des Kriegs-Seeflugzeuges hat der deutschen Industrie die Wege geebnet für den Bau leistungsfähiger Seeflugzeuge für den Handelsverkehr über See, für einen Verkehr, der Deutschland hoffentlich noch ein weites Betätigungsfeld bieten wird.

## IX. Kriegsschiff-, Luftschiff-, Seeflugzeughäfen, Werften, Dockanlagen.

### a. Die militärischen Grundlagen.

Von Korvettenkapitän *Hinmann*.

Es liegt in der Natur der heutigen Seekriegsmittel, daß sie in hohem Maße von ihren Stützpunkten abhängig sind. Nach wenigen Stunden muß das Seeflugzeug, nach rund einem Tage das Luftschiff, nach wenigen Tagen das Überwassersfahrzeug und nach rund drei bis vier Wochen auch das Unterseeboot einen Stützpunkt aufsuchen, um seinen Brennstoffvorrat neu aufzufüllen, um Instandsetzungsarbeiten, besonders an seinen Maschinenanlagen ausführen zu können, und schließlich, um seiner Mannschaft die notwendige Ausspannung und den einzelnen Fahrzeugen und der Flotte neue Ausbildungs- und Exerziergelegenheit zu geben. Die Lage der feindlichen Küsten zueinander, die geographische Basis und ihre natürliche Beschaffenheit bilden die strategische Grundlage der Seekriegführung. Ihre künstlichen Anlagen: die Kriegshäfen und Werften, die Ausrüstungs- und Instandsetzungsplätze, die Zugangswege zum Meere und die rückwärtigen Verbindungen nach sicheren und geeigneten Übungsplätzen sind ihre unentbehrlichen Hilfsmittel.

Die Nordsee war der entscheidende Seekriegschauplatz dieses Krieges. Eingeeengt in den nur nach Nordwesten geöffneten Winkel zwischen der nordfriesischen und westfriesischen Küste liegt die kurze deutsche Nordseebasis zwischen der Emsmündung und dem Vistertief. Langgestreckte, häufig

durch flache Sände verengte und in ihren Unterläufen durch Bänke verflachte Flußmündungen bieten wohl Schutz gegen überraschende Angriffe, erschweren aber auch jede Entwicklungsmöglichkeit. Nur umfangreiche künstliche Anlagen konnten diesen natürlichen Nachteil ausgleichen. Sie sind planmäßig vor dem Kriege durch die Technik geschaffen und im Kriege, sich schnell den wachsenden militärischen Anforderungen anpassend, weiter entwickelt worden. Die Taderregulierung, die ein sicheres Fahrwasser in diesem verflachten, von wandernden Sänden immer wieder bedrohten Hauptauslaßgebiet schuf, der Kriegshafen von Wilhelmshaven, der mit seinen Hafensflächen und Schleusen, seinen Dock- und Werftanlagen aus dem Nichts künstlich geschaffen, Helgoland, an dessen kahlen Kreideselsen ein geräumiger Hafen für kleinere Fahrzeuge allen Widerständen der Natur zum Trost als ein Meisterwerk der Hasenbaukunst angebaut worden ist, und schließlich der Kaiser-Wilhelm-Kanal, der unserer Flotte die unentbehrliche rückwärtige Verbindung nach den idealen Übungs- und Erholungsplätzen der westlichen Ostsee sicherte, das sind die Hauptwerke, ohne die weder die Flotte noch die Unterseeboote, weder Luftschiffe noch Seeflugzeuge in der Nordsee und über der Nordsee leben und wirken konnten. Erst im Kriege gelang es fast überall, diese künstlichen Hilfsmittel militärisch ganz brauchbar zu gestalten. Erst seit 1915 konnten unsere großen Schiffe den Kaiser-Wilhelm-Kanal gefechtsbereit durchfahren, erst seit Spätherbst 1914 auch die Linienschiffe und Großen Kreuzer jederzeit die flachen Stellen der Außenjabe passieren; erst im Kriege wurde das Helgoländer Bauwerk fertiggestellt. All das genügte den militärischen Bedürfnissen des Krieges noch nicht. Möglichst weit vorgeschoben nach Westen und Norden wurden, besonders für die Aus- und Einlaßwege immer wieder von Minen freimachenden Minensuchfahrzeuge, die zu ihrer Deckung nötigen Torpedoboote und Kreuzer weitere Stützpunkte, immer neue Instandsetzungs- und Ruhe- und Übungsplätze für unsere Unterseeboote nötig; ganz neu mußten Seeflugzeug- und Luftschiffhäfen entstehen. Emden und das Lister Tief, Bremerhaven, Cuxhaven und Brunsbüttel erhielten Docks, die Norseeinseln Flugzeughallen, Althorn, und Wittmund, Nordholz und Londern weit ausgedehnte Luftschiffhäfen mit allem Zubehör und endlich Eckernförde den Ausbildungs- und Schutzhafen unserer Unterseeboote.

Die Kriegslage forderte seit Herbst 1914 die Ausnutzung der skandinavischen Küste. Ihre Hasen- und Werftanlagen entsprachen diesem Kriegsbedürfnis nicht. Beides wurde geschaffen: Brücke mit Zeebrügge und Ostende wurden Unterseeboot-, Torpedoboot- und Seeflugzeugstützpunkte. Und alle diese Anlagen mußten geschützt werden. Dazu entstanden Küstenwerke und Flugabwehrbatterien, Netz-, Trossen- und Schiffsperrten von der skandinavischen Küste bis zum Lister Tief als Kriegsschöpfungen. Starren

Angriff des Feindes hätten sie niemals abweisen können; das tat der schwimmende Küstenschutz, die Flotte. Ihr danken wir es, daß in den vier Kriegsjahren nicht eine feindliche Granate die deutschen Küsten getroffen hat, daß die Hafenanlagen und ihre für die Durchführung des Seekrieges, besonders auch des Unterseebootkrieges, so wichtigen Hilfsmittel unberührt vom Feinde haben gebaut und erhalten werden können; sie aber dankt es den vorzüglichen Häfen usw., daß sie diese schwere Aufgabe erfüllen konnte.

## b. Die technische Ausführung.

Von Marinebaurat Busch.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 23.)

Wenn man bis vor kurzem von „Kriegshäfen“ sprach, so verband man damit die Vorstellung von Wasserflächen, welche vor stürmischer Witterung und vor dem Feind durch Natur oder Kunst geschützt und mit gewissen Anlagen und Einrichtungen an den Ufern ausgestattet, auf dem Wasser schwimmenden Kampffahrzeugen der Seekriegsmacht — im allgemeinen großen Schiffen — die Möglichkeit gewähren, sicher, schnell und bequem die ihrer Zweckbestimmung eigentümlichen Bedürfnisse zu befriedigen. Heute muß der Begriff „Kriegshäfen“ viel weiter gefaßt werden. Die heutige Seekriegstechnik, wie sie sich nach der Entwicklung in diesem Kriege darbietet, beschränkt sich nicht mehr auf Mittel, die auf die Wasseroberfläche angewiesen sind, sondern sie sucht damit größere Wassertiefen auf und hat sich auch die Luft dienstbar gemacht. Das erfordert für die neuen Seekampfmittel Verkehrsmöglichkeit nicht nur zwischen Wasser und Land, wie bisher, sondern auch zwischen Luft und Land, ja sogar zwischen Luft, Wasser und Land und umgekehrt und macht die Anordnung und Ausstattung der Hafenanlagen weit vielgestaltiger als früher. Die fortgeschrittene Technik hat aber auch alle Kriegsmittel zu so fein gegliederten und verwickelten Maschinen gemacht, daß zu ihrer Fertigung, Unterbringung, Unterhaltung, Wiederinstandsetzung bei Beschädigungen, ferner zu ihrer Versorgung mit Betriebsmitteln und Bedienungspersonal eine Mannigfaltigkeit der Einrichtungen und Anlagen gehört, wie sie wenige Jahre vor Kriegsausbruch noch kaum bekannt war. Eine Darstellung der Kriegshafenbautechnik im Weltkriege wird daher einmal die Bauausführungen behandeln müssen, welche infolge der Weiterentwicklung der bisher gebräuchlichen Kampfmittel zu schaffen waren; weiter wird sie aber auch ein Bild geben müssen von den Bauaufgaben, welche die Aufnahme der Verwendung ganz neuer Waffen des Seekrieges stellte, und von ihrer Lösung.

Die steigende Zahl der Linienfahrzeuge, großen und kleinen Kreuzer und Torpedoboote infolge der Ausführung der Flottengesetze, die Steigerung der Schiffsgrößen und die Fortschritte der Technik hatten an allen drei Plätzen, Kiel, Wilhelmshaven und Danzig, auf welche die Marine sich stützte, die Inangriffnahme umfassender Erweiterungen der bestehenden Marineanlagen nötig gemacht, und schwerwiegende Rücksichten der Landesverteidigung hatten zur Aufnahme der Arbeiten für einen weiteren wichtigen Stützpunkt, einen Hafen für kleine Fahrzeuge bei Helgoland, geführt. Die Aussicht auf künftige Entwicklungen gebot nach allen Erfahrungen mit dem schnellen Vorwärtsschreiten in der Seekriegsführung und der Technik hinsichtlich des Ausmaßes der zu schaffenden Anlagen weitblickende Vorforgabe. Zum Teil wurden die Bauten vor dem Kriege, zum Teil erst während des Krieges selbst durchgeführt.

An der Spitze der Hafenerweiterungen der Marine steht Wilhelmshaven. Nachdem eine weitere Einfahrt zu den beiden vorhandenen fertiggestellt war, wurden durch Neueindeichung dem Jadebusen weite Flächen Neuland für die künftigen Hafenanlagen obgewonnen. Innerhalb des etwa 5 km langen neuen Seedeiches wurden geräumige Hafenbecken ausgebaggert, und durch Aufspülen des ausgebaggerten Bodens auf die Uferflächen wurden wertvolle Plätze für Werftanlagen, Kohlenlager, Munitionshöfe und andere Einrichtungen für Versorgung und Ausrüstung der Flotte geschaffen. Das neue Hafengebiet wurde dann ausgebaut durch Herrichten der Uferstreifen als Liegeplätze für die stark anwachsende Zahl des schwimmenden Materials, durch Schaffung von Kohlenlagerplätzen, schließlich durch Einrichtung eines besonderen Torpedohafens mit Werftanlagen, um ausgiebige Reparaturgelegenheit zu schaffen.

Eine weitere Stufe des Ausbaues bildete die Tieferbaggerung der Hafenbecken auf 11 m Wassertiefe bei gewöhnlichem Hafenwasserstand, veranlaßt durch den vergrößerten Tiefgang der allerneuesten Schiffstypen.

Die Ruhbarmachung der gewonnenen Kai- und Landflächen bedingte natürlich eine große Zahl größerer und kleinerer Einzelbauwerke. Es waren herzustellen: Uferwerke, Land- und Lössbrücken, für die modernen Schiffstolosse besonders kräftige Festmachereinrichtungen, Fähren, Verbindungsstraßen für den öffentlichen Verkehr zwischen dem alten Ufergelände und dem neuen vorgeschobenen Deich mit Straßenbrücken und Unterführung von Eisenbahngleisen, sonstige Zufahrts-, Verkehrs- und Kaistraßen, ferner ausgedehnte Eisenbahngleisanlagen und im Zusammenhange damit ein besonderer Verschiebebahnhof zur Übernahme der Marinegüter in ganzen Zügen, unabhängig von dem unzureichenden und ungünstig gelegenen Güterbahnhof, Leitungsnetze für Versorgung mit Frisch-

und Kesselpfeisewasser, für Gas und elektrische Energie und für die Abführung von Schmutz- und Tageswasser mit den zugehörigen Pumpwerken, Unterstationen u. a. m., schließlich noch die Ausstattung der Schiffsliegplätze mit Wasch- und Badehäusern, Aborten für die Schiffsbesatzungen, Arbeiterunterkunftsräumen u. dgl. Nimmt man noch dazu die Bebauung mit Werkstätten und anderen Werkgebäuden, Kasernen u. a., ferner die umfangreichen Versorgungsanlagen für Betriebsstoffe für die Flotte, so ergibt sich das Bild einer ansehnlichen Industrie- und Hafenstadt, mit der ganzen Mannigfaltigkeit der neuzeitlichen Verkehrs- und Versorgungseinrichtungen, deren Aufbau in verhältnismäßig wenigen Jahren vor dem Kriege und während des Krieges den Hafenbauingenieuren eine sehr vielseitige und umfangreiche Aufgabe stellte.

Mit den Bauausführungen der Hafenerweiterungen im Zusammenhang muß auch das Werk der *Jade-Korrektion* Erwähnung finden. Eingehende Untersuchungen und Beobachtungen über Sandwanderung in der Jade und Weser, über Verlauf von Ebbe und Flut, über Veränderung der Wassertiefen, über Richtung und Einfluß des Küstenstroms u. a. m. hatten ergeben, daß auf die Sandbewegung in der Jademündung in dem Sinne eingewirkt werden konnte, daß sich an geeigneter Stelle eine tiefe Rinne bildet, welche durch Nachbaggerung dauernd offen und genügend tief — bis 11 m unter Niedrigwasser Springtide — zu halten ist und daß es zweckmäßig war, das Wangerooger Fahrwasser als Hauptfahrwasser für den Zugang zu Wilhelmshaven auszubilden. Zu diesem Zweck sind kilometerlange Dämme auf Wangeroog und auf den Wattflächen östlich davon zur Verhinderung des drohenden Abbruches größerer Sandbänke und zum Auffangen des neu hinzukommenden Sandes aus Buschpadung mit Steinschüttung hergestellt worden bzw. noch in der Herstellung begriffen. Der Kriegsausgang hat dieses vom Standpunkt des Seebaues bedeutsame Werk unterbrochen, wie er auch den bereits begonnenen Arbeiten für ein weiteres hervorragendes Bauwerk, eine vierte Einfahrt für Wilhelmshaven, bestehend aus zwei nebeneinander liegenden noch erheblich größer als bisher bemessenen Kammersehleusen von 350 m Länge, 50 m Breite, 12,5 m Wassertiefe, ein Ziel setzte.

Nicht ganz so umfangreich waren die Erweiterungsbauten in Kiel und Danzig, wenn sie auch im einzelnen an technischer Bedeutung nicht zurückstehen.

In Kiel handelte es sich weniger darum, erst durch schwierige Seebauten geschlossene Hasenbeden zu gewinnen, sondern in der, einen vorzüglichen natürlichen Hasen bildenden inneren Kieler Förde Raiflächen zu schaffen und auf vorhandenen Gelände- und Wasserflächen Werft- und Ausrüstungsanlagen herzustellen. So wurde das in früheren Jahren her-

gerichtete Erweiterungsgebiet der Nordwerft mit Werkstätten und Magazinen bebaut, ferner wurden auf der alten Südwerft durch umfangreiche Um- und Ersatzbauten neuzeitliche Reparatureinrichtungen, namentlich für das Torpedoreffort, geschaffen. Besonders hervorgehoben zu werden verdienen die beiden 40 000-t-Schwimmdocks mit den dazugehörigen Landanlagen. Sie waren dazu bestimmt, gemeinsam mit einem dritten, nahezu gleichen Dock in Wilhelmshaven und einigen weiteren im Privatbesitz den Dockbedarf der neuen großen Kampfschiffe zu befriedigen. Die Docks stellen gewaltige eiserne Schwimmkörper aus Eisenkonstruktion von U-förmigem Querschnitt dar, welche vermöge ihres Auftriebes durch Auspumpen der Zellen die schwersten Linienfahrzeuge mit voller Ausrüstung gleichsam spielend zu heben vermögen. Ihre Länge beträgt rund 210 m, ihre Breite innen 45 m, außen 56 m, die Gesamthöhe ihrer Seitentästen 19 m. Das Heben und Senken bei größter Belastung und Tauchtiefe dauert zwei Stunden.

In Danzig war zunächst die Kaiserliche Werft für größere Schiffe als bisher zugänglich zu machen. Zu diesem Zweck wurden die Einfahrtsrinne außerhalb der Molen von Neufahrwasser auf 10 m, die tote Weichsel und der Hafenskanal auf 9,5 m Wassertiefe vertieft und Wendestellen gebaggert, ferner wurden Teile des Weichselufers bei Weichselmünde und des Holmufers am Kaiserhafen zu Schiffs-liegeplätzen ausgebaut. Vor allen Dingen wurde aber der größte Teil der von der „toten Weichsel“ und dem „Kaiserhafen“ umschlossenen Holminsel zur Erweiterung der Werstanlagen herangezogen, indem drei Hasenbecken für Torpedo- und Unterseeboote und ein Becken für Betriebsfahrzeuge mit dem erforderlichen Bedarf an Versorgungsleitungen, Eisenbahngleisen, Straßen, Werkstatt- und Magazinsbauten vorgeesehen wurden, die jedoch nicht mehr in vollem Umfange zur Ausführung kamen.

Das bemerkenswerteste, Techniker wie Laien in gleicher Weise interessierende, hasenbauliche Werk, dessen Vollendung der Krieg gebracht hat, ist zweifellos der Hafen für kleinere Kriegsfahrzeuge bei Helgoland. Ist schon die Felseninsel Helgoland an sich eine geographische und geologische Merkwürdigkeit, so bildet die Kriegshafenanlage nicht allein wegen ihrer Ausgestaltung, sondern ganz besonders wegen der eigenartigen Vorbedingungen für die Bauausführung ohne Frage ein Werk von hervorragender technischer Bedeutung (Tafel 23, 3).

Die Insel Helgoland besteht bekanntlich aus dem „Oberland“, der ziemlich ebenen Oberfläche des aus dem Meere hoch aufragenden Felsens, und dem „Unterlande“, der an der Ostseite der Insel dem Fuße des steil abfallenden Felsens vorgelagerten, etwa  $\frac{1}{4}$  des Oberlandes an Fläche haltenden Geröllhalde. Das einzige Baugelände, das Unterland, konnte als Hasengelände nicht in Frage kommen, da es dicht bebaut ist. Es blieb

daher nichts anderes übrig, als neues Land künstlich zu schaffen. Da in größerer Nähe kein geeigneter Boden vorhanden war, wurde auf der Vorelzbank, in der Jade, Elbe und Weser gebaggerter Boden nach Helgoland gebracht und im Schutze der allmählich im Bau fortschreitenden Molen aufgespült. Das so gewonnene und in mancher Sturmflut während der Bauzeit mit großer Mühe und Zähigkeit verteidigte Hafengelände hat etwa 20 ha, die doppelte Größe des Unterlandes.

Der Hafen ist in erster Linie für kleinere Fahrzeuge der Kriegsmarine, insbesondere Torpedo- und Unterseeboote bestimmt, soll aber auch Zuflucht für Handels- und Fischersfahrzeuge bieten. Er hat zwei durch Steindämme voneinander getrennte Becken, den Innenhafen mit 5 ha und den Außenhafen mit 30 ha Fläche; außerdem ist an der Wurzel der Ostmole, nach dem Unterland zu offen, ein Scheibenhafen für Schießübungs zwecke der Hochseeflotte angeordnet. Den Schutz der Hasenfläche gegen stürmische See bilden die beiden Molen, deren Linienführung so ist, daß die Hafeneinfahrt eine möglichst günstige und geschützte Lage erhalten konnte. Sie sind massiv aus Beton gebaut. Da hölzerne oder eiserne Gerüste wegen des starken Seeganges und des Felsuntergrundes nicht zur Verwendung gelangen konnten, so wurde der Molenkörper in geringerer Wassertiefe aus geschichteten Betonblöcken hergestellt, in größeren Tiefen über 4 m durch Aneinanderreihen von Kästen mit Betonsfüllung. Diese Kästen, 25 m lang, 8 bis 10 m breit und je nach der Wassertiefe etwa 10 m hoch, wurden, an Land aus Eisen gefertigt, schwimmend zur Verwendungsstelle gebracht, durch Einlassen von Wasser versenkt und mit Beton ausgefüllt. Die obere Kante der Mole liegt etwa 5 m höher als der Niedrigwasserstand bei Springtide; die Westmole hat noch eine Brustwehr mit wellenablenkender Bekrönung, welche bis 3,60 m über den höchsten Hochwasserstand reicht. Als Tiefe der Hasenbecken war 4,5 m unter Niedrigwasser Springtide vorgesehen. Diese Tiefe ist jedoch während des Krieges in verschiedenen Teilen, namentlich an den Liegestellen und in den Zufahrtsrinnen zu diesen, auf 6,5 m gebracht worden, weil die neueren Unterseeboote eine solche Wassertiefe verlangten. Die Sohle der Hasenbecken mußte im Felsboden aufgehoben werden. Dazu war eine Zertrümmerung des Felsens durch Fallmeißel vorgesehen; es stellte sich jedoch heraus, daß das Felsmaterial weich genug war, um durch kräftige Eimerbagger mit besonderen Einrichtungen zum Zerstoren von Fels bewältigt werden zu können. Immerhin war das Baggern eine schwierige und kostspielige Arbeit, die namentlich im ersten Teile der Bauausführung, als der Molenschutz noch unzulänglich war, durch Sturm und Seegang häufige Störungen erlitt.

Im Innern der Hasenbecken bieten einzelne Dämme und Pontonanlagen Liegeplätze für Torpedo- und Unterseeboote. Entsprechend der

Abgelegenheit der Insel ist auf dem Hafengelände für Lagerung genügender Mengen von Kohlen, Heizöl, Treiböl, Petroleum, Schmieröl, Spiritus und anderer Bedarfsmaterialien gesorgt. Ferner ist vorgesehen die Versorgung der Liegestellen mit elektrischem Strom, Frischwasser, destilliertem Wasser, Heizöl, Treiböl, Schmieröl, Heizdampf. Reparaturgelegenheit bietet ein Trockendock von 112 m Länge, 11,5 m Breite und 5,5 m Tiefe unter Springniedrigwasser, sowie die notwendigsten Werkstätten zur Ausführung kleinerer Reparaturen und Überholungsarbeiten. Eine besonders wichtige Rolle spielt die elektrische Zentrale, die z. T. bombensicher eingedeckt ist.

Die ganze Anlage mußte buchstäblich aus dem Nichts entstehen. Alles zum Bauen Notwendige mußte in weiten Transporten über See herangeschafft werden; für Material mußte erst eine entsprechende Lagerfläche ausgespült und gesichert, für das Unterbringen von schwimmendem Baugerät erst einigermassen Schutz gegen Seegang geschaffen werden. Die Schwierigkeiten der Beschaffung von Arbeitskräften und Material während der Kriegszeit machten sich natürlich in verschärftem Maße geltend. Dies alles trat jedoch zurück gegenüber dem Einfluß, den die stürmische See auf die Bautätigkeit ausübte. Während der Hauptsturmperiode im Winter konnte deshalb die Arbeit nur wenig gefördert werden; man mußte sich im allgemeinen darauf beschränken, die in den guten Monaten gebauten Teile, während der Sturmperiode behelfsmäßig gesichert, liegen zu lassen. Eine ganze Reihe von Sturmfluten während der Bauzeit haben besonders schwere Schäden im Gefolge gehabt. Man kann sich von der Kraft der Wellen kaum eine Vorstellung machen. Einer der großen, mit Beton gefüllten Molentästen, dessen Gewicht mindestens 5000 t = 100 000 Zentner betrug, wurde, nachdem das Steingeröll seiner Unterlage durch die See herausgespült war, aus seiner Lage verschoben! Infolge der unvorhergesehenen Sturmschäden hat man sich denn auch entschlossen, an der Außenseite der Westmole entlang eine Schüttung aus Betonblöcken auszuführen, um übertommende Seen möglichst zu schwächen, die Brüstungsmauer um 0,7 m zu erhöhen, auf dem Hafengelände längs der Westschuhmauer ein Wassersturzbett anzuordnen, um überstürzendes Wasser sofort in den Außenhafen abzuleiten, alle Keller- und Erdgeschoßeingänge, Zisternenschächte u. a. zu sichern, einen Wellenbrechersporn zu bauen, um die bei starken Westwinden zwischen Westmole und den weiter südlich liegenden Untiefen laufende Dünung von den zum Schutz einlaufenden Schiffen abzulenken u. a. m. Die Durchführung der schwierigen Bauten unter ungünstigsten Verhältnissen und ihre Ruhbarmachung während des Krieges gehört mit zu den besten Leistungen der deutschen Wasserbaukunst.

Wenden wir uns nun den Anlagen zu, welche für die neuen

Waffen des Seekrieges zu schaffen waren, für die Unterseeboote, Luftschiffe und Seeflugzeuge. Sie sind so recht eigentlich Kinder des Krieges, namentlich von den beiden letzteren waren im Anfang des Krieges kaum Spuren in der deutschen Marine vorhanden. Was zur Befriedigung der Bedürfnisse dieser Waffen und zur vollkommnen Ausgestaltung ihrer Stützpunkte hergestellt werden mußte, konnte sich wenig auf Vorbilder und Erfahrungen stützen. Die „Probleme“ ergaben sich meist erst während des Bauens und drängten dann zur schnellsten Lösung, was von den mit diesen Aufgaben Betrauten ein außergewöhnliches Maß von Entschlußfähigkeit, Ausdauer und Verantwortungsgefühl forderte.

Besondere Anlagen für Unterseebootszwecke sind geschaffen worden in Wilhelmshaven, Helgoland, Kiel, Eckernförde (U-Bootschulstation), Emden, Flandern (Ostende-Brügge) und Danzig. In Vossbrook bei Kiel sowie in Pola und Cattaro sollten noch umfangreiche Anlagen entstehen. Der Entwurf war fertig und die Arbeiten waren bereits in Angriff genommen bzw. voll im Gange, sie konnten jedoch nicht bis zu Ende geführt werden. Geschützte Hasenflächen waren überall vorhanden, dagegen mußten Liegeplätze unter Herstellung der erforderlichen Wassertiefe und der Kaianlagen erst ausgebaut und an Land alle Einrichtungen geschaffen werden, welche dazu nötig sind, die Unterseeboote fahrbereit zu machen. Für die Liegeplätze waren Kaimauern, Bohrtwerke, Anlegebrücken oder Pontonanlagen zu bauen. Die Liegeplätze waren ferner mit Abgabestellen für alle Betriebsbedürfnisse auszurüsten; es mußte ihnen also elektrischer Strom zum Aufladen der Akkumulatoren und zur Beleuchtung, Heizdampf zum Beheizen der Boote, Treiböl, Schmieröl, Preßluft und Trinkwasser von Land aus zugeleitet werden. Die Erzeugung und Lagerung dieses Bedarfes erforderte wieder entsprechende Bauten am Lande, wie Lade- und Umformerstation, und da, wo die Stromquelle für den erheblichen Bedarf nicht ausreichte, auch Vergrößerung der elektrischen Zentrale, ferner Heizkesselhaus, Behälter mit Pumpen zur Lagerung und Abgabe von Treiböl und Schmieröl, Preßluftstation u. a. Dazu kommen noch Straßen und Geleise, die Leitungsnetze für die verschiedenen Versorgungszwecke, z. B. in gemauerten Kanälen, Werkstattsräume für kleinere Arbeiten und Unterkunft mit Wasch- und Badeeinrichtung für die Besatzungen. In Flandern sind für die Unterseeboote Unterstände mit starken Eisenbetondecken gebaut worden gegen Fliegerbomben, deren Konstruktion mit zunehmender Fliegerwirkung dauernd verstärkt werden mußte. Ähnliche Vorkehrungen in Emden haben keine praktische Bedeutung erlangt. Zu diesen auf allen Stützpunkten vorhandenen Anlagen traten in Wilhelmshaven, Kiel, Danzig und in Flandern noch umfangreichere Einrichtungen

zur Überholung und Reparatur der Boote, Werkstätten sowie Schwimmdocks, Hebewerke und Pontons mit allen ihren Nebenanlagen. Sie nehmen namentlich in Wilhelmshaven und Kiel, wo nicht weniger als 15 bzw. 23 Schwimmdocks und Pontons zu einer großen Dockanlage vereinigt sind, einen erheblichen Raum ein und bilden einen Werftabschnitt für sich.

Zu den Kriegshafenanlagen müssen auch die Luftschiffhäfen und Seeflugstationen gerechnet werden, einmal, weil sie Kriegsfahrzeugen dienen, ferner, weil sie die gleichen Aufgaben zu erfüllen haben wie jene: Schutz vor Witterungseinflüssen und feindlicher Einwirkung, Möglichkeit der Instandsetzung und Ausrüstung mit allem, was zu ihrer Betriebsfähigkeit und der Erfüllung ihres militärischen Zweckes nötig ist. Freilich wurden die Aufgaben dadurch erheblich verwickelter, daß ein anderes Medium an Stelle des Wassers, die Luft, in Betracht kam, ferner wenig widerstandsfähiges Fahrzeugmaterial und — bei Luftschiffen wenigstens — ein neuer, in der Handhabung recht unangenehmer Betriebsstoff, das Wasserstoffgas.

Ein Luftschiffhafen erfordert in erster Linie einen möglichst großen, möglichst ebenen, von hochragenden Gegenständen völlig freien, trockenen, aber auch nicht vegetationslosen Platz zum Landen und Aufsteigen. Da für die Auswahl des Geländes in erster Linie militärische und meteorologische Gesichtspunkte maßgebend waren, so mußten für alle Luftschiffhäfen mehr oder weniger ausgedehnte Abholzungen, Einebnungen, landwirtschaftliche Arbeiten zur Erzielung einer Grasnarbe oder Trockenlegungen erfolgen, damit die zu stellenden Anforderungen erfüllt wurden. Bevor an die Bebauung herangegangen werden konnte, war vor allem die Verkehrsfrage durch Herstellung von Eisenbahnananschluß und Zuwegung zu lösen. Dann wurde mit der Bauausführung der Hallen und sonstigen Anlagen begonnen. Außer den Hallen mit den Ausfahrbahnen zur sicheren Führung des Schiffes beim Ein- und Ausfahren, den Einrichtungen zur Übernahme von Wasserstoffgas, Benzin und Ballastwasser, zur Trocknung der Schiffe, zur Ausföhrung von Reparaturen am Schiff, waren herzustellen: das Wasserstoffgasleitungsnetz mit den Einrichtungen zum Abfüllen aus Gastransportgefäßen — Stahlflaschen oder Hochdruckkesseln auf Eisenbahnwagen —, in den meisten Fällen eine Gas erzeugungsanlage mit Nieder- und Hochdruckbehältern zur Gas aufspeicherung und Einrichtung zum Füllen der Gastesselwagen, eine elektrische Zentrale, wo nicht Anschluß an eine Überlandzentrale möglich war, die Wasserversorgungsanlage, bestehend aus einer Reihe von Brunnen, Pumpwerk, Wasserbehälter und Leitungsnetz, besonders für Feuerlöschzwecke ausgestaltet, Benzinbehälter in feuer- und explosions sicherer Lagerung mit Schutzgas erzeugungsanlage, Schmieröllager, Materialienmagazin, Werkstattegebäude, Munitions-

magazin, Räume für Wetter-, Nachrichten- und Wachdienst, Luftabwehrbatterien und Fliegerstation für den Luftschuß, schließlich Unterkunft für Schiffsbesatzungen in unmittelbarer Nähe der Hallen und Kasernen am Rande des Luftschiffhafengeländes. Luftschiffhäfen sind durch die Marine während des Krieges 9 erbaut worden mit einer Doppeldrehhalle, 15 einschiffigen und 12 zweischiffigen festen Hallen, von denen einige nur in Eisenkonstruktion mit Holzvercalung, die übrigen massiv erbaut waren, sowie Wasserstoffgasanstalten mit 10 000 bis 60 000 cbm Tagesleistung. Dazu kommen noch die unmittelbar vor dem Kriege und während des Krieges entstandenen 17 Luftschiffhäfen der Armee mit etwa ebenso vielen Hallen.

Dem schnellen Anwachsen der Schiffsgröße entsprechend haben die Hallenabmessungen von 180 m Länge, 34 m lichter Weite und 28 m lichter Höhe zugenommen auf 260 m Länge, 75 m lichter Weite und 36 m lichter Höhe. Das hervorragendste Bauwerk auf diesem Gebiete ist die zweischiffige Drehhalle in Nordholz. Sie hat eine Länge von 180 m, nach der Verlängerung von 200 m, eine lichte Weite von 35 m, eine Gesamtbreite von 84 m, eine lichte Höhe von 30 m und eine Gesamthöhe bis zum First von 40 m. Der Hallenkörper ruht auf 8 Radgestellen mit je 8 Rädern, die auf einem Schienentrans von 147 m Durchmesser laufen. Als Führung in der Mitte dient ein Drehpfeiler aus Eisenbeton von 11,5 m Durchmesser. Die Gesamtansicht der Drehhalle zeigt die Abbildung Tafel 23, s. Die Bauausführungen hatten unter einer unverhältnismäßig großen Zahl von Unfällen zu leiden. Es lassen sich dafür verschiedene Gründe anführen. Einmal waren sowohl die Wirkungsweise der Luftströmungen und Luftdruckverhältnisse, wie auch die Gefahren des Wasserstoffgases noch ziemlich unerforschte Gebiete; ferner spielten Unvorsichtigkeit und Ungeschicklichkeit eine außergewöhnliche Rolle, weil der während der Kriegszeit dauernd zunehmende Arbeitermangel dazu zwang, für die vielen schwierigen und verantwortungsvollen Arbeiten ungeschultes und unzuverlässiges Arbeiterpersonal zu verwenden.

Nicht ganz so reich an Problemen hinsichtlich der Frage der Hafenanlagen wie die Luftschiffahrt, war das *Seeflugzeugwesen*. Hier spielte doch wieder das bekannte Element, das Wasser, die entscheidende Rolle und es brauchte auf die Gefährlichkeit der Betriebsstoffe und auf die Gebrechlichkeit der Fahrzeuge nicht mehr so peinliche Rücksicht genommen zu werden. Immerhin mehrten sich, als das Wasserflugzeug aus den Kinderschuhen herauszuwachsen begann, immer größere Flügelspannweite und größeres Gewicht bekam, die Aufgaben und gipfelten schließlich in der Bergung, Beförderung, Unterbringung und Verforgung der Riesenvögel vom Gewicht eines großen beladenen Eisenbahnwagens und der Motorenkraft von mehreren Tausend Pferdestärken. Leider ist auch hier die Entwicklung

durch das Kriegsende unterbrochen worden und die letzten Entwürfe sind unausgeführt oder unvollendet geblieben. Die Marine hat während des Krieges 15 Seeflugstationen an der inländischen Küste, ferner 4 in den besetzten Gebieten und einige Stationen im Gebiet der Verbündeten auf dem Balkan gebaut oder ausgebaut. Die Unterschiede in der Art und Größe der einzelnen Anlagen sind, entsprechend dem Verwendungszweck, namentlich aber auch entsprechend der außerordentlichen Verschiedenheit der örtlichen Bedingungen — Lage zum freien Wasser, Küstenbildung, Wassertiefe, Zugänglichkeit u. a. — sehr erheblich. Die umfangreichsten und zugleich havenbautechnisch interessantesten sind die Anlagen in Norderny, Bortum und Warnemünde. An baulichen Anlagen mußte folgendes geschaffen werden: Uferbefestigung zum Schutz des Ufers und Geländes gegen die See, Ablaufbahnen zum Anland- und Zuwasserbringen der Seeflugzeuge, die bei flachem Wasser sehr weit ins Wasser hineinreichen und wegen der Beanspruchung durch Seegang und wegen des Gewichtes größerer Flugzeuge massiv aus Beton gebaut sind, Landebrücke für kleinere Fahrzeuge, Plattformen vor den Hallen mit Betonbefestigung zum Abstellen von Flugzeugen, Hallen mit 50 bis 60 m weiten Toröffnungen und freiem inneren Raum, Heißvorrichtungen für Flugzeuge in den Hallen, explosionsfähigeres Benzin- und Benzollager mit Schutthäuserzeugung, Ölteller, Materialienmagazin, Werkstoff für Eisen-, Holz-, Tellerarbeiten u. a., Munitionsmagazin, Straßen, Wasserversorgungsnetz mit Pumpwerk und Wasserbehälter, elektrische Zentrale und Leitungsnetz, Sammelheizung, Entwässerungsleitungen mit Kläranlage, Funkstationanlage, Betriebsgebäude und Unterkunftsanlagen für Offiziere und Mannschaften. Auch bei diesen Bauausführungen war die Abgelegtheit der Baustellen und die schwierige Verkehrsmöglichkeit von sehr störendem Einfluß, auch wurde manches, kaum vollendet, durch Brandung oder Sturmflut wieder fortgerissen.

Schließlich noch einige Worte über die havenbaulichen Arbeiten in den besetzten Gebieten. In Kurland waren es in der Hauptsache die beiden Häfen Libau und Windau, in denen durch den Feind unbrauchbar gemachte Anlagen, soweit sie für unsere Zwecke benutzt werden konnten und erwünscht waren, wieder instand gesetzt und betriebsfähig gemacht wurden, u. a. in Libau die durch Sprengung beschädigten beiden Trockendocks, ein Teil der Gebäude der Marinestadt, eine Reihe von Werkstätten und Magazinen der zerstörten Marinewerft, die Kais und Fahrwasserteile durch Heben der versenkten Fahrzeuge, die gesprengte eiserne Drehbrücke über den Werftkanal durch eine hölzerne Klappbrücke als Ersatz. Darüber hinaus wurde der Hafen von Libau durch umfangreiche Baggerungen zur Vertiefung der nördlichen Zufahrtsrinne und des Werftkanals und zur Herstellung von Liegeplätzen für große Schiffe zugänglich gemacht.

In Flandern handelte es sich darum, Stützpunkte für Torpedoboote, Unterseeboote und Minenboote zu schaffen. Zu diesem Zweck wurden in den Häfen Ostende und Brügge die Handelskais und Bohlwerke als Liegestellen eingerichtet, sowie Trockendocks, Schwimmdocks und Werkstätten gebaut und in Betrieb genommen. Ferner wurden die Fahrwasser und Häfen von Zeebrügge und Ostende durch Baggern offen gehalten, unter anderem auch die durch Versenken von feindlichen Schiffen gesperrte Einfahrt in den Zeebrügger Kanal wieder fahrbar gemacht. Schließlich mußten die Deiche und Küstenschutzwerke unterhalten, Sturmflutschäden beseitigt, und die durch Beschießung oder Fliegerangriff beschädigten Schleusen, Brücken und sonstigen Anlagen wieder instand gesetzt werden.

Groß war also der Aufgabekreis, welcher der Hafenbautechnik im Kriege gestellt wurde. Es kam nicht nur darauf an, daß diese Aufgaben gelöst wurden, sondern daß sie mit ganz besonderer Schnelligkeit gelöst wurden. Dem standen entgegen die schwierige Materialbeschaffung, die sich zeitweise bis zu fast völligem Fehlen einzelner Hauptbaustoffe steigerte, ferner der Mangel an Arbeitskräften, ganz besonders an fachlich ausgebildeten, schließlich auch die schwierigen Transportverhältnisse infolge der starken militärischen Inanspruchnahme der Eisenbahnen. Durch Verwendung weniger knapper Baustoffe und Wahl von Konstruktionen und Arbeitsweisen, welche sich den völlig geänderten Voraussetzungen anpaßten, ist es trotzdem gelungen, die Erwartungen, welche nach der Höhe des Friedensstandes auf die Leistungsfähigkeit der deutschen Technik auch auf diesem Gebiete gesetzt werden konnten, vollauf zu erfüllen.

---

---

## C. Technik in der Heimat.

---

### I. Technische Errungenschaften der Lebensmittelgewerbe.

Von Regierungsrat Dr. Friedrich Kuerbach.

**W**ährend ein großer Teil der deutschen Industrie in fieberhafter Arbeit damit beschäftigt war, der deutschen Land-, See- und Luftmacht das Rüstzeug zum Angriff und zur Verteidigung, die Maschinen und Geräte zur Beförderung und zur Nachrichtenübermittlung, sowie allen sonstigen Kriegsbedarf in immer gewaltigerem Umfange und in immer größerer Vervollkommnung zu schaffen, waren anderen Zweigen der heimischen Gewerbe andere wichtige Aufgaben erwachsen. Galt es doch, eine vom Ausland mehr und mehr abgeschnittene Bevölkerung mit alldem zu versorgen, was des Lebens Notdurst heischt, und diese heischt vor allem Speise und Trank. Mehrmals an jedem Tage verlangt der Körper danach; und wird er nicht ausreichend befriedigt, so sinkt zuerst die Arbeitskraft, bald auch das Körpergewicht, dann leidet die Gesundheit; mit dem geschwächten Körper haben die Krankheiten ein leichteres Spiel, und fortgesetzte Unterernährung kann schließlich auch unmittelbar den Tod herbeiführen. Diese Gefahren waren durchaus ernst zu nehmen, weil trotz aller Fortschritte der landwirtschaftlichen Erzeugung die stark angewachsene Bevölkerung des Deutschen Reiches aus dem heimischen Boden allein sich nicht voll ernähren konnte, sondern zu einem erheblichen Teile auf Zufuhren aus dem Auslande angewiesen war. Gewaltige Mengen von russischem, rumänischem, argentinischem Weizen, russischer Gerste und anderen Futtermitteln, von Hülsenfrüchten, Reis, Ölfrüchten und Ösen, dänischem Rindvieh, russischen Schweinen und Gänsen, amerikanischen Schweineschmalz und Rinderfett, britischen und holländischen Heringen, sibirischer, dänischer und holländischer Butter, allerlei Käse, galizischen und russischen Eiern, dazu Süßfrüchten, Gewürzen, Kaffee, Tee, Kakao, Schokolade und Wein waren in Friedenszeiten als Zuschuß zur heimischen Kost über Deutschlands Grenzen hereingeströmt und mußten nun zum großen Teile entbehrt werden!

Was war zu tun? Die Lebensmittelgewerbe mußten alle Kräfte anspannen, um soviel Nahrung wie möglich zu schaffen, und die Behörden

mußten für sparsamste Bewirtschaftung und gerechte Verteilung der verfügbaren Lebensmittel Sorge tragen. Diese behördliche Organisation der Kriegsernährung zu schildern, ist nicht Aufgabe dieser Blätter; hier soll nur versucht werden, darzulegen, was die Technik geleistet hat, um der mit jedem Kriegsjahr wachsenden Schwierigkeiten Herr zu werden. Aber auch dies kann bei der Fülle des Stoffes nur in flüchtigen Umrissen geschehen.

Die Mittel, die der Technik zu Gebote standen, um die Menge der menschlichen Nahrung zu vermehren und ihre Wertbarkeit zu steigern, lassen sich in drei Gruppen teilen: 1. vollkommenerer Verwertung bekannter Lebensmittel, 2. Benützung neuer oder wenig verbreiteter Lebensmittel (oder Benützung bekannter Lebensmittel zu neuen Zwecken), 3. künstliche Herstellung von Lebensmitteln.

Bei der ersten Gruppe kam es vor allem darauf an, das Verderben der Lebensmittel durch geeignete Erhaltungsverfahren einzuschränken. Hier haben namentlich die Trocknungsverfahren in der Kriegszeit einen großen Aufschwung genommen, zum Teil unter Anwendung neuer Gedanken und neuer Geräte; nicht nur Kartoffeln, Gemüse und dergleichen, sondern auch Flüssigkeiten, wie Milch und Blut, sind auf diesem Wege in Dauerwaren übergeführt worden. Aber auch die Haltbarkeit durch Sterilisation in geschlossenen Gefäßen, ferner mittels Salz, Zucker oder chemischer Konservierungsmittel hat eine große Rolle gespielt; die Verfahren wurden den Kriegsverhältnissen angepaßt, ihr Anwendungsgebiet erweitert. Mit dem Bestreben, das Verderben der Lebensmittel zu verhüten, vereinigten sich die Bemühungen, jedes einzelne pflanzliche und tierische Erzeugnis so vollkommen wie möglich für die Ernährung nutzbar zu machen, d. h. auch möglichst alles das zu verwerten, was bisher als Abfall gegolten hatte: die Kleie des Getreides, seine Keime, womöglich auch das Stroh, die Obstkerne, Weintrester, Birtreber, Hefe, Magermilch und Molke, Blut und Knochen der Schlachttiere und andere Schlachtabgänge und tierischen Abfälle usw. Eine reiche Erfindertätigkeit entfaltete sich auf diesem Gebiete, deren Erfolge — und Mißerfolge — nachher noch im einzelnen gestreift werden sollen.

Bei der zweiten Gruppe von Auswegen handelte es sich zunächst darum, nach neuen Lebensmitteln Umschau zu halten unter alldem, was in der Heimat die Tier- und Pflanzenwelt hervorbringt und was man in Friedenszeiten bei der Fülle der gewohnten Nahrungsmittel vernachlässigt oder ganz am Wege liegen gelassen hatte. Unendlich viel wurde hier vorgeschlagen, gar manches versucht — nur weniges hat sich bewährt und noch weniger wird wohl die Zeiten des Mangels überdauern; ein Zeichen, daß jahrhundertelange Erfahrung schon die richtige Auslese ge-

troffen hat! Neben den gewöhnlichen Schlachttieren haben Pferde, Ziegen und Kaninchen in Form von Fleisch oder Wurst unser Eiweißbedürfnis befriedigt, wozu gelegentlich auch das Fleisch von Krähen, Robben, Walen herangezogen wurde, während die im Binnenlande sonst wenig beachteten Muskeln zu besonderen Gerichten oder Brotaufstrich verarbeitet wurden. Die Verwertung von Melde und Quecken, von Brennesseln und anderem „Wildgemüse“ hat nur beschränkte, die von Wicken größere Bedeutung gewonnen; die Kohlrübe war in dem kartoffelarmen Winter 1916/17 zwar ein Rettungsmittel, aber wegen ihres geringen Nährwertes von recht zweifelhafter Art und durch ihren Geschmack wenig beliebt.

Aber was nicht unmittelbar genußtauglich war, konnte vielleicht durch geeignete Behandlung dazu hergerichtet werden. Derartige Verfahren haben besonders Anwendung gefunden in der Industrie der sogenannten *E r s a h l e b e n s m i t t e l*, die in der Kriegszeit einen ungeheuren Aufschwung genommen hat (leider aber auch Auswüchse gezeitigt hat, denen durch die Gesetzgebung entgegengewirkt werden mußte). Auf den verschiedensten Wegen wurde versucht, sei es durch Verarbeitung neuer Rohstoffe oder durch Überführung bekannter Lebensmittel in andere Formen, Erzeugnisse zu bereiten, welche die knapp gewordenen Nahrungs- oder Genußmittel wenigstens in einzelnen Eigenschaften oder Wirkungen zu ersetzen imstande waren. Nur als Beispiel sei angeführt, daß zur Bereitung von Kaffee-Er sah neben den schon im Frieden benutzten Getreidelörnern, Zichorie usw. noch die verschiedensten anderen Pflanzenteile herangezogen wurden; ebenso wurden zahlreiche Pflanzen ausfindig gemacht, deren Blätter oder Blüten, sei es nur durch Trocknen oder durch eine geeignete Vorbehandlung („Fermentation“), die Eigenschaft erlangen, einen Ausguß zu liefern, der dem echten Tee — wenn auch nur entfernt — ähnlich ist (z. B. Brombeer-, Himbeer-, Erdbeerblätter, Heidekrautblüten u. a.). In anderen Fällen mußten tiefergreifende Bearbeitungsverfahren angewandt werden. So gelang es z. B., aus den Samen der Rostkastanie nicht nur ein Speiseöl, sondern auch genießbares Stärkemehl zu gewinnen, das seinerseits weiter in Milchsäure (für Erfrischungsgetränke) umgewandelt werden kann, während ähnliche Versuche, den Nährstoffreichtum der Lupine durch Entfernung der Bitterstoffe und der sonstigen unerwünschten Bestandteile für den Menschen unmittelbar — nicht erst auf dem Umwege über das Vieh — nutzbar zu machen, bisher nur in kleinem Maßstabe durchgeführt werden konnten. Die Bemühungen, das Holz unserer Bäume durch mechanische oder chemische Behandlung in menschliche Lebensmittel zu verwandeln, sind gescheitert, mit Ausnahme der Gewinnung von Alkohol, entweder unmittelbar aus Holz, indem dieses durch Säurebehandlung verzuckert, die Zuckertlösung vergohren und der Alkohol

abdestilliert wird, oder in ähnlicher Weise aus der bei der Verarbeitung des Holzes auf Zellstoff abfallenden sogenannten „Sulfitlaug“.

Die letztgenannten Verfahren könnte man schon zur dritten der obigen Gruppen, der künstlichen Herstellung von Lebensmitteln rechnen. Noch mehr ist man dazu berechtigt bei den während des Krieges in großem Maßstabe ausgekommenen Versuchen, unter ausschließlicher Verwendung mineralischer Nährstoffe Hefe zu züchten, die dann als eiweißreiches Nahrungsmittel dient („Mineralhefe“, „Nährhefe“). Die Züchtung einer besonderen Art von Hefe, die sich durch ihren Fettreichtum auszeichnet („Fetthehe“), hat zwar viel von sich reden gemacht, aber noch nicht zu praktischen Erfolgen geführt. Ist man in diesen Fällen noch auf die Mitwirkung von Lebewesen angewiesen, so stellt eine andere während des Krieges durchgeführte Erfindung sich wohl als der erste geglückte Versuch dar, Lebensmittel unmittelbar aus Mineralstoffen auf chemischem Wege aufzubauen: es ist dies die Darstellung von Alkohol und von Essigsäure aus Kalziumkarbid, also aus Kalk und Kohle. Übrigens lassen sich auch Gewürzfarbstoffe auf rein chemischem Wege gewinnen, wie das längst bekannte Vanillin und ein kürzlich in den Handel gebrachter Pfefferfarbstoff.

Nach dieser allgemeinen Übersicht sollen die wichtigsten technischen Errungenschaften der Kriegsernährung noch im einzelnen betrachtet werden.

Beginnen wir mit dem unentbehrlichen Hauptnahrungsmittel der Kinder, der Milch, die infolge des Futtermangels im Laufe der Kriegszeit so knapp wurde, daß nach den Groß- und Mittelstädten nur ein kleiner Teil des Friedensbedarfs geliefert werden konnte; und auch diese so verkürzte Menge mußte zum Teil aus weiten Entfernungen in die Städte befördert werden, so daß die Gefahr des Sauerwerdens der Milch, bevor sie zum Verbraucher gelangte, entsprechend vergrößert war, um so mehr, als ein Teil der Bevölkerung statt Vollmilch nur die leichter verderbliche, nach Entnahme des Rahms zur Verbutterung zurückbleibende Magermilch erhalten konnte. Unter dem Zwange dieser Not mußte mit dem früheren Grundsatz, der Milch jeden chemischen Zusatz fernzuhalten, gebrochen werden. Im Wasserstoffsuperoxyd wurde ein Mittel gefunden, das in kleinen Mengen der frischen Vollmilch oder Magermilch zugefügt, diese etwa 24 Stunden länger als sonst vor dem Sauerwerden schützt und — was die Hauptsache ist — während dieser Zeit selbst bis auf geringe Spuren zu Sauerstoff und Wasser, also harmlosen und geschmacklosen Stoffen zerfällt. (Das gilt aber nur, wenn es sich um frische Milch handelt; war diese schon pasteurisiert oder gekocht, so sind dadurch auch die Enzyme zerstört, die das Wasserstoffsuperoxyd zerlegen, und wenn man solches nunmehr zufügt, so wird zwar die Milch ebenfalls vor dem Sauerwerden geschützt, behält aber dabei den bitteren, metallischen Geschmack des

Wasserstoffsuperoxyds, der sie unverwendbar macht.) Auf Grund dieser Erkenntnis war es möglich, den Molkereien genaue Anweisungen zur Behandlung von Milch mit Wasserstoffsuperoxyd zu geben. Immerhin erfordert das Verfahren, das möglichst kurze Zeit nach der Gewinnung der Milch, also in den ländlichen Molkereien, angewandt werden muß, recht viel Sorgfalt und Aufmerksamkeit, so daß es sich nicht überall einführte. Später wurde dann ein anderer Ausweg gefunden: In den Milchzentralen der großen Städte trifft in den Sommermonaten ein erheblicher Teil der Milch in einem Zustand so vorgeschrittener Säuerung ein, daß sie meist schon beim Pasteurisieren gerinnt. Um dem vorzubeugen, wird die Säure der Milch durch Zusatz genau bestimmter kleiner Mengen von Kohlen säure m Natrium soweit abgestumpft, daß der Säuregrad nur noch dem normalen der frischen Milch gleichkommt; die Milch wird dann sofort pasteurisiert und tief gekühlt. Das Verfahren bedarf natürlich der chemischen und sonstigen sachmännischen Aufsicht, wie sie in den Milchzentralen ohnehin unentbehrlich ist, vermag aber dann große Mengen von Milch vor dem Verderben zu retten und dem Verbraucher in einem Zustande zuzuführen, der sich von dem frischen kaum merklich unterscheidet; es wird zweifellos auch in kommenden Zeiten von Bedeutung bleiben.

Am erstrebenswertesten ist es freilich, die Milch ohne jeden fremden Zusatz (und ohne tiefgreifende Veränderungen, wie sie mit der Sterilisation verknüpft sind) haltbar zu machen. Dies geschieht bei der Herstellung von Trockenmilch, und zwar in besonders vollkommener Weise bei dem in den letzten Jahren in größerem Umfange eingeführten Verfahren des Münchener Ingenieurs Krause. Dabei fließt die Milch auf eine kleine, außerordentlich schnell sich drehende Scheibe, durch deren Schwingkraft sie zu feinsten Tröpfchen zerstäubi wird, welche die Scheibe als Nebelkranz umgeben; durch einen warmen Luftstrom werden diese feinen Teilchen augenblicklich getrocknet (wobei ihre Temperatur infolge der Verdunstungskälte niedrig bleibt) und sortgeführt, um sich in vorgelegten Schlauchfiltern als feines weißes Pulver zu sammeln. Das so gewonnene Milchpulver ist bei geeigneter Aufbewahrung lange Zeit haltbar und verhältnismäßig leicht in Wasser zu einer Emulsion löslich, die der frischen Milch in Aussehen, Geschmack und Geruch außerordentlich ähnlich ist, und — was besonders wichtig ist — nicht bloß deren Nährstoffe, sondern auch die Enzyme unverändert enthält. Besonders für Magermilch hat sich das Krause'sche Trocknungsverfahren, zu dessen Durchführung wegen der verhältnismäßig hohen Anlagelkosten auch Reichsmittel zur Verfügung gestellt wurden, gut bewährt. Auch aus der Molke, dem Rückstand bei der Käsebereitung, kann man auf diesem Wege Molkenpulver herstellen, die zur Bereitung von Süßspeisen oder für andere Gerichte gut brauchbar sind. Die Molke,

die früher meist nur als Viehfutter diente, wenn sie nicht ganz verloren ging, ist noch auf einem anderen Wege der menschlichen Ernährung nutzbar gemacht worden: in Anlehnung an die bereits früher in einzelnen Gegenden übliche Herstellung von Molkekäse (auch Zigerkäse genannt) hat man aus der Molke durch Ansäuern und Erhitzen die gelösten Eiweißstoffe, das Molkenweiß, ausgefällt, eine dem Quark ähnliche Masse, die wie dieser mit einigen Zutaten als Brotaufstrich genossen oder zu anderen Gerichten verarbeitet werden kann.

Auch auf dem Gebiete der Fleischnahrung spielte während des Krieges die Verhütung des Verderbens eine wichtige Rolle. Mußten doch unsere Heeren ungeheure Mengen von Büchsenfleisch nachgefannt werden, so daß dessen Herstellung einen ungeahnten Umfang annahm. Die Technik der Fleischkonservierung war zwar schon vor dem Kriege gründlich durchgebildet; doch wurden noch Fortschritte, namentlich eine wichtige Vereinfachung erzielt. Während man früher das Fleisch zunächst gekocht und dann erst zur Sterilisation in Büchsen gefüllt hatte, ging man nun dazu über, das rohe, gereinigte und zerkleinerte Fleisch mit dem nötigen Gewürz unmittelbar in die Büchsen zu verschließen und zu sterilisieren. Durch sorgfältige Herstellung und Überprüfung gelang es, die Anzahl der Dosen, die nicht keimfrei blieben, auf einen äußerst geringen Bruchteil herabzudrücken. Übrigens hat man in den letzten Jahren auch ein anderes Erhaltungsv erfahren des Fleisches, das Gefrierenlassen, mehr schätzen gelernt; man weiß jetzt, daß Gefrierfleisch, wenn es nur richtig behandelt, namentlich vorsichtig aufgetaut wird, ein vollwertiges Nahrungsmittel bildet.

Für die verbreitetste Dauerform des Fleisches, die Würste, fehlte es häufig an den nötigen Hüllen, den Därmen. Soweit nicht die Wurstmasse in Büchsen aufbewahrt werden konnte, schuf die Technik Ersatz für die Därme durch Hüllen aus Papierstoff und besonders aus imprägniertem Seidenstoff („Parasindärme“). Der knapp gewordene Pfeffer konnte in der Wurst mit Erfolg durch Paprika ersetzt werden. Aber auch der Hauptinhalt der Wursthüllen mußte manche Veränderung erfahren. Abgesehen von den oben erwähnten Ersatzwürsten aus Ziegenfleisch, Kaninchenfleisch usw. haben manche früher vernachlässigte Schlachtabgänge jetzt gute Verwendung gefunden; namentlich haben sich die Mägen der Rinder als einwandfreier Wurfbestandteil bewährt.

Überhaupt wurde es von großer Bedeutung, auch bei der Fleischgewinnung alle Abfälle nach Möglichkeit zu verwerten. Dazu gehört in erster Linie das Blut. Durch reinliches Auffangen des Blutes in den Schlachthöfen und größeren Schlächtereien konnte man diesen so außerordentlich nährstoffreichen, früher der menschlichen Ernährung zum großen

Teil verloren gegangenen Saft als Lebensmittel nutzbar machen und lernte dabei, daß nicht nur das Schweineblut, sondern auch das Rinderblut als menschliches Nahrungsmittel gut brauchbar ist. Die vielen Vorschläge, das Blut in größerem Umfange zu allerlei Gerichten, besonders auch als Zusatz beim Brotbacken zu benutzen, fanden zwar nur vereinzelt Anklang, aber in Form von Blutwurst wurde es reichlich verwendet. Auch für die Blutverwertung in großem Maßstabe war die leichte Verderblichkeit ein Hindernis; von den verschiedenen Erhaltungsverfahren hat sich auch hier am besten die Trocknung nach *Krause* bewährt, durch die ein nur schwach riechendes, längere Zeit haltbares Blutpulver sich gewinnen läßt.

Neben dem Blut richtete man sein Augenmerk auf die *Knochen*. Früher wurde der größte Teil der Knochen nur zu technischen Zwecken, auf technisches Knochenfett, Leim, Knochenmehl, Knochenkohle verarbeitet; die wenigen in den Haushalt gelangenden Knochen ließen beim Austochen nur einen kleinen Teil der in ihnen enthaltenen Nährstoffe nutzbar machen. Im Kriege wurden nun durch eine großzügige Sammelorganisation namentlich die frischen Knochen aus den Großschlächtereien, Konservenfabriken, Wurstereien, der fabrikmäßigen Verarbeitung zu menschlichen Lebensmitteln zugesührt. Nach dem besten Verfahren werden die in Knochenmühlen zerkleinerten Knochen in Druckkesseln mit gespanntem Wasserdampf behandelt, wodurch sich das Fett abscheidet, während die wässrige Flüssigkeit zu einer Leimbrühe eingedampft und durch „Aufschließen“ mit Salzsäure oder Schwefelsäure in „*Knochenbrühwürze*“ und weiter in „*Knochenbrühwürfel*“ übergeführt werden kann. Das so aus frischen Knochen gewonnene Fett ist meist unmittelbar zu Genußzwecken zu brauchen, während bei einem anderen Verfahren, der Extraktion der Knochen mit Benzin oder anderen Lösungsmitteln, das Fett zwar vollständiger ausgezogen, aber in einem weniger reinen Zustande erhalten wird; durch Raffination gelingt es aber, auch hieraus ganz einwandfreies Speisefett (besonders als Rohstoff für Margarine) zu gewinnen.

Bei der beschriebenen Überführung der Leimbrühe in *Würzen* werden durch Erhitzung mit Mineralsäuren die Leimstoffe zum Teil „aufgeschlossen“, d. h. zu einfacheren Verbindungen, den Aminosäuren, abgebaut, die beim Zusatz der Erzeugnisse zu Suppen, Tunten, Gemüsen und anderen Gerichten diesen einen würzigen Geschmack verleihen. Das gleiche Verfahren läßt sich auf tierische und pflanzliche Eiweißstoffe aller Art anwenden und hat im Kriege um so größere Ausdehnung gewonnen, als bei dem Mangel an Fleisch wenigstens für den anregenden Geschmack der Fleischgerichte ein Ersatz verlangt wurde, wie ihn sonst Fleischextrakt oder die mit dessen Hilfe hergestellten Brühwürfel boten. So wurden denn aus Schlachtabfällen (auch Hörnern und Klauen), aus Fischabfällen, Muscheln

und dergleichen, Molke, Hefe, Getreidekeimen, Lupinen, Sojabohnen usw. durch Säurebehandlung die verschiedensten „Würzen“, „Pasten“ oder „Extrakte“ hergestellt, die entweder als solche in flüssigem oder halbfestem Zustande abgegeben oder durch Vermischung mit Kochsalz und einigen Zutaten zu „E r s a h b r ü h w ü r f e l n“ verarbeitet wurden. Manche von diesen Mitteln hatten sich schon im Frieden bewährt; nachdem den minderwertigen Kriegserzeugnissen dieser Art, mit denen eine zeitlang die Bevölkerung überschwemmt wurde, durch die Gesetzgebung ein Riegel vorgehoben war, konnten die besseren Würzen als eine wertvolle Bereicherung der einsörmigen Kriegskost begrüßt werden und werden als Ersatz des teuren ausländischen Fleischextraktes zweifellos auch weiter Bedeutung behalten.

Die Grundlage der gesamten Volksernährung bilden in Deutschland **B r o t** und **M e h l**. Auf diesem Gebiete mußte bekanntlich zuerst mit den Sicherungsmaßnahmen der Beschlagnahme, zentralen Bewirtschaftung, Rationierung und vielen anderen Beschränkungen eingegriffen werden, und hier haben sich diese Maßnahmen auch am besten bewährt. In technischer Beziehung galt es zunächst, das Getreidekorn nach Möglichkeit für die menschliche Ernährung auszunutzen. Während im Frieden vom Weizen- und Roggenkorn nur der innere Teil, der eigentliche Mehlkörper, das sind durchschnittlich 70 bis 75 v. H., zu Mehl verarbeitet, der Rest als Kleie der Viehfütterung zugeführt wurde, mußte jetzt der **A u s m a h l u n g s g r a d** durch behördliche Anordnung mit der steigenden Knappheit immer höher festgesetzt werden, so daß in den letzten Jahren in der Regel 94 v. H., also nahezu das ganze Korn, in Mehl verwandelt wurde. Ob diese Notmaßnahme als Fortschritt oder Rückschritt anzusehen ist, darüber sind die Meinungen noch geteilt; während besonders einige ausländische Physiologen leidenschaftlich für das sogenannte **V o l l k o r n b r o t** eintreten (und zwar auch dann, wenn die Kleiebestandteile nicht, wie bei einigen schon lange bekannten besonderen Brotsorten, durch mechanische oder chemische Behandlung „aufgeschlossen“ werden), beharren viele andere Fachmänner bei der Ansicht, daß die Kleie vom Menschen, im Vergleich zu den Wiederkäuern, nur schlecht ausgenutzt werde und besonders für den Städter eine unerwünschte Belastung der Verdauungsorgane hervorrufe. Auch bei der Verarbeitung von **G e r s t e** auf **G r a u p e n** hat der Kleieanteil sich erheblich vermindern lassen, und bei der Darstellung von allerlei Nährmitteln, namentlich den in der Kriegszeit so verbreiteten **S u p p e n p u l v e r n**, aus Gerste und Hafer hat man ebenfalls eine möglichst weitgehende Ausmahlung angestrebt.

Eine besondere Rolle spielt bei der Verwertung des Getreidekorns noch der **G e t r e i d e k e i m**, das kleine Lebewesen, aus dem die künftige

Pflanze sich entwickeln soll, und um dessentwillen der Vorrat an Stärke im Samenkorn aufgespeichert ist. Die Keime betragen zwar nur einen sehr kleinen Bruchteil des ganzen Korns (beim Roggen 3, beim Weizen 2 v. H., beim Mais allerdings 12 v. H.), zeichnen sich aber durch ihren Gehalt an Fett und Eiweiß aus. Während sie früher zum großen Teil in die Kleie gingen, wurde nunmehr mit Erfolg versucht, sie beim Mahlvorgange durch besondere Maschinen abzutrennen. Den so gewonnenen Keimen wird dann das Fett entzogen, das als Keimöl in die Margarinefabriken wandert, der eiweißreiche Rückstand wird auf Nahrungsmittel verarbeitet. Ob dieses, in der Theorie sicherlich sehr zweckmäßige Verfahren der Getreideentkeimung und Keimverwertung in normalen Zeiten bei Weizen und Roggen noch lohnend sein wird, muß die Zukunft lehren.

Als gänzlich mißlungen muß dagegen der Versuch bezeichnet werden, auch das Stroh des Getreides zur menschlichen Ernährung heranzuziehen; der für den Menschen unverdauliche Zellstoff, aus dem es zum größten Teile besteht, kann durch bloße Zerkleinerung zu „Strohmehl“ nicht zu einem Nahrungsmittel werden, und durch chemische Behandlung mit Natronlauge oder Säure wird lediglich die Ausnutzbarkeit des Strohs bei der Verfütterung an das Vieh etwas verbessert.

Mit der Vermehrung der Menge des Getreidemehls durch weit getriebene Ausmahlung war aber dem Brotmangel noch nicht genügend abgeholfen. Bildet doch das Brot das einzige unter den Hauptnahrungsmitteln, das ohne zu verderben in unmittelbar genießfertigem Zustande tagelang aufbewahrt und an die Arbeitsstätte usw. mitgenommen werden kann, und das daher in dieser Hinsicht sich weder ersetzen noch in seiner Menge beliebig beschränken läßt. Darum mußte schon im ersten Kriegsjahr zur Brotstreckung geschritten werden. Nach eingehenden wissenschaftlichen und praktischen Versuchen erwies es sich als zulässig, die aus einer gegebenen Getreidemehlmenge erhältliche Brotmenge dadurch zu vermehren, daß bei der Bereitung des Brotteiges dem Getreidemehl ein gewisser, beschränkter Anteil an gekochten Kartoffeln oder Kartoffelwalzmehl oder Kartoffelstärkemehl zugefügt wird. Die technischen Schwierigkeiten beim Verbacken dieser Mischungen haben sich allmählich überwinden lassen, und seitdem ist das Kartoffelbrot oder „K. Brot“ jahrelang „unser täglich Brot“ geworden. Aber als eine „Errungenschaft“ werden es die meisten wohl nur für die Zeiten der Not betrachten; und weite Kreise sehnen sich nach dem Zeitpunkt, wo wieder nur noch Brot aus reinem, möglichst kleiearmem Weizen- und Roggenmehl auf den Tisch kommen wird. — Neben den Kartoffeln sind, besonders in den Monaten der Kartoffelknappheit, noch die verschiedensten anderen Zusätze aus dem Pflanzen-, ja auch aus dem Mineralreich, als Brotstreckungsmittel vorgeschlagen

worden; die meisten davon waren von vornherein zu verwerfen, und praktische Bedeutung haben nur wenige, z. B. Gerstenmehl, Raismehl, vorübergehend auch Rübenmehl erhalten; das Hauptstreckungsmittel blieben die Kartoffeln in verschiedener Form.

Damit kommen wir zu einem anderen wichtigen Fortschritt der Technik, der Kartoffeltrocknung. Von dem reichen Ertrag der deutschen Kartoffelernte mußte immer ein erheblicher Teil von vornherein verloren gegeben werden, weil bei der Aufbewahrung und Überwinterung der Kartoffeln große Verluste durch Verderben nicht zu vermeiden waren. Zur Verringerung dieser Verluste sind im letzten Jahrzehnt in steigendem Maße Einrichtungen zur Kartoffeltrocknung geschaffen worden, aber doch nur recht allmählich, bis unter dem Zwange der Kriegsnot und mit Hilfe behördlicher Unterstützung mit einem Schlage eine große Zahl von Kartoffeltrocknereien errichtet wurde. Von den verschiedenen Verarbeitungsarten kommt für die menschliche Ernährung vorwiegend diejenige in Betracht, bei der „Kartoffelflocken“ und „Walzmehl“ erzeugt werden. In großen, oft musterhaft eingerichteten Fabriken werden die Kartoffeln gereinigt und gedämpft; der Kartoffelbrei fließt dann auf große, mit gespanntem Dampf geheizte, sich langsam drehende Walzen, auf denen er in wenigen Augenblicken so weit getrocknet ist, daß er in Form dünner, trockener Schleier herabgleitet, die dann zu Flocken zerschlagen werden. Ein Teil der Kartoffelschalen bleibt bereits auf den Walzen zurück, der Rest wird zum größten Teil bei der Vermahlung der Flocken zu Walzmehl entfernt. Das Kartoffelwalzmehl bildet eine ausgezeichnete Dauerform der gekochten Kartoffeln und ist außer als Brotstreckungsmittel auch zur Bereitung von Suppen und anderen Gerichten verwendbar. Daß das Walzmehl möglichst frei von Schalen hergestellt wird, muß gefordert werden; denn die Kartoffelschalen sind kein menschliches Nahrungsmittel, und die Versuche, auch diese und ähnliche Abfälle, z. B. die bei der Gewinnung der Kartoffelstärke zurückbleibende Pülpe, zur menschlichen Ernährung heranzuziehen, waren abzulehnen.

Das Verfahren, durch Wasserentziehung den Fäulniskeimen ihre Lebensbedingungen zu nehmen und damit leicht verderbliche Lebensmittel in Dauerwaren umzuwandeln, hat noch vielfache Anwendung gefunden, besonders auch für die Bereitung von Dörrgemüse. Die sperrige Beschaffenheit der Gemüse, die Notwendigkeit, der Trocknung ein gründliches Putzen und Aussondern der untauglichen Teile vorangehen zu lassen und beim Trocknen selbst höhere Temperaturen zu vermeiden, verlangt hier ganz andere Trocknungsverfahren, bei denen die verschiedensten sinnreichen Vorrichtungen zur Anwendung kommen, aber auch Handarbeit nicht zu umgehen ist. Nach anfänglichen Mißerfolgen, die dem Dörrgemüse

eine Zeit lang einen schlechten Ruf einbrachten, ist es dann doch gelungen, einwandfreie Trockenwaren herzustellen, die für die gemüsearme Jahreszeit einen guten Ersatz liefern können.

Die Hauptschwierigkeit unserer Kriegsernährung lag bekanntlich in der Versorgung mit Speisefett aller Art, die nach und nach bis auf etwa den zehnten Teil des Friedensbedarfes zurückging! Den organisatorischen Maßnahmen — möglichst lange Aufrechterhaltung eines Teiles der Einfuhr an Vieh, Butter und anderen tierischen Fetten, Ölfrüchten und Ölen, ferner Verbot der Verwendung aller noch irgendwie genießbar zu machenden Fette zu technischen Zwecken (was u. a. die Seifennot zur Folge hatte), Vermehrung des Anbaues von Ölpflanzen, wie Raps, Rübsen, Wohn, Senf (Sonnenblumen bewährten sich in unserem Klima nicht) — traten technische Versuche zur Speisefettbeschaffung an die Seite. Über die Gewinnung von genießbarem Knochenfett ist schon oben berichtet worden; und auch sonst waren die Bemühungen, technische Fette durch besondere Raffination in Nahrungsmittel umzuwandeln, erfolgreich. Namentlich sind hier die schon vor dem Kriege entwickelten Härtungsverfahren zu nennen, bei denen Tran oder Öle durch Anlagerung von Wasserstoff in mehr oder weniger feste Fette, die sogenannten „gehärteten Fette“ übergeführt und gleichzeitig von unangenehmen Geruchs- und Geschmacksstoffen befreit werden. Über auch nach neuen Fettquellen wurde allenthalben gesucht; die nach hunderten zählenden Vorschläge und Erfindungen, nach denen die verschiedensten, oft recht seltsam ausgewählten, pflanzlichen und tierischen Rohstoffe zur Fettgewinnung herangezogen werden sollten, beschäftigten besondere behördliche Sachverständigen-Ausschüsse. Zur praktischen Bedeutung gelangte — außer dem oben erwähnten Getreidekeimöl — besonders der Ölgehalt der Obstkerne, wobei allerdings eine mühevolle Sammeltätigkeit zu leisten und bei der Zerkleinerung und Entölung erhebliche technische Schwierigkeiten zu überwinden waren; aber die Gewinnung beträchtlicher Mengen einwandfreien Speiseöls aus diesen früher wertlosen Abfällen lohnte die Mühe. Neben den Kernen des Steinobstes wurden besonders noch Kürbiskerne und Weintraubenkerne, ferner Bucheckern und Hopfstauben der Entölung zugeführt und die erhaltenen Öle entweder unmittelbar zu Speisezwecken oder, gegebenenfalls nach Härtung, zur Margarinefabrikation verwendet.

Sämtliche Speisefette und Speiseöle sind bekanntlich Verbindungen von Fettsäuren mit Glycerin. Nun wurde aber von der unerfülllichen Heeresverwaltung für Sprengstoffbereitung mehr und mehr Glycerin verlangt, so daß auch manches Fett gespalten werden mußte, das sonst noch als Nahrungsmittel hätte dienen können. Was aber nach Abspaltung des Glycerins zurückbleibt, die freien Fettsäuren, galt früher als ungenießbar

und diente nur zu technischen Zwecken (z. B. zur Kerzenfabrikation). Durch die Not veranlaßte Untersuchungen führten aber zu dem überraschenden Ergebnis, daß auch die *Fett sä u r e n*, sei es in freiem Zustande, sei es nach Verbindung mit Alkohol („Fettsäureester“), in geeigneten Mischungen zur Ernährung dienen, ohne Schaden für die Gesundheit vom Körper aufgenommen und wie die Fette verdaut werden können, eine Erkenntnis, die eine Zeitlang auch praktische Verwertung fand.

Ein unerreichtes Ziel blieb dagegen bisher die künstliche Darstellung von Speisefett. Der oben erwähnte biologische Weg, durch Züchtung einer *Fett h e s e* in großem Maßstabe Fett aus verfügbaren Rohstoffen zu erzeugen, ist zwar theoretisch interessant, aber praktisch bisher nicht durchführbar gewesen; und der Versuch, auf rein chemischem Wege aus *M i n e r a l ö l* (das aus Braunkohle gewonnen wird und chemisch ganz anders zusammengesetzt ist als die fetten Öle) durch Oxydation ein Speisefett zu erzeugen, hat ebenfalls bisher nicht zu praktischen Erfolgen geführt.

Der Mangel an Butter und anderen Speisefetten führte zu einer unerwarteten Steigerung des Bedarfs an sonstigen Brotaufstrichmitteln, der die betreffenden Lebensmittelgewerbe durch Vermehrung ihrer Erzeugung sich anpassen mußten. Die Verfahren zur Herstellung von *K u n s t h o n i g* und von *M a r m e l a d e* wurden dabei nicht wesentlich geändert, mußten sich aber nach den jeweils verfügbaren Rohstoffen richten. Besonders bei der Herstellung der Kriegsmarmelade lernte man, daß auch weniger wertvolle Bestandteile, wie z. B. Möhren, dem Obst beigeengt werden können, wenn es nur darauf ankommt, ein nahrhaftes Volksnahrungsmittel zu bereiten. Während bei der Marmeladenbereitung der Zucker unentbehrlich ist, mußte für die sonstige *K o n s e r v i e r u n g v o n O b s t* häufig auf die Verwendung von Zucker verzichtet werden; in der Konservenindustrie und im Haushalt ging man auf Grund behördlicher Untersuchungen und Anweisungen dazu über, die Früchte auf chemischem Wege, durch Zusatz von Ameisensäure oder Benzoesäure, haltbar zu machen. Immerhin kann dies nur als ein Notbehelf bezeichnet werden, ebenso wie der Ersatz des Zuckers in Getränken durch *S ü ß s t o f f*, der in der Kriegszeit nach Aufhebung der entgegenstehenden gesetzlichen Einschränkungen so großen Umfang angenommen hat. Die künstlichen Süßstoffe, Saccharin und Dulcin, sind zwar, wie wiederholt von maßgebender Seite festgestellt worden ist, gänzlich unschädlich für Gesunde und Kranke, aber sie können den Zucker weder in seinem Nährwert, noch, worauf es z. B. bei Marmelade, bei manchen Kuchen und Süßspeisen ankommt, in seiner Masse, sondern nur in seinem süßen Geschmack ersetzen, und für Feinschmecker hat auch diese Fähigkeit ihre Grenzen.

Der kurze Überblick hat wohl gezeigt, wie auch in den Lebensmittel-

gewerben der Krieg ein Lehrmeister geworden ist. Deutschlands Chemiker und Ingenieure, Physiologen, Hygieniker und Veterinäre, Gewerbetreibende und Landwirte haben ihren Scharfsinn und ihre Arbeitskraft darauf verwandt, aus heimischen Rohstoffen die denkbar größte Nahrungsmenge zu schaffen und zu erhalten, und wenn es ihnen auch nicht gelungen ist, die furchtbaren Folgen der Hungerblockade vom deutschen Volke abzuwenden, so haben sie doch zu deren Milderung das Menschenmögliche beigetragen. Dank gebührt ihnen allen, die in stiller Gedankenarbeit oder am Laboratoriumstisch, in der Schreibstube oder im Dröhnen des Fabrikbetriebes in diesem Sinne mitgewirkt haben!

## II. Technik in der Metallwirtschaft.

Von Oberingenieur Richard Tröger.

### Vor dem Kriege.

Der Verkehr mit unverarbeiteten Metallen verlief im Frieden ohne Zeichen einer besonderen wirtschaftlichen Regelung, er gedieh wie ein von der Forstwirtschaft unberührter Wald. Seine Triebkraft, die Gewinnsucht des einzelnen Unternehmers, war durch keinerlei Rücksicht auf die Allgemeinheit, insbesondere auf die Landesverteidigung, gehemmt. Der Fall, daß eine Fabrik schon im Frieden ihren Lieferer durch Vertrag verpflichtete, Rohnickelmengen für eine Kriegsdauer von 10 Monaten vorrätig zu halten, dürfte vereinzelt dastehen. Den leitenden Stellen fehlte die Übersicht über den Verbrauch an Metallen für die verschiedenen Bedarfsgegenstände, über die verfügbaren Vorräte und die Beschaffungsmöglichkeiten aus eigenem oder fremdem Lande. Niemand vermochte die Folgen der mit Ausbruch des Krieges einsetzenden Blockade zu übersehen oder einen sachlich begründeten Abwehrplan vorzulegen.

Abgesehen von Eisen, Zink und Blei besaß Deutschland keine Metall-erzeugung von nennenswerter Bedeutung: wir förderten monatlich etwa 2000 t Kupfer und verbrauchten in der ersten Zeit des Krieges etwa 15 000 t. Bei den anderen Metallen lag das Verhältnis Monaterzeugung zu Monatsverbrauch meist noch ungünstiger, beispielsweise bei Nickel 0:500, Aluminium 100:1000, Zinn 10:400, Chrom 0:500, Wolfram 2:80, Quecksilber 0:80, Flinzgrafit 200:1000. Hätten wir nicht zufällig bei Ausbruch des Krieges über einen bedeutenden Metallvorrat verfügt — er reichte durchweg für mehrere Monate — und wären die Sperrmaßnahmen der Gegner schneller wirksam geworden, so würde keine Möglichkeit bestanden haben, in diesem Augenblick eine planmäßige Metallwirtschaft aufzubauen.

Wir hätten wahrscheinlich aus Mangel an technischen Mitteln in wenigen Wochen die Kampfhandlungen einstellen müssen.

Die Sorglosigkeit der politischen Kreise gegenüber diesen Verhältnissen, die uns heute kaum noch verständlich erscheint, dürfte neben dem allgemeinen Kapitalfetischismus durch die Befetzung der Stellen zu erklären sein, denen die Führung anvertraut war. Hier fehlten Persönlichkeiten, die, anstatt sich vom Strome des täglichen Lebens treiben zu lassen, befähigt waren, zu planen, zu konstruieren und zu bauen. Der Verwaltungsbeamte war auf seinem Gebiet Handwerker geblieben und zeigte kein Verständnis für die Fortbildung zum Ingenieur.

Angeichts dieser Lage hatte die Technik im Kriege eine doppelte Aufgabe zu erfüllen: einmal eine verwaltungsmäßige, die Errichtung einer planmäßigen Metallwirtschaft, und zweitens eine praktische, den Ausgleich zwischen Metallzugang und Metallabgang.

### Aufbau der Kriegswirtschaft.

**Z u s t ä n d i g k e i t.** Die im Interesse eines leichten Geschäftsganges notwendige Trennung der amtlichen und geschäftsmäßigen Tätigkeit wurde schon durch den äußeren Aufbau betont. Die Metallabteilung der Kriegsrohstoffabteilung im Preussischen Kriegsministerium (*M e t a l l z e n t r a l e*) bildete die amtliche Zentralstelle für ganz Deutschland. Zur Erledigung des geschäftlichen Teils wurde eine gemeinnützige Gesellschaft, die *K r i e g s m e t a l l - A k t i e n g e s e l l s c h a f t* (K. M. A.), gegründet. Sie besaß, abgesehen von der Metallabgabe, auf die wir später zurückkommen werden, die Selbständigkeit einer privaten Aktiengesellschaft, unterschied sich jedoch von dieser insofern, als der Vorstand in Wirklichkeit nicht einem Aufsichtsrat, sondern der Metallzentrale verantwortlich war und mit dieser sich über die wichtigen Geschäftshandlungen zu verständigen hatte.

Das Ziel der Wirtschaft bildete die Sicherstellung des Kriegsbedarfs für jede mögliche Kriegsdauer. Ausschlaggebend waren hierfür die Vorräte und die monatlichen Zu- und Abgänge an Metallen, deren gegenseitige Abhängigkeit zahlenmäßig durch nachstehende Bilanzgleichung ausgedrückt wird:

$$\text{Die gesicherte Zeit} = \frac{\text{Vorrat}}{\text{Zugang} - \text{Abgang}}$$

Der innere Aufbau der Metallwirtschaft wurde hiernach gegliedert in die Bewirtschaftung der Vorräte, Zugänge und Abgänge.

**V o r r a t s w i r t s c h a f t.** Die Vorratswirtschaft besaßte sich damit, Ort und Menge der Vorräte zu ermitteln, sie zu erfassen und gesondert nach ihrer Beschaffenheit unterzubringen. Hierzu dienten Bestandsaufnahmen, Beschlagnahmungen und besondere über ganz Deutschland verstreute, mit Sortiereinrichtungen ausgestattete Läger. Etwa 30 000 Firmen

waren gesetzlich verpflichtet, alle zwei Monate ihre gesamten Metallbestände nach Klassen getrennt der Metallmeldestelle — einer Nebenstelle der Metallzentrale — zu melden. Diese besaß alle Hilfsmittel, um in kürzester Frist aus den vielen Einzelmeldungen das Gesamtergebnis zusammenzustellen, so daß die Metallzentrale dauernd über die Vorratsbewegungen aller Metalle in Deutschland unterrichtet und gegen Überraschungen gesichert war.

**Zugangswirtschaft.** Die Zugangswirtschaft richtete ihr Ziel auf die Einfuhr, den Einkauf im Inland und in den besetzten Gebieten, die Gewinnung aus Erzen und die Mobilisierung von Metallen aus Gebrauchsgegenständen.

Die Einfuhr wurde längere Zeit fast ausschließlich durch den Privathandel ausgeübt, sie ging jedoch allmählich immer mehr auf die R. M. A. über und entwickelte sich langsam zu einem reinen Tauschverkehr, der durch Beauftragte der R. M. A. im Benehmen mit den Landesbehörden geregelt wurde. Der **A n k a u f** von Metallen lag zum großen Teil in der Hand von Vertrauensleuten des Metallhandels, mit dem hierüber feste Vereinbarungen getroffen waren. Die **R e q u i s i t i o n** wurde auf die Fälle beschränkt, in denen eine gütliche Vereinbarung nicht zum Ziel führte. Für die besetzten Gebiete galten, abgesehen von örtlichen Besonderheiten, die gleichen Grundsätze wie in Inland.

Den **B e r g -** und **H ü t t e n b e t r i e b e n** waren Berufsoffiziere als Beauftragte der Metallzentrale zugeteilt. Sie hatten die Aufgabe, der Metallgewinnung insbesondere dadurch zur höchsten Leistungsfähigkeit zu verhelfen, daß sie die Werke unmittelbar bei Belieferung mit Betriebsstoffen, Bereitstellung von Arbeitskräften und bei jeglichem Verkehr mit den Behörden unterstützten. Über die Erzeugnisse, welche sämtlich beschlagnahmt waren, durften die Werke nur im Einvernehmen mit dem Zuweisungsamte verfügen. Die R. M. A. war befugt, Berg- und Hüttenbetriebe selbst zu übernehmen oder sich finanziell zu beteiligen, wenn dadurch eine schnellere und bessere Ausbeutung gewährleistet wurde; sie hatte zu dem Zweck eine besondere Bergbauabteilung eingerichtet.

Mit Rücksicht auf die große Bedeutung der in den Gebrauchsgegenständen enthaltenen Metallmengen wurde bereits Anfang 1915 als Nebenstelle der Metallzentrale die sogenannte **M e t a l l m o b i l m a c h u n g s - s t e l l e** gegründet. Sie hatte den Plan für die Durchführung zu entwerfen, die erforderlichen Verordnungen zu erlassen, die Ersatzbeschaffung zu regeln und den Ausbau der Metalle so zu leiten, daß die Gesamtwirtschaft keine Störung erfuhr. Die geschäftliche Tätigkeit lag auch hierbei in den Händen der R. M. A.

Ein bis in die feinsten Kanäle verzweigtes Meldesystem über alle Zugänge verschaffte der Metallzentrale monatlich ein zuverlässiges Bild der

Befamtlage und gestattete ihr, ohne Verzug einzugreifen, sobald eine Quelle zu versiegen drohte.

**A b g a n g s w i r t s c h a f t.** Die Abgangswirtschaft umfaßte im wesentlichen die Feststellung des Bedarfs, seine Einschränkung durch Erfassungsmaßnahmen und die Verteilung nach den jeweils wichtigsten Bedürfnissen. Die Erfahrung hat gezeigt, daß dieser Teil der Aufgabe zu den schwierigsten gehört und bei unzuweckmäßiger Anlage am leichtesten Anlaß zu Hemmungen im Wirtschaftsleben bietet. Die Metallzentrale war daher unablässig bemüht, insbesondere auf die *b e h ö r d l i c h e n B e s c h a f f u n g s s t e l l e n*, welche weitaus die meisten Metalle für ihre Lieferungen gebrauchten, erzieherisch einzuwirken, ihnen die Bedeutung derselben nahezu legen und nach und nach die Hauptverantwortung in der Abgangswirtschaft zu übertragen. Durch Sparerlasse wurden die Beschaffungsstellen periodisch über die Lage der einzelnen Metalle und die Erfolge des Metallerfolges unterrichtet; regelmäßig stattfindende Sitzungen dienten dazu, die Erfahrungen gegenseitig auszutauschen und die gewissenhafte Befolgung der Beschlüsse zu überwachen. Die Beschaffungsstellen waren gehalten, halbjährlich einen Etat ihres Metallbedarfs aufzustellen und der Metallzentrale einzureichen. Nach Prüfung derselben wurde in gemeinsamen Sitzungen der Ausgleich mit den verfügbaren Mengen herbeigeführt und danach die Halbjahreskontingente der einzelnen Behörden festgelegt. Sie bezeichnen die Grenzen, bis zu denen letztere Metallbezugscheine für ihre Lieferer ausstellen durften, um diese zu ermächtigen, die auf dem Schein vermerkten Mengen ihren beschlagnahmten Beständen zu entnehmen. Außerdem überfandten die Behörden monatlich eine Liste der verausgabten Bezugscheine an das *Z u w e i s u n g s a m t*, welches nach Art des Giroverkehrs über sämtliche Kontingente Buch führte. Wurden die Konten als richtig befunden, so beauftragte das Zuweisungsamt die *R. M. A.*, den einzelnen Firmen die auf Bezugschein entnommenen Mengen nachzuliefern, so daß deren Bestände laufend neu aufgefüllt wurden. Die *R. M. A.* durfte ohne Anweisung durch das Zuweisungsamt keine Metalle aus ihren Beständen abgeben. Der Geschäftsverkehr zwischen der *R. M. A.* und ihren Abnehmern vollzog sich in der einfachsten Weise auf Grund von amtlich festgelegten Lieferbedingungen. Diese sahen für alle Abnehmer gleiche und unveränderliche Preise vor, ohne Rücksicht auf die Größe des Auftrages und die Verluste, welche die *R. M. A.* infolge steigender Selbstkosten erlitt. Derartige Verluste, welche im letzten Kriegsjahr wohl den Betrag von 100 Millionen Mark überstiegen haben, wurden der Gesellschaft monatlich aus der Reichskasse ersetzt.

Diese ungewöhnliche, durch Jahre bewährte Preisregelung, die eine Verrechnung des gesamten Materials über gemeinnützige Stellen voraussetzt, bildete, abgesehen von ihrer einfachen Handhabung, eine erfolgreiche

Hemmung gegen Bewegungen der Preise für die Fertigerzeugnisse und damit allgemein gegen die Entwertung des Geldes. Mittelbar sind hierbei der Reichskasse weit höhere Beträge erspart worden, als sie an die R. M. V. geleistet hat. Ein derartiges Verfahren, planmäßig auf die Hauptwirtschaftsgebiete des Reiches angewandt, würde wirksam dazu beitragen, bei auftretenden Störungen die Gleichgewichtslage der Volkswirtschaft in kurzer Zeit wieder herzustellen. Insofern werden diese in der Metallwirtschaft gewonnenen Erfahrungen für alle Zeiten grundlegende Bedeutung behalten.

Um das vorbeschriebene Verfahren der Abgangswirtschaft auf die vielen Tausende von *Privatesteln* anwenden zu können, mußte zunächst eine Gruppierung derselben nach den verschiedenen Gewerbezweigen vorgenommen werden, womit die Metallzentrale bereits Januar 1915 begann. Die Geschäftsführung der einzelnen Gruppen wurde einem oder mehreren aus ihrer Mitte erwählten Vertrauensleuten übertragen, die unter der Bezeichnung einer Metall-Vermittlungs- oder Beratungsstelle ihre Tätigkeit ausübten. Sie waren sachungsgemäß verpflichtet, alle unter die Gruppe fallenden Firmen paritätisch zu behandeln und die Verteilung der ihnen zugebilligten Metallmengen nach einem amtlich genehmigten Schlüssel vorzunehmen. Da fast sämtliche Gewerbezweige Deutschlands auf die Versorgung mit Metallen angewiesen sind und insolgedessen die Zahl der Vermittlungsstellen in kurzer Zeit beträchtlich anstieg — sie betrug am Schluß des Krieges etwa 70 —, gründete die Metallzentrale noch im Jahre 1915 die sogenannte *Metallfreigabestelle*, welche als die amtliche Vertretung sämtlicher Vermittlungsstellen wirkte. Sie erhielt den Charakter einer behördlichen Beschaffungsstelle und war damit in das oben beschriebene allgemeine Verteilungsverfahren eingereiht. Aus ihrem Kontingent stellte sie den Vermittlungsstellen Freigabescheine aus, die den Bezugscheinen bei behördlichen Bestellungen entsprachen, und bewirkte in der gleichen Weise wie eine Beschaffungsstelle für ihre Lieferer durch Vermittlung des Zuweisungsamtes die Belieferung der einzelnen Firmen durch die R. M. V.

Die Einheitlichkeit mit dem früher beschriebenen Verfahren war also in jeder Hinsicht gewahrt.

Durch diese mechanische Gliederung der Abgangswirtschaft mit weitgehender Selbstverwaltung der beteiligten Stellen ist es gelungen, bis zum Schluß des Krieges die gesamte Industrie Deutschlands trotz maßloser, durch den Krieg bedingter Schwierigkeiten in unbedingt zuverlässiger und ausreichender Weise mit Metallen zu versorgen. Die Auswüchse des Zwischenhandels, der mit dem Offertenwesen verbundene Schwächer, die Benachteiligung des wirtschaftlich Schwächeren waren ersetzt durch ein auf gemeinwirtschaftlicher Grundlage aufgebautes Verfahren, das im Rahmen des

Möglichen allen Beteiligten eine gleichmäßig sachliche Behandlung zuteil werden ließ und die Sparsamkeit nach jeder Richtung gewährleistete.

Alle Bewegungen der Vorräte, Zugänge und Abgänge, wurden laufend registriert. Diese Angaben in die Bilanzgleichung übertragen, boten ein sicheres Mittel, um die Versorgungsmöglichkeiten in der Zukunft treffend zu beurteilen und einen auf Jahre vorausschauenden Wirtschaftsplan aufzustellen.

### Ausgleich zwischen Zu- und Abgang.

Der Rahmen dieser Schrift verbietet es, das praktische Vorgehen des Technikers auf dem Gebiete der Metalle im einzelnen zu schildern; wir werden uns daher auf eine Darstellung in großen Zügen beschränken.

Zunächst seien **B e r g b a u** und **H ü t t e n w e s e n** behandelt.

**K u p f e r.** Die Versuche, in Deutschland selbst die bergmännische Gewinnung von Kupfer zu steigern, sind bis auf wenige Ausnahmen fehlgeschlagen, obwohl Rücksichten wirtschaftlicher Art nur eine untergeordnete Bedeutung spielten. Der Ertrag aus neuen Aufschlüssen dürfte insgesamt 2000 t im Jahr nicht überschritten haben.

Die Erhöhung der Kupfergewinnung im Mansfeldschen, dem einzigen bedeutenderen Vorkommen Deutschlands, scheiterte an den schwierigen Arbeitsverhältnissen unter Tag. Sie erfordern Arbeitskräfte, die in langjähriger Gewöhnung für die besonderen Abbaumethoden geschult sind. Infolge des zu Anfang des Krieges betriebenen Raubbaus trat später sogar ein Rückgang der Förderung ein, der nur durch die Verarbeitung der auf Halben gestürzten minderwertigen Erze ausgeglichen werden konnte, nachdem zu diesem Zweck besondere Schmelzöfen aufgestellt waren.

Einen bemerkenswerten Zugang brachte erst die Befehung der Kupfergrube Bor in Serbien. — Obwohl der Feind große Teile der Anlage zerstört hatte, gelang es, die Förderung in wenigen Monaten wieder aufzunehmen und sie mit der Zeit so zu steigern, daß im letzten Kriegsjahr etwa die doppelte Friedensleistung erreicht wurde.

Die gesamte deutsche Kupferförderung belief sich damit auf 30 000 bis 40 000 t im Jahr.

Zur Darstellung des bisher fast ausschließlich vom Ausland bezogenen Elektrolytkupfers wurde eine Reihe neuer Anlagen errichtet, die insgesamt 30 000 bis 40 000 t jährlich herzustellen vermochten. Hand in Hand hiermit gingen die Erweiterungen der Kupferraffinieranlagen, deren Verfahren allmählich so vervollkommnet wurden, daß auch die minderwertigsten Almetalle und Legierungen fast reiflos auf die in ihnen enthaltenen Reinetalle umgearbeitet werden konnten.

**N i c k e l.** Im Gegensatz zu Kupfer waren die Bemühungen nach Auf-

schluß von Nickelvorkommen in Deutschland erfolgreich. Die Gruben Sohland a. d. Spree und Frankenstein in Schlefien brachten es bis zu einer Förderung von etwa 100 t Nickel im Monat und waren damit gegen Ende des Krieges imstande, die Hälfte des gesamten Nickelbedarfs zu decken. Die zur Umarbeitung auf Reinnickel nicht geeigneten armen Erze wurden im Hochofen auf Nickelroheisen verschmolzen und bei Herstellung von Nickelstahl zugesetzt.

Mit zunehmender Einschränkung des Nickelgehaltes wuchs die Schwierigkeit der Verwertung von Nickelstahlabsfällen, die in großen Mengen abfielen und nur teilweise dem Stahlbad zugesetzt werden konnten. Die Gefahr, die hierin enthaltenen Nickelmengen zu verlieren wurde erst Mitte 1918 beseitigt durch ein Verfahren, welches die Anreicherung des Nickelgehaltes ermöglichte.

**Zinn.** In der bergmännischen Gewinnung von Zinn sind keine bemerkenswerten Fortschritte zu verzeichnen, sie hielt sich in den Grenzen von wenigen Tonnen im Monat. Dagegen verdient die elektrolytische Darstellung von Zinn aus Legierungen, beispielsweise aus Glockenmetall, das in großen Mengen zur Verfügung stand, hervorgehoben zu werden, ein Verfahren, das erst im Laufe des Krieges ausgebildet worden ist. Die Anlagen haben es bis zu einer Gesamtleistung von annähernd 1000 t im Jahr gebracht.

**Aluminium.** Die größten Erfolge von allen Metallen hat das Aluminium aufzuweisen. In Deutschland waren bereits vor dem Kriege bedeutende Werke vorhanden, welche aus Korozer, dem von Frankreich bezogenen Bauxit, ein Vorprodukt des Aluminiums, die Tonerde, herstellten; es besaß aber weder Bauxitvorkommen, noch — abgesehen von der unbedeutenden Fabrik in Rheinfelden — eigene Ofenanlagen, um die Tonerde in Aluminium überzuführen. Glücklicherweise gelang es Mitte 1915, größere Bauxitfunde in Osterreich-Ungarn zu machen und die deutschen Werke auf die Verarbeitung dieses von dem französischen Erz verschiedenen Materials umzustellen. Die in der Hauptsache von deutschen Unternehmern betriebene Förderung hat es bis zu einer Jahresleistung von annähernd 300 000 t Bauxit gebracht, die etwa 70 000 t Aluminium enthalten. Parallel hiermit gingen die Versuche, an Stelle des Bauxits die großen Tonvorkommen Deutschlands für die Erzeugung von Aluminium nutzbar zu machen; sie waren erfolgreich und führten zum Bau einer größeren Anlage, die im Jahre 1918 ihren Betrieb aufnehmen konnte.

Die günstigen Aussichten in der Erzfrage förderten den Plan, in Deutschland selbst Ofenanlagen zu errichten mit dem Ziel, nicht nur den eigentlichen Aluminiumbedarf zu decken, sondern gleichzeitig in größerem Maße einen vollwertigen Ersatz für andere Metalle, zumal für Kupfer, zu

schaffen, wozu Aluminium nach seinen Materialeigenschaften besonders geeignet erschien. In Anbetracht der Bedeutung dieser Industrie für die Zeit nach dem Kriege wurden besondere Aluminiumgesellschaften gegründet; sie verfügten Ende 1918 über Anlagen mit einer Gesamtleistung von etwa 30 000 t Aluminium im Jahre. So besteht die Aussicht, daß wir uns nicht nur hinsichtlich des Aluminiums vom Ausland unabhängig machen, sondern durch erweiterte Anwendung desselben unsere wirtschaftliche Notlage auch in anderen Metallen erleichtern.

**Chrom.** Die Versorgung der Stahlindustrie und der Gerbereien mit Chrom war eine Zeitlang ernstlich in Frage gestellt. Deutschland besitzt keine Vorkommen. Aus Kleinasien, wo erhebliche Bestände lagerten, konnten infolge der Transportschwierigkeiten nur unbedeutende Mengen beschafft werden. Erst die Befehung Serbiens brachte eine Erleichterung. Zunächst mußten die an der Donau, in der Nähe von Orsova, gefundenen armen Erze mit 25 v. H. Chromsäuregehalt aushelfen. Durch die Einnahme des südlichen Serbiens gelangten wir zu den Vorkommen in der Nähe von Askub, wo alsbald eine Förderung größeren Maßstabes eingerichtet wurde. Die Zufuhren von dort stiegen auf mehrere 1000 t Erze im Monat mit etwa 40 v. H. Chromsäuregehalt, so daß gegen Ende des Krieges sogar ein Überschuß entstand und Chrom als Ersatz für andere Stoffe, insbesondere für Nickel, herangezogen werden konnte.

Zur Verarbeitung der Erze auf Ferrochrom, die vor dem Kriege größtenteils im Auslande erfolgte, wurden eigene Ofenanlagen errichtet, die uns vom Ausland unabhängig machten.

**Wolfram.** Wolfram dient zur Herstellung von Werkzeugstahl mit besonders großer Schnittgeschwindigkeit; dieses Metall beeinflusst daher in hohem Maße die Leistung der Werkzeugmaschinen und somit der gesamten Kriegsindustrie. Es gelang, die Gewinnung des einzigen deutschen Vorkommens im sächsischen Erzgebirge von monatlich 2 t auf 20 t zu steigern. Um dieses Ergebnis zu erreichen, mußten die jahrhundertalten Halden mit Erzen von etwa einem Tausendstel Wolframgehalt und die in die Wasserläufe gestürzten oder als Schotter verwandten Schlacken der Zinnverhüttung mit herangezogen werden.

**Graphit.** Zum Schluß sei noch auf die Entwicklung des Graphitbergbaues im Bassoerwald hingewiesen, der bis zum Krieg größtenteils in bäuerliche Betriebe zerstückelt war und nach völlig veralteten Methoden arbeitete. Unter Führung der Metallzentrale und der bayerischen Bergbehörden wurden die Betriebe mit modernen Einrichtungen versehen, die Verkehrsverhältnisse gebessert, zentrale Kraftversorgung eingerichtet, ein Zusammenschluß der kleineren Betriebe herbeigeführt und die Lieferbedingungen einheitlich geregelt. Das Ergebnis war eine stetige Lieferung

des für die Schmelzgießfabrikation unentbehrlichen Flinzgraphits und eine Produktionssteigerung auf etwa den dreifachen Ertrag der Vorkriegszeit.

**Metallmobilisierung.** Die letzte Zuflucht der Metallgewinnung bildeten die Gebrauchsgegenstände. Von den ungeheuren, im Frieden eingeführten Metallmengen hatte nur ein Bruchteil als Fertigware das Land wieder verlassen. Selbst nach Abzug großer Beträge für Verluste und unentbehrliche Gegenstände verblieben nach überschläglicher Berechnung noch solche Mengen, daß der Kriegsbedarf beispielsweise an Kupfer daraus auf Jahre gedeckt werden konnte. Allerdings handelte es sich hierbei um eine größere technische Aufgabe, als sie im ersten Augenblick erscheinen mag. Abgesehen von den leicht entbehrlichen Gegenständen, wie bei einem Teil der Haushaltungsfachen, war mit jeder Wegnahme Ersatz anzuliefern. Ausbau und Einbau mußten nach einem Plan vollführt werden, der das Wirtschaftsleben möglichst wenig störte; insbesondere galt dies für die Kriegsindustrie mit ihren aufs äußerste angespannten Betrieben. Die Metallmengen, welche in dieser Weise ausgebaut worden sind, betragen an Kupfer etwa 30 v. H. des gesamten Kriegsverbrauchs. So empfindlich auch der Einzelne durch diese Eingriffe getroffen wurde, sie waren durch die bittere Not gerechtfertigt, da ohne sie eine hinreichende Versorgung der Kriegsindustrie nicht möglich gewesen wäre.

Eine Vorbedingung für diese Mobilisierung bildete die Umarbeitungsmöglichkeit. Die Metalle wurden zumeist in einer Zusammensetzung und Beschaffenheit angeliefert, die ihre unmittelbare Weiterverwendung ausschloß. Wir haben an früherer Stelle bereits Beispiele dafür angeführt, wie in dieser Beziehung vorgeforgt war. Die Hüttenindustrie hatte es unter Anwendung von teilweise neu ausgearbeiteten Verfahren zu einer derartigen Fertigkeit gebracht, daß praktisch alle Gegenstände ohne Rücksicht auf die Zusammensetzung in ihre einzelnen Bestandteile zerlegt und daraus ohne wesentliche Verluste die Reinformen gewonnen werden konnten.

**Metallersatz.** Ein nicht unerheblicher Teil der Erfolge des Metallersatzes darf auf die Stetigkeit zurückgeführt werden, mit der die Metallwirtschaft sich abwickelte. Ein Ersatz läßt sich um so vollkommener einführen, je länger die Zeit dauert, welche hierfür dem Konstrukteur zur Verfügung gestellt werden kann. Überstürzte Änderungen, die u. U. die Kampfkraft gefährdet hätten, sind nicht vorgekommen. Das planmäßige Vorgehen gestattete teilweise Termine von mehreren Jahren. Wie widerstandsfähig die Metallwirtschaft nach dieser Richtung war, bewies sie bei dem sogenannten Hindenburg-Programm, durch das Ende 1916 der Monatsbedarf in einzelnen Metallen zeitweise auf ein Mehrfaches empor-schnellte.

Die Durchführung des Ersatzes geschah auf Grund einer Liste, in der

die Metalle nach ihrer Sparbringlichkeit abgestuft waren, derart, daß das jeweils am schwierigsten zu beschaffende Metall an erster Stelle stand. So durfte der Konstrukteur beispielsweise Kupfer als Ersatz für Zinn ansehen, weil es diesem in der Liste nachgeordnet war; naturgemäß hatte er danach zu trachten, alle Metalle durch Eisen zu ersetzen, welches die letzte Stelle der Liste einnahm. Die Reihenfolge wurde infolge Verschiebung der Sparbringlichkeit der Metalle mehrmals während des Krieges geändert.

Von den zahllosen Ersatzkonstruktionen seien einige an dieser Stelle angedeutet:

Um die steigenden Bedürfnisse an Blei für Unterseeboote, Säurefabriken usw. befriedigen zu können, wurden die Schrapnellkugeln aus Eisen hergestellt und die Infanteriegeschosse mit einem Eisentern versehen, der durch ein dünnes Bleipolster gegen den Geschossmantel abgestützt war. In der Artilleriemunition wurde die Verwendung von Kupfer auf ein Bruchteil eingeschränkt; bei Hülsen, Zündern und Führungsringen nahmen Eisen, Zink und Aluminium die Stelle von Kupfer ein. Nach anfänglichen Schwierigkeiten gelang es, auch bei der Infanterie eine brauchbare Eisenhülse einzuführen. In der Waffentechnik verdienen die Ersparnisse an Nickel erwähnt zu werden: die vorgeschriebene Zähigkeit des Stahles, welche zu Anfang des Krieges Nickelzusätze von 4 bis 8 v. H. erforderte, wurde später mit einem Gehalt von 1 bis 3 v. H. oder gar mit nickelfreiem Stahl erreicht. Eisenbahnverwaltung und Straßenbahnbetriebe beschafften sich die für Neubauten und Ausbesserungen benötigten unersehbaren Metalle zum weitaus größten Teil durch Mobilisierung im eigenen Betriebe, indem sie an Stelle der kupfernen Feuerbüchsen solche aus Eisen einbauten, das Kupfer der Feldspulen durch Aluminium ersetzten u. a. m.

Die Privatindustrie ist unter Führung der Metallfreigabestelle und der Metallvermittlungsstellen in ähnlicher Weise vorgegangen wie die Behörden. Der Verband Deutscher Elektrotechniker gab besondere Normen heraus, welche die Verwendung von Zink, Aluminium und Eisen an Stelle von Kupfer regelten. Als Lagermetalle gelangten zinnfreie Legierungen zur Einführung. Der Zinngehalt des Lötmaterials wurde von mehr als 50 v. H. auf 20 v. H. herabgesetzt und zum Teil völlig ersetzt. Die Hochleistungstähle, welche zu Anfang des Krieges Zusätze bis zu 30 v. H. Wolfram aufwiesen, erreichten später das gleiche Ergebnis mit 10 bis 15 v. H., zum Teil wurde es durch Molybdän ersetzt, wobei ein Gewichtsteil Molybdän zwei Teile Wolfram ersparte.

Welche Ergebnisse in dieser Weise erzielt worden sind, mag daraus ersieht werden, daß der Kupferverbrauch der größten Beschaffungsstelle, des Waffen- und Munitionsbeschaffungsamtes, bezogen auf die gleiche Stückzahl von fertigen Gegenständen, zum Schluß etwa auf den achten Teil

zurückgegangen war. Bei dem Privatbedarf wird der gleiche Wert für Kupfer, Zinn, Nickel, Quecksilber, Wolfram u. a. m. auf ein Zehntel und darunter geschätzt.

### Zusammenfassung.

Zusammenfassend darf als Ergebnis des Einflusses der Technik festgestellt werden, daß während des Krieges an Stelle des „freien“ Handelsverkehrs eine geordnete Metallwirtschaft getreten war, in der nicht mehr blindwaltende Gewinnsucht des Einzelnen, sondern ein vom Volkswillen bestimmtes Ziel die Triebkraft der großen Bewegungsvorgänge bildete. Das Wirtschaftsleben wurde nach seinen Funktionen zerlegt, der Rechnung zugänglich gemacht und mit leidlichem Wirkungsgrad zu höchster Leistungsfähigkeit gesteigert.

Mit derselben Metallmenge wurde im Vergleich zu der Vorkriegszeit ein Vielfaches an fertigen Gegenständen hergestellt. Die Metallversorgung konnte trotz der Seesperre in einem Maße aufrechterhalten werden, daß selbst am Schluß des Krieges ihr Verhältnis zu der Metallversorgung im Frieden für die Hauptmetalle noch etwa 50 v. H. und bei Aluminium sogar wesentlich über 100 v. H. betrug.

Nach dem Wirtschaftsplan hätten die Metallanforderungen im Kriege noch über das Jahr 1919 hinaus befriedigt werden können.

Unter geordneten Verhältnissen würde diese von Grund aus sozialistisch durchgebildete Metallwirtschaft auch eine zwanglose Überführung in die Friedenszeit ermöglicht haben. Die Bestände der Kriegsmetall-Aktiengesellschaft allein waren ausreichend, um der Industrie über Monate hinwegzuhelfen.

Die Kriegsergebnisse bieten einen Anhalt dafür, was Deutschland selbst unter den schwierigsten Verhältnissen hinsichtlich seiner Metallversorgung zu erreichen vermag, wenn dieses Wirtschaftsgebiet durchseht wird von der Denkweise des Technikers, der keine persönlichen oder Parteirücksichten kennt, sondern sein Ziel darin sieht, den allgemeinen Wirtschaftsgrundsatz des höchsten Nutzeffektes methodisch zu verwirklichen. Jeder Hunderteil, um den der Wirkungsgrad der Eigenerzeugung, d. i. das Verhältnis „selbsterzeugte Metallmenge zur verbrauchten“, erhöht wird, bedeutet vermehrte Freiheit und Besitz, vorausgesetzt naturgemäß, daß die Eigenerzeugung nicht auf Kosten anderer, aus dem Ausland benötigter Gegenstände von größerem Werte erfolgt.

Der Krieg hat gezeigt, daß die Wirtschaftstechnik außerdem ein wirksames Mittel bedeutet, um die Sicherheit eines Landes zu erhöhen und seine Unabhängigkeit zu erhalten. Die „freie“ Weltwirtschaft bietet nach dieser Richtung keine Gewähr.

### III. Textil-, Leder- und Kautschuk-Ersatz.

#### 1. Textil- und Leder-Ersatz.

Von Dr. ing. Hermann Alt.

##### Allgemeines.

Vor dem Kriege waren in Deutschland Textilrohstoffe in nahezu unbeschränkter Menge vorhanden. Zwar wurden im Inlande nur ganz geringfügige Mengen solcher Rohstoffe erzeugt, jedoch hatte die Einfuhr in den letzten Jahrzehnten einen ganz gewaltigen Umfang angenommen. Diese Steigerung der Einfuhr war in erster Linie durch die Entwicklung unserer Textilindustrie bedingt, welche nicht nur den inländischen Bedarf zum größten Teile zu befriedigen vermochte, sondern große Mengen für den Export verarbeitete. Die deutsche Textilwirtschaft zeigte somit das Bild, daß von Textilrohstoffen erheblich mehr als der Inlandsbedarf eingeführt werden mußte, um der deutschen Textilindustrie bei ihrer immer mehr wachsenden Leistungsfähigkeit genügend Beschäftigung zu bieten.

Vor dem Kriege gab es schon seit längerer Zeit Textilerersatzstoffe. Eine große Anzahl von Schutzrechten verschiedener Art befaßte sich mit der Herstellung und Vervollkommnung von Papiergearnen und Zellstoffgarnen. Ferner wußte man, daß aus vielen heimischen Pflanzen sich Faserstoffe gewinnen lassen, die zur Herstellung von Geweben und dergleichen benutzt werden können. Trotzdem konnten alle diese Stoffe keine Bedeutung erlangen, weil ihr wirtschaftlicher Wert im Verhältnis zu ihren Eigenschaften, zu ihren Herstellungskosten und im Vergleich mit den niedrigen Preisen der aus dem Auslande stammenden Rohstoffe zu gering war. Die an die Friedensstoffe gestellten Anforderungen konnten bei der Einführung der Ersatzstoffe nicht im vollen Umfange aufrechterhalten werden. Demgemäß ergaben sich bei ihrer Einführung folgende Fragen:

1. Welche Höchstbeanspruchungen und welche Anforderungen ergeben sich im praktischen Gebrauche?
2. Welche Eigenschaften bezüglich Festigkeit, Wasserdichtigkeit, Weichheit, usw. haben die Friedensstoffe?
3. Welche entsprechenden Eigenschaften haben die Ersatzstoffe?
4. In welchem Umfange dürfen die früher gestellten Mindestanforderungen herabgesetzt werden, ohne die praktische Verwendbarkeit wesentlich zu beeinträchtigen?
5. Inwieweit ist demnach die Verwendung von Ersatzstoffen möglich?
6. In welcher Richtung ist eine Verbesserung der Ersatzstoffe anzustreben, um sie für weitere Verwendungszwecke einführen zu können?

Diese Punkte zeigen zugleich, in welchen Richtungen gearbeitet werden mußte, um unter den gegebenen Verhältnissen in möglichst kurzer Zeit Textilerfabstoffe zur Verwendung zu bringen.

Die Textilerfabstoffe lassen sich, allerdings ohne scharfe Grenzen, in folgende Gruppen einteilen:

1. Erfabstoffe, die aus Abfällen eigentlicher Faserstoffe hergestellt werden. Hierher gehören die Kunstwolle und die Kunstbaumwolle, die durch Zerreißen von Geweben und durch Verspinnen des so gewonnenen geringwertigen Fasergutes gewonnen werden. Da es sich hierbei nicht um wesentliche technische Fortschritte handelt, soll darauf nicht eingegangen werden.

2. Erfabstoffe, welche aus eigentlichen Textilfasern bestehen, aber aus Rohstoffen hergestellt werden, die vor dem Kriege nicht oder nur in ganz geringem Umfange zur Fasergewinnung verwendet wurden. Abgesehen von einer großen Zahl verschiedenartiger Rohstoffe, die jedoch nicht zu einer Fasergewinnung im großen führten, haben die folgenden Faserstoffe eine gewisse Bedeutung erlangt: die Schilffaser (Typha), die Brennnesselfaser, die Ginsterfaser, die Hopfenfaser, die Torffaser. Auf diese soll näher eingegangen werden.

3. Erfabstoffe, die nicht als Faserstoffe anzusprechen sind, weil sie nicht durch einen Spinnprozeß aus Spinnfasern hergestellt werden und deshalb als Surrogate bezeichnet werden müssen. In erster Linie ist hier das Papiergarn mit seinen Veredelungen (Textilose und Textilü) zu nennen. Eine geringere Bedeutung haben die unter dem Namen Zellstoffgarne eingeführten Erzeugnisse, die wie das Papiergarn aus Holzstoff hergestellt werden.

Eine Sonderstellung neben diesen drei Gruppen nimmt die Seide und die Kunstseide insofern ein, als der Seidensaden nicht nach einem Spinnprozeß aus einzelnen Fasern, sondern durch Zusammendrehen (Verzwirnen) einzelner Fäden von unbegrenzter Länge erzeugt wird. Dagegen werden die Seiden- und Kunstseidenabfälle wieder einem wirklichen Spinnprozeß zur Herstellung von Garnen unterworfen.

### **Das Papiergarn und seine Veredelungen.**

#### (Textilose und Textilü.)

Als Ausgangsprodukt für Papiergarn wird Fichtenholz verwendet, aus welchem der Holzstoff gewonnen wird. Aus diesem wird unter Zufügung von Leim und verschiedenen Chemikalien das Spinnpapier hergestellt, das auf besonderen Schneidemaschinen in Streifen von verschiedener Breite (im allgemeinen etwa 2 bis 10 mm) geschnitten und dann i. a. zu einem Rundfaden zusammengedreht wird.

Das gewöhnliche Papiergarn, das in dieser Weise aus der glatten Papierbahn hergestellt wird, ist verhältnismäßig glatt. Die aus solchem Papiergarn hergestellten Gewebe haben daher die Eigenschaft, daß beim Hin- und Herbiegen (Knittern) des Webstoffes die benachbarten Papierfäden aneinander vorüber gleiten. Infolgedessen treten die Papierfäden leicht aus dem Gewebe heraus, so daß es uneben und undicht wird. Ferner hat das Papiergarn die Eigenschaft, daß bei der Beanspruchung seine elastische Dehnung und seine Festigkeit sehr gering ist, während die bleibende Drehung einen verhältnismäßig großen Wert aufweist. In diesen Punkten verhält es sich bedeutend ungünstiger als die aus Textilfasern hergestellten Fäden. Diese Nachteile lassen sich auch nicht einwandfrei beseitigen, wenn auch durch eine zweckmäßige Bindung, durch Walzen und Glätten und durch eine geeignete Imprägnation des fertigen Gewebes eine gewisse Verbesserung erzielt wird. Um die erwähnten Nachteile zu umgehen, hat man das Papiergarn mit Textilfasern vereinigt und erhält dadurch Erzeugnisse, von denen Textilose und Textilit eine große Bedeutung erlangt haben.

Bei der Herstellung der Textilosegarne wird das Spinnpapier einseitig mit einer leimartigen Flüssigkeit bestrichen und dann auf ihr ein Fließ von fein verteilten Baumwollabfallfasern ausgebreitet und ausgewalzt. Wie bei der Erzeugung des Papiergarnes wird die so erhaltene Textilosebahn in Streifen zerschnitten, die zu Rundgarn verarbeitet werden. Dieses von seinem Erfinder Claoviz in Udorf unter der Bezeichnung Textilose eingeführte Garn weist eine Reihe von Vorzügen gegenüber dem Papiergarn auf. Infolge der Vereinigung mit Textilfasern hat es äußerlich die Struktur eines Baumwollfadens. Ferner besitzt der Textilosefaden infolge der größeren Elastizität der verwendeten Textilfasern bessere elastische Eigenschaften als die einfachen Papiergarne. Die Gewebe aus Textilosegarn kommen infolgedessen in bezug auf Weichheit und Elastizität den Baumwollgeweben schon recht nahe. Durch ihre vorzüglichen Eigenschaften haben die Textilosegewebe als Ersatz für Baumwoll- und Leinengewebe eine sehr weite Verbreitung gefunden.

Die Herstellung des Textilitgarnes geschieht in der Weise, daß in den Papierstreifen während des Zusammendrehens Leinenfasern eingelegt werden. Das Textilitgarn enthält etwa 40 v. H. Leinenfasern und besitzt dadurch eine große Zerreißfestigkeit bei günstigen elastischen Eigenschaften, so daß es für die Herstellung von sehr festen Geweben mit Vorteil benutzt wird. Sein Anwendungsgebiet war dadurch eingeengt, daß wegen des Mangels an Leinenfasern für Textiliterzeugnisse die erforderlichen Mengen hochwertiger Leinenfasern nicht freigegeben werden konnten.

Die Eigenschaften des Papiergarnes und seiner Veredelungen weichen

in wesentlichen Punkten von denen der eigentlichen Textilstoffe ab, weil das **P o p i e r g o r n**, wie bereits erwähnt, nicht ein wirklicher Textilstoff, sondern nur ein Textilsurrogat ist. Gegenüber Wolle, Baumwolle, Leinen usw. haben die Popiergornzeugnisse den Nachteil, daß ihre Festigkeit im nassen Zustande sehr gering ist. Die Festigkeit der Papiergewebe sinkt unter der Einwirkung der Feuchtigkeit erheblich, z. B. auf etwa die Hälfte der Trockensefestigkeit, bleibt aber dann, auch bei längerer Einwirkung des Wassers, nahezu unverändert. Dieses Verhalten zeigen alle Stoffe, die unter Verwendung von Holzzellstoff hergestellt sind. Dagegen ist z. B. bei Leinengeweben im nassen Zustande die Festigkeit ganz beträchtlich größer als im trockenen.

### **Zellstoffgarne nach dem Naß- und dem Trockenspinnverfahren.**

Wie schon hervorgehoben, haben die Hauptnachteile des Papiergarnes darin ihre Ursache, daß das Popiergorn kein wirklicher Textilstoff, sondern ein Surrogat ist. Diese Nachteile sucht man bei der Herstellung der **Z e l l s t o f f g a r n e** zu umgehen, indem man zur Herstellung des Garnes den Holzzellstoff nicht erst in Papier überführt, sondern das Garn unmittelbar aus dem Zellstoff ohne Zusatz von Leim herstellt. Bei dem **N o ß s p i n n v e r f o h r e n** erzeugt man aus dem Zellstoffbrei schmale Bändchen, die nach im feuchten Zustande zu einem Rundfaden zusammengedreht werden. Infolge dieser Herstellungsweise hat der so erzeugte Faden die Eigenschaft, daß die Holzfasern lose im Faden eingebettet und nur durch den natürlichen Schleimgehalt des Zellstoffes miteinander verbunden und verfilzt sind. Da ferner die Fasern zum großen Teil in der Längsrichtung des Fadens liegen, während beim Papiergarn die im Papier entholzten Holzfasern zu einem beträchtlichen Teil quer zur Fadenrichtung liegen, haben die Zellstoffgarne nach dem Naßspinnverfahren eine bedeutend größere Festigkeit als das Papiergarn. Diese Zellstoffgarne sind zwar nicht bezüglich ihrer Herstellungsweise, wohl aber ihrer Struktur nach zu den wirklichen Textilstoffen zu rechnen. Neben ihrer hohen Festigkeit sind sie sehr weich und oausaugesähig und lassen sich deshalb zur Herstellung von Wäsche und Verbundstoffen verwenden und können auch gewaschen und gefeuchtet werden. Dagegen haben sie, wie alle Erzeugnisse aus Holzzellstoff, den Nachteil, daß ihre Festigkeit im nassen Zustande bedeutend geringer ist als im trockenen. Es gibt zwei Verfahren zur Herstellung von Zellstoffgarnen nach dem Naßspinnverfahren, das von Leinweber und das von Türk, die nahezu das gleiche Produkt liefern und sich nur in Einzelheiten der Herstellungsweise unterscheiden.

Die Zellstoffgarne nach dem **T r o c k e n s p i n n v e r f o h r e n** stellen ein ganz anderes Produkt dar. Hier wird der Holzzellstoff auf mechanischem Wege

zerkleinert, mit etwa 50 v. H. Baumwollabfällen gemischt und dann auf den Spinnmaschinen der Baumwollspinnerei versponnen. Infolge der geringen Länge der Zellstofffasern und der verwendeten Baumwollabfälle ist die Festigkeit des so erhaltenen Fadens sehr gering, da hier auch der Schleimgehalt des Zellstoffbreies fehlt, welcher dem Zellstoffgarn nach dem Rastspinnverfahren eine hohe Festigkeit verleiht. Dagegen ist das Garn sehr weich und aufsaugfähig, so daß es zur Herstellung von Wäsche verwendet worden ist. Seine wirtschaftliche Bedeutung ist jedoch gering, besonders deshalb, weil im Gebrauch die kurzen Holzfasern aus dem Garn herausfallen.

### Die wichtigsten Erbsfaserstoffe.

Schon lange vor dem Kriege kannte man außer Flachs und Hanf eine Menge von einheimischen Pflanzen, aus welchen sich brauchbare Textilfasern gewinnen lassen. Man kannte auch Verfahren der Aufschließung dieser Faserstoffpflanzen, jedoch waren ihre Herstellungskosten im Vergleich zur Güte des Materials und zum Preise der eingeführten Textilstoffe zu hoch. Im Kriege zwang die Knappheit an brauchbaren Textilstoffen, weitere Quellen für die Faserstoffgewinnung zu suchen und auf die früheren Versuche zur Verwertung der heimischen Faserstoffpflanzen zurückzugreifen.

Die Erbsfaserstoffe, die während des Krieges von Bedeutung geworden sind, gehören fast ausschließlich zu der Gruppe der Bastfasern. Man gewinnt sie aus der Bastficht, welche im Pflanzenstengel zwischen dem holzigen Kern und der Rinde eingelagert ist. Während bei dem Flachs sich die Bastficht von den holzigen Teilen nahezu ganz lösen läßt, ist es bei den Erbsfaserstoffen viel schwieriger, den Bast frei von holzigen Teilen zu gewinnen. Die reine Bastfaser hat die Eigenschaft, daß ihre Festigkeit an sich sehr groß ist und im nassen Zustande noch beträchtlich anwächst. Dieses Verhalten wird durch den Gehalt an holzigen Bestandteilen ungünstig beeinflusst, so daß Garne aus Bastfasern mit hohem Holzgehalt eine geringere Festigkeit aufweisen und ihre Festigkeit im nassen Zustande nicht nur nicht zunimmt, sondern mitunter sogar abfällt.

Die besten Erbsfaserstoffgarne wurden aus der Brennesselfaser hergestellt. Ihre Verwendung war an sich nicht neu. Jedoch war es nicht im Großbetriebe gelungen, die Isolierung der Faser durchzuführen und den ganzen Gehalt an Fasern zu erfassen. Diese Schwierigkeit wurde jetzt überwunden, und es zeigte sich, daß sich aus der Brennesselfaser Garne herstellen lassen, die von Baumwolle kaum unterschieden werden können. Während es anfangs nur möglich war, grobe Garne aus der Nesselfaser zu gewinnen, konnte man später Nesselgarne von großer Feinheit erzeugen. Eine weitere Verbreitung konnte die Nesselfaser jedoch nicht finden, weil

die verfügbare Menge zu gering war und der Anbau der Brennessel im großen Umfange nicht durchgeführt werden konnte.

Von allen Erfaßfaserstoffen hat die aus dem Stengel des Kolbenschilfes gewonnene Typphaser die größte Verbreitung gefunden. Dies ist darauf zurückzuführen, daß das Kolbenschilf in so großen Mengen vorhanden ist, daß es sich in wirtschaftlicher Weise einsammeln und verwerten läßt. Die Typphaser ist infolge des hohen Gehaltes an Holzsubstanzen etwas spröde und hart. Als rohes Fasermaterial eignet sie sich zur Herstellung von Filz, dessen Festigkeit durch Beimischung eines verhältnismäßig kleinen Prozentsatzes von Haaren oder Wolle sehr gesteigert werden kann. In ähnlicher Weise wie Leinen läßt sich die Typphaser verspinnen und ergibt einen Faden von großer Festigkeit. Die Gewinnung der Typphaser war während des Krieges bereits so weit gediehen, daß große Mengen bei der Filzfabrikation verwendet wurden. Jedoch sind Gewebe in größerem Umfange nicht hergestellt worden.

Aus dem Torf der Torfmoore hat man während des Krieges die Torffaser gewonnen. Durch die Einwirkungen der im Moore enthaltenen Stoffe hat die Aufschließung der Torffaser bereits zum Teil stattgefunden, so daß ihre weitere Aufschließung und Verarbeitung verhältnismäßig einfach ist. Die Torffaser ist sehr weich und stellt für viele Zwecke einen brauchbaren Wollersatz dar; sie wurde vielfach zur Streckung der Wolle bei der Herstellung von Kleiderstoffen und von wollenen Decken verwendet.

Von den übrigen Erfaßfaserstoffen haben zwar noch mehrere eine gewisse Bedeutung erlangt, jedoch sind sie nicht in größerem Umfange verwendet worden. Von ihnen sei die Ginsterfaser und Hopfenfaser erwähnt.

Die Ginsterfaser wird aus den Stengeln des Besenginsters gewonnen. Sie ähnelt in ihrer Beschaffenheit der Typphaser und hat eine verhältnismäßig große Festigkeit. Man kann sie mit Vorteil zur Streckung des Leinens bei der Herstellung von Leinenstoffen verwenden. Die aus dem Stengel der Hopfenpflanze gewonnene Faser stellt ein außerordentlich weiches Material dar. Man erhält Fasern von sehr großer Länge und Festigkeit, die sich zur Herstellung von sehr festen Bindfäden und Geweben eignen.

### Lederersatz.

Vor dem Kriege ist Leder in hinreichenden Mengen in Deutschland verfügbar gewesen. Während des Krieges trat eine immer empfindlicher werdende Knappheit dadurch ein, daß die Einfuhr von Häuten aufhörte und infolge der Abnahme der Schlachtungen sich die Erzeugung von Leder in Deutschland erheblich verringerte. Infolgedessen war man gezwungen, an Stelle von Leder Erfaßstoffe auch in denjenigen Fällen zu verwenden, in denen man bisher nur Leder verarbeitet hatte. Die Einführung von

Ersatzstoffen war deshalb so schwierig, weil das Leder insofern seiner besonderen Eigenschaften so vielseitig verwendbar ist, daß es von vornherein ausichtslos war, einen einheitlichen, vollwertigen Lederersatz für alle Verwendungszwecke zu finden. Man mußte vielmehr Stoffe verwenden, die es in mehr oder weniger mangelhafter Weise ersetzten und die ihren Eigenschaften nach nicht als Lederersatz im engeren Sinne, sondern nur als Surrogate bezeichnet werden dürfen. Die wichtigsten Lederersatzstoffe wurden unter Verwendung von Textil- und Textilerersatzstoffen hergestellt.

An Stelle des Oberleders von Schuhen benutzte man wasserdichte Leinenstoffe und später auch Papiergewebe. Durch die geringe Elastizität dieser Stoffe wurde die Brauchbarkeit der damit hergestellten Schuhe sehr beeinträchtigt, so daß man insbesondere beim Heeresbedarf das Oberleder der Schuhe nicht durch Webstoffe ersetzte, sondern dauernd nur Leder verwendete. Als Ersatz für Sohlleder verwendete man, abgesehen von Holzsohlen, sehr starke Papiergewebe mit mehrfacher Kette, aus welchen Sohlen ausgeschnitten wurden. Um die Sohle geschmeidiger und zugleich widerstandsfähiger gegen Feuchtigkeit und Schmutz zu machen, imprägnierte man sie mit teerhaltigen Stoffen. Wenn derartige Sohlen auch nicht so elastisch und dauerhaft sind, wie die aus Sohlleder, so haben sie sich doch als ein recht brauchbarer Ersatz bewährt. Noch bessere Sohlen werden aus Textilose in der Weise hergestellt, daß man die Fäden nicht verwebte, sondern in der Form der Sohle ein Flechtwerk herstellte, welches mit einer teerhaltigen Imprägnation behandelt und zwischen Walzen in die gewünschte ebene Form gebracht wurde.

In vielen Fällen wird Leder zu Futteralen und sonstigen Umhüllungen für Werkzeuge und andere wertvolle Gegenstände verwendet. Hier muß man vom Lederersatz neben einer gewissen Weichheit fordern, daß er wasserdicht und bis zu gewissem Grade auch gasdicht ist. In diesen Fällen benutzte man Papiergewebe, welche mit Cellon behandelt waren. Cellon ist eine zelluloidartige Masse, welche aus der Holzzellulose hergestellt wird und nur schwer verbrennbar ist. Es wird als Cellonlack auf das Papiergewebe aufgetragen und bildet nach dem Trocknen einen festen, gummiartigen Überzug, der sehr elastisch ist und beim Knittern, sowie bei Temperaturschwankungen nicht brüchig wird. Derartige zellonierte Stoffe sind nicht nur als Ersatz für Leder, sondern auch als Ersatz für Gummistoffe und für solche Zwecke verwendet worden, in welchen von verhältnismäßig dünnen Stoffen eine große Dichtigkeit verlangt wird.

Von großer Bedeutung war die Frage des Ersatzes von Leder bei der Herstellung von Treibriemen, weil vom Treibriemenmaterial neben einer großen Festigkeit vor allem eine bedeutende Elastizität gefordert werden muß.

Für die Herstellung von Ersafstreibern hat man meist Papiergarne verwendet. Da aber die Elastizität des Papiergarnes sehr gering ist, durfte man von vornherein nicht zu hohe Anforderungen an solche Ersafstreibern stellen. Die besten der Ersafstreibern, die den Lederriemen schon recht nahe kommen, sind die aus Textilsefsträngen geflochtenen und mit einer Teerimprägation behandelten Riemen. Obwohl sie keinen vollwertigen Erfas für Lederriemen bilden, so steht doch fest, daß sie in vielen Fällen den gestellten Anforderungen genügen. Sie müssen nur entsprechend ihrer geringen Elastizität vorsichtig behandelt werden und können keine stoßweise und plötzlich wechselnden Beanspruchungen vertragen.

### Schlufbemerkungen.

Blickt man auf die Entwicklung der Textilerfasstoffe während des Krieges zurück, so findet man, daß bei der Einführung der Erfasstoffe zuerst ein Vorurteil insofern bestand, als man meinte, die Erfasstoffe und insbesondere die Papiergarne hätten eine zu geringe Festigkeit und eine zu geringe Widerstandsfähigkeit gegen Feuchtigkeit und gegen die anderen im Gebrauche auftretenden Einwirkungen. Als sich diese Vorurteile im wesentlichen als unbegründet herausstellten, kam man zu einer Überschätzung des Papiergarnes und glaubte, daß man im Laufe der Zeit durch entsprechende Verbesserungen Leinen und Baumwolle vollständig durch Papiergarn ersetzen könne. Die durchgeführten Versuche und Forschungsarbeiten haben jedoch ergeben, daß das Anwendungsgebiet des Papiers beschränkt ist, und haben auch die Grenzen seiner Verwendbarkeit festgestellt. Wenn man jetzt auch zugeben muß, daß das Papier in vielen Fällen, in denen es angewendet wurde, sich nicht bewährt hat, so muß man doch hervorheben, daß es nur durch die weitgehende Verwendung von Papiergarnerzeugnissen gelungen ist, der großen Knappheit an Textilstoffen während des Krieges zu begegnen. Die Entwicklung des Gebietes der Textilerfasstoffe stellt der Arbeit und der Leistungsfähigkeit unserer Industrie und der beteiligten Forschungsstellen ein glänzendes Zeugnis aus. Dadurch, daß sie sich des neuen, unerforschten Gebietes mit voller Latkraft annahmen, wurde es ermöglicht, die Textilwirtschaft in Deutschland während des Krieges aufrechtzuerhalten.

Die Einführung der Textilerfasstoffe hat in volkswirtschaftlicher Beziehung sehr bedeutsame Folgen gehabt. Wichtig ist hierbei der Umstand, daß bei der Gewinnung der Erfas textilstoffe in der Hauptsache aus minderwertigen Rohstoffen hochwertige Erzeugnisse gewonnen werden. Der Arbeitsprozeß bei ihrer Erzeugung ergibt also eine bedeutend größere Wertsteigerung, als es bei den früheren Textilstoffen der Fall ist. Diese Wertsteigerung hat neben der volkswirtschaftlichen noch eine soziale Be-

deutung insofern gehabt, als mit diesen Arbeiten weite Kreise der Textilarbeiterschaft beschäftigt werden konnten, die infolge des Mangels an Rohmaterial sonst arbeitslos gewesen wären. Auf diese Weise ist es gelungen, der Abwanderung der geübten Textilarbeiter aus den Gebieten der Textilindustrie in die der Schwerindustrie (Munitionsindustrie) vorzubeugen und dadurch die Leistungsfähigkeit der Textilindustrie für die Zukunft durch Erhaltung des Stammes eingerichteter Arbeiter zu sichern.

## 2. Kautschuk und Kautschukerzeugnisse.

Von Dr. G. H. Hillen.

Bei Ausbruch des Krieges war die deutsche Kautschukindustrie auf Friedensverhältnisse berechnet, mit Rohmaterial reichlich versorgt und da der Kriegsbedarf an Kautschukerzeugnissen (Automobil- und Fahrradbereifung, Schläuche, Kabel, Akkumulatorenkästen, Gasmasken, Ballonstoffe, Flugzeugbespannung, wasserdichte Bekleidungsstücke, Hilfsstoffe für die Rüstungsindustrie, Gegenstände für sanitäre Zwecke u. a.), sich im allgemeinen mit dem Friedensbedarf deckte, eine Umstellung der Betriebe also nicht erforderlich war, konnten anfangs die laufenden Aufträge der Heeresverwaltung ohne große Schwierigkeiten in der vorgeschriebenen Zeit erledigt werden.

Bald aber, als die Blockade der Engländer jede weitere Zufuhr an Rohkautschuk unmöglich machte, mußte für eine ökonomische Bewirtschaftung der im Lande vorhandenen Kautschukmengen gesorgt werden. Die Kriegsrohstoffabteilung verfügte deshalb zunächst eine Beschlagnahme des Rohkautschuks, beschränkte den Verbrauch von Kautschuk für Gegenstände des täglichen Bedarfs und erließ ein Verbot für die Ausfuhr von Gegenständen aus Kautschuk. Später folgte dann auch die Beschlagnahme von Altkautschuk und Kautschukregeneraten.

Um die vorhandenen Mengen Rohkautschuk zu strecken, wurden in stärkerem Maße, als früher, Kautschukregenerate zur Herstellung von Gummiswaren herangezogen. Wenn auch diese Maßnahme den Kautschukfabrikanten zunächst einige Bedenken verursachte, da in Fachkreisen vielfach noch eine Abneigung gegen die Verwendung von Regeneraten bestand, so gelang es doch den berufenen Chemikern und Technikern dieses Vorurteil zu beseitigen und aus Mischungen von Rohkautschuk und Kautschukregeneraten für die Technik brauchbare Produkte herzustellen.

Diese Erfolge gaben Veranlassung, Kautschukregenerate in ausgedehntem Maße für die Herstellung von Kautschukgegenständen zu verwenden. Da aber hierzu große Mengen Regenerate nötig waren, mußte

zunächst die Herstellung der Kautschukregenerate weiter ausgedehnt werden. Zu diesem Zwecke ließ die Inspektion des Kraftfahrwesens große, neue Anlagen errichten, um die Kautschukmasse aus unbrauchbar gewordenen Autodecken nach dem sogenannten mechanischen Verfahren zurückzugewinnen. Dies besteht darin, daß Autodecken fein zerkleinert, zerfasert und dann durch Luftsiebung in Kautschukmaterial und Gewebeteile zerlegt werden. Das von den Faserstoffen befreite Material wird dann weiter auf Walzen zu einer elastischen Masse verarbeitet, die gemischt mit Rohkautschuk und Füllmaterialien zur Herstellung der für das Heer erforderlichen Mengen Automobil- und Fahrradbereifung diene. Diesem Verfahren wird der Vorteil nachgerühmt, daß es das Kautschukmaterial nicht verändert. Dies schließt aber den Nachteil ein, daß jede Veredelung des Materials durch Befreiung der Beimengungen und Verunreinigungen ausgeschlossen ist. Auch ist es nicht möglich, die Faser vollständig von dem Kautschukmaterial zu trennen. Gerade die zur Tränkung der Gewebeeinlage benutzte, qualitativ besonders hervorragende Kautschuksubstanz bleibt ebenso wie ein großer Teil des feinpulverigen Kautschukmaterials, im Fasermaterial zurück. Um diesen Anteil an Kautschuk zu gewinnen, müssen die Faserrückstände noch weiter nach dem sogenannten Lösungsverfahren behandelt werden. Nach diesem Verfahren werden die kautschukhaltigen Abfälle mit Kautschuk-Lösungsmitteln, wie Benzol, behandelt und die entstandene Kautschuklösung in Kautschuk und Lösungsmittel getrennt. Die Faser bleibt mit den in den Abfällen vorhanden gewesenen Unreinheiten, Schmutz, Metall usw. ungelöst zurück und wird zur Fabrikation von Dachpappe verwendet.

Nach dem Lösungsverfahren wurden während des Krieges außer diesen Faserrückständen auch andere Abfälle in großem Maßstabe verarbeitet. Das Verfahren bietet vor allen anderen Verfahren den Vorzug, daß auch aus verhältnismäßig geringwertigen Abfällen hochwertige Regenerate gewonnen werden können.

Abfälle guter Kautschukwaren, wie Autodecken, Autoschläuche, Luftschläuche, Fahrraddecken und Gummischuhe, wurden vielfach nach dem sogenannten Alkali-Verfahren verarbeitet, das darauf beruht, daß die fast ausschließlich aus Baumwolle bestehenden Gewebe durch die Wirkung des Alkalis in wasserlösliche Substanzen übergeführt werden, während die Kautschuksubstanz ungelöst zurückbleibt. Außer den Gewebeteilen werden bei diesem Verfahren auch fette Öle und deren Abkömmlinge, wie Fattis, die vielfach den Kautschukmassen beigemischt werden, verseift und beim Auswaschen des Kautschukregenerates entfernt. Die im Ausgangsmaterial enthalten gewesenen mineralischen Beimengungen bleiben aber bei Anwendung des Alkaliverfahrens

unverändert im Kautschukregenerat zurück. Der Kern des Kautschuks bleibt bei dem Alkali-Verfahren ebenso wie bei dem mechanischen Verfahren erhalten.

Die großen Mengen Kautschuk, die auf diese Weise aus dem Altmaterial zurückgewonnen wurden, genügten aber noch nicht, um den Bedarf von Heer und Marine voll zu decken, zumal im Verlauf des Krieges die Möglichkeit der Beschaffung von Rohkautschuk immer geringer wurde. Es mußte deshalb versucht werden, die Herstellung des synthetischen Kautschuks soweit zu fördern, um ein für die Technik brauchbares Produkt zu gewinnen.

Mit diesem Problem hatten sich schon vor Ausbruch des Krieges zahlreiche Forscher beschäftigt. Auf die vielen interessanten Arbeiten dieser Forscher hier einzugehen, ist nicht möglich. Im folgenden sollen nur einige Arbeiten Erwähnung finden, die schließlich die Herstellung des künstlichen Kautschuks in technischem Maßstabe ermöglicht haben.

Den Chemikern der Farbenfabriken Friedrich Bayer u. Co., Herrn Dr. Fritz Hofmann und seinen Mitarbeitern, war es schon im Herbst des Jahres 1909 gelungen, das Isopren, einen Kohlenwasserstoff der Butadienreihe, in kautschukartige Massen zu verwandeln. Bald darauf gelang es denselben Forschern auch andere, dem Isopren verwandte Kohlenwasserstoffe in kautschukartige Produkte überzuführen. Später wurde von Matthews und Strange und unabhängig davon von Harries ein Verfahren gefunden, um aus Butadienkohlenwasserstoffen durch Polymerisation in Gegenwart von Natrium und anderen Alkalimetallen, bei gleichzeitiger Anwendung von Wärme, kautschukartige Massen herzustellen.

Eine praktische Verwertung dieser Erfindung setzte voraus, daß zunächst die einfachen Kohlenwasserstoffe, wie das Isopren, Butadien, Dimethylbutadien, synthetisch in beliebiger Menge zu einem möglichst niedrigen Preise hergestellt werden konnten. Versuche nach dieser Richtung hin brachten insofern einen Erfolg, als es gelang, Aceton mit Hilfe von Aluminium zu Pinakon zu reduzieren und dieses in Dimethylbutadien überzuführen. Dieser benzinartige Kohlenwasserstoff ergab, als er vier Monate lang gekocht wurde, eine kautschukartige Substanz, die schon vor Ausbruch des Krieges der Kautschukindustrie dargeboten wurde. Die Kautschukindustrie nahm dieses Produkt auf und verarbeitete es, mit natürlichem Kautschuk gemischt, zu Kautschukwaren. Diese waren aber sehr wenig haltbar und die Industrie gab deshalb die Verwendung von synthetischem Kautschuk bald wieder auf. Als aber Ende 1914 die Kohstofffrage brennender wurde, trat man der Herstellung von künstlichem Kautschuk von neuem näher. Nun war aber die alte Apparatur nicht mehr vorhanden und die Ausgangsmaterialien wurden für andere Zwecke gebraucht.

Es mußte deshalb nach neuen Verfahren zur Darstellung des Azetons und zur Gewinnung von Aluminium gesucht werden.

Für die Darstellung des Azetons wurde das schon vor dem Kriege bekannte Karbidverfahren technisch weiter ausgebildet. Nach diesem Verfahren wird aus Kalziumkarbid mit Wasser Azetylen hergestellt und dieses in Gegenwart von Kontaktsubstanzen durch Anlagerung von Wasser in Azetaldehyd überführt. Der Azetaldehyd wird dann mit Sauerstoff zu Essigsäure oxydiert, die über eine Kontaktsubstanz gebiast und unter Kohlen säureabspaltung in Azeton übergeführt wird.

Die Herstellung des Aluminiums, das bis dahin aus dem Auslande bezogen wurde, nahmen die chemischen Werke Griesheim-Elektron auf. Als Ausgangsmaterial für die Aluminiumherstellung wurde österreichischer Bauxit verwendet. Nachdem auf diese Weise die Ausgangsmaterialien beschafft waren, wurden die zur Darstellung des künstlichen Kautschuks notwendigen Apparate wieder ausgebaut und mit Hilfe der ständig vergrößerten Anlage gegen Ende des Jahres 1917 monatlich etwa 150 000 kg künstlichen Kautschuks hergestellt. Aber für die Kautschukindustrie, die noch wenig Erfahrung in bezug auf die Verarbeitung von künstlichem Kautschuk hatte, war auch dieses neue Produkt nur bedingt verwendbar. Der synthetische Kautschuk hatte vor allem die unangenehme Eigenschaft, leicht Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen und zeigte bei der Vulkanisation ein vom natürlichen Kautschuk stark abweichendes Verhalten. Um diese Nebenerscheinungen zu beseitigen, wurden dem künstlichen Kautschuk Piperidin und ähnliche die Vulkanisation beschleunigende Verbindungen beigemischt, und es gelang auf diese Weise, aus dem verbesserten Produkt einen brauchbaren Hartkautschuk herzustellen.

Für die Herstellung von Weichgummivarren fehlte es dem künstlichen Kautschuk aber noch an ausreichender Elastizität. Es wurde deshalb versucht, diese Eigenschaft durch Zusetzen von sogenannten Elastitoren zu verbessern. Als solche haben sich besonders Dimethylanilin und Toluidin bewährt. Es war nun möglich, Vollgummireifen, Kabelaufwicklungen und gummierte Stoffe aus synthetischem Gummi herzustellen.

Die gegen Ende des Krieges vorhandenen Anlagen ermöglichten die Erzeugung von 2000 t künstlichen Kautschuks im Jahr. Diese Produktion entspricht ungefähr  $\frac{1}{5}$  des Friedensverbrauchs der deutschen Kautschukindustrie. Daraus ergibt sich, wie wichtig es sein würde, die Herstellung des künstlichen Kautschuks weiter zu vervollkommen. Aber es erscheint doch fraglich, ob es möglich sein wird, den künstlichen Kautschuk ausreichend zu billigem Preise herzustellen, um mit dem natürlichen Kautschuk in Wettbewerb treten zu können. Auch bei billigen Azeton- und Aluminiumpreisen wird die Herstellung von synthetischem Kautschuk immer noch viel

teurer sein als das Naturprodukt, welches auf den großen Plantagen in vorzüglicher Qualität und in großen Mengen zu sehr billigen Preisen gewonnen wird.

Es ist aber möglich, daß man durch die Synthese zu einer Reihe von Kautschukarten kommt, die es in der Natur nicht gibt, und daß dieses Kunstprodukt Eigenschaften besitzt, die ihm neben dem Naturprodukt industrielle und technische Bedeutung verschaffen.

Dies mag zweifelhaft sein, fest steht aber, daß für unsere Volkswirtschaft auch in Zukunft die Wiedergewinnung der Kautschuksubstanz aus Kautschukabfällen und eine ausgedehnte Verwendung von Kautschukregeneraten anstatt Rohkautschuk bei der Herstellung von Kautschukwaren auch in der kommenden Friedenswirtschaft eine weittragende Bedeutung behalten wird. Denn es können auf diese Weise dem deutschen Nationalvermögen große Werte erhalten bleiben, die durch den Bezug von Rohkautschuk in das Ausland abwandern würden.

#### IV. Die Stickstoffgewinnung im Kriege.

Von Geh. Regierungsrat, Prof. Dr. phil. Dr. Ing. h. c. Nikodem Caro.

Wenn die Zeit gekommen sein wird, in der von unvoreingenommener Seite die Frage der Schuld am Weltkriege geprüft wird, dann wird die Geschichte der deutschen Stickstoffindustrie einen unrüglichen Beweis dafür liefern, daß Deutschland im Sommer des Jahres 1914 auf einen Krieg nicht vorbereitet war und daß die maßgebenden Faktoren der deutschen Regierung in Kenntnis dieser Tatsache den Krieg nicht gewollt haben können.

Die Geschichte der deutschen Stickstoffindustrie wird aber auch ein Beispiel dafür sein, was im Zusammenarbeiten von Wissenschaft und Technik unter erswerendsten Umständen geleistet werden kann, wenn Organisationstalent mit Arbeitslust und Arbeitswillen sich vereinigt und vaterländische Ziele die Arbeit leiten.

Kriegführung ohne Stickstoff ist unmöglich. Die in den stickstoffhaltigen Erzeugnissen gebundene Energie des Stickstoffs ist die Grundlage der Erzeugung von Spreng- und Schießstoffen, aber zugleich auch der gesamten Ernährung. Alle modernen Spreng- und Schießstoffe enthalten, mit Ausnahme der Chlorat- und einiger weniger Spezialsprengstoffe, Stickstoff in gebundener Form, sei es als Nitroverbindungen, wie Nitroglycerin, Trinitrotoluol, Dinitrobenzol, Pikrinsäure usw., oder in Form von Nitraten, wie Salpeter, Ammonnitrat u. a. Die haupt-

fächlichsten Ausgangsstoffe für die Erzeugung dieser Verbindung sind Salpeter und Salpetersäure.

Für die Ernährung Deutschlands ist die ausgiebige Düngung der landwirtschaftlich benutzten Böden mit Stickstoff eine unerfeßliche Notwendigkeit. Deutschlands landwirtschaftliche Fläche von rund 35 Millionen Hektar ist nur dann in der Lage, Deutschlands Bevölkerung von rund 65 Millionen zu ernähren, wenn der Bodenertrag durch Anwendung von Düngemitteln außerordentlich stark gesteigert wird. Unter diesen Düngemitteln spielt der Stickstoff die ausschlaggebende Rolle. Denn Kali und Phosphorsäure, welche neben Stickstoff zur Erzielung von Höchstträgen nötig sind, ersetzen in der Hauptsache die durch die Ernten dem Boden entzogenen Mengen dieser Stoffe, während Stickstoff den eigentlichen Mehrertrag, die Erntesteigerung, ergibt.

Durch rationelle und stetig steigende Anwendung künstlicher stickstoffhaltiger Düngemittel (neben den natürlichen Abfällen, dem tierischen Dung usw.) ist es gelungen, den Ernteertrag in den letzten 25 Jahren vor dem Kriege zu verdoppeln, und die Zeit war nicht fern, in der Deutschland trotz des ständigen Bevölkerungszuwachses in die Lage kommen konnte, unabhängig von der Zufuhr ausländischer Nahrungs- und Futtermittel zu werden.

Allerdings waren dazu außerordentlich große Mengen stickstoffhaltiger Erzeugnisse nötig.

Vor dem Kriege verbrauchte Deutschland im Jahre rund 220 000 t gebundenen Stickstoffs. Hiervon wurde der Bedarf der Industrie (Farbstoffe, Sprengstoffe, pharmazeutische Artikel, Kunstseide, Filme, Zelluloid usw.) mit rund 20 000 t und der der Landwirtschaft mit rund 200 000 t versorgt.

Der Verbrauch in der Sprengstoffindustrie war naturgemäß ein geringer, da er sich im wesentlichen auf den Bedarf der Sprengstoffe in den Bergwerken, der Schießstoffe für Jagdzwecke und der Erzeugung der Übungsmunition beschränkte.

Es war bekannt, daß jeder Krieg eine gewaltige Steigerung des Bedarfes für die Sprengstoffindustrie zur Folge haben mußte, es war aber ferner bekannt, daß die Landwirtschaft keine Verringerung der verwendeten Stickstoffmengen erfahren durfte, weil sonst die Erntemengen rapid zurückgehen mußten. War es doch bekannt, daß jede Tonne Stickstoff, die dem Boden in Form von Düngemitteln zugeführt wird, eine Vermehrung der Getreideernte um rund 16 t und eine Vermehrung der Ernte an Hackfrüchten um 100 bis 125 t mit sich brachte, daß also der Ausfall an Stickstoff eine entsprechende Verringerung der Ernteergebnisse zur Folge haben mußte.

Die Deckung des außerordentlich bedeutenden Bedarfes an Stickstoff erfolgte in Deutschland mit über 50 % durch Einfuhr von Chilealpeter. In Deutschland wurden stickstoffhaltige Erzeugnisse im wesentlichen als Nebenprodukte der Kokereien und Gasanstalten hergestellt.

Die Technik dieser Industrie besteht im wesentlichen darin, daß Kohle der sogenannten trockenen Destillation durch Erhitzung von außen in geschlossenen feuerfesten Retorten und Kammern unterworfen wird. Hierbei verbleibt in den Retorten bzw. Kammern ein kohlenstoffreicher Brennstoff, der Koks, während ein Teil der Kohlesubstanz sich in gasförmige und dampfförmige Stoffe verwandelt, welche besonders aufgefangen werden.

Die Kohle enthält, dank ihrer Entstehung aus Pflanzen, Reste der einen Teil der Pflanzensubstanz bildenden Eiweißstoffe, deren wesentlicher Bestandteil Stickstoff ist. Von diesem Stickstoff enthalten die Kohlen im Durchschnitt 1 %; etwa  $\frac{1}{4}$  dieser Stickstoffmenge findet sich in den gasförmigen Destillationsprodukten der Kohle in Form von Ammoniak. Dieses wird durch Bindung mit Schwefelsäure dem Gas entzogen und gibt das schwefelsaure Ammoniak (Ammonsulfat), welches als ausgezeichnetes Düngemittel in der Landwirtschaft und als Ausgangsstoff für andere stickstoffhaltige Erzeugnisse in der Industrie verwendet wird.

So gering die Stickstoffmengen sind, die bei der Kohlendestillation aus der Kohleneinheit gewonnen werden, so bedeutend war die Menge Ammonsulfat, welche bei der außerordentlichen Ausdehnung der durch den Verbrauch der Eisen- und Stahlindustrie bedingten Koksindustrie und in der großen Anzahl der Gasanstalten gewonnen wurde. Vor dem Kriege betrug die Menge des auf diese Weise erzeugten Ammonsulfats rund 550 000 t jährlich, was einer Menge von rund 110 000 t gebundenen Stickstoffs entspricht, da Ammonsulfat 20 % Stickstoff enthält.

Die Erzeugung an schwefelsaurem Ammoniak war durch weitere Mengen vermehrt, welche bei der Vergasung an Brennstoffen in sogenannten Generatoren gewonnen wurde, wobei die gesamte Kohlesubstanz in Gas und etwa 70 % des Stickstoffs der Kohle in Ammoniak verwandelt wurden. Doch war diese Industrie vor dem Kriege nur verhältnismäßig wenig entwickelt und die hierbei erhaltenen Mengen betragen insgesamt nur rund 15 000 t Sulfat, entsprechend rund 3000 t Stickstoff.

Außer diesen in Form von Nebenprodukten gewonnenen Stickstoffmengen sind in Deutschland vor dem Kriege rund 16 000 t nach besonderem Verfahren erzeugt worden, deren Ausgangsstoff der in unermesslichen Mengen in der Atmosphäre befindliche Stickstoff war.

Die atmosphärische Luft besteht zu rund  $\frac{1}{4}$  aus Stickstoffgas und

rund  $\frac{1}{2}$  aus Sauerstoffgas. Schon lange war das Bestreben der Chemiker darauf gerichtet, dieses ungeheure, unerschöpfliche Reservoir der Industrie und Landwirtschaft zugänglich zu machen, doch erst Ende des 19. bzw. Anfang des 20. Jahrhunderts sind diese Bestrebungen von Erfolg begleitet gewesen. Drei Verfahren bzw. Verfahrensarten haben unter vielen Eingang in die Großindustrie gefunden.

Das eine, älteste, ist das Kalkstickstoffverfahren von Frank und Caro. Der für die deutsche Technik leider zu früh, im Kriegsjahre 1916, verstorbene Geheimne Regierungsrat Prof. Dr. Ad. Frank, der Begründer der deutschen Kaliindustrie, und der Verfasser dieser Abhandlung haben schon im Jahre 1895 gefunden, daß Karbid den aus der Luft gewonnenen Stickstoff unter bestimmten Bedingungen binden kann.

Die auf Grund dieser Feststellung unter Leitung von Frank und Caro im Zusammenarbeiten mit einer Reihe von Technikern und industriellen Firmen entwickelte Kalkstickstoffindustrie hat schon vor dem Kriege eine gewisse Ausdehnung im In- und Auslande gefunden. Das Wesen dieser Industrie besteht darin, daß Kalk und Koks elektrisch zusammenschmolzen werden, wobei sich das als Ausgangsstoff der Azetylenindustrie bekannte Kalziumkarbid bildet. Dieses wird fein gepulvert und das gepulverte Material an einer Stelle elektrisch gezündet, während gleichzeitig aus Luft gewonnener, also von Sauerstoff getrennter Stickstoff dem Karbid zugeleitet wird. Unter dem Einfluß der Stickstoffs erglüht es und hierbei verbindet sich Karbid mit Stickstoff zu einer chemischen Verbindung, die wissenschaftlich Kalziumcyanamid genannt wird, während das erhaltene technische Erzeugnis den Namen „Kalkstickstoff“ führt.

Kalkstickstoff enthält rund 20 % gebundenen Stickstoff und hat sich als ausgezeichnetes Düngemittel erwiesen, welches, bei entsprechender Anwendung, dieselben Ernteergebnisse zeitigt wie Salpeter und schwefel-saures Ammoniak.

Aber auch als Rohstoff der Industrie hat Kalkstickstoff schon vor dem Kriege Bedeutung erlangt. Frank und Caro haben gefunden, daß bei der Erhitzung von Kalkstickstoff unter Druck mit Wasser der gesamte Stickstoff des Kalkstickstoffs in Ammoniakgas umgewandelt wird, das als Ausgangsstoff für die Erzeugung vieler Produkte, wie Ammonsulfat, Ammonnitrat, Harnstoff usw., dient.

Die Rohstoffe der Kalkstickstoffindustrie sind überaus einfach. Es sind Koks und Kalk. Die für die Erzeugung notwendigen Mengen sind verhältnismäßig geringe. Sie betragen pro Tonne gebundenen Stickstoffs rund 3,4 t Koks und rund 7,6 t Kalkstein. Außerdem ist für die Fabrikation noch elektrische Kraft nötig, und zwar rund 15 bis 17 Kilowattstunden pro Kilogramm gebundenen Stickstoffs.

Dieser Bedarf an elektrischer Energie hat bewirkt, daß die Kalkstickstoffindustrie zunächst im Anschluß an die billigen Wasserkräfte des Auslandes Einführung gefunden hat, so zuerst in Italien, dann in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, in Norwegen, Schweden, der Schweiz, in Frankreich und in Japan.

In Deutschland entwickelte sich die Kalkstickstoffindustrie, seitdem es gelungen ist, durch Verbrennung von Rohbraunkohle billig elektrischen Strom zu erzeugen, und namentlich, seitdem es dem Verfasser gelungen ist, durch zweckmäßige Anpassung der elektrischen Einrichtung und des Betriebes diese Industrie so auszugestalten, daß die nicht konstanten deutschen Wasserkräfte mit der vollen möglichen und erzeugbaren Kraftleistung nutzbar gemacht werden konnten.

Hierdurch sind die deutschen Wasserkräfte konkurrenzfähig mit den ausländischen geworden und es war die, wenn auch langsame, Möglichkeit der Entwicklung der deutschen Kalkstickstoffindustrie gegeben.

Die dem Konzern der Deutschen Bank gehörenden Bayerischen Stickstoffwerke haben führend auf diesem Gebiete gewirkt.

Vor dem Kriege bestanden zwei Werke, jedes mit einer Leistung von rund 25 000 t Kalkstickstoff (eines auf Wasserkräften, das andere auf Braunkohlenkraft beruhend), es sind demnach in Deutschland rund 50 000 t Kalkstickstoff, entsprechend 10 000 t gebundenen Stickstoffs, erzeugt worden.

Ein zweites Verfahren, oder richtiger gesagt eine Gruppe von Verfahren, zur Bindung des atmosphärischen Stickstoffs beruht auf einer schon vor fast einem Jahrhundert von Priestley beobachteten Erscheinung, daß in der Hitze des elektrischen Funkens die beiden Luftbestandteile: Sauerstoff und Stickstoff, sich zu Oxyden des Stickstoffs chemisch verbinden. Die Stickoxyde bilden bei entsprechender Behandlung mit Luft und Wasser Salpetersäure, welche den Ausgangspunkt zur Darstellung von Kalisalpeter, Natriumsalpeter (künstlichem Chilesalpeter), Ammonsalpeter usw. bildet.

An Stelle des elektrischen Funkens hat schon vor rund 40 Jahren Siemens den elektrischen Lichtbogen verwendet. In großindustrieller Weise wurde diese Fabrikationsart insbesondere nach zwei Methoden verwendet: dem Verfahren der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik in Ludwigshafen a. Rh. von Dr. Schönherr und dem Verfahren zweier norwegischer Forscher: Professor Birkeland und Dr. Eyde. Nach diesen Methoden sind dank den Arbeiten des ausgezeichneten Wasserbautechnikers Eyde große Anlagen in Norwegen errichtet worden, während kleinere Anlagen ähnlicher, jedoch minder guter Systeme in der Schweiz, in Tirol und in Canada errichtet wurden.

In Deutschland hat diese Methode keinen Eingang gefunden. Der

Grund besteht in dem sehr großen Kraftverbrauch, der mit ihr verbunden ist. Um 1 kg Stickstoff zu binden, sind, wie schon erwähnt, nach dem Kalkstickstoffverfahren rund 15 bis 17 Kilowattstunden nötig, nach dem Lichtbogenverfahren dagegen 85 bis 100 Kilowattstunden (der Gesamtbedarf an elektrischer Energie bis zum Enderzeugnis gerechnet). Mit einem Worte: dieselbe Kraftquelle gibt rund fünfmal so viel Stickstoff nach dem Kalkstickstoff- als nach dem Lichtbogenverfahren.

Der verhältnismäßig teure Ausbau deutscher Wasserkräfte und sonstiger Kraftquellen hat die Einführung dieser kraftverzehrenden Industrie nicht gestattet.

Das dritte, jüngste Verfahren zur Bindung atmosphärischen Stickstoffs ist vom Geheimen Regierungsrat Professor Dr. F. Haber erfunden, von Professor Dr. Bosch für die Technik ausgebildet und von der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik großindustriell verwertet worden. Das Verfahren beruht auf den genialen Arbeiten Habers, welcher festgestellt hat, daß gasförmiger Stickstoff und gasförmiger Wasserstoff schon bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen von 500 bis 550° sich zu Ammoniakgas verbinden, wenn diese Gase unter hohem Druck (150 bis 200 Atmosphären) und in Gegenwart verschiedener reaktionsfördernder Stoffe, sogenannte Katalysatoren, aufeinander einwirken, während ohne diese Bedingungen eine nughare Ammoniakbildung erst bei außerordentlich hohen Temperaturen (3000°) vor sich geht.

Es bedurfte der Überwindung ungeheurer Schwierigkeiten, um das Verfahren reif für die Technik zu machen, denn fast alle in Betracht kommenden druckfesten Materialien haben sich bei den für die Reaktion notwendigen Temperaturen als durchlässig oder reaktionsfähig für Wasserstoff erwiesen. Es wurde die Erzeugung neuer, besonderer Metalllegierungen, die Erfindung neuer Apparatekonstruktionen und Baumethoden nötig, ehe das Habersche Verfahren als industriell anwendbar angesehen werden konnte. Ferner war die Ausarbeitung besonderer Wasserstoff- und Stickstoffgewinnungsanlagen nötig, welche besonders reine Gase lieferten, da nur solche bei dem Verfahren verwendet werden können. Dem ingeniosen Bosch ist es kurz vor Ausbruch des Krieges gelungen, die wesentlichste Schwierigkeit der technischen Darstellung von Ammoniak nach dem Haberschen Verfahren zu überwinden, so daß im Juli 1914 die erste Fabrik der Badischen Anilin- und Soda-Fabrik nach diesem Verfahren mit einer Jahresleistung von 30 000 t schwefelsauren Ammoniaks, entsprechend 6000 t Stickstoff in Betrieb war.

Deutschland hat bei Ausbruch des Krieges etwa nur die Hälfte seines normalen Stickstoffbedarfes, nämlich rund 126 000 t Stickstoff, in eigenen inländischen Werken erzeugt. Die fehlende Menge wurde durch Einfuhr

von Chilealpeter, eines Naturproduktes mit rund 15 % Stickstoffgehalt, gedeckt. An Chilealpeter sind zuletzt jährlich mehr als 750 000 t, entsprechend rund 105 000 t Stickstoff im Werte von rund 150 Millionen Mark eingeführt, daneben noch rund 100 000 t jährlich norwegischen Kunstsalpeters und norwegischen Kalkstickstoffs, entsprechend rund 26 000 t Stickstoffs. Dagegen sind über 100 000 t schwefelsaures Ammoniak mit 20 000 t Stickstoffgehalt ausgeführt worden.

Zu den unabwendbaren Folgen des Krieges gehörte naturgemäß auch die Unterbrechung der Salpeterzufuhr. Der Eintritt Englands in die Reihe unserer Gegner, zum mindesten seine wohlwollende Neutralität zugunsten der Feinde Deutschlands war als sicher anzunehmen. Dieser Umstand schloß in sich die Unmöglichkeit oder doch eine wesentliche Erschwerung in der Zufuhr von Salpeter ein.

Ohne Salpeter war aber Deutschland verloren. Denn nicht nur, daß die im Lande erzeugten 126 000 t Stickstoff nur rund die Hälfte des normalen Bedarfes decken konnten, demnach bei der mit der Kriegsführung zusammenhängenden gewaltigen Bedarfssteigerung der Industrie für die Munitionserzeugung die Landwirtschaft völlig ohne Stickstoff bleiben mußte, es war auch die verfügbare Stickstoffmenge für Munitionszwecke unverwendbar. Denn der Rohstoff der Sprengstoff- und Schießstoff-fabrikation ist Salpetersäure, welche bis zum Kriege ausschließlich aus Salpeter dargestellt wurde. Die deutschen Fabriken, seien es Kokereien oder Gasanstalten oder Kalkstickstoff- und Habersche Werke, lieferten aber die im ganzen unzureichenden Stickstoffmengen in Form von Ammoniak, aus dem Ammoniak für Düngezwecke, aber keine Salpetersäure für Munition erzeugt wurde.

Für die Salpetersäurefabrikation fehlte es am Rohstoff.

Der Krieg ist bekanntlich Ende Juli ausgebrochen. Die Bestellung der Felder in Deutschland mit stickstoffhaltigem Dünger erfolgt normalerweise bis etwa Ende April, im Mai und teilweise im Juni findet noch ein großer Verbrauch an Salpeter statt, welcher zu Rüben als Kopfdünger gegeben wird, wobei der größte Teil des eingeführten Salpeters zur Verwendung gelangt, weil etwa 80% des Salpeters für Rübenkulturen dienen. Die Folge hiervon ist, daß im Juni/Juli die Salpeterlager in gewöhnlichen Zeiten geräumt sind. So war es auch im Jahre 1914. Bei Ausbruch des Krieges betrug die feststellbare Salpetermenge rund 60 000 t, d. h. rund 9000 t Stickstoff, also nur etwa  $\frac{1}{3}$  des normalen Bedarfes der deutschen Industrie an Stickstoff, für den steigenden Bedarf der Munitionsindustrie, für die Landwirtschaft war nichts vorhanden.

Die Erhöhung der Erzeugung der Kokereien und Gasanstalten war unmöglich. Denn in diesen Industrien wird Ammoniak als Nebenprodukt

gewonnen, die Vergrößerung der Gewinnung an Ammoniak war daher abhängig von der Vermehrung der Produktion an Koks und Gas; hierfür lag aber kein Bedarf vor.

Zwar verfügte Deutschland über zwei ausgezeichnete Verfahren zur Bindung atmosphärischen Stickstoffs: das ältere Frank-Carasse Kalkstickstoffverfahren und das jüngere Haber-Baschische. Aber die Vergrößerung der geringen Produktion beider Verfahren von insgesamt 16 000 t Stickstoff im Jahre war nicht vorbereitet. Die Bayerischen Stickstoffwerke haben erst die Pläne für die Erweiterung ihrer Wasserkraftsanlagen (für etwa 15 000 t Stickstoff im Jahre) aufgestellt, der langwierige Bau der Wasserkraftsanlagen war noch nicht begonnen, die Badische Anilin- und Sodafabrik bereitete die Erweiterung ihres Werkes für eine Erzeugung von 30 000 t Stickstoff im Jahre vor und vollendete die Einrichtungen für die Lieferungen der Apparate für dieses Werk, welche im Hinblick auf das spezielle Material und die besondere Bauart in eigenen Anlagen hergestellt werden sollten.

Aber wenn auch alle diese projektierten Werke fertig gewesen wären, so würde dies an der wahren Lage nichts geändert haben, denn auch die verhältnismäßig geringe Mehrerzeugung dieser Anlagen würde neben den bestehenden Fabriken noch nicht den gewöhnlichen Verbrauch Deutschlands decken können. Den Mangel der für die Munitionserzeugung nötigen Salpetersäure kannten alle diese Werke, welche nur Ammoniak (bzw. Kalkstickstoff) herstellten, nicht beheben.

Die Lage Deutschlands war verzweifelt, namentlich als England als kriegsführender Teil sich unseren Gegnern anschloß und scharfe Blockademaßnahmen ergriff, wodurch jede Hoffnung auf weitere Salpeterzufuhren aufgegeben werden mußte.

Zwei Aufgaben mußten unverzüglich gelöst werden: Die eine bestand darin, Methoden zu finden und Fabriken zu errichten, um das verfügbare Ammoniak in Salpetersäure umzuwandeln oder Salpetersäure direkt aus der Luft herzustellen. Die andere: weitere gewaltige Stickstoffmengen zu erzeugen, um den Ausfall an Salpetersäure zu decken und den sprunghaft sich vergrößernden Anforderungen der Munitionserzeugung zu genügen. Dabei galt es nicht nur, die Salpetersäure- und Salpetermengen für die deutsche Armee, sondern auch für die Armeen der Verbündeten zu liefern, welche überhaupt keinerlei Vorräte an Salpeter oder ähnlichen Rohstoffen hatten, und deren eigene Stickstoffherzeugung kaum 20 000 t jährlich aus den Katakomben Österreich-Ungarns und eines kleinen Kalkstickstoffwerkes in Sebenica betrug.

Die Lösung beider Aufgaben ist gelungen. Es wurde restlos ermöglicht, die außerordentlich großen Mengen Stickstoff zu erzeugen, die

die Kriegsführung der Mittelmächte und ihrer Verbündeten erforderte, es ist auch gelungen, diese Stickstoffmengen in Form von Salpetersäure zu liefern, es war möglich geworden, den notwendigen Bedarf der deutschen Landwirtschaft mit rund 50 bis 60 v. H. der normalen Verbrauchsmenge zu decken. Es lag nicht an der deutschen Technik, daß die der Landwirtschaft fehlenden normalen Stickstoffmengen nicht geliefert wurden. Dies wäre möglich gewesen; ja es wäre auch nach dem Stande der getroffenen Einrichtungen möglich gewesen, der Landwirtschaft noch darüber hinausgehende Mengen zur Verfügung zu stellen und ihre Erträge über die gewöhnlichen hinaus zu erhöhen, wenn nicht Umstände vorgelegen hätten, die die volle Entfaltung gehindert und schließlich den unglücklichen Zusammenbruch mit veranlaßt haben.

Die dringendste Aufgabe nach Ausbruch des Krieges bestand in der Errichtung von Werken zur Überführung des verfügbaren Ammoniak in Salpetersäure. Die Unterlagen für die Industrie waren nur sehr gering. Auf einer älteren Beobachtung von Kuhlmann fußend hat der berühmte Leipziger Gelehrte Geheimrat Professor Dr. Wilhelm Ostwald schon Ende des 19. Jahrhunderts ein Verfahren zur Umwandlung von Ammoniak in Stickoxyde angegeben. Durch die norwegische Lichtbogen-Stickstoffindustrie war die Technik für die Überführung dieser Stickoxyde in Salpetersäure bzw. Salpeter bekannt.

Vor dem Kriege war nur eine sehr kleine Anlage zur Umwandlung von Ammoniak in Salpetersäure, die kaum als industrielle Anlage gelten konnte, in Deutschland auf der Zeche Lothringen in Westfalen nach diesem Verfahren in zeitweiligem Betriebe.

Das Verfahren besteht darin, daß Ammoniakgas mit Luft gemengt über erwärmtes metallisches Platin geleitet wird, wobei unter Bildung von Wasser aus dem Wasserstoff des Ammoniak Stickoxyde aus seinem Stickstoff entstehen.

Außer dem Ostwaldschen Verfahren waren noch Verfahren der Höchster Farbwerke bekannt, welche einen besonderen Platinkontakt verwendeten, der Badischen Anilin- und Sodafabrik, die anstatt Platin einen platinfreien Katalysator verwendete, und endlich ein Verfahren von Caro und Dr. Alb. Frank jr., bei dem neben Anwendung von Platinnehen eine besondere Kühlung des Gasgemisches angeordnet war, die zu wesentlicher Vereinfachung des Betriebes führte. All diese Verfahren waren nur im kleinsten Maßstabe, kein einziges war industriell ausgeführt.

Kaum daß die Notwendigkeit festgestellt wurde, Ammoniak in Salpetersäure umzuwandeln, als auch schon die notwendigen Maßnahmen mit aller Energie aufgenommen wurden.

In kürzester Zeit haben zunächst die Zeche Lothringen unter Leitung

des sich um die praktische Ausführung des Ostwaldschen Verfahrens ganz besonders verdient gemachten Dr. Hilgenstodt, sodann die Badische Anilin- und Sodafabrik, die Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation, die Höchster Farbwerke und die inzwischen errichteten Reichsstickstoffwerke (letzte nach dem Verfahren von Caro-Frank jr.) riesige Anlagen zur Erzeugung von Salpetersäure aus Ammoniakgas errichtet. Die außerordentlichen Schwierigkeiten des Materials, der Reinigung des aus Rotereien oder aus Kalkstickstoff gewonnenen Ammoniaks (das Habersche Ammoniak bedurfte keiner besonderen Reinigung), der Bewältigung ungemein großer Gasmengen in säurefesten Kammern und Türmen, für die das in Norwegen übliche Baumaterial, der Granit, nicht oder nur in unzureichender Beschaffenheit zur Verfügung stand, alles das war in kürzester Zeit überwunden.

In Österreich errichtete das dortige Kriegsministerium eine vorbildliche Anlage nach dem Caro-Frank'schen Verfahren, wobei der Leiter und Erbauer der Anlage, Professor Dr. E. Berl, wichtige Neuerungen und wesentliche Vereinfachungen bei der Kondensation einführte, die auch bei den Reichsstickstoffwerken Verwendung gefunden haben.

Die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft errichtete in Mitteldeutschland eine Anlage nach dem Lichtbogenverfahren, die zwar den hierbei üblichen großen Kraftverbrauch hatte, aber für den zu erzielenden Zweck verwendbar war, weil sie direkt konzentrierte Salpetersäure (durch Ausfrieren der Stickoxyde aus dem Gasgemische) lieferte, während nach allen anderen Verfahren nur eine Säure erhalten wurde, die auf dem Umwege über Salpeter oder unmittelbar in konzentrierte Salpetersäure umgewandelt wurde.

Eine weitere von einer preußischen Staatsverwaltung nach dem Lichtbogenverfahren errichtete Anlage mußte nach kurzer Zeit wegen des hohen Kraftbedarfes stillgelegt werden.

Hand in Hand mit der Erzeugung von Salpetersäure ging in diesen Anlagen die Herstellung von salpetersaurem Ammoniak, welches im größten Umfange für die Erzeugung von Sprengstoffen aller Art verwendet wurde. —

Der Bau und Produktionsfortschritt aller dieser Anlagen war derart, daß stets während des ganzen Krieges der Heeresbedarf gedeckt werden konnte, trotzdem dieser einen Umfang angenommen hatte, den wohl kein Mensch auch nur vorausgesehen hat, und die Anforderungen der Obersten Heeresleitung den Stickstoffkommissar, Dr. J. Bueb, oft vor scheinbar unlösbare Aufgaben stellte.

Die Ammoniakverbrennungsanlagen haben eine besondere Bedeutung bei der Erzeugung der für die gesamte chemische, insbesondere auch für die

Dünger- und Sprengstoffindustrie so überaus wichtige Schwefelsäure erfahren. —

Die Fabrikation von Schwefelsäure erfordert einen Verbrauch von 1 bis  $1\frac{1}{2}$  % Salpetersäure. Salpetersäure war aber in der ersten Kriegszeit nicht zu haben, weil die gesamte Salpetersäureerzeugung von der Heeresverwaltung in Anspruch genommen war. Den nicht für die Munitionserzeugung arbeitenden Schwefelsäurefabriken drohte der Stillstand.

Anstatt der fehlenden Salpetersäure wurden den Schwefelsäurefabriken einfache Apparate zur Verfügung gestellt, mittels deren nach dem System Frank-Caro Ammoniak, das verfügbar war, in stickstoffhaltige Gase umgewandelt wurde. Diese Gase wurden zum Teil zu Salpetersäure kondensiert, zum anderen Teil, oder aber ohne vorherige Kondensation, in die Schwefelsäurekammern geleitet, wo sie die Salpetersäure vollkommen ersetzen.

Diese Art der Schwefelsäureerzeugung hat sich schnell verbreitet, so daß über 80 Schwefelsäureanlagen mit diesen von der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Aktiengesellschaft gelieferten Apparaten ausgerüstet wurden, die auch nach Aufhören der Salpetersäureknappheit wegen der Bequemlichkeit der Handhabung und der Betriebsregulierung diese Methode beibehalten haben. Die Schwefelsäureerzeugung wurde auf diese Weise von der Salpetersäure vollkommen unabhängig.

Die Erfüllung aller dieser Aufgaben war naturgemäß nur dadurch möglich geworden, daß mit dem Wachsen der Anlagen zur Lieferung des Heeresbedarfes, der Salpetersäure bzw. des Salpeters, eine fast märchenhaft anmutende Ausdehnung der Werke zur Erzeugung von gebundenem Stickstoff aus der Luft Hand in Hand ging.

Die Kalkstickstoffindustrie hat zu den bestehenden Werken innerhalb von 10 Monaten (bis Ende 1915) Anlagen zur Erzeugung von rund 380 000 t Kalkstickstoff entsprechend 76 000 t Stickstoff jährlich geschaffen, während des Krieges insgesamt zur Erzeugung von rund 550 000 t Kalkstickstoff entsprechend 110 000 t Stickstoff. Alle diese Werke, mit geringen Ausnahmen, waren gleichzeitig mit Anlagen zur Umwandlung von Kalkstickstoff (nach dem Verfahren von Frank-Caro) in Ammoniak und zumeist zur Überführung von Ammoniak in Salpetersäure (nach dem Verfahren von Caro-Frank jr.) ausgerüstet worden. Doch wurden die hier erzeugten Salpetersäure- bzw. Salpetermengen nur zum Teil bei besonderen Anlässen für die Heeresverwaltung verwendet, während sowohl der Kalkstickstoff, als auch die daraus erzeugten Ammoniakprodukte (schwefelsaures Ammoniak, salpetersaures Ammoniak usw.) aus allen von den Bayerischen Stickstoffwerken errichteten Anlagen (Reichsstickstoffwerken) ihre Erzeugung der Landwirtschaft zugänglich machen konnten.

Die Deckung des Bedarfes des Heeres an Ammonial erfolgte zum geringen Teil durch Kokerei-Ammonial, wesentlich aber durch die Badische Anilin- und Sodafabrik, die während des Krieges ihre Werke auf eine Erzeugungsfähigkeit bis 200 000 t Stickstoff pro Jahr vergrößerte, während weitere 100 000 t noch im Ausbau sind.

In Österreich und Ungarn sind auch große Anlagen errichtet worden, und zwar ausschließlich Kalkstickstoffwerke mit einer Gesamterzeugung von rund 200 000 t Kalkstickstoff entsprechend 40 000 t Stickstoff jährlich, und den dazugehörigen Ammoniakwerken (alles nach dem Verfahren Frank-Caro), wobei die mannigfachen Kraftquellen ausgebaut wurden: Wasserkräfte, durch Braunkohlen gespeiste Dampfturbinen, Naturgas in Siebenbürgen.

Welche gewaltige Arbeit hier in kurzer Zeit unter erschwerten Umständen geleistet wurde, wird ersichtlich, wenn erwähnt wird, daß die während des Krieges erschaffene Stickstoffherzeugung  $2\frac{1}{2}$  fach größer ist, als der Bedarf Deutschlands vor dem Kriege einschließlich der Salpeterzufuhr war und die Erzeugung Deutschlands vor dem Kriege um das fünffache übersteigt. Die Werke mußten nicht nur neu erbaut, sondern mit allem Zubehör, wie Wohnkolonien, Bahnan schlüssen, zumeist mit eigener Landwirtschaft usw. versehen werden, was an sich Anlagen darstellt, deren Errichtung auch in normalen Zeiten Aufsehen erregen würde.

Nur des Beispiels halber und weil das in Frage kommende Werk dem Verfasser als seinem Leiter besonders bekannt ist, sollen hier einige wenige Angaben über das Reichswerk in Pöstferitz folgen, welche einen Rückschluß auf die gigantische Größe des auf diesem Gebiet Geleisteten erlauben.

Das Reichswerk ist in der Zeit vom 1. April 1915 bis November 1915 fertiggestellt worden und erzeugt 175 000 t Kalkstickstoff jährlich. Die Anlagen zur Überführung von Kalkstickstoff in Ammonial, Ammonsalpeter, Kunstsalpeter usw. sind in den Jahren 1915/16 errichtet worden und gestatten die Umwandlung von 150 000 t jährlich in diese Erzeugnisse.

Die ganzen Werke sind erbaut nach dem System Frank-Caro und nach den unter Benützung der Angaben des Verfassers von Baurat Karl Janisch ausgearbeiteten Plänen, wobei bei Errichtung der Ammonial- und Salpeterjäureanlagen Dr. Frank jr. wesentlich mitgewirkt hat.

Die für das Werk benötigte Kraft wird in einer von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft gleichfalls in der angegebenen kurzen Zeit errichteten Kraftzentrale der Elektrowerke A.-G. erzeugt, und zwar durch Verbrennung von Rohbraunkohle, welche in eigenen Braunkohlengruben gewonnen und direkt der Kesselanlage zugeführt wird. Für Zwecke des Reichsstickstoffwerkes werden 75 000 KW erzeugt, von denen 60 000 KW ständig, der Rest nicht ständig geliefert wird, insgesamt jährlich 550 bis

600 Millionen KW/Stb. Der Strom wird in einer vierfachen rund 21,2 km langen Leitung (teils aus Kupfer, teils aus Aluminium), welche die Elbe auf zwei Masten von 65 m Höhe überquert, den Reichswerken zugeführt, und zwar mit einer Spannung von 80 000 Volt, welche im Werke über eine Stufe von 6000 Volt auf die Betriebsspannung transformiert werden. Die verwendete Elektrizitätsmenge ist größer als diejenige der Stadt Berlin.

Zur Transformierung dienen im Werke Transformatoren von 30 000 KVA, welche, wie auch die gesamte elektrische Ausföhrung des Reichswerkes, von den Siemens-Schuckertwerken geliefert wurden und die im Baujahre (1915) die größten Deutschlands gewesen sind.

Der Verbrauch an Strom ist, wie oben erwähnt, 550 bis 600 Millionen KW/Stb. pro Jahr, der Verbrauch an Kühlwasser, welches durch eine eigene Pumpenanlage der Elbe entnommen und ihr wieder zugeführt wird, ist 4000 cbm pro Stunde, entspricht also dem Bedarfe einer Stadt von  $1\frac{1}{2}$  Millionen Einwohnern.

Von den Einrichtungen seien erwähnt die Anlagen zur Gewinnung atmosphärischen Stickstoffs aus der Luft. Zwei Verfahren finden Anwendung: das eine, von Frank-Caro, besteht darin, daß in Generatoren Generatorgas aus Koks erzeugt wird, welches, unter geschlossenen Kesseln verbrannt, ein Gemisch von Kohlen säure und Stickstoff neben wechselnden Mengen von Kohlenoxyd, Sauerstoff usw. ergibt. Dieses Gemisch wird, nach entsprechender Reinigung, durch ein Gemisch von Kupfer und Kupferoxyd geleitet, welches durch die Eigenwärme des durchstreichenden Gases erwärmt wird. Dabei bildet das Kohlenoxyd des Gases mit Kupferoxyd Kohlen säure und Kupfer, der Sauerstoff dagegen verbindet sich mit Kupfer zu Kupferoxyd, so daß das entströmende Gasgemisch sauerstofffrei ist und ausschließlich aus Kohlen säure und Stickstoff besteht, während das Gemisch von Kupfer und Kupferoxyd unverändert bleibt (Vorsig-Anlage). Das Kohlen säure-Stickstoffgemisch wird unter Druck mit Wasser gewaschen, wobei die Kohlen säure sich löst, während reiner Stickstoff entströmt. Die im Wasser gelöste Kohlen säure wird bei Entlüftung des Druckwassers gewonnen und in besonderen Betrieben verwendet.

Das andere Verfahren besteht in der Verflüssigung der Luft und Trennung ihrer Bestandteile Sauerstoff und Stickstoff nach dem Verfahren des Geheimen Rates Professor Dr. v. Linde. Hierbei wird neben Stickstoff höchster Reinheit noch Sauerstoff bzw. stark sauerstoffhaltiges Gas gewonnen. Die bei dieser Methode erhaltene überschüssige flüssige Luft sowie das verflüssigte stark sauerstoffhaltige Gas dienen als Sprengmittel, dessen Anwendung während der Kriegszeit für Bergwerke eine große Ausdehnung gefunden hat.

Schon im Jahre 1897 hat Linde gefunden, daß ein Brei aus flüssiger Luft und Holzkohle ein ausgezeichnetes Sprengmittel liefert. Die Technik des Verfahrens wurde nach und nach verbessert, so daß namentlich im Kriege bei dem Mangel an industriellen Sprengstoffen durch den Verbrauch der Heeresverwaltung eine große Anzahl von Bergwerken sich dieses ausgezeichneten Sprengmittels bediente und damit ihre Betriebe ausreicht erhalten konnte. Die Vorteile sind so große, daß eine Anzahl von Bergwerken auch weiterhin diese Sprengart behalten hat.

Die Versorgung der Bergwerke erfolgte hauptsächlich aus eigenen Luftverflüssigungsanlagen, von denen im Jahre 1918 (nach Angaben der führenden Firma auf diesem Gebiete, der Sprengluftgesellschaft, Charlottenburg)

für Kohlenbergwerke	75	mit einer Stundenleistung von	2436 kg
• Erzbergwerke	53	• • • •	• 1640 kg
• Kalibergwerke	32	• • • •	• 977 kg

vorhanden waren.

Erhebliche Mengen flüssiger Luft und verflüssigter stark sauerstoffhaltiger Mischung sind von den Linde-Anlagen der Kalkstickstoffwerke, den Bergwerken, auch den Kalksteinbrüchen und sonstigen Steinbrüchen zur Verfügung gestellt worden.

Die Eisenbahnanschluß- und Aufstellungsanlage des Reichswerkes umfaßt 15 km Gleise, welche in jeden Werksteil hineinreichen; eine 3 km lange Automobilstraße umringt das Werk.

Im Werk ist außer einer großen Barackenstadt eine Wohnkolonie von 350 Wohnhäusern angegliedert. Diese sind in einer nach den Plänen des Geheimrats Gerlach und des Geheimen Baurats Professor Dr. Müffligbrodt von der Berlinischen Boden-Gesellschaft unter Leitung von Kommerzienrat Haberland ausgeführten Gartenstadt vereinigt, welche eine vorbildliche Wohnkolonie darstellt. Für den Bedarf der übrigen Arbeiter ist eine gemeinnützige Siedlung geplant.

Dieses gewaltige Werk wird noch überragt durch die grandiosen Anlagen der Badischen Anilin- und Sodafabrik in Leura bei Merseburg (Verfahren Haber-Bosch), welche mit ihren eigenen Braunkohlengruben, den besten und größten des mitteldeutschen Gebiets, den riesenhaften Gebäuden und Maschinen, den einer Großstadt würdigen Bahnanlagen und Wohnkolonien ein unvergängliches Denkmal deutscher Technik darstellen.

Anders gestaltet, doch auch einzig in ihrer Art, sind wiederum die Kalkstickstoffwerke der Bayerischen Stickstoffwerke in Oberbayern, denen die eigenen Wasserkraftwerke, die größten Deutschlands, mit ihrem 16 km langen, mit Beton ausgekleideten Werkkanal, dem riesenhaften, architel-

tonisch hervorragenden Krafthaus, der auf den Kanalböschungen errichteten Industriebahn ein eigenes Gepräge verleihen.

Auch diese letzteren, nach dem System Frank-Caro arbeitenden Werke sind nach den Angaben des Verfassers und des Baurats Janisch errichtet worden, wobei sich besondere Verdienste der leider zu früh verstorbene Baumeister und Ingenieur Telorac und Professor Danischer (von der Technischen Hochschule, München), erworben haben.

Es ist klar, daß die ungeheure Arbeit der deutschen Stickstoffindustrie nicht hätte geleistet werden können, wenn nicht die Reichsregierung zielbewußt alle Bestrebungen auf diesem Gebiete unterstützt hätte. So wie Staatsminister Professor Dr. Helfferich in seinem, in der Kühle der Darstellung erschütternden Werke über den Weltkrieg (II. Band Seite 115 bis 127) die Stickstofffrage darstellt, gibt er nur eine unvollständige Schilderung gerade seiner Verdienste um das Vaterland auf diesem so unendlich wichtigen Gebiete. Es kann wohl gesagt werden: ohne das tatkräftige Eingreifen Helfferichs, die Arbeit des jetzigen Unterstaatssekretärs Dr. Kamm, die Mitarbeit des Ministerialdirektors Pilger und die vorbildliche Art, wie mit Helfferich Direktor Arthur v. Gwinner die Zusammenarbeit der privaten Industrie mit dem Reiche gelöst hat, würde die Stickstoffindustrie niemals die Ausdehnung erlangt haben, die sie erlangt hat, und niemals dem Vaterlande die geleisteten Dienste leisten können.

Die außerordentlich große, die Kriegszeit weit überdauernde Bedeutung der in der Not des Krieges geschaffenen Stickstoffindustrie besteht darin, daß sie bleibende Werte geschaffen hat, welche bei rechtem Arbeitswillen, geeignet sind, zur Heilung der Wunden beizutragen, die der unglückliche Krieg Deutschland geschlagen hat. Die Stickstoffindustrie hat Deutschland für alle Zeiten unabhängig vom Auslande in bezug auf den wichtigsten Rohstoff der Landwirtschaft gemacht und ist in der Lage, Stickstoffmengen zur Verfügung zu stellen, welche die Ernten Deutschlands in einem Maße vernehren, daß auch die auswärtige Einfuhr von Nahrungs- und Futtermitteln überflüssig wird. Um dieses Ziel zu erreichen gehört nur eins: Ein Teil der Arbeit, die das deutsche Volk in so bewundernswürdigem Maße im Kriege geleistet hat.

## V. Die Umstellung der Friedens- in Kriegsindustrie.

Von Dipl.-Ing. R. F. Steinmeh.

Die deutsche Industrie hatte in den letzten Jahrzehnten vor dem Kriege einen gewaltigen Aufschwung genommen. Sie hatte auf dem Weltmarkte begonnen, mehr und mehr wettbewerbende fremde Länder aus dem Felde zu schlagen. Deutscher Fleiß, deutscher Erfindungsgeist und Unternehmerlust schufen, unterstützt durch eine weise Gesetzgebung, in dem an und für sich rohstoffarmen Lande einen beispiellosen industriellen Aufstieg. Die deutsche Technik, in ihrer wissenschaftlichen Behandlung, in der gründlichen Ausbildung ihrer Träger vorbildlich, brachte Werke hervor, die das Staunen und die Bewunderung der Welt erregten. Ein sinnfälliges Beispiel bieten die beiden Riesenschiffe „Waterland“ und „Imperator“, die deutsches Wollen und Können in fremden Erdteilen zeigten. Teile unserer Industrie waren in der Welt führend geworden, ja zu einer Art Monopstellung gelangt; so stand die elektrische Industrie an erster Stelle und die chemische Industrie beherrschte den Weltmarkt. Aber auch die Hüttenindustrie, aufgebaut auf dem einzigen Rohstoff, den Deutschland reichlich besaß, der Kohle, hatte einen großen Anteil an dem allgemeinen Aufstieg und am Weltmarkte. Untrennbar von der Eisenerzeugung und Eisenverarbeitung ist die Waffenherstellung; aus der Notwendigkeit der Waffenherzeugung entstand die Eisenindustrie. So hatte sich auch — in Abereinstimmung mit dem allgemeinen wirtschaftlichen Aufschwung — die deutsche Waffenindustrie vor dem Kriege kräftig entwickelt; ihre Erzeugnisse hatten Weltruhm erlangt und waren vielfach vorbildlich für ausländische Werke geworden.

Fördernd auf die Wehr und Waffen erzeugende Industrie mußte auch die weltpolitische Lage Deutschlands wirken. Die Notwendigkeit, ein starkes Landheer zu unterhalten, ein „Volk in Waffen“ zu sein, mußte zu der Forderung führen, daß durch die heimische Industrie selbst der Wehrmacht der nötige Bedarf an Kriegsgerät aller Art sichergestellt wird. Durch das Beschreiten des Weltmarktes wurde die Kriegsflotte geboren. Auch hier hatte bald unsere heimische Industrie ein weites Betätigungsfeld, das nicht bloß der Waffenindustrie neuen kräftigen Impuls verleihen sollte. Schiffbau und Waffenindustrie waren bald auf der Höhe angelangt, daß beide auch den Bedarf der aufstrebenden Flotte selbst decken konnten.

Und doch — überieht man die ganze Industrie vor dem Kriege, so war es ein verhältnismäßig geringer Teil nur, der sich besonders der Waffenerzeugung widmete. Es liegt in der Natur der Sache selbst, daß in Friedenszeiten die stetig erforderliche Ergänzung an Kriegsgerät nur sehr

gering ist; grundlegende Änderungen der Bewaffnung werden nur selten vorgenommen, und wenn es der Fall ist, so bietet sich doch nur während eines nicht sehr langen Zeitraumes volle Beschäftigung für die erzeugenden Werke. Und ist eine solche Neubewaffnung durchgeführt, so bleibt sie meist auf lange Jahre hinaus unverändert. So konnten nur wenige Werke der Privatindustrie sich neben den staatlichen Werken (Arsenalen) mit der Herstellung eigentlichen Kriegsgerätes befassen, und diese wenigen Fabriken konnten nur dadurch bestehen, daß sie mit Kriegsgerät auch den Weltmarkt beschritten und außerdem sich in weitgehendem Maße der Erzeugung von „Friedensmaterial“ widmeten. Günstiger wie für das Landheer lag die Erzeugung für die Kriegsmarine, die sich noch im Aufbau befand, bei der auf Jahre hinaus die nötige Ergänzung und die Neubauten systematisch festgelegt waren.

Abgesehen von jenen Fabriken, die Handwaffen und deren Munition, Pulver und Sprengstoffe und all die verschiedenen Gegenstände herstellten, deren ein Heer bedarf, waren für die Erzeugung des wichtigen Artilleriegerätes — Geschütze und deren Geschosse — in der Hauptsache zwei Werke der Privatindustrie tätig, die durch ihren Geschützbau im Weltruf stehende Fried. Krupp A.-G. in Essen und neben ihr die jüngere Rheinische Metallwaren- und Maschinenfabrik (Ehrhardt) in Düsseldorf.

Die Fried. Krupp A.-G. hatte sich bis zum Kriegsausbruch zu einem Riesenwerke entwickelt, das aber nicht ausschließlich Kriegsgerät herstellte. Ja, der Anteil, den an der Gesamterzeugung der Werke das reine Kriegsmaterial hatte, war nicht ausschlaggebend. Der weitaus größte Teil der einzelnen Betriebe widmete sich der Herstellung von „Friedensmaterial“ — Eisen- und Stahlerzeugung, Eisenbahnmaterial aller Art, Schiffbaumaterial usw. —; denn die Erzeugung von Artilleriegerät für die heimische Wehrmacht wie für das Ausland hätte nicht eine gleichmäßige Beschäftigung der vor dem Kriege mit 35 000 Köpfen anzunehmenden Belegschaft des Essener Werkes sichern können. Ähnlich lagen die Dinge auch bei der kleineren Düsseldorfer Firma, die zudem noch Handfeuerwaffen erzeugte.

So standen im Falle eines Krieges der deutschen Wehrmacht zu Lande und zu Wasser in der Hauptsache zwei Firmen zur Verfügung, die neben den staatlichen Werkstätten berufen waren, den Bedarf an nötigem Artilleriegerät zu erzeugen. Für Handwaffen aller Art, für Pulver und Sprengstoffe lagen die Verhältnisse anders; neben staatlichen Werkstätten hatte Deutschland eine blühende und hochentwickelte Industrie dieser Art. Aber auch für die Handfeuerwaffenerzeugung war die Fried. Krupp A.-G. nicht zu entbehren: sie lieferte einen erheblichen Teil des in diesen Industrien erforderlichen Rohmaterials (Stahl).

Im allgemeinen glaubte man auch, daß diese Sonderindustrie im Falle eines Krieges wohl in der Lage sein würde, den Bedarf der Wehrmacht an Kriegsgerät zu decken, da man niemals mit einem sehr lange dauernden Kriege rechnete. Wohl war man sich bewußt, daß durch die in dem letzten Jahrzehnt vor dem Kriege erzielte Vervollkommnung der Waffen, namentlich durch die Einführung der Magazingewehre und der Maschinengewehre, und schließlich durch die allgemeine Einführung der schnellfeuernden Rohrrücklaufgeschütze bei allen Heeren der Großmächte, der Verbrauch an Munition gegenüber früheren Kriegen stark gesteigert sein würde. In dieser Hinsicht hatten die letzten Kriege vor dem Weltkrieg — der Russisch-Japanische Krieg und die Balkankriege — gewisse Lehren gegeben. Aber diesen Kriegen fehlte das Riesenmaß an Streitkräften, die im Weltkrieg auf den Plan treten sollten, fehlte vor allem die nicht geahnte Dauer des Krieges durch Jahre hindurch. Sicher lebte im Volksbewußtsein die Gewißheit, daß ein zukünftiger Krieg, in den Deutschland verwickelt werden würde, gegen mehr als eine Front geführt werden mußte; aber daß gegen Deutschland eine Welt zu Felde ziehen würde, die einen eisernen Ring um Deutschland und seine Verbündeten schließen werde, so daß diese Länder ganz auf sich allein gestellt und von den Quellen so mancher kriegsnotwendigen Rohstoffe abgeschnitten werden sollten, das ahnte man nicht.

Der Weltkrieg in seinen Riesenmassen an Streitern, seinem Riesenausmaß hinsichtlich der Kriegsschauplätze, auf denen gerungen wurde, hat kein Vorbild in der Geschichte; niemals hat ein Krieg das ganze Volk so in seinen Bann gezogen, niemals war die „Heimat“ so restlos in den Dienst des Krieges gestellt. Landwirtschaft wie Industrie und Gewerbe, all deren Tätigkeit ging nur noch unter dem Gesichtswinkel vor sich, ob sie zur Unterhaltung und Verstärkung der Wehrhaftigkeit beitragen. Jede andere Arbeit, die nicht diese Fundamentalforderung erfüllte, war auszuschalten. So verdichtete sich mit währendem Kriege die Arbeit des von der übrigen Welt abgeschlossenen deutschen Volkes mehr und mehr zur unmittlerbaren oder mittelbaren Kriegsarbeit, so mußte alles Sinnen und Trachten nur auf ein Ziel gelenkt werden: den die Landesgrenzen schirmenden Heeren Wehr und Waffen zu schaffen, die Wehrhaftigkeit des Volkes nicht nur zu erhalten, vielmehr stets noch zu mehren. Nicht Armeen kämpften diesen Krieg, die Völker selbst, Männer, Frauen und Kinder rangen um den Sieg.

Für ein solches ungeheure Geschehen fehlte jede Voraussicht. Daß in einem kommenden Kriege die Industrie eine erhebliche Rolle spielen werde, dessen war man sich wohl bewußt. Daß sie aber in gewisser Hinsicht einen direkt ausschlaggebenden Faktor bilden würde, das begann man erst zu ahnen, als die ersten „Materialschlachten“ an der westlichen Front ge-

schlagen werden mußten. So trat Deutschland schlecht gerüstet in den Weltkrieg ein; denn hinter den im August 1914 in Feindesland einrückenden Armeen stand keine auf den Krieg eingestellte Heimat, stand insbesondere keine Industrie, die auf die Bedürfnisse der siegreich vordringenden Heere eingerichtet war, oder sich stetig den mit dem weiteren Vormarsch anwachsenden Bedürfnissen anpaßte. Die Mobilisierung der deutschen Streitkräfte vollzog sich auf Grund bewundernswert ausgearbeiteter, wie die Räder eines Uhrwerks ineinandergreifender Maßnahmen — eine Mobilmachung der Heimat aber fehlte auch in bescheidenstem Umfange.

Zunächst war das vormarschierende Heer hinsichtlich des Nachschubes an notwendigem Kriegsmaterial naturgemäß auf die Vorräte und auf jene Erzeugung angewiesen, die in den bereits bestehenden staatlichen Arsenalen und den wenigen ausgesprochenen Kriegsmaterialwerken der Privatindustrie im Gange war. Von einer „industriellen Mobilmachung“ war keine Rede; wohl hatten Privatwerke sogenannte „Mobilmachungsaufträge“, aber der in diese Art Vorfrage einbezogene Kreis war verhältnismäßig unbedeutend. Die Höhe dieser Aufträge war in keinem Falle dem Erfordernis an Nachschub gewachsen, das sich schon in der ersten Zeit des Krieges einstellte. So überstieg beispielsweise die Mobilmachungsleistung an Munition einer schon im Frieden Kriegsgerät und darunter auch Munition herstellenden Fabrik nicht jenen Betrag, den die Werkstätten ohne weiteres auch schon im Frieden herstellen konnten, ohne daß andere Betriebe dazu herangezogen werden mußten. Im allgemeinen erstreckten sich auch die Anforderungen, die im Falle einer Mobilmachung an die Privatindustrie im Voraus gestellt wurden, eben auf die normale Erzeugungshöhe ohne wesentliche Änderung des Betriebes — also ohne besondere „Umstellung“. Und nur für diese Leistungshöhe, die niemals das ganze Werk ausnutzte, waren Arbeitskräfte von der Einziehung zum aktiven Kriegsdienst bei der Fahne befreit („reklamiert“). So gut durchdacht die militärische Mobilmachung war, so wenig vorausschauend war die technische Mobilisierung organisiert. In der Hauptsache lag es daran, daß keinerlei Erfahrungen über einen großen Krieg mit modern bewaffneten Heeren vorlagen, dann aber spielte der Mangel eine erhebliche Rolle, daß Techniker und Industrielle bei den maßgebenden militärischen Stellen fehlten oder doch keinen bestimmenden Einfluß ausüben konnten. Letzteres sollte sich im weiteren Verlaufe des Krieges noch des öfteren zum Schaden unserer Wehrhaftigkeit fühlbar machen.

Deutschland ging industriell schlecht gerüstet in den Krieg, der über sein Dasein entscheiden sollte. Seine leistungsfähige, hochentwickelte Großindustrie wurde durch die Mobilmachung zunächst teilweise fast lahmgelegt. Eine fast allgemeine Stodung trat in der Industrie ein, die nicht wußte,

wie sie sich verhalten sollte. Von der Wertbank, von Schraubstock, Amboss und Maschine hinweg folgten zahlreiche Facharbeiter dem Rufe zur Fahne; zahlreiche weitere Arbeitskräfte suchten als Freiwillige bei den Truppenteilen anzukommen. Ein Ersatz dieser Kräfte war zunächst gar nicht möglich, wenn ein solcher überhaupt in dieser Zeit ins Auge gefaßt wurde. Die mechanische Industrie stand vor der Frage, ob die vielfach für das noch neutrale Ausland in Arbeit befindlichen Lieferungen, sowie die meist nicht fixierten Inlandsaufträge fertiggestellt werden sollten, so gut das mit den noch vorhandenen Arbeitskräften ermöglicht werden könnte, oder aber, ob nicht im Hinblick auf den anscheinend eintretenden Arbeitsmangel und wegen des voraussichtlichen Ausbleibens neuer Bestellungen der Betrieb ganz stillgelegt werden sollte. Man muß dabei immer berücksichtigen, daß damals fast allgemein nur an eine kurze, ja stellenweise recht kurze Kriegsdauer geglaubt wurde. Bei der größten Mehrzahl der in Frage kommenden Betriebe der Friedensindustrie entschloß man sich, den Betrieb vorerst, wenn auch eingeschränkt, aufrechtzuerhalten. Erst mehrere Wochen nach Kriegsausbruch wurde der „Kriegsauschuß der deutschen Industrie“ ins Leben gerufen, der sich die Aufgabe stellte, einheitliche Richtlinien zu schaffen, nach denen die Industrie arbeiten sollte. Von der Seite der Regierung vermehrte man jegliches Vorgehen; aus den Kreisen der Industrie selbst heraus mußte die Initiative ergriffen werden, versuchte man, sich auf den Krieg einzustellen.

Mittlerweile hatte aber der Verlauf des Krieges an der Westfront einerseits die Hoffnungen auf ein sehr schnelles Ende des Krieges zunichte gemacht, andererseits aber gezeigt, welch ein ungeheurer Bedarf an Kriegsgewehr aller Art zur Führung eines Krieges mit modern bewaffneten Riesenheeren erforderlich ist. Die erste der Kriegslehren erstreckte sich vornehmlich auf Munition; der Verbrauch sowohl an Handfeuerwaffenmunition wie an Artilleriemunition ging weit über jenes Maß hinaus, das die entscheidende militärische Stelle auf Grund der Erfahrungen früherer Kriege geschätzt hatte und welches den Mobilmachungsaufträgen der zu solchen von vornherein herangezogenen Fabriken der Privatindustrie zugrunde gelegt worden war. Der Munitionsmangel wurde um so rascher mehr und mehr fühlbar, da die zu geringe Einschätzung des Verbrauches naturgemäß auch den sofort greifbaren Heeresvorrat beeinflusst hatte; die Quelle des Munitionsersatzes kam bald dem Versiegen nahe, und der Nachschub der bereits damals erzeugenden Fabriken (Arsenale und die Kriegsmaterialfirmen) war nicht derart, daß selbst die unbedingt nötige Reserve auf voller Höhe gehalten werden konnte. Eile war dringend notwendig; so setzte zunächst bei der Industrie, die über mechanische Werkstätten verfügte, also in der Hauptsache der Maschinenindustrie, von den Großwerken

bis zu kleinen Werkstätten, die Herstellung von Artilleriegeschossen ein; zum Teil gingen die bereits Munition herstellenden Betriebe bei der Einrichtung zur Hand, zum Teil lieferten sie vorgearbeitetes Material, das dann in den neuen Betrieben fertiggestellt wurde. Außerdem mußte man, um die Erzeugung größerer Mengen in Gang zu bringen, auf Gußeisengeschosse zurückgreifen, da die mit Geschloßpressen versehenen Kriegsmaterialfabriken nicht instande waren, die nötige Anzahl von Rohlingen zu liefern. So setzte die erste Umstellung einer Reihe von Friedensbetrieben ein; sie war leider gleichzeitig mit einer Verschlechterung der Qualität des Materials verbunden. Immer blieb es außerdem in dieser Zeit noch der eigenen Initiative der betreffenden Werkleitungen überlassen, ob und wieweit sie sich auf die Geschosserzeugung bzw. Fertigstellung einlassen wollten, wie sie auch genötigt waren, selbst für entsprechende Aufträge Sorge zu tragen; eine zentrale Verteilung derselben bestand nicht. Eine großzügige, planmäßige Organisation, die vor allem erforderlich gewesene, restlose und straffe Zusammenfassung aller verfügbaren Kräfte und Einrichtungen und deren Einordnung in den Kriegsdienst, trat nirgends zutage. Es vollzog sich wohl eine Art Umstellung vieler mechanischer Betriebe auf die Herstellung von Geschossmaterial in der angedeuteten Weise, aber von einer Umstellung, einer Mobilisierung der Industrie selbst konnte noch nicht die Rede sein.

Ein großer Teil der deutschen Industrie war in der Lage, ohne jegliche Umstellung sofort die ganze normale Erzeugung dem Kriegszweck dienstbar machen zu können; nämlich jene Werke, deren Erzeugnisse ohne weiteres zu Heeresbedarf wurden. Hier sind in erster Linie die Automobilfabriken zu nennen, sowohl die Personenwagen als die Lastkraftwagen erzeugenden Werke. Diese Fabriken konnten von Anfang an ihren Betrieb in der bisherigen Weise fortsetzen, sie waren lediglich vor die Frage der Beschaffung genügender Arbeitskräfte gestellt. Sie standen so günstiger da, wie selbst die Kriegsmaterialfabriken; denn letztere blieben von der Umstellung ihrer zahlreichen, reines Friedensmaterial herstellenden Werkstätten nicht verschont. Die Hüttenindustrie und der Bergbau brauchten der Natur der Sache nach ebenfalls nicht „umzustellen“; hier kann lediglich von einer Anpassung an die besonderen durch den Krieg hervorgerufenen Arbeitsbedingungen die Rede sein, wobei in erster Linie die Frage nach geeigneten Arbeitskräften oder nach deren Erfah im Vordergrund stand. Bei der Hüttenindustrie vollzog sich in der Folge außerdem eine Art Umstellung des Betriebes insofern, als allmählich die Vorräte an sonst vom Auslande bezogenen Erzen und sonstigen Rohmaterialien aufgezehrt und durch Inlandsrohstoffe ersetzt werden mußten, was in mancherlei Fällen gewisse Änderungen des Betriebes zur Folge hatte. Das vollzog

sich aber mehr allmählich und nicht „gewaltforn“ und daher so einschneidend wie bei anderen Industriezweigen.

Andere Teile der Industrie, wie die der Spielwaren-, die Textilindustrie, die Gebrauchsgegenstände herstellenden Betriebe usw., denen es an Rohstoffen sehr bald zu mangeln begann oder nach deren Erzeugnissen sofort oder bald nach Kriegsausbruch die Nachfrage stochte bzw. ganz aufhörte, legten den Betrieb zunächst ganz oder teilweise still. Die Arbeitskräfte wanderten, soweit es ihnen möglich war, nach den kriegswichtigen Betrieben ab. Erst viel später, im weiteren Verlaufe des Krieges wurden auch diese Werke, wenn sie nur irgendwie brauchbar waren, dem Kriegsdienste nutzbar gemacht. Eine Reihe Werke der Kleinindustrie, namentlich solche, die Blechwaren, Haushaltsartikel und dgl. herstellten, erzeugten Gebrauchsartikel für die Krieger, die — wie beispielsweise Taschenlampen — einem dringenden Kriegsbedürfnis entsprachen und sehr großen Umsatz fanden. Und so mancher „Friedensartikel“, der sonst nicht sehr reichen Absatz fand, wurde nun als „Kriegsartikel“ ein nicht zu unterschätzender Faktor, wie ja eine fast unübersehbare Zahl von Erzeugnissen unserer reich gegliederten Industrie Kriegsmaterial im weiteren Sinne des Wortes wurde.

In erster Linie besaßte sich — wie hervorgehoben — die Maschinenindustrie im ersten Stadium des Krieges mit der Erzeugung von Artilleriegeschossen. Die Herstellung von Geschützen selbst lag ganz in der Hand der beiden Hauptwerke für Kriegsmaterial, Krupp und Ehrhardt, sowie der staatlichen Fabriken. Die Ausdehnung der Kriegsschauplätze führte zu der Notwendigkeit, neue Formationen des Heeres aufzustellen, womit der Bedarf an Geschützen derart stieg, daß auch andere Werke zur Herstellung herangezogen werden mußten. Es konnte sich dabei aber nur darum handeln, jene Teile zu erzeugen oder fertig zu bearbeiten, die in normal eingerichteten mechanischen Werkstätten erledigt werden konnten und zu denen nicht ganz besonders geschulte Arbeiter notwendig waren. Also in der Hauptsache Unterlasfetten oder deren Einzelteile, Fahrzeuge und Fahrzeugteile, Triebwerke der Richtmaschinen usw.; die Herstellung der Rohre selbst und vorzugsweise auch der Verschüße und der Zusammenbau der Geschütze blieben zunächst noch den darauf besonders eingerichteten und mit darauf eingeschultem Personal versehenen eigentlichen Kriegsmaterialfabriken vorbehalten. Schließlich kann auch die Herstellung von Geschützen nicht zu einer einheitlichen Massenfabrication organisiert werden derart, daß auch die wichtigsten und verwickeltesten Teile in beliebigen Fabriken, die nie vorher solche Teile hergestellt haben, erledigt werden können.

Im Zusammenhang mit dem Geschützbau sei hier die optische Industrie genannt, die ja bekanntlich gerade in Deutschland höchentwickelt ist

und vor dem Kriege an der Spitze in der Welt stand. Sie sollte im Kriege eine wichtige Rolle spielen. Eine besondere Umstellung brauchte sie nicht vorzunehmen, denn die meisten ihrer Erzeugnisse wurden ohne weiteres Kriegsmaterial. Ihre Umstellung beschränkte sich darauf, mit allen Mitteln zu versuchen, die Erzeugung der wichtigsten optischen Instrumente, die besonders seitens der Armee angefordert wurden, zu erhöhen. Das war natürlich nicht immer einfach, denn auch diese Industrie hatte mit Arbeitermangel zu kämpfen und mußte vielfach geschulte Arbeiter entbehren. Die Fabrikation mußte auch hier so eingerichtet werden, daß mit weniger gut geschulten und Hilfsarbeitskräften erstklassige Erzeugnisse erzielt wurden.

Anders als im eigentlichen Geschützbau lagen die Dinge bei dem Bedarf an „Kleinartillerie“. Nach dem Rückzuge von der Marne und dem Bezug fester Stellungen kam der lange Grabenkrieg an der Westfront, der nicht nur neue, andere Anforderungen an die Soldaten, sondern auch an das Kriegsmaterial stellte. Aus ihnen entstand die große Nachfrage nach Kleinartillerie — Minenwerfern — verschiedener Art und Größe, und sie stieg weiter, als auch im Osten der Krieg in einer zusammenhängenden Frontlinie von der Ostsee bis zur rumänischen Grenze erstarrte. (Vgl. auch Abschnitt A II.) Dem Verwendungszweck entsprechend war das Gerät wohl ein Geschütz, aber es konnte weit einfacherer Bauart sein. Es eignete sich daher viel besser zur Massenherstellung und Erzeugung auch in anderen Werken, als ursprünglichen Kriegsmaterialfabriken. Vor allem jedoch wurde das Gerät — der Minenwerfer, namentlich in seinen vollkommeneren Bauarten — von der Rheinischen Metallwaren- und Maschinenfabrik entwickelt und erzeugt, die anderen Werken in der Herstellung behilflich war. Daneben stellte sich aber eine erhebliche Zahl von Werken der Privatindustrie auf die Erzeugung solcher Werfer um und hat dabei auch zum Teil eigene Bauarten herausgebracht. Fördernd wirkte dabei, daß besonders maschinelle Einrichtungen zur Herstellung infolge der einfachen Bauart bestimmter Werfer (glatte Rohre, starre und einfache Lafettierung, Richtmittel einfachster Art) nicht erforderlich waren.

Durch den Übergang zum Stellungskrieg erhielt ein Teil der Maschinenindustrie Gelegenheit, Erzeugnisse, die auch im Frieden von ihnen hergestellt wurden oder die im Frieden ihr Haupterzeugnis bildeten, nunmehr wieder aufzunehmen. So sind Entwässerungsanlagen der Gräben und Lager zu nennen, die Pumpenanlagen usw. erforderten, Beleuchtungsanlagen mit Lokomobilen; dazu stieg der Bedarf an Eisenbahnmateriale, insbesondere Feldbahngleise und rollendes Material der Feldbahnen, außerordentlich. Dadurch konnten manche Werke wieder ohne Umstellung oder nur mit teilweiser Änderung des Betriebes ihre Beschäftigung aufnehmen; gegenüber der normalen Friedenserzeugung bestand aber doch

ein wichtiger Unterschied: es mußte mit Kräften erzeugt werden, die vielfach wertfremd und weniger geschult waren.

Nachdem die Dinge so weit gediehen waren, daß die Industrie — größtenteils aus sich heraus — begonnen hatte, sich auf die Erzeugung von Kriegsmaterial einzurichten, nachdem auch Aufträge genügend zur Verfügung standen, da der Bedarf an Nachschub immer größer und dringender wurde, trat auch sofort die schwierigste Frage der Umstellung in Erscheinung, die Kardinalfrage für die Industrie und für die gesicherte Verteidigung der deutschen Grenzen: die Beschaffung von Arbeitskräften. In der Tat sollte diese Frage bis zum Ende des Krieges eine stete Sorge bleiben. Letzten Endes lief die Umstellung der Industrie auf den Krieg, die restlose Einstellung und Ausnutzung derselben für den Kriegszweck, auf die Beschaffung menschlicher Arbeitskräfte zur Bedienung und Handhabung der Maschinen und Werkzeuge hinaus, wobei das Augenmerk einerseits auf die tatsächliche Beschaffung von Arbeitern selbst, andererseits darauf gerichtet werden mußte, durch technische und organisatorische Maßnahmen eine Steigerung der Erzeugung bei gleichzeitiger Verminderung der Anforderungen an menschliche Arbeitskräfte, sowohl hinsichtlich deren Zahl als auch ihrer Schulung, herbeizuführen.

Wie schon kurz angedeutet, wurden mangels jeglicher industrieller Kriegsvorbereitung und Kriegsbereitschaft gleich in den ersten Tagen des Krieges den Fabriken zahlreiche Arbeitskräfte entzogen, Facharbeiter namentlich, die im besten Alter standen und in den betreffenden Betrieben eingearbeitet waren. Das trifft auch auf die Kriegsmaterialwerkstätten in der Privatindustrie zu, die einen nicht unerheblichen Teil ihrer in der Herstellung von Kriegsgerät geschulten Facharbeiter, Meister und Ingenieure an das Heer abgaben. Von den wehrpflichtigen Kräften dieser Werte blieben nur diejenigen zurück, die von vornherein zur Erledigung der Robitmachungsaufträge als nicht abkömmlich bezeichnet worden waren. Dazu ließ man auch hier in Verkennung der möglichen Kriegsdauer in der ersten Zeit zahlreiche Freiwillige ausscheiden. So machte sich sehr bald bei diesen Werken, die vermöge ihrer Einrichtungen und Erfahrungen am ersten in der Lage waren, dem sich stetig steigern den Heeresbedarf mit der Erzeugung einigermaßen zu folgen, der Mangel an Arbeitskräften fühlbar. Das war insbesondere in jenen Werkstätten der Fall, in denen für Kriegsgerät besonders geschulte Facharbeiter erforderlich sind, also vornehmlich im Geschützbau. Um die nötige Steigerung in der Erzeugung durchzuführen, mußte daher vor allem die Belegschaft wieder ergänzt werden. Zu diesem Zwecke versuchte man zunächst, die fehlenden Facharbeiter zu beschaffen, indem man auf Industriebetriebe zurückgriff, die noch kein Kriegsgerät zur Erzeugung auf-

genommen hatten. In diesen Betrieben hatte man ja zu Kriegsbeginn einen gewissen Arbeitsmangel — wenn auch von direkter Arbeitslosigkeit nicht die Rede sein konnte. Unter Vermittlung bestehender Arbeitsnachweise, zum Teil sogar besonderer Vertrauenspersonen und Agenten, wurden aus der mechanischen Industrie Facharbeiter nach den Kriegsmaterialfabriken verpflanzt, wobei vielfach höhere Löhne als Anreiz zum Verlassen der bisherigen Arbeits- und Wohnstelle dienen mußten. Manchmal mag auch für den Facharbeiter ein Ansporn, seine Arbeitsstelle mit der in einer Kriegsmaterialfabrik, die oft weit vom bisherigen Wohnort entfernt lag, zu vertauschen, darin gelegen haben, daß er in der neuen Arbeitsstelle begründete Aussicht hatte, von einer Einziehung zum aktiven Kriegsdienst frei zu bleiben. Auch ehemals selbständige Handwerker und Gewerbetreibende, deren Geschäftsbetrieb zum Stillstehen kam, siedelten als Arbeiter in die Fabriken über. Eine Systematik lag aber dieser Beschaffung von Arbeitskräften nicht zugrunde; man suchte in diesem Zeitraum noch fast nur nach Facharbeitern, von denen namentlich Dreher besonders stark von den Betrieben angefordert wurden. Jede Kriegsmaterialfabrik arbeitete in der Arbeiterbeschaffung auf eigene Faust, so daß ein Wettbewerb der einzelnen Werke untereinander nicht ausbleiben konnte, der mancherlei Mißstände im Gefolge haben mußte. Aber diese Quelle für Facharbeiter sollte sehr bald versiegt sein.

Mehr und mehr zeigte sich, daß die anfänglich in der Industrie besürchtete Arbeitslosigkeit sich in einen Arbeitermangel verkehren würde. Den nicht sofort Kriegsgerät erzeugenden Fabriken waren Arbeiter durch die Einziehung zum Heere, dann Arbeiter durch die Kriegsmaterialfabriken entzogen worden, wobei für die Folge besonders schwerwiegend war, daß es sich im letzteren Falle fast durchweg um Facharbeiter handelte. Als nun auch diese Betriebe zur Lieferung von Kriegsgerät herangezogen wurden, standen sie vor einer stark gelichteten Belegschaft, mit der eine volle Erzeugung nicht in Gang zu bringen war. In die gleiche Zeit fiel auch noch ein starker Bedarf der Armee an Mannschaften, teils um Verluste zu ersetzen, teils um neue Formationen aufzustellen, die durch die fortwährende Ausdehnung der Kriegsschauplätze erforderlich wurden. Der Arbeitsmarkt verschärfte sich so immer mehr, Facharbeiter — namentlich aber die überall gefuchten Dreher — waren vom Arbeitsmarkt so gut wie ganz verschwunden. Die Kriegsmaterial neu ausnehmenden Werke beschränkten naturgemäß, neben der Einstellung von weiblichen Arbeitern, zur Arbeiterbeschaffung den gleichen Weg, wie vordem die Kriegsmaterialfabriken. Sie traten als Wettbewerber der letzteren auf, indem sie diesen wieder Arbeitskräfte entzogen. Denn nun wanderten von den Kriegsmaterialfabriken zum Teil jene Arbeiter wieder ab, die infolge drohenden

Arbeitsmangels in ihrer Heimat oder infolge des Anreizes höheren Verdienstes zugewandert waren; nun boten ihre Heimatwerke ebenfalls reichliche Arbeit und entsprechende Löhne, und auch bei ihnen stand die Befreiung vom aktiven Heeresdienst in sicherer Aussicht.

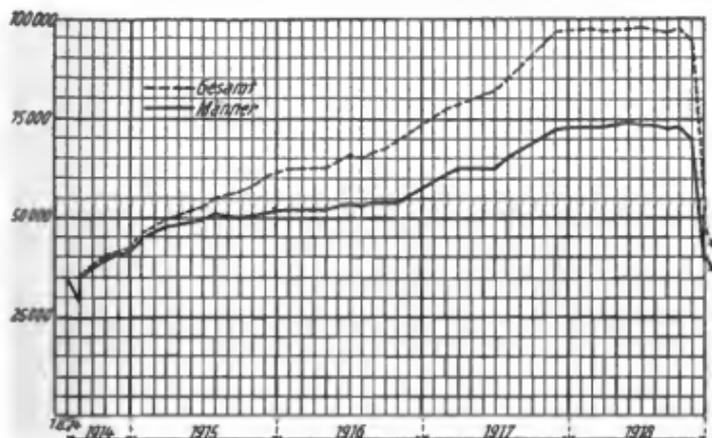
Alles in allem war die Beschaffung von Arbeitskräften in der ersten Kriegszeit planlos und entbehrte, da jede Mobilisierungsvorbereitung fehlte, jeglicher einheitlichen Regelung, die allerdings nur durch ein Zentralisieren mit Eingreifen der Behörden in ein System hätte gebracht werden können. Erst im dritten Kriegsjahr — 1916 — hat man sich dazu entschlossen, in die Beschaffung des Kriegsgerätes System zu bringen, indem man das „Waffen- und Munitionsbeschaffungsamt“ — Wumba — einrichtete. Damit mußte naturgemäß auch, wenn ein Erfolg erzielt werden sollte, die Beschaffung der Arbeitskräfte verbunden werden; das sollte durch das „Hilfsdienstgesetz“ erreicht werden, das Ende 1916 in Kraft trat. Mit dieser Maßnahme wollte man System in die Erzeugung des Materialnachschubes bringen und in großem und einheitlichem Maßstabe die „Heimat“ für den Krieg umstellen. Jetzt erst versuchte man die ganze Tätigkeit des Landes in den Dienst des Krieges zu stellen, indem eine Handhabe geboten wurde, nicht nur alle vorhandenen Arbeitskräfte zur Erzeugung von kriegswichtigem Gerät heranzuziehen, sondern auch Betriebe stillzulegen, die nicht kriegswichtig waren. Die stete Zunahme der Verschärfung des Krieges zwang zu dieser Maßnahme, die nur auf gesetzlichem Wege erfolgen konnte, da sie schwerwiegende Eingriffe in das Privatleben und in die gesamte Wirtschaft des Landes zur Folge haben mußte. Durch das Hilfsdienstgesetz sollte auch endlich wenigstens einigermaßen dem Wechseln der Arbeiter mit der Arbeitsstelle vorgebeugt werden, indem das Verlassen der Arbeitsstelle von der Erteilung eines besonderen „Abkehrscheines“ abhängig gemacht wurde. Die Oberste Heeresleitung, an deren Spitze in dieser Zeit Hindenburg gestellt worden war, hatte in der vollen Erkenntnis der Wichtigkeit, welche für die Fortführung des Krieges der Frage der Arbeiterbeschaffung beizumessen war, den kriegswichtigsten Betrieben überdies Arbeitskräfte aus dem aktiven Heer überwiesen. So kam ein Teil jener in den ersten Kriegsjahren den Betrieben entzogenen Facharbeiter wieder zur Arbeitsstelle zurück.

Für die Beschaffung von Heeresgerät war nun eine Zentralstelle geschaffen, so daß Richtlinien im großen aufgestellt werden konnten. Das sogenannte „Hindenburgprogramm“ setzte ein, auf Grund dessen die Werke ständig erweitert, ihre Belegschaft ständig erhöht wurden. Die Erzeugung von Geschützen wurde auch noch dadurch erheblich gefördert, daß nunmehr auch solche Firmen mit der Herstellung ganzer Geschütze beauftragt wurden, die vordem keinen Geschützbau betrieben oder sich nur mit der Herstellung

von Einzelteilen befaßt hatten. Um das zu ermöglichen, stellte die Fried. Krupp A.-G. ihre Hilfe zur Verfügung, indem sie der Heeresverwaltung die Berechtigung zum Nachbau ihrer Konstruktionen nicht nur in den Staatswerkstätten, sondern auch in den Privatbetrieben erteilte. Bei Kriegsende war das Hindenburgprogramm so weit durchgeführt, daß die stark gesteigerte Lieferungshöhe größtenteils erreicht war.

Einen ganz erheblichen Anteil an der Durchführung der Kriegsarbeit der Industrie haben die weiblichen Arbeitskräfte, die schon zu Anfang des Krieges von der Industrie vielfach herangezogen wurden. Diese Frauenarbeit soll am Schluß des Kapitels ihre besondere Würdigung finden.

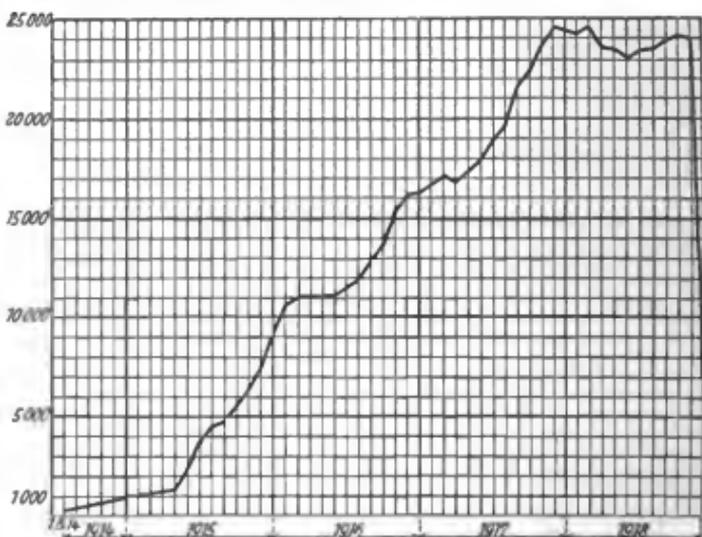
Einen Einblick in die Arbeiterverhältnisse während des Krieges geben die hier wiedergegebenen graphischen Darstellungen der Belegschaftsstärke



Stizze 1. Arbeiterbelegschaft (Männer und Frauen) der Fried. Krupp A.-G., Gußstahlfabrik Essen, 1914 bis 1918.

während des Krieges im Essener Stammwerk (Gußstahlfabrik) der Fried. Krupp A.-G., also ohne daß die Außenwerke dieser wichtigsten Kriegsmaterialfabrik in Betracht gezogen sind. In den Darstellungen (Stizze 1 und 2) sind die Arbeiterzahlen (ohne Angestellte), getrennt nach männlichen und weiblichen Arbeitskräften und die Gesamtbelegschaft, nach dem Stande eines jeden Monatsersten aufgetragen. Man erkennt aus dem Verlauf der Linien, wie die Belegschaft zu Beginn des Krieges lediglich aus männlichen Arbeitern bestand (die bei Kriegsausbruch beschäftigt gewesenenen 217 weiblichen Arbeiter waren nur zu einem geringen Teil in der Herstellung beschäftigt — nämlich in der Feuerwerkerei, der größere Teil gehörte der Konsumanstalt der Fabrik an), von denen im Monat August rund 6000

in den Krieg zogen. Trotzdem war es gelungen, bereits am 1. September 1914 die Belegschaft an männlichen Arbeitern wieder auf rund 34 000 zu bringen, so daß 90 % der ins Feld gezogenen Arbeiter ersetzt waren. Man erkennt aus dem Verlauf der Linie, daß die anfängliche Steigerung in der Zahl der männlichen Arbeiter bis Ende 1916 nur mühsam fortgesetzt werden konnte. Es lag dies an den weiter oben ausgeführten Gründen, aber auch daran, daß fortwährend neue Einziehungen zum Heeresdienst stattfanden („Auskämmen“). Erst von Ende 1916 an, d. h. mit dem Inkrafttreten des Hilfsdienstgesetzes, erfuhr die Belegschaft eine stetigere Steigerung, bis die Höchstzahl von rund 74 300 männlichen



Stütze 2. Anteil der Frauen an der Arbeiterbelegschaft der Fried. Krupp A.-G., Großstahlfabrik Essen, 1914 bis 1918.

Arbeitern im Juni 1918 erreicht worden war. Bemerkenswert ist der Verlauf der Linie, welche die Belegschaftsschwankung der weiblichen Arbeiter veranschaulicht. Sie versinnbildlicht das weiter oben im allgemeinen über die Frage der Beschaffung von Arbeitsträften Gesagte. Man erkennt die in der ersten Kriegszeit nur langsam zunehmende Zahl der beschäftigten Frauen, im Gegensatz zu der stärker anwachsenden männlichen Belegschaft; es ist dies jener Zeitraum, in dem noch Facharbeiter aus anderen Industrien, sowie selbständige Gewerbetreibende und Handwerker herangezogen werden konnten. Mitte 1915 hörte diese Quelle an Arbeitskräften

aber fast ganz auf, und damit steigt nun die Linie der weiblichen Belegschaft rasch an. Einen neuen Impuls zur stärkeren Heranziehung von Frauen erkennt man in dem Inkrafttreten des Hilfsdienstgesetzes Ende 1916, wo zu dieser Zeit wieder die Schaulinie erheblich ansteigt. Diese Erscheinung wiederholt sich in verstärktem Maße in der zweiten Hälfte des Jahres 1917, als die Werkstätten allmählich in Betrieb kamen, die gemäß dem „Hindenburgprogramm“ errichtet wurden. Die Schaulinie für die Gesamtbelegschaft an Arbeitern — männlichen und weiblichen — steigt entsprechend dem gewissen Ausgleich zwischen der Einstellung von männlichen und weiblichen Arbeitskräften, stetiger an; etwa Anfang 1918 wurde ein Höchststand erreicht, der, von geringeren natürlichen Schwankungen abgesehen, ziemlich gleichmäßig bis zur Umwälzung durchgehalten wurde. Mit letzterem Zeitpunkt setzte die „Demobilmachung“ der Arbeitskräfte derart schnell ein, daß am 1. Dezember 1918 nur noch rund 6400 weibliche und rund 40 500 männliche Arbeiter vorhanden waren. Naturgemäß mußte sich von da ab die Belegschaft noch weiter verringern, wobei die Zahl der weiblichen Arbeiter ebenso natürlich rascher als die der männlichen Arbeiter sank.

In einem gewissen Sinne geben diese Schaulinien des Verlaufs der Arbeiterbelegschaft der Fried. Krupp A.-G., Gußstahlfabrik in Essen, auch ein Bild der Leistung dieser Kriegsmaterialfabrik; denn die Leistung steigt angenähert im gleichen Verhältnis mit der Belegschaft, die ja von rund 35 000 am 1. August 1914 auf rund 98 000 im Jahre 1918 gesteigert wurde. Mit dieser Steigerung der Arbeitskräfte, neben der naturgemäß auch eine Steigerung der Zahl der Angestellten herging, war eine Fülle organisatorischer Arbeit verbunden. Es seien hier nur genannt die Beschaffung der Werkzeugmaschinen und Werkzeuge, die Erstellung neuer Kraftwerke für die Erweiterungsbauten und neuen Werkstätten, die Herstellung neuer Transportanlagen usw. Vor allem aber spielte die Unterbringung der nicht ortsanfässigen Arbeitskräfte eine erhebliche Rolle. Deren Zahl war ja so gewaltig, daß gar nicht daran gedacht werden konnte, sie in Bürgerquartieren unterzubringen, zudem ja durch die völlige Einstellung jeder Bautätigkeit die Wohnungsnot ohnehin schon überall Platz gegriffen hatte. So schritt man zur Errichtung ganzer Barackenstädte, zu denen zur Massenspeisung die Errichtung großer Küchenanlagen und Speiseanstalten trat. Gerade die Massenspeisung bildete ein nicht leicht zu lösendes Problem, das ja durch die Beschaffung der Lebensmittel unter den Kriegsumständen besonders schwierig wurde. Diese Nebenerscheinungen der Umstellung waren Aufgaben, die in ihrer Größe und Schwierigkeit vielfach die rein technischen Aufgaben übertrafen und organisatorisch die größten Anforderungen stellten. Sie glänzend gelöst zu haben, ist ein

nicht zu überschätzendes Ruhmesblatt in der Kriegsgeschichte der deutschen Industrie.

Die technischen Fragen, die durch die Umstellung der Friedensbetriebe auf Kriegsmaterial austraten und gelöst werden mußten, waren zahlreich und erstreckten sich auf so viele Einzelheiten des Produktionsprozesses, daß im Rahmen einer allgemeinen Darstellung der Umstellungsfrage kein Raum dafür ist. Zunächst mußten die vorhandenen Werkzeugmaschinen auf ihre Verwendbarkeit zur Herstellung des auszunehmenden Kriegsgerätes geprüft und gegebenenfalls mit besonderen Vorrichtungen versehen werden; neue Maschinen waren zu beschaffen und aufzustellen, oder die Reihenfolge der Arbeitsmaschinen in der Werkstätte mußte geändert werden, um den Betrieb besser dem neuen Herstellungsvorgang anzupassen. In erster Linie fand ja eine Umstellung auf die Erzeugung von Artilleriegeschossen statt, die meist als Rohlinge geliefert wurden, deren weitere Bearbeitung sich also auf reine Dreharbeit beschränkte. Hierzu eigneten sich am besten einfache Bänke, die aber gerade in vielen Betrieben der hochentwickelten Maschinenindustrie nur in geringer Anzahl vorhanden waren. Denn die Werkstätten waren entsprechend ihrer bisherigen Erzeugung mit den dieser Industrie besonders angepaßten Sondermaschinen besetzt. Letztere, oft von sehr großen Abmessungen zur Herstellung großer Werkstücke, konnten nur sehr schwer dem neuen Verwendungszweck dienstbar gemacht werden. Es bedurfte dazu, wenn es überhaupt möglich war, erheblicher Findigkeit und reicher Erfahrungen, sowohl in dem Betrieb als auch in dem Erfinden von Werkzeugen und deren Vorrichtungen. Im weiteren Verlaufe des Krieges stellten auch größere Werke der bisherigen Friedensindustrie Geschloßpressen auf, um die Geschosse selbst zu ziehen. Fehlschläge infolge der der Belegschaft ungewohnten Erzeugungsart blieben natürlich nicht aus; im großen ganzen aber wurden sehr gute Leistungen hinsichtlich Güte des Werkstoffes und Güte der Ausführung erzielt, trotz schwierigen Arbeitens mit wenig geschulten Kräften.

Nachdem seitens der Heeresverwaltung auch mehr und mehr anderes Material als Munition in Bestellung gieng, suchte natürlich jede Fabrik solche Aufträge zu bekommen, die für ihren Betrieb entsprechend dessen Eigenart am geeignetsten waren, die besonders in der Herstellungsart jenem Material nahekommen, welches in Friedenszeit Gegenstand der Erzeugung war. Dadurch konnten auch wieder jene Sonderwerkzeugmaschinen, namentlich Automaten, beschäftigt werden, die vordem stillgelegt worden waren. So bemühten sich insbesondere jene Fabriten, die vordem Massenartikel herstellten, solchen Kriegsgeräts, das sich diesen Maschinen und dieser Betriebsart anpaßte oder gut anpassen ließ, wie Zünder und deren Teile, Zündkapfen usw. Die stark verbreitete Kleineisenindustrie

fertigte Beschläge für Fahrzeuge und Geschütze an, wozu vielfach die Aufträge von den größeren Werken, in der Hauptsache von den Arsenalen und Kriegsmaterialfabriken, ergingen. Die Holzindustrie hatte ein reichliches Feld der Betätigung, da hier auch die Umstellung entsprechend dem zu verarbeitenden Werkstoff verhältnismäßig einfach war. Neben Stielen für Schanz- und Baugerät wurden hier Beschläge für Geschosse, Handgranatentisten, Stiele für Handgranaten und dgl. erzeugt.

Eine der Hauptaufgaben war, die Herstellungsarten den minder geschulten Arbeitskräften anzupassen. Bei der Geschosdreherei war das noch am einfachsten, da der an und für sich einfache Arbeitsvorgang des Drehens es erleichterte, Kräfte, die vormals nie an einer Drehbank gearbeitet hatten, anzulernen; bei einem übersichtlich geordneten Betrieb fiel es zudem einem geschulten Dreher nicht allzu schwer, eine Reihe von mit Hilfskräften besetzten Bänken zu überwachen und den Hilfskräften mit den nötigen Unterweisungen an die Hand zu gehen. Auch in den Geschosspreschanlagen konnte die Einstellung auf Hilfskräfte leichter vollzogen werden. Durch sinnreiche Vervollkommnung der Geschosspresen hatte man während des Krieges zudem den ganzen Arbeitsvorgang des Pressens und Ziehens in eine einzige Presse verlegt; der Arbeitsvorgang spielte sich so für die Bedienung der Presse als eine gleichmäßige Aufeinanderfolge bestimmter Handgriffe ab, die leicht zu erlernen waren. So fanden denn auch gerade in den Geschosspreschanlagen besonders zahlreiche Hilfskräfte — meist Frauen — Verwendung. Die enorme Steigerung, die unsere Geschosserzeugung im Verlaufe des Krieges erfahren hatte, ist nicht zuletzt auf die Vereinfachung des Herstellungsverfahrens und der damit gegebenen Möglichkeit zurückzuführen, fast ausschließlich mit Hilfskräften zu arbeiten. Auch in den Massenherstellungsbetrieben, namentlich da, wo, wie in den Zünderwerkstätten, mit Automaten erzeugt wurde, konnten Hilfskräfte zur Bedienung derselben angeleitet werden. Mit schreitender Zeit ergab sich auch eine allmähliche Auslese dieser Hilfskräfte, so daß auch schwierigere Arbeiten, wie das Bedienen von Maschinen, die schon eine gewisse Vertrautheit und Ueberlegung erforderten, in die Hand von angeleiteten Kräften gelegt werden konnten.

Schwieriger aber lagen die Dinge in jenen Werkstätten, die sogenannte Schlosserarbeiten leisten mußten. Hier konnte es mit lediglich mechanisch angeleiteten Handgriffen nicht getan sein; hier handelte es sich um Arbeitsvorgänge und um Bearbeitung von Werkstücken mit Sonderwerkzeugen oder von Hand, die schon eine ausgeprägte Ausbildung und Schulung, langjährige Erfahrungen, Handfertigkeit und Kenntnisse der Werkstoffe und Werkzeuge erforderten; Arbeiten also, die eben den Facharbeiter selbst verlangten. Solange als nur möglich suchte man auch in diesen Betrieben

ohne mehr Hilfskräfte auszukommen, als auch schon vorher dort zu Handreichungen und rein mechanischen Dienstleistungen beschäftigt waren. Aber die Not der Zeit zwang auch dazu, Facharbeiter durch angelernte Arbeiter in diesen Werkstätten zu ersetzen. Um das durchzuführen zu können, mußte, da ja genügende Zeit zu einer regelrechten oder auch nur einigermaßen ausreichenden Ausbildung nicht gegeben war, ein anderer Weg gegangen werden. Man mußte notgedrungen die Bearbeitung der Werkstücke der Fertigkeit des Hilfsarbeiters anpassen. Das erfolgte einmal dadurch, daß man den Bearbeitungsvorgang eines Werkstückes, der sonst in einem Zuge von einem Facharbeiter vorgenommen wurde, unterteilte, so daß ein Hilfsarbeiter nur eine leichter zu erlernende Teilarbeit zu verrichten hatte. Des weiteren mußte man neue Bearbeitungsverfahren einführen, um schwierigere Arbeiten zu vereinfachen derart, daß sie auf Maschinen von Arbeitern mittels mehr mechanischen Handgriffen erledigt werden konnten. So, um ein Beispiel anzuführen, ersetzte man vielfach Schlosserarbeiten durch Flächenschleifmaschinen, die von den schon vorher vielfach als Ersatz für Dreharbeiten verwendeten Rundschleifmaschinen hergeleitet wurden. Durch solche Maßnahmen und durch gewisse Normalisierungen wurde ermöglicht, daß auch Teile von Geschützen, wie Verschlußteile und dgl., die eine sehr genaue Bearbeitung erfahren müssen, als Massenartikel auch von Hilfskräften, vielfach weiblichen Arbeitern, erzeugt werden konnten. Welch mühsame und rastlose Arbeit der Techniker erforderlich war, um den Kriegsansforderungen in jeder Richtung gerecht zu werden, kann nur andedeutet werden. Sie war im Grunde genommen in jedem Betriebe anders gelagert, da ja jeder Betrieb eine andere Charakteristik hat, von der auszugehen und der die Arbeit anzupassen ist, und da sich die Bearbeitungstechnik den tausenderlei verschiedenen Werkstücken verschiedener Werkstoffe folgerichtig anschmiegen mußte. Die deutsche Technik hat auch in dieser Hinsicht ein glänzendes Zeugnis ihrer Tüchtigkeit abgelegt.

Wenn von der Umstellung der deutschen Industrie auf die Kriegsarbeit die Rede ist, so ist besonders der Frauenarbeit zu gedenken; ohne die werttätige Mitarbeit der Frauen in den Fabriken hätte die gewaltige Leistung an Kriegsgerät und allem, was damit zusammenhing, nicht vollbracht werden können. Der Anteil der weiblichen Arbeiter an der Gesamtzeugung steht heute noch nicht einwandfrei fest; ein ungefähres Bild ergibt die graphische Darstellung der Belegschaft der Gußstahlfabrik von Fried. Krupp. Doch muß dabei hervorgehoben werden, daß das Verhältnis der Zahlen der männlichen zu den weiblichen Arbeitern, das bei Fried. Krupp rund 3,2:1 war, für viele andere Werke der ehemaligen Friedensindustrie während der Kriegszeit nicht zutrifft. Während Krupp in Friedenszeiten so gut wie keine Frauen beschäftigte, wie das auch bei der

übrigen Maschinen- und auch Hüttenindustrie durchweg der Fall war, so gab es schon in Friedenszeit eine Reihe von Fabriken, namentlich solche der leichteren Massenerzeugung, die sehr viele Frauen, ja solche, die ausschließlich Frauen beschäftigten. In solchen Fabriken nahm natürlich die Zahl der beschäftigten Frauen im Kriege noch beträchtlich zu; auch bei den Werken der Maschinenindustrie war vielfach das Verhältnis der männlichen zu den weiblichen Arbeitskräften ein für die ersteren ungünstigeres, namentlich da, wo leichtere Werkstücke zu bearbeiten waren; in Betrieben, wie besonders in vielen Werkstätten der Firma Krupp, wo schwere und schwerste Werkstücke die Regel bildeten, mußte naturgemäß die Zahl der männlichen Arbeiter ungleich größer sein als die der Frauen.

Bei der ersten Einstellung von Frauen drehte es sich meist um Arbeitskräfte für rein mechanische Dienstleistungen, wie sie vordem von den Hilfsarbeitern (Tagelöhnern) verrichtet wurden. Mit steigender Munitionserzeugung wurden dann Frauen zur Bedienung von Drehbänken und zur Bedienung der Geschloßpressen herangezogen. Hierbei mußte die Auslese noch erheblich genauer getroffen werden als bei den männlichen Hilfsarbeitern. Um auch Frauen als Ersatz für Facharbeiter verwenden zu können, mußten die schon angeführten Maßnahmen der Unterteilung des Bearbeitungsvorganges und damit die Vereinfachung und Mechanisierung der Arbeit noch weiter getrieben werden. Dazu waren weitgehende neue Arbeitspläne auszuarbeiten, neue Werkzeugmaschinen oder Vorrichtungen herzustellen. Ein schon angeführtes wesentliches Hilfsmittel, die Frauenarbeit zur Erzeugung von Werkstücken, die genau und lehrenhaltig hergestellt werden mußten (Schlosserarbeiten), war die Schleifmaschine. Es entstanden Werkstätten mit solchen Maschinen, in denen nur Frauen beschäftigt waren und in denen besonders Teile von Geschützverschlüssen hergestellt wurden.

Besonders war bei der Beschäftigung der Frauen in der Industrie die geringere körperliche Kräfteleistung, sowohl in der Einzel- wie in der Dauerleistung, zu berücksichtigen, da ja die Friedensbetriebe durchweg auf die Durchschnittsleistung des männlichen Arbeiters eingestellt waren. Die Bewegung schwererer Werkstücke kam für die Frauenarbeit weniger in Frage, aber die viel raschere Ermüdung, die bei der Frau eintritt, zwang auch dazu, die Bewegung leichterer Werkstücke nach Möglichkeit auf mechanischem Wege zu vollziehen. Es wurden deshalb vielfach Hebe- und Transportvorrichtungen neu entworfen, die besonders die Frauenarbeit berücksichtigten; als solche sind für den horizontalen Transport die stärkere Verwendung von Transportkarren verschiedenster Art — in der vollkommensten Ausführung mit elektromotorischem Antrieb — zu nennen, und für die senkrechte und horizontale Beförderung Hebezeuge ver-

schiedenster Ausführung, die namentlich sowohl für die betreffenden Werkstücke besonders gebaut waren, wie sie auch sich der Eigenart der Arbeitsmaschinen, an die sie besonders angeschlossen waren, anpassen mußten. Sie dienten hauptsächlich dem Ausbringen schwererer Werkstücke auf die Bearbeitungsmaschine und wurden zweckmäßig mit Hebemagneten ausgerüstet.

Schwierigkeiten bereitete den weiblichen Arbeitern zweifellos das Einordnen in die straffe Disziplin eines geordneten Fabrikbetriebes, ohne die eben eine gedeihliche Erzeugung nicht denkbar ist. Hier mußte eine unterrichtende Tätigkeit einsehen, um die Frauen mit der Fabrikordnung und deren ursächlichen Zusammenhang mit der Erzeugung, mit der Behandlung der Werkzeuge, der Maschinen und mit den Betriebsvorschriften bekannt und vertraut zu machen.

Besonderes Augenmerk war der Erhaltung der Gesundheit zu schenken; fraglos greift die Frau die systematische und durch Stunden hindurch nicht unterbrochene Arbeit körperlich stärker an, als ihren männlichen Arbeitsgenossen. Das geht auch aus den Statistiken der Krankenkassen hervor, die einen stärkeren Krankheitsstand bei Frauen als bei Männern aufweisen. Die Bestrebung, ungünstige Einflüsse der Fabrikarbeit auf Körper und Geist der Frauen nach Möglichkeit auszuschalten, führte zur Aufstellung von Fabrikpflegerinnen, denen ähnliche Aufgaben zugewiesen wurden, wie sie den Gewerbeinspektoren gestellt sind, jedoch besonders auf die Verwendung der Frauen in der Fabrik zugeschnitten. Diese Aufsichtsorgane hatten sich vor allem um die Arbeitsbedingungen der weiblichen Belegschaft zu kümmern, Vorschläge für nötig erachtete Verbesserungen derselben oder für die bessere Anpassung der Arbeitsordnung zu machen. Dann sollten sie eine Stelle sein, an die sich die Arbeiterinnen wenden können, wenn sie Rat und Hilfe brauchen. Die Tätigkeit dieser Fabrikpflegerinnen ist nicht zu überschätzen; traf die Wahl die richtige Persönlichkeit, so konnte sie sehr wohl fördernd auf die Gesamterzeugung der Fabrik einwirken.

Schließlich ist auch hier die Schaffung von besonderen Arbeiterinnenheimen zu erwähnen, bei denen ebenfalls Massenspeisung vorgesehen werden mußte. Auch für eine angemessene Zerstreuung mußte gesorgt werden, um einen Ausgleich zu der anstrengenden Arbeit zu schaffen. Büchereien, Vorträge und Konzerte in den Heimen waren im allgemeinen die Mittel dazu.

Für verheiratete Frauen mit Kindern war erforderlich, letzteren einen Aufenthalt während der Schichtzeit zu bieten, der gesundheitlich einwandfrei war und wo auch für die Ernährung gesorgt wurde. Meist reichten dazu die in den Städten bestehenden Kinderhorte nicht aus; die Werte

mußten auch hier selbst eingreifen und entsprechende Einrichtungen herstellen.

So war der Industrie durch die Einstellung von Frauen als Arbeiterinnen eine Fülle von organisatorischen Aufgaben erwachsen, die aber im großen Ganzen glänzend gelöst worden sind.

Es ist keine Frage, daß die Frauen in der Kriegsindustrie hervorragendes geleistet haben, daß sie es verstanden haben, sich rasch und gut in eine Arbeit einzufügen, der sie sonst doch fast ganz fremd gegenüberstanden; daß sie selbst — vermöge der für sie erstellten technischen Sonderhilfsmittel — Arbeiten verrichteten, von denen man vor dem Kriege nicht geglaubt hatte, daß man sie Frauenhänden anvertrauen könnte, wobei zu berücksichtigen ist, daß die Frauen keine besondere längere Ausbildung erfahren konnten. Die werktätige Hilfe der Frau während des Krieges wird in der Geschichte stets einen hervorragenden Platz einnehmen müssen. Wie denn ja auch in diesem größten und schwersten aller Kriege alle Frauen, wo sie auch standen, ihren erheblichen Anteil daran haben, daß Deutschland einer Welt von Feinden durch mehr als vier Jahre hindurch kraftvoll widerstehen konnte und nie besiegt wurde.

## VI. Technische Errungenschaften im Sanitätswesen.

### 1. Arznei- und Verbandmittel, Geräte usw.

Von Generaloberarzt v. Tobold.

Auf dem Gebiete des Heeres-sanitätswesens war das Ausgebot der bereits im Frieden erprobten Kampfmittel im Kriege nicht nur nach Art, Zahl und Masse gewaltig, sondern auch neue Kampfmittel wurden den veränderten Kriegswaffen entsprechend zur Heilung der Verwundeten und Kranken, sowie zur Abwehr von Seuchen erfunden und diese Mittel wie die gesamte Sanitätsausrüstung zur vollen Kriegsbrauchbarkeit durchgebildet. Manche dieser Mittel haben den Krieg überdauert und werden auch im Sanitätswesen eines Friedensheeres wohl sicher ihren Platz behaupten.

Im engen Rahmen diese verschiedenen technischen Errungenschaften auf dem Gebiete des Kriegsanitätswesens zu überblicken, ihre Entstehung und Entwicklung zu verfolgen, ist die Aufgabe der folgenden Übersicht. Schritt für Schritt geht aus ihr hervor, wie das bereits vor dem Kriege vorhandene ärztliche Rüstzeug Hand in Hand mit den Errungenschaften der ärztlichen Wissenschaft und Technik den Bedürfnissen eines Weltkrieges entsprechend angepaßt wurde.

Nach vier Richtungen hin lassen sich diese Fortschritte technischer Art erfassen.

#### a) Chemische Mittel, Arzneimittel.

Die erste Gruppe umgreift die für chemische Mittel und Arzneimittel eingetretenen Errungenschaften.

Von den Meeren und Märkten der Welt abgeschlossen, war die Chemie in erster Linie genötigt, durch zahlreiche Erfindungen sich von dem Waren ausführenden Auslande unabhängig zu machen. Manche dieser als Notbehelf begrüßten Errungenschaften der Chemie wurden im Laufe des Krieges weiter vervollkommenet und ausgebaut.

Da mit Fetten und Ölen frühzeitig gespart werden mußte, sah man sich genötigt, zu Seifen aus Ton, Soda und anderen Beimischungen überzugehen. Im Gegensatz zu den Friedensseifen mit einem Fettgehalt von 60 bis 70 v. H., konnten die Kriegsseifen nur als halber Ersatz gelten.

Bei den chirurgisch wichtigen Arzneimitteln ist der Ersatz des Glycerins und der Salbengrundlagen wie Vaseline, Lanolin und Schweineschmalz zu nennen.

Glycerin wurde durch das Berglycerin (vorwiegend milchsaures Natrium) und das Pertaglycerin (vorwiegend milchsaures Kalium) in wässriger Lösung ersetzt.

Das amerikanische Vaselin wurde durch ein deutsches, durch Destillation der Petroleumrückstände gewonnenes dünneres Mineral Fett ersetzt. Für Lanolin fand sich ein zweckmäßiger Ersatz in einer Mischung von Vaselin, mineralischem Spindelöl mit Erdwachs. Daneben wurde ein aus Kohlenwasserstoffen gewonnenes künstliches Fett unter dem Namen Laneps in den Handel gebracht. Statt des Petroleumbenzins wurde Teer- oder Steinkohlenbenzin, Benzol, verwendet.

Alkohol wurde nach einem Verfahren hergestellt, das seinen Ausgang vom Ätzenlyen nimmt oder aus einem Abfallerzeugnis der Zellulosegewinnung hervorgeht. Erwähnt sei die Gewinnung des Schwefels aus Gips, der Essigsäure aus Kaliumkarbid.

Der Arzneimittelschatz wurde den Kriegserfahrungen entsprechend bereichert. Eine ganze Reihe von Mitteln, die früher nur selten und auf besonderen Antrag beschafft wurden, fanden in dem Heilschatz Aufnahme, so Mittel zum Behandeln der Ruhr, wie weißer Ton, Tierkohle, Gichtmittel wie Atophan, Herzmittel wie Digipuratum und viele andere.

Für die aus Brasilien sonst eingeführte Brechwurzel fand sich ein geeignetes Ersatzpräparat, für den im Kriege nicht mehr vorhandenen Perubalsam wurde im Perugen ein brauchbares Ersatzmittel gefunden. Kampfer und Novokain wurden auf synthetischem Wege gewonnen.

Als eine hervorragende technische Errungenschaft ist es zu bezeichnen,

daß es der deutschen Chemie gelang, einen Ersatz für den uns fehlenden *Kautschuk* herzustellen, dessen Mangel sich gerade für viele ärztliche Gebrauchsgegenstände ganz besonders fühlbar machte.

Daneben wurde das vor dem Kriege zumeist als wertlos umkommende *Altgummi* auch für ärztliche Gummigeräte wieder umgearbeitet und brauchbar gemacht und seine Verwendung einer strengen Überwachung unterstellt.

Im allgemeinen waren die Regenerate für chirurgische Zwecke, insbesondere für die elastischen Binden und Schläuche nicht geeignet, da gerade diese einen hohen Kautschukgehalt (60 bis 90 v. H.) erfordern.

Die Erfahrungen haben gezeigt, daß *elastische Schläuche*, selbst wenn sie unmittelbar vor dem Anlegen beim Prüfen durch Ausdehnen eine hinreichende Dehnbarkeit aufwiesen, einige Zeit nach dem Umlegen doch gelegentlich rissen. Für die elastischen Schläuche gelang es, in Gefäßpressen aus Stahl, sowie für die elastischen Gummibinden in Spiralfederbinden, einen durchaus brauchbaren Ersatz zu finden. Ihr dauerndes Beibehalten dürfte sich auch im Frieden aus Sparsamkeitsgründen empfehlen, da gerade diese durch das Lagern infolge ihres hohen Kautschukgehaltes wertvollen Gummigeräte bald unbrauchbar werden.

Besonders erfreulich war es, auch für die *Operationshandschuhe* aus Gummi, die während des Krieges im Schleichhandel zu märchenhaften Preisen angeboten wurden, einen Gummi sparenden und doch brauchbaren Ersatz zu finden. Die verschiedensten Ersatzstoffe wurden auf den Markt gebracht. Man verwendete zur Herstellung nur 50 v. H. Reinkautschuk und ersetzte die andere Hälfte aus künstlichem und wiederaufgearbeitetem Gummi, zum Teil mit Zusatz von Fattis (ein Rüßölrückstand). Sie zeigen im Verhältnis zu den Paragummihandschuhen eine nur wenig geringere Festigkeit und eine um  $\frac{1}{2}$  geringere Dehnbarkeit, sind aber bei einigermaßen vorsichtigem Umgehen beim An- und Ausziehen durchaus brauchbar. Dabei betrug ihr Preis nur 4 Mark. Bei dem Verbrauch an Operationshandschuhen in den vier Kriegsjahren — die monatlichen Anforderungen allein im Hauptsanitätsdepot beliefen sich auf durchschnittlich 3000 Paar im Monat — war die Ersparnis an Reinkautschuk recht erheblich.

Auch für die *Fingerlinge* fand sich ein immerhin brauchbarer Ersatz.

*Eisbeutel* konnten aus dem hierzu zur Verfügung gestellten Regenerat, sowie aus Baumwollstoff mit Regeneratbelag hergestellt werden. Auch *Öleinwand*, sowie Stoffe, *Acetylzellulose* und *Nitrozellulose*, wie sie die kunstfertige Industrie schon im Frieden verwendete, wurden in brauchbarer Form hierzu verarbeitet.

Für *Wundröhren* (Drains), Schläuche für Spültannen, haben

sich die Regeneratschläuche bewährt, auch Glasröhren wurden als Drains abgegeben.

Bei dem großen Verbrauch von Zinntaustschulplaster im Kriege mußte man erstreben, den Kautschukgehalt von 30 v. H. nach Möglichkeit zu ersetzen. Zu diesem Zweck wurde das Kautschuk gestreckt oder durch Harze ersetzt.

Auch Mastisol oder Mastigharz in Benzol mit Leinölzusatz gelöst, bildete einen geeigneten Ersatz der Pflasterverbände und damit eine nicht unwesentliche Kautschukersparnis.

Da die Heeresverwaltung grundsätzlich nur für die unter eigener Aufsicht hergestellten Arzneitäschen und abgefüllten Arzneilösungen, für die Einspritzungen unter die Haut volle Verantwortung übernehmen kann, so mußte bei den gewaltigen Anforderungen, die gerade an die gebräuchlichsten Arzneimittel in Täselchenform, sowie in zugeformolzenen Glasröhren gestellt wurden, auch die Technik der Herstellung dementsprechend umgestaltet werden. Bei den Arzneitäschen ließ sich das durch Beschaffen großer Maschinen, die auch das Prägen der Täselchen gleichzeitig besorgten, unschwer erzielen. Eine Tablettenmaschine solcher Art lieferte täglich in 10 Stunden 200 000 Stück.

Für das Füllen der Glasröhren mit Arzneilösungen und deren Keimfrei machen erfand die pharmazeutische Technik besondere Verfahren, um mittels eines Füllgeräts in einer Stunde 3600 Glasröhren mit Arzneilösungen zu füllen. Nach dem Zuschmelzen wurden die Röhren in kochendem Wasser keimfrei gemacht, dem Methylenblau beigegeben war. Dadurch wurden in zuverlässiger Weise die Glasröhren, an denen kleine Risse mit bloßem Auge meist nicht wahrnehmbar sind, auf Dichtigkeit geprüft und somit nicht völlig sicher keimfrei bleibende Glasröhren ausgesondert.

Als eine technische Errungenschaft im Kleinen ist die Herstellung der zugeformolzenen Glasröhren mit Jodtinktur zu erwähnen, die, mit doppeltem Kugelhals und Stoff überzogen, dem Arzte dieses unentbehrliche Desinfektionsmittel der Haut in handlichster Form auch als Pinsel zum Auftragen bei chirurgischen Eingriffen und Einspritzungen von Impfstoffen an die Hand gab. Die monatliche Abgabe von 30 000 vom Hauptsanitätsdepot Berlin allein beweist, daß sie sich bewährt haben.

Als ein besonders wichtiges Kampfmittel verdienen die Impfstoffe Erwähnung. Bei Beginn des Krieges standen Impfstoffe gegen die gefürchteten Kriegsfeuchen wie Typhus, Cholera u. a. in nennenswerten Mengen nicht zur Verfügung. Es war daher eine wissenschaftlich technische Leistung ersten Grades, daß es gelang, die Herstellung von Impfstoffen allmählich so in Deutschland zu steigern, daß sie nicht nur den Anfor-

derungen des Feldheeres und der Heimat vollauf entsprach, sondern daß sogar auch die verbündeten Heere Bulgariens und der Türkei vollständig, und auch das österreichische Heer zum Teil mit Impfstoffen versorgt werden konnten.

26 wissenschaftliche Institute, zumeist von Universitäten, und 11 Fabriken stellten die erforderlichen Typhus- und Cholera-Impfstoffe her.

Und wie großartig die in der Bekämpfung der Kriegsseuchen erzielten Erfolge im Vergleich zum Kriege 1870/71, in dem bekanntlich mehr Kämpfer den Kriegsseuchen zum Opfer fielen als den Waffen!

Durch die Schutzimpfungen gegen Typhus, Cholera wurde nicht nur die Zahl der Erkrankungen außerordentlich eingeschränkt, sondern auch der Krankheitsverlauf wesentlich gemildert. Der durchschnittliche Monatsverbrauch (1000 l Cholera-, 1500 l Typhusimpfstoff) beweist, in welchem Umfange die Impfungen und die nach 6 Monaten notwendigen Wiederimpfungen durchgeführt wurden.

Ganz besondere Umwälzungen und Erweiterungen in den Betrieben der drei größten deutschen Impfstoffwerke verursachte die Herstellung des notwendigen Impfstoffs zum Vorbeugen gegen den Wundstarrkrampf. Tausende von Pferden mußten in diesen Betrieben eingestellt werden, um aus ihrem Blut den zur Verhütung des Wundstarrkrampfes geeigneten Schutzimpfstoff zu gewinnen, dessen Herstellung monatlich nahezu eine halbe Million Mark erforderte.

Daß es durch die planmäßig durchgeführte prophylaktische Serumgespritzung gelang, die gefürchtete Wundstarrkrampfinjektion fern zu halten und viele hunderttausende Verwundeter vor dem qualvollen Tode zu bewahren, ist durch das Massenexperiment des Krieges auf das glänzendste bewiesen.

Als wichtige Kriegserrungenschaft auf pharmazeutischem Gebiete ist die Entdeckung der Morgenroth'schen Chininderivate zu nennen, die in der für ein Antiseptikum bisher ganz unbekanntem Weise nicht nur in der Form von Wundspülungen, sondern auch zu Einspritzungen in die Umgebung der Wunde als sogenannte Tiefenantiseptis zu kriesschirurgisch hervorragenden Ergebnissen führten.

#### b) Ärztliche, zahnärztliche Geräte.

Hinsichtlich der ärztlichen Geräte an und für sich sind technische Fortschritte und Errungenschaften nur insofern besonders erwähnenswert, als es gelang, für die hierbei in Betracht kommenden Rohstoffe Ersatz zu finden.

So wurde für das Vernickeln der ärztlichen Instrumente das galvanische Verkobalten eingeführt. Der Nickelmangel führte dazu, bestimmte

Geräte, z. B. die in so großen Mengen gebrauchten Retorsionspumpen, aus anderen Rohstoffen, nämlich aus Glas, herzustellen.

Die Gummigebläse für ärztliche, ohrenärztliche und zahnärztliche Zwecke wurden durch Gebläse nach Art eines mittels einer Spiralfeder federnden Blasbalgs aus Blech und Kunstleder ersetzt.

Der Kautschukmangel und der für zahnärztliche Zwecke schwer zu verarbeitende synthetische Kautschuk führten dazu, die Gebißplatten aus Aluminium herzustellen, wozu ein ganz besonderes, leicht zu handhabendes und in knapper Verpackung bequem mitzuführendes Gerät dem Feldzahnarzt zur Verfügung gestellt wurde. Die für den Feldgebrauch geeigneten haltbaren Gebißplatten hatten nicht die Mängel der Zerbrechlichkeit, wie die Kautschukplatten, und gaben vor allem nicht zu dauernden Instandsetzungen Anlaß. Auch mutwillige Zerstörungen waren bei den Platten aus Aluminium ausgeschlossen. Auch die Zähne selbst konnten aus dem Aluminiumguß mithergestellt werden, oder es wurden Porzellan-zähne eingesetzt. Die stumpfe, feldgraue Farbe wirkte keineswegs abstoßend, zum wenigsten aber weniger aufdringlich, als der unangenehme Glanz der Goldkronen. Bedenken hygienischer Art haben sich nicht ergeben.

Wesentliche Änderungen traten bei den ärztlichen Beständen ein in der Auswahl fester Kästen, in Stoffeinsätzen, die mit Paraffin durchtränkt, die Instrumente vor Rostansatz schützten und auch sonst gegen die bisherige Unterbringung wesentliche Vorteile boten.

Für die auf den Sonderstationen für Augenkranken, Hals-, Nasen-, Kehlkopfkranken, sowie für Geschlechtskranken tätigen Fachärzte wurden Facharztbestände zusammengestellt. Auch ein frauenärztliches Beständewurde mit Rücksicht auf die große Zahl des in der Etappe verwendeten weiblichen Personals notwendig.

Eine geradezu hervorragende Vervollkommnung fand — trotz der bestehenden Rohstoffschwierigkeiten — der Bau der Kunstglieder, auf die an anderer Stelle näher eingegangen wird.

Mit den veränderten Kriegswaffen änderten sich auch zum Teil die Behandlungsmethoden, die wieder das Schaffen neuer technischer Geräte erforderlich machten. So wurde zur Behandlung einer der gefährlichsten Wundinfektionen, der Gasphlegmone, ein besonderes, äußerst sinnreich konstruiertes Gerät zur rhythmischen Blutstauung nach Bierthies hergestellt.

Nur erwähnt seien die vielfachen technischen Verbesserungen auf dem Gebiete des Röntgenwesens.

Einen ganz ungeahnten Aufschwung nahm während des Krieges die zahnärztliche Versorgung, die außerordentliche technische Er-

rungenschaften zeitigte. Nicht nur die Erhaltung des natürlichen Gebisses der Feldtruppen, sondern vor allem die richtige Behandlung der außerordentlich zahlreichen Kieferverletzten machte einmal eine ganz erhebliche Vermehrung der Zahnärzte, ferner auch eine wesentliche Bereicherung des zahnärztlichen Rüstzeuges erforderlich.

Die Ausrüstung aller Feldzahnärzte war so reichhaltig und gut ausgewählt, daß mir wiederholt von den Zahnärzten der Wunsch geäußert wurde, daheim in der zahnärztlichen Zivilpraxis ebenso reich ausgestattet zu sein, wie auf den zahnärztlichen Abteilungen.

Bedenkt man, daß in einem einzigen Heimatlazarett für Kieferverletzte in einem Jahr mehr Kieferverletzte behandelt wurden, als im Feldzug 1870/71 insgesamt, so beweist das den Umfang der mit hervorragendem Erfolge behandelten Kieferverletzten auf das deutlichste.

Die in verschiedenen größeren Garnisonen eingerichteten besonderen Kieferstationen der Reservelazarette mit besonderen Röntgenlaboratorien sorgten mit den neuzeitlichen zahnärztlich-chirurgischen Erfahrungen in ganz hervorragendem Maße dafür, die Schwerverletzten, selbst bei ausgedehnten Kieferverletzungen, zu heilen und durch das planvolle Zusammenarbeiten zwischen Zahnarzt und Chirurgen sowohl in einer den Kiefergebrauch, wie die Gesichtsform erhaltender Hinsicht Ergebnisse zu erzielen, die vordem zu den Ausnahmen gehörten.

Als eine technische Errungenschaft ersten Grades muß die Versorgung des Feldheeres mit Schießbrillen genannt werden, die eine um so größere Anerkennung verdient, als sie im Frieden nicht vorbereitet war und sein konnte. Da Leute mit erheblichen Sehfehlern nicht zur Einstellung gelangten, war der Bedarf an Schießbrillen im Frieden nur gering. Er wurde durch vertraglich verpflichtete Optiker gedeckt. Bei der zunehmenden Zahl der eingestellten brillenbedürftigen Mannschaften älterer Jahrgänge und solcher mit Sehfehlern, die im Frieden ohne weiteres als untauglich ausschieden, ging man bereits im November 1914 daran, Hand in Hand mit einer der leistungsfähigsten optischen Firma in einem größeren Verhältnis, dem Brillenvorratskasten, neben einer Auswahl von Brillengestellen, die, nach dem einstimmigen Urteil der berufensten Augenärzte als Gläser für Schießbrillen bestehen, runden Halbmuschelgläser, zusammenzustellen. Die letzteren hatten vor den gleichseitigen Gläsern den Vorzug, daß in der beim Zielen notwendigen Blickneigung von etwa 30 Grad das Bild gar nicht oder kaum verändert wird, und daß bei längsgeschliffenen (Zylinder-)Gläsern eine Änderung der Achse ohne Schwierigkeit aufzuführen war. Durch die Einführung dieser Brillenvorratskästen, von denen 450 während des Krieges beschafft wurden, war die schnelle Versorgung der

Brillenbedürftigen an der Front mit den im allgemeinen in Betracht kommenden Brillen gesichert. Die glatte Durchführung der Versorgung konnte aber nur dann Aussicht auf Erfolg haben, wenn auch für alle brillenbedürftigen Heeresangehörigen der Heimat das gleiche Muster der Schießbrillen wie im Felde einheitlich eingeführt wurde. Nur so war ein sofortiger Ersatz von Brillengläsern und Brillengestellen an der Front möglich.

Für die mit Gasämpfen in Berührung kommenden Mannschaften wurden Schießbrillen mit Fadenschlingen in dem Brillenvorratskästen vorgesehen. Mittels dieser Schießbrillen war es dem Brillenträger möglich, auch unter der Gasmaste seine Brille zu tragen, ohne daß durch die Brillenbügel an den Schläfen Luftkanäle sich bildeten, die das Eintreten giftiger Kampfgase zuließen.

Die täglich von der Zentrale für die Brillenversorgung des Feldheeres abgegebene Zahl von Brillengläsern belief sich durchschnittlich auf 1230 Gläser, die der Brillengestelle auf 530.

Die in den Brillenvorratskästen nicht vorgesehenen Brillengläser und Gestelle für besondere Fälle wurden als Einzelbrillen beim Hauptsanitätsdepot unmittelbar angefordert und innerhalb 3 Tagen erledigt. Der tägliche Bedarf an diesen Einzelbrillen belief sich auf 64.

Wie glänzend sich die eingeführten Schießbrillennuster auch für die Gasmastenträger bewährten, geht daraus hervor, daß keine der von manchen Seiten vorgeschlagenen Verbesserungen sich nach praktischer Erprobung als so wertvoll erwies, daß sich die gewaltige Arbeit einer Neuversorgung des Feldheeres mit einem anderen Muster gelohnt hätte.

Auch für die übrigen Brillen, wie z. B. für die Schneeschuhbrillen, wurden nach Hinzuziehung von Augenärzten für zweckmäßig erachtete Muster zusammengestellt. Dasselbe gilt für die Sand-, Steinplitterbrillen, grauen Schutzbrillen, Flieger Schuhbrillen und andere.

Die zunehmende Zahl der Augenschußverletzungen machte es notwendig, für die eines Auges Beraubten bei den Etappen-sanitätsdepots Kästen mit einer Auswahl künstlicher Augen vorrätig zu halten.

Bedenkt man den nach Beginn des Krieges besonders in den optischen Werkstätten herrschenden Arbeitermangel, der nur allmählich durch neues Personal sich bessern ließ, sowie die durch Beschlagnahme des Nickelins entstandenen Rohstoffschwierigkeiten, so muß die während des Krieges erst völlig neu geschaffene Organisation der Versorgung des Feldheeres mit den augensachärztlich für notwendig erachteten, außerordentlich wichtigen optischen Hilfsmitteln als eine Glanzleistung bezeichnet werden, auf die der Heeres-sanitätsdienst mit Recht stolz sein kann.

Daß auch die für den Augensacharzt wichtigen Geräte, wie ein zusammenlegbarer Gesichtsfeldmesser und ein Meßgerät (Stabsarzt Mühsam)

geschaffen und die Ausrüstung auch durch ein Lichtsinngerät bereichert wurde, sei nur angedeutet.

Als technisch bedeutungsvoller Fortschritt ist die Einführung des Geschösspitter-Elektromagneten zu erwähnen, der nicht bloß als Spezialinstrument der Kriegschirurgie beste Erfolge zeitigte, sondern auch für augenärztliche Zwecke zum Entfernen von Geschösspittern aus der vorderen Augenkammer in Kriegs- und Heimatlazaretten sich hervorragend bewährte.

Zur Verbesserung der Beleuchtung auf den Plätzen der Sanitätskompagnien, sowie in den Operationsräumen von Lazaretten wurde nach dem Muster des zur Vorfeldbeleuchtung im Gebrauch befindlichen Armeescheinwerfers A 33, ein Sanitätscheinwerfer eingeführt.

Auch die Ausstattung der Sanitätskompagnien mit Fernspreckgeräten zur Erleichterung des Dienstbetriebs auf den Plätzen der Sanitätskompagnien sei hier erwähnt.

Als technische Verbesserung sei auch die Ausrüstung der Sanitätshunde genannt, die nach den Kriegserfahrungen den Sanitätsdienst, besonders im Bewegungskriege, zum Teil wertvoll unterstützten.

Es bewährte sich, am Halsband dieser Hunde ein Bringfel anzubringen, das der Sanitätshund nach dem Auffinden eines Verwundeten in die Schnauze nahm und dadurch den Sanitätshundeführer darauf aufmerksam machte, daß er einen Verwundeten gefunden habe, zu dem er dann den Führer geleitete.

### e) Verbandmittel und deren Ersatzstoffe.

Wir kommen zur dritten Gruppe, den Verbandmitteln.

Als technisch wichtige Errungenschaft ist die an Verbandpäckchen vorgenommene Änderung zu erwähnen, die zwar an und für sich geringfügig, aber doch nicht unwesentlich war. Das Verbandpäckchen, das sich in seiner Aufmachung glänzend bewährte, erhielt eine doppelte Umhüllung dadurch, daß das Mullkissen mit der Binde zunächst in eine Papierhülle eingewickelt wurde, die im Aufdruck die Gebrauchsanweisung enthielt. Bei der nach Millionen herzustellenden Zahl dieser Verbandpäckchen, bedeutete das Einführen der Papierumhüllung mit Gebrauchsanweisungsaufdruck eine nicht zu unterschätzende Vereinfachung in der Herstellung. Die Höchstzahl der in den ersten Kriegsmonaten beim Hauptsanitätsdepot täglich hergestellten Verbandpäckchen belief sich auf 77 000.

Bei der gänzlichen Absperrung der Zufuhr an Baumwolle mußte einmal mit den vorhandenen Vorräten nach Möglichkeit gespart und anderseits auf Ersatz der Verbandstoffe hingestrebt werden. Durch Sparsamkeit im Verbrauch und die Beschaffung des gesamten Webstoffes von einer Stelle aus gelang es, mit den vorhandenen Beständen durchzuhalten.

Ferner wurden die an die Verbandstoffe bisher gestellten Forderungen hinsichtlich ihrer Beschaffenheit herabgesetzt, sowie ihre Verwendung nur auf die unumgänglich notwendigen Zwecke beschränkt, auch das Wiederaufarbeiten der gebrauchten Verbandstoffe im weitgehendsten Maße durchgeführt.

Eine ganz besondere technische Errungenschaft war der teilweise mögliche Ersatz der Verbandstoffe durch den Zellstoff. Für den Mull, der in Form von Mulltupfern, -Tüchern, -Kissen zur Wundbehandlung unentbehrlich ist, konnte ein Ersatz nicht in Frage kommen, da die Aufsaugfähigkeit des Mulls durch andere Stoffe auch nicht annähernd erreicht wird. Dagegen ließ sich der Ersatz der Mull- und Kambricitbinden durch Binden aus Zellstoff im weitgehendsten Maße durchführen.

Der Zellstoff wurde in dreifacher Weise verwendet. Einmal als Zellstoffwatte, die zwar schneller als Baumwollwatte Wundflüssigkeiten aufsaugt, aber im Gegensatz zu der schnell wieder trocknenden Baumwollwatte die Neigung hat, zusammenzukleben und die ausgesaugten Flüssigkeiten erst nach doppelt so langer Zeit wieder verdunsten zu lassen. Immerhin ist er erheblich wohlfeiler und für viele Zwecke ausreichend. Dasselbe gilt von den gekrauten, sogenannten Krepppapierbinden, die sich nur für trockene Verbände eignen. Nach einmaligem Gebrauch sind sie nicht mehr zu verwenden.

Endlich wurde der Zellstoff in ausgedehntem Maße verwendet zu den aus dem Zellstoffgewebe geschnittenen Binden, die, je nach der Garnstärke verschieden, ein dem Kambricit ähnliches Gewebe darstellen und wie alles Zellstoffgewebe die chirurgisch sehr wichtige Anforderung erfüllen, in trockenem Zustande im strömenden Wasserdampf sich gut keimfrei machen zu lassen. Ein Nachteil ist, daß man das Gewebe nur mit Vorsicht in feuchtem Zustande verwenden kann, weil es hierbei leicht reißt. Noch größere Vorsicht verlangte das Waschen. Für den chirurgischen Gebrauch wichtig ist die hinreichende Widerstandsfähigkeit des Zellstoffgewebes gegen Karbolwasser, Sublimatlösung usw. Dagegen mußten weingeisthaltige Flüssigkeiten vermieden werden, da sie die Reißfestigkeit des Gewebes erheblich herabsetzen.

Zellstoffgewebebinden konnten bis zu 10 mal gewaschen werden. Handtücher aus Zellstoffgewebe waren immerhin so widerstandsfähig, daß sie erst nach 12 maligem Waschen anfangen locker zu werden.

Es gelang der Zellstofftechnik auch für die Herstellung von Gipsbinden das Zellstoffgewebe geeignet zu machen.

Auch Verbandtücher, Hüftkissen, Sandsäcke, Handtücher, Schürzen wurden aus Zellstoffgewebe gearbeitet.

Die Rehrseite war der hohe Preis, der für alle Zellstoffgewebe gezahlt

werden mußte. Je dünner das Garn und je feiner der Zellstoff, wie bei den Binden, um so höher der Preis. Während 1 qm Mull sich auf 36 Pf. stellte, belief sich der Preis von 1 qm Zellstoffgewebe auf 4,50 M. Er betrug also das Fiffache! Immerhin mußten wir dankbar sein, den Zellstoff in beliebigen Mengen im eigenen Lande herstellen zu können, wenn es auch bedauerlich war, daß von diesem vergänglichen, teureren Stoff schon nach verhältnismäßig kurzer Zeit nichts übrig blieb, weil es sich in völlig wertlose Fäden auflöste.

Als guter Ersatz für wasserdichten Verbandstoff dienten Gummistoffe, wie die Stoffhaut unbrauchbarer Luftfahrzeuge, ferner Ölpapier und ein mit Azetylzellulose (Sterilin) getränktes Papier.

Jedenfalls wurde gerade bei den Baumwollstoffen durch die Art der Bewirtschaftung das erreicht, daß die Sanitätsdepots noch jetzt über genügend Vorräte verfügen.

Das Selbstverpacken und das Keimfreimachen der Preßstücke wurde auch im Kriege in eigener Verwaltung, unter eigener Verantwortung durchgeführt. Mittels einer hydraulischen Presse wurden 150 Preßstücke in einer Stunde angefertigt, während bereits im Frieden angewandte Handschraubenpressen nur 8, und elektrisch betriebene nur 12 Preßstücke in einer Stunde lieferten. Bei einem Betrieb, in dem täglich 2500 derartige Preßstücke angefertigt werden mußten, war eine Einrichtung auf Großbetrieb dringend erforderlich.

Welchen Umfang diese Zentralbeschaffungsstelle annahm, geht daraus hervor, daß in dem hierfür eingerichteten Gebäude des Hauptsanitätsdepots bei einem Personal von 600 Personen und Lagerräumen von 16 000 qm dauernd Verbandstoffe im Werte von rund 30 Millionen Mark lagerten.

#### d) Sanitätsbehältnisse, Sanitätswagen.

Auch die Sanitätsbehältnisse der Truppen erfuhren eine wesentliche Vervollkommnung. Für einen großen Teil neu ausgestellter Truppenteile wurden besondere Behältnisse geschaffen, wie Krankenträgerucksäcke, Sanitätsrucksäcke, Verbandkästen für Luftschiffe, Kraftwagen, für die erste Hilfe auf Eisenbahnstationen usw., andere bereits bestehende Behältnisse wurden den Kriegsbedürfnissen angepaßt. Vielfach war auch die Schwierigkeit der Rohstoffbeschaffung hierbei maßgebend, neue Muster aus anderen Stoffen herzustellen.

Die Errungenschaften der bakteriologischen Forschung und Technik wurden zeitgemäß ausgenutzt und verarbeitet in dem bereits im ersten Kriegsjahr neu zusammengestellten tragbaren bakteriologischen Arbeitsgerät zu 6 Koffern, das auch an übersichtlicher An-

ordnung und praktischer Raumausnutzung bei allen Bakteriologen vollste Anerkennung fand.

Neu eingerichtete Sanitätsdienststellen machten das Zusammenstellen neuer Sanitätsbehältnisse erforderlich. So wurde eine bis ins kleinste durchdachte transportable Ausrüstung für den Armeepathologen geschaffen in der Gestalt eines Segiertornisters, der alles für Leichenöffnungen erforderliche Gerät in einem als Tornister zu tragenden Behältnisse beherbergte.

Als technisch wichtig ist die Ausstattung der Etappen mit einem tragbaren chemischen Arbeitsgerät hervorzuheben, das einem Stabsapotheker in der beim Etappenarzt eingerichteten chemischen Untersuchungsstelle zur Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln usw. diente.

Völlig in sich abgeschlossen, von der übrigen Heeres-sanitätsausrüstung vielfach abweichend, war die den Tropenzone angepasste Sanitätsausrüstung, die, in Kisten verpackt, als Ausrüstung von Tragtieren diente. Für eine Sanitätskompagnie waren 200 Kisten, für ein Feld- oder Etappenlazarett 300 Kisten erforderlich, während für die Ausrüstung eines Etappen-sanitätsdepots 600 Kisten für 300 Tragtiere notwendig wurden. Die Menge der vom Hauptsanitätsdepot für solche Tropenformation abgegebenen Kisten belief sich auf 15 000 Kisten. In dieser Tropenausrüstung seien auch die Taschenapotheken erwähnt, deren Inhalt zu verwenden war, wenn der Arzt sich in nicht erreichbarer Entfernung befand. Sie enthielt neben den in den Tropen gebräuchlichsten Mitteln auch ein Wasserklär- und Entkeimungsmittel.

#### e) Krankenbeförderungsmittel.

Sehr bedeutungsvolle Fortschritte und Errungenschaften im Kriegsanitätsdienst im Vergleich zum Feldzug 1870/71 hat die Krankenbeförderung aufzuweisen. In voller Würdigung der Tatsache, daß die möglichst gut und schnell erfolgende Krankenbeförderung eine der wichtigsten Vorbedingungen für den günstigen Wundverlauf ist, wurden eine ganze Reihe technischer Neuerungen geschaffen, um diese Bedingungen zu erfüllen.

Die an und für sich bewährte Einheitskrankentrage erwies sich nicht für alle verschiedenen Fronten eines großen Krieges, sowie für die vorderen und rückwärtigen Abschnitte jedes einzelnen Kriegsschauplatzes bis in das Heimatgebiet hinein, als geeignet. Schützengraben, Gebirge, Krankenwagen, Lazarettzug stellten an die Krankentrage jeweilig andere Anforderungen. So ergab der Stellungskrieg sehr bald das Bedürfnis, ein besonderes, für das Befördern im Schützengraben, ge-

eignetes Krankentragenmuster herzustellen, das gestattete, den Verwundeten in eine nötigenfalls auch mehr oder weniger steil aufzurichtende Lage zu bringen, um ihn auch um die scharfen Ecken der engen Gräben zu befördern.

Zum leichten und raschen Befördern von Verwundeten auf Wegen, wurde ein neues Krankentragen-Rädergestell geschaffen, in das die Trage mit dem Verwundeten sehr leicht sich einhängen ließ. Die an Federn aufgehängte und pendelnde Trage ermöglichte eine schonende, größere Erschütterungen vermeidende Beförderung.

Um die Proviantwagen 95 an der Front auch für Krankenförderung nutzbar zu machen, wurde eine Krankentragevorrichtung eingeführt, die sich als praktisch und zuverlässig bewährte. 4 Stützen wurden in dem Proviantwagen angebracht, an denen 2 Traggurte mit Federn befestigt werden. Auf je einem Paar solcher Traggurte ruht federnd und pendelnd je eine Trage. Mit einem Wagen ließen sich mit dieser Vorrichtung 2 auf Tragen liegende Verwundete befördern.

Es würde zu weit führen, auf die verschiedenen, besonderen, während des Krieges eingeführten Wagen wie Desinfektionswagen, Badewagen usw. näher einzugehen.

In weitgehendstem Maße wurden als wesentlich technische Neuerung die Lastkraftwagen für die Verwundeten- und Krankenförderung nutzbar gemacht. Auch die Schmalspurbahnen aller Arten wurden zur Krankenförderung ausgenutzt.

Die vierachsigen, gefederten, planmäßigen Feldbahnwagen wurden als vorübergehende Herrichtung mit Federvorrichtungen oder als dauernde Herrichtung durch Aufbau von Seitenwänden und Dach hergestellt.

Mit Lokomotiv-, Draisinen-, Zugtier- oder Handbetrieb wurden endlich die zweiachsigen Förderbahnen verschiedenster Art, wie Artillerieförderwagen, Pionierwagen und andere verwendet. Ebenso die einachsigen Förderbahnwagen, sowie das bereits oben erwähnte Krankentragen-Rädergestell, das die zum Befördern auf Förderbahngleis passenden Räder mit Führungskranz und die passende Achsbreite hatte.

Auch die Lazarettzüge erfuhren vielfach technisch wesentliche Verbesserungen, da es insbesondere dank der Fürsorge praktisch veranlagter Chefärzte der Lazarettzüge, wie des unter mustergültiger Leitung stehenden Versuchs- und Musterzuges bekannt gewordenen Lazarettzuges 9 gelang, die Schädlichkeiten, denen der Kranke beim Rütteln und Schütteln der rollenden Wagen ausgesetzt ist, nach ihren Wesenseigenheiten, Ursachen und Umfang zu erkennen und zu beseitigen. Alle auch von den übrigen häufig rastlos auf Verbesserung sinnenden Chefärzten und auf deren Anregung von Firmen hergestellten Versuchsänderungen, wurden in dem

Vazarettzug 9 (Chefarzt Stabsarzt d. R. Professor Dr. Boll) vereinigt und erprobt.

Als technische Errungenschaft muß es bezeichnet werden, daß es gelang die verschiedenen Systeme durch ein völlig unperjönliches Prüferverfahren, dessen Einzelergebnisse sich selbsttätig niederschreiben, zu prüfen, die einzelnen Mängel zu erkennen und ihre Beseitigung zu ermöglichen. Mit Hilfe eines Schreibgeräts, ähnlich dem in der Erdbebenschreibung benutzten Erdbebenschreiber (Baurat Professor Stutsch) wurden die einzelnen bei der Fahrt zusammenwirkenden Stöße, sowie ferner die Teilbewegungen des auf der Trage im Zuge liegenden, gemessen, indem sie auf ein mit gleichbleibender Geschwindigkeit fortbewegtes Papierband aufgezeichnet wurden. Mit Sicherheit ergab sich, daß in dem stoßfrei fahrenden neuen Wagen 3. Klasse ein Druckfedertragengestell milder fährt, als ein Zugfedergestell, Wagen und Lagerstätte nahe der Lokomotive und nahe dem Zugende unruhiger fahren als Wagen der Zugmitte, daß aber das Querschwingen in der Zugmitte etwas stärker ist.

Von den Lagerstätten bewährte sich die planmäßig vorgesehene Vazarettzugkrantfrage in einem etwas abgeänderten Muster des Werkstattamts Tempelhof mit ausziehbaren Holmen am meisten.

Die technischen Errungenschaften erstrecken sich nicht nur auf die im Sanitätsdienst planmäßig vorgesehene Ausrüstung, sondern auch auf die während des Krieges äußerst sinnreich erfundenen und hergestellten Behelfsarbeiten, von denen die wirklich praktischen in die neu aufgestellten Anlagen der Kriegsjanitätsordnung als Behelfsarbeiten übernommen sind.

### f) Gaschutzgeräte.

Gasstamps- und Gasabwehrmittel sind bereits in Teil A ausführlich behandelt worden. Hier sollen nur in Kürze die technischen Neuerungen an den Gaschutzgeräten Erwähnung finden, die vorwiegend als zur Sanitätsausrüstung gehörig, vom Hauptjanitätsdepot Berlin beschafft wurden. Wie die Gasmaskenausrüstung der Feinde in vieler Beziehung das Erzeugnis der Nachahmung deutschen Vorbilds war, so kann das auch hinsichtlich der deutschen Gaschutzgeräte, Sauerstoffschutz- und Sauerstoffbehandlungsgeräte in ganz besonderem Maße gelten.

Der Drägersche Selbstretter hatte sich bereits im Frieden als die Frucht hochentwickelter Technik bewährt. Er erwies sich auch an der Front geeignet und gestattete einen Aufenthalt in giftigen Gasen in der Ruhe bis zu 45 Minuten, in Arbeit bis zu 30 Minuten.

Die beim Drägerwerk in Lübeck vom Hauptjanitätsdepot beschaffte Menge belief sich auf 84 000 Selbstretter nebst 400 000 Erprob.-Kasipatronen, 180 000 Sauerstoffzylindern und den übrigen Erprobteilen.

Um die erheblichen Kosten für das Instandsetzen dieser Geräte zu ersparen, wurden die Ergänzungen und Erneuerungen beim Hauptsanitätsdepot Berlin in eigener Werkstatte vorgenommen, dem 400 000 Selbstretter bis zum Kriegsende zuzugingen. Kleine Werkstätten wurden auch in den Etappen-sanitätsdepots, den späteren Gaschuhlagern, vorgenommen.

Eine Summe von praktischen Erfahrungen und Versuchen ist der seitens der Heeresverwaltung in Verbindung mit dem Drägerwerk geschaffene verbesserte Selbstretter das „Heeres-sauerstoff-Schuhgerät“, das als eine technische Neuerung ersten Grades zu bezeichnen ist. Schon äußerlich durch seine Bauart und Tragweise — unter der linken Achsel und vor der linken Brusthälfte zu tragen — wies es einen größeren Sauerstoffzylinder und eine größere Kalipatrone auf, die die Arbeitsdauer des Gerätes für Geübte bei vollständiger Körperruhe — Liegen oder Sitzen ohne Bewegung —  $3\frac{1}{2}$  bis 4 Stunden lang, bei ununterbrochener schwerer Arbeit, auch auf mühsamem Marsche bis zu einer Stunde ermöglichten. Eine weitere wesentliche Verbesserung gegenüber dem Selbstretter war ein Druckmesser, der ständig den Druck im Sauerstoffzylinder bei Arbeitsanfang und den Druckabfall während des Gerätegebrauchs ablesbar anzeigte. Ein- und Ausatemluft gingen getrennte Wege, die durch Ein- und Ausatemventil in den Ventilklappen gewiesen wurden. Von diesem Gerät, das auch den Sanitätskompagnien als Rettungsgerät diente, wurden 15 000 vom Hauptsanitätsdepot beim Drägerwerk beschafft und der Front zugeführt, wo sie sich ganz vorzüglich neben dem Selbstretter bewährten.

Zur ersten Hilfe bei Gasvergiftungen in den Lazaretten wurde als besonderes Gerät das Sauerstoff-Behandlungsgerät — der Hauptsache nach auch ein Dräger'sches Erzeugnis — eingeführt, das aus einem 1500 l Sauerstoff von 150 Luftfüße fassenden Stahlzylinder bestand und, mit Maske für Mund und Nase und anderen technischen Hilfsmitteln versehen, anfangs für die Behandlung eines Gasranken, später für die gleichzeitige Versorgung von zwei Gasranken mit Sauerstoff eingerichtet war. Als leicht zu beförderndes, auch im Schützengraben anzuwendendes „Truppensauerstoff-Behandlungsgerät“ bewährte es sich vorzüglich.

Daß man bei den zunehmenden Gaserkrankungen der Pferde auch ein besonderes Sauerstoff-Behandlungsgerät mit einer aus Metall hergestellten Mund- und Nasenmaske baute, die mit einem Wulst und einem Tragband über den Kopf des Pferdes festgehalten wurde, sei nur der Vollständigkeit wegen erwähnt.

Um nur völlig brauchbare und zuverlässige Sauerstoffgeräte und Erfaßteile der Front zuzuführen, wurden die sämtlichen Geräte vorher auf ihre Brauchbarkeit durch eine besondere Prüfungs- und Versuchsstelle für

Sauerstoffgeräte untersucht, der es zu verdanken ist, daß während des ganzen Gasschubkrieges Beanstandungen an diesen Geräten von der Front nicht einliefen.

So begegnen wir auf allen Gebieten des Sanitätswesens technischen Errungenschaften, von denen ein großer Teil wohl auch für die Zukunft erhalten bleiben wird.

Wenn es trotz der zweifellos blutigeren Schlachten im Weltkriege 1914—1918 erreicht ist, daß 86,6 v. H. der in die Feld- und Kriegslazarette übergeführten Kranken und 90,1 v. H. aller endgültig aus den Lazaretten Deutschlands Ausgeschiedenen wieder dienstfähig wurden, und nur 1 v. H. der in die Heimatlazarette ausgenommenen Verwundeten und Kranken gestorben sind, sowie daß Feldheer und Heimat von Kriegsseuchen verschont blieben, so sind diese Erfolge in erster Reihe der wissenschaftlichen hohen Durchbildung des gesamten Sanitätspersonals, insbesondere der Ärzte in chirurgischer und hygienischer Beziehung, daneben aber auch den technischen Errungenschaften des Sanitätswesens nicht an letzter Stelle, zuzuschreiben. Auch auf diese im Weltkriege errungenen technischen Erfolge darf das Heeres-sanitätswesen stets mit Stolz und Befriedigung zurückblicken.

## 2. Sanierungsanstalten.

Von Oberstabsarzt Prof. Dr. H. Heisch.

Schon im Winter 1914/15 stellte sich die Notwendigkeit heraus, Vorkehrungen zu treffen, um das Einschleppen von Seuchen in die an der Westfront kämpfenden Heeressteile und die Zivilbevölkerung des Heimatgebietes zu verhüten für den Fall, daß ein Übertritt großer Massen von Truppen oder Gefangenen über die Ostgrenze des Reiches stattfinden müßte. Es galt nicht nur, Krankheitserreger unschädlich zu machen, die auch an gefunden Personen und deren Kleidung haften und durch diese verschleppt werden können, sondern auch alles Ungeziefer zu beseitigen. Durch die Kleiderlaus werden bekanntlich das Fleckfieber (Flecktypus) und das Rückfallfieber übertragen, Krankheiten, die im Osten weit verbreitet sind. Die Läusebekämpfung war daher gerade an der Ostgrenze eine unerlässliche Forderung der vorbeugenden Gesundheitspflege.

Zunächst wurden große „Sanierungsanstalten“ von einer täglichen Leistungsfähigkeit von je 12 000 Mann eingerichtet in Eydtuhnen, Proßten, Ilowo, Alexandrowo, Kalisch, Stradom bei Czestochau und Sosnowice. Später folgten gleich große Anstalten in Rosenheim (Bayern)

und in Oppeln, eine von 6000 Mann Tagesleistung in Plattling (Bayern) und verschiedene andere kleinere Anstalten. An der Westgrenze wurde der Bau von Sanierungsanstalten erst gegen Ende des Krieges notwendig. Die Gefahr der Seucheneinschleppung war hier unvergleichlich geringer; zudem waren im westlichen Operations- und Etappengebiet im Laufe der Zeit eine große Anzahl leistungsfähiger Entlausungsanstalten entstanden, die allen Anforderungen genügten.

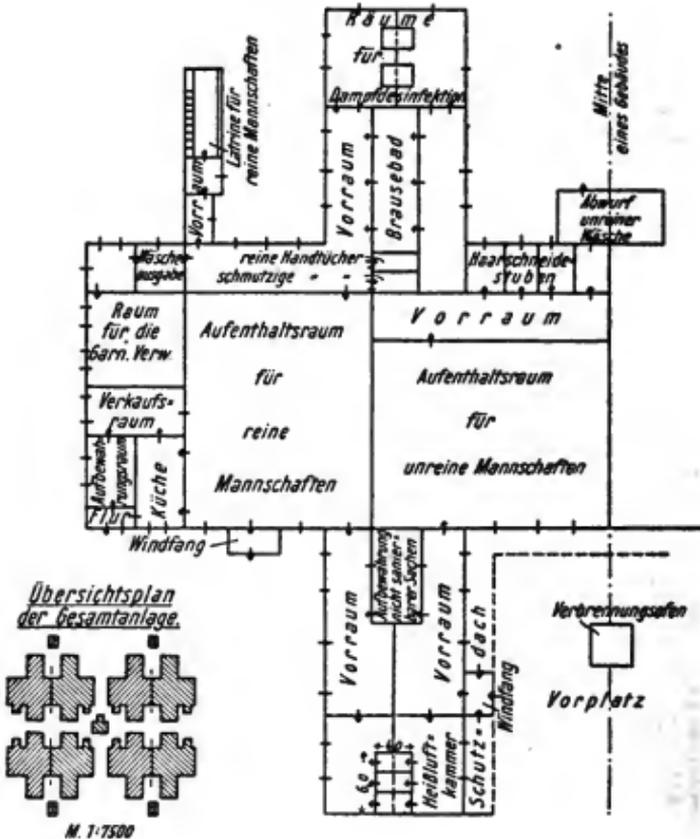
Die folgenden Ausführungen beziehen sich zunächst auf die erwähnten großen Anstalten, die zur Sanierung großer Transporte eingerichtet waren. In ihnen wurden alle Personen der eintausenden Truppentransporte gründlich gebadet, nötigenfalls auch geschoren, und Unteroffiziere und Mannschaften mit neuer Wäsche versehen. Ferner wurden die gesamten am Körper getragenen Kleidungs- und Ausrüstungsstücke (bei den Offizieren usw. auch die Leibwäsche) desinfiziert und von Ungeziefer befreit. Die gesamten Sanierungsmaßnahmen und die sich an sie anschließende warme Beköstigung mußten so beschleunigt werden, daß die Transporte 8 Stunden nach der Ankunft in neu herangeführten, seuchen- und läusefreien Zügen weitertransportiert werden konnten.

Die Desinfektion der Tuchsachen und Wäsche erfolgte in großen, den neuzeitlichen Anforderungen entsprechenden Apparaten durch gespannten Dampf. Für die Bekleidungs- und Ausrüstungsstücke, die Dampfdesinfektion nicht vertragen, aber der Entlausung bedürfen — also besonders lederbefegte Reithosen, Stiefel, Tornister, Koppel, Brotbeutel, Pelze, Gummimäntel, Hofenträger, Brustbeutel usw. — waren in der Regel Heißluftkammern vorgeesehen, in einer Anstalt Schwefelkammern.

Die Räume der Anstalt waren baulich so angelegt, daß die Leute in zwangsmäßiger Richtung von dem Eingang in die „unreine Seite“ nach Abgabe ihrer Sachen durch das Brausebad in die „reine Seite“ übertreten mußten, wo sie nach der gründlichen Reinigung des Körpers neue Wäsche empfangen und beköstigt wurden (s. Skizze S. 588). Nachher erhielten sie dann ihre inzwischen desinfizierten bzw. entlauseten Sachen zurück. Die abgelegte Leibwäsche wurde in betriebsruhigen Zeiten entlauset, gewaschen und den Intendanturen zur Weiterverwendung überwiesen. Jede Anstalt bestand aus 8 gleichen, in sich völlig abgeschlossenen, d. h. auch mit gesonderten Küchen, Latrinen usw. versehenen Einzelabteilungen (Sektoren), die um das zentral gelegene Maschinenhaus gruppiert waren (s. umstehenden Lageplan).

Etwa in der Mitte der Gesamtanlage war eine besondere Bade- und Desinfektionsanstalt für Offiziere eingerichtet, die auch einige Bademannen enthielt. Die gesamten Bekleidungs- und Ausrüstungsstücke wurden hier

in Vakuum-Formaldehyd-Dampfdesinfektionsapparaten gleichzeitig desinfiziert und von Ungeziefer befreit.



Die Versorgung der Anstalten mit Dampf für die Dampfdesinfektionsapparate, die Heißluftkammern, die Brausebäder, die Waschanstalt und die Lichterzeugung erforderte die Aufstellung großer und hinreichend leistungsfähiger Maschinen. Dem Maschinenhaus war eine Waschanstalt angegliedert. Diese war durch Aufstellung von Dampfwaschmaschinen, Schleudern, Kullissentrodenapparaten und Dampf-mangeln in ihrer Leistungsfähigkeit so bemessen, daß bei Vollbetrieb nur

die an jedem Tage benötigten 12 000 Handtücher gewaschen und gerollt werden konnten.

Der Bedarf an hygienisch einwandfreiem Wasser betrug täglich 650 bis 700 cbm. Die Abwässer waren vor der Ableitung durch Kaltmilch zu desinfizieren. Zur Beseitigung der in ziemlich erheblichen Mengen zurückbleibenden wertlosen Sachen und Abfälle waren bei den einzelnen Abteilungen auf der unreinen Seite Korische Verbrennungsofen aufgestellt.

Jede Anstalt war einem Chefarzt unterstellt. Dieser verfügte über 3 Hülfärzte, 3 Inspektoren und ein Sanierungskommando von etwa 360 Mann (einschließlich 10 v. S. Unteroffiziere) mit dem erforderlichen Fachpersonal (Maschinenkundige usw.).

Technisch bot zunächst die schnelle, gleichzeitige Entlausung größerer Mengen von Bekleidungs- und Ausrüstungsstücken, die die Behandlung mit Wasserdampf nicht vertragen, Schwierigkeiten. Es wurde hier die Heißluftbehandlung gewählt. Um in zwei Stunden alle Läuse und Lauseneier mit Sicherheit zu vernichten, muß sich in allen Teilen der diesen Zwecken dienenden Kammern und der in ihnen aufgehängten Sachen eine Temperatur von 70 bis 80 ° C schnell erreichen und gleichmäßig erhalten lassen. Diese Forderung ist trotz aller Bemühungen sehr schwer zu erfüllen. Sowohl hinsichtlich der Beheizungsweise, wie in der Fernmeldung der an einzelnen Stellen der Kammern erreichten Temperaturen wurden unter dankenswerter Mitarbeit hervorragender Techniker alle möglichen Variationen erprobt, ohne daß ein völlig zufriedenstellender Erfolg erzielt wurde. Die Hitze stieg entweder an einzelnen Stellen der Kammern zu hoch an und schädigte dann empfindliche Sachen, oder aber sie blieb an anderen Stellen zu niedrig und war dann den Läusen gegenüber wirkungslos. Am schwierigsten waren längere Zeit gleichbleibende Hitzegrade natürlich zu erreichen bei ruhender Heißluft, aber auch, als man zu bewegter Heißluft überging, wurden die Erfolge nicht viel besser. Am besten hat sich hier schließlich noch das sogenannte Präzessionsverfahren\*) bewährt, bei dem außerhalb der Kammer erhitzte Luft mit genügender Schnelligkeit in einem Kreislauf durch die nach besonderer Vorschrift aufgehängten Sachen von unten nach oben hindurchgepreßt wird. Die Einwirkung der Heißluft kann hierbei auf eine Stunde verringert werden.

In einer der großen Anstalten waren, wie schon erwähnt, an Stelle der Heißluftkammern Schwefelkammern vorgesehen. Schwefelige

\*) Nähere Angaben über ein solches Verfahren hat Baerthlein im „Zentralblatt für Bakteriologie und Infektionskrankheiten“, Band 78, veröffentlicht.

Säure vernichtet bei einer Konzentration von 2 Volumprozent in sechs Stunden, bei einer Konzentration von 3 Volumprozent in vier Stunden Läuse und Nisse in zuverlässiger Weise. Das Gas wurde durch Verbrennung von Schwefelkohlenstoffgemisch (90 Gew. Proz. Schwefelkohlenstoff, 5 Gew. Proz. Wasser, 5 Gew. Proz. denatur. Spiritus), in gasdicht hergestellten Kammern entwickelt, in denen die Kleidungs- und Ausrüstungsstücke locker auf Bügeln aufgehängt waren. Das Verfahren hat sich im allgemeinen gut bewährt. Es hat aber den Nachteil, daß das Gas von feuchten Sachen begierig aufgenommen und lange zurückgehalten wird. Auch können besonders bei feuchten Stoffen Beschädigungen unter Umständen dadurch entstehen, daß sich die schweflige Säure zu Schwefelsäure umseht, die die Gewebsfasern angreift. Im weiteren Verlauf der Kriege entstanden infolge des Rohstoffmangels auch Schwierigkeiten, den für einen Dauerbetrieb nicht unerheblichen Schwefelbedarf sicherzustellen.

Die geschilderten Schwierigkeiten und die mit der Zeit immer häufiger laut werdenden Klagen der Truppen, daß durch die Anwendung von Heißluft und Dampf bei der wiederholten Entlausung, die infolge der starken und sehr schwer zu bekämpfenden Läuseplage notwendig war, nicht nur Lederfellen und Pelze, sondern auch die Tuchstoffe doch ziemlich erheblich geschädigt würden, zwangen schließlich dazu, das Blausäureverfahren heranzuziehen. Die Blausäure war zur Bekämpfung tierischer Schädlinge namentlich von den Amerikanern schon seit längerer Zeit mit gutem Erfolg verwendet worden und wurde für die Entlausung zuerst von Leichmann empfohlen. Der Hauptvorteil dieses Verfahrens\*) besteht in der völligen Unschädlichkeit des Gases für alle in Betracht kommenden Stoffe, in seinem guten Durchbringungsvermögen und der dadurch bedingten schnellen Wirkung. Sehr wesentlich zu seinem Vorteil sprach weiterhin, in Rücksicht auf die in der späteren Kriegszeit oft schwierige Frage der Kohlenverforgung, die Unabhängigkeit von maschinellen und Heizungsvoorrichtungen. Die Blausäure (Cyanwasserstoff) wird durch Vermischen bestimmter Mengen von Cyannatrium, Abfallsäure und Wasser in einfachen Holzbottichen entwickelt und vernichtet bei einer Konzentration von 2 Volumprozent im Raume innerhalb einer Stunde in sicherer Weise alle Läuse und Läusebrut. Der einzige Nachteil des Verfahrens ist die außerordentliche Giftigkeit des Gases für den Menschen. Die Blausäuredurchgasung darf nur unter strengster Beobachtung der gegebenen Bestimmungen von besonders ausgebildeten, ärztlich überwachten und mit Schutzausrüstungen (Sauerstoffschußgerät) versehenen Personen aus-

\*) Vgl. Heftsch, Ungeziefervernichtung durch Blausäuregas. „Deutsche Militärärztliche Zeitschrift“ 1918, Heft 1 bis 2.

geführt werden. Die Blausäurekammern sind freistehend so anzulegen, daß eine Gefährdung der Nachbarschaft durch austretendes Gas ausgeschlossen ist. Sie müssen völlig gasdicht sein und sich mit Hilfe eines Ventilators und eines 4 bis 5 m hohen Schornsteins schnell und gründlich von dem Gas befreien lassen. Nach Beendigung der Durchgasung müssen die Kleider im Freien gründlich ausgeschüttelt und geklopft werden, damit die Reste des Gases aus den Geweben entfernt werden. Bei strenger Befolgung aller Vorschriften sind Unfälle, wie die Erfahrung in zahlreichen Blausäureentlausungsanstalten gezeigt hat, sicher vermeidbar.

Sanierungsanstalten, wie sie hier kurz geschildert wurden, sind ein für die Gesundheitspflege der Truppen und für die Fernhaltung der Seuchen vom Heimatgebiet unentbehrliches Hilfsmittel der modernen Kriegsführung. Wenn man in Betracht zieht, daß die von der Heeresverwaltung für diese Zwecke getroffenen Einrichtungen neben ihrer ursprünglichen Bestimmung auch zur Entlausung der großen Mengen von Kriegsgefangenen, der vom Osten nach Deutschland einwandernden polnischen Saisonarbeiter, der Einzelreisenden und schließlich auch der einheimischen Bevölkerung der besetzten Gebiete herangezogen wurden, so kann man den Nutzen der in ihnen geleisteten Arbeit nicht hoch genug bewerten. Verheerende Seuchen sind in früheren Zeiten ständige Begleiterscheinungen aller Kriege gewesen. Die Tatsache, daß das deutsche Heer und das deutsche Volk in dem hinter uns liegenden langen Verzeiwlungslampf von größeren Epidemien völlig verschont blieb, ist sicherlich zu einem großen Teil der vorausschauenden Fürsorge zu danken, die diese Einrichtungen schuf.

### 3. Künstliche Glieder usw.

Von Dr. R. Radtke.

(Hierzu die Abbildungen Tafel 24.)

Die Zahl der Amputierten, Gelähmten und sonst Verkrüppelten, die vor dem Weltkriege mit künstlichen Gliedern, Stützapparaten usw. versorgt worden sind, war nicht groß; und dementsprechend waren die Erfahrungen auf diesem Gebiet nur einem verhältnismäßig kleinen Kreise von Sachverständigen vorbehalten geblieben. Der Weltkrieg mit seiner ungeheuren Verwundetenzahl hat in dieser Beziehung einen vollständigen Wandel herbeigeführt. Nur durch die Vereinigung wissenschaftlicher Untersuchung und praktischer Erfahrung unter Anwendung zahlreicher technischer Hilfsmittel konnte die Möglichkeit geschaffen werden, richtige Ersatzglieder auszuwählen, sie technisch zu vervollständigen und, was besonders wichtig ist, sie als Massenfabrikat herzustellen. Von den Ersatzgliedern mußte alles das, was fabrikmäßig hergestellt werden kann, als Massenartikel hergestellt

werden. Um den Verletzten unabhängig von dem Verfertiger seines Kunstgliedes zu machen, wurde eine weitgehende Normalisierung der einzelnen Teile in die Wege geleitet. Diese Arbeit konnte nur geleistet werden durch die Vereinigung von Ärzten, Ingenieuren und Orthopädie-Mechanikern. Sie erfolgte in einigen großen Lazaretten und ist besonders in der Prüfstelle für Ersatzglieder in Berlin-Charlottenburg, nach deren Vorbild weitere Prüfstellen in Düsseldorf, Dresden, Danzig, Nürnberg, Karlsruhe, Gleiwitz, Hamburg, Stuttgart gegründet worden sind, durchgeführt.

Wir unterscheiden bei den künstlichen Gliedern (Ersatzgliedern, Prothesen) zwei Hauptteile:

1. Die Bandagen,
2. die damit verbundenen Arme und Beine.

#### a) Arme.

Der Arm gliedert sich in den eigentlichen Armteil (Ober- und Unterarm), die Hand oder das Anfaßtstück, d. h. den Handersatz.

Unter den Armen unterscheiden wir zwei Hauptgruppen:

1. Arbeitsarme,
2. willkürlich bewegte Arme.

1. **Arbeitsarme.** Der Arbeitsarm hat in seiner äußeren Form — je mehr der Charakter als ausschließliches Arbeitsgerät betont ist — sich immer weiter von der des alten Schmutzarms entfernt.

Unterarmamputierte erhalten für die Arbeit Stumpfhülsen und je nach der Art ihrer Arbeit als Handgelenk ein Kugelgelenk oder ein Drehgelenk; Oberarmamputierte ein Ellbogen- und Handgelenk. Im Schultergelenk Exartikulierte erhalten entweder als Ersatz des Schultergelenkes eine Bandage mit einem feststellbaren Cardan- oder Kugelgelenk oder eine solche, bei der auf die Bewegung im Schultergelenk verzichtet wird.

Die Arbeitsarme zerfallen in zwei Hauptgruppen je nach der Art des bei ihnen verwandten Ellbogengelenkes.

1. In solche mit Reibungsgelenken,
2. in solche mit Rastengelenken.

Zu den Armen mit Reibungsgelenken gehören z. B. der Roto-Arm (Tafel 24,1), der Arm von Sagenberg, Heimatdank Leipzig, Gerber-Wien, Seefelder-Berlin, Geffers-Berlin, Luer-Kassel, Referdelazarett Allenstein. Rastnarmer sind der Brandenburg-Arm (Tafel 24,2), der Tannenberg-Arm, der Arm von Coloman Rath, Riedinger, Söhlmann, Riey, Zuelzer, Hoffmann, Windler u. a.

Beim Reibungsgelenk erfolgt die Feststellung durch Anpassen von

schalenartigen Flächen an eine Kugel oder an einen Hohlzylinder (Ring), an einen Zapfen. Es handelt sich also um eine Einrichtung nach Art der Bremse. Bei den Rastengelenken erfolgt die Feststellung durch Einstellung eines Zahnes oder Dornes in entsprechende Einschnitte oder Vertiefungen. Der Vorteil des Reibungsgelenkes liegt in der Feststellungsmöglichkeit in jeder gewünschten Lage; der Nachteil ist, daß es bei Druck oder Stoß früher oder später nachgibt. Das Rastengelenk hat den Vorteil der fast absoluten Sicherheit der Feststellung; den Nachteil dagegen, daß es sich nur in einigen bestimmten Lagen feststellen läßt.

Als Handgelenk für vielseitige Betätigung bei nicht zu großer Belastung eignet sich am besten das Kugelgelenk, für schwere Arbeiten, speziell in der Landwirtschaft, das Drehgelenk.

2. *Willkürlich bewegte Arme.* Der willkürlich bewegte Arm stellt das Ideal eines Armersahes dar, denn durch ihn müßte der Amputierte fähig sein, alle notwendigen Bewegungen entsprechend seinem Willen auszuführen. Willkürlich bewegte Arme hat es bereits vor dem Kriege gegeben. Sie sind aber in Deutschland nur wenig bekannt gewesen und bildeten nur ein Kuriosum in wissenschaftlichen Sammlungen und Veröffentlichungen. In Amerika ist bereits seit etwa 10 Jahren die fabrikmäßige Herstellung von willkürlich bewegten Armen in die Wege geleitet, und zwar durch die Fabrik von Carnes. Dieser *Carnes-Arm* (Tafel 24,a) stellt eine sehr glückliche Vereinigung der wertvollsten Teile älterer Konstruktionen dar, bringt aber eine Reihe außerordentlich wichtiger Verbesserungen. Die Ausführung ist technisch einwandfrei. Die Aufhängung ist eine sehr leichte, sie erfolgt durch eine brustfreie Bandage.

Vor neueren willkürlichen Armen ist ferner der Arm von Lange-München, Spidermann, Blumenthal, Troendle zu erwähnen.

*Hände*, die in derselben Weise betätigt werden können, und die auf ähnlichen Prinzipien beruhen, wie die Carnes-Hand, sind die Hand von Will, Siemens-Schuckert, Hüfner, Bindler-Budzjinsty, Bethje, Fischer, Sauerbruch.

Auf der von Dalisch zuerst benutzten Drehung des Unterarmes zur Betätigung der Hand beruht der Dreharm von Härtel und der Wiener Dreharm (Feldscharek, Walter). Eine Anzahl von Unterarmkonstruktionen bedienen sich nach dem Vorgange von Charrière starrer Hebelverbindungen, um durch die Bewegungen des Unterarmes gegen den Oberarm Kräfte zur Betätigung der Hand oder einer Zange zum Greifen und Festhalten zu gewinnen. In ähnlicher Weise sind die Arme von Dalisch, Leiter, Mietens, Jaks gebaut.

Einen neuen Weg zur Gewinnung von Kraftquellen ging Sauerbruch, der nach dem Vorbilde von Bagnhetti den *Muskelstump*

durch eine Operation direkt mit dem Ersatzarm in Verbindung brachte (Tafel 24,6). Der dadurch gewonnene Vorteil leuchtet ein: die Zahl der Kraftquellen, die für die Betätigung der Bewegungen des Armes und der Hand zur Verfügung stehen, wird größer als bei den anderen willkürlichen Armen. Die Bewegungen selbst werden natürlicher.

Die Hände der Kunstarme werden aus Holz, Zelluloid, Fieber, Filz oder Leichtmetall hergestellt. Die Finger sind meistens starr, nur der Daumen ist beweglich. Selbstverständlich existieren sehr viele Abweichungen von dieser allgemeinen Form. Auf diese kann hier nicht näher eingegangen werden.

Das Arbeitsanfaßstück stellt einen Handersaß dar. Die ältesten und einfachsten Anfaßstücke sind der Ring und der Haken, die heute noch sowohl in dieser einfachen Form wie in unzähligen Kombinationen und Modifikationen im Gebrauch sind. Im allgemeinen ist, je einfacher ein Anfaßstück ist, desto größer seine Brauchbarkeit. Von den bekannteren erwähnen wir die Nyropsche Klaue, die Fischerklaue und als diejenige, die als Universalanfaßstück für die Landwirtschaft, wenigstens in letzter Zeit am bekanntesten geworden ist, die Kellerhand (Tafel 24,4). Außer diesen genannten Arbeitsanfaßen gibt es noch eine Unzahl von Spezialanfaßen für die verschiedenen Einrichtungen. Jagenberg, Röta, Siemens-Schudert haben für ihre Arme besondere Zusammenstellungen von Anfaßstücken geschaffen. Für die einzelnen Berufe sind die passenden Anfaßstücke von der Prüfstelle für Ersatzglieder Berlin erprobt und zusammengestellt worden.

#### b) Beine.

Beim Beginn des Weltkrieges verfügten wir für die Beinversorgung bereits über eine Reihe guter, erprobter Modelle, die teils auch heute noch unverändert, teils in etwas veränderter Form Verwendung finden. Um die Beinamputierten möglichst schnell zu versorgen, wurde im allgemeinen ihnen zunächst ein Behelbsbein (Immediat-Prothese, Lazarettbein, provisorische Prothese) gegeben. Diese bestehen bei Oberschenkelamputierten meistens aus einem einfachen Stahlgerüst (nach Spitz), mit einem Sitzring aus Gips, oder einem sonstigen Ersatzstoff (Stahlkorb, Rohrgeflecht und dergleichen). Das Kniegelenk ist nach der Vorschrift von Hoestmann zwecks Erreichung guter Standsicherheit rückverlagert. Als Fuß wird gewöhnlich eine einfache Stahlplatte gegeben.

Die definitiven Prothesen zerfallen in zwei Hauptgruppen. Die eine umfaßt die Gruppe der Beine mit Seitenschienens und Ledertrichtern (Tafel 24,5), die andere die der Holzbeine (Tafel 24,7). Die Ledertrichter sind entweder geschlossen oder schnürbar, damit sie bei Stumpfschwund nachgeschnürt werden können, eingerichtet. Beine beider Arten werden in or-

thopädischen Werkstätten der Fachärzte und von den verschiedensten Orthopädie-Mechanikern und Bandagisten in Deutschland hergestellt. Stelzbeine werden zweckmäßig heute noch in Fällen gegeben, wo die Amputierten viel auf schlechten Wegen zu gehen oder lange zu stehen haben.

Das Kunstbein entspricht, was die Zahl der vorhandenen Gelenke anbelangt, in derselben Weise, wie der Kunstarm, dem Amputationsgrade. Unbedingt erforderlich ist der Ersatz des fehlenden Knie- und Hüftgelenkes. Auf das Knöchelgelenk kann unter Umständen verzichtet werden und statt dessen der Fuß mit ein oder zwei Sohlengelenken versehen werden.

Der künstliche Fuß muß einfach und standfest, doch elastisch sein. Die Elastizität erreichen wir durch Einfügung von Gummipuffern oder Federn im Knöchelgelenk oder dadurch, daß der ganze Fuß aus Filz oder Gummi hergestellt wird.

Das Kniegelenk setzt sich aus 4 Hauptelementen zusammen:

1. Dem Achsenlager,
2. der Schließfeder,
3. dem Anschlag,
4. der Feststellvorrichtung.

Die Achse ist entweder durchgehend oder geteilt.

Als Schließfeder wird entweder eine Zug-, Druck- oder Torsionsfeder angebracht.

Im unmittelbaren Zusammenhang mit der Schließfeder stehen die Anschläge des künstlichen Gelenkes für die Strecklage und für die Sitzlage.

Die Feststellvorrichtung besteht entweder in einer Stelzvorrichtung oder einer Bremseneinrichtung im Kniegelenk.

Für Unterschenkelamputierte werden Kunstbeine gegeben, die entweder durch Riemen mit weichen oder halbstarren Schellen, die oberhalb des Knies befestigt sind, in Verbindung stehen, oder es wird der Unterschenkelteil durch Kniescharniergelenk mit einem Oberschenkelteil verbunden, der etwa bis zur halben Höhe des Oberschenkels geht. Für empfindliche und kürzere Stümpfe müssen wenigstens für die erste Zeit Beine mit Sitzring gegeben werden.

Fußamputierte (Pirogoff) erhalten zweckmäßig ein Unterschenkelbein, ohne Fußgelenk, aber mit zwei Sohlengelenken. Für teilweise Fußamputierte müssen Sonderkonstruktionen in Anwendung kommen.

Zu erwähnen ist noch, daß für besonders schwierige Fälle von Arm- und Beinamputation Sonderkonstruktionen geschaffen sind. Sie betreffen die Kurzstümpfe, die im Schultergelenk artikulierten und die Doppeltamputierten. Was die Doppeltamputierten anlangt, so können dieselben nur mit Hilfe von willkürlich be-

wegen Armen von ihrer Umgebung unabhängig gemacht und befähigt werden, sich in unauffälliger Weise zwischen ihren Mitmenschen zu bewegen.

Doppeltoberschenkelamputierte können auch mit den besten Ersatzbeinen nur kurze Strecken gehen. Um weitere Strecken zurücklegen zu können, bedürfen die Doppeltoberschenkelamputierten eines Selbstfahrers.

#### e) Stützapparate.

Außer den Ersatzgliedern für Arme und für Beine sind im Kriege für Lähmungen, Schlottergelenke und Verkürzungen der Glieder eine große Reihe von Apparaten angegeben worden. Die größte Zahl der Konstruktionen betrifft die für Handlähmungen. Die Handstützen bei Handlähmungen bestehen aus zwei Teilen: Aus den am Unterarm befestigten Hülsen, Schellen oder Riemen und aus dem die Hand oder die Finger stützenden Teilen. Wir unterscheiden halbstarre Stützen, Stützen ohne Fingerhebung, mit unten liegenden, mit oben liegenden, mit seitlich liegenden Schienen und Stützen mit Fingerhebung.

Für Arm- und Beinlähmungen werden im allgemeinen heftingsche Schienenhülsenapparate gegeben. Die Fußlähmung, bei der der Fuß nicht gehoben werden kann, hat Anlaß zur Konstruktion zahlreicher Apparate gegeben. Von ihnen sind allerdings die meisten schon vor dem Kriege bekannt gewesen. Die Neuhinzugekommenen stellen in der Hauptsache nur eine Abänderung älterer Konstruktionen dar.

Für die Schlottergelenke und falschen Gelenke infolge des Fehlens großer Knochenstücke, werden der Hauptsache nach Schienenhülsenapparate gegeben. In einzelnen Fällen kommen Sonderkonstruktionen in Anwendung, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

#### d) Ersatzstoffe.

Der Mangel an Leder zwang nach Ersatzmaterial für die Arm- und Beinhülsen zu suchen. Als Ersatzstoffe standen uns 1. das Holz, 2. erhärtende bildsame Massen, 3. Metall, 4. Zelluloid und Zellen zur Verfügung. Zu den erhärtenden Massen gehören: die Hülsen aus Gips- oder Leimbinden, oder aus Mischungen von Gips, Leim oder Sägespänen, aus Leim und Papier, aus Schellack, Spiritus und Asbest. Die Gips-hülsen können durch einen Überzug von Zelluloid widerstandsfähiger gemacht werden. Die Verwendung des Zelluloid in der Orthopädie ist alt und in der Technik bekannt. Infolge seiner Feuergefahrlichkeit ist verschiedentlich Zellon, der feuerfeste Ersatz des Zelluloid, zur Verwendung gekommen. Als Metall ist für die Oberschenkelhülsen Stahl- und auch Weißblech benutzt worden, besonders zu der Herstellung von Lazarettbeinen. Eine vielseitige Verwendung fand das Leichtmetall für

die Gelenkteile künstlicher Arme, für die Hände und Füße. In letzter Zeit ist auch ein ganzes Bein aus Leichtmetall hergestellt worden (Würzburger Universalbein).

#### e) Normalisierung.

Zum Zwecke der fabrikmäßigen Herstellung und Auswechslung der einzelnen verbrauchten Teile sind normalisiert worden:

1. Die Schraubengewinde,
2. die Aufnahmebohrung und der Zapfen der Ansaßstücke,
3. die Anschlußstücke zur Befestigung der Armgeräte an der Bandage,
4. die Riemenverbindungschrauben und Riemendrehnieten.

Beabsichtigt ist ferner die Normalisierung der Kniegelenkteile entsprechend den Vorgängen in Österreich.

#### f) Leistungsfähigkeit der Amputierten mit den Ersahgliedern usw.

Die Leistungsfähigkeit der Amputierten und sonstigen Schwerverletzten wird durch die Ersahglieder, Stützapparate usw. erfahrungsgemäß erheblich verbessert. Armbeschädigte können in Industrie und Landwirtschaft bis zu 60 v. H. ihrer alten Arbeitsfähigkeit wiedererlangen, Beinbeschädigte in der Industrie etwas höher. Voraussetzung ist, daß bei der Auswahl der Arbeit bestimmte Rücksichten genommen werden. Während des Krieges ist in der Rüstungsindustrie eine große Anzahl von derartig Verletzten erfolgreich beschäftigt gewesen.

\* \* \*

Die hochentwickelte Technik des Krieges hat in erster Linie und in weitestem Umfange Zerstörungs- und Vernichtungswerkzeuge geschaffen; sie ist aber auch bestrebt gewesen, das Elend zu lindern und Kriegsbeschädigte wieder arbeitsfähig und arbeitsfroh zu machen. Daß das in einem in früheren Kriegen nie erreichten Maße geschehen ist, daß deutsche Ärzte und geschickte Techniker sehr vieles gewollt und erreicht haben, ist in diesen letzten Blättern dargetan.

## Schlußwort.

Das Buch ist zu Ende. Wer seinen Inhalt auf sich hat wirken lassen, wird den im Vorwort ausgesprochenen Worten zustimmen, daß man nur voll stolzer Erhebung und in tiefster Erschütterung die unzählbaren technischen Großtaten verfolgen könne, die das deutsche Volk in dieser furchtbaren Kriegszeit vollbracht hat.

Das in Jahrzehnten durch rastlosen Fleiß, durch unermüdlische Arbeitsfreude und hingebende Pflichterfüllung ausgerichtete Wirtschaftsgebäude, das allein solche Taten ermöglichte, auf die die ganze Welt voll heimlicher Bewunderung sah und mit wachsendem Neid, ist vernichtet. Und soll vernichtet bleiben! Das war der Zweck des uns ausgezwungenen Krieges und ist der Zweck des uns auferlegten Gewaltfriedens, dessen furchtbare Wirkung erst die Zukunft offenbaren wird.

Was in ihm beschlossen liegt, ist Ausbeutung der gesamten geistigen und körperlichen Kraft des deutschen Volkes für fremde Interessen auf Jahrzehnte. Sich hiermit zu bescheiden, das kann aber nicht genügen, wenn Deutschland je wieder lebensfähig und in späterer Zukunft wieder lebensfroh werden will. Die Möglichkeiten dazu sind, trotz der ungeheuren Verluste, die uns der Friedensschluß brachte, auch heute noch vorhanden. Die Schätze, die uns verblieben sind, bedürfen nur einer aufs höchste gesteigerten Ausbeute; und so viele Fortschritte, die der Krieg für seine Zwecke erzwang, geben jetzt in sorgsamem Ausbau die Grundlage zur Schaffung neuer Friedenswerte. Aber ein Übermenschliches ist dazu unerläßlich an Pflichttreue und Arbeit.

Diese Forderung aufzustellen erscheint heute um so verwegener, als das Volk in seiner Masse diesen Zwang noch nicht erkennen will. Ob es erst dazu kommen muß, daß der Hunger die Notwendigkeit der gesteigerten Arbeit auch dem Letzten einprägt, das wird die nahe Zukunft lehren. Heute noch ist der Wille zur körperlichen Arbeit gering — das lähmt auch die Kraft der geistigen Arbeiter. In diesen aber lebt die Energie mehr denn je. Was sie vor dem Kriege und im Kriege Gewaltiges schufen, ist die Grundlage ihres Wollens und der Ansporn, sich in noch größeren Leistungen selbst zu übertreffen. Hier ist ein Arbeitszwang nicht nötig, der für die Männer der körperlichen Arbeit heute noch fast unvermeidlich erscheint.

Arbeit und nochmals Arbeit bleibt als die einzige Möglichkeit unseres staatlichen und völkischen Weiterlebens. Aber die Gemeinsamkeit und die Unterordnung, die vor und im Kriege die Arbeit aller sinnvoll zum Erfolg

gestaltete, löst sich heute im Mitbestimmungsrecht politisch — nicht nur wirtschaftlich — orientierter Persönlichkeiten zum Chaos auf. So muß die Entwicklung gelähmt bleiben, bis auch hier die Erkenntnis kommt, daß die erzwungene Unterordnung des Krieges abgelöst werden muß durch eine freiwillige Unterordnung, die unter klarer, kluger Führung das Höchste zum Nutzen des Ganzen und damit auch jedes Einzelnen erstrebt. Ist das erreicht, dann wird unser Volk doch wieder seine überlegene Stellung in der Welt erreichen.

Die Erfolge im Kriege, unter härtestem Druck und Zwang gewonnen, waren Großtaten höchster Ordnung — sie sind die Hoffnung auf eine starke Zukunft. Wie groß sie waren, haben Volk und Welt bisher nicht gewußt. Diese Blätter sind der erste Versuch, sie zu würdigen; es erwache aus ihnen der berechtigte Stolz auf das Vergangene — es erblühe aus ihnen die feste, unbeirrbarere Zuversicht auf eine große, bessere Zeit!

---

## Sachverzeichnis.

- A I., II., III-Boote 349, 362.  
Abfallzerwertung (Lebensm.) 503. (Faserstoffe) 526.  
Abgangswirtschaft (Metalle) 517.  
Abhörstation 259.  
Abhorddienst 313.  
Abhehrschein 562.  
Abnahmebedingungen (Gesch., Mun.) 85, 86.  
Abforptionsgeräte (Gasampf) 94.  
Abwässerung 149, 155.  
Abwehrgeschütze (gegen Mar. Luftsch.) 474.  
Abwurfбомbe 188. „zielcorrichtung 188.  
Akkumulatoren (U-Boote) 401, 411.  
Alarmsignale (Mar.) 459.  
Albatros-Doppeldecker 184.  
Albrecht-Minenwerfer 39, 56.  
Alkohol 100, „gewinnung 504, 505, 572.  
Aluminium 520, 536.  
Ammonal 112.  
Ammoniat 544.  
Ammonipulver 104, Laborierung 106.  
Ammonialpeter Sprengstoffe 95, gestreckte 114.  
Annäherungsgräben 145.  
Anfangsgeschwindigkeit (Fern-Gesch.) 443.  
Anschlagkolben (für Pistole 08) 22.  
Anstichmagazin (Gew. 98) 20.  
Ansumpfung 310.  
Arbeiterfrage in Rüstungsindustrie 87.  
Arbeiter, Abhehrschein 562, Abwanderung 558, Austämmen 564, Belegschaftszahlen 563, Beschaffung 560, Demobilisierung 565, Einziehung 555, 561, Löhne 87, Mangel 560, Organisation 562.  
Arbeiterinnenfrage: Anpassung der Arbeitsverfahren 567.  
Arbeiterinnen, Belegschaftszahlen 563, Beschaffung 561, Einstellung für ungel. Arbeiter 561, 569, für Facharbeiter 569, Helme 570, Hygiene 570.  
Arbeitsanfangstid 594, -arm 592, -flugzeug 185, -löhne (Rüst. Ind.) 87.  
Armeefernsprecher 249, 250, -lastzug 237, -nachrichtenpart 248, -pathologie, Ausrüstung 582, -wetterwarte 199.  
Armierung (Art.) des Schlachtschiffs 337, des Torpedoboots 351, 357, des U-Boots 402, 419.  
Armierungstafel 253, -truppen (Komp., Bat.) 140, 316.  
A. N. S.-Marke 257.  
Artillerieausrüstung der Handrifschen Küste 473, -Befehlsübermittlung (Mar.) 353, 359, -Berichtigungstrupp 198, -einschießen mit Flugzeug 185, -geschosse, Herstellung 557, -wetterdienst 196.  
Arzneifüllungen, -röhrchen, -tabletten 574, -mittel 572.  
Arztliche Bekleidung 576, für Tropen 582.  
Arztliches Gerät 575.  
A. S.-Scheinwerfer 116, 132.  
Atemelnasch (Gasabwehr) 297, 300.  
Aubion-Empfänger 568.  
Auffärungsflugzeug 164, 181, 185, 476, 487.  
Auge, künstliches 578.  
Augenschwarz 578.  
Ausbildungsanstalten 325.  
Auslandstreyzer 344.  
Auslandszufuhr (Lebensm.) 502.  
Ausmahlung des Getreides 509.  
Ausrüstung, technische, der Truppen 141.  
Automobilfabriken, Kriegsindustrie 557, -industrie 235, -transport 75 (Gesch.) 583 (Verw.).  
A 7 V-Geländewagen 211, 219.  
A 7 V-Wagen 210.  
Azeton 102, -gewinnung 536.  
B I., II., III-Boote 392, 393, 403.  
Babische Amilin- und Sodafabrik 106, 541, 545, 550.  
Bahnanlagen 313.  
Bakteriologisches Arbeitsgerät 581.  
Ball D 34.  
Ballonabwehrkanone 201.  
Ballontammer (-lamera) 135, 167.  
Ballistikunde (Art.) 201.  
Barackenbau (-stadt) 324, 565.  
Bauliche Einrichtungen in den Stellungen 147.  
Baumwolle (Pulverfabr.) 96.

- Baustäbe (Eisen) 141. -stoffe (Stellungsbau) 149. -tätigkeit im Schiffbau i. Kr. 341. -truppen (Eisenbahn) 227.  
 Bager, Friedr. u. Co., Farbenfabriken 97.  
 Bearbeitungsverfahren, Änderung der — 568.  
 Befehlsstand 148. -übermittlungsapparate (Mar.) 459.  
 Befehlsbrückenbauten 159, 231. -motorwinde (Fesselballon) 174.  
 Bekleidungen (Stellungstr.) 144.  
 Belagerungsgeschütze 63.  
 Beleuchtung 147 (Unterstände), 149, 214 (Worfeld), -sanlagen, Herstellung 559, -stoffgewinnung 319.  
 Beobachtungsfernrohr 114, 119, 142. -mittel (Art.) 65. -stand, -stelle 148.  
 Bereifung für Kraftwagen 241.  
 Berg- und Hüttenbetrieb 516, 519.  
 Bergwerksprengrstoffe, -erfahrsprengstoffe 95, 550.  
 Beschaffungsstelle, Behördl. für Metalle 517.  
 Beschlagnahme (Lebensm.) 503, 509. (Metalle) 516. (Rautschul) 533.  
 Befestigtes Gebiet, Ausnutzung 315, neue Hafenanlagen 500.  
 Beton 143.  
 Betriebsstoffmangel (Kraftw.) 223.  
 Bettungen (Landbb.) für Schiffsgeschütze 438.  
 Bewaffnung (Kriegsschiffe) 337.  
 Bewertung der Kriegsschiffe 335.  
 Bewirtschaftung der Lebensmittel 503, 509, der Metalle 514, 524.  
 Binnenschifffahrt 233.  
 Blasverfahren (Gastampf) 273, 281.  
 Blautruzampfstoff 286, 288.  
 Blausäureverfahren (San. Anst.) 590.  
 Bleiacid 113. -erfab 523.  
 Blinngerät 117, 133.  
 Blutoerwertung 507. -pulver 508.  
 Bodenbeschaffenheit 305.  
 Bogenlampen-Scheinwerfer 116, 133.  
 Bordartillerie (i. a. Schiffsartillerie) 428.  
 Boggerät 296, 297, 298. -maste 300.  
 Brandbombe 188.  
 Brandmunition (M. G.) 18, 202.  
 Brenneffelsäure 529.  
 Brennstofffrage 214, 240. -gewinnung 319.  
 Brieftauben 246. -gaschub 304.  
 Brotstredung 510.  
 Brückenbau 158, 159, 229, 231, 318.  
 Brunnenbau 150.  
 B (Bn)-stoff 279. -mine 283.  
 Bucheckern (Olgewinning) 512.  
 Büchsenfleisch 507.  
 Buntkreuzmunition 291.  
 Butabien 535.  
 C I., II., III-Boote 392, 393, 403.  
 C-Flugzeuge 185.  
 C-Geschosse 73, 80.  
 Caterpillar 78, 210, 211.  
 char d'assaut 207.  
 Chemische Mittel 572.  
 Chemisches Arbeitsgerät 582.  
 Chilesalpeter-Einfuhr 543.  
 Chlor (Gastampf) 300.  
 Chrom 521.  
 Daimler-Krupp-Schlepper 209.  
 Daimler-Mercedes-Motor 190.  
 Daimler-Rotoren-Gesellschaft (Flugg.) 201.  
 Dampfstrahlpumpe 586. -turbine 370, 378, 386. -überhitzer 387. -U-Boote (engl., franz.) 412.  
 Danzig, Kriegshafen 494.  
 Deckung gegen Feuer (Erd-, Holz-, Beton-, Eisenbetondecke) 146.  
 Deckungsgraben 145. -mittel (Stellungsbau) 137.  
 Depots (Anlage, Bau in der Etappe) 323.  
 Desinfektion 587.  
 Dieseldynamo 387. -motoren 370, 400.  
 Dinitrobenzol 110.  
 Dioptr-Visier 22.  
 Diphenylarsinchlorid (-cyanid) 289, 291.  
 Diskushandgranate 44.  
 Dissons-Fernsprech-, Junter-Wählgn. 243.  
 Dodanlagen 489.  
 Doppelleitungen (Telegr.) 251.  
 Dörrgemüse 511.  
 Drachenwarte 199.  
 Drahtlose Telegraphie 262, Telegraphenstation 263, fahrbare u. Automobilst. 264, tragbare St. 266, große feste St. 270.  
 Dreifschichteneinfaß 301.  
 Dreadnoughttyp 336.  
 Dreikreiselsystem (Kreiselkompaß) 365.  
 Druckfeste Hülle des U-Boots 420.  
 Dulcin 513.  
 Dynamomachine 370.  
 Ehrhardt f. Rheinmetall.  
 Ehrhardt-Flak 201, 206. -Minenwerfer 39.  
 Eierhandgranate 43.  
 Einfachleitungen (Telegr.) 251.

Einheitsgeschöß 61, -gewehr (Engl., Ver. St.) 19, 21, -gewicht (Flugg.) 191, -stand (Stellungstr.) 147, -turbine 379.  
 Einfaß 11 C 11 (Ost.) 301.  
 Einschichteneinfaß (Ost.) 301.  
 Einsitzer-Flugzeuge 184.  
 Eisbeutel 473.  
 Eisen 143.  
 Eisenbahn 220, 224, -geschütze (E.-Gesch.) 76, 438, 439, -lafette 440, -netz, Österrückung 225, -neuanlagen 229, -sonderformationen 230, -transport-Abtlg. 224, -truppen 226.  
 Eisenbeton 143, -betonschicht 155.  
 Eisenbettung, zerlegbare der schwersten Geschütze 439, -material, Herstellung 559.  
 Elastitoren 536.  
 Elastische Schläuche 573.  
 Elektrischer Antrieb bei Schiffsmaschinen 370, 386, 388, 410.  
 Elektrofen 91.  
 Empfangsapparatur im F. U.-Boot 390, -verstärker 466.  
 Entfernungsmeßer 116, 126, 202.  
 Entwässerung (Stell. u. Minen-Gr.) 149, 155.  
 Entwurf im Kriegsschiffbau 334.  
 Erdmörser 52, -rinde (Aufbau, Bestenlagerung, Tektonische Störungen, Standfestigkeit, Bearbeitbarkeit, Wasserführung, Temperatur, Elektrische Leitfähigkeit) 307, -telegraphie 260.  
 Erkennungssignale (Mar.) 462.  
 Erfindungsmittel 142.  
 Ersatzbrühwürfel 509, -faserstoffe 529, -lebensmittel 504, -roh(-wert-)stoffe: für Geschütze und Munition 83, 90, für Pulver und Sprengstoffe 93, für Arm- und Weinhüllen 596, für Lebensmittel 504, -treibriemen 531.  
 Etappe, Technik in der E. 315.  
 Etappen-Inspektion, -truppen 318.  
 Fabo (Fabrikationsbureau) 88.  
 Fabrikpfelegerinnen 570.  
 Facharbeiter, Mangel an F. 560, -arbeitsstelle 576.  
 Fahr- und Lenkwerk (Kampffahrz.) 215, -gestellrahmen 215.  
 Fallschirm 188, 176, 193.  
 F.-Boote 368.  
 Federnde, gummiöse Kraftwagenräder 242.  
 Feldartillerie 60, 61, 70.

Feld- (Förder-)Bahn 221, 226, 307, Betrieb 225, Herstellung des Mat. 559, -bahnwagen für Verwundete 583, -eisenbahnwesen, Chef des F. 224, -ernsprecher 250, -flugschiff 162, 197, -geschütz 60, -geschütz, leichtes 63, -haubitz, leichte, schwere 70, 73, -tobel 253, 255, -kanone 70, 73, -Luftschifferabteilung (-gerät) 167, 171, -prüfer H. 93. (Ost.) 304, -schrohr 120, -stecher 114, -telegraphie, Chef der 247, -vielfachumschalter 251, -weiterstation 195, 196, 199.  
 Fernaufklärungsflugzeug 185, 487, -geschütz 63, 81, 442, -kampfwaffen der Infanterie 15, -lenk(F. U.-)boot 347, 350, 368, 389, -signalwesen (Mar.) 458, -sprechanlagen (Landtr.) 246, (Mar.) 372, 459, -sprechbetrieb, reiner 249, -sprechgerät 246, 248, 250, -sprechleitungen aus Eisendraht 257, -schreiber 248, 254.  
 Festungen 139.  
 Festungsbau 150, -ernsprecher 246, 255.  
 Fette, gehärtete 512.  
 Fettseife 513, -säure 513.  
 Feuerleitungsanlagen (Mar.) 459.  
 Flaggensignale (Mar.) 460.  
 Flandrische Küste, Batterien 437, Hafenanlagen 490, 501.  
 F. U.-Boote (Eliems) f. Fernlenkboote.  
 Flachbahngeschütze 71, -lafette für Minenwerfer 58, -feuer, schwerstes, im Landkriege 424.  
 Flak (-Flugabwehrkanonen) 168, mit Zugmaschinen 223, -Scheinwerfer 202, -schießen, Entfernungsmeßer 131, -schießen, Richtmittel 115.  
 Fleischkonservierung 507.  
 Fliegerkamera 118, 165, 169, -feller 324, -selbstabtarabiner M. 15 (Wondragon) 20, -truppe 162.  
 Flug(-Flieger-)abwehrgeschütz 69, 71, 162, 201, 202, -motoren 189, -plananlage 313, -wesen vor dem Kriege 6, im Kriege 9.  
 Flugzeug 181, (-typen 184, 196), -bewaffnung 182, -Funkentelegraphie 266, -kampf (Angriff, Abwehr) 77 ff., -mutterschiff 333, -station (Mar.) 467.  
 Flügelminderwerfer, deutsche 56, franz. 58, engl., russ., ital. 59.  
 Flüssige Luft als Sprengmittel 151.  
 Falter-Doppelbeder 185, -Einbeder 184, -M. G.-Steuerung 183.

- Föttinger-Transformator (Mar.) [357](#), [370](#).  
 Frant-Carolche Verfahren [94](#), [540](#), [545](#), [549](#).  
 Friedens- und Kriegsindustrie, Umstellung [552](#).  
 Frontbahnnetz [226](#).  
 F. T. • Ausrüstung [183](#), • Hauptstation (Mar.) [460](#), [465](#).  
 Führer-Unterstand [147](#).  
 Funkenteinstation [247](#), fahrbare [265](#).  
 Funkenfender [262](#).  
 Funkentelegraphie [247](#), im Flugzeug [164](#), [465](#), [467](#), auf dem Kriegsschiff [460](#), [463](#), im Luftschiff [465](#), [467](#), auf dem U-Boot [421](#), [465](#), [468](#).  
 fusil mitrailleur [17](#), [32](#).
- G**  
 Gasabwehrmittel [272](#), [293](#), -angriffe (engl., franz.) [291](#), -anstalten und Ammoniatgewinnung [538](#), -bataillon [274](#), -be-tämpfung auf Kriegsschiffen [371](#), -bis-jipin, -geschöß [64](#), -gewehr, -hand-granate [280](#), -stumpf und Wettertunde [196](#), [198](#), -stumpfmethode [278](#), -stumpfmittel [272](#), [278](#), -stumpfstoffe, feindl. [291](#), -stumpfstoffe für Minenwerfer [59](#), -stumpfwaffen [278](#), -massenverwendung [280](#), [284](#), -minen, -minenwerfer [275](#), [285](#), -munition [272](#), -pflanzmone [576](#), -schießen der Artillerie [276](#), [277](#), -schuß, -schußmaste [274](#), [299](#), -schußgerät [584](#), -sperrn, -stumpfe [276](#), -stäbe [276](#), -taktik [276](#), -truppe [273](#), [275](#), -überfall, -über-raschung [284](#), -werfer (-gerät, -geschöß) [42](#), [57](#), [292](#), -wirkung [302](#).  
 Gebirgsartillerie [71](#), [79](#), • Minenwerfer-Abtlg. [41](#).  
 Gebißplatte (Aluminium) [576](#).  
 Gesechtsignaldienst (Mar.) [458](#), [460](#), -stand [148](#), -station (drahtl. Telegr.) [268](#), -telefonanlage (Mar.) [458](#).  
 Gefrierfleisch [507](#).  
 Gegenprechen (Tel.) [254](#), [256](#).  
 Geheimchrift (Tel.) [247](#).  
 Geländebepanzerwagen [207](#).  
 Geißkreuzbrifanzgeschöß (-stumpfstoff) [286](#).  
 Generalquartiermeister [316](#).  
 Genter Minenwerfer [39](#).  
 Geologe (ie) [153](#).  
 Gerste, Umarbeitung zu Graupen [509](#).  
 Geschößkonstruktion [69](#), -körper der Schiffs-geschöße [432](#), -körper des Ferngeschößes [442](#), [444](#), -pressen, Vervollkommnung [566](#).  
 Geschöße 60. — Kriegsherstellung [558](#).
- Geschüßaufstellung auf U-Booten [436](#), -rohre für Schiffsartillerie [428](#), für U-Bootsartillerie [435](#).  
 Geschwindigkeit der Kriegsschiffe [337](#).  
 Gesellschaft für drahtlose Telegraphie [264](#).  
 Getreibeausmahlung [509](#), -teilm zur Ölgewinnung [509](#).  
 Gewehr f. Infanteriegewehr.  
 Gewehr, kurzes, für Kavallerie [19](#), -granate [37](#), [45](#).  
 Ginstersajer [530](#).  
 Gleiskette für Kampffahrzeuge [213](#), [216](#).  
 Glieder, künstliche [591](#).  
 Glühlampenscheinwerfer [116](#), [133](#).  
 Gnyfoll [102](#).  
 Gnygerin (Pulverfabr.) [101](#), [102](#).  
 „Goeben“ und „Breslau“ im Orient [345](#).  
 Graben (Stellungsbau) [144](#), -entfernungsmesser [151](#).  
 Grafit [521](#).  
 Granatschnellwerfer [47](#), -werfer [46](#), -signale [261](#), -richtstation [266](#).  
 Graugußgeschöß [62](#).  
 Großangriff (techn. Vorbereitung) [138](#), -flugzeug [166](#), [187](#).  
 Große Flotte (grand fleet) [340](#).  
 Großer Kreuzer [327](#), [328](#), [330](#), [341](#).  
 Grundwasser (Stellungsbau) [305](#).  
 Grundeinheiten im Kraftwagenbau [244](#).  
 Gruppenwetterwarte [199](#).  
 Grüntreuzmunition (-geschöß) [276](#), [284](#).  
 Gummi (Ballonherst.) [178](#), -bereitung für Kraftwagen [223](#).  
 Gußeisengeschöße [557](#).
- H**  
 Haber-Bosch'sches Verfahren zur Stickstoff-gewinnung [94](#).  
 Halbmaske (Gasstumpf) [296](#).  
 Hand-(Faust-)feuerwaffen [16](#), -granate [37](#), [42](#), [152](#), Kugel-, Eier-, [Stiel-f.](#) [42](#), Diskus-, engl., franz., [S.](#) [44](#).  
 Handturbinenwinde (Fesselballon) [172](#).  
 Haubengeschöß [80](#).  
 Haubize, österr. 30,5-cm- [63](#).  
 Haupt-f. T.-Anlage bei Kriegsschiffen [460](#), [465](#), -maschinenanlage auf Kriegsch. [377](#), -sanitätsdepot [576](#), -wetterwarte (Feldwetterzentrale) [198](#).  
 Hebevorrichtungen (Rüst. Ind.) [569](#).  
 Heeres-sanitätswesen [572](#), -sauerstoffschuß-gerät [585](#), -maske, deutsche [295](#), -wet-terdienst [194](#), [195](#).  
 Heße (Mineral-, Nähr-) [505](#).  
 Heimatluftschuß [196](#), [199](#).  
 Heißluftkammern (Desinf.) [587](#).

- Helgoland, Hafenaufbau **490, 494.**  
 Hilfsdienstgesetz **502.** •träfte in der Industrie **567.** •kreuzer **333, 343.** •maschinenanlagen auf Kriegsch. **370, 385.** •schiff **342.** •truppen, technische **140.**  
 Hindenburg-Programm **40, 562.**  
 Hindernis **148.** •mine **152.**  
 Hochdruckturbine **384.**  
 Höhenweiterraste **200.**  
 Höhlentafernen **145.**  
 Hochroste (Schiffsfeuerung) **369, 377.**  
 Holzleimbereitung (Kraflw.) **238.** •gewinnung **318.** •industrie und Kriegsarbeit **567.** •zellstoff **98.**  
 Hopfenfaser **530.**  
 Horchgerät **157.**  
 Hughes Telegr.-Apparat **254.**  
 Hunbegasmaske **304.**  
 Hygiene **311.**  
 Hypofofop **119.**  
  
 Jade-Regulierung **490, 493.**  
 Jagdflugzeug **164.**  
 Impfstoffe (Cholera, Typhus, Wundstarrtrampf) **574.** •gewinnung **575.**  
 Industrie vor dem Kriege **7.** im Kriege **10.**  
 Industrie und Kriegsausbruch **555, 5.** und Kriegsausstoß für die deutsche **556.**  
 Infanterieblintgerät, leichtes **134.** •entfernungsmesser **130.** •ferntampfwaffen **15.** •flugzeug **166.** •flugzeug, gepanzertes **186.** •geschob **34.** mit Stahlkern **18, 35.** •geschüb **62.**  
 Infanteriegewehr **19.** deutsches (Mauser) **28.** österr. (Mannlicher), japan. (Arifata Weibji), ital. (Carcano •Mannlicher), russ. (Dreiliniin **21.** Rossin-Magant), franz. (Lebel **86/93/**), engl. (Lee-Enfield) **21.** amerif. (Springfield u. **11. S. •** Model **17**) **22.**  
 Infanterietampfmittel **137.** •nahtampfwaffen **37.**  
 Infanbefehungs- (Reparatur-) Werkstätten **322.**  
 Jopren **535.**  
 Junters **5.** •flugzeug **188.**  
  
 K.-Brot **510.**  
 Kugelwerfer **253.**  
 Kaffee-Erfag **504.**  
 Kagulen (Gasf.) **295.**  
 Kaiser Wilhelm-Kanal **490.**  
 Kalkstoffverfahren Frank-Caro **540.**  
 Kältemaschinen (Kühlanlagen) auf Kriegschiffen **370, 385.**  
  
 Kampfer **99.**  
 Kampffahrzeug (Tank) **204.** •flugzeug **164.** •graben (Stellungstr.) **144.**  
 Kanalbetriebsamt **254.**  
 Kanone, Feldt. **70.** 10-cm., 13-cm., lg. 15-cm.-R. **63, 71, 74.**  
 Karabiner **98, 21.**  
 Karbonitfprengbombe **188.**  
 Kartoffel (in der Pulverfabr.) **100.** •trodnung (-foden, •malzmehl) **511.**  
 Kautschuk **525, 533, 573.** synthetischer **179, 535.** •befchlagnahme **533.** •erfab **525, 533.** •lösung **534.** •regenerate **533.**  
 Kehrbidfenernungsmesser **128.**  
 Kesselanlage auf Kriegschiffen **374, 375.**  
 Kieferverlehte **577.**  
 Kiel, Hafenaufbau **493.**  
 Kinderhorte **570.**  
 Klapp-Entfernungsmesser **132.**  
 Kleineifenindustrie (Rüst. Ind.) **566.**  
 Knallquedfüber **113.**  
 Kleinauto **236, 237.** •bahn, Betrieb **225.**  
 Kleiner Kreuzer **328, 332, 337, 341.**  
 Knochenfett **512.** •erwertung (Brühwürfel) **508.**  
 Kohlenfeuerung (auf Kriegsch.) **375.** •gewinnung **319.**  
 Kokeren und Ammoniakgewinnung **539.**  
 Kolbendampfmaschinen (Kr. Sch.) **377.**  
 Köln-Rottweiler Pulver-Fabr. **103, 105.**  
 Kommandogerät für Flakfchießen **123.** •tafel, Tatobfche **125.**  
 Kommandierender General der Luftstreitkräfte **162.**  
 Kompaß **142.**  
 Kondensatoren (Mar.) **386.**  
 Konftruktionfchwierigkeiten (Gefch.) **82.**  
 Korbfallfchirm **177.**  
 Kraftanlagen (Stell. Kr.) **149.** •fahrzeuge **223.** •fahrwesen **235.** •probe **76, 240.** •quellen im befehten Gebiet **320.** •magenfernfprechzug **252.** •magenfett (-gefchüb) **78, 201.** •zug für fchwere Artillerie **64, 65, 76, 239.**  
 Kranfenbeförderungsmittel (-trage) **582.**  
 Kraufefches Trodnungserfahren für Milch **506.** für Blut **508.**  
 Kreiftern **29.**  
 Kreuzer (Panzer-, Großer gefchübter, Kleiner Kr.) f. dort.  
 Kriegfamt **84, 316.** •aufchuf für die K. Industrie **556.** •brüdenbau **232.** •gefangene als Arbeiter **316.** •geologie (-geologie) **305, 306.** •geologische Karten **311.** •gerät, Friedenfherfteilung **552.** •ind-

- frie, private **66**, -industrie als Kampffaktor **554**, -materialaufträge **66**, -materialfabriken, Ausbau, Leistungen **565**, -materialfabriken, Umstellung **557**, -materiallieferungen (Ver. St.) **83**, -Metall-Attien-Gesellschaft **515**, -Rohstoffabteilung **84**, **90**, **515**, -Hauptläge, Ausdehnung und Ansprüche **554**, -Schiffausrüstung, -bau **327**, **335**, -Schiffhäfen **489**, **491**, -Vermessungswesen **306**, -Wirtschaft (Met.) **515**.
- Krupp (Fried. Krupp u. G.) **66 ff.**, **73 ff.**, **201**, **432**, **439**, **452**, **553**, **558 ff.**
- Krupp-Daimler Kraftzug **239**.
- K-Stoff **83**.
- Kugelhandgranate **43**.
- Kunsthanig **513**.
- Kupfer (-erzfabr., -mangel) **91**, **519**, **523**.
- Kurland, Hafenanlagen **500**.
- Küstenartillerie, Kriegstätigkeit **436**, -Befestigungen (deutsche und spanische Küste) **437**, -F. I.-Station **469**, -Geschütze **424**.
- Lafette für Maschinengewehre **17**, zur Flugzeugbetämpfung **17**, für Schiffsgeschütze an der Küste **437**.
- Lagerbau **324**, -beständigkeit (Rus.) **86**.
- Landwirtschaftsbetriebe **319**.
- Lanz-Minenwerfer **39**.
- Lafetenartilleriegerät **75**.
- Lafettrafswagen **237**, für Verwundete **583**.
- Lautsprecher (Mrt.) **249**.
- Lautrallenwagen (Kampffahrz.) **215**.
- Lazaretzüge **583**.
- Lebensmittel, künstliche Herstellung **505**, neue **503**, -gewerbe **502**.
- Lebererzfabr **525**, **530**.
- Leistungen der Geschütze **66**.
- Leistungsfähigkeit der Rüstungsindustrie **83**.
- Leitungsfähigkeit, elektr., der Erde **313**.
- Leuchtluftschiff **195**.
- Leuchtpumpe, hydraulische **387**.
- Leuchttarn **20**.
- Leuchtnachrichtenmittel, -patrone **261**, -(-Licht-)spurmunition **35**, -aisier **20**, **28**.
- Lichtbildwesen **163**, -bogen sender **292**, -bogen erfindung **185**, -bogenverfahren für Salpetersäure **546**, -meistrupp **253**, -signale (Mar.) **462**, -signaldienst **249**.
- Liebeslampe **257**, -röhre **466**.
- Lindisches Verfahren für Stickstoffgewinnung **549**.
- Linienkommandantur **225**, -schiff (Graf-Kampfschiff) **327**, **329**, **341**.
- Einzelstiefelnrohr **121**.
- Linters **98**.
- L. M.-Boote **368**.
- Löschfonten, lämende **262**, **463**.
- Luftausstöß der Torpedoröhre **354**.
- Luftfahrt, Marine-L. f. bart., -kampfs- und -Luftklärungsmittel **160**, -kampffregatte **93**, -kampfwaffen **181**, -minenwerfer **57**, -schiffe, -schiffsysteme (S., P., Sch.-L.) **9**, **161**, **169**, **170**, -schiff-F. I.-Station **466**, -schiffuntertelegraphie **269**, -schiffhäfen **498**, -schifftruppen **162**, **167**, -sperr- und Wetterwarte **199**.
- Lüftungsanlagen (Stellungsbau) **156**, -maschinen (Rr. Sch.) **385**.
- Luftverflüssigung (System Linde) **549**, -anlagen **550**.
- Luftverehr-Blindgerät **134**, -aarhafer **73**.
- M. (Minenfuch-) Boat **457**.
- M 2-Maste **285**, **296**, **300**.
- Mablangewehr **33**.
- Magener-Minenwerfer **39**, **52**.
- Mangel industrieller Wablmachung **87**.
- Mantelpanzer (M. G.) **28**.
- Marineartillerie **66**.
- Marineluftfahrwetterdienst **197**, -schiff **471**, -Vormessungen **483**, -Angriffsfahrten **472**, **473**, **478**, -Antenne für F. I. **483**, -Aufklärung **474**, -Betriebsfähigkeit **481**, -Charakteristik **485**, -Geschwindigkeit **481**, -Häfen **472**, **478**, **486**, **489**, **497**, **498**, -Handelkrieg **475**, -Hülle **482**, -Leistungen **484**, -Minenfuchdienst **475**, -Rohrstoß **481**, -Peilungen **473**, -Schiffskörper **483**, U-Boatsbetämpfung **475**, -Werften **480**.
- Marine-Ölkeffel **376**.
- Mar IV-Wagen **211**.
- Marmelade **513**.
- Martinprage **91**.
- Maschinengewehr **16**, **23**, für Flugzeuge **17**, leichtes: **17**, **29**, Hotchkiss, Lewis **26**, **32**, M. G. **08/15** **32**, M. G. **14**, M. G. **08/18** **33**, schweres: Browning, Maxim, Vickers, Hotchkiss **24**, Fiat-Revelli, Schwarzlose **26**, Bergmann, Dreyse **27**.
- Maschinengewehre, Erzeugung **27**, -Formationen **17**, **25**, -Gebirgsausrüstung **28**, -Handwagen **28**, -Hilfslafette **28**, -Konstruktionen **30**, **31**, -Lafette **17**, für Luftfahrzeuge **17**, -Truppenausrüstung **25**.
- Maschinenanlage **79**, -pistole **23**, **33**.
- Maschinenleistungen der Kriegsschiffe **372**.
- Maschinenbedarf **81**, **554**, **556**, -betriebe **567**, -herstellung **72**, **81**, **85**, -speisungen **565**.

- Raketenrohr 120.  
 Materialanforderungen 86, -schichten 554.  
 Rauber-Rinenwerfer 39, 52.  
 Rehrzeugung 509.  
 Rehrfachleitungen (Tel.) 256.  
 Reibehunde 246, -wurfgranate 261.  
 Mercedes-Rotor 191.  
 Reffingerfab 90.  
 Reßdreieck (R. G.) 29, -stellen 148.  
 Metallabgangswirtschaft 517, -ankauf 516,  
 -beschlagnahme 516, -einfuhr 516, -erfab 522,  
 -erzeugung oor dem Kriege 514, -freigabestelle 518,  
 -mobilisierung 522, -mobilisierungsstelle 516,  
 -vermittlungsstelle 518, -versorgung 524, -wirtschaft 514, 524.  
 Meteorograph 200.  
 Militär-Eisenbahndirektion 225, -General-  
 direktion 222, 234, -Kanalldirektion 225.  
 Rinen (Landkrieg) 149, 152, -doppelzün-  
 der 50, (m. B.) 50, -krieg 138, 152, -zün-  
 der (R. B.) 50.  
 Rinen (Seekrieg) 444, 447, 453, Entschär-  
 fer 456, Herstellung 456, Sprengladung 454,  
 Lieferanten 455, gegen U-Boot 454, Verankerung 455.  
 Rinenfeld (engl., deutsches) 447, -Krieg 310,  
 -leger 455, 456, -räumgerät (Scheerbrettm.) 448, 457,  
 -räumschiff 333, -schiff 341, -sperrten 445, -suchfahrzeuge 333,  
 360, 448, -U-Boot 392, 406, 418, 448.  
 Rinenwerfer 38, 47, 253, 559, behelfs-  
 mäßige 39, 52, gezogene 39, 47, 55, -Abteilung des  
 Ingenieur-Komitees 53, -Flachbahnlafette 41, 42,  
 für Gastampf 42, -Schulen 41, -Truppen 40, 41.  
 Rineralfese 505, -öl 513.  
 Rineralienverarbeitung 322.  
 Rittelpiostierung der Eisenbahngeschütze 440.  
 Robilmachung, industrielle, technische 7, 555,  
 -arbeiter 342, -splan, industrieller 81.  
 Rollenverwertung (-eimeiß) 507.  
 Rohnbän 523.  
 Rondragon-Selbstladegewehr 20.  
 Ronitore 332, 350, 437.  
 Rorfer (21-cm., 270-mm., 30,5-cm.) 63, 68,  
 71, 75, (42-cm.) 5, 64, 68, 71, 74, (220-mm.) 75.  
 Rorfesreiber (Tel.) 255.  
 Rotorbatterien, österr. 30,5-cm 65, -tabel-  
 winde 175, -schleppgübe 438.  
 Rotorenanlagen der Flugzeuge 212, 215, des  
 Torpedo- (Schnell-) boots 350, -typen (U-Boot) 406.  
 Ms-Torpedoboote 349, 357, 361, -U-Boote 394,  
 404.  
 Rrution (Gew. u. R. G.) 33, (normale) 34,  
 (für Sonderzwecke) 35, (R. B.) 48, 50,  
 (Gefch.) 60, (Schiffsgefch. im Land-  
 trieg) 441.  
 Rrunitionsförderungseinrichtung auf U-  
 Boot 435, -frage bei der Artillerie 79,  
 -neutronstruktionen 80, -verbrauch (Art.) 61,  
 (Handgr.) 45, -verbrauch und In-  
 dustrie 554, 556.  
 Rründungsfeuerbämpfer 28, -fänger 21.  
 Nachrichtenformationen 245, -gerät 248,  
 -mine 57, -mittel 10, 65, 253, 255, 261, -  
 -speer 261, -wefen 245, Chef des R. 248.  
 Nahtampfmittel, Sprengstoffe 48, 112.  
 Natrium, kohlenf., zur Milchtonferio-  
 rung 506.  
 Nebelangriff 262, -bombe (Rar.) 462,  
 -geschoh 64.  
 Neßsperr (U-Boote) 420.  
 Neubauten von Kriegsschiffen im Kriege 342.  
 Neutronstruktionen, Inf. 18, 28, 32, Art. 72,  
 80.  
 Nidel 519, -mangel, -erfab 90.  
 Ni-Gefchoh 279.  
 Niederdruckdampfmaschine 379.  
 Nieuport-Doppelbeder 184.  
 Nitroglycerin 101, -pulver 92, 101.  
 Nitrocellulose 98, -pulver 92, 97.  
 Nordholz, Luftschiffhafen 478, 499.  
 Normalisierung, Kraftwagenbau 243, Kunst-  
 glieder 597.  
 Obstkerne zur Ölgewinnung 512.  
 Obsttonferioerung 513.  
 Ölgewinnung, Lebensmittel 512, für Flotte 376,  
 -heizung, -feuerung 356, 358, 369, 374,  
 -zusatzfeuerung 369, 376.  
 Omnibus, Kraft- 239.  
 Operationshandschuße 573.  
 Optische Hilfsmittel 114, O. Industrie 558.  
 Orisbefestigung 148.  
 Ostende 437.  
 Ozonzuführung (Kriegsfeh.) 370.  
 Padfattetstation (drahtl. Tel.) 265.  
 Panzer im Stellungsbau 142, -gehäuse für  
 Kampffahrzeuge 217, -geschosse und  
 Schiffspanzer 429, 430, -tabel 255, -  
 -kreuzer (Großer, geschützter R.) 327,

- 330, 341, -kreuzer, deutsche und engl. 427, 433, -mine 58, -munition 35, -schuß bei Kriegsschiffen 337, -sprenggranaten der Schiffsart. 431, -zug 231.
- Banzierung der U-Boote 421.
- Papierballon (Wetterdienst) 200, -garn 256.
- Parcs (in der Etappe) 323.
- Parabolspiegel-Scheinwerfer 116, 133.
- Parceol-Luftschiff 161, 170, -Sigsfeld-Jeffelballon 167, 172.
- Parsons-Turbine 378.
- Patrolboot (engl.) 333.
- Patrouillenapparat 249.
- Perschtorat 113, -sprengstoff 112.
- Perdit 113, 151.
- Peres-Am. (Auswanderungsmesser) 124.
- Personenkraftwagen 223, -typen 236.
- Pertoff 285.
- Petroleumgewinnung 319.
- P. E.-Bolle 101.
- Pferdegasmaste 304.
- Pferdemangel 64, -zug 75.
- P. H.-Haube 295.
- Phenol 109.
- Phosgen 284, -gasmaste 301.
- Phosphorgefäß 36.
- Photographie 117, 134.
- Bitrinfäure 109.
- Pionierformationen 137, -lampfmittel, -technik 137.
- Pistole 23, 33.
- Pistolentammer (-kamera) 135.
- Prall-Luftschiffe (Luft-Fahrzeug-Gef.) 480.
- Präzisionsschießen (Art.) 65.
- Preisgestaltung (Art.) 87.
- Preßgefäß 82, -luftverfahren (Desinf.) 589, -luftgranatwerfer 47, -stahlgefäß 62, -zink 91.
- Priesterwerfer 47.
- Primäranlagen, elektr. (Mar.) 387.
- Prismenzielfernrohr 121.
- Postauto 239.
- Putzer 92, 97, und Sprengstoffindustrie 69, 93.
- Pumpen (Stell. Kr.) 149, (Herstellung) 559.
- Pupinpule 257.
- Qualitätsstab 69.
- Rablatetten für Schiffsgefäße 438.
- Rahmen- (Rand-) Dichtung (Gasm.) 299.
- Rauchgefäß 64.
- Raumbild Em. (Entfernungsmesser) 127, 128.
- Raupensystem (-antrieb) 76, 210, 240.
- Regeneratgummi 179, -tautschut 533.
- Reichsstadstoffwerte 541, 548.
- Reihenbildlampe (-kamera) 136.
- Renault-Tant 209, 212.
- Referve-ß. T.-Anlagen (Kriegsfd.) 465.
- Rheinmetall (Rhein. Maschinen- und Metallwaren-Fabrik) 47, 55, 58, 66 ff., 203 ff., 553, 558 ff., 559.
- Richttafeln (-kreis) für M. G. 29, -gerät für Sondergefäße 62, -mittel 65, 69, 115, 121, -mittel für U-Bootsgefäße 435.
- Richtungsanlagen 470, 473, -senderanlagen 471, -weiseranlagen 353, 359.
- Riegelstellung 139.
- Riefenflugzeug 166, 189, -tant 219.
- Röhrensenderempfänger W. R. S. 80a 268, 468.
- Rohstoffe, anorganische 94, -gewinnung 312, 318, -mangel 18, 23, 37, 40, 53, 59, 65, 71, 83, 90, 180, 194, 236, 257, 360, 388, 407, 424, 516, 543, 557, 572.
- Rohrkonstruktion des Ferngefäßes 443, der Feldgefäße 72, 74, -rücklaufstette 68.
- Rohstoffanien (Öl-gewinnung) 512.
- Rückwärtige Stellungen 326.
- Rundbildfernrohr 69, 121.
- Rüstungstechnische Aufgaben der Industrie 71.
- Saccharin 513.
- Sägewerte 321.
- Säbengrundlagen 572.
- Sätpetereinfuhr 543, -säure 94, -säure-gewinnung 543, Anstalten 546, -saures Ammonial 546.
- Sanierungsanstalten 586.
- Sanitätsbehältnisse der Truppen 581, -hunde 579, -kraftwagen 223, 583, -scheinwerfer 579, -wesen 571.
- Sauerbruch-Arm 593.
- Sauerstoffbehandlungsgerät 585.
- Schachtbau (Minentr.) 154.
- Schallmestrupp 253.
- Scherenfernrohr 119, 132, -kamera 118, 134.
- Scheinwerfer 116, 132, 462, 579, -kraftfahrzeug 237, -wagen 224.
- Schließbecher (für Gem. Gr.) 45, -brillen 577, -gerüst (Lamb-) für schwere Schiffsgefäße 438, -stock (Gr. B.) 45, -wolf-fabrikation 98.
- Schiffahrtsabteilung beim Chef des Feld-eisenbahnwesens 222, 233.

- Schiffbau und Industrie 552.  
 Schiffsartillerie, Kaliber 431, -artillerie und Schiffsanzug 430, -bautechnik 334, 335, -bergung („Rheinland“) 346, -gestaltung, -typ (Charakteristik) 327.  
 Schiffsgefecht 424, Konstruktionsänderungen für den Landkrieg 437, 439, Schußweiten 429, Schußweitensteigerung für den Landkrieg 442.  
 Schiffsmaschinen 369, 372, -torpedo 452.  
 Schlachtabfälle, Verwertung 508.  
 Schloßarbeiten, (Erfolg durch Flächen-)schleifmaschinen) 567.  
 Schloßschlüssel (Gew.) 20.  
 Schmieröl 241.  
 Schneider-Lant 208.  
 Schnell- (Motortorpedo-) Boot 347, 350, 368, 399, -brückenbau 159, -feuer-Ver-schluß 69, -lade-Gewehr 15.  
 Schraubenschlüssel 69.  
 Schubturbovertrieb 69.  
 Schulflugzeug 187.  
 Schulterfeldstabwehr 18.  
 Schußsicherheit (Erdbedecke usw.) 311.  
 Schütte-Lanz-Luftschiff 161, 170, 480.  
 Schußschild (für W. G.) 27.  
 Schützengrabenanlage (Tel.) 266.  
 Schwadenschichten (Bast.) 277.  
 Schwefel 96, -hammer (Des.) 587, 589, -säure 95, -säuregewinnung 547.  
 Schwere Artillerie des Feldheeres 63.  
 Seeflugboot 487.  
 Seeflugzeuge 476, Nachauflärung 476, Beobachtungsfeldflugzeug 476, Bordflugzeug 489, Großflugzeug 477, Kampfflugzeug 476, 487, 488, Landflugzeug 477, Riesenflugzeug 477, 487, Torpedoflugzeug 489, Zweifelschwimmer 486.  
 Seeflugzeug-Motoren 487, -Station (-Hafen) 489, 487, 499.  
 Seegefechte (technische Ergebnisse): Deutsche Bucht 28. 8. 14 425, Stiller Ozean (Coronel) 1. 11. 14 425, Cocos-Inseln („Ermden“) 8. 11. 14 425, Falkland-Inseln 8. 12. 14 426, Doggerbank 24. 1. 15 426, Stagerat 31. 5. 16 427.  
 Seekampfsatit, deutsche und engl. 429.  
 Seerohr (U-Boot) 395, 402, 417.  
 Seeischiifahrt 233.  
 Seifen 572.  
 Seilbahnen 221, -betrieb 225.  
 Seilabdegewehr 15, 20, 21, -pistole 19, 22, -vorrichtung 69.  
 Selbstretter 294, 584.  
 Selbstschadit (Minenkr.) 155.  
 Sicherheitsprengstoffe 112.  
 Sicherung (Gewitter) an Fernsprechtgn. 258.  
 Sicht, Dedung gegen S. 142.  
 Siemens-F. L.-Boot 368, 389, 390, -Schnell-fernschreiber 256, -Werte 182, 256, 368, 389 ff.  
 Signalgerät 116, 117, 132, 246, -patronen, -raketen, -werfer 261, -schleinwerfer (Kr. Sch.) 462, -wesen im Schiff 458, im Nahverkehr 458, im Fernverkehr 462.  
 Stagerat-Schlacht: Kräfteeinsetz 336, 338, Verlauf 338, Ergebnis 339, englisches Urteil 340, Torpedoangriffe 446.  
 Sockelfestigkeit des Erdbodens 311.  
 Soda 95.  
 Sondereinheiten im Kraftwagenbau 244, -fernsprechneze 254, -geschütze 62, -Konstruktionen für Amputierte 595, -munition 62, 168, 183, -pionierverbände 140, -werkzeugmaschinen 566.  
 Suppenpulver 509.  
 Surrogate für Textilstoffe 526.  
 Süßstoff 513.  
 Spad-Doppeldeder 184.  
 Speisefettversorgung 512, -ölgewinnung 504, -wasser-Bormdrüsen 387.  
 Spezialfabriken 66, -gerät 303.  
 Spiegelkolben 20, -vorfabriker 119.  
 Spitzgeschoh 34.  
 Sprech- und Schallrohr-Anlagen (Kriegs-schiffe) 458.  
 Sprengbombe (Lufttr.) 188.  
 Sprengladung für Minenwerfer 50, Torpedos 445, Seeminen 454, -stoffe 92, 100, gestreckte Spr. 110, -stoffe für Schiffsartillerie 432, -technik 151.  
 Sprengungen 157.  
 Sprungfallschirm 176.  
 Stahlindustrie 70, 558.  
 St. Chamont-Lant 209.  
 Stahlgußgeschoh 82, -ferngeschoh 35, -forten (für dt. Gefsch.) 70.  
 Starkstromgewinnung 320, -hindernis 148.  
 Steilfeuergeschütze (franz., engl.) 74.  
 Steingewinnung 318.  
 Stellungsbau 142, 307, 326, -krieg 9, 138, -wahl 143.  
 Sterilisation 503.  
 Stereophotographie 118.  
 Stereostop 135.  
 Stidstoff als Düngemittel 538, in der Industrie 539, -bedarf für Munition 544, -gewinnung 537, 539, 541, 542, -kommissar 546, -werte 541, 545, 548, 550.

Stielhandgranate [43](#).  
 Stilllegung von Betrieben [562](#).  
 Stoffzusätze zum Gastampfstoff [282](#).  
 Stollenbau [154](#).  
 Störfikation [271](#).  
 Stößelzylinder für schwerstes Flachfeuer [441](#).  
 Straßenbahnanlagen [313](#), -netz [317](#).  
 Straßenbau [158](#), -baufompagnien [140](#),  
 -panzerwagen [204](#), [205](#).  
 Streumine [453](#) (s. auch „Mine“).  
 Strohoerwertung [510](#).  
 Sturmtruppe [140](#), -station (Tel.) [266](#).  
 Stübapparate (für Verm.) [596](#).  
 Tant [207](#), [208](#), [210](#), -fälle [149](#), -geschöß  
 (T.-Geschöß) [35](#), -(T.)-Gewehr [20](#), [21](#),  
 -geschöß [79](#), -mine [149](#), [152](#).  
 Technische Ausrüstung der Truppen [141](#).  
 Technische Betriebe [320](#).  
 Technik und Reichstellen [4](#).  
 Technik, Unterstützung der [2](#).  
 Tee-Erfah [504](#).  
 Teeröl (Kr. Sch.) [358](#).  
 Telegraphen-Anlagen an Bord [459](#), -Form-  
 mationen [245](#), [246](#).  
 Textilstoffe (-erfabstoffe) [525](#), -faserstoffe  
[526](#).  
 Textilit, -garne [526](#), [527](#).  
 Textilose, -garne [526](#), [527](#).  
 Textilwirtschaft [525](#).  
 Tiefstollenbau [309](#).  
 Tiegelstahl [91](#).  
 Tissot-Apparat [303](#), -Raste [296](#).  
 Tolual [107](#).  
 Torffaser [530](#).  
 Torpedo [353](#), [402](#), [418](#), [444](#), [448](#), 60-cm-  
 Schiffstorpedo [354](#), T. der Torpedoboote  
[353](#), [452](#), der U-Boote [446](#), [450](#), -doppel-  
 rohr [354](#), [357](#), -heizvorrichtung [354](#),  
 -laufstrecke [445](#), [449](#), [452](#).  
 Torpedo: Fabrikation [453](#), Geschwindigkeit  
[449](#), Hebelpistole [451](#), Kaliber [445](#),  
 Länge [445](#), Reihstelle [453](#), Spreng-  
 ladung [445](#), Verwendung [445](#), [446](#),  
 Wirkung [449](#), Zielfehrohr [453](#).  
 Torpedoboot [329](#), [347](#), [349](#), [355](#), [361](#), Cha-  
 rakteristik [348](#), Ausnutzung [348](#), Fahr-  
 bereich [359](#), Geschwindigkeit [357](#), Rin-  
 nenfuchen [348](#), Seefähigkeit [359](#), Ver-  
 wendung [348](#), [349](#), Vorpostendienst [349](#),  
 Werften [362](#), Jahresbestellung und Lie-  
 ferung (Tabellen) [363](#).  
 Traktor (Schlepper) [74](#).  
 Transformator Föttinger [357](#), [362](#).

© Schwabe, Die Technik im Weltkrieg.

Transportfragen, -schwierigkeiten (Art.)  
[74](#), [85](#), -vorrichtungen, Umänderung  
[569](#), -wege (Minentr.) [156](#).  
 Treibladung für Minenwerfer [51](#), für  
 Torpedos [354](#), [450](#), -riemenröhre [531](#).  
 Trinitroanisol [109](#), -tolual [92](#), [101](#), [107](#).  
 Trockenmilch [506](#).  
 Trocknungsverfahren (Lebensm.) [503](#).  
 Trommelmagazin (Wist.) [98](#), [22](#).  
 Tropenfanitätsausrüstung [582](#).  
 T-Stoff, -granate, -geschöß [281](#), [283](#).  
 Tunnelbauten [309](#).  
 Turbinenantrieb auf Kriegsschiffen [376](#),  
 auf Torpedoboote [356](#).  
 Turbodinamo [387](#).  
 Turboelektrischer Antrieb (Schiffsmasch.)  
[381](#).  
 Tapphaher [530](#).  
 U-Boot [391](#), [397](#), Stand 1914 [391](#), Bau  
 im Kriege [392](#), Ausrüstung [395](#), Bau-  
 tabelle [408](#), [409](#), Bauzeit [403](#), Abwehr  
[360](#), [396](#), [420](#), Amt [424](#), Betriebssicher-  
 heit [404](#), [413](#), Displacement [406](#), Drachen  
[360](#), [396](#), Form [398](#), Funten Telegraphie  
[421](#), Geschüßarmierung [395](#), [419](#), [434](#),  
 Geschwindigkeit [401](#), [406](#), [410](#), Häfen  
[497](#), Hocherfolgung [396](#), Industrie [421](#),  
 Krieg, uneingeschränkter [398](#), Kreuzer-  
 krieg [434](#), Maschinenanlagen [399](#), [401](#),  
[406](#), [410](#), Mine [454](#), M. S.-Boot [394](#),  
 Munitionsfördereinrichtung [435](#), Ober-  
 brauch [413](#), Panzerung [421](#), Richtmittel  
 (Schrohreinr.) [435](#), Seefähigkeit [416](#),  
 Stabilität [398](#), Stationen [468](#), Lauch-  
 technit [397](#), [399](#), [414](#), Torpedo [446](#), [450](#),  
 Typen [403](#), Überwasserfahrt [412](#), Unter-  
 wasserfahrt [398](#), Unterwasser Telegraphie  
[421](#), Wifereinrichtung [435](#), Werften [423](#).  
 U-Bootsweifen, Inspektion des U. [423](#).  
 Überbemessener Umlaufmotor [192](#).  
 Überdruckluft-Schiffchranfikation [290](#).  
 Überflutung (Kriegsch.) [310](#), -landwerte,  
 elektr. [321](#), -sehung, hydraul., mechan.  
[382](#), [383](#), -sehungsbetriebe [379](#).  
 Überwasserinjektorborrohre [356](#), -fahrt  
 der U-Boote [412](#).  
 U-Kreuzer [395](#), [405](#), [419](#).  
 Umänderung von Maschinen [566](#).  
 Umarbeitung verarbeiteter Metalle [522](#).  
 Umlaufmotoren (Oberufer) [190](#).  
 Umstellung der Betriebe [553](#), [557](#).  
 Unterhaltungsbetriebe [323](#).  
 Unterseeboot f. U-Boot, -kreuzer f. U-  
 Kreuzer.

- Unterwasserauspuß 389, -fahrbereich 410, 415, -geräusch(-schall-)empfänger 395, 461, -lafette 419, -lotenrichtung 395, -mitrophon 421, -sirene 461, -telegraphie 421, 461.  
 Utel (Unhörbare Teleg.) 260.  
 U Z-Boote 368, 389.
- Verbandmittel 579, -päckchen 579.  
 Vereinheitlichungsbestrebungen in der Industrie 88, 243, 597.  
 Verbrennungsöfen, Korische 589.  
 Bergaser (Kraftwagen) 240.  
 Vergasung (Gasstempel) 277.  
 Verkehrsmittel 219, -techn. Prüfungskommission 243, -wege 149, -wesen 317.  
 Vermessung der schwersten Flachfeuerbatterien (-geschütze) 440, der Minenwerfer 55.  
 Vermittlungsrichtung (Fernspr.) 249.  
 Vernebelung 290.  
 Verpflegungsbetriebe 322.  
 Verschlüsse der Geschütze 68.  
 Verfeuchung (Gast.) 277.  
 Verteidigung, elastische 138.  
 Vieraktmotoren (Mar.) 400, 407.  
 Vollenbahn 317, -tornbrot 509.  
 Vorfeld, -gelände 144.  
 Vorholeronstruktionen 73.  
 Vorratswirtschaft (Met.) 515.  
 Vorverbinder 192.  
 Visierfernrohr 69, -einrichtung der U-Boote 435.
- Waffenindustrie 552, 553.  
 Waschanstalten 588.  
 Wasserbomben 360, 420, 451, -gewinnung 319, -kühlung (Kesselfoße) 377, -rohrteffel 369, Marinetyp 574, -stoffsuperogpd (Konf. M.) 505, -strahlen, -wege 159, 221, 224, 232, 317, -transport-Abteilungen 222, -versorgung 150, 311.  
 Wegebau 158.  
 Wehrpflicht, allgemeine 5.  
 Werten 342, 346, 489.  
 Werkstattdschiff 342.  
 Werkzeugmaschinen, Umänderung 566.  
 Wetterdienst (-station) 168, 194, 195, 473, -warte, Ausrüstung 200.  
 Whippet-Tant 209, 212.  
 Wüdgemüse 504.
- Wilhelmshaven, Ausbau 492.  
 Willkürlich bewegter Arm 593.  
 Winkelgesch.-(-einstell-)einrichtung 452.  
 Wirtschaftsausschuß 316.  
 Wohnbaracken, -städte 565.  
 Wollfram 521.  
 Wumba (Waffen- und Munitionsbeschaffungsamt) 84, 562.  
 Wundröhre 573.  
 Wurfmine für Minenwerfer 48, mit Brand-, Leucht-, Nebelsch 57.  
 Wurst als konserviertes Fleisch 507.  
 Würzen (Lebensm.) 508.
- XIX-Gasmaste 285.
- Zahnärztliches Gerät 575.  
 Zahnüberwischgetriebe (SchiffsmaSch.) 368, 370.  
 Zeebrücke 437, 501.  
 Zettungsballon 180.  
 Zellonierete Stoffe 531.  
 Zellstoffgarn 528, -verbände 580.  
 Zentralbeschaffungsstelle (San.) 581.  
 Zentralit 100.  
 Zepelinluftschiff 4, 161, 170, 480.  
 Zerstörungsmittel 151.  
 Zielapparat für Bombenabwurf 122, 123, 168, -fernrohr 115, 188, 355, -fernrohrgewehr 20.  
 Zinn 529.  
 Zioilarbeiter beim Stellungsbau 141.  
 Zonenbeseftigung 138.  
 Zufuhr aus dem Zustande (Lebensm.) 502.  
 Zugangswirtschaft (Met.) 516.  
 Zugmaschinen für schwerste Art. 203, 223.  
 Zünder, mechanische, Uhr- 80, -konstruktionen 84, dreifache Z. für Schiffsgeschütze im Landkriege 441, Z. für Ferngeschütze 444, für Panzergeschosse (Schiffsart.) 429, Z. mit Verzögerung für Schiffsgeschütze 433.  
 Zündschraube (Wurfmine) 51.  
 Zuweisungssamt (Met.) 517.  
 Zwangsarbeiter in der Etappe 316.  
 Zweireiselaapparat 452.  
 Zweitaktmotor 400, 407.  
 Zwischenboden-(Z. B.-)geschöß 207.  
 Z.(Zweig-)Z. E.-Stationen (KriegsSch.) 460.



1. Flieger-Selbstladefarabiner 15 (Mandragan) Kaliber 7 mm.



2. Deutsches Jant-Gewehr. Kaliber 13 mm.



3. Fusil automatique M 17 R. S. G. Kaliber 8 mm.



4. U. S. (Ver. Staaten) Gewehr M 17 mit Diapier-Bisler. Kaliber 7,6 mm.



5. Lange Pistole 08 mit Kalben und  
Trammemagazin. Kaliber 9 mm.



6. Maschinenpistole 18.  
Kaliber 9 mm.



7. Italiensche  
Maschinen-  
pistole.  
Kaliber 9 mm.



8. Französisches Maschinengewehr M 17 mit Feldlafette.



9. Deutsches Maschinengewehr 08/18 mit Kreisrohrvisier und Patronenkasten 16 auf Kolonnen-Dreifuß mit Hilfslafette.



1. Englischcs Schulter-Maschinengewehr mit aufgesetzter Patronentrommel (Lewis M. G.).



2. Französisches Schulter-Maschinengewehr (Fusil mitrailleur).



3. Deutsches Schulter-Maschinengewehr 08/15 mit Gabelstübe, Staubschub-  
deckel und Patronenfaßen 16.



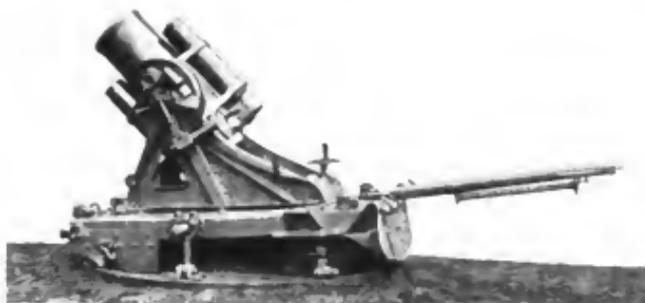
Normale Munition: 4. Deutschland, gew. Geschoss; 5. Deutschland, schw. S-Geschoss; 6. Frankreich; 7. England; 8. Ver. Staaten; 9. Rußland; 10. Japan; 11. Italien; 12. Osterreich-Ungarn; 13. Deutschland, T-Geschoss.



Panzergeschosse: 14. Deutschland; 15. Frankreich; 16. England; 17. England; 18. Ver. Staaten; 19. Rußland. — Leuchtpanzergeschosse: 20. Deutschland; 21. Frankreich; 22. England; 23. Ver. Staaten; 24. Frankreich.



Phosphorpanzergeschosse: 25. Deutschland; 26. England a. H.; 27. England n. H.



**1. Schwerer Minenwerfer 16 in Feuerstellung.**



**2. Mittlerer Minenwerfer 16 in Warfbereitschaft.**



**3. Leichter Minenwerfer in Feuerstellung.**



4. Leichter Minenwerfer in Flachbahnlafette (Stellfeuerfuß).



5. Leichter Minenwerfer in Flachbahnlafette (Stachfeuerfuß).



6. Leichter Minenwerfer auf Tragetier verladen.



1. 15 cm-Kanone 16, Rhein. Waſch. und Metallw.-Fabrik.



2. 15 cm-Kanone in S.-U., Rhein. Waſch. u. Metallw.-Fabrik, in Breuer'schem Fahrzeug.



3. 15 cm-Kanone 16, Krupp. Kettenfahrzeug hinter Artillerieflepper.



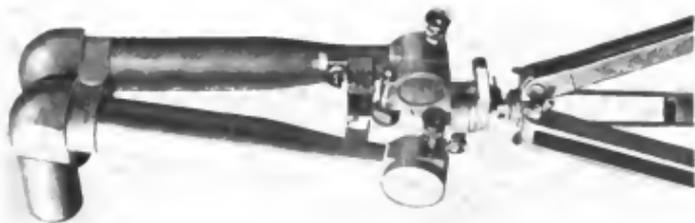
4. Langer Mörser (Krupp), gefedert. Fahrstellung.



5. Langer Mörser (Krupp). Ladestellung.



6 8,8 cm schwere Kraftwagenflak L/45 (Krupp). Fahrstellung.

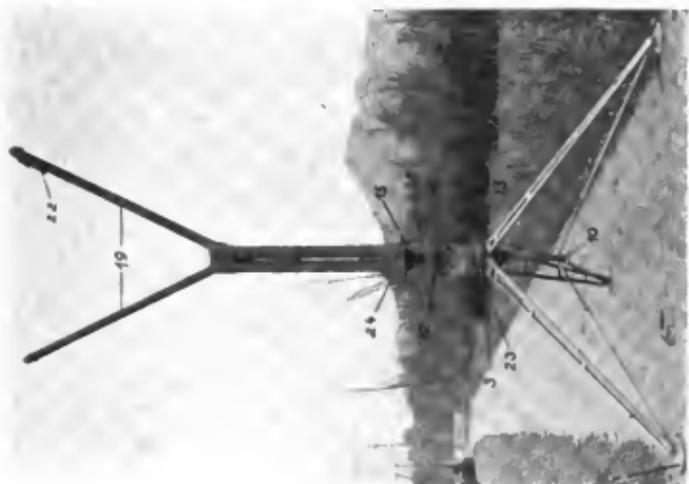


1. Höhenfernrohr 17.

2. Spiegelteleskoprohr für Beobachter.



3. Nachtfernrohr.



4. Signalapparat.



5. Doppelfernrohr mit 72facher Vergrößerung  
und 110 mm Objektivdurchmesser.



6. Zielapparat  
für Bombenabwurf.



7. Einzelfernrohr für Maschinengewehr.



1. Gewehrzielfernrohr.



2. Prismenzielfernrohr für Maschinengewehr.



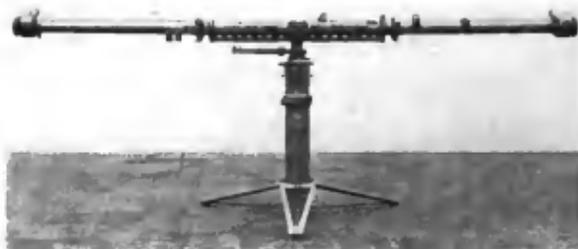
3. Zielfernrohr für Bombenabwurf.



4. Am. Peres.



5. Infanterie-Rehrbild-Entfernungsmesser.



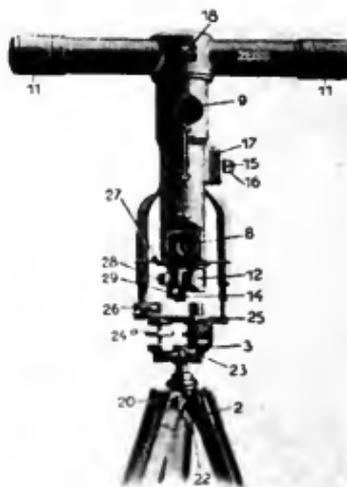
6. Klapp-Raumbild-Entfernungsmesser.



7. Flat-Em.



8. Flat-Em.



9. Graben-Entfernungsmesser.

Optische Hilfsmittel.



1. H. S. Scheinwerfer.



2. Glühlampenscheinwerfer.



3. Spiegelsignalgerät.



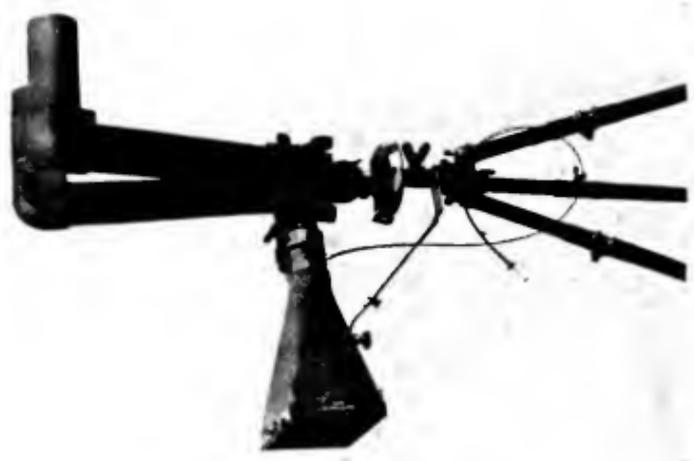
4. Blitzgerät 16.



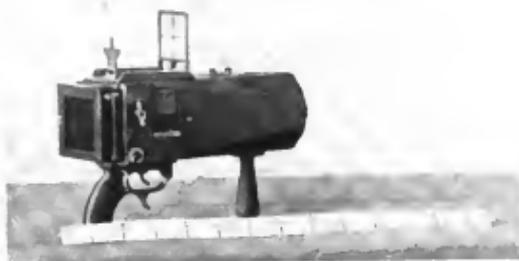
5. Portables Sinfanterie - Blinigerät.



6. Luftverteiler - Blinigerät.



7. Höhenfernerrohr - Kamera.



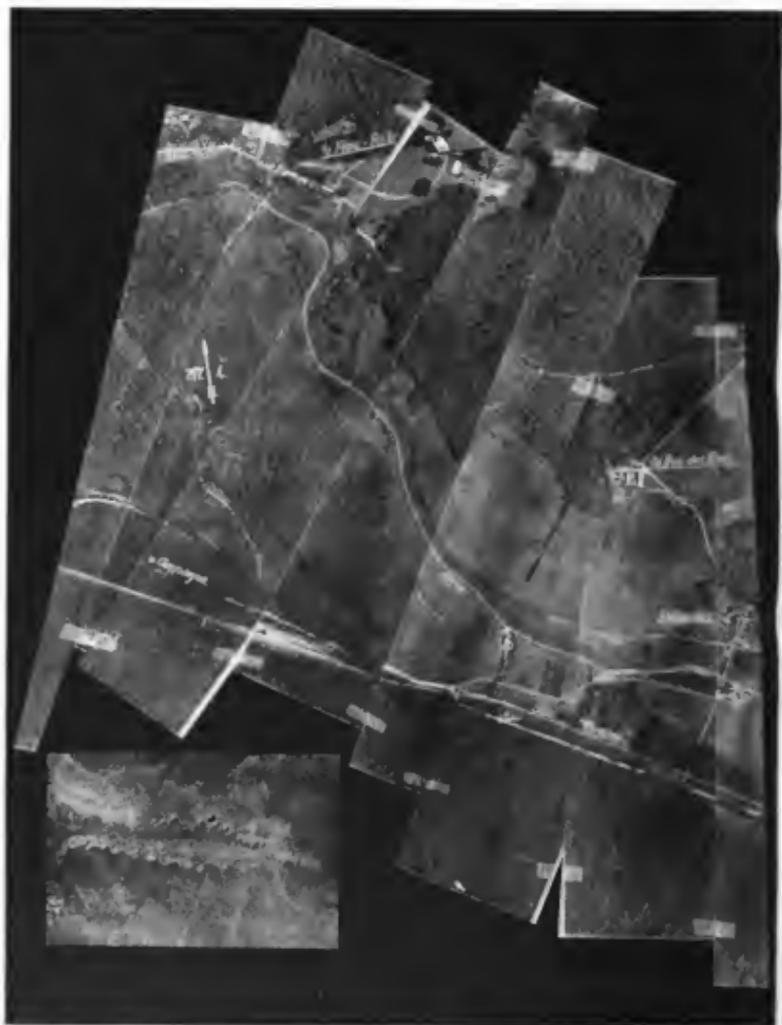
1. Pistolenkamera.



2. Ballonkamera.



3. Aufnahme mit Scherenfernrohr-(Schüßengraben-) Kamera.



4. Flieger-Aufnahme mit Reihenbild-Kamera (oben).
5. Flieger-Aufnahme mit Einzelbild-Kamera (links unten).

**Luft-Kampf- und Aufklärungsmittel.**



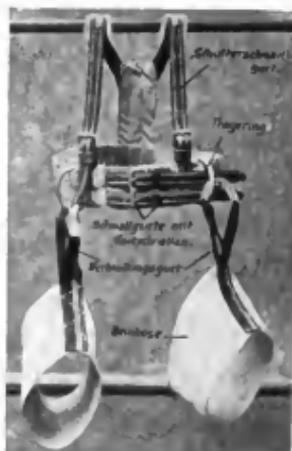
1. Zettelballon Parjeval-Sigsfeld.



2. Zettelballon „B. 3. 18“.



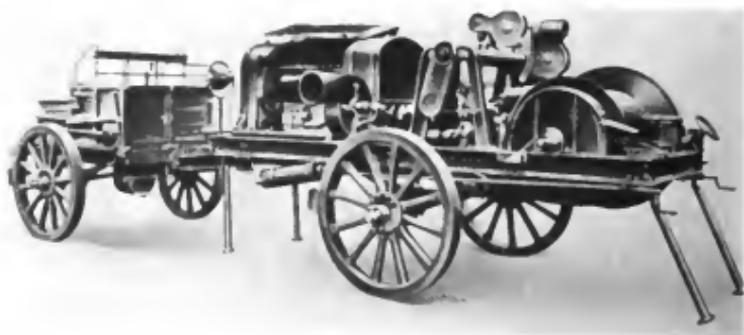
3. Korbfallschirm-Ausstievorrichtung.



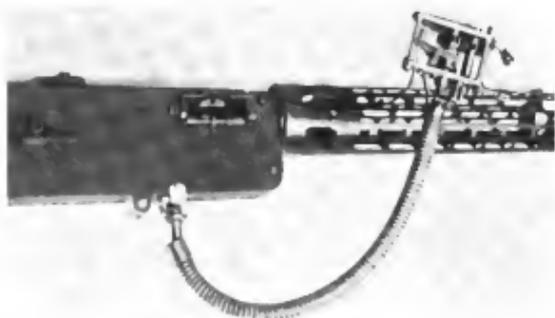
4. Fallschirmgürtel.



5. Binde n. A. für Zettelballone.



6. Binde n. A. für Zettelballone.



**1. M. G. 08 mit Fokker-Zentral-Steuerung.**



**2. Fokker-Einfiger-Doppeldecker. Typ 1918.**



**3. Junters Infanterie-Flugzeug**



4. Großflugzeug der Gothaer Waggonfabrik.



**1. Bewegliche Wetterbeobachtungsstation in Tätigkeit.**



**2. Beginn einer Windmessung bei einer Feldwetterwarte.**



**3. Auf Lastwagen montierte Drachenwinde einer Drachenwarte und Kastendrachen.**



4. Leichte K-Fiat.



5. Leichte K-Fiat.



6. Daimler-Zugmaschine für Fiat.

**Verkehrsmittel.**



1. Feldmarschall-Hindenburg-Brücke über die Dubissa, 700 m lang, 42 m hoch.  
Strecke Laugsjorgen—Radziwiłłki.



2. Zübbede-Brücke beim freien Barbau auf 32 m hohen Pfeilern  
über den Njemen (Rußland).



3. Sava-Brücke bei Belgrad.  
(In der Mitte Roth-Wagner-Träger.)



4. Weichsel-Brücke bei Warschau,  
wiederhergestellt unter Benützung der alten Träger durch Hebung.



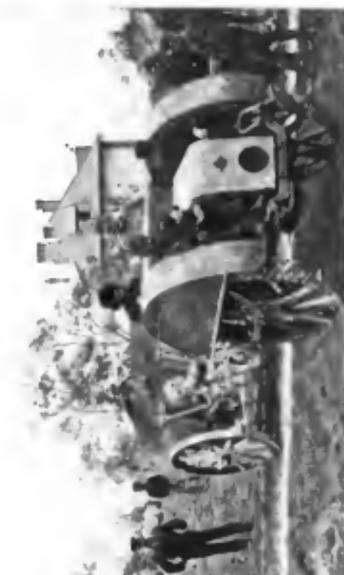
1. Deutscher Benz-Kauppenkrieger.



3. Deutsche K. D. I. Str. - Kraftzugmaschine in Fahrt.



2. Deutscher Z. 7. B. - Geländewagen.

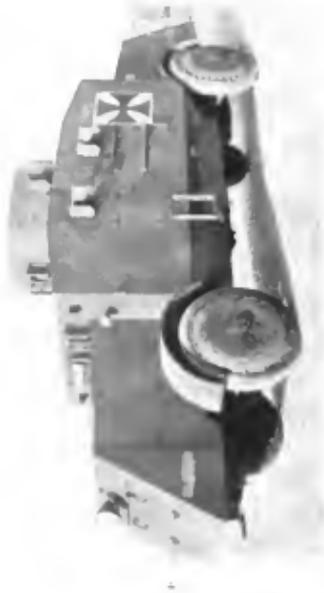


4. Österreichische zweirädrige Krafttröge (mit luftgekühltem Motor) vor dem Gefährd.

## Kampffahrzeuge.



5. Deutscher C. (Ehrhardt) Straßen-Panzerwagen.



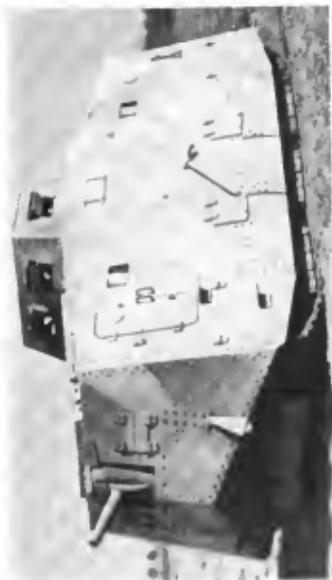
6. Deutscher Büssing-Straßen Panzerwagen mit Vierrad-Antrieb für gleiche Fahrt nach zwei Seiten.



7. Schneller englischer Vickers-Panzerwagen auf Personennagenergetriebel mit Volutreifen.



8. Deutscher Belandswagen mit Wartungsgehäuse zur Laufbetämpfung.



1. Deutscher S. 70. 20-Bogen.



2. Deutscher leichter Kampfwagen (S. 38.) (Richt an d. Front erprobt.)



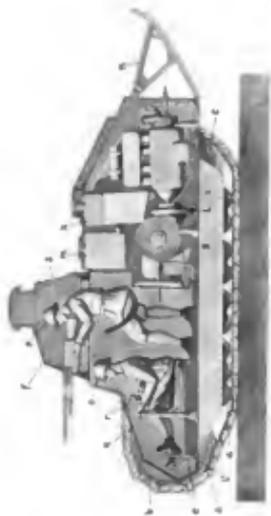
3. Französischer S. Charentais mit 5,7 cm-Geschütz.



4. Französischer „Baby“-Renault-Tank.

### Getriebe zu Renault.

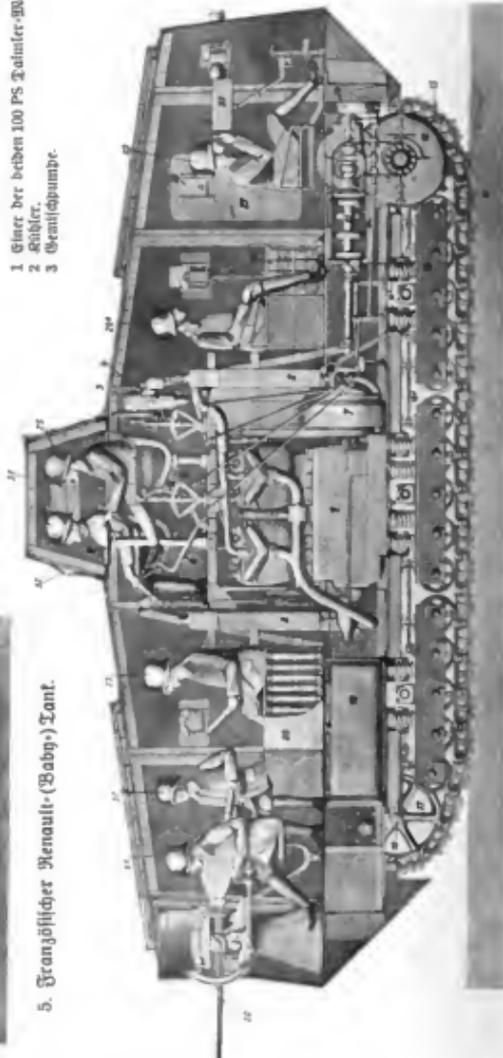
- a Kette.
- b Vorderes Getriebe.
- c hinteres Getriebe.
- d Nockenmechanismus.
- e Kuppelbremse.
- f Treibbarer 30.-cm.-Zurum.
- g Getriebe für die Steuerung.
- h Vorderräder.
- i Motor.
- k Fahrer.



### Getriebe zu M. 7 B.

- 1 Motor der beiden 100 PS Zylindergruppen.
- 2 Korbler.
- 3 Getriebspumpe.

5. Französischer Renault-(Babyp)-Zant.



- 4 Kambolleifer.
- 5 Zylinderkopf.
- 6 Kuppelgehäuse.
- 7 Kuppelung.
- 8 Zahnung.
- 9 Kambolleifer.
- 10 Arbeit für Pleiergetriebe.
- 11 Pleiergehäuse.
- 12 Pleiergehäuse.
- 13 Pleiergehäuse.
- 14 Pleiergehäuse.
- 15 Pleier.
- 16 Pleiergehäuse.
- 17 Pleiergehäuse.
- 18 Pleiergehäuse.
- 19 Pleiergehäuse.
- 20 Pleiergehäuse 5,7 cm-Ø-Ø-Ø.
- 21 Pleiergehäuse.
- 22 Pleiergehäuse.
- 23 Pleiergehäuse.
- 24 Pleiergehäuse.
- 25 Pleiergehäuse.
- 26 Pleiergehäuse.
- 27 Pleier.
- 28 Pleiergehäuse.
- 29 Pleiergehäuse.
- 30 Pleiergehäuse.
- 31 Pleiergehäuse.
- 32 Pleiergehäuse.
- 33 Pleiergehäuse.

6. Deutscher M. 7. B.-Kampfwagen.



1. Fernschreiber eines Armeekommandos.  
Teilansicht.

Auf dem Wandbrett im Hintergrund oben die Sicherungen, darunter in der Mitte ein Klappenschränk zur Vermittlung und zur Prüfung der Leitungen.

Über der Tastatur das Lenkrad, darüber der Geschwindigkeitsregler.



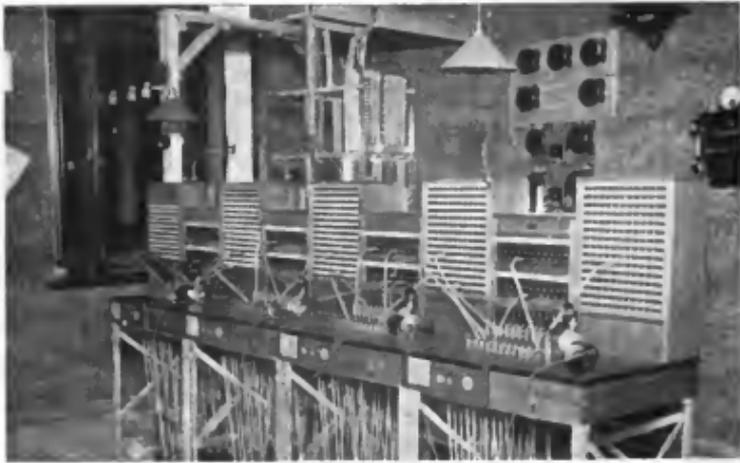
2. Fernsprechvermittlung eines Armeekommandos.  
Teilansicht.

Oben auf den Schränken die Glühlampen zur Beleuchtung.

Links vier Fernplätze, über den Klappen eine Uhr, darüber eine Leitungsstaffel; über dieser Einwurf für die erledigten Meldezetteln.

Neben den Klappen das Vielfachfeld (Rufen sämtlicher Leitungen).

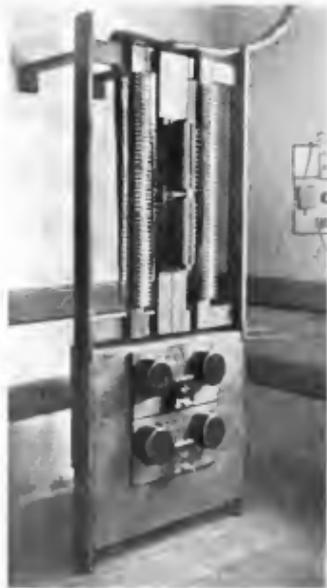
Rechts die Ortsteilnehmer.



3. Fernermittlung Gradna. — Über der Mitte die Sicherungen, rechts davon an der Wand Spulen zum Telegraphieren auf Fernsprechleitungen, darunter solche zum Mehrfachsprechen auf Fernsprechleitungen. Ganz rechts Prüf- und Meßeinrichtung.



4. Pupinspulen in zwei dreifach ausgeübten eiserne Fernsprechdoppelstellungen, durch die auch das dritte Gespräch pupiniert ist.



5. Hölzernes Sicherungsgerüst einer Station mit 50 Fernsprechleitungen. Darunter Spulen z. Dreifachsprechen auf 2x2 Fernsprechdoppelstellungen.

**Nachrichtsmittel.**



1. Eingang zur Station „Termitenbügel“  
(Höhe 304).



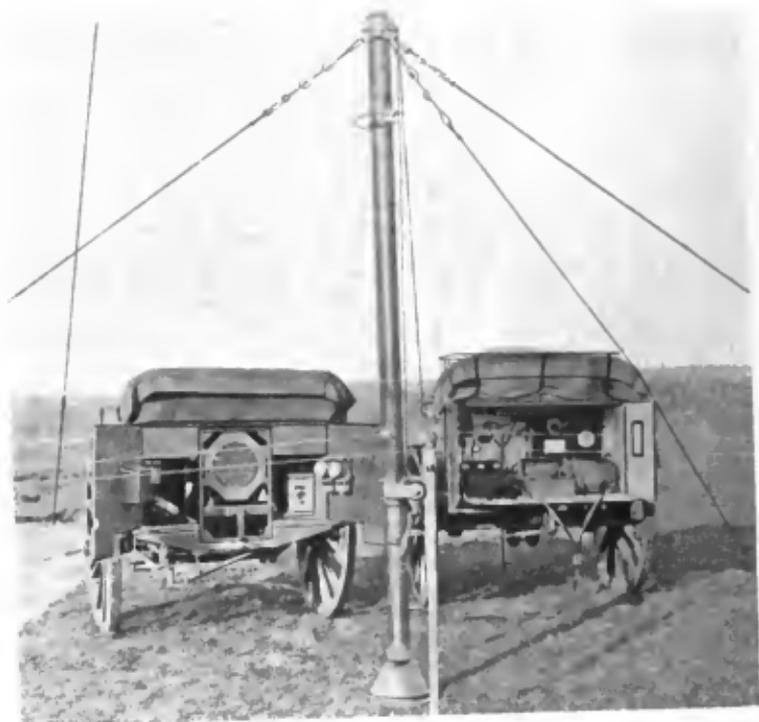
2. Automobil-Station in den Alpen.



3. Tönende Funken-Kleinstation  
(G-Fnk. 16).



4. Röhrensender-Empfänger  
zur Funken-Kleinstation.



5. Flieger-Befehls-Station.



6. Granattrichter-Station.

**Kriegsschiffe.**



1. Dampfschiff „Bayern“.



2. Großer Kreuzer „Göben“.



3. Kleiner Kreuzer „Cöln“.



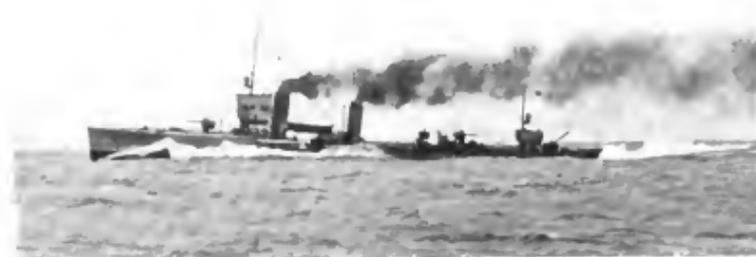
4. Minenschiff „Brummer“.



**1. Ms. Torpedoboot „V 67“ (Sultanwerft).**



**2. Torpedoboot „B 97“ (Blohm u. Boff).**



**3. Ms. Torpedoboot „H 145“ (Hornaldiswerft).**



4. 1916 Torpedoboot „V 116“ (Bulfinwerke).



5. II. Torpedoboot „A 26“ (Schiffbau).



6. S. M. Schnellboot (Rolandwerft).



1. Trefferwirkung eines Schrapnellis im ungepanzerten Vordschiff eines Linienschiffes („Raffau“).



2. Torpedotreffer unterhalb des Panzers im Vordschiff eines Großen Kreuzers („Moltke“).

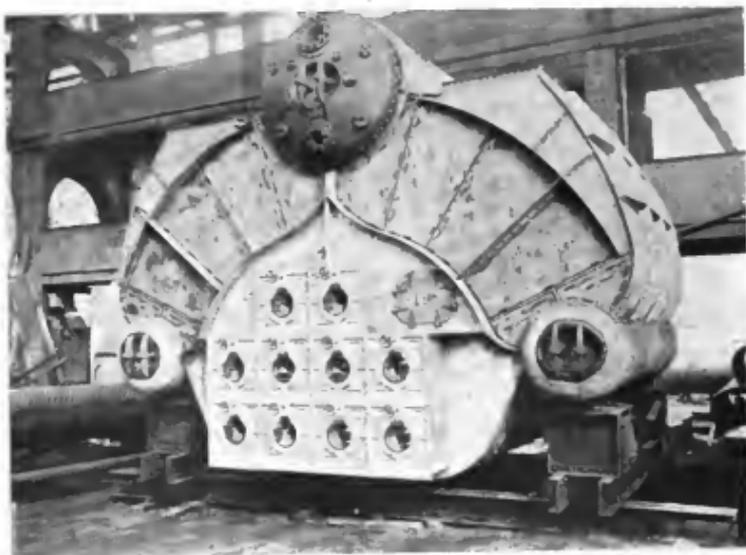


3. 38-cm-Granatreffer auf den Stabdellpanzer eines Linienschiffes („Großer Kurfürst“).

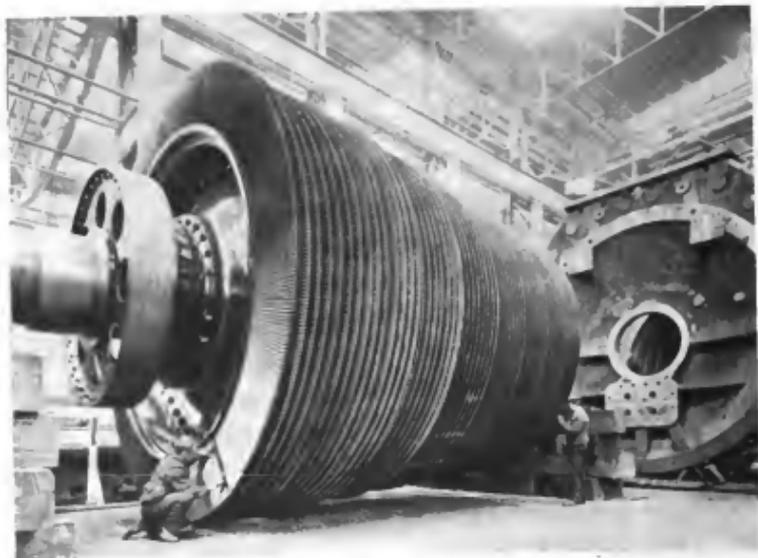


4. Trefferwirkung einer 34,2-cm-Panzergranate auf die Borbetondeck zwischen Panzerdeck u. Batteriedeck eines Gr. Kreuzers („v. S. Tamm“).

## Schiffsmaschinen.



5. Kriegsschiffs-Ofteffel.



6. Große Niederdruck-Turbinentrommel.



1. „U B 49“ (Küstenboot).



2. „U 135“ (Hochseeboot).



3. „U 139“ (Streuger).



4. Limbfeuerbohrer Dr. H. H. Viertel'schiffssägemaschine für U-Boote.

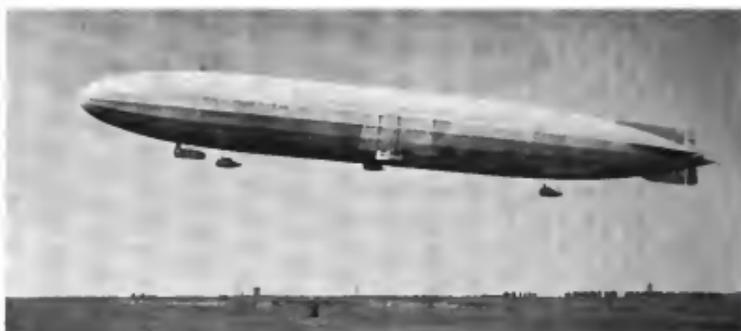


1. Befehlsmäßiges Bettungs-Geschleßgerüst für schwere Kaliber.



2. Neues Eisenbahn- und Bettungs-Geschleßgerüst Krupp'scher Fertigung (38 cm).

## Marine-Luftschiffe.



3. Marine-Luftschiff „S L. 8“.



4. Marine-Luftschiff „L. 15“.



5. Marine-Luftschiff „L. 43“.



**1. Marine-Luftschiff „L. 71“.**



**2. Marine-Luftschiff „P. L. 25“.**



**3. Marine-Luftschiff „P. L. 27“.**

## Marine-Flugzeuge.



4. Friedrichshafener Aufklärungs-Flugzeug. 200 P. S.



5. Zeppelin-Riefenflugboot. 4 × 260 P. S.



6. Zeppelin-Riefenflugzeug mit Schwimmern. 4 × 260 P. S.



1. Brandenburger Kampf- und Aufklärungs-Eindecker. 150 P. S.



2. Junkers Kampf- und Aufklärungs-Eindecker. 200 P. S.



3. Gotha-Torpedo-Flugzeug.  $2 \times 220$  P. S.

## Kriegsschiff-, Luftschiff-Häfen.



4. Helgoland mit Kriegshafenanlage.



5. Zweischiffige Drehhalle für Luftschiffe in Nordholz.



**1. Röta-Arm.**



**2. Branden-  
burg-Arm.**



**3. Carnes-Arm.**



**4. Keller-Hand.**



5. Gedertbein.



6. Sauerbruch-Arm.



7. Holzbein.





UNIVERSITY OF MICHIGAN



3 9015 03508 8791

