

KREUTZER – MÜLLER – FRIEDRICH

Physik in der Kriegsmarine

Ein Beitrag zur Wehrphysik

Band 1

von

Dr. Karl Kreuger

Marineoberstudiendirektor a. d. Marinekriegsschule Würmit

und

Dr. Heinrich Müller

Studenrat a. d. v. Salbernische
zu Brandenburg (Havel)

Artur Friedrich

Studenrat a. d. Hans Schenckschule
zu Chemnitz, z. Z. Wehrmacht

2. verbesserte Auflage

Mit 1 Titelbild, 181 Abbildungen im Text
und zahlreichen Tabellen



Carl Heymanns Verlag, Berlin 1943

1704752
KREUTZER — MÜLLER — FRIEDRICH

Physik in der Kriegsmarine

Ein Beitrag zur Wehrphysik

Band 1

von

Dr. Karl Kreutzer

Marineoberstudenbirektor a. d. Marinekriegsschule Mürwik

und

Dr. Heinrich Müller

Studienrat a. d. v. Salbernische
zu Brandenburg (Havel)

Artur Friedrich

Studienrat a. d. Hans Schemmische
zu Chemnitz, 3. St. Wehrmacht

2. verbesserte Auflage

Mit 1 Titelbild, 181 Abbildungen
und zahlreichen Tabellen



Carl Heymanns Verlag, Berlin 1943



Biblioteka
Uniwersytetu Gdańskiego



1100742530

Freigegeben
vom Oberkommando der Wehrmacht
Abteilung Inland (III)
Berlin, den 23. 2. 1942



~~nr 51886~~

II 87869

Gedruckt bei Julius Beltz, Langensalza

Printed in Germany / Verlagsschreib 12158

10.70/58

Zum Geleit!

Großdeutschlands Weg zur Weltmacht führt nur über Seemacht. Ihr sichtbarer Ausdruck ist die Kriegsmarine, der in diesem Kriege, aber auch im Frieden Aufgaben von entscheidender Bedeutung zufallen. Die Erfüllung dieser Aufgaben setzt eine weitgehende Kenntnis der physikalischen Bedingungen voraus, unter denen sich Seefahrt und Seekrieg abspielen. Neuzeitliche Kriegsschiffe sind technische Großanlagen, in denen die letzten physikalischen und technischen Errungenschaften für Schiffsbau, Schiffsführung, Schiffsantrieb und für die Waffen ausgenutzt werden.

Dem Lehrer der Physik und verwandter Wissensgebiete erwächst daraus die Verpflichtung, auch hierfür Sinn und Verständnis in der ihm anvertrauten Jugend zu wecken und zu vertiefen.

Das vorliegende Buch „Physik in der Kriegsmarine“ will dem Erzieher Führer und Berater sein und ihm die Fülle der Möglichkeiten aufweisen, physikalisches Wissen für das Befahren der See und für den Seekrieg zu verwerten.

Möge das Buch viele Freunde finden und dazu beitragen, daß ein großer Strom begeisterter junger Männer bereit ist, die Größe und Macht des Großdeutschen Reiches über alle Meere zu tragen.

Barzcha

Admiral

und Hauptamtschef im Oberkommando
der Kriegsmarine

Geleitwort

In einem einzigartigen Erziehungsprozeß hat Adolf Hitler die Deutschen aller Stämme zu einer großen Volksgemeinschaft zusammengeschmiedet und dann das Großdeutsche Reich geschaffen. Dieses Reich besteht zur Zeit in einem Weltkampf ohnegleichen gegen die Mächte der Plutokratie und des Bolschewismus seine erste große Bewährungsprobe vor der Geschichte. In diesem Ringen wird es unumstrittener Sieger bleiben und damit endgültig seine Weltmachstellung erkämpfen.

Diese Weltmachstellung ist untrennbar verbunden mit der Stellung der deutschen Nation als Seemacht. Die Flotte des Großdeutschen Reiches wird nach dem Kriege ihre Flagge auf allen Meeren der Erde zeigen, und unsere Jugend wird auf den stolzen Schiffen der Kriegs- und Handelsmarine in die Welt hinausfahren, um Kunde zu bringen von deutscher Macht, deutschem Wesen und deutscher Arbeit.

Eine der wichtigsten Voraussetzungen dafür ist die Erziehung der Jugend für den Gedanken der deutschen Seegeltung. Der Schule kommt dabei die Aufgabe zu, in das Herz der deutschen Jugend nicht nur glühende Begeisterung für diesen stolzen Gedanken zu pflanzen, sondern ihr zugleich ein tiefgründiges und umfassendes Wissen zu vermitteln. Nur dann ist die Lösung großer Aufgaben, wie sie in der Zukunft immer wieder an die Nation gestellt werden, möglich.

Das vorliegende Buch „Physik in der Kriegsmarine“ ist für diese Erziehungsarbeit ein wertvoller Beitrag. Es soll für jeden Lehrer der Physik ein zuverlässiger Führer bei der Vermittlung des notwendigen wehrphysikalischen Wissens sein und ihm gleichzeitig zahlreiche Anregungen für eine tiefgründige wehrgeistige Unterrichtsarbeit vermitteln.

Aus diesem Grunde sei mein Wunsch, den ich diesem Buch als Geleit auf seinem Weg in die deutschen Schulen mitgeben möchte, daß es innerhalb der deutschen Erzieherenschaft viel Freunde finden möge, die mit seiner Hilfe unserer Jugend nicht nur reiches wehrphysikalisches Wissen vermitteln, sondern auch in ihr eine tiefinnere Aufgeschlossenheit und glühende Begeisterung für den Gedanken der deutschen Seefahrt und Weltgeltung und damit für eine stolze deutsche Zukunft verankern.

Fritz Wächter, Gauleiter
Reichswalter des NS.-Lehrerbundes

Nicht Schiffe kämpfen,
sondern Menschen!
Admiral von Stosch, 1872

Aus dem Vorwort zur 1. Auflage

Physikunterricht ohne Betonung wehrphysikalischer Dinge ist heute nicht mehr denkbar. Der Verlauf des uns aufgezwungenen Freiheitskampfes und die Stellung Großdeutschlands als Seemacht verlangen dabei eine starke Berücksichtigung von Fragen aus dem Bereiche der Kriegsmarine. Dem kommt auch der Drang unserer Jugend entgegen, die alles verstehen will, was mit unserer Kriegsmarine zusammenhängt. Die zur Befriedigung dieses Dranges erforderlichen Kenntnisse, wie überhaupt das zur Behandlung irgendwelcher Fragen und Aufgaben aus dem Bereiche unserer Kriegsmarine unumgänglich notwendige Vertrautsein mit marinephysikalischen Dingen will das vorliegende Buch vermitteln. Es will allen Lehrern und Erziehern ein Führer und Nachschlagewerk sein.

Auswahl und Anordnung des Stoffes und die Darstellungsweise richten sich nach der Schule, die die höchsten Anforderungen stellen muß. Seine Gliederung entspricht daher weitgehend dem für die deutsche höhere Schule geltenden Lehrplan.

Allen Dienststellen, Verlagen und Rüstungsfirmen, die unsere Arbeit durch ihr Entgegenkommen, durch Überlassung von Material und Abbildungen gefördert haben, sei auch an dieser Stelle unser Dank ausgesprochen. Nicht zuletzt danken wir den Herren Professor Dr. H. H e r n e r, Lehrer für Schiffbau an der Marinekriegsschule Mürwik, Studienrat Dr. G. H e u f e l, Gießen und Studienrat Dr. R. T p p i s c h, Wien für freundliche Durchsicht des Manuskripts und wertvolle Hinweise sowie dem Verlag für seine verständnisvollen Bemühungen um Erscheinen und Ausstattung des Buches.

Vorwort zur 2. Auflage

Noch vor Erscheinen des 2. Bandes des Gesamtwerkes macht sich eine 2. Auflage des 1. Bandes erforderlich. Hierbei wurden Aufbau und Darstellung der 1. Auflage fast unverändert beibehalten, da sie allgemein recht günstig beurteilt worden sind. Die Neubearbeitung beschränkte sich daher auf eine sorgfältige Durchsicht, zahlreiche kleinere Verbesserungen und Nachträge, für die durch straffere Fassung und Kürzungen anderer Abschnitte Raum gewonnen wurde. Nur bei dem Kapitel **L i c h t** ließ sich eine grundsätzliche Umgestaltung mit dem Ziel einer mehr schulgemäßen Darstellung nicht umgehen. Dabei wurde ein neues Kapitel „**M a r i n e o p t i s c h e G e r ä t e**“ abgezweigt und dadurch mehr hervorgehoben. Einige Abbildungen wurden durch bessere ersetzt und verschiedene neue zugefügt, um die Anschaulichkeit zu steigern.

Wir danken wiederum allen, die unsere Arbeit durch Zuschriften, Hinweise und Anregungen aller Art gefördert haben.

Flensburg, Brandenburg (Havel),
Chemnitz (z. B. Wehrmacht), November 1945.

Die Verfasser.

Inhalt

1. Messen

Seite

A. Längenmaß	1
Meter, Seemeile, Kabellänge, Meridianertie, Hauptabmessungen eines Kriegsschiffes, Abmings, Zahlen unserer Flotte, Konstruktionswasserlinie	
B. Flächenmaß	3
Flächeninhalt, Spantfläche, Wasserlinien- oder Schwimmfläche, Hauptspant, Spantflächenkurve, Wasserlinien- oder Schwimmflächenkurve, Volligkeitsgrade	
C. Raummaß	6
Rauminhalt, Register-Tonne, VRT, NRT	
D. Kraft- und Gewichtsmaß	7
Kraft, Zugmesser, Gewicht, Displacement, Typ- oder Washington-Displacement, Höchst-Displacement, Hauptgewichtsgruppen	
E. Wichte	11
Wichte, Bestimmung der Wichte, Bedeutung der Wichte, Wichte verschiedener Stoffe	
F. Druckmaß	13
Druck, Kleine Drücke, Hohe Drücke, Außergewöhnlich hohe Drücke, Mächtigste Drücke, Überdruck, Unterdruck, Absoluter Druck	

2. Ruhendes Wasser

A. Druck im ruhenden Wasser (hydrostatischer Druck)	17
Druck im ruhenden Wasser, Bodendruck, Seitendruck, Aufdruck, Auftrieb, Druckkörper, Einhüllenboot, Zweihüllenboot, Brandtaucher, „Forelle“, Entwicklung der U-Bootwaffe, Tauchtiefen, Gehörtiefe, Tiefenstellermine, Voreilgewichtsmine, Otter, Rüstentorchanlagen, Hochseepiegel, Wasserdruck-Tiefensteller, Wasserdrucksicherung, Wasserbombe, Torpedo, Torpedotiefensteuerung, Laufstrecke, Luftblasenbahn, U-Boot-Klosett, Bunterpeilung, Tauchfüllungsanzeiger, Taucher, Tauchpanzer	
B. Allseitige Ausbreitung des Druckes	32
Hydraulische Presse, Hebetran, Hebedock, Detonationen unter Wasser, Explosion und Detonation, Stoßwelle, Ausdehnung der Sprenggase, Sprengsäule	
C. Zusammenhängende Gefäße	36
Trimmzellen, Treibölbunter, Wasserstandsfernanzeiger, Krängungs- und Trimmwaagen	
D. Auftrieb, Tauchgewicht, Schwimmen, Restauftrieb	37
Auftrieb, Tauchgewicht, Schwimmen, Restauftrieb, Reserve-Displacement, Tragfähigkeit, Untertrieb, Archimedischer Schwimmfaß, Eigenschaften des Kriegsschiffes, Displacementskurve, Schwimmlagen des U-Bootes, Hauptgleichungen des U-Bootes, Schlauchrettungsboot, U-Boot-Floß, Minen, Bo-	

jen, Verdrängungsruder, Tonnen, Feuerschiffe, Leuchtfeuer, Steuerbord-Tonnen, Backbord-Tonnen, Ansteuerungstonnen, Restaustrieb des U-Bootes, Fluten der Tauchzellen, Lenzen der Tauchzellen, Auftriebsänderungen, Gewichtsänderungen, Torpedoschuß, Überwachung der Auftriebs- und Gewichtsverhältnisse beim U-Boot, Trimmänderungen, Tiefenruder, Tauchen, Auf-tauchen, Übungstorpedo, Dock, Trockendock, Schwimmdock, Hebewerk, Sinktzeitboje, Wasserdichte Abteilungen, Bodenventile, Absinken eines scharfen Torpedos, Signal- und Geheimbücher

3. Gase

Gase	55
Preßluft, Ausblasen der Geschützrohre, Anlaßluft für Dieselmotoren, Torpedo-ausstoß, Luftkessel des Torpedos, Luftrohre, Flutluftrohre, Lotmaschine nach Thomson, Tiefenmesser, Sechrohrstandsanzeiger, Marine-Barometer, Metall-manometer, Plattenfeder-Manometer, Tiefenmesser für U-Boote, Druckprobe	

4. Wärme

A. Ausdehnung	61
Längenausdehnung, Bimetall, Nickelstahlunruhe, Räumliche Ausdehnung, Schwimmkompaß, Füllung von Öltanks	
B. Temperaturmessung	64
Schiffsraumtemperatur, Thermometer-Teilung, Thermograph, Quecksilber-fernthermometer	

5. Wetterkunde

A. Bedeutung des Wetters	67
Wind und Wetter, Sturm, Nebel, Wetterkunde, Meteorologische Navigation, Forschungsschiffe	
B. Wetterbeobachtung	69
Wetterstationen, Windmessung, Wahrer und scheinbarer Wind, Fahrtwind, Beaufort-Stala, Messung des Luftdrucks, Barograph, Luftfeuchte, Psychro-meter, Lufttemperatur, Wetterhütte, Tiefsseethermometer, Marinenwasser-thermometer, Salzgehalt des Seewassers, Niederschlagsmessung, Sichtmes-sung, Nebel, Seerauch, Wetterbeobachtung an Bord, Seeobs, Sturmwar-nungsdienst, Sturmsignale, Eisdienst, Erforschung der höheren Luftschichten, Fesselballone, Drachen, Ballonsonde, Radiofonde	
C. Wetter und See	82
Nebel, Sturm, Windsee, Sturmsee, Seegang, Dünung, Brandung, Bei-drehen, Farbe des Seewassers, Gefrierpunkt, Meeresströmungen	

6. Schall

A. Luft- und Unterwasserschall	91
Akustische Methoden, Abstands- und Richtungsbestimmung, Horchgeräte, Unterwasserschallsender und -Empfänger, Schallgeschwindigkeit	
B. Gerichteter Schall	93
Megaphon, Sprachrohr, Gruppenwirkung	
C. Schallquellen an Bord	96
Luftschallquellen, Membranweder, Schiffsglocke, Bootsmannsmaatenspfiffe, Batteriepfiffe, Dampfpfiffe, Tyfon, Nebelhorn, Heuler, Motorheuler,	

	Seite
Nautophon, Membrantonsender, Ausfahrtschwert, Schiffsgeräusche, Schall-empfänger	
D. Akustische Abstandsbestimmung	104
Luftschall- und Unterwasserschallzeichen, Radiopunkte, Wasserschall-Sende- stationen	
E. Echolotung	106
Behmloot, Kurzzeitmesser, Echotiefe, Atlasloot, Schlagsendertyp	
F. Richtungs hören (Geräusch empfangsanlagen)	110
Binauraleffekt, Luftdurchgerät, Navigationsdurchgerät, Geräusch empfangs- anlage, Maximaleffekt, Kompensator, Küstendurchanlage, Schiffsanlage, Peilschärfe, Reichweite	

7. Licht

A. Leuchtfener	115
Weisse, farbige Lichter, Leuchtfener, Kennung, Wrackfener	
B. Spiegelfextant	116
Spiegelfextant, Winkelmessung, Rimm, Rimmabstand	
C. Prismen	119
Fresnelscher Gürtel, Totalreflektierende Prismen, Peildioptr, Pentagonal- prisma, Räumliche Bildumkehr, Porroprisma, Doveprisma, Glasteil, Berichtigungs- oder Mehrtteil	
D. Menschliches Auge	124
Augenfehler, Tarnungsmittel, Akkommodation, Körperliches Sehen, Parallaxe	
E. Lichterscheinungen in der Atmosphäre	126
Sicht, Neophanglas, Sichtweite, Astronomische Ortsbestimmung, Rimm- tiefe, Astronomische Strahlenbrechung, Höhenverschub, Deutlichkeit der Rimm, Wahre Höhe eines Gestirns	

8. Marineoptische Geräte

A. Signalgeräte	135
Marineoptische Geräte, Signallaterne, Dampferlaterne, Hedlaterne, Seiten- laterne, Kielwasserlaterne, Unterlaterne, Nachtsignalapparat, Nachtfahrt- anzeiger, Führerlaterne, Untermandöverlaterne, Klapplaterne, Warnlicht, Steuerlaterne, Erkennungssignal, phosphoreszierende Stoffe, Mattscheiben	
B. Scheinwerfer	137
Marinescheinwerfer, Parabolspiegel, Hochleistungsbogenlampe, Reichweite, Sichtweite, Signalscheinwerfer	
C. Beobachtungsfernrohre	141
Beobachtungsfernrohre, Doppelgläser, Strichglas	
D. Sehrohre	144
Sehrohr, Rohrwandsehrohr, U-Bootperiskop, Flasche	
E. Zielfernrohre	147
Zielfernrohr, Schartenfernrohr, Rundblickfernrohr, Richtungsweiser-Sehrohr	
F. Entfernungsmesser	150
Entfernungsmessgerät mit großer Basis, trigonometrisches Messverfahren, Standwinkelentfernungsmesser, Zielwinkelentfernungsmesser, Zweistand- Entfernungsmesser, Langbasisgerät, Mehreieck, Hochstands-Entfernungs- messer, Einstand-Entfernungsmesser, Teilbild-Entfernungsmesser, Raumbild- Entfernungsmesser, Messgenauigkeit	

	Seite
9. Magnetismus	
A. Erdmagnetismus	157
Magnetkompas, Declination, Ortsmifweisung, Mifweisungsrose, Isogonen, Magnetische Seevermessung, Mifweisungsbestimmung	
B. Schiffskompas	160
Landkompas, Schiffskompas, Rosenteilung, Steuerstrich, Steuertompas, Aufsatz, Tockentompas, Schwimmkompas, Motorschiffskompas, Lichtbildkompas, Deviation, Deviationsbojen, Batensystem, Peilung, Kurs, Kursverwandlung	
C. Schiffsmagnetismus	170
Bau- oder fester Schiffsmagnetismus, Fluchtiger Schiffsmagnetismus, Halbfester Schiffsmagnetismus, Schiffsmagnetisches Feld, Kursabhängigkeit der Deviation, Breitenabhängigkeit der Deviation, Kompensation des Magnetkompasses, Restdeviation, Deviationskurve, Ablenkungstabelle, Steuertabelle, Krümmungsfehler, Ferngesteuerter Magnetkompas	
10. Elektrische Anlagen	
A. Bedeutung	183
Kriegsschiff als Energie- und Fernmelde-Zentrale	
B. Spannungserzeuger	184
Gleichstromgeneratoren, Akkubatterien, Galvanische Elemente	
C. Verbraucher	189
Maschinenschalttafel, Überwachung des Betriebes, Verteilerschalttafel, Schiffs-Hilfsmaschinen, Maschinentelegraphen	
D. Leitungsnetz	191
Marinetabel, Isolationszustand, Widerstandsmesser	
E. Prüfgeräte	193
CO ₂ -Messer, CO + H ₂ -Messer, Rauchgas-Entnahmeeinrichtung, Temperatur-Fernmessung, Widerstandsthermometer	
F. Zündeinrichtungen	198
Elektrische Zündgeräte, Elektrolot, Bleitappen-Wassermine, Antennenzündung	
G. Fernsprecher	200
Zweileiterschaltung, Kopffernsprecher, Kehlkopfmitrophon, Brustmitrophon, Praelleffekt, Sprachrohr	
H. Telegraphen	204
Betriebstelegraphen-Anlagen, B- und M-Anlagen, Geber, Empfänger, Schrittswerk, Einstellvorrichtung, Notmaschinentelegraphen-Anlage, Fernschreiber	
I. Anrufmittel	206
Flackerlichtanlage, Blinkknöpfe, Impulsgeber	
11. Übungsaufgaben.	211
Anhang	
Einige seemännische und marinetechnische Ausdrücke	217
Herkunft der Abbildungen	225
Quellen und Nachschlagewerke	225
Sachverzeichnis	227

1. Messen

A. Längenmaß

Längen werden in Metern (m) und Seemeilen (sm) gemessen.

Die Deutschen Admiralitätskarten enthalten die **Höhen- und Tiefenangaben** in Metern. Beim Artillerie- und Torpedoschießen werden **Entfernungsangaben** in Hektometern (1 hm = 100 m) gegeben, auch die Schußtafeln schreiten nach hm fort.

Alle Entfernungen, die den Seemann angehen, werden in sm angegeben. Die **Seemeile** ist der 21600ste Teil des Erdumfangs, d. h. die Länge einer Bogenminute des mittleren Erdumfangs oder eines vollen Meridians. Es ist 1 sm = 1852 m. Aus der Seemeile werden folgende Längenmaße abgeleitet:

die **Rabellänge** = $\frac{1}{10}$ sm = 185,2 m,

die **Meridiantertie** = $\frac{1}{3600}$ sm = 0,514 m.

Die **Rabellänge** wird noch gelegentlich bei Entfernungsangaben auf See gebraucht (Lage einer Tonne von festen Landmarken, Abstand von Schiffen), ferner findet sie sich in Hafenplänen.

Die **Meridiantertie** ist ein in der Seefahrt vorkommendes Längenmaß, weil die Geschwindigkeit (seemännisch **Fahrt** genannt) $1 \text{ sm/h} = 1 \text{ Meridiantertie/Sekunde} = 0,514 \text{ m/s}$ und $1 \text{ m/s} = 1,94 \text{ sm/h}$ ist. Abgerundet bildet man die Regel: 1 sm/h ist 0,5 m/s oder: Ein Schiff macht in der Sekunde halb so viel Meter wie Seemeilen in der Stunde.

Von einem **Kriegsschiff** interessieren folgende **Hauptabmessungen** (Abb. 1):

a) den **Schiffbauer** (Konstrukteur):

Berechnungslänge, genommen zwischen zwei äußersten Punkten vorn und hinten in der Konstruktionswasserlinie, bezeichnet mit L

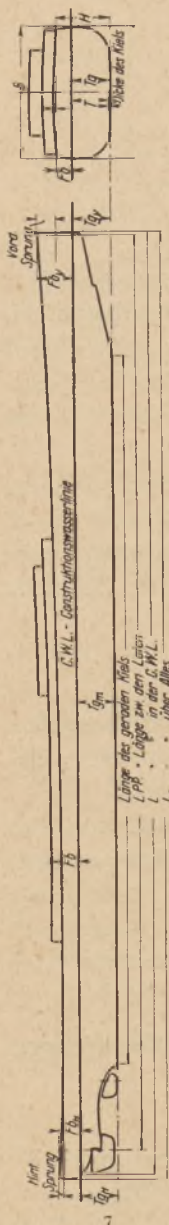


Abb. 1. Hauptabmessungen eines Schiffes.

Größte Breite des Unter Schiffes, soweit es eingetaucht ist, bezeichnet mit B
 Konstruktionstiefe, d.h. von der Konstruktionswasserlinie bis Oberkante Kielplatte, gemessen im Hauptspant, bezeichnet mit T

Freibord im Hauptspant, von Konstruktionswasserlinie bis Oberkante Decksbalken des obersten wasserdichten Decks an der Seite gemessen, also die Höhe des Schiffes über Wasser, bezeichnet mit Fb
 Seitenhöhe $SH = T + Fb$

b) den Seemann:

Länge über alles, gemessen zwischen zwei Senkrechten durch die äußersten Punkte des Schiffes über oder unter Wasser gelegen vorn und hinten, bezeichnet mit L_1

Größte Breite über Alles, d.h. einschließlich Außenhaut, Scheuerleiste, Ausbauten, bezeichnet mit B_{gr}

Tatsächlicher jeweiliger Tiefgang, bezeichnet mit T_g
 abgelesen an vorn und achtern am Schiffskörper angebrachten Tiefgangsmarken, den sog. **Ahmings**. Sie enthalten die Zahlen in dm, je einen dm hoch, in 2 dm Abstand. Die Zahlen stehen auf der Linie, die sie bezeichnen.

Diese Höchstmaße sind für den Seemann wichtig beim Einlaufen des Schiffes in Schleusen oder Docks, beim Durchfahren von Brücken, Passieren von Flachstellen usw.

Zahlen unserer Flotte

	Länge m	Breite m	Tief- gang m	Be- satzung	Wasser- verdrän- gung t	Ge- schwin- digkeit sm/h
Schlachtschiffe:						
Gneisenau }	226	30,0	7,5	1461	26 000	27
Scharnhorst . . . }						
Schwere Kreuzer:						
Admiral Hipper . .	195	21,3	4,7	.	10 000	32
Admiral Scheer . .	182	21,7	5,0	965	10 000	26
Leichte Kreuzer:						
Nürnberg	170	16,4	4,3	655	6 000	32
Leipzig	166	16,3	4,8	632	6 000	32
Röln	169	15,2	5,4	592	6 000	32
Emden	156	14,3	5,8	630	5 400	29
Zerstörer:	117	11,7	2,9	.	1 811	36
	114	11,3	2,8	.	1 625	36
Torpedoboote:	89	8,6	2,6	125	800	34
	85	8,4	2,8	120	800	33

Als **Konstruktionswasserlinie**, CWL, bezeichnet man die Wasserlinie, auf der das Schiff im konstruktionsmäßigen Zustand schwimmt.

B. Flächenmaß

Flächeninhalte werden in m^2 gerechnet.

Im Schiffbau spielen die Spantflächen und die Wasserlinien- oder Schwimmflächen bei verschiedenen Tiefgängen eine grundlegende Rolle.

a) Unterteilt man das eingetauchte Schiff wie in Abb. 2 durch eine Reihe von Querschnitten, so zerschneiden sie das Schiff in eine Anzahl von kurzen, hohen, senkrecht stehenden Stücken (wie ein Brot in Scheiben). Die Schnittkurven der Schnittebenen mit der Außenhaut des Schiffes heißen die **Konstruktionsspanten**, der größte (mittlere) der Hauptspant. Von allen Spantflächen ermittelt man die Flächeninhalte. Darnach trägt man auf einer Achse die Länge L des Schiffes in der Konstruktionswasserlinie auf

und markiert die Lage der Spanten. Über ihnen errichtet man die Ordinaten, die in einem passenden Maßstab (1 : 25) die Spantflächeninhalte, also die eingetauchten Querschnittsflächen, geben. Verbindet man ihre Endpunkte, so gewinnt man die **Spantflächenkurve**. Sie gibt die Verteilung des Unterwasserrauminhalts der Länge nach wieder.

Der Flächeninhalt der Spantflächenkurve gibt den Rauminhalt des eingetauchten Schiffskörpers an. Multipliziert man den Wert mit der Wichte des Seewassers, so erhält man den Auftrieb und damit das Gewicht des Schiffes, da beide gleich groß sind. Die Berechnung des Rauminhaltes eines Schiffes wird damit auf eine Flächenberechnung zurückgeführt, wie Abb. 2 deutlich erkennen läßt.

b) Unterteilt man das eingetauchte Schiff durch eine Anzahl von Schnitten, die parallel zur Wasserlinie liegen, so zerschneiden sie das Schiff in eine Anzahl flacher, breiter, waagerecht liegender Scheiben. Die Flächeninhalte dieser Wasserlinienflächen werden ermittelt und nach Abb. 3 aufgetragen. Verbindet man die Punkte, so erhält man die **Wasserlinien-** oder **Schwimmflächenkurve**. Sie gibt die Verteilung des Unterwasserrauminhalts der Höhe nach wieder.

Wichtig sind für ein Schiff noch die **Völligkeitsgrade**, die das Verhältnis einer Fläche oder eines Raumes zum umschriebenen Flächen- oder Raumrechteck bezeichnen. Die wichtigsten sind:

Völligkeit der Konstruktionswasserlinie

$$\alpha = \frac{\text{Fläche der Konstruktionswasserlinie}}{L \cdot B},$$

Völligkeit des Hauptspants

$$\beta = \frac{\text{Fläche des Hauptspants}}{B \cdot T},$$

Völligkeit des Unterwasser Schiffes

$$\delta = \frac{\text{Rauminhalt des Unterwasser Schiffes}}{L \cdot B \cdot T}.$$

Der Völligkeitsgrad

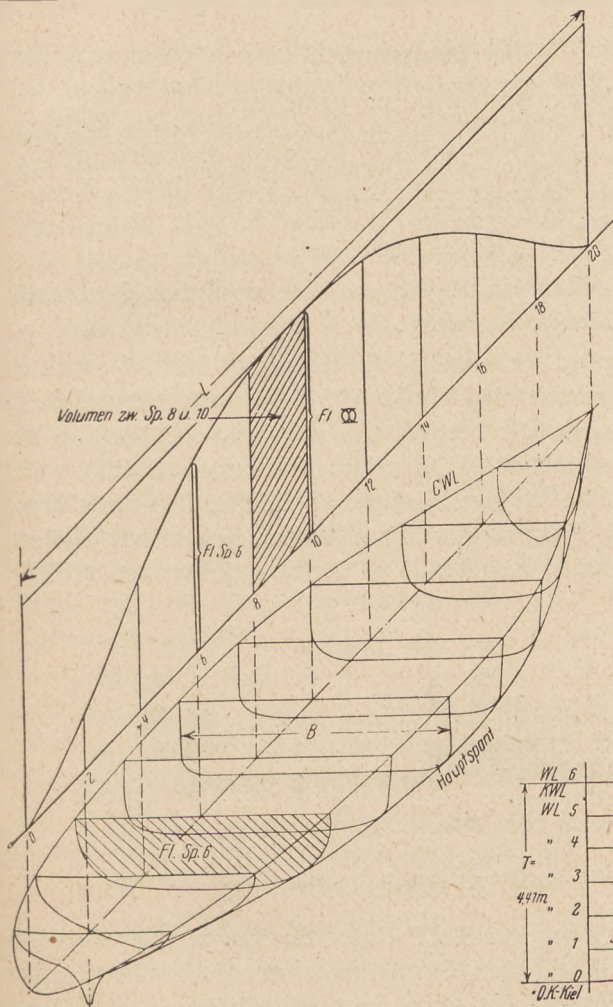


Abb. 2. Spantflächenturve eines Schiffes.

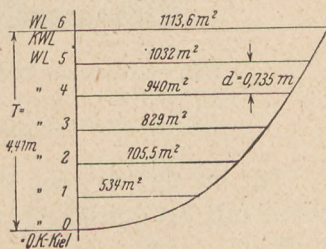


Abb. 3. Schwimmflächenturve, mit il rer Hilfe kann der Rauminhalt des eingetauchten Schiffkörpers berechnet werden.

$$\varphi = \frac{\delta}{\beta} = \frac{\text{Rauminhalt des Unterwasserschiffes}}{\text{Spantfläche} \cdot L}$$

ist das Verhältnis des Unterwasserschiffes zu einem Zylinder, der als Querschnitt die Hauptspantfläche und als Länge die Schiffslänge hat. Bei einem „scharfen“ Kriegsschiff ist etwa $\alpha = 0,7$, $\beta = 0,8$, $\delta = 0,5$.

C. Raummaß

Rauminhalte werden in m^3 gemessen.

Ein Raummaß ist die in der Handelsmarine übliche Register-Tonne (RT). Sie ist eine reine Vermessungsgröße. In ihr wird der Rauminhalt des Schiffes ausgedrückt. Es ist

$$1 \text{ RT} = 2,8315 \text{ m}^3.$$

Diese merkwürdige Zahl ergibt sich aus dem englischen Raummaß, es ist $1 \text{ RT} = 100 \text{ engl. Kubikfuß}$.

Man unterscheidet bei einem Handelsschiff den Brutto- und den Nettoraumgehalt (Abb. 4). Der Bruttoreaumgehalt ist der Raumgehalt des ganzen Schiffes, einschließlich der Deckaufbauten, ausgedrückt in Bruttoregister-tonnen (BRT). Der Nettoraumgehalt mißt den Raumgehalt des Schiffes, der nach Abzug der Antriebs- und Mannschaftsräume zum Beladen mit Gütern übrig bleibt, und wird ausgedrückt in Nettoregister-tonnen (NRT).

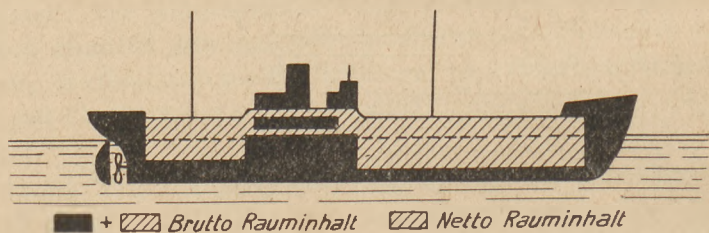


Abb. 4. Brutto-Register-Tonnen und Netto-Register-Tonnen.

Für die Bestimmung der BRT eines Schiffes werden Doppelboden und bei Anbringen von Vermessungsluken ganze Decks unter Umständen nicht mit vermessen (ausgesondert). So kann bei gleichem Bruttoreumgehalt zweier Schiffe also noch nicht ohne weiteres darauf geschlossen werden, daß beide Schiffe auch gleiche Raumgrößen haben.

Der Nettoraumgehalt ist für den Betrieb des Schiffes wichtiger als der Bruttoreumgehalt, da sich die Höhe der meisten Abgaben nach ihm richtet.

Die Register-tonnage eines Schiffes ist jedoch nicht nur für die Abgaben entscheidend, sie bildet auch die Grundlage für ver-

schiedene andere Bestimmungen sozialer und wirtschaftlicher Art. Besatzung, Patente von Kapitän und Offizieren, Charterpreis des Schiffes und Heuersätze für die Bemannung richten sich nach dem Raumgehalt des Schiffes. Von gewissen Vermessungsgrößen an unterliegen die Schiffe den Freibordvorschriften und dem Zwang zur Funkanlage. Die Gebühren im Kaiser-Wilhelm-Kanal, das Löschen mit eigener Besatzung, der Lotsenzwang und die Versicherungsbedingungen sind von Vermessungsgrößen abhängig.

Für einen Frachter ist der Bruttoreaumgehalt etwa gleich dem 1,5 bis 1,6 fachen des Nettoreumgehalts.

Die Registertonnen eines Schiffes haben nichts mit seinem Verdrängungs- oder Tragfähigkeitsangaben zu tun. Sie können auch nicht allgemeingültig, sondern nur ungefähr darin umgerechnet werden. Für einen Frachter ist aber gerade die Tragfähigkeit ausschlaggebend für seinen Betriebswert. Das in Gewichtstonnen zu je 1000 kg ausgedrückte Ladegewicht eines Frachtschiffes beträgt etwa 140 v. H. des Bruttoreumgehalts oder etwa 230 v. H. des Nettoreumgehalts.

Beispiele:

1. Ein Handelsschiff von 17 000 m³ oder 6000 BRT hat ein Ladegewicht von etwa 8400 t.

2. Der Frachter Kronenfeld

hat eine Verdrängung von	15 750 t,
einen Bruttoreumgehalt von	8 135 BRT,
einen Nettoreumgehalt von	5 123 NRT,
eine Tragfähigkeit von	12 456 t.

Kriegsschiffsgrößen werden nicht im Raummaß, sondern im Gewichtsmaß angegeben.

Die Raum- statt der Gewichtsbestimmung wurde für die Handelsschiffe durch England 1854 eingeführt und allen übrigen seefahrenden Ländern aufgezwungen. Nach deutscher Ansicht ist sie unzumutbar und überholt.

D. Kraft- und Gewichtsmaß

Kräfte werden in kg und t (1 t = 1000 kg, 1 engl. ton = 1,016 t = 1016 kg) gemessen.

Beim **Minensuchen** mittels **Otterräumgerät** wird die **Räumleine** in einen **Zugmesser** eingehakt. Dieser zeigt dauernd einen bestimmten normalen Zug an der Räumleine an, der durch den Widerstand der geschleppten Leine im Wasser entsteht. Sobald nun ein **Minenankeerta** vom Räumgerät gefaßt wird, ist an dem Zugmesser ein sehr starker zusätzlicher Zug zu beobachten. Diese Vergrößerung des in kg gemessenen Widerstandes ist das Anzeichen für das Auffinden einer Mine.

Das **Gewicht** spielt für die Einteilung, Beurteilung und Eigenschaften von Kriegsschiffen eine hervorragende Rolle und ist für Baukosten, Betriebskosten und Leistungsfähigkeit der Schiffe entscheidend. **Kriegsschiffe** werden deshalb nicht nach ihrem Rauminhalt, sondern nach ihrem **Gewicht** angegeben. Wenn ein Kreuzer 10 000 t groß ist, so bedeutet das, daß er 10 000 t wiegt und im Süßwasser 10 000 m³, im Ozeanwasser $10\,000 : 1,025 = 9756$ m³ Wasser verdrängt. **Unter Schiffsgröße versteht man hier Schiffsgewicht** in t. Man nennt es auch sein **Displacement**. Der zu einem bestimmten Gewicht gehörige **Rauminhalt** des **Unterwasser Schiffes** bzw. der verdrängten Wassermenge in m³ heißt ebenfalls **Displacement**, so daß dieser Begriff in doppeltem Sinne gebraucht wird. Man bezeichnet das Gewichts-Displacement kurz als Displacement in t, das Raummaß als Displacement in m³. Wenn nichts anderes gesagt, wird im Kriegsschiffbau **D** als Gewichtsmaß aufgefaßt.

Für ein Kriegsschiff unterscheidet man 3 Displacementsbezeichnungen:

1. **Typ- oder Washington-Displacement** D_t = Gewicht des seefertig ausgerüsteten Schiffes in ts (engl. tons) einschließlich Munition und Ausrüstung mit betriebsfertiger Maschinenanlage, d. h. Wasser in den Kesseln und Rohrleitungen, Wasch- und Trinkwasser für die Besatzung, aber ohne Brennstoff und Kesselspeisewasservorrat, es ist die in allen Marinen übliche Angabe der Schiffsgrößen,
2. **Konstruktions-Displacement** D_k = Gewicht des völlig ausgerüsteten Schiffes wie vorher, aber mit etwa der Hälfte der gesamt unterzubringenden Brennstoff- und Speisewassermengen an Bord,
3. **Höchst-Displacement** D_{max} = Gewicht des völlig ausgerüsteten Schiffes wie vorher mit dem gesamten unterzubringenden Brennstoff und Kesselspeisewasser an Bord.

Beispiele:

Schwerer Kreuzer
„Admiral Scheer“

$D_t = 10\,000\text{ t}$,

$D_k = 12\,000\text{ t}$,

$D_{max} = 14\,000\text{ t}$;

leichter Kreuzer „Nürnberg“

$D_t = 6000\text{ t}$.

Es betragen ungefähr:

für Schlachtschiffe . . .

$D_k = 40\,000\text{ t}$,

für schwere Kreuzer . .

$D_k = 12\,000\text{ t}$,

für Zerstörer

$D_k = 2\,000\text{ t}$,

für U-Boote

$D_k = 2\,000\text{ t}$.

Für Handelsschiffe ist D_k = Gewicht des fertig ausgerüsteten Schiffes mit betriebsfertigen Maschinenanlagen, vollen Bunkern und voller Ladung. Für Frachtdampfer entfällt ungefähr $\frac{2}{3}$ vom D_k auf Ladung und Brennstoff, der Rest auf Schiffsrumpf und Maschinen.

Beispiel:

$D_k = 12\,000\text{ t}$, dann Tragfähigkeit rund 8000 t .

Die Verteilung des Gesamtgewichts auf die einzelnen Teilgewichte ist entscheidend für Typ und Wert eines Kriegsschiffes. Es ergeben sich für ein Kriegsschiff folgende Hauptgewichtgruppen:

Bewaffnung:
4 15 cm SK
4 8,8 " Flak
4 Drillingsrordorohre

Abmessungen:
Länge in der CWL = 165,77 m
Größe Breite = 16,30 "
Mittlerer Tiefgang = 4,75 "
Typeplacement = 6000 t

Maschinenanlage:
Getriebeturbinen auf den Seiten-Dieselmotoren auf der Mittelwelle, 3 Wellen.
6 Marine-Ölkessel
Konstruktionsleistung 72 000 WPS
Konstruktionsgeschwindigkeit 33 kn

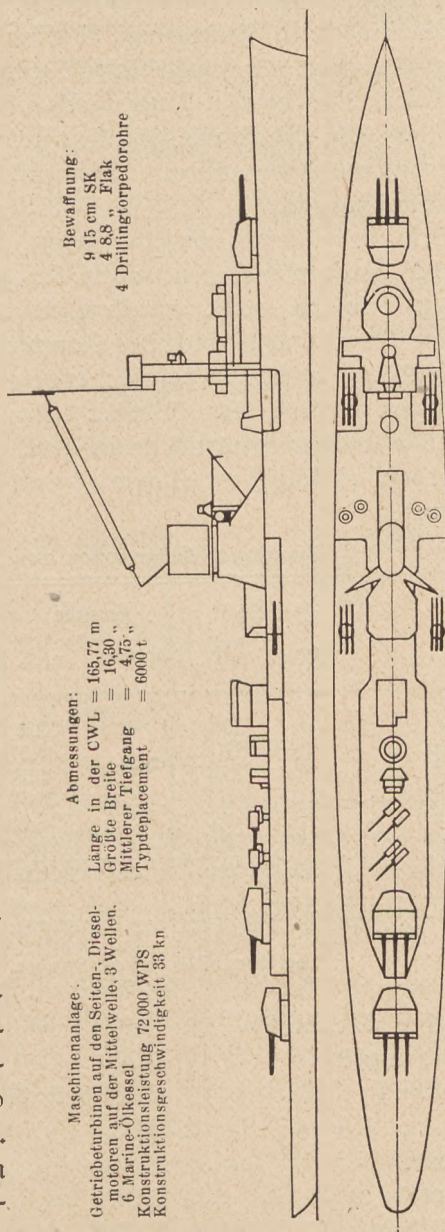


Abb. . . Leichter Kreuzer „Leipzig“.

Rumpf mit allen festen Einbauten und den Hilfsmaschinen für den Schiffsbetrieb, **Panzerung**, **Waffen** (Artillerie, Torpedo, Mine, Flugzeug) nebst allen zugehörigen Einrichtungen wie Drehtürme, Munition, Minengleise, Flugzeugschleuder, **Ausrüstung** des Schiffes und der Mannschaft mit Geräten und Verbrauchsstoffen, **Haupt- und Hilfsmaschinenanlage** einschließlich Wellen und Propeller, **Brennstoffmenge**.

Bei einem festen Gesamtgewicht muß immer ein Ausgleich zwischen den verschiedenen an ein Kriegsschiff zu stellenden Forderungen erfolgen, z. B. erfordert Erhöhung der Geschwindigkeit größere Länge und Gewicht des Rumpfes und der Maschinenanlage. Dieses Mehrgewicht muß bei einer anderen Gruppe, z. B. Panzerung, verringert werden. Man ist daher bestrebt, den eigentlichen Schiffskörper so leicht wie möglich zu machen. An Stelle der **R i e t u n g** ist deshalb vielfach das **S c h w e i ß e n** getreten, um Gewicht zu sparen.

Hauptgewichtsgruppen von Kriegsschiffen

	Schlachtschiff in 1000 t v. H.		Kreuzer in 1000 t v. H.		Zerstörer in 1000 t v. H.		U-Boot in 1000 t v. H.	
Rumpf	12	30,4	4	33,4	0,9	30	0,8	40
Panzer	11,5	29,8	1	8,3	—	—	—	—
Waffen	6	15,4	1	8,3	0,4	13	0,3	15
Ausrüstung. . .	2	5,1	1	8,3	0,1	4	0,2	10
Antrieb	3,5	9,0	3	25,0	1,2	40	0,4	20
½ Brennstoff. .	4	10,3	2	16,7	0,4	13	0,3	15
	39	100,0	12	100,0	3,0	100	2,0	100

Die **Kosten** für 1 kg fertiges Erzeugnis betragen ungefähr:

	bei dem Schiffskörper in RM	bei dem betriebsfertigen Schiff in RM
Einfacher Eisenprahm	0,50	0,50
Frachtdampfer	0,70	1,50
Linien Schiff	2,00 (mit Panzer)	3,00
Kreuzer	2,00 („ „)	3,50
Zerstörer	2,50	4,50
U-Boot	3,00	5,00
Schnellboot	3,50	6,00

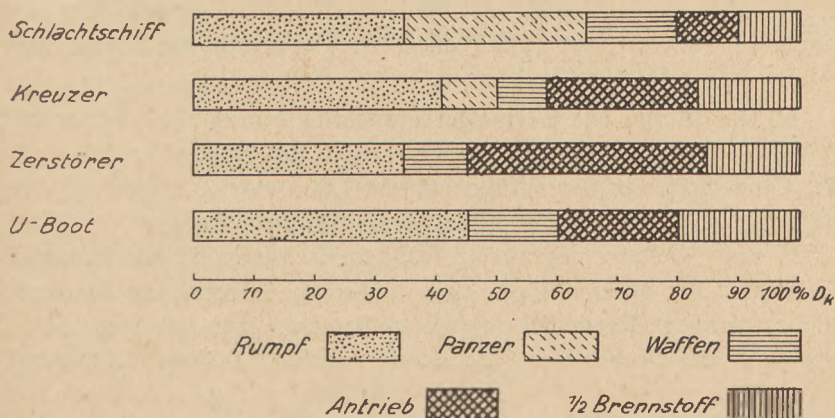


Abb. 6. Hauptgewichtsgruppen oder Gefechtswerte verschiedener Kriegsschiffstypen.

bei den W a f f e n

Schwere Artillerie mit Munition	8,00 RM
Flak mit Munition	10,00 „
Torpedowaffe mit Torpedo	15,00 „
Flugzeug mit Schleuder u. Übernehmer	55,00 „

E. Wichte

Die **Wichte** wird in t/m^3 angegeben.

Ihre **B e s t i m m u n g** ist an Bord für viele praktische Aufgaben **b e d e u t u n g s v o l l**, insbesondere für Heiz-, Treib- und Schmieröle, Seewasser und Akkumulatoren säure. Zur Wichtebestimmung von Flüssigkeiten werden an Bord **S p i n d e l n** benutzt.

Im Einzelnen ist bemerkenswert:

a) **Steinkohlenheizöle** haben eine Wichte größer als $1 t/m^3$ (bis 1,08), **Braunkohlen- und Petrolheizöle** kleiner als $1 t/m^3$ (0,83 bis 0,98). Bei **Heizölbränden** an Bord lassen sich daher die einen mit Wasser löschen, die andern jedoch nicht.

Der **Dieselmotorentreibstoff** für das **U - B o o t** hat eine geringere Wichte als das Seewasser. Ein undichter Treibstoffbehälter kann das Boot bei Unterwasserfahrt verraten, weil das aufsteigende Öl eine deutliche **Ölspur** hinterläßt. Wird ein U-Boot

unter Wasser vernichtet, so ist neben einem großen Luftschwall ein riesiger Ölfleck auf dem Wasser oft das einzige Anzeichen der erfolgten Zerstörung.

b) Die **Wichte des Seewassers** schwankt je nach dem Salzgehalt zwischen 1,0 und 1,03 t/m³. Sie beträgt für Süßwasser 1,0 t/m³, für Ostseewasser in der östlichen Ostsee 1,003 bis 1,005 t/m³, in der westlichen Ostsee 1,012 bis 1,015 t/m³, für Nordseewasser im Mittel 1,025 und für Rotesmeerwasser 1,03 t/m³. Dieses ist das schwerste Seewasser der offenen See. Die Wichte des Seewassers schwankt an der gleichen Meeresstelle mit den Gezeiten- und sonstigen Strömungen. Brackwasser kann jede Wichte zwischen 1,000 und 1,025 t/m³ haben.

Für das **Tauchen eines U-Bootes** ist die Wichte des Seewassers von größter Bedeutung. Ein 1000 t U-Boot verdrängt in der westlichen Ostsee 1000 t : 1,015 t/m³ = 985 m³, in der Nordsee dagegen 1000 t : 1,025 t/m³ = 975 m³. Es ergibt sich also ein **Auftriebsunterschied** von etwa 10 t, der beim Tauchen durch zusätzliches Fluten ausgeglichen werden muß. Diese beträchtliche Differenz entspringt allein aus den Verschiedenheiten der Wichte des Seewassers und zeigt die Notwendigkeit einer sorgfältigen Beachtung derselben. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß ein U-Boot um so leichter wegtaucht, je geringer die Wichte des Wassers ist, in dem es tauchen will.

c) Die **Eintauchtiefe** eines Schiffes ändert sich beim Übergang von Süß- in Salzwasser, da dieses infolge seiner größeren Wichte mehr trägt. Ein Schiff, das im Süßwasser einen bestimmten Tiefgang erreicht hat, kann noch 2,5 v. H. seines Gesamtgewichts zuladen, wenn es in Salzwasser auf dem zuerst festgestellten Tiefgang liegen soll.

Die Schiffe der Handelsmarine tragen **Tiefgangsmarken**.

d) Für **Pulver** beträgt die Wichte etwa 1,57 bis 1,6 t/m³, für **Sprengstoffe** bis 1,7 t/m³, für **Rnallqued Silber** 4,42 t/m³.

Bei **Sprengstoffen** ist die sogenannte **Ladedichte** des Sprengstoffs eine wichtige Kennzahl. Man versteht darunter das Verhältnis von Sprengstoffgewicht zum Rauminhalt des zur Verfügung stehenden Füllraums. Die Sprengstoffe werden vielfach zur

Erhöhung ihrer Wirksamkeit unter hohem Druck in einen vorhandenen Füllraum hineingepreßt. Die Ladedichte wird in kg/l (Kilogramm je Liter) angegeben und liegt etwas höher als die Wichte des Sprengstoffs.

e) Der Ladezustand einer Akkumulatorenbatterie eines U-Bootes ist an der Wichte der Schwefelsäure zu erkennen. Bei Ladung steigt sie auf $1,24 \text{ t/m}^3$ und sinkt während der Entladung bis auf $1,18 \text{ t/m}^3$. Sie wird mittels besonderer Spindeln überwacht.

f) Der Salzgehalt im Wasser ist der Gehalt an allen im Wasser enthaltenen Salzen, seine Härte ist der Gehalt an kesselsteinbildenden Salzen (Calcium- und Magnesiumsalze).

Der Salzgehalt wird bei Meerwasser in v. H., bei Süßwasser in mg/l angegeben.

Der Salzgehalt des Kesselwassers, das immer etwas unrein ist, wird durch die Wichte des Wassers gemessen und nach Beaumé-Graden angegeben. Diese Skala wird für wässrige Lösungen vielfach an Stelle der Wichte benutzt. Die Bé-Grade ergeben verzehnfacht den Salzgehalt in g/l. So ist $0,15^\circ \text{ Bé} = 1,5 \text{ g/l} = 1500 \text{ mg/l}$. Das Meßgerät ist eine Bé-Spindel. Diese wird in einen mit dem zu untersuchenden Wasser gefüllten Standzylinder getaucht und muß frei schwimmen. Luftblasen sind durch kleine Bewegungen zu entfernen.

Bedeutet n die Bé-Gradzahl bei 15° C , so beträgt die Wichte des Kesselwassers $\gamma = 144,3 : (144,3 - n) \text{ t/m}^3$. In Hochdruckkesseln soll der zulässige Salzgehalt des Kesselwassers nicht mehr als $0,3$ bis $0,5$ Bé-Grade betragen, in Kesseln mit 50 bis 100 at Druck weniger als $0,3^\circ \text{ Bé}$ und in Marine-Hochdruckheißdampfkesseln weniger als $0,15^\circ \text{ Bé}$. Für Kesselspeisewasser muß der Salzgehalt unmerklich gering sein.

F. Druckmaß

Der Druck wird in t/m^2 oder kg/cm^2 angegeben.

$1 \text{ kg/cm}^2 = 1 \text{ at}$ (Atmosphäre).

Als Druckmaße kommen weiterhin 1 mm Wassersäule (1 mm WS) und 1 mm Quecksilbersäule (1 mm QS), auch

1 Torr genannt, in der Wetterkunde 1 Millibar (1 mb) und in der Akustik 1 Mikrobär (1 μ b) zur Anwendung.

Druckeinheiten

	at (kg/cm ²)	mm WS (kg/m ²)	m WS	mm QS (Torr)	mb
1 at	1	10 000	10	735,6	980,6
1 mm WS	0,000 1	1	0,001	0,0736	0,09806
1 m WS	0,1	1000	1	73,56	98,06
1 mm QS	0,001 36	13,59	0,0136	1	1,33
1 mb	0,00102	10,2	0,010 2	0,75006	1

Im Bordbetrieb eines Kriegsschiffes treten Drucke aller Stärken auf, weshalb auch die verschiedenen Druckeinheiten gebräuchlich sind.

Kleine Drucke sind der Dampfdruck von Wasser bei niederen Temperaturen, der Druck im Kondensator einer Dampfmaschinenanlage.

Hohe Drucke treten in den Preßluftbehältern, in den Kesseln der Hochdruckheißdampfanlagen der Antriebsmaschinen (bis 100 at), in den Dampfrohren, als Probedrucke für Wasser-, Luft- und Ölleitungen, Ventile, Federn und dergl. auf.

Außergewöhnlich hohe Drucke herrschen in den Rohren der schweren Schiffsgeschütze. Hier werden **Höchstgasdrucke** zwischen 3000 und 4000 at erreicht. Im allgemeinen rechnet man mit einem **mittleren Gasdruck**. Das ist derjenige gleichbleibende Gasdruck, der das Geschöß auf seinem Wege durch das Rohr so beschleunigt, daß es an der Mündung die verlangte Anfangsgeschwindigkeit erreicht. Bei dem älteren 28 cm-Schiffsgeschütz beträgt der Höchstgasdruck 3000 at, der mittlere Gasdruck 2120 at.

Die mächtigsten Drucke werden bei **Unterwasserdetonationen**, z. B. einer Mine, erreicht. Sie werden auf 100 000 at geschätzt.

Bei Angaben von Drucken ist stets zu beachten, ob es sich um einen **Über-, Unter- oder absoluten Druck** handelt.

Überdruck ist die Druckdifferenz zwischen einem Behälterdruck und

dem äußeren Luftdruck, wenn jener höher als der Luftdruck ist. Er wird in atü (Atmosphären Überdruck) angegeben.

Unterdruck ist die Druckdifferenz zwischen dem äußeren Luftdruck und einem Behälterdruck, wenn dieser niedriger als der Luftdruck ist. Er wird in atu (Atmosphären Unterdruck) angegeben.

Absoluter Druck ist der wirklich herrschende Druck und wird in ata angegeben.

Für **Dampfkessel** und dergleichen gilt: absoluter Druck ist gleich Kesselüberdruck plus Luftdruck. Da Kesseldrucke sehr groß sind, genügt es, für den Luftdruck 1 at zu setzen.

In den Kesselräumen der Kriegsschiffe herrscht ein Luftüberdruck von 250 mm WS. Die Luft wird mittels großer Lüfter angesaugt und in den Kesselraum gedrückt.

Für **Dampfkonensatoren** gilt: absoluter Druck ist gleich Luftdruck minus Kondensatorunterdruck. Hierbei darf für den stets wechselnden Luftdruck nicht einfach 1 at gesetzt, sondern er muß mit seinem genauen Wert in Rechnung gestellt werden.

Beispiel: In einem Kesselraum wird am Luftdruckmesser der Überdruck 240 mm WS abgelesen. Der Barometerstand beträgt 764 Torr. Wie groß ist der absolute Druck im Kesselraum? Es ist $240 \text{ mm WS} = 17,6 \text{ mm QS}$, folglich abs. Druck $= 764 + 17,6 = 781,6 \text{ mm QS} = 1,063 \text{ ata}$.

Beispiel: An einem Kondensator wird bei dem Barometerstand 982 mb der Kondensatorunterdruck 0,92 atu gemessen. Wie groß ist der absolute Druck im Kondensator? Es ist $982 \text{ mb} = 1,002 \text{ at}$, folglich abs. Druck $= 1,002 - 0,92 = 0,082 \text{ ata}$.

Wichtig ist eine klare Unterscheidung zwischen der auf eine Fläche wirkenden Kraft P und dem in der Flüssigkeit herrschenden Druck p . Es ist

$$P = p \cdot F,$$

P in kg, wenn p in at und F in cm^2 .

So beträgt der Wasserdruck auf ein U-Boot-Turmlut in 30 m Wassertiefe 3 at, die Kraft hingegen bei 1 m Lutdurchmesser, also 7850 cm^2 gedrückter Fläche, 23 550 kg. Diese Kraft ist so gewaltig, daß das Lut mit Menschenkraft unmöglich geöffnet werden kann. Will die Besatzung des U-Bootes aussteigen, so muß durch Einlassen von Wasser ins Boot erst

die Luft im Boot soweit zusammengepreßt werden, daß Druckausgleich zwischen dem Innern des Bootes und dem Wasser außerhalb des Bootes hergestellt ist. Die Besatzung steht dann ungefähr bis Brusthöhe im Wasser. Die Luft unter der Decke des Druckkörpers ist stark zusammengedrückt. Bei einer Tiefe von mehr als 10 m muß das Aussteigen langsam an einer Steigeleine erfolgen. Ohne eine solche Vorrichtung schnellt der Mensch durch seinen Restauftrieb an die Wasseroberfläche und erfährt durch die raschen Druckänderungen schwere gesundheitliche Schäden.

2. Ruhendes Wasser

A. Druck im ruhenden Wasser (hydrostatischer Druck)

Der Druck im ruhenden Wasser wächst gleichmäßig mit der Tiefe um 1 at je 10 m Tiefenzunahme bei der Wichte 1 t/m³. Er hängt außer von der Tiefe auch von der Wichte des Wassers ab, und zwar beträgt der T i e f e n d r u c k $p = h \cdot \gamma$, wenn h die Wassertiefe und γ die Wichte des Wassers ist. Für die Tauchtechnik des U-Bootes und die Tragfähigkeit von Schiffen ist der Einfluß der Wichte auf den Druck im ruhenden Wasser von großer Bedeutung.

Ist die Wassertiefe einigermaßen groß, so ist der Druck beträchtlich. Er äußert sich als B o d e n -, S e i t e n - und A u f d r u c k und bedingt den A u f t r i e b. Er zwingt zu besonderen Maßnahmen bei Konstruktion und Bau von unter Wasser befindlichen Körpern, um ihm zu begegnen, und ermöglicht andererseits die Konstruktion sinnreicher Apparate.

Die Kraft des Wassers wirkt stets senkrecht zur belasteten Oberfläche eines eingetauchten Körpers. Die auf jede Flächeneinheit des Unterwasserschiffes wirkende Gesamtkraft wird in eine senkrechte Aufdrucks- und je eine waagerechte Längsschiffs- und Querschiffskomponente zerlegt. Bei einem Schiffskörper von normaler Form verteilen sich die Aufdrucks- und die waagerechten Komponenten etwa wie in Abb. 7. Die Summe der senkrechten Kräfte ergibt den dem Schiffsgewicht gleichen Gesamtauftrieb. Die waagerechten Komponenten ergeben Kräfte, die das Schiff in der Quer- und Längsrichtung zusammendrücken bestrebt sind. Beim Fehlen von Querverbänden würden sich Boden, Seitenwände und Deck etwa nach der gestrichelten Linie der Abb. 8 durchbiegen, die die Verteilung der Wasserkräfte bei 10 m Eintauchung wiedergibt.

Das Unterseeboot als ein zur Unterwasserfahrt geschaf-



fenes Schiff besitzt einen **Druckkörper**, der bei der Unterwasserfahrt den allseitig wirkenden Druck aufnimmt. Er birgt die Armierung und alle Einrichtungen zum Fahren und zur Handhabung des Bootes, die nicht dem Wasser bzw. Wasserdruck ausgesetzt werden

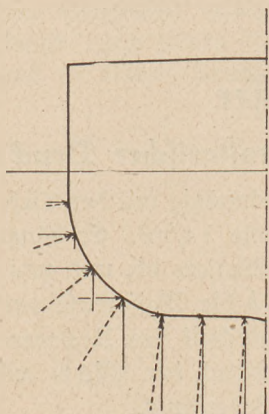


Abb. 7. Zerlegung der Wasserdruckkraft (gestrichelte Linien) auf eine Schiffswand in Komponenten.

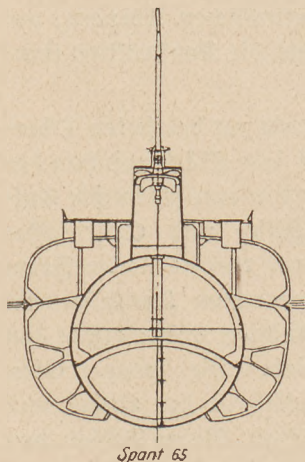


Abb. 9. Querschnitt durch ein U-Boot des Weltkrieges, Durchmesser des Druckkörpers 5,80 m, Verdrängung 1510/1875 t. (Ehemaliges Handels-U-Boot).

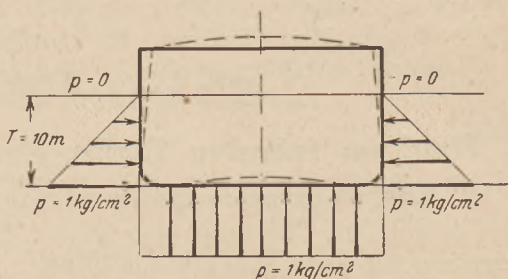


Abb. 8. Wasserkräfte am Schiff bei 10 m Eintauchung.

dürfen, ferner hält sich die Besatzung darin auf. Alle Durchbrechungen dieses Druckkörpers müssen druckfeste Abschlüsse haben. Aus dem sog. „Einhüllenboot“, das nur aus dem Druckkörper besteht und alle Wasserballasträume in sich birgt, hat sich das „Tauch- oder Zweihüllenboot“ (Abb. 9 u. 10) entwickelt, das als Unterseeboot und als Oberflächenschiff fahren kann. Es wird kurz U-Boot genannt. Bei ihm hat der Druckkörper Kreisquerschnitt. Das Mittelschiff ist zylindrisch, während die Enden konisch zulaufen. Druckfeste tellerförmige Endschotte schließen es ab und vier druckfeste Abteilungschotte teilen das Boot in 5 Räume (Heckraum mit Torpedoraum, Maschinenraum, Zentrale mit Turm, Wohn- und Akkuraum, Bugraum mit Torpedoraum) ein.

Außerhalb des Druckkörpers sind die zum Tauchen und Austauchen erforderlichen Tauchzellen, die Treibölbunker und die Motorenölvorratszellen angeordnet. Sie umgeben ihn mit einer Außenhülle, die so geformt ist, daß das U-Boot einen möglichst geringen Formwiderstand erhält.

Die Tauchzellen sind bei Unterwasserfahrt vollständig mit Wasser gefüllt. Sie sind innen und außen demselben Druck ausgesetzt. Sie brauchen daher nicht druckfest zu sein. Dasselbe gilt für die Treibölbunker und die Motorenölvorrattanks, die ständig mit dem Seewasser in Verbindung stehen. Die Reglertanks an Steuer- und Backbord, sofern sie außerhalb des Druckkörpers wie in Abb. 10 liegen, müssen druckfest sein, weil sie nicht immer vollständig mit Wasser gefüllt sind.

Zwischen den einzelnen Zellen befinden sich noch freiflutende Räume, die beim Tauchen

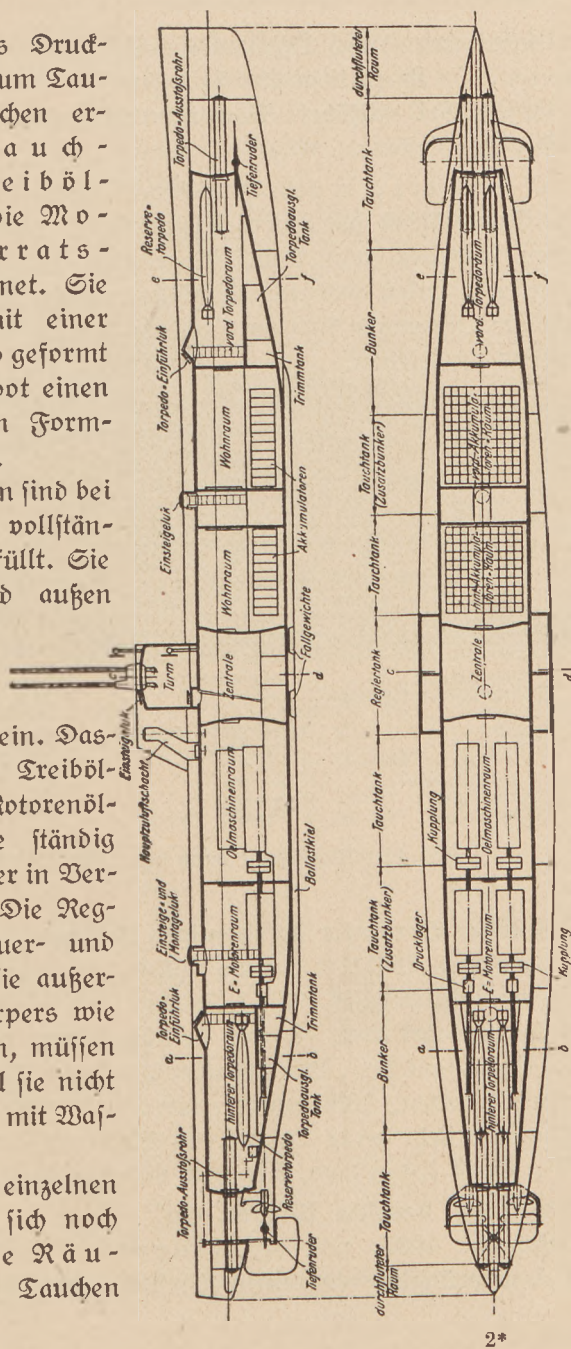
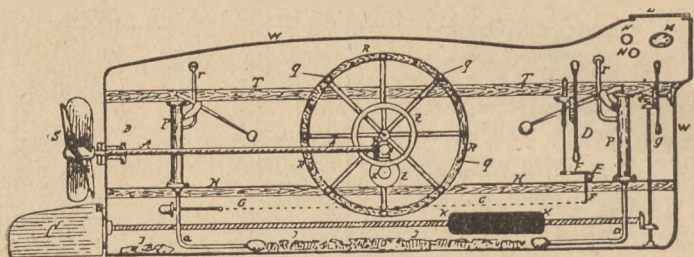


Abb. 10. Vertikaler und horizontaler Längsschnitt durch ein U-Boot des Weltkrieges

und Austauchen durch Öffnungen selbständig vollaufen bzw. sich entleeren. In ihnen liegt ein Teil der Preßluftbehälter, die das U-Boot mitführt. Nach oben ist die Außenhülle durch ein Deck abgeschlossen.

Der Einstieg in den Druckkörper erfolgt durch das Turmluk. Grundsätzlich hat jeder abgeschlossene druckfeste Raum einen direkten Ausgang zum Deck. Wegen der geringen Freibordhöhe können diese Luken aber nur bei völlig ruhiger See benutzt werden. Besondere Öffnungen sind vorn und hinten für die Übernahme der Torpedos vorgesehen.



- | | | |
|-----------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------|
| A Schraubenachse | I Roheisenballast | T Umlaufballen |
| B Stopfbüchse der Schraubenachse | K Laufgewicht | W Wand |
| C Steuer | L Luze | Z Zahnrad |
| D Steuerrad | M Greiföffnung mit Gummihandschuh | a Saugarme der Pumpen |
| E u. F Welle mit Hebelarm zur Steuerung | N Fenster | g Triebwerk zur Verschiebung des Laufgewichtes |
| G Steuerketten | P Pumpen | q Tritte der Treträder |
| H Standboden | R Tretrad | r Pumpenröhren |
| | S Schraube | |

Abb. 11. Längsschnitt durch den „Brandtaucher“.

Als erster Vorläufer der heutigen U-Boote ist der „Brandtaucher“ von Wilhelm Bauer (Abb. 11) zu betrachten, der 1850 in Kiel vom Stapel lief. Am 1. Februar des folgenden Jahres fand die erste Ausfahrt statt, die mit Tauchversuchen verbunden werden sollte. Dabei sank der „Brandtaucher“, die drei Mann der Besatzung konnten sich retten. 1887 wurde er im Kieler Hafen von der Marine gehoben und steht heute im Hof des Museums für Meereskunde in Berlin. Er ist 7,9 m lang, 3 m hoch und 2 m breit.

Das erste deutsche U-Boot, ein 16-t-Boot, „Forelle“, erste Probefahrten 1903, von der Kruppschen Germaniawerft in Kiel ursprünglich als reines Versuchsboot gebaut, wurde aber

später von Rußland angekauft und hat im russisch-japanischen Kriege im fernen Osten seine Kriegsbrauchbarkeit bewiesen.

Einige Angaben zur **Entwicklung** der deutschen U-Bootwaffe bis zum Ende des Weltkrieges werden vielleicht dazu beitragen, manche unrichtige Vorstellungen zu klären.

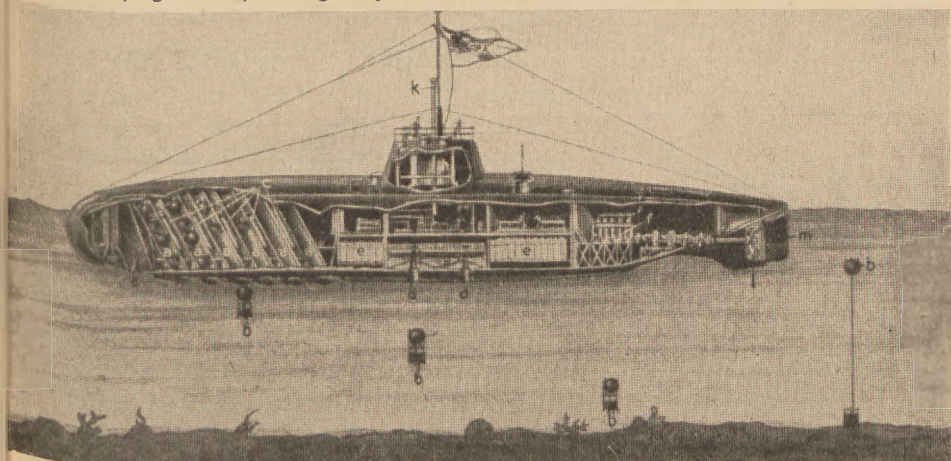


Abb. 12. Minen-U-Boot des Weltkrieges. (1915). *a* Minenschächte, *b* geworfene Mine, im Sinken begriffen, rechts eine bereits verankerte Mine, *c* Preßluftflaschen, *d* Flutventile, *e* Akkumulatoren-Batterie, *f* Maschine, *g* Wasserballast, *h* Turm, *i* Einsteiglücke, *k* Sehrohr, *l* Schraube, *m* Ruder.

	„Forelle“	„U 1“	„U 23 bis 26“	„U- Deutsch- land“	„U- Kreuzer“
Stapellauf	02	05	12/14	16	18
Länge m	13,0	42,4	64,7	65,0	97,5
Breite m	2,8	3,8	6,3	8,9	9,0
Druckkörper, Durchmesser m.	1,7	2,8	4,1	5,8	5,8
Verdrängung über Wasser t.	15,5	237	678	1575	2138
Verdrängung unter Wasser t	16,3	282	880	1860	2800
PS über Wasser	65	2/200	2/850	2/400	2/3000
PS unter Wasser.	—	2/200	2/525	750	2/1300
sm/h über Wasser	6,55	10,8	15,8	10,0	17,8
sm/h unter Wasser	6,50	8,7	10,1	6,7	8,3
Fahrbereich ü. W. bei sm/h.	3,5/4,5 *)	1400	3000/12,5	12000/10	18000/10
Torpedorohre	2 (äuß.)	1	4	—	6
Torpedos Zahl/cm	2/45	3/45	6/50	—	19/50
Artillerie	—	—	1/7,5	—	3/15
Tauchtiefe m	30	30	50	50	75
BRT	—	—	—	791	—
NRT	—	—	—	414	—

*) Der Fahrbereich für die „Forelle“ ist für Unterwasserfahrt angegeben.

Die in der Zusammenstellung angegebenen **Tauchtiefen** sind in vielen Fällen beträchtlich überschritten worden, ohne daß Beschädigungen am Bootskörper eintraten. Meist wird jedoch nur auf „**Schrohrtiefe**“ getaucht, so daß die Möglichkeit der Beobachtung der Wasseroberfläche besteht.

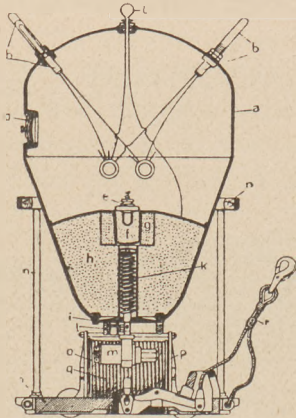


Abb. 13. Tiefensteller-Mine.
a Minengefäß, *b* Bleitappen mit galvanischen Elementen, *c* Sicherheitsleitung, *d* Handlochdeckel, *e* Doppelglühzünder, *f* Bündladung, *g* Übertragungs- (Spreng-) Ladung, *h* Sprengladung, *i* Ladungskastendeckel, *k* Zugstange mit Feder, *l* Kontaktbüchse mit Hebel, *m* Tiefensteller, *n* Minenanker mit Stuhl, *o* Untertautrommel, *p* Boß für die Untertautrommel, *q* Ankertaum, *r* Ankerhebestropp.

Gefäß muß den höchsten dabei auftretenden Druck aushalten.

Bei der großen Zahl der **Minen**, die auf **großen Wassertiefen** verankert stehen sollen, können die Minengefäße nicht mit auf den Meeresboden gehen, wenn sie nicht ungewöhnlich dick ausgebildet sein sollen. Die Minengefäße müssen sich vorher vom

Minengefäße, Torpedos, Wasserbomben und unter Wasser geschleppte Gefäße, z. B. **Ottern**, müssen den hydrostatischen Kräften standhalten können. Hierbei ist es besonders wichtig zu wissen, in welcher Tiefe die einzelnen Körper verwendet werden sollen, damit ihre Wandstärken richtig bemessen werden können. **Tiefenstellermine** (Abb. 25), die gegen U-Boote eingesetzt werden und einen Wasserdrucktiefensteller (S. 25) tragen, sinken beim Werfen samt Anker auf den Meeresgrund (Abb. 14). Hier löst sich infolge Schmelzens eines Anker und Mine verbindenden Salzstückes das Minengefäß vom Anker und steigt mit dem Tiefensteller nach oben bis zur gewünschten Tiefe. Das

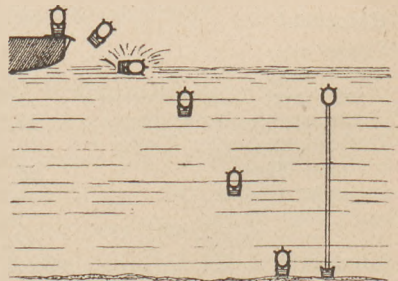


Abb. 14. Mit der Tiefenstellermine ist durch ein Salzstück ein Anker fest verbunden. Beim Werfen sinkt die Mine auf den Meeresgrund, wo sie sich nach dem Schmelzen des Salzstückes vom Anker löst und bis zu der eingestellten Wassertiefe hochsteigt.

Anker lösen. Das führte zu der heute bei allen Marinen üblichen Voreilgewichtsmine. (Abb. 15).

Die **Voreilgewichtsmine** besitzt einen Anker in Form eines allseitig geschlossenen Kastens aus Blech, der soviel Luft enthält, daß er zusammen mit dem Minengefäß schwimmt. Anker und Minengefäß bleiben beim Werfen verbunden, tauchen ins Wasser ein und nach einigen Sekunden wieder auf. An der Außenwand des Ankers hängt ein gedrungener Gewichtskörper, das Voreilgewicht, an einer Voreilgewichtsleine. An dieser werden ebenso viel Meter Länge abgesteckt, wie die Mine nach dem Werfen unter der Wasseroberfläche stehen soll. Bald nach dem Werfen löst sich das Voreil-

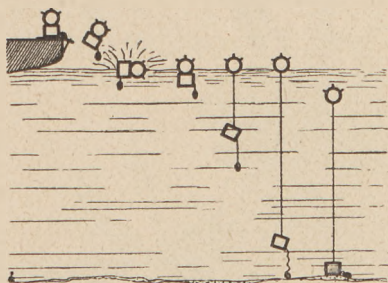


Abb. 15. Wie eine Voreilgewichtsmine geworfen wird. Das Voreilgewicht hängt am kastenförmigen Anker soweit nach unten wie die Mine unter der Wasseroberfläche stehen soll.

gewicht aus einer Halterung und die Voreilgewichtsleine läuft bis zur eingestellten Tiefe ab. Sobald das Voreilgewicht diese Tiefe erreicht hat, trennen sich Anker und Minengefäß. Am Anker öffnet sich ein Sinkventil, so daß er sich mit Wasser füllt, während die Luft durch eine Flutöffnung entweichen kann. Er sinkt ebenfalls, wobei sich das Ankertau der Mine von einer Trommel abrollt. Die Mine schwimmt weiter an der Oberfläche. Sobald das Voreilgewicht den Meeresgrund berührt, setzt es eine Bremsvorrichtung für die Ankertautrommel in Tätigkeit, so daß ab sofort kein Ankertau mehr abläuft. Der Anker sinkt inzwischen weiter bis auf den Meeresgrund und zieht hierbei das Minengefäß um die Länge unter die Wasseroberfläche, um die das Voreilgewicht dem Anker vorausgeeilt ist.

Eine Abwehrwaffe gegen die Mine ist die **Otter** (Abb. 16). Sie besteht aus einem etwa 3 m langen Schwimmkörper von mehreren hundert kg Gewicht von torpedoähnlicher Gestalt mit Scherflächen (Abb. 17), der auf einer eingestellten Wassertiefe gehalten werden kann und einen Schneideapparat trägt. Sie wird an Leinen gefahren, die am Bug des Schiffes möglichst tief angreifen und rund 50 m lang sind. Die beiden Ottern scheren dann von den Bordwänden seitlich nach

hinten ab (Abb. 18). Das Schiff schiebt dadurch einen Reil aus Leinen durch das Wasser vor sich her. Die am Ankertau stehende Mine, die im Kurs des Schiffes angetroffen wird, wird durch die Suchleine von



Abb. 16. Auf einem Minensuchboot wird die Otter für das Suchgerät klar gemacht.

der Bordwand abgewiesen und in die Schneideeinrichtung der Otter geleitet, die das Ankertau der Mine durchschneidet, so daß sie aufschwimmt und abgeschossen werden kann. Stoppt das Schiff, so schwimmt die Otter auf und kann eingeholt werden. Bei der Fahrt 2 sm/h fängt sie an, auf Tiefe zu gehen. Durch einen Stabilisator wird ein ruhiges Fahren auf der gewollten Tiefe erreicht.

Rüstenhorchanlagen (Kap. 6) stehen 100 m, mitunter bis zu 150 m tief auf dem Meeresgrund und müssen daher entsprechend druckfest sein.

Der aus dem U-Boot herausragende Teil des Sehrohres muß druckfest sein; das Gleiche gilt für die Zielfernrohre an den Geschützen, da sie während des Tauchens dort belassen werden.

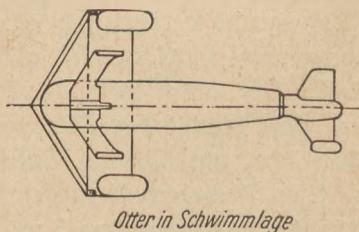
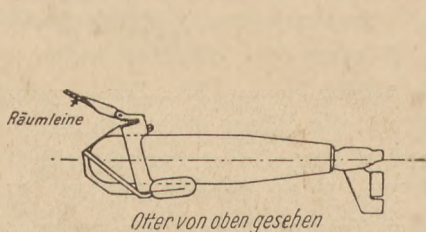


Abb. 17. Die Otter besteht aus einem etwa 3 m langen torpedoähnlichen Schwimmkörper von mehreren hundert kg Gewicht.

Hochseepegel (Band II), Apparate zur Messung des Wasserstandes, die in Gewässern mit Gezeiten zugleich den **Tidenhub** und seine Periode nach Art der Barographen aufzeich-

nen, beruhen in ihrer Wirkung ebenfalls auf dem hydrostatischen Druck, da sie den Druck der Wassersäule über einer Membran aufschreiben. Die *Barogramme* geben den zeitlichen Verlauf des Tidenhubs innerhalb der Meßzeit (Tag oder Monat) wieder.

Die bereits erwähnten *Tiefensteller* *minen* sind mit einem **Wasserdruck-Tiefensteller** versehen. Gegen eine eingeschliffene Tiefenplatte drückt von innen eine einstellbare Feder, von außen das

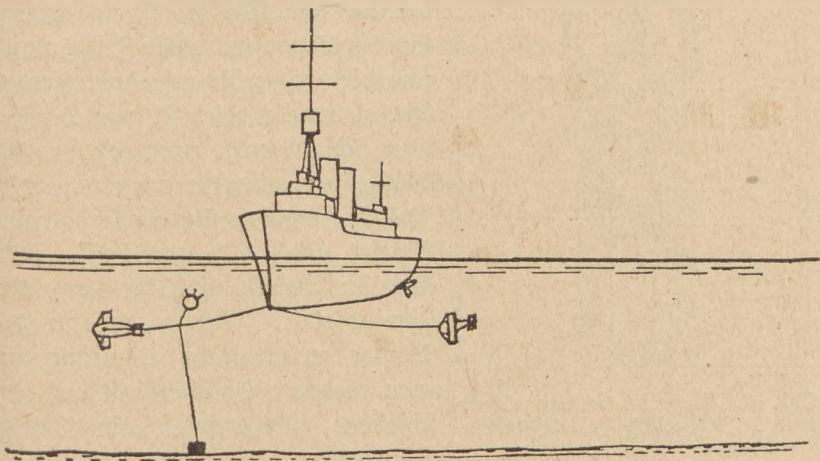


Abb. 18. Bugschußergerät. Die beiden Ottern scharren von den Vordrinnen seitlich nach hinten ab.

Wasser. Beim Aufsteigen der Mine vom Meeresgrund nimmt der Wasserdruck ab. Sobald der Druck der Feder den immer geringer werdenden Wasserdruck überwindet, wird die Tiefenplatte aus ihrem Sitz gedrückt und das Untertau durch einen Klemmapparat festgeklemmt, so daß kein Untertau mehr ausläuft und das Gefäß in der richtigen Höhe stehen bleibt.

Die Wirkung der **Wasserdruckficherung** zum Verhindern frühzeitigen Scharfwerdens der Minen beruht ebenfalls auf dem hydrostatischen Druck. Das Wasser drückt auf eine Membran, die erst bei Erlangung der notwendigen Tiefe eine Sperrvorrichtung frei gibt, so daß der *Bündler* in Betrieb gesetzt wird und die Mine scharft.

Hat sich eine Mine losgerissen und treibt an der Oberfläche, so wird der Bündler infolge des geringeren hydrostatischen Druckes wieder ausgeschaltet und die Mine unscharf. Das internationale See-

recht (Haager Abkommen) verlangt, daß jede Mine mit einer **Entschärfer-Vorrichtung** versehen ist, die sie selbsttätig entschärft, wenn sie sich losreißt, um ein Verseuchen neutraler Gebiete mit gefährlichen **Treibminen** auszuschließen.

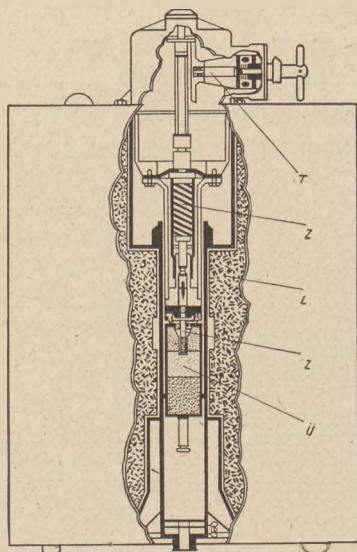


Abb. 19. Wasserbombe, aufgeschnitten. *T* Tiefeneinsteller, *Z* Zündeneinrichtung und Zünder, *L* Ladung, *U* Übertragungsladung.

Eine in großem Umfange eingesetzte Unterwasserwaffe ist die **Wasserbombe** (Abb. 19). Sie ist ein schwerer Sprengkörper mit einer Zeitzündung und wird gegen Unterseeboote geworfen. Entweder wird sie von Schiffen über Ablaufgeräte zum Absturz ins Wasser gebracht oder mit einem mörserähnlichen Geschütz, Wasserbombenwerfer (Abb. 20), verschossen. Sie sinkt im Wasser mit 3 bis 4 m/s Geschwindigkeit. Wenn der Ort des Bootes nur ungefähr bekannt ist, muß man mehrere Bomben mit auf verschiedene Wassertiefen eingestellten Zündern werfen.

Der Tiefensteller beruht auf der Wirkung des hydrostatischen Druckes des Wassers. Durch Füllöcher dringt das Meereswasser in eine **Druckkammer**, die durch eine Membran abgeschlossen ist. Der Membrandruck pflanzt sich auf die Schlagbolzenfeder der Wasserbombe fort und spannt sie, um sie erst wieder frei zu geben, wenn der eingestellte Druck erreicht, also die Bombe in die gewünschte Meerestiefe gelangt ist. Die Wasserfülllöcher können verschieden groß gestellt werden. Dadurch wird die Geschwindigkeit bis zum Erreichen der benötigten Tiefe reguliert.

Ein unter Wasser laufender **Torpedo** (Abb. 21) darf nicht aus dem Wasser heraus-schießen, darf aber auch nicht zu tief gehen,

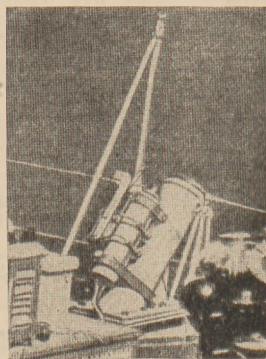


Abb. 20. Wasserbombenwerfer.

um das Zielschiff nicht zu untertauchen. Er muß, um zu treffen und die gewünschte Wirkung zu erzielen, seine bis zu 13 km lange Bahn in einer vorher zu bestimmenden Tiefe n l a g e beibehalten. Diese liegt zwischen 1 und 15 m, damit sowohl flachgehende Minen-suchboote als auch auf Seerohrtiefe gegangene U-Boote getroffen werden können. Das wird durch den hydrostatischen Druck erreicht. Eine Tiefenplatte wird durch den Wasserdruck gegen eine Feder nach innen gedrückt, die nach der Tiefe eingestellt wird. Sie erlaubt der Tiefenplatte mehr oder weniger nach innen zu gehen. Diese **Torpedotiefensteuerung**, die sich in der Schwimmkammer des Torpedos befindet, arbeitet auf ein Tiefenruderpaar. Läuft der Torpedo höher als erwünscht, dann wird der Wasserdruck geringer als die eingestellte Federspannung und die Tiefenplatte schiebt sich nach außen, betätigt dadurch das Ruder und der Torpedo senkt sich.

Gerät der Torpedo in eine zu tiefe Lage, dann wird die Platte infolge des größer werdenden Wasserdruckes gegen die Feder nach innen gedrückt. Die Ruder werden umgelegt, so daß sich der ganze Körper wieder hebt.

Diese Tiefensteuerung ist natürlich noch sehr unempfindlich und der Torpedo bewegt sich in S c h l a n g e n l i n i e n mehrere Meter nach oben und unten. Als Mittel, die Ruderausschläge in der gewünschten Tiefe zu dämpfen, wird ein P e n d e l verwendet. Befindet sich der Torpedo über der eingestellten Tiefe, dann gibt die Tiefenplatte „Ruder unten“. Der Kopf des Torpedos senkt sich. Das Pendel schlägt nun im Torpedo nach vorn aus und gibt bereits Gegenruder, so daß der Torpedo nur eine geringe Neigung erhält. Die gewünschte Tiefe wird dann kaum

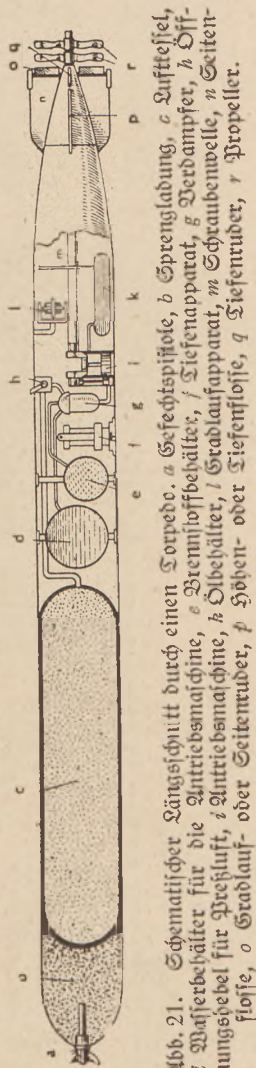


Abb. 21. Schematischer Längsschnitt durch einen Torpedo. a Gesichtspistole, b Sprengladung, c Luftkessel, d Wasserbehälter für die Antriebsmaschine, e Bremsstoffbehälter, f Tiefenapparat, g Verdampfer, h Öffnungsgebel für Preßluft, i Antriebsmaschine, k Schraubenwelle, l Seitenruder, m Höhen- oder Tiefenflöße, n Tiefenruder, o Propeller.

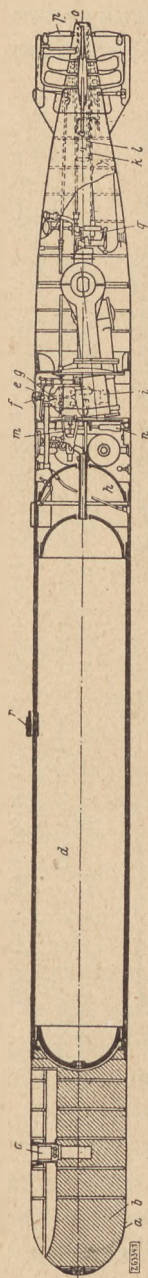


Abb. 22. Längsschnitt durch einen neuzeitlichen Whitehead-Torpedo. Kaliber 53,3 cm, Gewicht 1500 kg, Sprengladung 250–350 kg, Geschwindigkeit 45 sm/h, Fahrtstrecke 4000 m; 35 sm/h : 8000 m; 25 sm/h : 20 000 m. a Kopf, b Sprengladung, c Bänder, d Luftöffel (200 atü), e Luftventil, f Fühlhebel für e, g Brennkammer, h Wasserbehälter, i Antriebsmaschine, k, l hohle Schraubenwellen, m, n, o Tiefenpendel und Tiefenpendel für Tiefensteuerung, p, q Seitenruder und Kreisfel für Geradlaufführung, r Führungswarpe.

untersteuert. Es ist möglich, eine auf dem genau arbeitende Tiefensteuerung zu erreichen.

Arbeitet die Tiefensteuerung nicht richtig, so führt dieses Versagen zum Oberflächenläufer oder gar zum Oberflächen durchbrecher, die sich dem Gegner früh verraten und außerdem meist hinten vorbeigehen, da sie zu langsam laufen. Ein anderer Versager der Tiefensteuerung ergibt den Grundgänger. Dieser ist besonders gefährlich, da er das schießende Schiff selbst gefährden kann, wenn er in seiner Nähe detoniert.

Über die Torpedoseitensteuerung siehe Band II.

Nach erfolgter Einstellung rast der rund 1,5 t schwere, 7 m lange, zeppelinförmige Torpedo, der bis zu 53 cm Durchmesser besitzt, mit seiner mehrere hundert kg schweren Sprengstoffladung mit etwa 30 sm/h in der gewünschten Tiefenlage dem Feinde entgegen.

Im Gegensatz zu Artilleriegeschossen bewegt sich der **Torpedo mit eigener Kraft** unter der Wasseroberfläche zu seinem Ziel hin. Zu möglichst wirksamer Erfüllung seiner Aufgabe muß er drei sich teilweise ausschließenden Anforderungen genügen. Er braucht eine hohe Geschwindigkeit, um möglichst schnell am Ziel zu sein und dem Gegner keine Zeit zu lassen, ihm durch geschicktes Manövrieren auszuweichen. Er muß eine möglichst lange Laufstrecke haben und höchste Sprengkraft. Die Laufstrecke betrug 1878, zur Zeit der Erfindung des Torpedos 300 m, heute 18 km.

Infolge seiner Eigenbewegung ist der Torpedo im Grunde ein **kleines unbemanntes U-Boot** (Abb. 22 u. 23). Der Kopf trägt die Sprengladung. Ihm folgen der Kessel für die Preßluft, der Tiefenapparat, die Maschine und das Schwanzstück mit der Steuereinrichtung. Seine durch **Preßluft** betriebene Maschine überträgt ihre Bewegung über eine Welle auf zwei Propeller, die sich **g e g e n - e i n a n d e r** drehen, wodurch eine Gleichgewichtslage erzielt und einseitige Neigung oder Drehung des Torpedos um seine Längs-

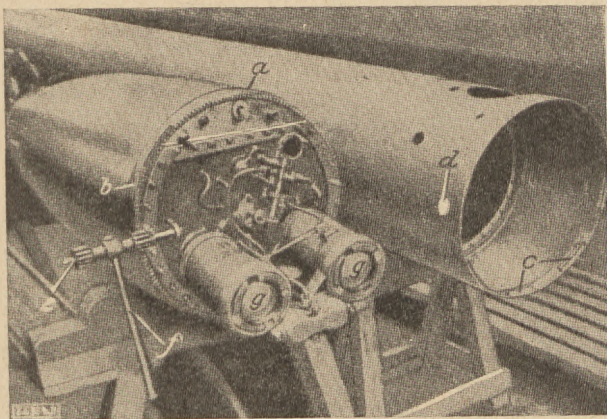


Abb. 23. Schwanzstück eines Whitehead-Torpedos mit Antriebsmaschine jowie Mittelfuß. *a* Gewinderring, *b*, *c* Ansätze für Bajonett-Verschluß, *d* Verschlußöffnung, *e* Verschlußwerkzeug, *f* Hebel, *g* Zylinder der Antriebsmaschine.

achse vermieden wird. Der Abschluß des Torpedos erfolgt durch Preßluft.

Beim Abschluß unter Wasser entsteht ein großer **Luftschwall**, der den Standort des U-Bootes dem Gegner verraten kann. Aber auch der Torpedo selbst verrät sich und seine Bahn im Wasser durch die von seiner Maschine verbrauchte und dann austretende Luft. Es entsteht eine **Luftblasenbahn** (Abb. 24). Das Aufsteigen der Blasen aus der Lauftiefe des Torpedos dauert natürlich eine gewisse Zeit, so daß er selbst seiner Blasenbahn immer ein Stück voraus ist. Der Vorsprung ist um so größer, je tiefer der Torpedo läuft. Der blasenlose Torpedo wird in allen Marinen angestrebt.

Auf den Schiffsboden wirkt eine **Kraft von unten**. Das **Unterwasserpumpenklosett** der U-Boote muß daher mit einer Handpumpe gegen den Wasserdruck entleert werden. Bei großen Tiefen ist Druckwasser oder Preßluft notwendig.

Zur **Peilung eines Bunkers** (Ermittlung der noch vorhandenen Ölmenge) benutzt man die pneumatische **Bunkerpeilung**. Aus dem Flüssigkeitsdruck am Boden bestimmt man unter Berücksichtigung

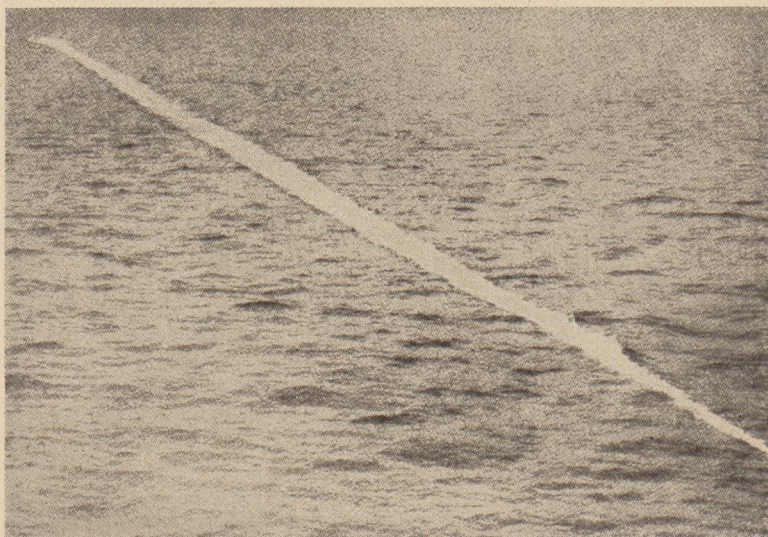


Abb. 24. Luftblasenbahn eines Torpedos.

sichtigung der Form des Bunkers und der Wichte des Öls durch ein Rechengerät die noch vorhandene Ölmenge.

Der **Tankfüllungsanzeiger** wirkt ebenso; unter Berücksichtigung der Wichte ist bei regelmäßigen Formen das Gewicht des Öls sofort zu errechnen.

Seitendruck haben vor allem die Schotten bei Wassereintrich auszuhalten. Man unterscheidet schwere und leichte Schotten. Jene dienen als Festigkeitsverbände für das Kriegsschiff. Ihre Stärke und Bauart wird durch die Größe und Verteilung der Wasserdruckkräfte über der Schottfläche sehr wesentlich bestimmt.

Die Wirkung eines Torpedotreffers ist umso verheerender, je tiefer das Loch in der Schiffswand sitzt. Der Seitendruck des Wassers wird dann so stark, daß die einströmenden Wassermengen nicht mehr aufgehalten werden können.

Unentbehrlich für den Dienstbetrieb der Kriegsmarine sind **Taucher**, die mit **Taucheranzügen** in die Tiefe gehen. Mit dem schlauchlosen Taucheranzug (Abb. 25) sind Tiefen bis zu 20 m und bei einer besonderen Ausführung bis zu 40 m erreichbar bei einer Arbeitszeit von 2 bis 3 Stunden unter Wasser. Die Lufterneuerung erfolgt aus mitgeführten Sauerstoffflaschen. Gleichzeitig werden Preßluftflaschen mitgeführt. Beim Beenden der Unterwasserarbeit läßt der Taucher den Anzug durch Einlassen von Luft ballonartig aufblähen und steigt auf.

Mit dem 1924 erfundenen **Tauchpanzer** kann eine Tiefe von 200 m erreicht werden. Dieser **Tiefseepanzer** tauchapparat besitzt ein panzerartiges Gehäuse (Abb. 26), das den gewaltigen Wasserdruck beim Tauchen aufnimmt. Dadurch verbleibt der Taucher unter normalem atmosphärischem Druck. Er vermag in kürzester Zeit Tiefen von 150 m zu erreichen, hier 4 bis 5 Stunden und noch länger zu arbeiten und in wenigen Minuten wieder an die Wasseroberfläche zu kommen, ohne den geringsten Schaden zu erleiden. Zur Regelung des Gewichts des Apparats im Wasser sind Auftriebstanks vorgesehen, die den Panzer umgeben und in Verbindung mit komprimiertem Sauerstoff durch geeignete Ventile und Hähne vom Innern des Apparats aus bedient werden können. Der

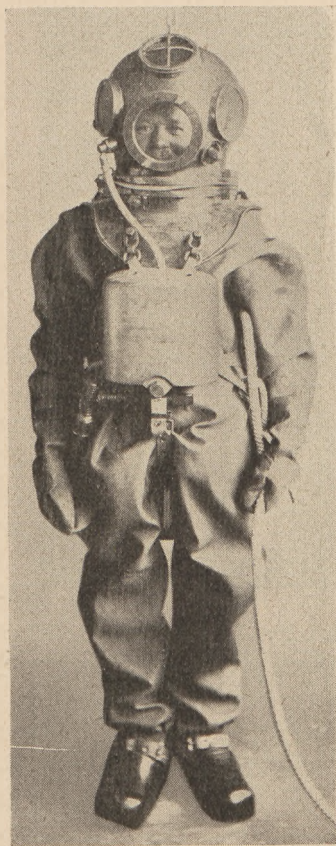


Abb. 25. Schlauchloser Taucheranzug (Dräger-Tauchergerät).

Taucher kann damit einen Untertrieb bis zu 75 kg geben. Er kann aber auch selbständig aufstreiben und sich schwimmend an der Wasseroberfläche halten. Lufterneuerungseinrichtungen ermöglichen dauern-

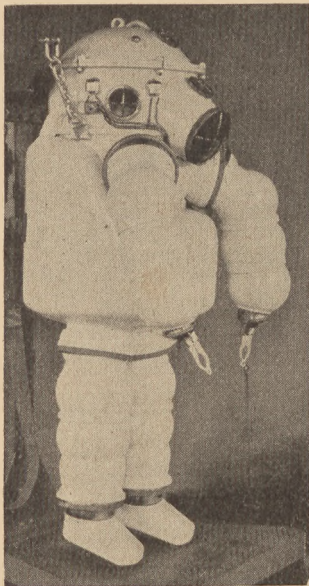


Abb. 26. Tiefsee-Panzertauchapparat der Fa. Hagenut, Kiel. Er besitzt bewegliche druckdichte Greifer und druckfeste Fenster. Der Taucher steigt oben durch den abnehmbaren Deckel ein und aus.

des Atmen unter atmosphärischen Bedingungen. Zur Ausrüstung einer Taucherunternehmung gehört ein geeignetes Fahrzeug, das den Taucher aus- und einsetzen kann.

B. Allseitige Ausbreitung des Druckes

Die **hydraulische Presse** ist das bekannteste Beispiel dafür, daß eine auf eine Flüssigkeit ausgeübte Kraft durch diese Flüssigkeit nach allen Richtungen mit gleicher Stärke übertragen wird. Panzerplatten für die Bedürfnisse der Kriegsmarine werden bei der Herstellung hydraulischen Drucken von hunderten von kg/cm^2 ausgesetzt. Derartige Pressen in den Kruppwerken verfügen über eine Druckkraft von 10 000 000 kg. Auch **Hebetrane** und **Hebedocks** werden hydraulisch betrieben.

Die Sprengladungen, z. B. der Panzersprenggranaten, werden durch Pressen in die richtige Form ge-

bracht. Der Sprengkörper wird einem Druck bis zu 3000 at in hydraulischen Pressen ausgesetzt und verdichtet. Von der Verdichtungsstärke hängt die Detonationsgeschwindigkeit (Sensibilität) ab.

Schiffs- und Flugzeugtorpedo, Wasserbombe und Mine sind Unterwasserwaffen, die durch Detonation einer starken Sprengladung unter Wasser das Schiff leck schlagen und es dadurch zum Sinken bringen sollen. Die damit verbundenen **Detonationen unter Wasser** sind mit allseitiger Druckausbreitung im Wasser verbundene

Vorgänge. Auch die Granaten der schweren und mittleren Schiffsartillerie können, wie die Kriegserfahrungen lehren, unter Wasser erhebliche Zerstörungen anrichten.

Explosion und Detonation sind rasch verlaufende Verbrennungsvorgänge von Sprengstoffen, bei denen die Umwandlung in hochgespannte Gase von hoher Temperatur mit sehr hoher Geschwindigkeit erfolgt. Bei der Explosion nimmt die Verbrennungsgeschwindigkeit zu, während Detonationen mit einer jedem Sprengstoff eigentümlichen Detonationsgeschwindigkeit erfolgen, die zwischen 1000 m/s und 9000 m/s liegt. Praktisch besteht der wesentliche Unterschied beider darin, daß explodierende Sprengstoffe nur „verdämmt“ (d. h. auf engem Raum eingekellt), detonierende Stoffe aber auch unverdämmt zertrümmernd wirken. Schwarzpulver in gewöhnlicher Form, mit einer Explosionsgeschwindigkeit von 400 m/s, verbrennt an Luft ohne Sprengwirkung und wirkt nur schiebend. Auf Pikrinsäure, Nitroglyzerin und ähnliche Sprengmittel mit 7000 bis 9000 m/s Detonationsgeschwindigkeit wirkt schon die Luft verdämmend, so daß ungeheure Sprengwirkungen hervorgerufen werden. (Abb. 27, Minen-detonation).

Das **Kennzeichen aller Sprengmittel** ist, daß sie den zur Verbrennung nötigen Sauerstoff in sich gebunden enthalten, so daß sie auch ohne Sauerstoffzufuhr von außen, also auch unter Wasser, verbrennen können. Das Meerwasser stellt überdies ein ausgezeichnetes Verdämmungsmittel dar, weil seine Dichte rund 840 mal so groß ist wie die der Luft. Die Wirkungen hochbrisanten Sprengstoffe, die schon ohne Verdämmung Sprengwirkungen zeigen, werden dadurch stark erhöht.

Detoniert die hochbrisante Sprengladung eines Torpedos, einer Wasserbombe, Mine oder Flugzeugbombe unter Wasser, so findet eine durch den Sprengstoff fortschreitende **Umformung** von chemisch gebundener Energie in Wärme und mechanische Energie statt. Hierbei sind zwei Vorgänge zu unterscheiden:

a) Während der Umwandlung breitet sich eine **Stoßwelle** im Wasser mit großer Geschwindigkeit nach allen Seiten gleichmäßig aus. Sie ist auf große Entfernungen noch spürbar

und äußert sich beim Auftreffen auf ein Schiff als *Detonationsschock*. Seine Wirkung zeigt sich neben der Zersplitterung aller Teile (im Innern, der Außenhaut, Reißen der Riete) in unmittelbarer Nähe des Zentrums in einer kurzen, heftigen Erschütterung des ganzen Schiffes.

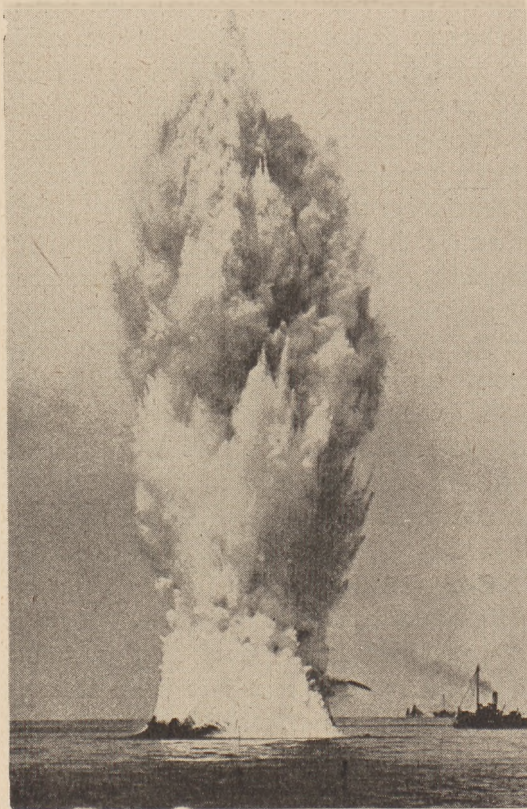


Abb. 27. Detonation einer Mine mit einer Wassersäule bis zu 200 m Höhe.

Hierbei können stoßempfindliche Teile, wie Kompass und dgl., aus ihren Lagern geworfen, schwingungsfähige Gebilde abgebrochen werden. Getauchte U-Boote können durch die Schockwirkung detonierender Wasserbomben und die damit verbundenen zerstörenden Schwingungen schwere Schäden erleiden, wenn der Detonationsherd in der Nähe liegt.

b) Bei der **Ausdehnung der Sprenggase** ergeben sich Kraftleistungen. Ihre Wirkung nimmt mit dem Quadrat der Entfernung vom Herd der Detonation ab und breitet sich nur in

einem genügend tiefen, allseitig mit Wasser gefüllten Becken nach allen Seiten gleichmäßig aus. Befindet sich aber in der Umgebung eine Stelle, die einen verschiedenen Widerstand gegen eine Formänderung besitzt, so erfolgt die Ausbreitung nicht nach allen Seiten gleichmäßig. Es tritt dann nur eine Wirkung nach der Seite des geringsten Widerstandes ein, denn sobald die sich anfänglich entwickelnden Gaskräfte genügen, diesen Widerstand

zu überwinden, folgen die Gesamtkräfte der einmal eingeleiteten Bewegung nach.

Das ist der Fall, wenn die Detonation in der Nähe eines Schiffes erfolgt. Die Ausdehnung der Sprenggase bildet dann den hauptsächlichsten Zerstörungsfaktor. Nach unten und nach der freien Seite



Abb. 28. Torpedotreffer (Sprengsäule).

zu ist die umgebende Wassermenge gegenüber der hohen Ausdehnungsgeschwindigkeit der Sprenggase als starr zu betrachten und stellt gleichsam ein unnachgiebiges Widerlager dar. Nach oben und nach dem Schiffskörper hin ist der geringste Widerstand. Neben dem Aufwerfen von Wasser (Sprengsäule, Abb. 28) tritt ein Aufreißen der Außenhaut des Schiffes ein. Am wirkungsvollsten sind demnach Detonationen unter dem Schiffsboden, denn in diesem Falle ist der Wasserwiderstand nach allen Seiten praktisch gleich groß,

so daß sich die Gesamtwirkung gegen das Schiff richtet. Die Folgen einer Unterwasserdetonation können also sehr verschieden sein, auch wenn Menge und Art des Sprengstoffs ungefähr gleich sind. Die Sprengwirkung am Ziel wird neben Art und Menge des Sprengstoffs durch den Abstand des Sprengzentrums von der Bordwand und durch die Tiefe der Sprengung unter Wasser bedingt. Der Umfang der Zerstörung hängt von der Konstruktion des Schiffes an der getroffenen Stelle ab. Durch fortwährende Vergrößerung der Sprengladungen wird vollständige Vernichtung des Gegners angestrebt. Andererseits wäre die Wirkung gegen den Schiffskörper am geringsten, wenn es möglich wäre, die Außenhaut so stark zu bauen, daß ihr Widerstand größer als der des umgebenden Wassers wäre.

Aus den Sprenggasen formt sich ein Gasballen, der geßoßartig senkrecht zur Außenhaut in das Schiff hineinschießt. Die Außenhaut des Schiffes wird zerrissen und durch den Gasstrom mit sehr hoher Anfangsgeschwindigkeit in das Schiffsinnere geschleudert. Hieraus ergibt sich die große Gefahr der *Splittwirkung*. Als Gegenmittel hat man den Torpedoschulgürtel des Unterwasser Schiffes, in dem die Gase und Sprengstücke ihre Energie abgeben sollen.

C. Zusammenhängende Gefäße

Das Prinzip der **verbundenen Gefäße** wird bei den Trimmzellen der U-Boote verwendet. Ein solches Boot kann aus mehreren Gründen vertrimmt liegen, d. h. um die Querachse so gedreht sein, daß Bug oder Heck nach unten zeigen. Um die waagerechte Lage wieder herzustellen, werden die Wassermengen der vorn und achtern liegenden, kommunizierenden Trimmtanks entsprechend ausgeglichen.

Auch die **Treibölbunker der U-Boote** sind ein anschauliches Beispiel für verbundene Gefäße. Die Zellen befinden sich außerhalb des Druckkörpers (Abb. 29) und sind an den Unterflächen offen, also mit dem Meereswasser in direkter Verbindung, so daß oben das leichtere Treiböl ($\gamma = 0,85 \text{ t/m}^3$) auf dem schwereren Wasser ($\gamma = 1,025 \text{ t/m}^3$) schwimmt. Durch den dauernden Verbrauch des Brennstoffes steigt nach dem Gesetze der verbundenen Röhren das Wasser in den Tanks

immer höher. Infolgedessen stehen die Bunker innen und außen stets unter gleichem Druck. Sie brauchen also nicht als Druckkörper, sondern können entsprechend leichter ausgeführt werden. Hierdurch wird ein Gewichtserparnis erreicht, die anderen Teilen des Bootes zugute kommt.

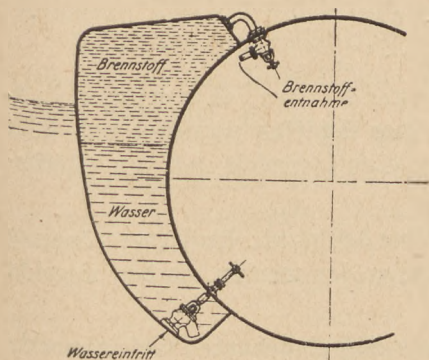


Abb. 29. Treibstoffbunker eines U-Bootes.

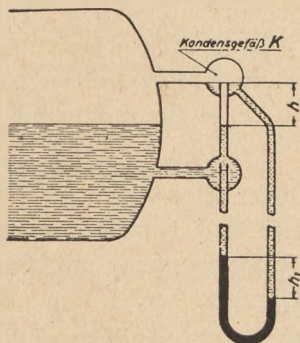


Abb. 30. Wasserstands-Fernanzeiger auf hydrostatischer Grundlage. Höhenunterschied h_1 der Anzeigeflüssigkeit ist stets proportional dem durch den Wasserstand im Kessel bedingten Höhenunterschied h des Wassers.

K r ä n g u n g s - u n d T r i m m w a g e n dienen neben Pendelanzeigern zur Anzeige der Lage des U-Bootes und sind für das Tauchmanöver äußerst wichtig.

D. Auftrieb, Tauchgewicht, Schwimmen, Restauftrieb

Jeder in Wasser gebrachte und allseitig vom Wasser umgebene feste Körper erfährt einen **Auftrieb**, der gleich dem Gewicht des von ihm verdrängten Wasservolumens ist, also

$$A = \gamma \cdot V,$$

und im Schwerpunkt der verdrängten Wassermenge angreift.

Das Gewicht eines Körpers und sein Auftrieb im Wasser wirken einander entgegen. Die Differenz aus Gewicht und Auftrieb heißt **Tauchgewicht**.

Überwiegt das Gewicht, ist also das Tauchgewicht positiv, so sinkt der Körper im Wasser zu Boden, sofern er keine Eigenbewegung hat, z. B. ein Schiffs-, Minen- oder Bojenanker.

Ein Schweben auf irgend einer Tiefe tritt in diesem Falle nicht ein. Man sagt auch, der Körper hat einen Untertrieb U .

Überwiegt der Auftrieb, ist also das Tauchgewicht negativ, so steigt der Körper zur Wasseroberfläche empor und taucht soweit aus dem Wasser heraus, bis das Gewicht des von ihm verdrängten Wasservolumens gleich seinem Eigengewicht ist. Der Körper schwimmt an der Wasseroberfläche. Ist V_u der Rauminhalt des eingetauchten Körpers, so ist

$$G = A = \gamma \cdot V_u.$$

Dieser Satz heißt der Archimedische Schwimmsatz. Er liegt auch dem Schwimmen eines Schiffes zugrunde und stellt den Zusammenhang zwischen dem Schiffsgewicht und den Schiffsabmessungen her.

Ist für ein Schiff im Entwurf eine bestimmte Wasserverdrängung gegeben, so darf sein Gewicht nicht größer werden als das Gewicht des verdrängten Wassers.

Ist das Gewicht der in ein Kriegsschiff eingebauten Gefechtswerte (Panzerung, Waffen, Maschinenanlage) sehr groß, so muß auch der Unterwasserrauminhalt des Schiffes zwecks Erhalten der Schwimmfähigkeit ebenfalls sehr groß ausgeführt werden. Das Schlachtschiff hat mithin eine sehr große Wasserverdrängung. Sie wird durch eine beträchtliche Schiffslänge erreicht, wobei ein gewisses Verhältnis zur Breite gewahrt bleiben muß.

Bei einem im Dienst befindlichen Schiff ist das Gewicht kein fester Wert, da es sich durch Verbrauch von Brennstoff, Wasser, Ausrüstung, Munition u. dgl. fortwährend ändert. Damit ändert sich auch der Rauminhalt des Unterwasserschiffes, womit wiederum Tiefgangsänderungen verbunden sind. Mit wachsendem Gewicht wird der Tiefgang größer. Andererseits ändert sich bei unverändertem Schiffsgewicht der Rauminhalt und der Tiefgang, wenn das Schiff in Wasser von anderer Dichte kommt. Schweres Wasser vermehrt die Tragfähigkeit in t bei gleichem Rauminhalt des Unterwasserschiffes. Ein Schiff verringert seinen Tiefgang bis etwa um 2,5 v. H., wenn es von Süß- in Seewasser übergeht.

Der Auftrieb, den die geschlossenen Teile des Schiffes noch oberhalb der Schwimmlinie aufzubringen vermögen, heißt der Rest-

auftrieb (das Reserve-Displacement D_{res}) des Schiffes. Er ist gleich dem Gewicht, das hinzugefügt werden müßte, damit das Schiff gerade wegsackt. Der Restauftrieb stellt die Reserve schwimmkraft eines Schiffes dar. Bei Frachtern wird er so klein gemacht, wie es die Vorschriften zulassen, um alles für die Fracht auszunutzen. Für Kriegsschiffe hingegen wird der Restauftrieb so groß gewählt, wie nur irgend möglich, um Schwimmfähigkeit und Seefähigkeit nach erlittenen Treffern im Gefecht zu erhalten.

Ist V_o der Rauminhalt des Oberwasserschiffes (angenähert zu erhalten als das Produkt aus Konstruktionswasserfläche mal mittlerem Freibord), so ist

$$D_{\text{res}} = \gamma \cdot V_o.$$

Der Restauftrieb wird in Bruchteilen des Konstruktions-Displacements D_k angegeben. Ungefähr gilt $D_{\text{res}} = \dots$ faches vom D_k

U-Boot	0,2	bis 0,4
Schlachtschiff	0,8	0,9
Kreuzer	1,0	1,4
Zerstörer	1,3	1,8

Hingegen

Frachter	0,3	0,45
Fahrgastschiff	1,5	2,0
Segelyacht	2,5	6,0

Die Tragfähigkeit eines Frachters entspricht der Wasserverdrängung des Schiffsteiles, der zwischen der Schwimmebene im unbeladenen Zustand und der höchst zulässigen Schwimmebene im beladenen Zustande liegt, wobei zu berücksichtigen ist, daß 1 m³ verdrängtes Wasser gemäß der größeren Wichte des Seewassers mit 1,025 t einzusehen ist.

Die Ebene, bis zu der ein Schiff weggeladen werden darf, ist durch eine **Freibordmarke** der Seeberufsgenossenschaft bzw. des Germanischen Lloyd bestimmt, deren Lage durch internationale Vorschriften so festgelegt ist, daß eine ausreichende Sicherheit für Schiff und Mannschaft besteht. Die Zeichen neben den Tiefgangsmarken der Frachter haben folgende Bedeutung:

- T Freibord bei Tropenfahrt in Salzwasser,
- S Freibord im Sommer in Salzwasser,
- W Freibord im Winter in Salzwasser.

Der **Archimedische Schwimmsatz** ist von grundlegender Bedeutung für zahlreiche marinetechnische Fragen.

Man unterscheidet für das Kriegsschiff folgende Eigenschaften:

1. seine **Schwimmfähigkeit**, d. h. die Sicherheit gegen Untergehen,
2. seine **Tragfähigkeit**, d. h. die Fähigkeit, außer dem Schiffskörper eine starke Bewaffnung, Angriffs- und Verteidigungsmittel und Panzer tragen zu können,
3. seine **statische Stabilität**, d. h. die Sicherheit gegen Kentern bzw. das Bestreben, sich aus der quer- oder längsschiff geneigten Lage wieder aufzurichten,
4. seine **Seefähigkeit**, d. h. die Sicherheit gegen Beschädigung oder Untergang durch Wind und See und die Fähigkeit, bei jedem Wetter sein Ziel zu erreichen,
5. seine **Wendigkeit**, d. h. die Fähigkeit, den Kurs nach Belieben beizubehalten oder zu ändern,
6. seine **Standfähigkeit (Standkraft)**, d. h. die Fähigkeit, feindliche Treffer abzuweisen oder so zu ertragen, daß die sonstigen Fähigkeiten möglichst erhalten bleiben,
7. seine **Schlagfähigkeit (Schlagkraft)**, d. h. die Fähigkeit, feindliche Ziele weitgehend zu beschädigen, möglichst zu vernichten,
8. seine **Festigkeit**, d. h. die Sicherheit gegen Zerbrecen und die Fähigkeit, alle vorkommenden Beanspruchungen ohne bleibende Formänderungen auszuhalten,
9. seine **Geschwindigkeit** (Fahrt),
10. seine **Fahrstrecke (Aktionsradius)**, d. h. die Fähigkeit, mit einer bestimmten Geschwindigkeit bei der an Bord unterzubringenden Brennstoffmenge ohne Brennstoffergänzung eine bestimmte Strecke zurückzulegen,
11. seine **Tauchfähigkeit**, d. h. die Fähigkeit, nach eigenem Ermessen beliebig unter oder über Wasser sich aufzuhalten bzw. fortzubewegen.

Diese Eigenschaften sind nicht voneinander unabhängig, sondern eng miteinander verknüpft. Der Archimedische Schwimmsatz erweist sich jedoch als das unumstößliche Fundament für eine nähere Betrachtung der einzelnen Anforderungen.

E i n z e l n für sich lassen sie sich fast alle in beliebiger Vollkommenheit erfüllen. Da aber auch bei dem größten Schiff nur ein beschränkter Raum zur Verfügung steht, so muß der Schiffbauer sehr genau und sorgfältig die einzelnen anzustrebenden Eigenschaften gegeneinander abwägen. So bedingt höchste Geschwindigkeit, wie beim Zerstörer, Verzicht auf Standkraft, d. h. auf Panzer-

schutz. Jedes Schiff stellt einen Typ dar, der für einen begrenzten Aufgabenbereich Höchstleistungen ermöglicht. Das „Einheitschiff“ gibt es nicht. Immer kann nur ein Teil der Forderungen erfüllt werden, wodurch man zu den verschiedenen Schiffsklassen kommt.

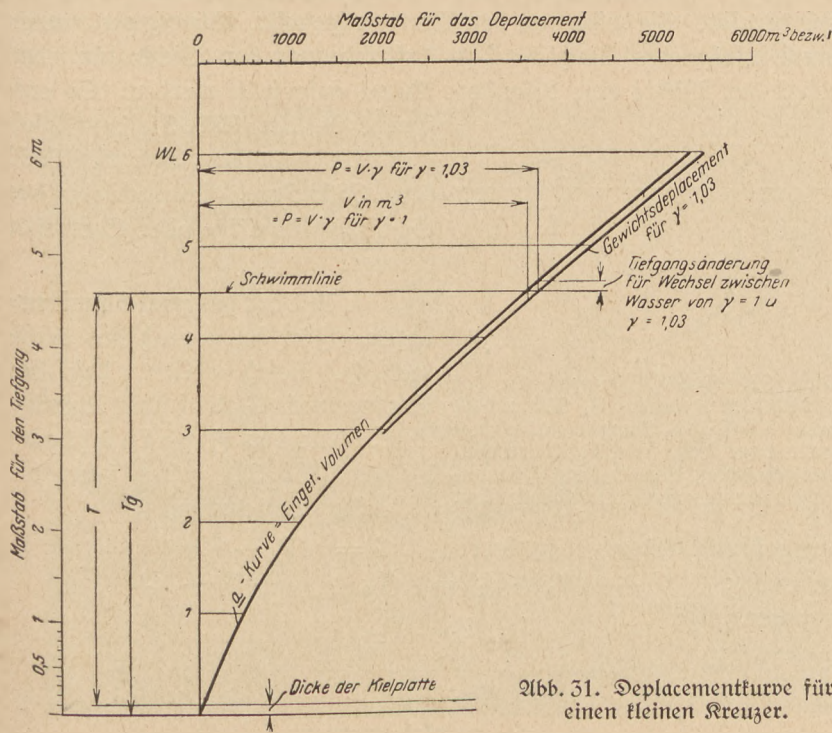


Abb. 31. Deplacementkurve für einen kleinen Kreuzer.

Bei Kriegsschiffen unterscheidet man seit 1937 folgende Gattungen:

1. Schlachtschiffe (Großkampfschiffe, Schlachtkreuzer, Linienschiffe, Panzerschiffe, Küstenpanzerschiffe, Panzerkreuzer, Monitore),
2. Flugzeugträger,
3. leichte Überwasserstreitkräfte (schwere Kreuzer bis 10 000 t, leichte Kreuzer bis 6 000 t, Zerstörer, Torpedoboote, Geleitboote),
4. Unterseeboote,
5. kleine Kriegsfahrzeuge (Kanonenboote, Bewachungsfahrzeuge, Minensuchboote, Räumboote, Schnellboote, Torpedomotorboote),
6. Hilfsfahrzeuge (Trossschiffe, Begleit-, Werkstatt- und Vorratsschiffe, Schulschiffe, Spezialschiffe),
7. kleine Fahrzeuge (unter 100 t).

Ein wichtiges Hilfsmittel für die Handhabung und Kontrolle des Schiffsbetriebes ist die **Deplacementskurve** (Abb. 31), die das verdrängende Volumen in m^3 des ohne **T r i m m** und ohne **S c h l a g - s e i t e** eingetauchten Schiffes in Abhängigkeit von dem Tiefgang wiedergibt. Sie wird von der Werft aufgestellt. Streng genommen muß infolge des Wachsens des Auftriebs mit der Wichte für jeden Wert der Wichte eine besondere Kurve aufgestellt werden. So ent-

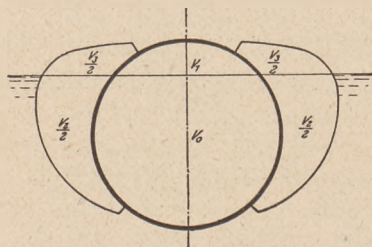


Abb. 32. Hauptgleichungen für das Zweihüllen-U-Boot. V_0 Rauminhalt unter Wasser, V_1 Rauminhalt des ausgetauchten Bootsteils, V_2 Rauminhalt der getauchten Ballastzellen, V_3 Rauminhalt der ausgetauchten Ballastzellen.

spricht in der Abb. 31 dem gleichen Tiefgang das Volumen 3550 bzw. 3656,5 m^3 , je nachdem das Schiff sich in Süß- oder Seewasser bewegt.

Das U-Boot hat **zwei Schwimm-lagen**. Für beide muß das Archimedische Gesetz gelten, daß das Bootsgewicht G gleich dem Auftrieb A ist. Für das **Zweihüllen-U-Boot** (Abb. 32) gelten dann die einfachen Beziehungen

$$\begin{aligned} \text{ausgetaucht, Tauchzellen leer:} \quad & G = \gamma (V_0 + V_2) \\ \text{getaucht:} \quad & G + \gamma (V_2 + V_3) = \gamma (V_0 + V_1 + V_2 + V_3), \\ \text{woraus folgt} \quad & V_1 = V_2. \end{aligned}$$

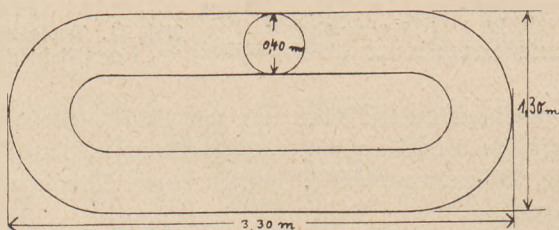


Abb. 33. Hochsee-Schlauch-Rettungsboot, schematisch, für 27 Personen (innen 6—7, außen 20). — Länge 3,30 m, Breite 1,30 m, Schlauch 0,40 m \varnothing . Zubehör 1 Blasebalg mit Verbindungsschlauch, 2 Stechpaddeln, 1,60 m lang, 1 Holzziel, 1 Schutzperrenning, 1 Holzboden, eingeklebt, 5 Riemen, 4 Ruderrollen, 3 Sitzbuchten, 1 Reparaturbeutel. Gewicht etwa 90 kg.

Darnach stehen Rauminhalt der Ballasträume und Rauminhalt des Druckkörpers in bestimmten Beziehungen zueinander, wenn das Boot tauchfähig bleiben und nicht nach **Fluten** (Vollaufen) der Ballast-

räume versinken oder an der Oberfläche bleiben soll. Diese Gleichungen heißen deshalb die „**Hauptgleichungen des U-Bootes**“.

Jedes Kriegsschiff und jedes über See fliegende Flugzeug ist heute mit Hochsee-Schlauchrettungsbooten (Abb. 33) oder mit Rettungsflößen ausgerüstet. Ihre Tragkraft ist so groß, daß sie durch menschliche Belastung nicht erschöpft werden kann. Die Schläuche sind aus



Abb. 34. Feuerschiff „Elbe 1“.

Sicherheitsgründen in zahlreiche Zellen unterteilt und werden entweder durch einen Blasebalg mit Luft oder aus einer Vorratsflasche mit Kohlensäure gefüllt.

Ein **U-Boot-Flöß** soll vom Innern des getauchten Bootes aus aufsteigen, nachdem es einem druckfesten Behälter entnommen worden ist. Es hat etwa 10 m² Nutzfläche, ist in 36 Zellen unterteilt und hat Platz für 25 Mann.

Minen und **Bojen** erhalten einen erheblichen, vielfach mehrere hundert kg großen Auftrieb, der in ihren Ankertauen den erforderlichen kräftigen Zug hervorruft, um die Schwimmkörper bei jedem

Zustand der See fest an ihrem Ort zu halten. Wichtig ist dabei natürlich, daß das **Ankergewicht** groß genug ist, um ein **Abtreiben** der Minen oder der Bojen zu verhindern. Das **Untermindestgewicht** muß also größer sein als die Differenz zwischen Auftrieb und der Summe von Gefäßgewicht, Ladung und Kette.

Die großen schweren **Ruder** der Kriegsschiffe (Bd. II) werden als **Verdrängungsruder** ausgebildet, so daß nur noch der **Untertrieb des Ruders** vom Ruderlager aufzunehmen ist.

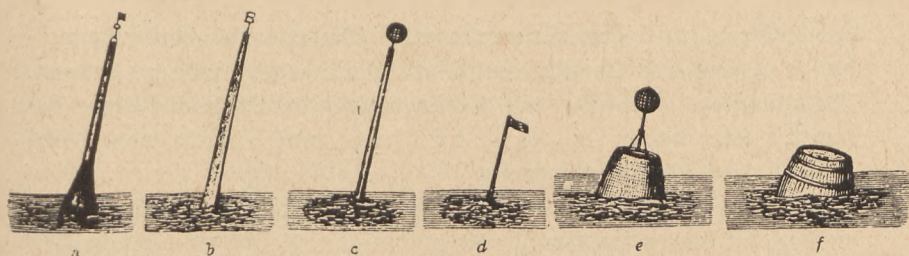
Schwimmende Seezeichen (**Tonnen** und **Feuerschiffe**) sind in den Seekarten eingetragen. Die Bedeutung der **Feuerschiffe** (Abb. 34) gerade an der schwierigen Wattenküste der Nordsee braucht nicht besonders betont zu werden. Die Besatzung eines solchen Schiffes hat einen schweren, dabei nicht ungefährlichen Dienst. Der Untergang des Feuerschiffes „Elbe 1“ im Oktober 1936 während eines schweren Sturmes ist dafür Beweis genug.

Mannigfache Aufgaben erfüllen zahllose Bojen. Man unterscheidet **Fahrwasser-**, **Warn-**, **Festmake-**, **Begrenzungs-**, **Schlepp-**, **Neß-**, **Anzeige-** und **Tragbojen**.

Sie dienen dem Zwecke der **Ansiegelung**, zur **Bezeichnung** eines **Fahrwassers**, das sie je nach ihrer Form, Farbe, **Toppzeichen** und **Aufschrift** kenntlich machen.

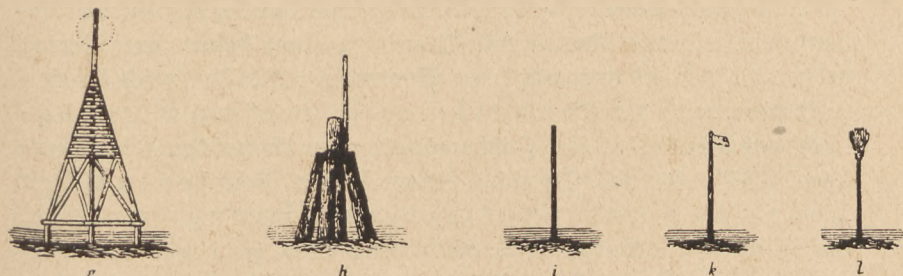
Der Grundsatz des deutschen Seezeichenwesens ist hierbei, daß als **Steuerbordseite** diejenige Seite des **Fahrwassers** gilt, die ein Schiff aus See oder aus westlichen Richtungen kommend, an Steuerbord hat. Sie wird durch rote **Spierentonnen** (Abb. 35) mit großen lateinischen Buchstaben bezeichnet. Die **Backbordseite** erhält schwarze **Spiktonnen** (Abb. 36) mit arabischen Zahlen. Die **Betonnung** der deutschen **Fahrwasser** untersteht dem **Reichsverkehrsministerium**, nur für die **Jade** ist die **Kriegsmarine** zuständig.

Die Bojen warnen vor **Untiefen** und **Wracks**. **Selbstgestrichene Faßtonnen** bezeichnen **Quarantänegründe**. **Schwarze RUGELTONNEN** mit der weißen Aufschrift **K** zeigen **Rabel** an. Als **Ansteuerungszeichen** (Abb. 37) finden sich **Baken-**, **Leucht-**, **Heul-** und **Glockentonnen**. **Begrenzungsbojen** werden zum **Abgrenzen** etwa eines **Schießgebietes** auf See verwendet. Sie sind orange gestrichen. **Anzeigebojen** benutzt z. B.



Rote Spierentonnen

Rote stumpfe Tonnen

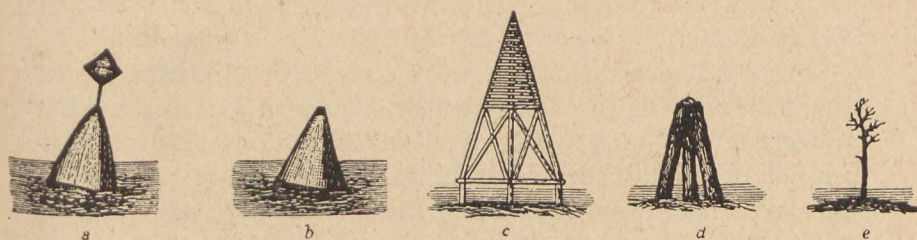


Bate (rot)

Dalben (rot)

Stangenseezeichen

Abb. 35. Steuerbordsseite.



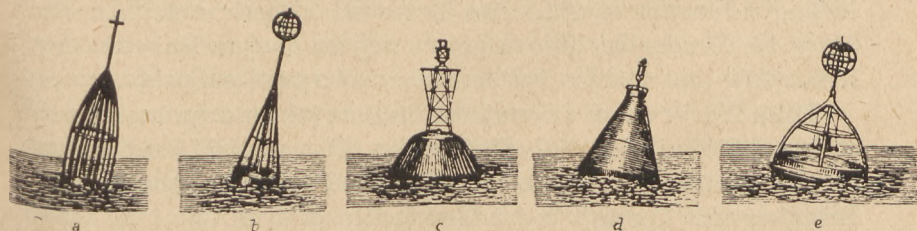
Schwarze spitze Tonnen

Bate
(schwarz)

Dalben
(schwarz)

Pride

Abb. 36. Backbordsseite.



Bakentonnen

Leuchttonnen

Heultonnen

Glockentonnen

Abb. 37. Ansteuerungstonnen.

das U-Boot, um seinen Standort unter Wasser anzugeben. **Tragbojen** sind erforderlich, um Unterwassergegenstände zu tragen. **Rekbojen** sind uns aus Schilderungen der U-Boot-Fahrer bekannt. Sie tragen die **Sperneke** zum Schutze von Fahrstraßen oder für Hafensperren.

Ankerbojen haben den Zweck, die Stelle zu kennzeichnen, an der der Anker im Grunde liegt, damit er leicht wiedergefunden werden kann, wenn z. B. die Ankerkette gebrochen ist.

Auch das **U-Boot** besitzt bei Überwasserfahrt einen Restauftrieb, da dann sein gesamter Rauminhalt in m^3 um einen bestimmten Betrag größer als das Eigengewicht des Bootes in t ist. Um rasch tauchen zu können, wird der **Restauftrieb** so gering wie möglich gehalten. Aus den Zahlenangaben zur Entwicklung des deutschen U-Bootes (S. 21) kann man R als Differenz der Über- und Unterwasserverdrängung entnehmen. So ist beim U-Kreuzer $R = 662 t$ oder $31 v. H.$ der Überwasserverdrängung. Unter Berücksichtigung der Wichte des Seewassers entspricht damit R einem Wasserwürfel von etwa $8,6 m$ Seitenlänge oder drei mit Wasser gefüllten Schuträumen von $9 \cdot 6 \cdot 4 m^3$ Rauminhalt.

Für die **Unterwasserfahrt** muß der Restauftrieb durch Einnahme von Wasser in Wasserballasträume vernichtet werden. Das geschieht durch **Fluten der Tauchzellen**. Diese sind unten mit Klappen und oben mit Entlüftungsventilen versehen und stehen mit dem Seewasser in Verbindung. Während bei der Überwasserfahrt die Tauchzellen mit Luft gefüllt und die Ventile geschlossen sind, werden beim Fluten die Entlüftungsventile geöffnet. Die Luft entweicht und von unten dringt Seewasser in die Tauchzellen ein, so daß der Restauftrieb verloren geht. Das Boot wird schwerer und sinkt. Die Größe der Tauchzellen ist so bemessen, daß ihr Wasserinhalt etwa dem Restauftrieb des Bootes bei der Überwasserfahrt entspricht.

Beim **Auf tauchen** muß das U-Boot seinen ursprünglich vorhandenen Restauftrieb wieder bekommen. Das geschieht durch **Lenzen der Tauchzellen**, indem aus mitgeführten Preßluftflaschen über ein Reduzierventil Preßluft in die Tauchzellen gelassen und diese somit ausgeblasen werden. Durch die geöffneten Flutklappen wird das Wasser nach unten hinausgedrückt. Um Preßluft zu sparen, schaltet

man ein Gebläse ein, sobald der Turm über Wasser kommt. Es saugt Luft aus der Atmosphäre an und drückt sie in die Tauchzellen. Auch wird, sobald die Dieselmotoren arbeiten, mit Hilfe der Abgase ausgeblasen.

Auf einem U-Boot sind Gewicht und Auftrieb fortwährend veränderlich. Als Ursachen für die **Auftriebsänderungen** sind die Änderungen der Wichte des Meerwassers infolge wechselnden Salzgehaltes und Temperaturschichtungen zu nennen. Je größer das Boot ist, desto stärker ist der Einfluß selbst geringfügiger Änderungen der Wichte des Meerwassers.

Eine gewisse Auftriebsänderung tritt auch durch das **Ausschieben des Sehrohrs** ein, weil hierbei eine **Volumenvergrößerung** erzielt wird. Diese beträgt z. B. für ein Sehrohr von 20 cm Durchmesser $3,14 \text{ dm}^3$ je dm Ausschubung. Die **Einziehung** des Sehrohrs bedingt eine entsprechende **Verkleinerung**. Gewicht und Auftrieb können so abgestimmt werden, daß schon ein geringes Verschieben des Sehrohrs das U-Boot schweben oder steigen läßt, das Boot ist dann sozusagen **am Sehrohr aufgehängt**.

Als Ursachen für die **Gewichtsänderungen** sind der laufende Verbrauch von Lebensmitteln, Frischwasser, Munition und sonstigem Bedarf zu nennen, der das Boot leichter werden läßt, und der laufende Verbrauch von Treib- und Motorenöl, der das Boot schwerer werden läßt, weil sich die Ölbunker dafür mit Seewasser füllen.

Eine ganz beträchtliche Gewichtsänderung entsteht bei jedem Torpedoschuß. Um die für die Sicherheit des Bootes sich daraus ergebenden ungünstigen Folgen zu verhüten, geschieht ein **Abschuß** folgendermaßen:

Der Torpedo hat ein Gewicht, das ungefähr dem des von ihm verdrängten Wassers entspricht. Vor dem Schuß wird der im Torpedorohr vom Torpedo nicht eingenommene Raum mit Wasser gefüllt, das jedoch nicht von außenbords, sondern aus einem **Torpedoausgleichtank** im Boot genommen wird. Durch Einführung dieses sog. **Umhüllungswassers** in das Rohr tritt daher eine geringe Verlagerung des Schwerpunktes, aber keine Gewichtsänderung ein, weil eben das Umhüllungswasser aus dem Boot stammt.

Dann wird die Mündungsklappe geöffnet und Preßluft in die Ausstoßpatrone eingelassen. Auf den Befehl: „Torpedo los!“ wird Preßluft in das Torpedorohr gelassen und der Torpedo dadurch hinausgetrieben. Hierbei wird die Antriebsmaschine des Torpedos in Gang gesetzt. Das Torpedoausstoßrohr läuft voll Wasser. Die Mündungsklappe wird wieder geschlossen und das Rohr in den Torpedotank entwässert. Der zweite Torpedo wird eingeführt und aus dem Torpedotank wieder Umhüllungswasser zugefügt.

Die **Überwachung der Auftriebs- und Gewichtsverhältnisse** an Bord eines U-Bootes, ihr beständiger Ausgleich und ihre Nachprüfung durch Probetauchen gehören zu den Hauptaufgaben des Leitenden Ingenieurs. Zwar gleichen sich die entgegengesetzt wirkenden Gewichtsänderungen bis auf Restbeträge aus, doch muß das Gewicht des U-Bootes nach jedem Fluten wieder genau auf den Auftrieb abgestimmt werden. Dieser Feinregelung des Gewichts dienen die außen- oder binnenbords angebrachten **Reglerzellen**, die je nach Bedarf geflutet und gelenzt werden können und zu verschiedenen Zeiten einen verschiedenen Wasserstand zeigen. Für U-Boote, die in allen Meeren operieren sollen, haben sie sehr erhebliche Größen. So sind z. B. für ein 1000-t-Boot bei einer Änderung der Wichte zwischen 1,0 und 1,03 t/m³ Reglertanks von 30 m³ Rauminhalt notwendig, die einen Gewichtsunterschied bis zu 30 t ausgleichen können. Stets soll das schwerste Boot im leichtesten Wasser noch schwimmen und das leichteste Boot im dichtesten Wasser noch tauchen können.

Schließlich können auf einem U-Boot noch **Trimmänderungen** eintreten, wenn Schwerpunktsverschiebungen in der Längsrichtung des Bootes stattfinden. Das ist nach **A b g a n g e i n e s T o r p e d o s** der Fall, ferner auch schon bei **P e r s o n a l v e r s c h i e b u n g e n**. Der Ausgleich dieser Trimmänderungen erfolgt durch Verschieben von Wasser zwischen den besonderen Torpedoausgleichstanks und den vorn und hinten liegenden Trimmzellen, die durch die Trimmleitung miteinander verbunden sind. Durch eine **T r i m m p u m p e** oder mittels Druckluft kann das Trimmwasser verlagert und somit dem Trimm entgegen gearbeitet werden. Auch kann eine Trimmlage absichtlich herbeigeführt werden.

Ein U-Boot läßt sich grundsätzlich nicht bewegungslos, d. h. mit gestoppten Maschinen auf einer bestimmten Tiefe schwebend erhalten,

weil praktisch Auftrieb und Eigengewicht nie völlig gleich gemacht werden können (schon weil der Druckkörper in geringem Maße zusammendrückbar ist). Entweder hat das U-Boot Auftrieb, dann steigt es auf, oder es hat Untertrieb, dann sinkt es bis zum Grunde. Es muß also in Fahrt bleiben, um steuerfähig zu sein.

Auch beim fahrenden U-Boot ist die **Tiefenhaltung** nur d y n a m i s c h , d. h. durch Fahrt und Verwendung von **Tiefenruderpaaren** möglich. Dabei darf der Auftrieb einen bestimmten Wert nicht überschreiten, denn dann ist das Boot auch in Fahrt unter der Wirkung der Tiefenruder nicht mehr unter Wasser zu bekommen. Die Regler tanks sind somit für die Tiefenhaltung ebenfalls wichtig. Die Tiefenruder sitzen waagerecht an einem q u e r s c h i f f s d u r c h l a u f e n d e n R u d e r s c h a f t , so daß die Steuerkraft senkrecht wirkt. Im übrigen wirken sie genau wie die Seitenruder eines Schiffes (Bd. II), nur daß die Kraftrichtungen um 90° gedreht sind. Es sind zwei Tiefenruderpaare, je ein Paar vorn und achtern, vorhanden. Ein nach oben angestelltes Tiefenruder ergibt im Fahrt- bzw. Schraubenstrom eine nach oben gerichtete, ein nach unten angestelltes Ruder eine nach unten gerichtete Kraft. Werden beide Tiefenruder nach unten gelegt, so wird das Boot ohne Trimm nach unten, im umgekehrten Fall nach oben gezogen. Liegt das vordere Ruder nach unten und das hintere nach oben, so trimmt das Boot k o p f l a s t i g , im umgekehrten Fall a c h t e r l a s t i g . Der Bootskörper wirkt seinerseits bei Lastigkeit wie eine im Fahrtstrom schräg angestellte Fläche. Wird das Boot kopflastig gefahren, so wirkt der Fahrtstrom um den Bootskörper auf Untertrieb, bei Achterlastigkeit auf Auftrieb. Im Gegensatz zu dem durch Displacementsänderungen bewirkten s t a t i s c h e n Auf- und Untertrieb erhält man durch die Anstellung im Fahrtstrom bewirkten Kräfte einen d y n a m i s c h e n Auf- oder Untertrieb.

Aus allem geht hervor, daß beim Tauchen, Auftauchen und Tiefenhalten eine V i e l z a h l p h y s i k a l i s c h e r V o r g ä n g e im Spiele sind, so daß eine genaue Kenntnis der Tauchtechnik und eine aufmerksame Bedienung der Taucheinrichtungen notwendig ist. Das gilt ganz besonders bei Angriffsfahrt, wenn das Boot unbemerkt an den Gegner herankommen will. Zusammenfassend soll deshalb der Tauch- und Auftauchvorgang nochmals dargestellt werden.

Beim **Tauchen** werden zunächst alle Öffnungen für Zu- und Ab-
luft, Auspuffleitungen und Luken verschlossen, die Dieselmotoren ab-
gestellt, die Elektromotoren angeworfen, auf die Schrauben gekuppelt
und auf „Äußerste Kraft“ gebracht und die Tauchklappen geöffnet,
sofern sie nicht schon offen sind, was im Kriegsgebiet regelmäßig der
Fall ist. Erst wenn alle Tauchklappen geöffnet sind, werden die Ent-
lüftungsventile geöffnet, um ein gleichmäßiges Tauchen zu ermög-
lichen. Beide Tiefenruderpaare werden auf „hart nach unten“ gelegt.
Das Boot taucht und wird durch Handhabung der Ruder in die Tiefe

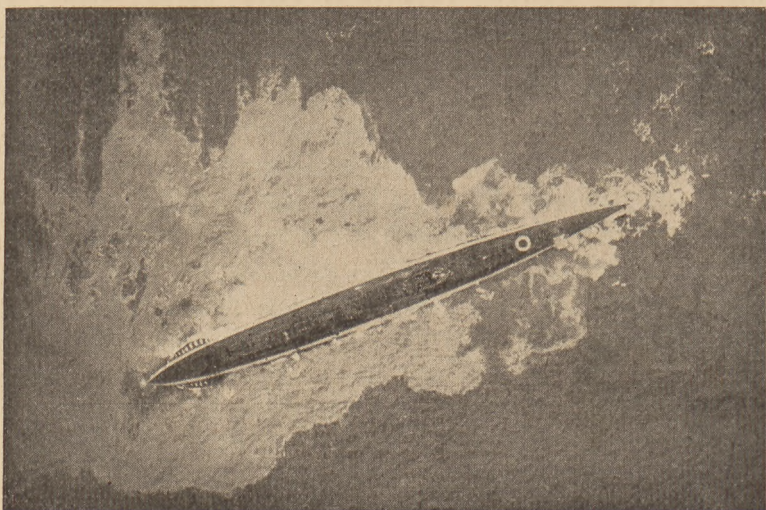


Abb. 38. Auftauchen eines U-Bootes.

gesteuert und auf Sehrohrtiefe gehalten. Gegebenenfalls werden
durch Nachfluten oder Lenzen der Reglertanks und durch Trimmen
des Wassers von einem Trimmtank in den anderen Gewichts- und
Schwerpunktslage des Bootes berichtigt. Das Tauchmanöver er-
forderte auf U 1 50 s, die durchschnittliche Tauchzeit der Weltkriegs-
U-Boote betrug etwa 30 s, die erreichte kürzeste Tauchzeit 15 s.

Beim **Auftauchen** (Abb. 38) wird das Boot mittels der Tiefen-
ruder in die Nähe der Oberfläche gebracht. Durch Druckluft werden
dann einige Tauchtanks teilweise ausgeblasen. Der Auftrieb wird
dann so groß, daß die Verbindung mit der Außenluft hergestellt und

ein Gebläse in Gang gesetzt werden kann, das nunmehr die Luft ansaugt. Durch diese angesaugte, auf $1\frac{1}{2}$ at zusammengepreßte Luft werden die Tauchtanks völlig leer geblasen. Das Boot fährt dann als Überwasserschiff weiter.

Ein **Übungstorpedo**, wie er beim **Schulsschießen** (Abb. 39) verwendet wird, trägt statt des mit Sprengstoff geladenen **Gefechtskopfes** einen mit Wasser gefüllten **Übungskopf**

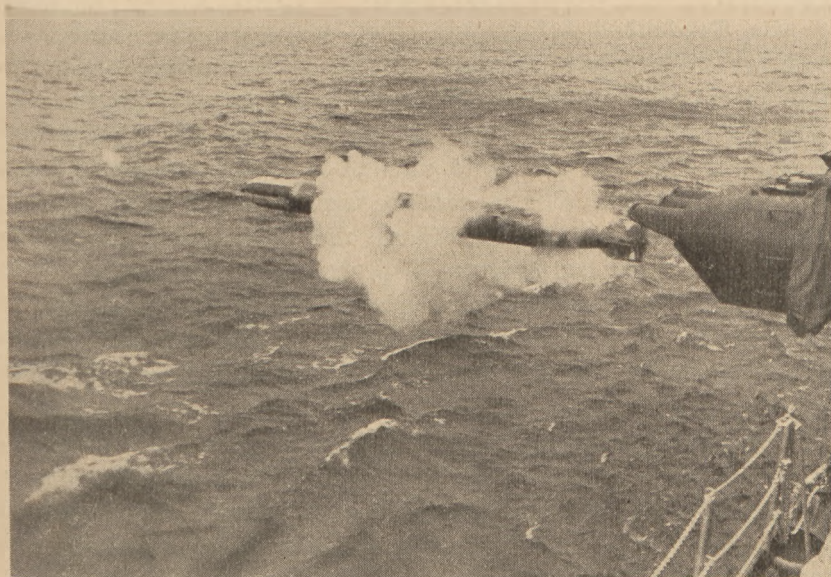


Abb. 39. Ziehend verläßt der Übungstorpedo, kenntlich an dem gestreiften Übungskopf, das Rohr.

von gleichem Gewicht. An Stelle der **Gefechts pistole** ist eine **Karbidbüchse** vorhanden oder eine stark leuchtende **Stabbatterie-lampe**, die beim Abschuß in Tätigkeit tritt. Der **Torpedoraum** ist mit Luft gefüllt, die nicht entweichen kann. Sobald der **Torpedo** keine Fahrt mehr macht, wird eine Klappe, die durch die Kraft des strömenden Wassers geschlossen gehalten wurde, geöffnet. Es tritt **Preßluft** aus dem **Torpedoraum** in den **Kopf** ein und bläst ihn leer. Danach schwimmt der **Torpedo** wie eine Boje infolge seines **Auftriebs** auf und zeigt durch starke **Lichtwirkung** seinen Standort an. Er kann eingefangen und für weitere Übungen verwendet werden.

Im jährlichen Verwendungsplan eines Kriegsschiffes sind auch in Friedenszeiten regelmäßig einige Wochen für Überholung und Instandsetzung vorgesehen. Diese sog. Werftliegezeit bringt das Schiff zum größten Teil im Dock zu, d. i. eine Einrichtung, die Reparaturen usw. am Unterwasserschiff ermöglicht, indem das Schiff trocken gestellt wird. Zum Docken kommen Trockendocks, Schwimmdocks und Hebewerke mit Pontons in Betracht.

Ein **Trockendock** besteht aus einer ausgemauerten Grube, die nach der Wasserseite durch einen Dockponton abgeschlossen ist. Das ist ein Schwimmkörper in Torform, der aufrecht schwimmend vor die Docköffnung geholt und hier versenkt wird. Das Schiff fährt in das mit Wasser gefüllte Dock hinein, das darauf nach Verschließen leer gepumpt wird. Das zu dockende Schiff setzt sich dabei auf dem Grunde der Grube auf die Dockstapel und fällt trocken. Der Dockponton wird durch den äußeren Wasserdruck beim Lenzen des Docks wasserdicht gegen das Dock gepreßt und schließt es ab. Die großen Trockendocks der Marinewerften (Kiel, Wilhelmshaven) fassen 60 000 m³ Wasser. Je zwei Kreiselpumpen von 168 m³/min Leistung besorgen das Entleeren der Docks.

Das **Schwimmdock** (Abb. 40) hat meist U-förmigen Querschnitt. Die Seitenwände und der Boden bestehen aus zahlreichen auspumpbaren Wasserbehältern. Durch Fluten wird es so tief gesenkt, daß das aufzunehmende Schiff einfahren und vertaut werden kann. Durch Lenzen des Docks hebt es sich selbst und das in ihm befindliche Schiff so hoch, daß die mittlere Docksohle und die Dockstapel sich über Wasser befinden. Die Verdrängung des Docks in diesem Zustande ist gleich der Summe der Gewichte von Dock und Schiff.

Heute werden fast überall Schwimmdocks verwendet. Das größte Schwimmdock findet sich auf der Werft von Blohm und Voß, Hamburg, mit 46 000 t Tragfähigkeit.

Ein **Hebewerk** ist eine Abart des Schwimmdocks. Es besteht aus mehreren Pontons und dem eigentlichen Hebewerk.

Ausreichende Docks sind für die Einsatzbereitschaft und Instandhaltung der Kriegsschiffe von höchstem Wert. Ihr Vorhandensein in den zahlreichen Flottenstützpunkten in der ganzen Welt war für die

englische Seemacht und ihre Behauptung eine wesentliche Voraussetzung.

Nicht nur der Auftrieb, sondern auch der **Untertrieb** wird ausgenutzt. So gibt man allen Körpern, die im Wasser untergehen sollen, einen hinreichenden Untertrieb. Das ist der Fall bei den Schiffsankern, ferner bei den Ankerkästen der Minen und Bojen.

Bojen, die nach einer gewissen Zeit untergehen sollen, sog. **Sinkzeitbojen**, tragen eine Zündvorrichtung, die nach einer eingestellten Zeit ein Loch in die Außenwand sprengt, so daß Wasser eintreten kann. Der Auftrieb verschwindet und geht in einen Untertrieb über, wodurch die Boje sich versenkt.

Laufen Abteilungen der Überwasserschiffe oder ein ganzes Schiff infolge Beschädigungen mit Wasser voll, so nimmt der Restauftrieb

ab, wobei die Schiffe eine Krängung oder einen Trimm erleiden, im schlimmsten Fall untergehen.

Um bei Wassereintrich die Schwimmfähigkeit eines Kriegsschiffes zu erhalten, ist es in eine Anzahl **wasserdichter Abteilungen** unterteilt. Diese werden durch die Hauptquerschotte begrenzt. Sie müssen soweit hochgeführt werden, wie es die Schwimmfähigkeit bei jedem Schiff erfordert, meist bis zum Panzerdeck oder sogar bis zum Oberdeck. Zur Abschottung der Räume kommen noch zahlreiche weitere Längs- und Querswände hinzu, die ebenfalls wasserdruckfester gebaut sind. Außerdem erfolgt noch die Unterteilung in der Längsrichtung durch Torpedoschotte, Wallgangs- und übrige Längsschotte, so daß ein Kriegsschiff eine sehr große Zahl wasserdichter Zellen besitzt. Die Wallgänge liegen wasser dicht zu beiden Seiten in der ganzen Länge des Kriegsschiffes. Sie werden durch Wallgangschotte begrenzt. Schlachtschiffe erhalten

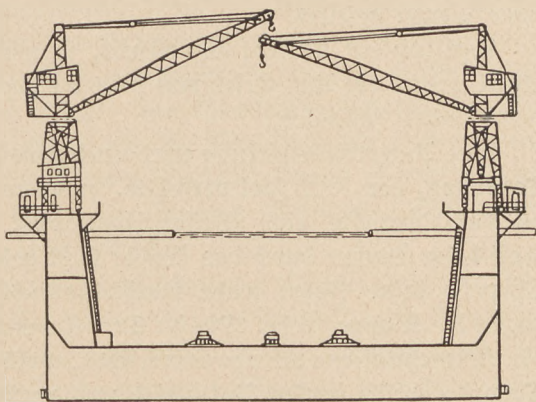


Abb. 40. Querschnitt durch ein Schwimmdock.

meist zwei Wallgänge nebeneinander. Das innere Wallgangschott und das **Torpedoschott** bestehen aus Panzermaterial. Maschinenanlagen, Befehlszentrale und Munitionskammern werden dadurch vor der Wucht einer Unterwasserdetonation geschützt.

Das Fluten und Gegenfluten von Räumen erfolgt bei Kriegsschiffen durch **Bodenventile**. Die Seitenzellen werden durch direkt in ihnen angeordnete Bodenventile von großem Querschnitt geflutet und das Wasser von hier aus durch Schleusenschieber in andere Räume ohne Ventil geleitet.

Legt sich ein U-Boot auf Grund, so wird ihm durch Fluten der Reglerzellen ein Untertrieb von 1 bis 3 t gegeben, damit es nicht auf dem Boden schlingert.

Eine Untertriebswirkung wird auch zum **Absinken eines scharfen Torpedos**, der sein Ziel verfehlte, ausgenutzt. Der Torpedo trägt an der Oberseite eine Wasserschlagklappe, die durch die Wasserkraft beim Laufen durch das Wasser dicht gehalten wird. Sobald der Torpedo keine Fahrt mehr macht, herrscht auch keine Strömung gegen die Klappe mehr. Die im Torpedo enthaltene Luft kann durch die nunmehr offene Klappe entweichen, wofür Wasser eindringt. Der Torpedo erhält starken Untertrieb und versinkt.

Signal- und andere **Geheimbücher** werden an Bord in Blei gefaßt. Dadurch wird sichergestellt, daß sie bei Untergang des Schiffes auf den Meeresboden versinken und nicht dem Gegner in die Hand fallen.

3. Gase

Nach dem Gesetz von Boyle - Mariotte kann das Volumen eines Gases durch entsprechenden Druck verringert werden. **Preßluft** dient zum **Ausblasen der Geschützrohre** nach dem Schuß, wobei der Zutritt der Preßluft in das Rohr automatisch während des Öffnens des Verschlusses erfolgt. Aus Hochdruckbehältern oder Anlaßflaschen wird die **Anlaßluft** für die Dieselmotoren entnommen. Der **Torpedorausstoß** erfolgt durch Preßluft, die in Flaschen unter 40 at Druck mitgeführt wird. Der Ausstoß erfolgt über Wasser mit 8 at, unter Wasser mit 16 at Druck.

Auch im **Luftkessel des Torpedos** befindet sich Preßluft von etwa 200 at Druck. Durch ein Ventil tritt sie beim Abschuß in die Maschine, wo sie in der Brennkammer mit einem feinen Ölstrahl vermischt, durch langsam brennende Zündpatronen entzündet, zum Antrieb der 400 PS starken Maschine dient.

Im **Unterseeboot** wird bei der Überwasserfahrt von einem Kompressor Druckluft bis zu 200 at Druck erzeugt. Sie wird in Flaschen aufbewahrt und zum Lenzen der Tauchzellen verwendet.

Ölzellen, Wasserzellen und andere Füllräume erhalten **Luftrohre**, damit beim Füllen der Tanks die Luft entweichen kann und nicht zusammengepreßt wird. Gleichzeitig dienen sie zum Entlüften und werden als Peilluftrohre zur Ermittlung des Öl- bzw. Wasserstandes benutzt. Zum Ausgleich zwischen innerem und äußerem Luftdruck erhalten weiterhin alle Räume des Unterwasserschiffs, soweit sie an feste Flut- und Lenzeinrichtungen angeschlossen sind, Luftrohre.

Räume, die bei Gefahr geflutet werden müssen, z. B. Munitionsräume bei Brand, besitzen **Flutluftrohre**, damit beim Fluten die Luft entweichen kann und nicht zusammengepreßt wird.

Ein starkes Zusammenpressen der Luft tritt in einem untergegangenen Schiff beim Eindringen des Wassers in abgeschlossene Räume ein.

Auf modernen Kriegsschiffen werden Lotungen nur noch als Echolotungen durchgeführt. Eine ältere Methode der Tiefenmessung stellt die **Lotmaschine nach Thomson** dar. Sie ist ein Drucklot, bei dem die Tiefenbestimmung auf der Zunahme des Wasserdrucks mit der Tiefe, also auf einer **indirekten Tiefenmessung**, beruht.

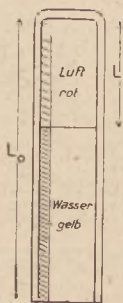


Abb. 41. Schematischer Schnitt durch eine Röhre zum Thomson-Lot.

Das Prinzip des Thomson-Lots ist folgendes: Eine am oberen Ende verschlossene Glasröhre (Abb. 41) ist innen mit rotem chromsauren Silber überzogen. Sie wird in einem Messingzylinder, der dem Seewasser freien Zugang läßt, auf den Meeresgrund gelassen. Die im Glasrohr befindliche Luft wird mit zunehmendem Wasserdruck verhältnismäßig zur Wassertiefe zusammengedrückt. Soweit der rote Belag mit dem Meerwasser in Berührung kommt, färbt er sich gelb. Die Volumenabnahme wird dadurch deutlich sichtbar. Beim Aufholen des Lotes dehnt sich die Luft wieder aus. An einer Skala wird dann die Tiefe abgelesen.

So können Tiefen bis zu 300 m gelotet werden. Zur Sicherung der Seefahrt und zur Orientierung durch Vergleichen mit der Seekarte reichen diese Tiefenmessungen im allgemeinen aus. Diese Lotungen besitzen den Vorteil, daß man Grundproben mit erhalten kann. Dafür aber muß der Nachteil mit in Kauf genommen werden, daß das Schiff während der Lotung möglichst keine Fahrt machen darf.

Ist die Länge der Glasröhre l_0 cm, der Rohrquerschnitt q cm², der Barometerstand an der Wasseroberfläche b cm, die Zusammendrückung der Luft (Entfärbung) in der Röhre l' cm, dann beträgt der Luftdruck an der Wasseroberfläche $p_L = b \cdot 13,6 \cdot 0,001$ kg/cm², in der Tiefe x m beträgt der Wasserdruck $P_w = x \cdot 0,1$ kg/cm², der Gesamtdruck auf die Luft in der Röhre ist also

$$p' = (b \cdot 13,6 \cdot 0,001 + x \cdot 0,1) \text{ kg/cm}^2.$$

An der Wasseroberfläche ist das Luftvolumen $v = l_0 \cdot q$, in der Tiefe x ist das Volumen $v' = (l_0 - l') \cdot q$. Bei konstanter Temperatur ist

$$p_L \cdot l_0 \cdot q = p' (l_0 - l') \cdot q$$

$$\text{oder } b \cdot 13,6 \cdot 0,001 \cdot l = (b \cdot 13,6 \cdot 0,001 + x \cdot 0,1) \cdot (l_0 - l').$$

Daraus ergibt sich

$$x = \frac{b \cdot l' \cdot 0,136}{l_0 - l'} \text{ m.}$$

Wählt man statt des jeweiligen Luftdrucks $b_0 = 76$ cm, dann hängt x nur noch von l' ab, da l_0 konstant ist.

Nachstehende Tabelle gibt den Zusammenhang wieder zwischen l' und x für $l_0 = 1$, für konstante Temperatur und normalen Barometerstand.

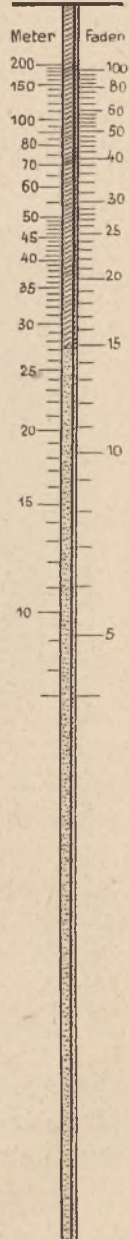
l'	0,33	0,49	0,66	0,75	0,80	0,83	0,90	0,95	0,97
x	5	10	20	30	40	50	100	200	300 m

Da hiernach jeder gelb gefärbten Strecke l' eine ganz bestimmte Tiefe x eindeutig zugeordnet ist, kann aus der Tabelle oder der gezeichneten Doppelleiter (Abb. 42) die Tiefe sofort abgelesen werden. Nun sind aber die angenommenen Bedingungen vor allem auch wegen der hier nicht berücksichtigten Temperaturkorrektur nie ganz erfüllt, so daß die genauen Werte von x meist etwas anders ausfallen.

Auf ähnlicher Grundlage arbeiten auch **Tiefenmesser** für U-Boote. In einem einseitig abgeschlossenen Glasrohr befindet sich eine bestimmte Luftmenge. Dringt von unten Wasser in die Röhre ein, so wird die Luftmenge zusammengedrückt, bis der Druck der Luft im Glasrohr dem Außendruck des Wassers das Gleichgewicht hält. Das in die Glasröhre eingedrungene Wasser steht dabei in einer bestimmten Höhe, die je nach dem Außendruck, d. h. nach der Tauchtiefe des U-Bootes, verschieden ist. Die **T a u c h t i e f e** kann auf diese Weise ermittelt werden.

Ähnlich arbeitet auch der **Sehrohrstandanzeiger** des U-Bootes, der dem Kommandanten anzeigt, wie weit sich sein Sehrohr unter der Wasseroberfläche befindet. Um sich bei einem Angriff oder bei Anwesenheit feindlicher Schiffe nicht zu verraten, ist es lebenswichtig zu wissen, wie weit das Sehrohr von der Wasseroberfläche entfernt ist.

Abb. 42. Doppelleiter eines Thomson-Votes, die Glasröhre ist auswechselbar.



Die Boyle-Mariottesche Gleichung verliert bei hohen Gasdrücken, wie sie in den artilleristischen Waffen auftreten (3000 at u. mehr), ihre strenge Gültigkeit. Es ist dann für Pulver vom Volumen V das Eigenvolumen der Gasmoleküle/kg (= Kovolumen α des Pulvers) abzugiehen und die Gleichung $p \cdot (V - G \cdot \alpha) = p_0 \cdot v_0$ zu verwenden, wobei G = Gasgewicht = Pulvergewicht ist.

Für Luftdruckmessungen wird an Bord der Schiffe das **Marine-Barometer** (Abb. 43) verwendet. Es ist ein kardanisches aufgehängtes Gefäßbarometer mit reduzierter Skala, so daß eine besondere Nullpunktsbestimmung nicht erforderlich ist. Im unteren Teile ist die Röhre verengt, um bei Schiffsbewegungen Schwingungen der Quecksilbersäule zu verringern. Eine Luftfalle verhindert das Eindringen von Luft beim Neigen des Schiffes. Die Höhe der Quecksilbersäule wird mit besonderen Nonienschiebern abgelesen. Eine Meniskuskorrektion wird durch entsprechende Bemessung der Quecksilbermenge vermieden. Das ganze Rohr ist von einem Messingmantel mit Luftöffnungen umgeben.

Luftdruckmessungen müssen an Bord sehr genau erfolgen. Sie müssen hier wie auch sonst auf 0°C und auf den Meerespiegel berichtigt werden.

Für die technische Druckmessung werden fast ausschließlich **Metallmanometer** verwendet, und zwar Rapsselfeder-, Plattenfeder-, Metallrohr- oder Federmanometer für Überdruck und als

Vakuummeter für Unterdruck, schließlich als Mano-Vakuummeter für Über- und Unterdruck. Selbstverständlich werden neben anzeigenden auch schreibende Druckmesser verwendet.

Ein vielseitig verwendbarer Druckmesser ist das **Plattenfeder-Manometer** (Abb. 44), dessen kleinster Meßbereich

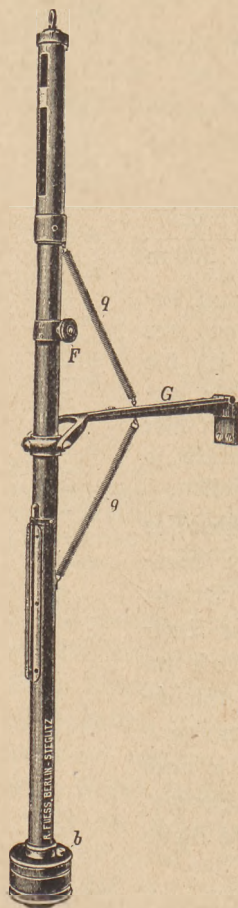


Abb. 43. Marine- oder Schiffsbarometer mit kardanischer Aufhängung.

0 bis 200 mm WS und dessen größter 0 bis 25 kg/cm^2 beträgt. Die Empfindlichkeit wird zum Teil durch die Größe der Plattenfläche bestimmt, bei genügend großem Durchmesser der Plattenfeder werden auch ganz geringe Drücke einwandfrei angezeigt.

Da die Plattenfeder nach beiden Seiten federn kann, lassen sich sowohl Über- als auch Unterdrucke messen.

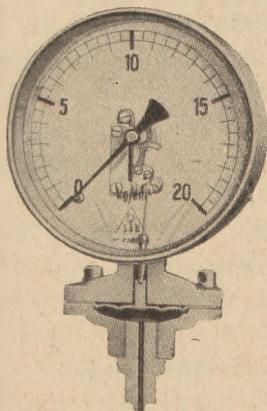


Abb. 44. Plattenfeder-Manometer, Meßbereich 0—20 kg/cm^2 , die aufgeschnittene Zuleitung läßt die gewellte Plattenfeder erkennen.

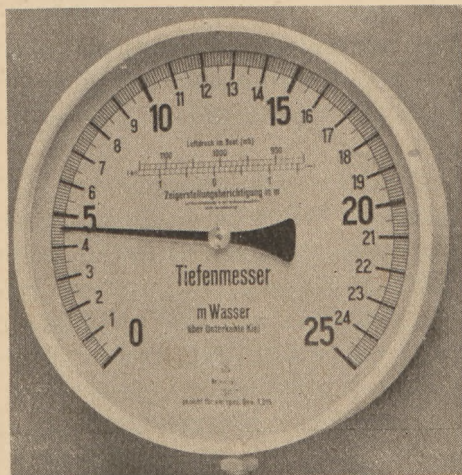


Abb. 45. Tiefenmesser für U-Boote, die Tiefe kann auf 10 cm genau abgelesen werden.

Weiterhin kommt ihm die für den Bordbetrieb wichtige Eigenschaft der großen Stoßsicherheit zu. Es ist wasserbombensicherer als das Metallrohr (Bourdonrohr)-Manometer.

Die Abb. 45 zeigt die Ansicht eines **Tiefenmanometers** für Unterseeboote. Diese Tiefenmesser sind derart empfindlich, daß Tiefenänderungen von 10 cm abgelesen werden können. Sie sind für eine bestimmte Dichte des Seewassers (im allgemeinen $\gamma = 1,015 \text{ t/m}^3$) geeicht. Der veränderliche Luftdruck kann eine unzuträgliche Ungenauigkeit der Tiefenanzeige nach sich ziehen und wird deshalb mit Hilfe einer Berichtigungsskala in Rechnung gestellt. Der Druck des Wassers, aus dem auf die Tiefe geschlossen wird, wirkt durch ein rundes Loch von wenigen Millimetern Durchmesser, das den Druckkörper durchbricht. An Bord eines U-Bootes befinden sich mehrere Tiefenmanometer, eines davon im Turm.

Unterseeboote und Gefäße, die unter Wasser verwendet werden, erfahren vor Verwendung eine **Druckprobe**. Beim Unterseeboot wird Preßluft in das Innere geleitet bis zu einem Überdruck von 10 bis 20 mm QS. Hält sich der erhöhte Druck im Boot, dann sind alle Verschlüsse und der Druckkörper dicht. Bei Minengefäßen erfolgt die Druckprobe in einem Wasserbehälter unter Wasser. Undichtigkeiten verraten sich dann durch aufsteigende Luft aus dem Wasser.

4. Wärme

A. Ausdehnung

Auf die **Ausdehnung** der festen und flüssigen Körper bei **Erwärmung** und auf die **Zusammenziehung** bei **Abkühlung** muß an Bord von Kriegsschiffen vielfach Bedacht genommen werden. Maße und Maßstäbe sind nach DIN für 20°C geeicht und also nur bei dieser Temperatur genau.

Besonders in Dampfkessel- und Maschinenanlagen sind zahlreiche Vorrichtungen getroffen, die eine Ausdehnung der Bauteile gestatten, so daß der Betrieb und die Anlage selbst dadurch nicht gefährdet werden. Die Dampfkessel sind nur durch einen Kesselfuß mit dem Unterbau verbunden.

Längenausdehnung beobachtet man bei Heizungsrohren, Dampfleitungen, Leitungen für Rauchgase usw. Die Dampfleitungen werden nur mit einem Schott fest verbunden und liegen beweglich auf Sockeln oder hängen in Bügeln. Die Längenänderung wird in Schieber- oder Gelenkstopfbuchsen sowie in Krümmern (Abb. 46) aufgenommen. Hochdruckleitungen erhalten Faltenrohre, Überströmbogen, bei der Turbine Wellenrohre. Ungleichmäßige Erwärmung oder Abkühlung erzeugt in den Wänden Spannungen, die, vor allem an den Verbindungsstellen, zu Brüchen oder zumindest Undichtigkeiten führen können. Besonders häufig treten solche unerwünschte Wirkungen natürlich bei ausgedehnten Anlagen auf, z. B. bei Dampfkesseln. Schnelllaufende kleine Turbinen sind gegen Temperaturschwankungen ziemlich unempfindlich.

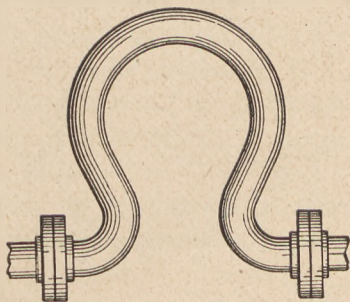


Abb. 46. Rohrbogen einer Dampfleitung.

Niederdruckturbinen verziehen sich unter dem Einfluß des kalten Kondensators, in dem sie zum Teil sitzen, einseitig, was besondere Maßnahmen beim Anfahren und Stoppen bedingt. Bei langen Stoppzeiten müssen sie immer gedreht werden, um ungleichmäßige Abkühlung zu verhüten.

Infolge der verschiedenen **Ausdehnungszahlen** für verschiedene Stoffe, besonders Metalle, dehnen sich gleichlange Stäbe aus verschiedenem Material bei gleicher Temperaturerhöhung verschieden stark aus. Werden zwei solcher Streifen in der Längsrichtung zusammengelötet, so hat man den bekannten **Bimetallstreifen**. Er findet eine sehr wichtige Anwendung in allen Instrumenten, die temperaturunabhängig arbeiten sollen. Dazu gehören der Barograph und das **Bordchronometer**. Bei diesem soll eine **Bimetallunruhe** den Einfluß von Temperaturänderungen auf den Gang des Chronometers möglichst gering halten.

Gangänderungen des Chronometers werden vor allem durch Temperaturänderungen hervorgerufen. Deshalb wird die Unruhe mit einer **Temperaturkompensation** versehen. Die Abb. 47 zeigt eine deutsche **Nickelstahlunruhe**. An den beiden Speichen sitzen Bügel, die außen aus Messing, innen aus Nickelstahl bestehen. An den beiden Enden eines jeden Bügels sind **Kompensationskörper** befestigt. Bei Erhöhung der Temperatur krümmen sich beide Bügel nach innen, denn Messing dehnt sich stärker als Nickelstahl. Die Kompensationskörper nähern sich also bei Temperaturerhöhung der Achse, bei Temperaturerniedrigung entfernen sie sich von ihr.

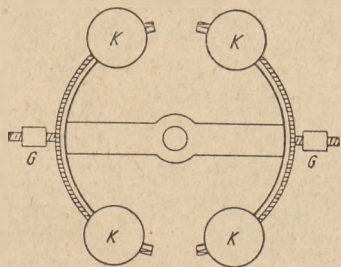


Abb. 47. Chronometer-Unruhe aus Bimetall.

Auf diese Weise erreicht man, daß die Unruhe stets **dieselbe Schwingungsdauer** besitzt, da infolge der Ausdehnung die **Trägheit** wächst, die **Elastizität** mit wachsender Temperatur aber abnimmt. Indem der Chronometermacher die Kompensationskörper mehr oder weniger an

die Enden der Bügel rückt, sucht er zu erreichen, daß die Trägheit der Unruhe möglichst im gleichen Verhältnis mit der Temperatur abnimmt wie die Elastizität der Spiralfeder. Ein verschwindend geringer Fehler bleibt indessen bestehen, da beide Änderungen nicht nach dem gleichen Gesetze erfolgen. Er beträgt für gute deutsche Chronometer 0,2 bis 0,3 s täglich.

Andere Anwendungen des Bimetallstreifens finden sich bei **Metallthermometern**, bei denen die zu- oder abnehmende Krümmung auf einen Zeiger übertragen wird, sowie bei **automatischen Sicherungen** elektrischer Leitungen, bei Blinkknöpfen von Flackerlichtanlagen (Kap. 10) oder bei **selbsttätigen Feuermeldern**.

Räumliche Ausdehnung und Änderung der Wichte des Seewassers bei Temperaturänderung sind vor allem beim U-Boot zu beachten. Bewirkt doch schon die Erwärmung oder Abkühlung um einen Grad bei der Ausdehnungszahl des Wassers $\beta = 0,00018$ für ein 1000 t-U-Boot eine Auftriebsänderung von 180 kg.

In **Schwimmkompassen** muß man den starken Volumenänderungen der Füllung, die zur Herabsetzung des Gefrierpunktes bis zu 45 v. H. Alkohol enthält, durch federnde Metallkapseln oder elastischen Doppelboden Rechnung tragen. In neuester Zeit sind Kompaßfüllflüssigkeiten ohne Alkohol gefunden worden, die in dem Temperaturbereich von -50 bis $+60^\circ\text{C}$ sehr geringe Ausdehnungszahlen besitzen. Sie greifen auch Leichtmetalle nicht an, so daß damit ein beträchtlicher Fortschritt verbunden ist.

Bei der **Füllung von Öltanks** ist auf die erhebliche Ausdehnungszahl des Öls $\beta = 0,00096$ ebenfalls Rücksicht zu nehmen. Fässer und Bunker dürfen daher keinesfalls völlig mit Öl gefüllt werden, oder es sind besondere Ausdehnungstanks vorgesehen, die das aus den Vorrattanks infolge der Volumenvergrößerung übertretende Öl aufnehmen. Wenn beispielsweise 1000 m^3 Öl bei der Temperatur 10°C von Land übernommen werden und sich an Bord auf 50°C erwärmen, so ist

$$v_{50} = v_{10} \cdot (1 + \beta \cdot \Delta t) = 1038,4\text{ m}^3.$$

Die Volumenzunahme beträgt demnach $38,4\text{ m}^3$.

Mit **Erhöhung der Temperatur** ist eine oft ganz erhebliche **Änderung der Wichte** von Flüssigkeiten und Gasen verbunden, die für viele technische Vorgänge beachtet werden muß.

Die Wichte der Öle wird auf 20°C bezogen.

Das Wasser in den Hochdruckheißdampfananlagen hat eine Wichte weit unter 1.

Die Wichte $1,225\text{ kg/m}^3$ der Luft gilt für 14°C und 760 mm Barometerstand. Sie wird bei Rechnungen für Lüfter, Ventilatoren, Pumpen und für Strömungsvorgänge zugrunde gelegt. Bei 80°C beträgt die Wichte der Luft nur noch $1,00\text{ kg/m}^3$.

B. Temperaturmessung

Für ein Kriegsschiff sind **Temperaturmessungen** und die **Einhaltung** bestimmter **Höchsttemperaturen** in den Räumen des Schiffes von höchster Bedeutung für seine Sicherheit. So darf die Temperatur in den **Munitionskammern** wegen der Haltbarkeit und Lagerbeständigkeit des Pulvers 30°C nicht übersteigen. Kartuschen müssen eine bestimmte Temperatur haben. An Bord ist es wichtig, daß alle Munitionskammern desselben Kalibers möglichst dieselbe Temperatur haben. Auch **Vorratsräume** dürfen nicht zu warm werden und sind daher mit **Kühlanlagen** versehen. **Öltanks** sollen nicht zu sehr abkühlen, damit das Öl leichtflüssig bleibt. Sie brauchen deshalb **Heizeinrichtungen**.

Temperaturen in tropischen Gewässern

sonnenbeschienenes Oberdeck	etwa 70°C
sonnenbeschienene Außenhaut	etwa 50°C
Maschinen- und Kesselräume, durchschnittlich	50°C
Motorenräume, durchschnittlich	45°C
Seewassertemperatur	etwa $30\ldots 33^{\circ}\text{C}$
Lufttemperatur	etwa 35°C

Neben der in der Wissenschaft international gebräuchlichen und in Deutschland gesetzlich festgelegten **C-Teilung** ist die **F-Teilung** der **Thermometer** wichtig, da alle englisch-amerikanischen Länder sie benützen. Bei der Umrechnung ist zu beachten, daß 5°C -Grade 9°F -Graden entsprechen und der Null-Punkt der C-Teilung bei 32°F liegt. 20°C sind demnach 68°F . Umgekehrt muß man eine Angabe in F-Graden erst um 32° vermindern, ehe sie, mit $\frac{5}{9}$, multipliziert, C-Grade ergibt.

$$\text{Es ist } \frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}; \text{ daraus folgt } C = \frac{5}{9} (F - 32) \text{ oder } F = \frac{9}{5} C + 32.$$

Neben den **Thermometern** werden vielfach **Thermographen** benutzt, die entweder mit **Bimetall** oder mit **Bourdonröhre** arbeiten.

Die sorgfältige Überwachung des Betriebs der **Wärmeanlagen** an Bord erfordert vielfältige **technische Temperaturmessungen** (Abgas-, Speisewasser-, Dampf-, Kühlwasser-, Öltemperaturen u. dgl.). Dieselmotoren werden im laufenden Betrieb vor allem durch Kon-

trolle der Abgastemperaturen der einzelnen Zylinder überwacht. Diese Temperaturen müssen für alle Zylinder möglichst gleich sein und dürfen von bestimmten Betriebswerten nicht abweichen. Hierfür werden für örtliche Ablesungen Quecksilberglasthermometer mit Gasfüllung (2 at, bis 450°C), für Fernablesungen Quecksilber-

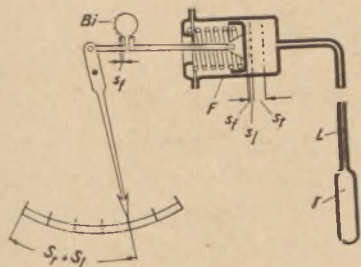


Abb. 48. Schema eines Hg-Fernthermometers.

T Temperaturfühler, L Verbindungsleitung, F Anzeige- oder Schreibgerät mit federbelastetem Kolben, s_l , s_f , s Kolbenwege infolge der Volumenzunahme der Hg-Füllung in T , L und F , Bi Bimetall-Verbindungsstück zum Ausgleich von s_f , s_l + s_l Aus Schlag des Zeigers.

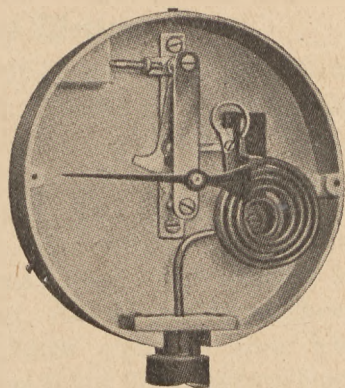


Abb. 49. Inneres eines Hg-Fernthermometers.

fernthermometer, elektrische Widerstands- und Thermoelementthermometer verwendet.

Das **Quecksilberfernthermometer**, wie es die Abb. 48 schematisch und die Abb. 49 in fertiger Ausführung von innen zeigen, kann von -30° bis $+600^{\circ}\text{C}$ (gasgefüllt) angewendet werden. Die Ausdehnung des Quecksilbers dient als Maßstab der zu messenden Temperatur, doch wird diese nicht unmittelbar an der Quecksilbersäule abgelesen, sondern durch einen Zeiger auf einem Zifferblatt angezeigt oder durch ein Schreibwerk aufgezeichnet. Das Quecksilber ist in einem Temperaturfühler, einem vollkommen mit Quecksilber gefüllten Stahlgefäß, enthalten, der der zu messenden Temperatur, z. B. von Zylinderabgasen, ausgesetzt wird. Von dem Temperaturfühler führt eine Verbindungsleitung zum Anzeige- oder Schreibgerät. Dieses enthält eine Meßfeder (Bourdonröhre), die in einem an die Verbindungsleitung angeschlossenen Zylinder beweglich ist. Die Temperaturmessung ist eigentlich eine Druckmessung, wobei im Gegensatz zu den Manometern der Druck durch Erwärmung zuerst selbst erzeugt und dann gemessen wird. Wegen der guten Registriermöglichkeit und der Unempfindlichkeit gegen Erschütterungen ist es besonders wertvoll.

5. Wetterkunde

A. Bedeutung des Wetters

Der Krieg zur See ist in hohem Maße von **Wind und Wetter** abhängig. In unseren Breiten stellt das Wetter einen für den Seekrieg höchst unzuverlässigen Faktor dar, da hier der Kampf der polaren und äquatorialen Luftmassen tobt, Kalt- und Warmfronten sich ausbilden und Tiefdruckgebiete entstehen, die meist ostwärts wandern. Dabei frischt der Wind sehr auf und starker Seegang bildet sich aus. Dieser beeinträchtigt den Einsatz der kleineren Fahrzeuge, der Räum- und Schnellboote, während die Kriegsschiffe vom Zerstörer aufwärts heute jeden Sturm abreiten. Man denke nur an das kühne Narvikunternehmen! Sturm und Seegang setzen die Treffsicherheit der Artillerie und Torpedowaffe herab.

Der **Wind** bestimmte in der Zeit des hölzernen Kriegsschiffes die Taktik (Linientaktik) und machte Marsch- und Gefechtsgewindigkeit für alle Schiffe nahezu gleich. Dafür gestattete er als ausschließliches Antriebsmittel eine räumlich und zeitlich fast unbeschränkte Verwendung des windgetriebenen Schiffes.

Stürme beeinflussen die **Wasserstände** und die normalen **Stromverhältnisse**. Der bei schlechtem Wetter meist vorhandene bedeckte Himmel macht astronomische Ortsbestimmungen unmöglich. Die voraussichtliche **Sicht** auf See ist für Ablauf und Erfolg von Unternehmungen zur See von oft ausschlaggebender Bedeutung. Die **Regen**, **Schneeböen** und **Nebel** verhindern oft jeden Ausguck. **Nebel** erschwert die Ortsbestimmung, führt in engen oder seichten Gewässern leicht zu Grundberührung und auf viel befahrenen Schifffahrtsstraßen zu Zusammenstößen. Er zwingt deshalb zur Verminderung der Fahrt auf „langsame Fahrt voraus“ (9 sm/h). Andererseits ist **künstlicher Nebel** ein oft erprobter Schutz, um sich oder andere Objekte der Einsicht des Gegners zu entziehen.

Seine Wirksamkeit hängt von der Richtung und Stärke des scheinbaren Windes ab, der wiederum die Resultierende aus dem Fahrtwind und dem wahren Wind ist (S. 70).

Die **Wetterkunde** ist für die Kriegsmarine von entscheidendem Wert und die **Wettervorausage** ein wichtiger Faktor des See-

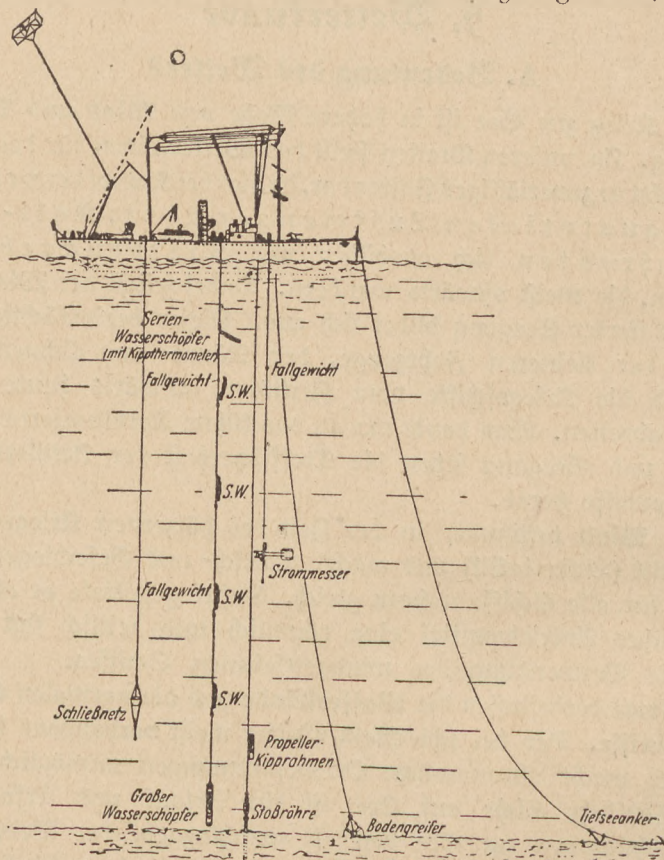


Abb. 50. Forschungsschiff „Meteor“ auf einer ozeanographischen Station bei der Arbeit (schematisch). Drahtlotung, Serienmessung, Strommessung und Netzfang werden in der Regel nur hintereinander erledigt.

krieges. Das Kriegsschiff braucht sachlich wie zeitlich genaue Wetterangaben, und der Kommandant benötigt für taktische Überlegungen, Aufklärungsdienst, Flugzeugstart und andere Maßnahmen sowohl Vorausagen für langfristige Unternehmungen als auch solche

für kurze und mittlere Dauer. Ohne ein gewisses Begreifen der Wetterlage und des großräumigen und kleinmeteorologischen Wettergeschehens kommt der Seeoffizier nicht aus, der die Entwicklung des Wetters in seine Entschlüsse einbeziehen muß. Er hat nicht immer die Möglichkeit, eine Wetterstelle zu befragen, sondern muß aus dem Augenblick heraus handeln.

Wenn auch ein Kriegsschiff seefähig sein, d. h. vom Wetter unabhängig seine Aufgabe erfüllen soll, so hat sich doch seit einiger Zeit die **meteorologische Navigation** den anderen Verfahren als ebenbürtig an die Seite gestellt. Der längste Weg kann der kürzeste sein, wenn er ein Tief oder ein Windgebiet umgeht und von Schönwetter und passendem Wind begünstigt wird. Zu ihrer Handhabung gehört Kenntnis und Beurteilung von **Wolkenformen**, Verständnis für **Wetterberichte** und **Wetterkarten**. Die Grundbegriffe der Wetterkunde müssen ebenso geläufig sein wie der Gebrauch und die Arbeitsweise der **Messinstrumente** einschließlich ihrer Fehlerquellen.

Die Kriegsmarine wendet allen Fragen, die mit dem Wetter, seiner Erforschung und Entstehung irgendwie zusammenhängen, ihre ganze Aufmerksamkeit zu. Sie besitzt zwei besondere **Forschungsschiffe** „Meteor“ (Abb. 50) und „Altaïr“, die zuletzt 1938 wieder von längeren Forschungsfahrten heimkehrten. Diese Forschungsschiffe dienen natürlich nicht nur zu Wettermessungen, sie sind in erster Linie zur Erforschung der Ozeane und des Luftraums über ihnen bestimmt, eine Aufgabe, die in Friedenszeit in enger Zusammenarbeit mit anderen seefahrenden Nationen durchgeführt wird.

B. Wetterbeobachtung an Bord

Neben besonderen Forschungsfahrten besteht ein laufender, dauernder **Wetter-Beobachtungsdienst**, der auf vielen Schiffen der Kriegs- und auch der Handelsmarine eingerichtet ist. Diese Schiffe sind mit den notwendigen Geräten ausgerüstet und dienen als bewegliche **Wetterstationen**. Viermal täglich werden auf den dafür eingerichteten Schiffen zu den international festgelegten Zeiten 0000, 0600, 1200 und 1800 Uhr MES. vollständige Wetterbeobachtungen

angestellt, die Messungen des Windes, des Luftdrucks, der Luftdruckänderung, der Luftfeuchtigkeit, der Luft- und Wassertemperatur umfassen. Dazu kommen die Beobachtungen des Wetters, des Wolkenhimmels, der Sichtweite und der Dünung.

Windmessungen nach Stärke und Richtung werden an Bord der Kriegsschiffe für die Schiffsartillerie und für die abzugebenden Wettermeldungen ausgeführt. Zur Windstärkemessung für die Artillerie sind die am Masttopp angebrachten und beim Anblick eines Kriegsschiffes immer besonders auffallenden Schalenkreuz-Windmesser (Bd. II) vorhanden. Ihre Angaben werden auf elektrischem Wege auf Anzeigergeräte unter Deck übertragen.

Windmessungen für die abzugebenden Wettermeldungen werden vom Steuermannspersonal ausgeführt. Hierzu dienen Handwindmesser (Schalenkreuz-Anemometer). Meist wird der Wind auf See jedoch geschätzt, da der Zustand der See für einen geübten Beobachter ein sehr zuverlässiger Maßstab für Stärke und Richtung des Windes darstellt.

Der ermittelte Wind ist immer nur ein „scheinbarer“ Wind, der durch den Fahrtwind verfälscht ist. Dies ist am besten an der Rauchfahne zu erkennen, die dem Einfluß des wahren Windes und des Fahrtwindes unterliegt. Die Richtung und Stärke des „wahren“ Windes läßt sich mit dem Geschwindigkeitsparallelogramm (Abb. 51) aus dem scheinbaren Wind durch Berücksichtigung

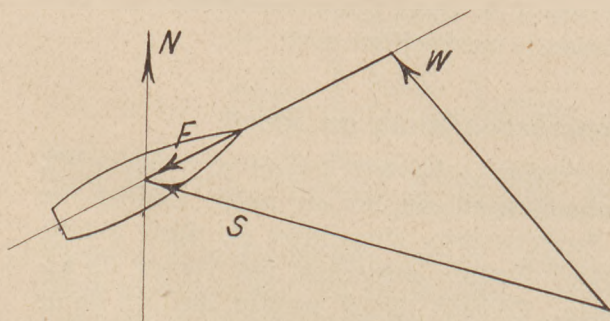


Abb. 51. Wahrer und scheinbarer Wind,
W wahrer Wind, F Fahrtwind, S scheinbarer Wind.

von Kurs und Fahrt leicht feststellen, wobei an Bord auch Tabellen und Diagramme verwandt werden. Außerdem kann die Richtung des wahren Windes durch Anpeilen der Wellenlämme mittels des Kompasses und seine

Stärke durch Schätzen des Seegangs gefunden werden. Der **Fahrtwind** hat die zum Kurs des Schiffes entgegengesetzte Richtung und die gleiche Stärke wie die Fahrt selbst.

Ein Wind wird nach der Himmelsrichtung benannt, aus der er weht. Er wird nach einer 32-teiligen Windrose angegeben, z. B. NO-Wind als 4. In der Wetterkarte wird der Wind durch einen Pfeil vom Stationskreis in Windrichtung gezeichnet. Rückwärts geneigte Federn, die im Uhrzeigersinn an die Windpfeile angelegt sind, bringen die Stärke zum Ausdruck. Eine Feder bedeutet 2 Beaufort-Einheiten, $\frac{1}{2}$ Feder entspricht einer Einheit.

Zur Angabe der Windstärke dient die **Beaufort-Skala** (1805).

Für die Verzifferung der Windstärke in Seeobstelegrammen wird folgende Tabelle zugrunde gelegt.

Verzifferung und Umwandlung der Windstärke.

Schlüsselzeichen	Stärke nach Beaufort	Geschwindigkeitsintervall nach m/s	Bezeichnung der Windstärke
0	0	0 ... 0,5	Stille
1	1	0,6 ... 1,7	leiser Zug
2	2	1,8 ... 3,3	leichte Brise
3	3	3,4 ... 5,2	schwache Brise
4	4	5,3 ... 7,4	mäßige Brise
5	5	7,5 ... 9,8	frische Brise
6	6	9,9 ... 12,4	starker Wind
7	7	12,5 ... 15,2	steifer Wind
8	8	15,3 ... 18,2	stürmischer Wind
9	9	18,3 ... 21,5	Sturm
9 ¹⁾	10	21,6 ... 25,1	schwerer Sturm
9 ¹⁾	11	25,2 ... 29	orkanartiger Sturm
9 ¹⁾	12	über 29	Orkan

¹⁾ Geht die Windstärke über 9 Beaufort hinaus, so erhält das Seeobs-Telegramm den Schlußsatz: Sturm 10 oder Sturm 11 oder Orkan.

In der Natur geht die Windgeschwindigkeit weit über die Beaufort-Skala hinaus. Wollte man sie in gleichen Schritten weiterführen, so müßte man bis 24 gehen, doch werden solch heftige Winde nur selten und nur bei tropischen Wirbelstürmen beobachtet. Auf

den Scilly-Inseln sind Windgeschwindigkeiten von 79,7 m/s aufgezeichnet worden.

Die **Messung des Luftdrucks** erfolgt mit dem bereits auf S. 58 erwähnten Marine-Barometer, meistens jedoch mit Metallbarometer.

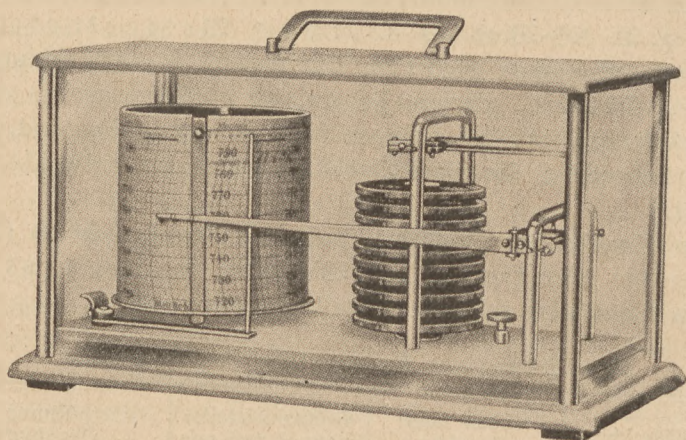


Abb. 52. Barograph mit Schreibtrommel von 93,5 mm \varnothing und 93 mm Höhe
Meßbereich 80 mm QS.

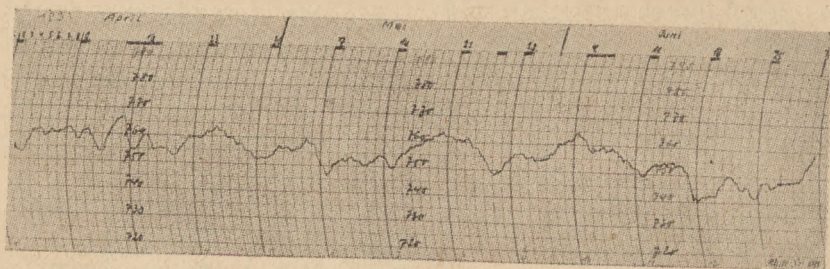


Abb. 53. Vierteljahresaufzeichnung eines Barographen, 1 : 3, das Uhrwerk hat eine Laufzeit von 3 Monaten.

metern. Die **Änderung des Luftdrucks** innerhalb der letzten 3 Stunden, die für die Beurteilung der Wetterentwicklung von höchster Bedeutung ist, wird dem Barogramm eines **Barographen** (Abb. 52 u. 53) entnommen, der gegen Maschinen-Erschütterungen gut abgefedert wird.

Eine große Bedeutung kommt der **Luftfeuchte** zu. Wäre die freie Luft über dem Wasser stets in Ruhe und hätte sie dauernd

dieselbe Temperatur, so wäre sie mit Wasserdampf gesättigt und nichts könnte sich an diesem Zustand ändern. Nun besteht aber sowohl eine immerwährende Luftbewegung als auch ein steter Temperaturwechsel. Sinkt die Temperatur unter den Taupunkt, bildet sich Nebel oder tropfbar flüssiger Niederschlag. Nach wieder erfolgtem Temperaturanstieg ist dieselbe Luft indessen nicht mehr gesättigt. Die **absolute Feuchte** wird in g Wasserdampf je m³ Luft angegeben. Das Verhältnis der absoluten Feuchte zu der bei derselben Temperatur im Sättigungszustand überhaupt möglichen Wasserdampfmenge wird **relative Feuchte** genannt und in Prozenten ausgedrückt.

Die relative Feuchte ist in den Tropen und Subtropen des Nachts besonders groß. Starke Rostbildung auf allen Metallteilen zwingt deshalb zu reichlichem Ölen und Fetten. An Bord eines Schiffes bedingt die relative Feuchte die Bewohnbarkeit sowie die Tauglichkeit oder Untauglichkeit einzelner Räume für bestimmte Zwecke. Schweißwasserbildung, Entwicklung von Schwamm- und Fäulnispilzen und die Ventilation hängen davon ab. Die relative Feuchte ist für alle Einwirkungen des Wassers auf organische Stoffe (Segel, Leinen, Holz) maßgebend. Tauwerk ist bei großer Feuchte steif, bei geringer bekommt es Lose. Für Mensch und Ladung gibt es günstige und gerade noch erträgliche Werte der relativen Feuchte, die bekannt sein und eingehalten werden müssen. Große Luftfeuchte und hohe Temperaturen in den Räumen beeinträchtigen die Frische und die Gefechtsfähigkeit der Besatzung. Lüftungseinrichtungen bezwecken, die Luft trocken und kühl zu halten.

Der Messung der relativen Feuchte im Freien oder in Räumen kommt an Bord der Schiffe eine besondere Bedeutung zu. Hierzu dient das **Åbmannsche Aspirations-Psychrometer**. Es enthält (Abb. 54 u. 55) zwei gleiche Thermometer. Das Gefäß des einen ist mit einem leichten Musselinläppchen umhüllt, das angefeuchtet wird. Dieses Thermometer heißt deshalb das feuchte Thermometer. Das Gefäß des zweiten, trockenen Thermometers bleibt ohne Umhüllung. Wird die Hülle des feuchten Thermometers mit Wasser benetzt, so findet eine mehr oder weniger lebhaftere Verdunstung statt. Die dazu erforderliche Verdampfungswärme wird der das Thermometer unmittelbar umgebenden Luft und dem Thermometergefäß entzogen, so daß dessen Temperatur sinkt.

Das trockene Thermometer gibt die wahre Lufttemperatur an. Der Unterschied beider Thermometerablesungen (psychrometrische Differenz) ist vom Wasserdampfgehalt der Luft, von ihrer Temperatur und von der Strömungsgeschwindigkeit der Luft abhängig, mit der die Luft das feuchte Thermometer trifft. Zur Ermittlung der relativen Feuchte dienen Tabellen, in die man mit der Temperatur des

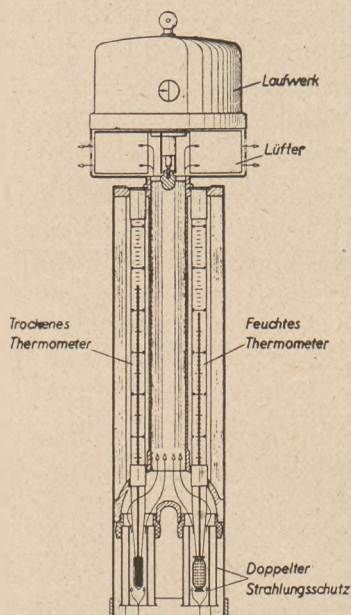


Abb. 54. Schema des Aspirations-Psychrometers nach Åhmann.

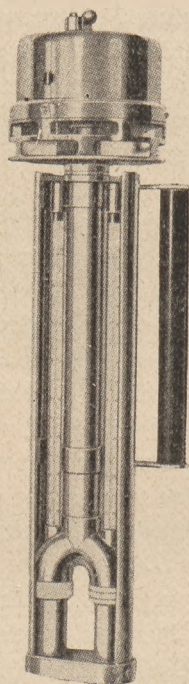


Abb. 55. Åhmannsches Aspirations-Psychrometer von außen.

trockenen und des feuchten Thermometers eingeht. Die Luftströmung wird durch einen Ventilator bewirkt, der einen Luftstrom von etwa 2,5 m/s hindurchsaugt. Diese Belüftung ist für die richtige Bestimmung der relativen Feuchte sehr wesentlich, da in ruhender Luft in der nächsten Umgebung des Thermometers leicht Sättigung eintritt und eine zu hohe Luftfeuchte vorgetäuscht werden kann. Die Luftfeuchte ist umso stärker, je geringer die Temperaturdifferenz der beiden Thermometer ist.

Schleuder-Psychrometer (Abb. 56) beruhen auf der gleichen Grundlage, nur wird der Luftzug durch Schleudern erzeugt.

Die Bestimmung der **Lufttemperatur** ist an Bord mit Schwierigkeiten verknüpft und sehr vorsichtig auszuführen, da die Wärmestrahlung des Schiffskörpers sehr leicht zu Fälschungen führt und die Temperatur der Schiffsluft an Stelle der Temperatur der freien, unverfälschten bewegten Luft gemessen wird. Die Meßfehler können bis zu $0,5^{\circ}\text{C}$ betragen.

Marinethermometer zur Messung der Außenluft an Bord haben Strahlungsschutz. Zur genauen Temperaturmessung dient das trockene Thermometer des Åhmanschen Psychrometers. Sie muß auf $0,1^{\circ}\text{C}$ genau erfolgen, ebenso wie die Messung der Temperatur des Oberflächenwassers, denn der Unterschied zwischen der Luft- und Wassertemperatur auf dem Meere beträgt vielfach nur einige Zehntel Grad, vor allem in den niederen Breiten. Zur Bestimmung charakteristischer Luftmengen, ihrer Herkunft und Umwandlung ist die Kenntnis der Temperatur von Luftmengen auf $0,1^{\circ}\text{C}$ notwendig und wird vom Wetterdienst gefordert.

Die Aufstellung einer **Wetterhütte** (Abb. 57), die an Bord der Forschungsschiffe neben dem Thermometer noch die übrigen Wettermeßinstrumente birgt, bietet an Bord nicht genügend Sicherheit gegen Fehlerquellen in der Temperaturmessung. Infolgedessen wird heute das Schleuderthermometer (Abb. 58) verwendet. Es ist von derselben Art, Güte und Empfindlichkeit wie das normale Thermometer des Åhmanschen Psychrometers. Das Schleuderthermometer kann um einen Handgriff herum in kreisende Bewegung versetzt werden. Bei einer Messung setzt man erst das Thermometer der zu messenden Außenluft aus zum Angleichen der Temperaturen, ohne zu schleudern, und schleudert dann solange, bis die Temperatur konstant bleibt. Die Messung selbst erfolgt am

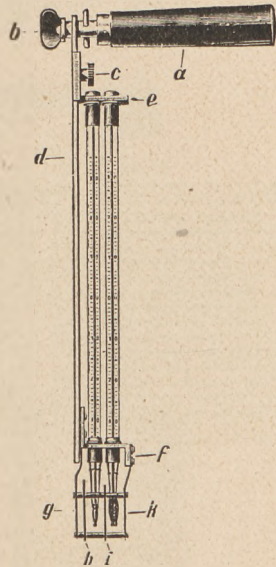


Abb. 56. Schleuder-Psychrometer nach Schubert.

besten an der in Luv des scheinbaren Windes befindlichen Brückennock, wo die Luft noch am wenigsten mit der Schiffsluft vermischt ist. Infolge der Fahrt des Schiffes und des dadurch hervorgerufenen scheinbaren Windes genügt es vielfach, das Thermometer einfach in den Wind zu halten, ohne zu schleudern, sofern der Wind nicht schwächer als 3 Beaufort (S. 71) ist.

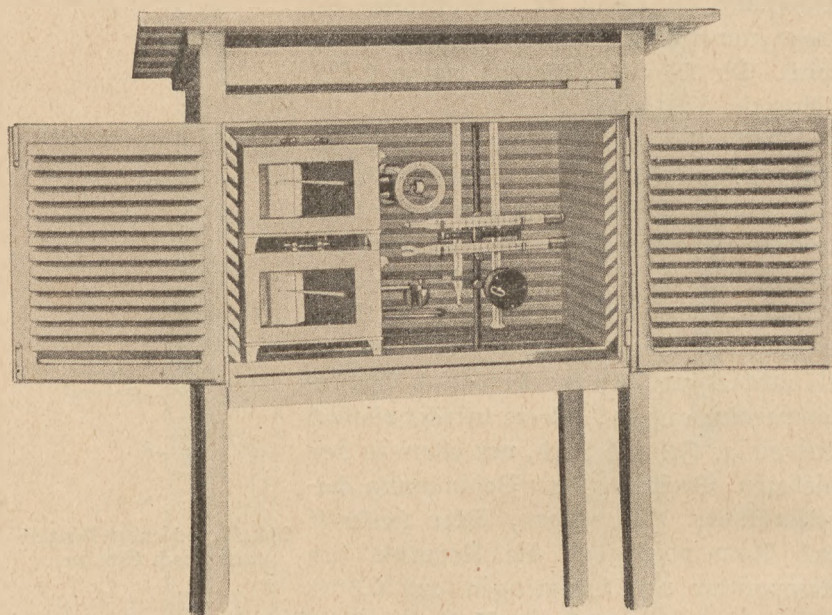


Abb. 57. Englische Hütte mit Max.- u. Min.-Therm., Psychrometer m. Aspirator, Thermograph und Hydrograph.

Für Tieffeemessungen finden **Tieffeethermometer** Verwendung. **Marinewasserthermometer** zur Bestimmung der Oberflächentemperatur des Seewassers haben ein Schöpfgefäß (Abb. 59) mit Kugelventil, so daß das Thermometer bis zur Ableseung von Wasser umspült ist.

Für Zwecke der Meeresforschung und der Erforschung der Strömungen ist neben der Wassertemperatur die Kenntnis des **Salzgehalts des Seewassers** von Wichtigkeit. Hierzu muß das Seewasser in Flaschen an die Deutsche Seewarte eingesandt werden. Der Salzgehalt wird durch Titrierung mit NaCl oder auf elektrischem Wege

(Bd. II) ermittelt und in Promille angegeben. Er beträgt bei den großen Meeren, auch in der Nordsee, im allgemeinen 35 v. T. Die westliche Ostsee hat weniger als 20 v. T., in ihrem nördlichen Teil hat sie fast gar keinen Salzgehalt.

Die **Niederschlagsmessung** erfolgt wie bei festen Stationen. Allerdings ist es dabei an Bord nicht ausgeschlossen, daß durch die

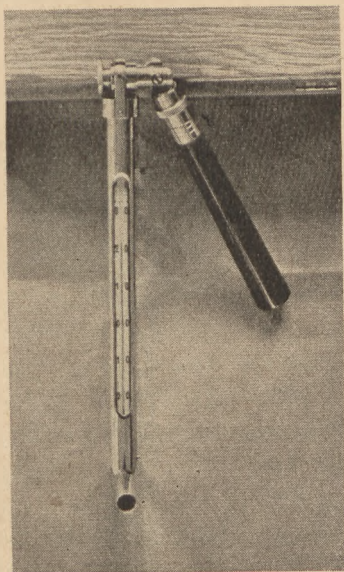


Abb. 58. Schleuderthermometer von $+40$ bis -20°C , Skala auf halbe Grade, Zehntelgrade werden geschätzt.

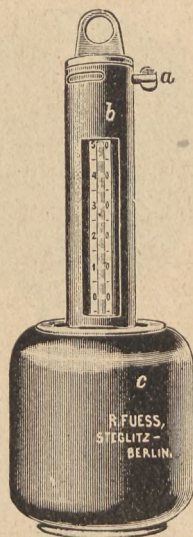


Abb. 59. Marine-Wasserthermometer mit Schöpfgefäß, $0-40^{\circ}\text{C}$.

übergehende See oder durch Spritzer manchmal recht überraschende Meßergebnisse zustande kommen können.

Sichtmessungen für den Wetterdienst werden regelmäßig ausgeführt, weil die Sicht, genauer die Sichtweite, sehr oft die eindeutige Kennzeichnung des Luftcharakters erleichtert und in den Wetter Schlüssel aufgenommen ist. Für die kurzfristige Wettervorhersage sind sie sehr wichtig. Früher erfolgten Sichtmessungen im allgemeinen durch Schätzung nach dem Augenschein. Heute verwendet man hierzu **Sichtmesser**. Diese beruhen darauf, daß der Trübung der Luft eine künstliche Trübung hinzugefügt wird, so daß ein gut

sichtbares Ziel von bekannter Entfernung, mit dem Sichtmesser anvisiert, eben verschwindet. Die künstliche Trübung wird von Lichtfiltern erzeugt, die geeignet getrühte Schichten von meßbar veränderlichen Trübungsgraden tragen (**Stufensichtmesser**, Abb. 60).

Beim **Reilsichtmesser**, einem Instrument mit stetig veränderlicher Trübung dient die Kimm als Einstellmarke, die wie bei einem Photoapparat auf der Mattscheibe scharf eingestellt wird. Das Instrument

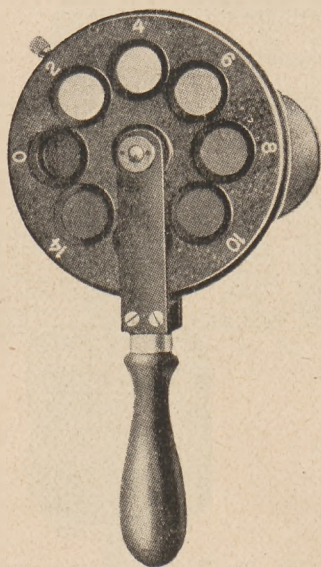


Abb. 60. Stufensichtmesser.

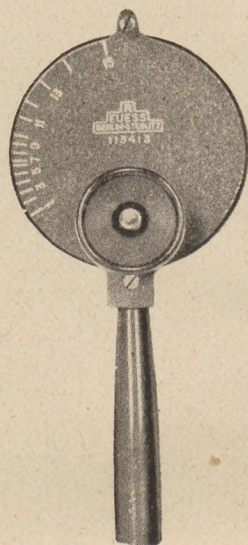


Abb. 61. Reilsichtmesser.

(Abb. 61) enthält eine kreisförmige Glasplatte mit einem Trübungskeil, d. h. eine ringförmige, mattglasartige, getrühte Schicht, deren Trübung sich entlang dem Ringumfang verändert. Dieser Kreis-keil ist drehbar in eine lichtdichte Rapsel eingesetzt, die nur eine Visieröffnung frei läßt. Zur Sichtmessung wird soviel gedreht, daß die Kimm gerade verschwindet. Je stärker der Trübungsgrad der vor die Visieröffnung gebrachten Stelle des Mattkeils ist, um so besser ist die Sicht in der betreffenden Richtung z. B. der Beobachtung. Auf dem Reil befindet sich eine Zahlenskala, an der die Kimm-*sicht* abgelesen wird. Das Instrument ist in sm geeicht.

Von ganz besonderer Bedeutung für den Seefahrer und für kriegerische Unternehmungen zur See ist der **Nebel**. Er entsteht über See in erster Linie durch Abkühlung herangeführter Luft über kaltem Wasser und ist um so dicker und beständiger, je länger die Luft dem kalten Wasser ausgesetzt ist. Auf See ist besonders im Frühjahr und Sommer der Nebel häufiger als auf Land, da das Wasser kälter als das Land ist und warme Luft, die vom Lande her weht, auf See sich stark abkühlt. Die berüchtigsten Nebel sind an den Neufundlandbänken, wo eine Nebelhäufigkeit von 40 bis 50 v. H. herrscht, d. h. bei jeder zweiten Beobachtung wird Nebel vermerkt. Sie entstehen hier durch das Zusammentreffen des kalten Labrador- mit dem warmen Golfstrom. Von „N e b e l“ spricht man dabei erst dann, wenn die Sicht kleiner ist als die Stoppstrecke des Schiffes.

In Polargebieten, an der Grenze zwischen Golf- und Labradorstrom und an der Patagonienküste, kennt man noch den **Seerauch**. Er zeigt sich, wo sehr kalte Luft auf warmes Wasser gelangt. Der aus der Wasseroberfläche verdunstende Wasserdampf wird durch die Abkühlung schnell wieder verdichtet, wodurch eine flache, meist ungleichmäßige Nebelschicht entstehen kann.

Die **Wetterbeobachtungen an Bord** werden als Wettermeldungen weitergegeben und in das Bordtagebuch eingetragen. Diese Wettermeldungen werden (in Friedenszeiten!) mit genauem Standort, Kurs und Fahrt des Schiffes sowie der Beobachtungszeit nach einem vom Reich herausgegebenen Wetterschlüssel als sogenanntes „S e e o b s“ über eine Küstenfunkstelle an die Deutsche Seewarte geleitet. Hier werden die Wettermeldungen zu einem S e e w e t t e r b e r i c h t verarbeitet, der den Schiffen durch Funkentelegraphie (FT) übermittelt wird. Außerdem wird, mindestens einmal täglich, noch eine verschlüsselte Wettermeldung gesendet, die Schiffstationen und Küstenstationen umfaßt und nach der an Bord eine Wetterkarte gezeichnet wird.

Das **Seecobs** enthält Angaben über Windrichtung nach Strichen, Windstärke nach Beaufort, Wetterbeschreibung durch eine der 100 vorgesehenen Wettergruppen, Luftdruck, Sichtweite, Lufttemperatur, Wolkenangaben, genaue Bedeckung, Wassertemperatur, dreistündige Luftdruckänderung und Zustand der See nach Stärke und Richtung.

Der **Schiffswetterdienst** ist für unseren binn-

deutschen Wetterbericht und die Wettervorhersage von großer Bedeutung, ja unentbehrlich, weil die Wetteränderungen, die Störungen durchweg von Westen, vom Atlantik her eintreten. Unser binnenländisches Netz von Wetterstationen wird also durch die Schiffsstationen wirksam ergänzt.

Zum See-Wetterbericht gehören noch zwei für den Seemann wichtige Sonderdienste, der **Wind-** und **Sturmwarnungs-** und der **Eisdienst**.

Der Sturmwarnungsdienst ist die ursprüngliche und älteste Form des Wetterdienstes überhaupt. Heute sind an der ganzen deutschen Küste **Wind-** und **Sturmwarnungsstellen** eingerichtet, die beim Herannahen von stürmischen Winden und Stürmen Wind- und Sturmwarnungen in Form von Anschlägen, Telegrammen oder Tag- und Nachtsignalen ausgeben.

Wenn Wind bis Stärke 7 zu erwarten ist, wird auf den Wind- und Sturmwarnungsstellen an einem Gerüst, Semaphor genannt, der Windball (nachts eine rote Lampe) gesetzt.

Die **Sturmwarnungssignale** (Abb. 62) für Windstärke 8 und darüber erfolgen nach ganz bestimmten, international vereinbarten Regeln.

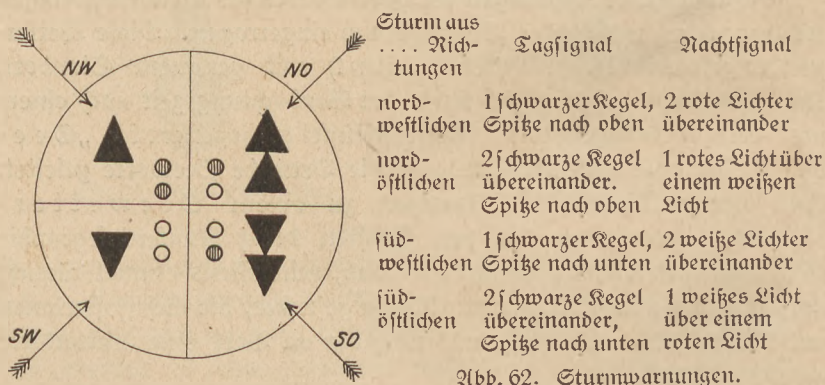


Abb. 62. Sturmwarnungen.

Eine daneben gesetzte rote Flagge zeigt an, daß der Sturm in seinem weiteren Verlauf nach rechts dreht, 2 rote Flaggen bedeuten Drehung nach links.

Helgoland, Arkona und die Fischereikreuzer geben auch Scheinwerfersignale und zwar bedeuten

Kreise rechts herum
Kreise links herum

rechtsdrehende Winde,
linksdrehende Winde.

Durch die Verbreitung des Rundfunks mit seinen Wettermeldungen hat der optische Sturmwarnungsdienst, der vor allem die kleineren Fahrzeuge vor gefährlichen Stürmen warnen soll, an Bedeutung verloren.

Mit der Entwicklung der **Luftfahrt** hat auch die **Erforschung** der höheren Luftschichten an praktischer Bedeutung gewonnen. Hinzu kommt, daß die Gipfelhöhe der Geschosbahnen der schwersten Artillerie bereits in der **Stratosphäre** liegt und daß für die Treffsicherheit eine möglichst lückenlose Kenntnis der Zustände und Vorgänge in den vom Geschosse durchflogenen Luftschichten Voraussetzung ist.

In erster Linie handelt es sich dabei um den **Höhenwind**. Dazu kommt dann noch die Messung der **Höhentemperatur**, des **Drucks** und der **Feuchtigkeit**.

Die auf dem Lande vielfach üblichen Methoden der Überwachung der höheren Luftschichten durch **Fesselballone** oder durch **Wetterflieger** kommen auf See nur ausnahmsweise zur Anwendung.

Ein anderes Verfahren verwendet die sog. **„Ballonsonde“**. Gummiballone (Abb. 63), sogenannte Pilotballone, von beträchtlicher Größe, meist als Gespann paarweise übereinander angeordnet,

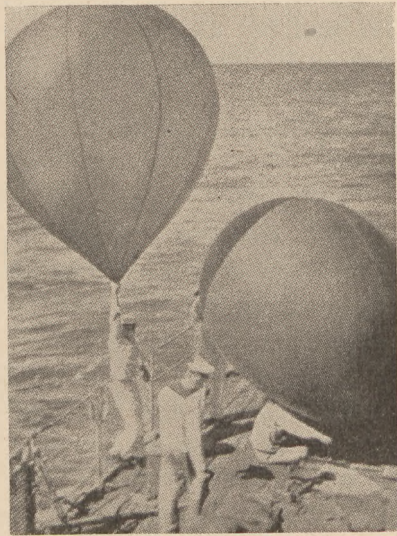


Abb. 63. Aufstieg von Registrierballonen an Bord des Vermessungs-Schiffes „Meteor“.

tragen die selbstschreibenden Instrumente mit einem darunter befindlichen **Schwimmer**. Das Gespann steigt soweit, bis ein Ballon infolge des geringer gewordenen Luftdrucks platzt. Der andere Ballon hat jetzt nicht mehr genügend Tragfähigkeit für Geräte und Schwimmer zusammen. Er sinkt mit seiner Last zur Meeresoberfläche. Bei eingetauchtem Schwimmer vermag er die Meßgeräte über Wasser zu halten und dient gleichzeitig als weithin erkennbare Marke zur Wiederauffindung.

Auch diese Methode ist umständlich, zeitraubend und vor allem unwirtschaftlich, da mit dem Verlust eines großen Teils aller aufgelassenen Ballonsonden und damit auch der gemachten Aufzeichnungen gerechnet werden muß.

Erst mit der Einführung der „**Radiosonde**“ (Bd. II) haben die Forschungsschiffe der Kriegsmarine ein wirklich brauchbares Hilfsmittel zur Untersuchung der oberen Schichten der Atmosphäre erhalten. Hierbei wird durch eingebaute **Kurzwellen sender** während des Aufstiegs laufend über den Zustand der durchstoßenen Luftschichten an die Bodenstation berichtet. Durch regelmäßig aufeinanderfolgende Aufstiege läßt sich damit eine gute Vorstellung der zeitlichen Veränderungen in der Lufthülle bis zu 25 km Höhe gewinnen. Wenn auch die Radiosonden meist verloren gehen, so war doch der Einsatz nicht vergebens, da die Messungen nicht mit verloren gehen können.

C. Wetter und See

Gilt auch der **Nebel** vielfach als der Erbfeind des Seemannes, so ist er doch mehr eine Erscheinung der Küsten und der Randmeere an den Stellen der kalten **Auftriebswasser** vor den Küsten oder der kalten **Meeresströmungen**. Hieraus erkennt man schon den großen Einfluß, den warme und kalte Strömungen einzeln und im Zusammenwirken auf das Wetter einer Meeresgegend haben können.

Auf offener Hochsee ist die Gefährdung der Schifffahrt durch Nebel oder unsichtiges Wetter vergleichsweise verschwindend gering gegenüber der Gefahr, die zumindest kleinen Fahrzeugen, von dem zweiten Hauptfeinde des Seemannes droht, dem **Sturm**.

Der erste Wetterdienst war lediglich ein **Sturmwarnungsdienst** an den Küsten und ein besonders verhängnisvoller Sturm während des Krimkrieges (1854) gab den Anstoß zur Einrichtung des europäischen Wetterdienstes.

Unter dem Einfluß des Windes bilden sich durch Oberflächenreibung Wellen (Abb. 64 u. 65), die **Windsee**, bei Sturm die **Sturmsee**. Mit zunehmender Windgeschwindigkeit wachsen **Winddruck**, **Wellenlänge** und **Wellenhöhe**. Als Wellenhöhe gilt hierbei der Unterschied zwischen Wellenberg und -tal.

Freie Windsee.

Wind nach Beaufort	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Wellenlänge in m	—	5	10	18	28	40	55	75	110	160	240	360	600
Wellenhöhe in m	—	0,5	1	1,6	2,5	3	4	5	7	9	12	15	20

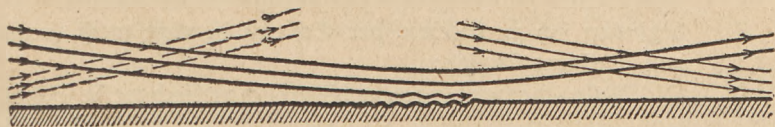


Abb. 64. Erste Kräufelung der See bei aufkommendem Wind.

Die Richtungsangabe der Windsee erfolgt wie beim Wind. Genannt wird die Richtung, aus der sie kommt. Wellenrichtung und Wellenhöhe entsprechen stets mit großer Annäherung dem wahren Wind. Aus der Windsee kann man somit den wahren Wind bestimmen. Man benutzt die See als Bezugsfläche und schaltet damit den Einfluß des Schiffes auf die Beobachtung fast aus.

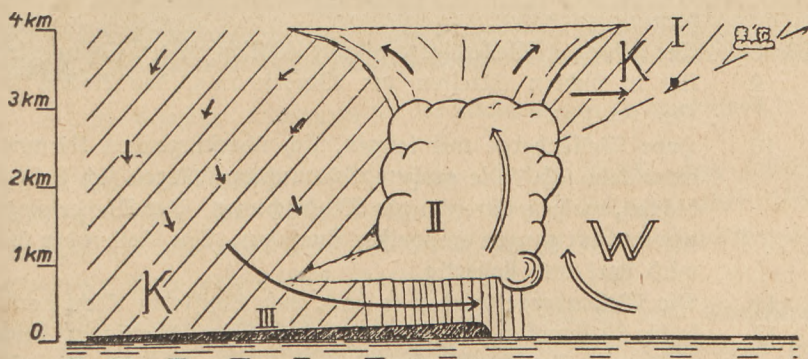


Abb. 65. Aufkommen von Seegang in Kaltluft. Frontaler Kaltlufteinbruch III unter der Böenwolke II, darüber vorausseilende Kaltluft I.

Die Auswirkungen der Windstärken auf die See zeigt die folgende Tabelle:

Auswirkungen der Windstärke auf die See.

Wind-
stärke nach
Beaufort

Nautische Seegangsstufen nach Petersen

- 0 Spiegelglatte See.
- 1 Es bilden sich kleine, schuppenförmig aussehende Wellen, ohne jedoch Schaumkämme zu sehen.
- 2 Die Wellen sind kurz und ausgeprägter, ihre Kämme
- 3 beginnen sich zu brechen, der Schaum ist nicht weiß, sondern von glasigem Aussehen.
- 4 Die Wellen werden länger, es bilden sich vielfach weiße Schaumköpfe, die sich brechende See verursacht ein kurz anhaltendes Rauschen.
- 5 Die Wellen nehmen eine ausgeprägtere, lange Form an. Überall bilden sich weiße Schaumkämme. Das Brechen der See erfolgt unter stärkerem Geräusch und hört sich wie ein beständiges Murmeln an.
- 6 Die Bildung größerer Wellenberge beginnt, die weißen Schaumkämme nehmen größere Flächen ein. Das Brechen der See geht unter sehr dumpfem, rollenden Geräusch vor sich.
- 7 Die See türmt sich und der sich beim Brechen bildende weiße Schaum beginnt sich in Streifen zur Windrichtung zu legen. Das Geräusch der sich brechenden See ist in größerer Entfernung zu hören.
- 8 Die Höhe der Wellenberge nimmt sichtlich zu, der Schaum legt
- 9 sich in dichten Streifen zur Windrichtung, das Rollen der See beginnt.
- 10 Hohe Wellenberge mit langen, sich überstürzenden Kämmen entwickeln sich. Die großen Schaumflächen legen sich bald in dichten, weißen Streifen zur Windrichtung. Der Wasserspiegel gewinnt im ganzen ein weißes Aussehen. Das Rollen der See wird stark und stoßartig.
- 11 Die Wellenberge werden so hoch, daß Schiffe in Sicht derart
- 12 in die Wellentäler hineinsinken, daß sie sich zeitweilig aus Sicht verlieren. Das Rollen der See wird zum Getöse. Die See ist mit weißem, streifenförmig zur Windrichtung liegenden Schaum bedeckt. Der Wind verweht die Kante der Wellenkämme zu Gischt. Von der Gewalt des Windes wird die Luft mit dem Gischt des verwehten Meerwassers derart angefüllt, daß keine Fernsicht mehr besteht.

Wind- und Sturmsee sind erzwungene Schwingungen der Meeresoberfläche. Aus ihnen können sich bei hinreichend langer Einwirkungszeit des Windes und genügend großen Seitenräumen freie Schwingungen der Meeresoberfläche, die *Dünung* entwickeln.

Windsee und Dünung zusammen bezeichnet man als **Seegang**.

Die vielfach sehr langen, weniger hohen und geschwungenen Wellen der *Dünung* (Abb. 66) vermögen weite Entfernungen auf



Abb. 66. Gewaltige Dünungswellen der südatlantischen Westwindregion.

hoher See zurückzulegen. Sie geben dabei Kunde von fernen Stürmen. Man hat schon **Reisewege von Dünungen** über 2500 bis 3600 sm berechnet und gefunden, daß zu deren Zurücklegung etwa vier Tage erforderlich waren.

Trifft Seegang auf ein flaches Gebiet oder an eine Steilküste, so entsteht eine **Brandung** (Abb. 67). Die Brandungszone beginnt bei einer Wassertiefe von 6 bis 8 m. An einer flachen Küste kann sie weit vom Strand abliegen. Bei der Berührung mit dem Grund verlieren die Wasserwellen unten an Geschwindigkeit, so daß der Wellentopf beschleunigt ist und sich überstürzt. Selbst wenn der Seegang ursprünglich etwa entlang dem Strande fort-

schreitet, so laufen die Wellenkämme weiter draußen im tiefen Wasser doch denen am Strande voraus, so daß eine Schwenkung auf den Strand (Abb. 68) zu eintritt. Man sieht also stets parallel zum Strande eine oder meist mehrere **Schaumlinien**, da sich der Vorgang mehrere Male wiederholen kann.



Abb. 67. Brandungswellen.

Kreuzsee (Abb. 69) ist das Durcheinanderlaufen von Windseen verschiedener Perioden, Höhen, Längen, Bewegungsrichtungen und mitunter auch Dünung.

Schwere Sturmseen zwingen mitunter ein Schiff zum **Beidrehen** ohne Rücksicht auf Reiseziel oder Operationszweck, wenn durch die übergehenden Brecher ernste Gefahr für die Sicherheit des Fahrzeugs entsteht.

Das Schiff geht in die für die Schiffsverbände günstigste Lage zum Seegang. Kleine Schiffe treiben in schwerem Sturm am sichersten quer vor dem Wind, große Schiffe haben die ruhigste Lage, wenn sie so drehen, daß der Wind 2 bis 3 Strich von achtern einkommt.

Die Erprobung eines Kriegsschiffes vor seiner Indienststellung untersucht auch das Verhalten des Schiffes beim Beidrehen.

Die verschiedenen Meere zeigen eine vom tiefsten Kobaltblau bis zum Olivgrün wechselnde **Farbe des Seewassers**. Hierbei ist nicht die durch Spiegelung des Himmels auftretende Farbänderung gemeint, sondern die wirkliche Farbe, die bei Beobachtung durch eine lange, innen geschwärzte Röhre sichtbar wird. Die Farbe des Seewassers und damit die Sicht im Wasser hat eine

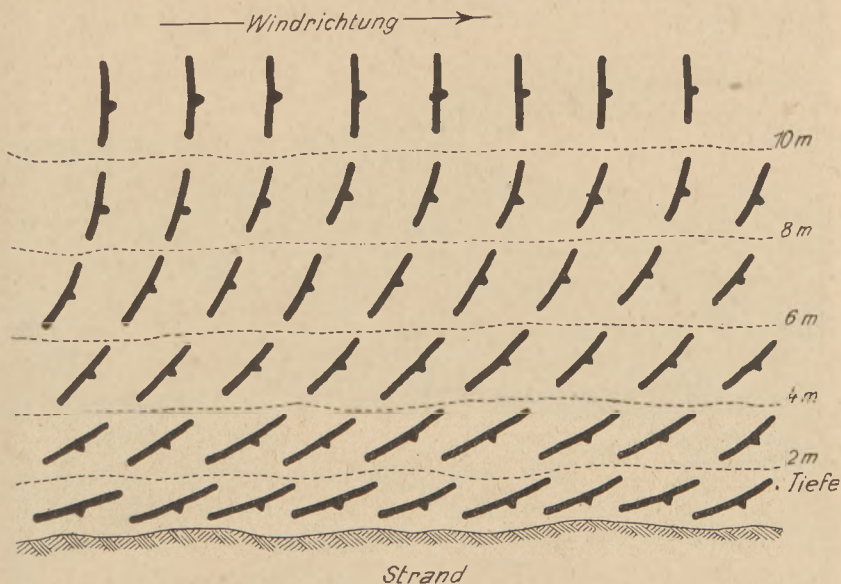


Abb. 68. Ablenkung der Wellenfront an flacher Küste.

sehr große militärische Bedeutung im Hinblick auf die Tarnung von Unterseebooten und Unterwasserkörpern. Die Eigenfarbe des Meeres hängt vom Planktongehalt ab und ändert sich mit diesem. Im planktonarmen Meerwasser herrscht eine rein blaue Farbe, so daß Blau die Wüstenfarbe des Meeres ist. Mit Anreicherung an Plankton verschiebt sie sich über Grünblau bis zu Olivgrün. Die Farbe entsteht dadurch, daß das Seewasser die langwelligsten und ganz kurzwelligen Strahlen des Sonnenlichts stärker verschluckt als die dazwischen liegenden blauen Strahlen. In planktonreichen

Wasserschichten treten langwellige reflektierte Strahlen hinzu, wodurch Grün entsteht.

Für den Beschauer erscheint das Meer meist in einer Reflexfarbe, die je nach der Himmelsbedeckung vom Grau bei Bewölkung bis zu blauer Tönung bei wolkenlosem Himmel übergeht.



Abb. 69. Kreuzsee mit schweren Brechern im Südatlantik.
Aus drei Richtungen laufen die Sturmwellen und türmen sich zu hohen spitzen Bergen auf.

Infolge des **Salzgehalts** hat das Meerwasser einen verhältnismäßig **tiefen Gefrierpunkt**. Freies Ozeanwasser gefriert bei etwa -20°C . Das Meereswasser-Eis wird meist nicht sehr dick, etwa 1,5 bis 2 m. Wenn es zu Blöcken zerbricht, die sich zu Hügeln zusammenschieben, entsteht das gefährliche **Packeis**, das von Wind und Strom in unberechenbarer Weise zusammengeschoben werden kann. Die Ostsee hat nur geringen Salzgehalt,

der nach Osten hin fast unmerklich wird. Dies begünstigt, namentlich in kalten Wintern, die Eisbildung, woraus der Schifffahrt viele Schwierigkeiten erwachsen.

Seit Anbeginn der Seefahrt sind die **Meeresströmungen** neben dem Nebel das Element, das die meiste Unsicherheit in die Schiffführung bringt. Auch heute haben sie ihre gefährliche Bedeutung noch nicht verloren. **Strandungen** gehen vielfach darauf zurück, da trotz bester Navigation unbekannte Strömungen zu beträchtlichen **Schiffsversetzungen** führen können.

Außer seiner Eigenfahrt, genannt „**Fahrt durch das Wasser**“, unterliegt das Schiff auch der Strombewegung. Beide setzen sich zu einer Resultierenden, genannt „**Fahrt über Grund**“, zusammen (Bd. II).

Das Gefährliche der Meeresströmungen liegt für den Seemann darin, daß sie sich der unmittelbaren und sofortigen Wahrnehmung entziehen. Aufkommendes Schlechtwetter, Sturm, verminderte Sicht und Nebel werden alsbald erkannt oder festgestellt. Meeresströmungen dagegen werden, wenn überhaupt, erst nachträglich durch Ermitteln der Besteckversetzung (Bd. II) rechnerisch gefunden. Die Augesbeobachtung, z. B. durch Treiben in Sicht von Land, ist nur von geringem Wert. Für den Bordgebrauch werden die Stromverhältnisse eines Meeresteiles aus **Stromatlanten** und **Seehandbüchern** entnommen.

Vielfach ganz anders als die Oberflächenströmungen verlaufen die **Tiefenströmungen**, deren Kenntniss für das U-Boot vor allem wichtig ist, wenn es unter Wasser blind fährt und peinlich genaue Standortbestimmungen unter Berücksichtigung der Stromverhältnisse notwendig werden.

6. Schall

A. Luft- und Unterwasserschall

Akustische Erscheinungen werden in der Seefahrt und für viele Sonderaufgaben der Kriegsmarine in hohem Maße ausgenutzt. Demgemäß nehmen **akustische Methoden** und **Geräte** einen weiten Raum ein. Diese Entwicklung wurde möglich, seitdem man neben den seit alters her bekannten **mechanischen Schallquellen** (Pfeifen, Sirenen, Glocken usw.) **elektroakustische** Geräte entwickelte und einführte.

Die **akustische Abstands- und Richtungsbestimmung** und die **Echolotung** dienen der **Naviga-tion** und ermöglichen ein sicheres Fahren zur See auch bei unsichtigem Wetter. Der Nebel hat hierdurch einen Teil seines Schreckens verloren.

Für die Kriegsmarine spielt die **Akustik** sowohl für den **Angriff** als auch für die **Verteidigung auf See** und zum **Schutz der eigenen Küste** eine entscheidende Rolle.

Horchgeräte ermöglichen das Auffinden und Einpeilen fahrender feindlicher Schiffe durch Empfang und Richtungsbestimmung der Schiffsgeräusche, die sich durch das Wasser ausbreiten. Diese Ortung ist auch möglich, wenn wegen zu großer Entfernung, Dunkelheit, natürlichem oder künstlichem Nebel oder Unterwasserfahrt die optischen Hilfsmittel versagen.

Unterwasserschall-Membran-sender und -Empfänger ermöglichen einen Signal- oder Nachrichtenverkehr durch Übermittlung von Morsezeichen mit akustischen Wellen einer bestimmten Frequenz auf dem Unterwasserwege, so daß Oberflächen-schiffe und getauchte U-Boote oder getauchte U-Boote untereinander in Verbindung treten können (**Unterwasserschalltelegraphie, UT**). Begrenzte Reichweite, elektrische und mechanische Abstimmung auf eine bestimmte Sendefrequenz und besserer Schutz der Unterwasser-

anlage gegen Artillerie- und Bombentreffer als bei Funkanlagen sind Vorteile von militärischem Wert.

Die Verwendung von Luftschall tritt für die Aufgaben der Kriegsmarine zugunsten von **Unterwasserschall** (Horchdienst und UT) stark zurück, weil das Wasser infolge seiner größeren Dichte und gleichmäßigeren Beschaffenheit für Schallübertragung besser geeignet ist als die Luft und Wasserschallsignale bei größerer Reichweite zuverlässiger sind als Luftschallsignale. Nebel und andere Wetterstörungen über der Wasseroberfläche haben auf sie keinen Einfluß.

Allerdings machen sich auch im Wasser Störungen in der Übertragung von Schall bemerkbar. Ungleichförmigkeiten des Wassers können herrühren von Temperatur- und Salzsichtungen, von Strömungen und vom Seegang. Luft erfülltes oder wirbelndes Wasser ist akustisch sehr trübe. Im ungleichförmigen Wasser können Ablenkungen nach oben oder unten und zur Seite auftreten. Die Störungen sind indessen nicht so wesentlich, wenn die Reichweiten begrenzt bleiben. Man kommt heute mit Unterwasserschall auf betriebs sichere Reichweiten von 20 sm und bei günstigen Verhältnissen sind Reichweiten bis 60 sm beobachtet worden.

Die **Schallgeschwindigkeit** ist im Seewasser kein feststehender Wert, sondern wächst mit der Temperatur, dem Salzgehalt und dem Wasserdruck. Der Einfluß des Druckes spielt für die nautisch wichtigen Tiefen bis 250 m keine Rolle, dagegen ist er für Messungen großer Tiefen wichtig. Die Geschwindigkeit steigert sich um 1,8 v. T. je 1° C Temperaturzunahme, um 0,8 v. T. je 1 v. T. Salzgehalt und um 9 v. T. je 100 at Wasserdruckzunahme. Unter Berücksichtigung dieser Werte ergibt sich für die Nordsee in vertikaler Richtung eine mittlere Schallgeschwindigkeit von 1500 m/s, was sich auch in der Praxis als richtig erwiesen hat.

In neuerer Zeit tritt die Verwendung des **unhörbaren Schalls** für Unterwasserschall immer stärker in den Vordergrund. Sein Vorteil für militärische Zwecke liegt auf der Hand, ferner läßt er sehr leicht eine gerichtete Schallsendung zu und ermöglicht in den technischen Einrichtungen Erleichterungen und Verbesserungen. Die Arbeitsfrequenzen liegen bis zu 38 000 Hz hinauf. Nachteilig ist die

starke Absorption von Ultraschall im Wasser, so daß für Reichweiten oder Tiefen von mehr als 3000 m hörbarer Schall, erzeugt durch Membransender, wieder vorteilhafter ist.

B. Gerichteter Schall

Die mechanischen Schallquellen zeichnen sich durch kugelförmige Schallausbreitung aus. Durch das **Megaphon** (seemannisch Flüstertüte genannt) und die **Sprachrohre** strebt man an Bord eine gerichtete Schallsendung an. Die modernen elektroakustischen Geräte ermöglichen leicht gerichtete Schallsendung und Empfang. Für den Unterwasserschall ist beides von entscheidendem Wert, denn Schallsender und Empfänger (beide im Schiffsboden angebracht) liegen ungefähr in der gleichen waagerechten Ebene. Jeder Schallstrahl, der aus dieser Ebene heraustritt, findet keinen Empfänger und stellt einen Verlust dar. Die gerichtete Schallsendung vermeidet auch Echobildungen und Nachhallerscheinungen infolge Reflexionen am Meeresboden und an der Wasseroberfläche, was die Zuverlässigkeit stark erhöht.

Gerichtete Schallsendung wird bei hörbarem Schall durch die sogenannte **Gruppenwirkung** erreicht. Hierbei wird der einzelne Schallstrahler durch eine Gruppe von 2 bis 6 Schallstrahlern (Membranen) (Abb. 70) ersetzt, die in gerader Linie vertikal untereinander angeordnet sind. Werden diese gleichförmig (konphas) erregt, was nur auf elektroakustischem Wege möglich ist, so erreicht man, daß bei bestimmten Verhältnissen $d:\lambda$ (d Strahlerabstand innerhalb der Gruppe, λ Wellenlänge des erzeugten Schalls) die Schallenergie auf bestimmte Richtungen konzentriert wird. Im günstigsten Fall tritt eine Hauptrichtung hervor, die alle übrigen weit übertrifft. Das ist umso leichter zu erzielen, je mehr Einzelsender die Gruppe umfaßt. So zeigt die Abb. 71 eine „Richtcharakteristik“ einer Gruppe von 6 Sendern im Strahlerabstand $\frac{5}{6} \cdot \lambda$, die durch eine sehr scharf ausgeprägte Richtwirkung senkrecht zur Längsausdehnung der Gruppe ausgezeichnet ist.

Gerichtete Schallsendung bei unhörbarem Schall ist einfacher möglich. Die Richtwirkung steigt, je kleiner die Wellenlänge des ausgesandten Schalls im Verhältnis zur Abmessung des Strahlers

ist. Unhörbarer Schall besitzt im Wasser sehr kleine Wellenlängen, z. B. bei 30 000 Hz rund 5 cm. Aus diesem Grunde tritt von selbst eine zur strahlenden Fläche senkrechte A b s t r a h l u n g i n e i n e m j e h m a l e n R e g e l e i n, wenn die Membran größer als die Wellen-

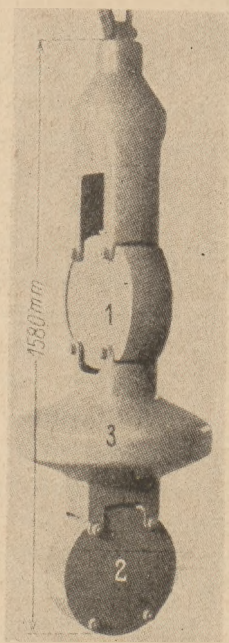


Abb. 70. Wasserschallsender, Zweiergruppe. 1 u. 2 Doppelmembransender, 3 ringförmiger Wulst.

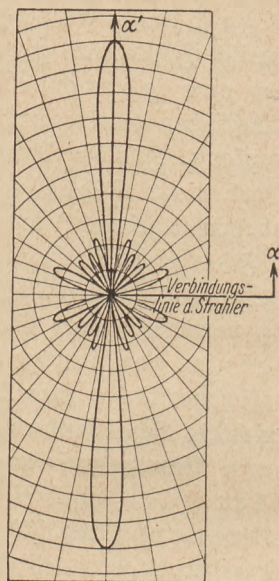


Abb. 71. Richtcharakteristik einer geraden Sendergruppe, $d = \frac{5}{6} \lambda$, $n = 6$.

länge ist. Der Regelöffnungswinkel ist um so kleiner, je kleiner die Wellenlänge im Verhältnis zum Membrandurchmesser ist und erreicht heute ungefähr die Größe 10° .

Gerichteter Schallempfang bei hörbarem Schall ist wiederum durch die Gruppenwirkung möglich. Zu ihrer Erklärung geht man von einer im Verhältnis zur Wellenlänge des Schalls großen Membran aus, die eine luftgefüllte Kapsel (normaler Druck) verschließt.

Trifft ein schräg gerichteter Schallwellenzug die Membran (Abb. 72), so werden teils Einbiegungen nach innen (an Stellen des Überdrucks), teils Ausbuchtungen nach außen (an Stellen des Unterdrucks) entstehen. Es herrscht also an den verschiedenen Stellen der Membran keineswegs derselbe Zustand der Luft, so daß sie im Mittel stehen bleibt und auf den Schall nicht anspricht.

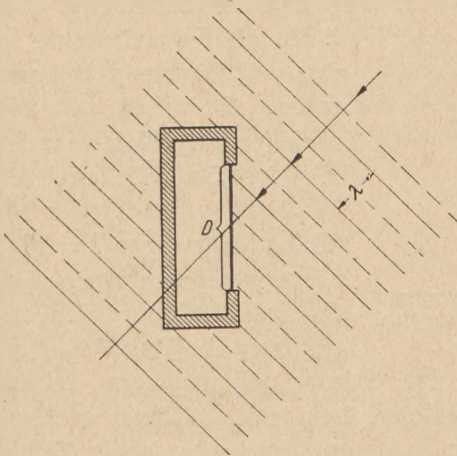


Abb. 72. Membran ist groß im Vergleich zur Wellenlänge.

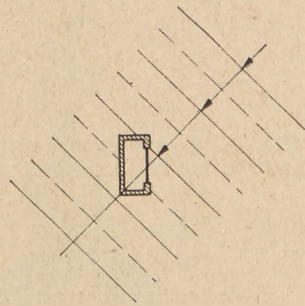


Abb. 73. Membran ist klein im Vergleich zur Wellenlänge.

Trifft ein Schallwellenzug senkrecht auf die Membran, so wird sie stark darauf ansprechen, weil an allen Teilen der Membran derselbe Zustand der Luft herrscht.

Die Membran empfängt also Schall bevorzugt aus der zu ihrer Ausdehnung senkrechten Richtung, dagegen schräg auffallenden Schall wenig oder gar nicht. Sie besitzt eine Richtwirkung, wenn ihre Abmessung groß im Verhältnis zur Wellenlänge ist.

Wählt man nunmehr eine kleine Membran (Abb. 73) im gleichen Schallfeld, so herrscht auch bei schräg einfallendem Schall praktisch an allen Stellen der Membran derselbe Zustand der Luft. Sie wird von schräg ankommendem Schall ebenso zum Ansprechen gebracht wie von senkrecht auftreffendem Schall. Sie besitzt keine Richtwirkung.

Um also gerichteten Schall aufzunehmen, muß man sehr große Schallgebilde bauen. In Luft ist es möglich, unter Wasser ist es

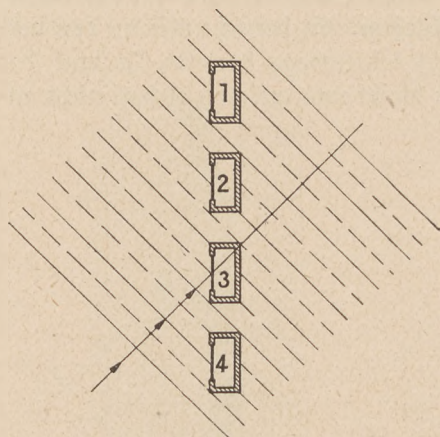


Abb. 74. Lineare Gruppe von Empfängern, die klein sind im Verhältnis zur Wellenlänge.

kaum möglich, denn auf einem fahrenden Schiff wären diese großen Empfänger nur schwer zu handhaben und würden durch heftige Wirbelbildung eine starke akustische Trübung in ihrer Umgebung hervorrufen. Außerdem ist die Schallgeschwindigkeit unter Wasser 4,3 mal so groß als in Luft, demnach auch die Wellenlänge (denn $\lambda = v : f$) des aufzunehmenden Schalls. Es ist deshalb ein besonders günstiger Umstand, daß man solche großen Gebilde durch eine Gruppe von mehreren kleinen Einzelempfängern (Abb. 74) ersetzen kann, die in einer geraden Linie oder weit vorteilhafter in einem Kreis oder einer Ellipse (Flächengruppe) angeordnet sind. Sie lassen, wie beim Richtungs-

C. Schallquellen an Bord

Luft- und Unterwasserschallgeräte finden sich an Bord in großer Anzahl und ganz verschiedenen Ausführungen. Man kann sie trennen in Schallquellen für den allgemeinen Schiffsbetrieb, für Stellungs-, Kurs- und Führungssignale, für Luft und Unterwassernebelsignale, für Echolotanlagen und für Unterwasserschalltelegraphie. Alle diese Schallquellen müssen sehr wirkungsvoll sein. Schließlich stellt jedes fahrende Schiff selbst eine Unterwasserschallquelle dar.

Luftschallquellen für den allgemeinen Schiffsbetrieb sind Membranwecker, Schiffsglocke, Trommel und Horn, Pfeifen sowie Lautsprecher.

Bei den in den Maschinenräumen vorhandenen **Membranweckern** wirkt der Elektromagnet nicht direkt auf den Klöppel, sondern

verseht eine dünne Membran in Schwingungen. Mit dieser Membran ist der Anker des Klöppels automatisch verbunden, so daß dieser ebenfalls in Schwingungen gerät.

Jedes Kriegsschiff, außer den kleinen Booten, hat eine oder mehrere **Schiffsglocken** an Bord. Diese Glocken sind verhältnismäßig klein und haben hohe Schwingungszahlen. Die hier abgebildete Glocke des während eines Taifuns am 23. 7. 1896 an der Chinesischen Küste gestrandeten Kanonenbootes „Altis“ ist bemerkenswert wegen ihrer schönen Ausführung (Abb. 75). Glocken unserer heutigen Kriegsschiffe sind ganz einfach und schlicht.

Glocken werden zur Angabe der Uhrzeit benutzt. Jeder Glockenschlag (seemannisch nach den früher gebräuchlichen Sanduhren aus Glas, *Glasen* genannt), bezeichnet eine halbe Stunde. Jede vierstündige Seewache hat also 8 Glasen. 8 Glasen bedeutet demnach Ende einer Wache und zugleich die Uhrzeit 4, 8, 12 Uhr usw.

Kurze Doppelschläge, die mehrfach wiederholt werden, bedeuten „**Es brennt!**“ und alarmieren alle Mann im Schiff.

5 gleichmäßige Schläge hintereinander und mehrmals wiederholt, befehlen: „**Macht die Schotten dicht!**“

Abwechselnd laute und leise Schläge melden: „**Kirche an Bord!**“.

Das Signal „**Alar Schiff zum Gefecht!**“ wird mit Trommel und Horn dumpf und gellend durch alle Decks gegeben.

Zur Bekanntgabe von Befehlen im Innern des Schiffs, wie sie der tägliche Dienstbetrieb auf einem Kriegsschiff mit sich bringt, dienen die Bootsmannsmaatenspfeife und die Batteriepfeife.



Abb. 75. Schiffsglocke im Besitze des Museums der Kriegsmarine (S. M. Kanonenboot „Altis“).

Die **Bootsmannsmaatenpfeife** wird von dem Bootsmannspersonal benutzt. Die Pfeife besteht aus einer Röhre *a* mit dem

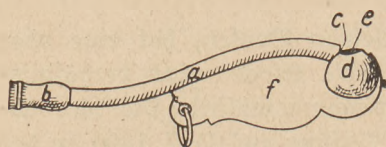


Abb. 76. Bootsmannsmaatenpfeife.
a Röhre, *b* Mundstück, *c* Austrittsloch,
d Kugel, *e* Luftloch, *f* Haltefläche.

Mundstück *b* und dem Austrittsloch *c* und der Kugel *d* mit dem Luftloch *e* (Abb. 76). An der unteren Hälfte der Röhre und an der Kugel befindet sich eine Versteifung aus Blech, die Haltefläche *f*, in der ein Ring zum Befestigen einer Schnur angebracht

ist. Eine richtig hergerichtete Pfeife muß vom geringsten Lufthauch bis zum stärksten Anblasen einen reinen klaren Ton ergeben. Durch verschiedenes Drosseln des austretenden Luftstroms und durch die Handhaltung beim Pfeifen (offen, halb geschlossen, geschlossen, abgekniffen) werden die verschiedenen Tonhöhen erzeugt (offen der tiefste, abgekniffen der höchste). Durch Anblasen mit vibrierender Zungenspitze wird der Triller erzeugt.

Die **Batteriepfeife** wird von Offizieren benutzt, wenn sie entweder selbst einen akustischen, weit hörbaren Befehl erteilen oder für einen mündlichen Befehl die nötige Aufmerksamkeit und Ruhe herstellen wollen. Die Batteriepfeife ist eine Trillerpfeife mit besonders lautem und durchdringendem Ton, der nur durch stärkeres oder schwächeres Hineinblasen in geringem Umfange gehoben oder gesenkt werden kann. Als Beispiel seien die Signale angegeben für:

Front nach Steuerbord: _____ —

Front nach Backbord: _____ — —

Zur Übermittlung aller zur Führung eines Kriegsschiffes notwendigen Befehle, Anweisungen und Nachrichten dienen zahlreiche **Fernsprecher und Lautsprecher**.

Jedes vor Anker liegende und jedes fahrende Schiff hat bei Nebel **Nebelsignale** gemäß der Seestraßenordnung zu geben. Ferner geben die zahlreichen Nebelsignalstellen an den Küsten und auf den Feuerschiffen Nebelschallsignale, die in erster Linie vor Untiefen und Schifffahrtshindernissen warnen. Auf den deutschen Nebelsignalstellen ist der „Unsichtigkeitsgrad“ der Luft, bei dem am Tage oder nachts Nebelsignale abgegeben werden, für jede Station unter Be-

rücksichtigung der örtlichen Verhältnisse und der Anforderungen der Schifffahrt festgesetzt.

Luftnebelsignale werden von dem vor Anker liegenden Schiff mit der Schiffsnebelglocke gegeben. Es sind Bronzeglocken, für die eine Frequenz von 1100 bis 970 Hz als besonders geeignet gefunden worden ist. Sie werden durch rasches Läuten, etwa 5 Sekunden lang in jeder Minute, bedient. Bei gutem Wetter sollen sie 1 bis 2 Seemeilen zu hören sein.

Vom fahrenden Schiff werden Luftnebelsignale mit verschiedenen Schallgeräten gegeben. Dampf-pfeife, Dampf-, Preßluft- und Kolbensirene, Heuler (Horn), Nebelhorn (Zungenhorn), Motorheuler, mechanische Membransender (Tyfon) und elektrisch betriebene Membrantonsender kommen zur Anwendung. Von Nebelsignalstellen werden Signale mit Heuler, Preßluftsirenen und dem Nautophon gegeben.

Die **Dampf-pfeife** (Abb. 77) wirkt als Lippenpfeife. Durch das Anheben des Dampfventils *V* strömt der Dampf durch einen engen Schliß *S* auf die gegenüber liegende scharfkantige Lippe *L*. Durch ihren ruhigen, lauten Ton fällt sie gegenüber den anderen akustischen Geräten angenehm auf. Bei Hafenkonzerten des Rundfunks kann sie auch im Binnenland gehört werden.

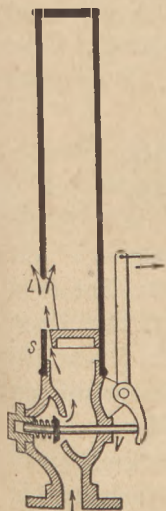


Abb. 77. Dampf-pfeife, *V* Dampfventil, *S* Schliß, *L* Lippe.

Der **Tyfon** (Abb. 78) ist ein mit Preßluft betriebener mechanischer Membransender. Durch ein gebogenes Rohr *m* wird die Preßluft gegen eine fest eingespannte Metallmembran *M* geleitet, die beim Hindurchtreten der Preßluft zwischen Mem-

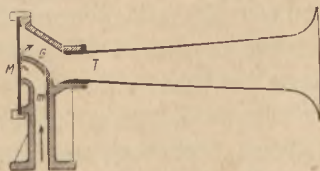


Abb. 78. Tyfon. *m* gebogenes Rohr für Luftzufuhr, *G* kegelförmiges Gehäuse, *M* Membran, *T* Schallrohr.

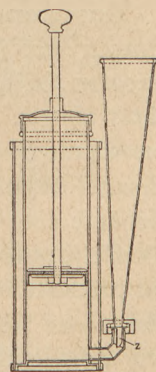


Abb. 79. Nebelhorn.

bran und Rohr in Schwingungen gerät. Hierdurch gibt sie im Rhythmus ihrer Frequenz den Luftaustritt aus dem Rohr frei und erzeugt dadurch in dem austretenden Luftstrom Schwingungen. In dem auf Resonanz abgestimmten Schallrohr *T* entsteht ein durchdringender trompetenartiger Ton, der schlagartig einsetzt und ebenso aufhört.

Das **Nebelhorn** (Abb. 79) besteht aus einem Zylinder mit Kolben, der bei Abwärtsbewegung Luft gegen eine Stahlzunge preßt. Die elastischen Schwingungen der Zunge *Z* rufen Luftschwingungen hervor, für die der Trichter als Schallstrahler dient. Der Ton setzt schlagartig in voller Stärke ein und hört ebenso auf. Eine Kennung ist durch Öffnen und Schließen eines Ventils möglich.

Ein Horn ist auch der **Heuler**. Bei ihm wird Luft über eine zylindrische Schneide gepreßt, die hierdurch in Schwingungen gerät und diese auf die strömende Luft überträgt. Eine Kennung ist nicht möglich. Der Ton klingt allmählich bis zur vollen Lautstärke an und wieder ab.

Der elektrisch betriebene **Motorheuler** (Abb. 80) besitzt einen rasch umlaufenden Motor *M*, der über eine Kurbelwelle *W*, Pleuelstange *P* und Kolbenstange die kolbenartige Membran *K* in einem Zylinder in schwingende Bewegung versetzt. Die erzeugte Tonfrequenz stimmt mit der Drehzahl des Motors überein. Durch einen Schalltrichter wird der Schall abgestrahlt.

Das **Autophon** (Abb. 81) findet sich in Luftschallsenderanordnungen auf Feuerschiffen (Abb. 82). Es ist ein elektromagnetisch erregter Luftschallmembransender, der in seinem Bau einem Kopfhörer ähnelt. In einem Gehäuse *G* sitzt ein Elektromagnet *F* mit der Spule *S*, durch die ein Wechselstrom geschickt wird. Vor dem Magnet befindet sich in einem zugleich als Schalltrichter dienenden Gehäuse eine Stahlmembran *M* mit eisernem Anker *A*. Fließt ein Wechselstrom durch die Spule, so gerät die Membran in Schwingungen entsprechend der Frequenz des Wechselstroms. Diese Schwingungen übertragen sich auf die in dem Gehäuse befindliche Luft und durch den Schalltrichter ins Freie. Membran und Luftraum sind auf die Wechselstromfrequenz abgestimmt. Der Ton setzt in voller Stärke schlagartig ein und hört schlagartig auf. Im allgemeinen werden Frequenzen von 525, 500, 300 und 200 Hz verwendet.

Akustische **Notsignale** können auf jede mögliche Weise erfolgen, z. B. durch Kanonenschüsse, Knallsignale, anhaltendes Ertönen einer Sirene, Dampfpfeife oder Glocke.

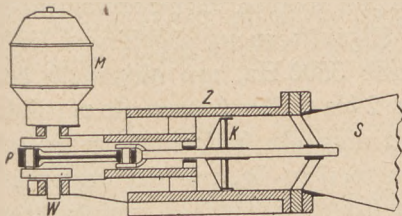


Abb. 80. Motorheuler. *M* Motor, *W* Kurbelwelle, *P* Pleuellstange, *K* kolbenartige Membran, *Z* Zylinder *S* Schalltrichter.

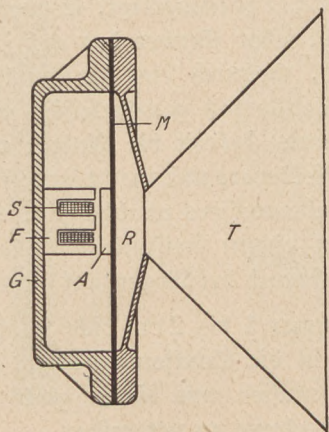


Abb. 81. Nautophon. *G* Gehäuse, *F* Elektromagnet, *S* Spule, *M* Membran, *A* Unter, *R* *T* Trichter.

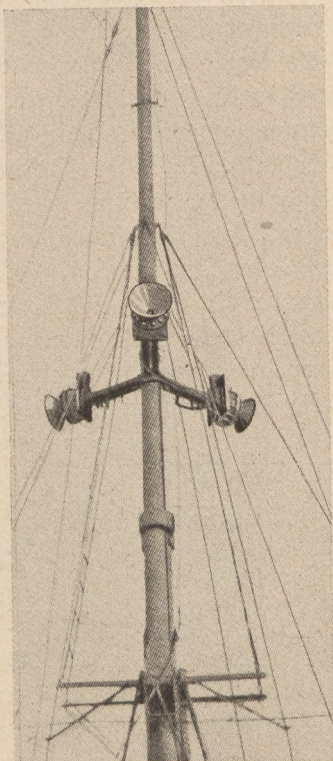


Abb. 82. Luftschallfenderanordnung des Feuerschiffes „Wefer“.

Unterwassernebelsignale werden von Nebelsignalstellen mittels Unterwasserglocken aus seewasserbeständiger Bronze, die mit Preßluft betrieben werden, oder mittels Membrantonsendern ähnlich dem Nautophon gegeben. Hierbei wird meist die Gruppenanordnung gewählt. Die Frequenz ist im allgemeinen 1050 Hz. Die Membrantonsender sind den Glocken an Klarheit und Reichweite außerordentlich überlegen.

Für die Echolote (S. 106) kommen bei Verwendung von hörbarem Schall Membrantonsender, bei Verwendung von unhörbarem Schall Magnetostriktionsender (Bd. II) zur Anwendung.

Für die Unterwasserschalltelegraphie werden Membrantonsender verwendet, die auf die bestimmte Signalfrequenz abgestimmt sind. Diese liegt meist zwischen 2000 und 3500 Hz, um außerhalb der Schiffsgeräusche zu bleiben. Indem 2 bis 6 Membranen als vertikale Gruppe angeordnet werden, erzielt man ein horizontal gerichtetes Schallfeld. Auf Oberflächenschiffen werden sie, um tief genug im Wasser wirken zu können, auf einem stromlinienartigen ausfahrbaren Träger, dem **Ausfahrtschwert** (Abb. 83), angeordnet. Dieses ragt dann 1 bis 2 m aus dem Schiffsboden heraus und strahlt die Energie unter der Wasseroberfläche auf günstiger Tiefe ab. Der Signalverkehr wird auf diese Weise aus dem Schiffskörper herausgelegt. Es werden Doppelmembrantonsender eingesetzt, d. h. jeder Sender hat auf jeder Seite des Schwertes eine Membran, wodurch eine gleichmäßige Verteilung der Signale nach allen Seiten hin gewährleistet wird. Die Einbauart mittels Ausfahrtschwertes befreit die Anlage vom akustischen Schatten des eigenen Schiffskörpers und macht sie von der schallzerstörenden Wirkung des Schraubenwassers unabhängig. Auf U-Booten wird eine Anlage auch in einem freiflutenden Raum und eine im Turm eingebaut (zum Gebrauch bei Liegen auf Grund).

Die Membranen (Abb. 84) sind immer 1 bis 2 cm dicke Platten aus seewasserbeständiger Bronze, die in die Schiffswand bzw. das Ausfahrtschwert eingesetzt sind. Sie müssen mit diesen glatt abschließen, um Wirbelungen in der Umgebung zu vermeiden.

Eine Unterwasserschallquelle aller Frequenzen ist das **fahrende Schiff** selbst. Durch das Arbeiten der Schiffsmaschinen und das Mahlen der Schiffsschrauben, durch Ventil-, Getriebe- und Ansaugegeräusche, das Brummen der Dieselmotoren, das Singen der Turbinen, die Stöße der Dieselmotoren und Kühlwasserpumpen und andere Ursachen entstehen teilweise sehr starke Geräusche, die im Wasser als **Schiffsgeräusche** auf große Entfernungen hin wahrgenommen werden können. Die Reichweite hängt von der Stärke der Schallquelle, d. h. vor allem von der Fahrt des Schiffes ab. Ein mit äußerster Kraft fahrender Zerstörer und ein im Wasser ge-

taucht fahrendes U-Boot stellen die äußersten Gegensätze an Lautstärke der Schiffsgeräusche dar. Es ist heute möglich, aus dem aufgenommenen Geräuschspektrum eines fahrenden Schiffes die Art des Schiffes zu ermitteln. Ein geübtes Ohr hört sofort, ob das fremde Schiff Turbinen oder Kolbenmaschinen hat, ob es ein langsamer Frachter oder ein schnellfahrender Zerstörer ist.

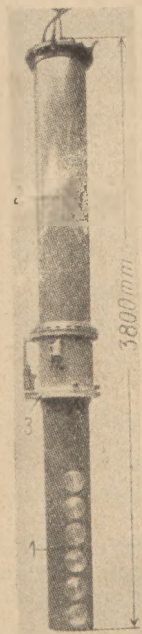


Abb. 83. Ausfahrgerät. 1 Stromlinienförmig gebildetes „Schwert“ mit 6 Senderpaaren; 2 Röhre, in die das „Schwert“ eingezogen werden kann; 3 hier sitzt das Gerät im Schiffsboden.

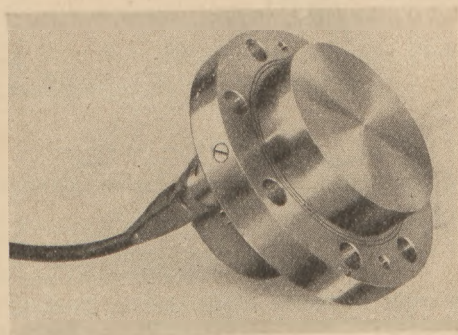


Abb. 84. Membran eines Unterwasserschall-Empfängers.

Als **Schallempfänger** kommt für den hörbaren Luftschall immer noch ausschließlich das menschliche Ohr in Frage. Hörbarer und unhörbarer Unterwasserschall wird mit Hilfe von Membranempfängern (Kopfhörern) mittelbar vom Ohr aufgenommen. Die Empfänger sind Signal- oder Geräuschempfänger. Jene werden auf die zu empfangende Frequenz abgestimmt, während diese so gebaut sind, daß sie auf alle in Betracht kommenden Geräusche ansprechen.

D. Akustische Abstandsbestimmung

Luftschall- und Unterwasserschallzeichen, die gleichzeitig vom gleichen Ort ausgehen, treffen nicht gleichzeitig an einem Empfangsort ein. Aus dem Zeitunterschied kann man den Abstand der Schallquelle vom Hörort ermitteln. Das Unterwasserzeichen benötigt für einen Weg von 1 sm die Laufzeit 1,3 s, das Luftschallzeichen hingegen 5,5 s. Das Luftschallzeichen benötigt also je sm 4,2 s mehr Laufzeit. Trifft nun das Luftschallzeichen

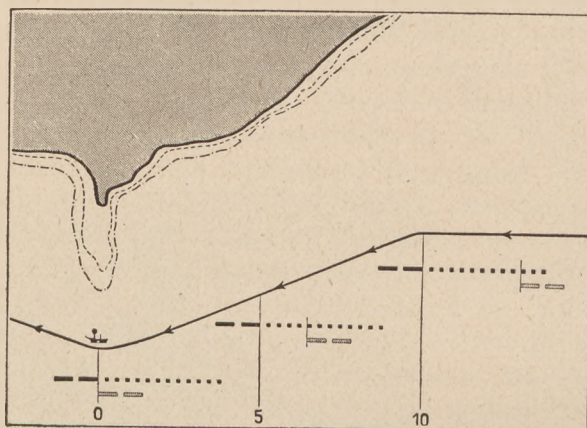


Abb. 85. Abstandsbestimmung mit Radiopunkten.

Das von rechts kommende Schiff hört im Punkt 10 das zweite Unterwasserschallzeichen zugleich mit dem 10. Radiopunkt. Es ist also 10 Seemeilen von dem Feuerschiff entfernt. Gleichzeitig ändert das Schiff seinen Kurs in Richtung auf die Schallquelle, um nicht auf die vor ihm liegende Untiefe zu geraten.

t s später als das Unterwasserschallzeichen ein, so ist die Schallquelle $e = t/4,2$ sm entfernt. Dieses Verfahren leidet unter dem Einfluß des Windes auf den Luftschall und der Unsicherheit der Schallgeschwindigkeit. Es ist nur sehr selten ausgeführt worden.

Weit besser und deshalb allgemein angewendet ist das Verfahren der **Radiopunkte**, ein Zusammenwirken von **Unterwasserschall und Funkpeilung**, bei dem mit der Abstandsbestimmung eine Richtungsbestimmung verbunden ist und dadurch der Schiffsort bestimmt werden kann (Abb. 85). Sendet ein mit Einrichtung zur Abstandsbestimmung ausgerüstetes Feuerschiff ein Unterwasserzeichen und ein Funkzeichen gleichzeitig aus, so erreicht dieses ein Schiff

praktisch zeitlos, während jenes zum Durchlaufen jeder Seemeile 1,3 s Laufzeit benötigt. Das Feuerschiff wiederholt deshalb alle 1,3 s das Funkzeichen, also immer in dem Augenblick, in dem das Unterwasserschallzeichen 1 sm zurückgelegt hat. Der Beobachter braucht dann nur die Zahl der Funkzeichen bis zum Eintreffen des Unterwasserschallzeichens zu zählen, um den Abstand in sm vom Feuerschiff zu erhalten. Der Beobachter benutzt einen Doppelkopfhörer, dessen eine Hörmuschel zur Schallaufnahme mit dem Navigationshörgerät und dessen andere hingegen an die Funkempfangsanlage angeschlossen ist. Die Feuerschiffe geben hierzu zu bestimmten Zeitpunkten mit Kennung versehene Zeichen ab. Die Signale werden bei Nebel durchschnittlich alle 6 Minuten gegeben. Nach dem Funksignal der ersten 6 Minuten wird mit Bordfunkpeiler (Bd. II) die Richtung, nach dem Signal der zweiten 6 Minuten der Abstand bestimmt.

In ähnlicher Weise kann der Abstand bei einigen Feuerschiffen auch durch Vergleich von Funksignalen mit Luftschallsignalen ermittelt werden.

Wasserschall-Stationen an der Nordsee und am Kanal.

Hervorhebung des Namens bedeutet, daß die Station mit Einrichtung zur Abstandsbestimmung ausgerüstet ist.

Name:	Kennung:	Name:	Kennung:
Hanſtholm	— — — —	Blissingen Pier	1
Horns Rev	— — — —	Wandelaar	3
Graadhyb	— — — —	North Hinder	— — — —
Amrumbank	— — — —	West Hinder	5
Außeneider	9	Sandettié	3
Elbe I	— — — —	East Godwin	6
Außenjade	— — — —	Calais	1
Minsener Sand	— — — —	Royal Sovereign	3
Weſer	— — — —	Owers	7
Norderney	— — — —	Nab	1
Borkumriff	— — — —	Le Havre	— — — —
Terſchellingerbank	3	Shambles	5
Saats	3	Seven Stones	3
Maas	— — — —	Rentish Knock	— — — —
Schouwenbank	3		

Kennung in Morsezeichen bedeutet, daß die Station mit modernem Membransender ausgerüstet ist.

Kennung in Ziffern heißt, daß die Station eine Unterwasserglocke besitzt. Die Ziffer gibt die Zahl der Glockenschläge an.

Die Genauigkeit des Verfahrens setzt eine gut bekannte Schallgeschwindigkeit in Wasser und auf Zehntelsekunden gemessene Zeit voraus.

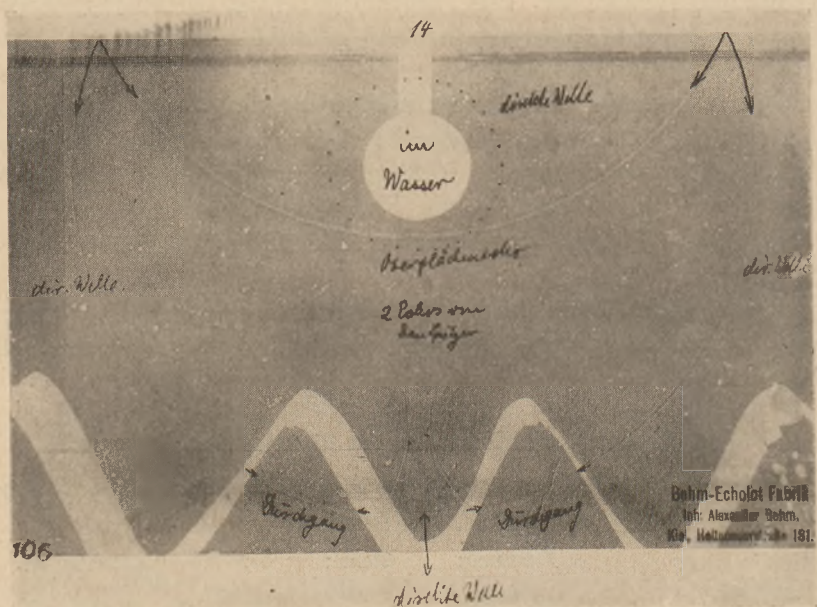


Abb. 86. Schall- und Echowellen in einem Aquarium von $27 \times 25 \times 12$ cm Ausdehnung, nachgewiesen 1912 von Behm.

E. Echolotung

Bis 1912 herrschte die Ansicht vor, daß ein zum Meeresboden gesandter Schall vom Meeresboden verschluckt wird und kein Echo zurückkommt. Behm konnte dann erstmalig durch photographische Aufnahmen (Abb. 86) eines im Wasser zurückgeworfenen Schalls nachweisen, daß ein zur Betätigung eines Apparates genügend starkes Echo möglich ist und fand seine Echoversuche auch auf dem schlickigen Untergrund der Kieler Bucht bestätigt. Damit war das Problem, die Wassertiefe des Meeres akustisch zu messen, als

gelöst anzusehen. Behm konstruierte darauf auch den ersten bordgemäßen akustischen Tiefenmesser, **Echolot** genannt.

Der **Grundvorgang** jeder Echolotung besteht darin, daß ein am Schiffsboden angebrachter Schwinger Schallwellen zum Meeresboden sendet, die dort reflektiert werden und als Echo zum Schiff

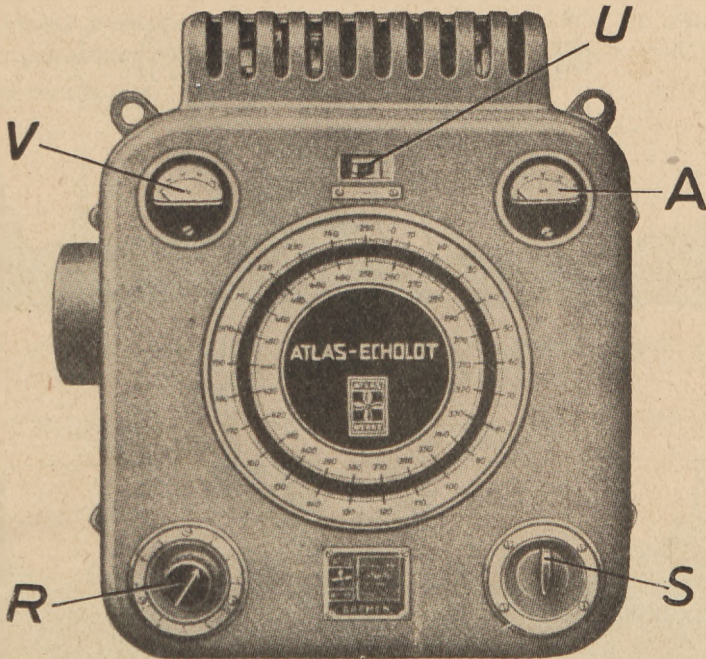


Abb. 87. Anzeigegerät zum Atlas-Echolot, *S* Hauptschalter, *U* Umschalter für Meßbereich, *A* Amperemeter für Schlagsender, *V* Voltmeter für Meßspannung, *R* Regulierwiderstand für die Mikrophon-Empfindlichkeit.

zurücklaufen, wo sie von einem Schallempfänger aufgenommen und einem Anzeigegerät (Abb. 87) zugeführt werden. Gemessen wird mittels eines Kurzzeitmessers die Schallzeit für den Schallweg Schiffsboden-Meeresgrund-Schiffsboden. Berechnet wird aus der Schallzeit die Wassertiefe unter Kiel unter Zugrundelegung einer Schallgeschwindigkeit von 1500 m/s. Die Skala des Anzeigegerätes wird naturgemäß gleich in Meter geeicht, so daß die erwähnte Umrechnung sich erübrigt. Die Skala des Flachwasserlotes reicht von 0 bis 125 m, die des Tieflotes von 0 bis 1000 m. Will man die

Wassertiefe erhalten, so muß noch der Tiefgang des Schiffes beachtet werden, der bei Kriegsschiffen schon in der Skala berücksichtigt ist.

Die Echolotung gibt infolge der veränderlichen Schallgeschwindigkeit im Wasser nur **Echotiefen**. Diese sind in den Deutschen Admiralitätskarten bis zu 200 m in schräg stehenden Zahlen einge-

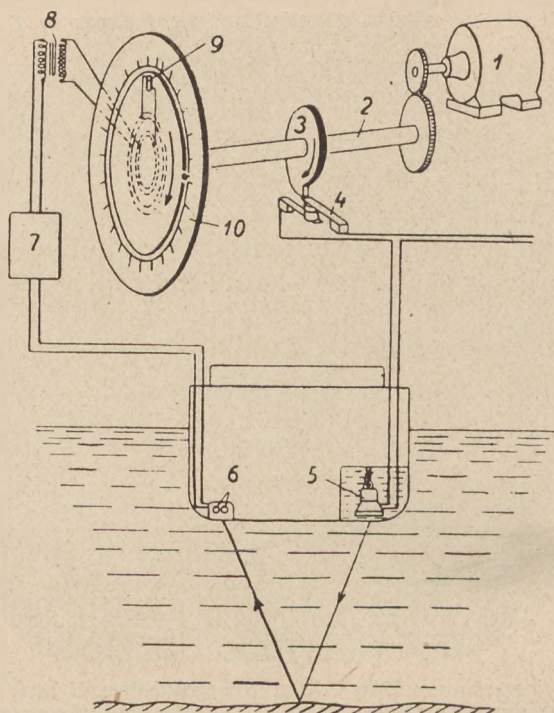


Abb. 88. Atlas-Echolot, Schlagsendertyp, schematisch.

tragen, nachdem man sie so gut wie möglich in wahre Tiefen verwandelt hat. Echotiefen über 200 m werden als „r o h e E c h o a b - f ä n d e“ mit steil stehenden Ziffern in die Seekarte eingetragen.

Im Laufe der Zeit sind in allen seefahrenden Ländern verschiedene **Echolottypen** entwickelt worden, die sich in der Art der Kurzzeitmessung unterscheiden. Diese muß auf $\frac{1}{750}$ s genau sein, wenn die Echolotung auf 1 m genau sein soll. Als Anzeigevorrichtungen sind zeigerdrehende und aufleuchtende Instrumente üblich. In neue-

rer Zeit ist man zu Echoloten mit unhörbarem Schall übergegangen (Ultraschall- oder Hochperiodenlot, Bd. II).

In Folgenden sei das **Atlas-Echolot, Schlagfendertype**, (Abb. 88) beschrieben.

Ein Elektromotor 1 treibt mit gleichförmiger Umdrehungszahl die Nockenwelle 2 an. Bei jeder Umdrehung der Welle 2 wird durch die Nockenscheibe 3 der Kontakt 4 geöffnet, wodurch ein durch die Magnetspule 5 gespannter Schlagbolzen gegen die Sendermembran schlägt und

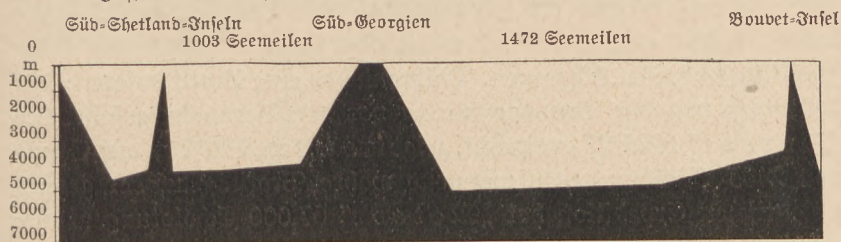


Abb. 89. Vorstellung über die Bodengestaltung vor der Forschungsfahrt des Vermessungsschiffes „Meteor“ in den Jahren 1925 bis 1927.



Abb. 90. Meeresbodenprofil nach der Forschungsfahrt, ermittelt durch 2485 Echolotungen mit dem Atlas-Echolot. In 185 facher Überhöhung dargestellt.

einen kurzen Schlagton erzeugt. Die Schallwelle läuft zum Meeresboden, wird reflektiert und kehrt zum Empfänger 6 zurück. Über das Mikrophon hinweg erzeugt das Echo einen elektrischen Stromstoß, der in einem Verstärker 7 verstärkt wird und über einen Transformator 8 ein Neonröhrchen 9 aufleuchten läßt. Dieses Neonröhrchen sitzt hinter dem Schliß einer von dem Elektromotor angetriebenen Scheibe. Wenn sich dieser Schliß am Nullpunkt der Anzeigestala vorbeibewegt, erfolgt die Aussendung des Schalls. Bis zur Schallrückkehr dreht sie sich gleichförmig weiter, so daß das Röhrchen an der Stelle aufleuchtet, die der Wassertiefe entspricht.

Damit ist ein alter Seefahrertraum verwirklicht, durch Druck auf einen Knopf in weniger als 1 s die Wassertiefe ablesen zu können. Für Tiefenmessung zu Vermessungszwecken kommt allerdings dann die weit schwierigere Aufgabe hinzu, den genauen *Echort* zu bestimmen, um die Tiefe auch an der richtigen Stelle in die Seekarte eintragen zu können.

Das Echolot hat eine große Erweiterung der Kenntnis der Meeresprofile mit sich gebracht. Man kann jetzt den Meeresboden akustisch abtasten, wie dies die abgebildeten Profile des Südatlantiks (Abb. 89 u. 90) zeigen. Während das eine Profil unseren Vorstellungen von der Bodengestaltung vor der Vermessungsfahrt des „*Metevor*“ 1925/27 entspricht, zeigt das andere Bild das auf Grund von 2485 Echolotungen gewonnene wahre Profil. Auf der großen Atlantischen Expedition hat „*Metevor*“ 67 000 Echolotungen ausgeführt.

Die größte bisher bekannt gewordene Meerestiefe ist von unserem Kreuzer „*Emden*“ im Jahre 1928 mit einem Echolot gefunden worden und nach ihm *Emdentief* benannt. Sie beträgt über 10 000 m und befindet sich im Philippinengraben östlich von *Mindanao*.

F. Richtungshören (Geräuschempfangsanlagen)

Richtungshören in Luft ist schon mit den beiden Ohren ohne besondere Hilfsmittel auf Grund des **Binauraleffektes** möglich, am besten bei Klängen und Geräuschen mit scharfem Einsatz oder Wiederholung charakteristischer Einzelheiten. Dieser besteht darin, daß das Ohr die Zeitdifferenz, mit der derselbe Schalleindruck die beiden Ohren des Hörers nacheinander erreicht, nicht als Zeitdifferenz empfindet, sondern zu einem Richtungseindruck verwertet. Ein Schallwegunterschied und somit eine Zeitdifferenz ergibt sich immer, wenn die Schallquelle schräg zur Verbindungsgeraden der beiden Ohren des Hörers liegt. Hierbei kann ein Wegunterschied zu dem einen und zum anderen Ohr von 1 cm, dem eine Zeitdifferenz von $1 : 34000$ s entspricht, noch festgestellt werden. Durch Drehen des Kopfes, bis beide Ohren im gleichen Augenblick den Schalleindruck empfangen, wird die Geradeausrichtung erhalten.

Vergrößert man die Ohrenbasis künstlich, so ergibt sich eine größere Zeitspanne zwischen dem Eintreffen des Schalls an beiden Ohren und die Genauigkeit der Richtungsbestimmung steigert sich. Diese Methode der Richtungsbestimmung ist von den **Lufthorchgeräten** bekannt. Man hat versucht, sie auf Seehorchgeräte zu übertragen, was sich nicht bewährt hat. Einmal führt es zu sehr komplizierten und großen Apparaten im Wasser und andererseits setzt die Binaural-Methode besondere subjektive Eigenschaften des Horchers voraus.

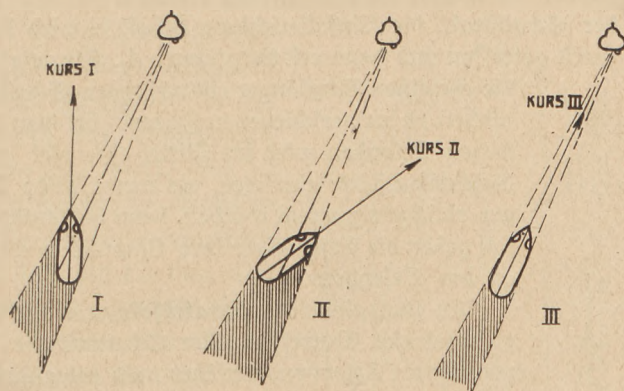


Abb. 91. Schallschattenmethode mit Navigationshorchgerät.

Die auf See angewendeten Horch- und Geräuschempfangsanlagen sind elektroakustische Geräte.

Das **Navigationshorchgerät** soll eine sichere Zielnebelfahrt (Abb. 91) ermöglichen. Hierzu werden von allen wichtigen Feuerschiffen und Ansteuerungspunkten der Küsten Unterwasserschallzeichen ausgesandt, die mittels des Horchgerätes aufgenommen werden. Das sind im Vorschiff an Backbord und Steuerbord unterhalb der Wasserlinie angebrachte Mikrophonempfänger, die durch Kabel mit einem Hörapparat auf der Brücke verbunden sind. Zur Schallaufnahme bedient man sich der Schallschattenmethode. Hierbei wird mittels eines Steuerbord-Backbord-Schalters der Steuerbord- und Backbordempfänger abwechselnd eingeschaltet und das Schiff so lange gedreht, bis auf beiden Empfängern

die gleiche Lautstärke herrscht. Die Sendestation liegt dann recht voraus. Achterlicher Schall wird nicht aufgenommen, da er im Schraubengeräusch untergeht.

Geräuschempfangsanlagen an Bord und an Küstenstationen dienen zur Aufnahme der Schiffsgeräusche im Wasser und zur Feststellung der Richtung, aus der sie kommen. Sie arbeiten nach dem Gruppenprinzip in Verbindung mit der Maximalmethode.

Hierzu betrachtet man eine geradlinige Empfängergruppe $A_1 A_2$ (Abb. 92), auf die ein Schallwellenzug schräg eintrifft.

Wenn der Schallstrahl die Einfallsrichtung B hat, so wird der Empfänger A_2 zuerst getroffen und dann erst Empfänger A_1 . Die gesamten auf

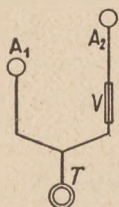


Abb. 92. Empfängergruppe $A_1 A_2$ wird schräg von Schallstrahlen B getroffen.

die einzelnen Empfänger eintreffenden Schallstöße erreichen sie zu verschiedenen Zeiten. In dem gemeinsamen Telephon wird im Mittel eine viel geringere Gesamtlautstärke eintreten, als wenn beide Empfänger gleichzeitig erregt würden, denn bei schrägem Einfall geben die Empfänger ihre Impulse nacheinander an das Telephon ab.

Um nun einen **Maximaleffekt** zu erreichen, d. h. gleichzeitiges Eintreffen aller Schallimpulse am gemeinsamen Telephon, verfährt man folgendermaßen. Man schaltet in die Zuleitung vom Empfänger A_2 zum Telephon ein verzögerndes Element V ein. Seine Länge wird so bemessen, daß die in beiden Empfängern auftretenden Impulse gleichzeitig das Telephon erreichen. Es tritt jetzt für diese Schallrichtung eine **Addition** aller Schallstöße am Telephon und somit maximale Lautstärke am Ohr ein.

Kommt der Schall nach dieser Einstellung aus einer anderen Richtung, während am Größenverhältnis der verzögernden Einrichtung nichts geändert wird, so gelangen die einzelnen Empfängerimpulse von neuem nicht mehr gleichzeitig auf das Telephon. Ein Maximaleffekt tritt nicht mehr ein und man muß die Verzögerungen neu einstellen.

Jede Veränderung der Geräuschrichtung setzt eine Veränderung der Größenverhältnisse der Verzögerungseinrichtungen voraus, wenn man am Telephon maximale Lautstärke erreichen will. Durch richtige Bemessung der Verzögerungen ist es also möglich, die bevorzugte Schallempfangsrichtung im Raume zu drehen, während die Empfängergruppe selbst feststehen bleibt.

Die verzögernden Einrichtungen sind sog. elektrische Kettenleiter (aus Spulen- und Kondensatoren anordnungen bestehend), die in einem **Kompensator** untergebracht sind. Durch Drehen eines Handrades am Kompensator werden die Verzögerungen zwecks Erreichen der maximalen Lautstärke im Telephon eingestellt. Diese Zeit ist ein unmittelbares Maß für die Richtung des auf die Empfängergruppe zukommenden Schalls. Durch Drehen des Handrades wird also auch der Schallrichtungswinkel ermittelt.

Für **Rüstenhorchanlagen**, die den ganzen Horizont mit gleicher Peilschärfe nach Schiffsgeräuschen fremder Schiffe abhören sollen, ist die Liniengruppe der Empfänger unzweckmäßig, weil sie die größte Peilschärfe in der Querabrichtung zur Empfängerlinie hat. An ihre Stelle tritt die **Kreisgruppe**, bei der die Empfänger im waagrecht liegenden Kreis angeordnet sind und die eine nach allen Richtungen gleiche Peilschärfe hat. Die Gruppe umfaßt je nach der verlangten Peilschärfe bis zu 48 Empfänger und kann Frequenzen bis 8000 Hz aufnehmen. Die Abb. 93 zeigt eine Gruppe von 14 Empfängern, wobei die schraffierten Verdickungen die Verzögerungszeiten markieren, die so gewählt sind, daß alle 14 Empfänger gleichzeitig im Telephon hörbar werden.

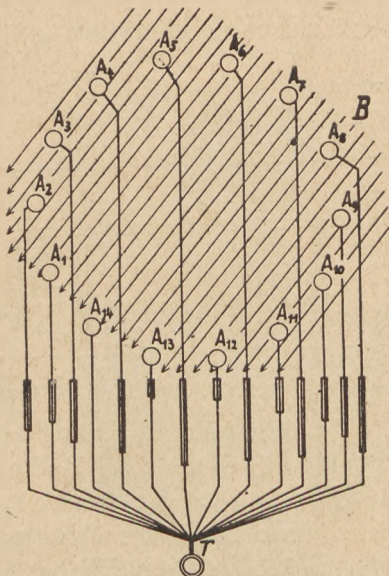


Abb. 93. Geräuschempfänger, schematisch, Kreisgruppe aus 14 Empfängern
A₁—A₁₄, B Schallwellenfront, T Telephon.

Bei **Schiffsanlagen** müssen sich die Formen der Gruppen der Schiffsform anpassen. Aus dem Kreis werden dann halbellipsenähnliche Figuren (Abb. 94), von denen je eine an Steuerbord und Backbord in der Nähe des Bugs angebracht ist. Der Durchmesser beträgt rund 3 m.

Die **Peilschärfe** der Horchanlagen beträgt rund 1° bei einer Reichweite von 30 bis 60 sm für Rüsten- und 10 sm für Schiffs-

anlagen. Die **Reichweite** hängt von der Stärke des Geräuschs, den Wetterverhältnissen und vom Aufstellungsort der Anlage ab. Auf großen Schiffen wird die Wirksamkeit der Anlage durch die Eigengeräusche gemindert.

Im Weltkriege hatten sich die Engländer durch feste **R ü s t e n - h o r c h s t a t i o n e n** die Möglichkeit verschafft, den Ort einer Unterwasserdetonation festzustellen. Das Verfahren beruhte auf der Messung des Zeitunterschiedes des Eintreffens der Detonationswelle an den verschiedenen Horchstationen. So konnte der Ort festgestellt werden, an dem ein U-Boot durch einen Torpedoschuß ein

Schiff versenkt hatte, ohne daß das Schiff oder ein in der Nähe befindliches feindliches Schiff den Angriff gemeldet hatte.

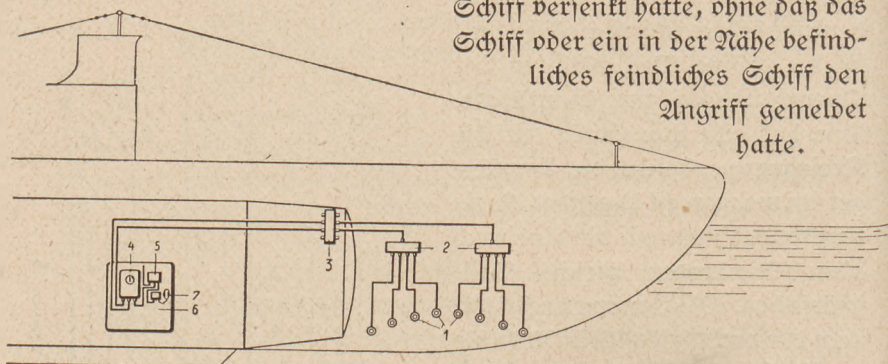


Abb. 94. Halbelliptische Empfängergruppe eines U-Bootes.

Der Geräuschempfang ist zu einem der gefährlichsten Feinde des U-Bootes geworden und ein wichtiges U-Bootabwehrmittel, da es möglich ist, das U-Boot auf diese Weise bei seiner Unterwasserfahrt aufzufinden und zu verfolgen. Jedes Kriegsschiff hat hierzu einen besonderen Horchraum.

Zugleich dient der Geräuschempfang aber auch der Sicherheit des U-Bootes. Bei getauchtem Boot stellt der Horcher z. B. das Nähern oder Entfernen von Zerstörern durch ununterbrochene Beobachtung der Schiffsgeräusche fest. Er meldet seine Feststellungen laufend dem Kommandanten.

In ähnlicher Weise können Torpedos festgestellt werden. Übungstorpedos erhalten eine Schnarre, die in Tätigkeit tritt, falls der Torpedo nicht aufschwimmt, sondern untergeht. Durch das von ihm erzeugte quakende Geräusch kann er mittels des Navigationshorchgerätes eingepeilt und aufgefunden werden.

7. Licht

A. Leuchtf Feuer

Im Dienstbetrieb der Kriegsmarine finden alle Lichtspender, vor allem elektrische Lichtquellen und Leuchtstoffe, nach Brauchbarkeit und Verwendungsmöglichkeit Anwendung. Hierbei werden nicht nur **weiße**, sondern auch **farbige Lichter** verwendet.

Zur Unterstützung der Schifffahrt bei Nachtzeit werden von **Leuchttürmen**, **Feuerschiffen** und teilweise von **Tonnen Leuchtf Feuer** (Abb. 95) gezeigt, die auf viele sm hinaus auf das Meer strahlen. Im Kriege sind diese allerdings meist gelöscht, um feindlichen Schiffen das Fahren während der Nacht zu erschweren oder unmöglich zu machen. Auch werden sie abweichend von ihrer normalen Kennung anders befeuert, um den Gegner zu täuschen. Die Leuchtf Feuer stellen Lichtspender von mitunter außergeöhnlicher Stärke dar. Ihre Lichtstärke geht in die Millionen HK.

Die Art der von einem Leuchtf Feuer gezeigten Lichterscheinung nennt man seine **Kennung**. Bei der Beschreibung der Kennung bedeutet „**Schein**“ die Lichterscheinung zwischen zwei verhältnismäßig kurzen Verdunkelungen,

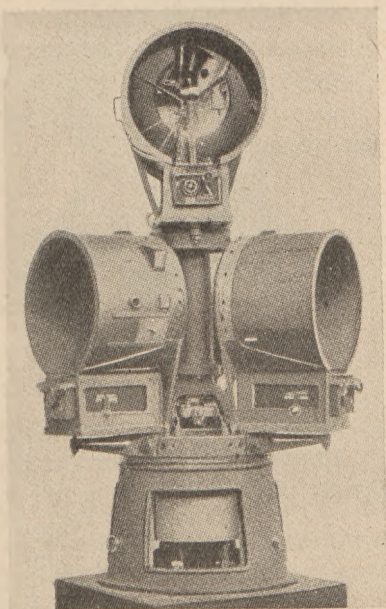


Abb. 95. Leuchtf Feuer von Helgoland. Die drei unteren Scheinwerfer, je 43 Mill. HK, machen in einer Minute 4 Umdrehungen. Man sieht immer 0,3 s lang einen Blitz, danach ist 4,7 s Dunkelheit. Der obere Scheinwerfer dient als Reserve. Er liefert dieselbe Kennung, da er mit 12 Umdrehungen in der Minute gedreht werden kann.

„Blink“ das Ausleuchten aus verhältnismäßig langer Dunkelheit,
 „Bliß“ das Ausleuchten von weniger als 2 s Dauer. Nach Art ihrer Kennung werden die Feuer folgendermaßen unterschieden:

1. Festfeuer, weißes oder farbiges Licht von gleichbleibender Stärke und Farbe,

2. Unterbrochenes Feuer, weiße oder farbige Scheine, unterbrochen durch Einzel- oder Gruppenunterbrechungen,

3. Wechselfeuer, weiße Scheine, wechselnd mit Scheinen anderer Farbe,

4. Blinkfeuer, weiße oder farbige Einzel- oder Gruppenblinke,

5. Blißfeuer, weiße oder farbige Einzel- oder Gruppenbliße,

6. Mischfeuer, alle durch Verbindung der verschiedenen Kennungen hergestellten Lichterscheinungen.

Beispiel:

Das Leuchtfeuer Darßer Ort an der Ostseeküste ($54^{\circ} 28' N$, $12^{\circ} 30' O$) hat folgende Kennung:

Bliß	0,3 s	Bliß	0,3 s
kurze Pause	2,7 s	kurze Pause	2,7 s
Bliß	0,3 s	Bliß	0,3 s
lange Pause	5,7 s	kurze Pause	2,7 s
Bliß	0,3 s	Bliß	0,3 s
kurze Pause	2,7 s	lange Pause	5,7 s
Wiederteher		24,0 s	

Die Sichtweite bei klarem Wetter ist 17 sm.

Überdies gibt Darßer Ort bei Nebel und unsichtigem Wetter Nebelsignale mit Preßluft sirene mit folgender Kennung:

Einzelton	7,5 s
Pause	67,5 s
Wiederteher	75,0 s

Wrackfeuer, von grüner Farbe, dienen zur Bezeichnung von Wracks.

B. Spiegelsextant

Die optische Grundlage des **Spiegelsextanten** (Abb. 96), des wichtigsten Instruments des Seemanns, ist der Satz, daß bei jeder Drehung eines Spiegels, auf den ein Lichtstrahl fällt, der zurück-

geworfene Strahl den doppelten Winkel wie der Spiegel selbst beschreibt und beide Strahlen in derselben Ebene liegen.

Der Spiegelsextant wird an Bord ausschließlich zu Winkelmessungen verwendet, wie sie für Zwecke der Navigation notwendig sind. Die wichtigsten Winkelmessungen sind die Höhenwinkelmessung der Gestirne für die astronomische

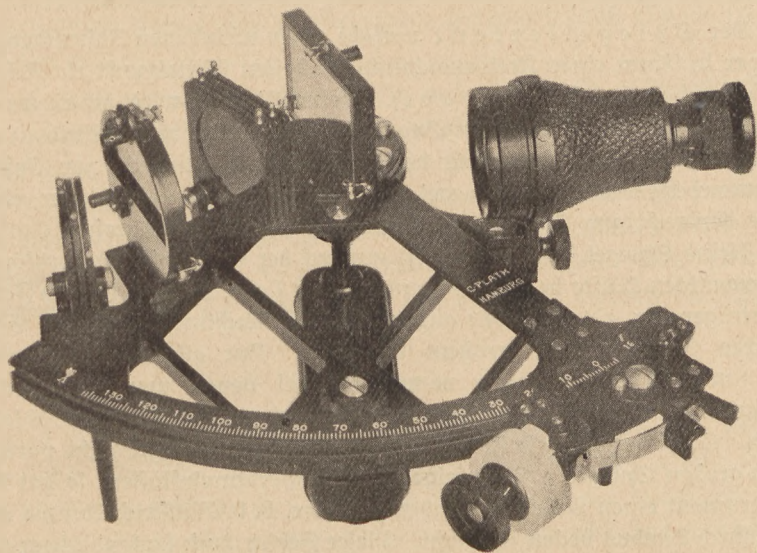


Abb. 96. Der Spiegelsextant, das wichtigste Instrument des Seemannes, in einer neuzeitlichen Ausführung als Trommelsextant (C. Plath).

Ortsbestimmung und die Horizontalwinkelmessung zwischen Landobjekten für die terrestrische Ortsbestimmung. Die Ortsbestimmung aus zwei oder drei Horizontalwinkeln ist die genaueste terrestrische Ortsbestimmung, da sie unabhängig vom Kompaß ist. Sie wird deshalb dort angewandt, wo es auf größte Genauigkeit ankommt, z. B. bei Vermessungen, Ankerplatzbestimmungen und sonstigen genauen Schiffsortsbestimmungen der militärischen Navigation.

Kleine Winkelmeßinstrumente nach Art des Spiegelsextanten dienen zum Abstandhalten im Verbandfahren (z. B. mehrere Torpedoboote in Kiellinie). Der Höhenwinkel zwischen der

Maßspitze eines Schiffes und der Wasseroberfläche ändert sich mit der Entfernung des Beobachters vom Schiff. Diese wird für verschiedene Höhenwinkel im voraus berechnet und in einer Tabelle zusammengestellt. Um auf einem bestimmten Abstand zu fahren, wird der für diesen Abstand gültige Winkel aus der Abstandstabelle des betreffenden Schiffes herausgenommen und am Spiegelinstrument für die Abstandsbestimmung eingestellt. Es wird dann nur beobachtet, ob der Winkel größer oder kleiner wird und danach der Abstand berichtigt.

Der **Spiegelsextant** umfaßt einen metallenen Instrumentenkörper in Form eines Kreisausschnitts, in dessen Mittelpunkt ein Zeigerarm drehbar ist (die *Alhidade*). Seine Stellung wird auf einem mit einer Gradteilung versehenen Bogen des Kreisausschnitts (*Limbus*) abgelesen. Über dem Drehpunkt der Alhidade steht senkrecht zur Instrumentenebene der große Spiegel, ferner am Instrumentenkörper ebenfalls senkrecht zur Instrumentenebene und parallel zum großen Spiegel der kleine Spiegel. Sein Glas ist nur auf der dem Instrumentenkörper zugewandten Hälfte belegt. Gegenüber dem kleinen Spiegel ist ein Fernrohrträger für ein Fernrohr angebracht (für Nachtmessungen ein Galiläisches Fernrohr mit großem Objektiv). Im allgemeinen werden **Trommelsextanten** verwendet, bei denen man die Winkelminuten an einer mit einer Feinschraube verbundenen Trommel ablesen kann. Steht bei nullgestellter Alhidade der kleine Spiegel nicht parallel zum großen Spiegel, z. B. infolge von Temperatureinflüssen, so hat das Instrument einen Nullstrich-(Index-) Fehler, d. h. Nullstrich Nonius und Nullstrich Limbus decken sich nicht. Dieser Fehler muß laufend überwacht werden. Bei Sonnenstandmessungen werden Blendgläser vorgelegt.

Zur **Winkelmessung mittels des Spiegelsextanten** (Abb. 97), unter dem zwei Punkte *P* und *Q* vom Beobachter erscheinen, hält man das Instrument so, daß seine Ebene durch das Auge *O* und die beiden Punkte *P* und *Q* hindurchgeht. Durch den

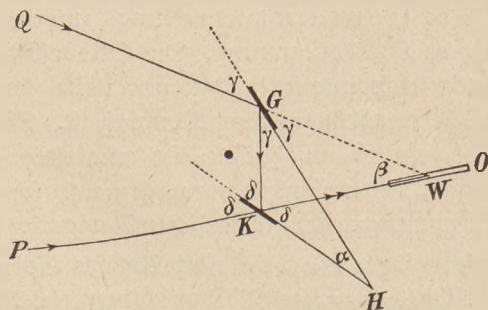


Abb. 97. Strahlengang im Spiegelsextanten.

unbelegten Teil des kleinen Spiegels *K* sieht man nach dem bei Vertikalwinkeln unten, bei Horizontalwinkeln links gelegenen Punkt *P* hin, so daß die von *P* kommenden Lichtstrahlen auf

dem Wege *PKW* geradlinig ins Auge *O* gelangen. Darauf dreht man mit der Alhidade den großen Spiegel so, daß der von *O* kommende Lichtstrahl durch Reflexion an dem großen Spiegel *G* in die Richtung *GK* und dann durch Reflexion an dem kleinen Spiegel *K* ebenfalls in die Richtung *KW* geworfen werden. Er gelangt auf diese Weise mit dem von *P* kommenden Strahl ins Auge. Man sieht dann die Bilder von *Q* und *P* in Deckung. Das Bild von *P* heißt das direkt gesehene, das Bild von *Q* das doppelt gespiegelte. Es ist $\alpha = \delta - \gamma$, $\beta = 2\delta - 2\gamma$, also $\beta = 2\alpha$. Die Teilung des Gradbogens ist so ausgeführt, daß man gleich den gemessenen Winkel abliest. Bei einem Sextanten kann also bis 120° abgelesen werden.

Zur Messung von Vertikalwinkeln auf See, z. B. Höhenwinkel eines Gestirns bei der astronomischen Ortsbestimmung, wird die **Rimm** (d. h. der sichtbare Horizont oder die Kreislinie, die Himmel und Wasser trennt) als Bezugslinie genommen. Man mißt deshalb nicht unmittelbar Höhenwinkel, sondern nur Rimmabstände, d. h. Winkelerhebung eines Gestirns über der Rimm. Aus einem **Rimmabstand** muß die wahre Höhe erst ermittelt werden (S. 127).

C. Prismen

Viel bedeutungsvoller als ebene Spiegel erweisen sich **Prismen** jeder Art für alle marineoptischen Zwecke. Vor allem sind hier die totalreflektierenden Prismen zu nennen, da durch sie bei geringeren Lichtverlusten dasselbe erreicht wird wie bei einfacher Zurückwerfung durch Spiegel, eine Richtungsänderung der Lichtstrahlen.

Im **Fresnelschen Gürtel** (Abb. 98) wird das Licht einer Lichtquelle durch ringförmige prismatische Glaskörper fast vollständig in horizontaler Richtung zusammengefaßt. In Abb. 99 sind die drei verschieden geformten Glasgürtel deutlich zu erkennen. Vielfach sind Positionslaternen und Leuchtfeuer mit solchen Gürteln an Stelle von Hohlspiegeln ausgerüstet.

Beim **totalreflektierenden Prisma** sind drei Fälle zu unterscheiden: **Winkelsichtige** (Abb. 100) und **rücksichtige** (Abb. 101) Anordnung des Strahlenganges sowie der Strahlenverlauf im **Wendepisma** (Abb. 102).

Als Beispiel für eine Ausnutzung der Totalreflexion sei der **Peil=dioptr** (Abb. 103) erwähnt, mit dem gleichzeitig der gepeilte Gegenstand und die Kompaßrose beobachtet werden können. Die von der Kompaßrose *R* kommenden Strahlen werden an der Hypo-

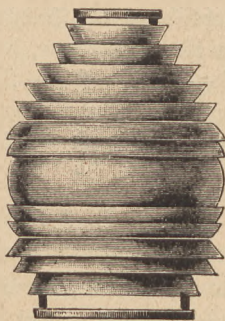


Abb. 98. Fresnelscher Gürtel für Positionslaternen und Leuchtfeuer.

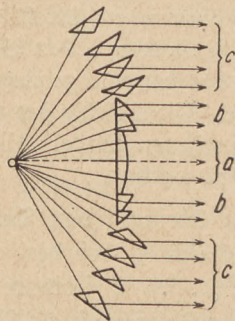


Abb. 99. Strahlenverlauf durch die Glasgürtel. a tonnenförmiger Linsenmantel, b lichtbrechende Ringe, c total-reflektierende Ringprismen.

tenusflächen eines rechtwinkligen Prismas total reflektiert und in der Richtung *B* ins Auge des Beobachters geleitet.

In optischen Kriegsgeräten wird die totale Reflexion der einfachen Zurückwerfung vorgezogen, weil die Absorptionsverluste hierbei wesentlich geringer sind und Spiegel durch Verzerrung ihrer Träger infolge von Wärmeeinflüssen leicht Kippungen erleiden.



Abb. 100. Winkelsichtiges Prisma.

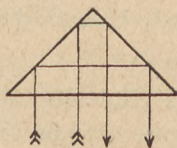


Abb. 101. Rücksichtiges Prisma.



Abb. 102. Wendepisma, vgl. Doveprisma, S. 123.

Das **Pentagonalprisma** tritt an Stelle des einfachen rechtwinkligen Dreitantprismas, wenn eine Ablenkung der Strahlen um 90° erzielt werden soll. Kleine Drehungen des Pentaprismas in der Einfallsebene, etwa durch thermische oder mechanische Einflüsse, bleiben fast ohne Einfluß auf den Verlauf des abgelenkten Strahls, daher wird es bei Entfernungsmessern fast ausschließlich verwendet.

Abb. 104 zeigt ein Pentaprisma in Verbindung mit einem Dachkantprisma. Beide zusammen liefern infolge der zweimaligen rechtwinkligen Knickung des Strahlenganges ein richtig stehendes Bild.

Neben der einfachen Strahlenumkehr in der Ebene wird bei den marineoptischen Geräten auch die **räumliche Bildumkehr** ausgiebig verwendet, z. B. bei Prismengläsern und Scherenfernrohren, bei Periskopen, Rundblickfernrohren, Richtkreisen, Zielfernrohren und Geschütz-

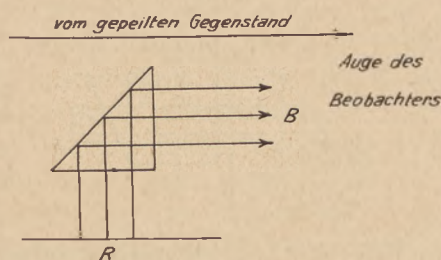


Abb. 103. Anwendung der Totalreflexion beim Peridiot. Der Beobachter sieht gleichzeitig den gekippten Gegenstand und die Kompassrose.

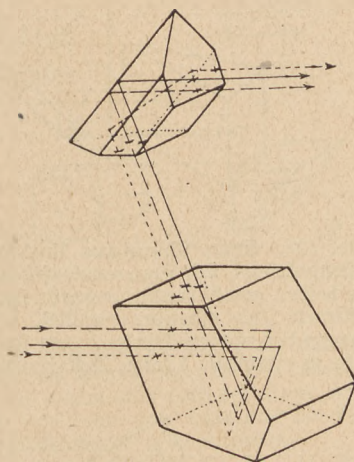


Abb. 104. Pentagonalprisma in Verbindung mit einem Dachkantprisma. Jedes Prisma lenkt die Strahlen um 90° ab, so daß die aus der Prismenkombination austretenden Strahlen bineintretenden Strahlen parallel sind.

säßen, wie sie mit besonders kunstvoll geführtem Strahlenverlauf für die Panzerturmgeschütze notwendig sind. Man mußte ungezählte Arten von totalreflektierenden Glaskörpern, wie Wende-, Aufrichte-, Dach-, Scheide-, Umkehr- und rhombische Prismen konstruieren, die es ermöglichen, bei gerader Blickrichtung vorwärts, seitlich, nach oben oder nach unten zu beobachten und vom Gegenstand, trotz Drehung und Wendungen und dadurch bedingter mehrfacher, bis 6-facher Reflexionen, aufrechte Bilder im Blickfeld zu erhalten.

Bei näherer Betrachtung erweisen sich fast alle Spezialformen als Zusammensetzungen von Grundformen, nämlich der als erstes und zweites Porrosystem bekannten Prismenanordnungen und des Doveprismas.

Bei dem **ersten Porrosystem** stehen die beiden gleichschenkelig-rechtwinkligen Prismen mit ihren parallelen Hypotenusenflächen einander gegenüber und die Ebenen der beiden rechten Winkel bilden einen Winkel von 90° . Die Abb. 105 gibt den vollständigen Strahlen- gang in einem solchen Prismensystem wieder, wie es zumeist in Prismengläsern Verwendung findet. Zur vollständigen Bildumkehr sind dabei vier Totalreflexionen erforderlich.

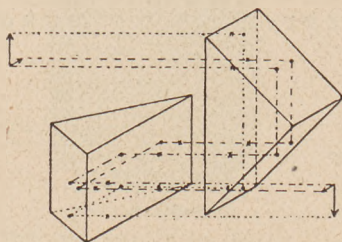


Abb. 105. Erstes Porrosches Umkehrprismensystem. Die Hypotenusenflächen der beiden gleichschenkelig rechtwinkligen Prismen sind einander parallel, die Ebenen der rechten Winkel stehen senkrecht zu einander. 4 totale Reflexionen.

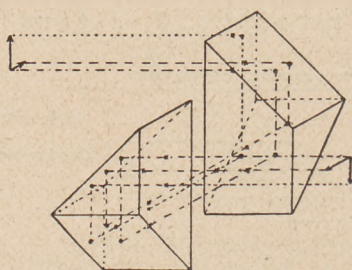


Abb. 106. Zweites Porrosches Umkehrprismensystem. Die Prismen des ersten Systems sind wieder in je zwei gleichschenkelig rechtwinklige Prismen zerlegt. Die Teilprismen sind um je 90° um die zwischen ihnen verlaufende Strahlenachse gedreht. 4 totale Reflexionen.

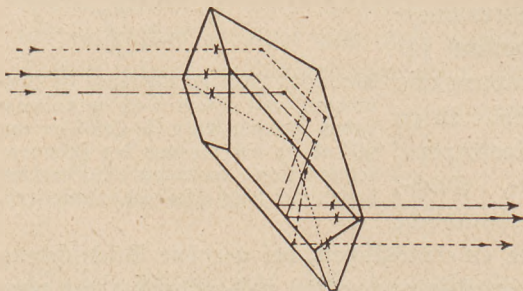


Abb. 107. Bei kürzeren Fernrohren verwendet man mitunter ein einziges Prisma zur Bildumkehr, bei dem die Austrittsfläche zugleich für die zweite der vier Totalreflexionen ausgenützt wird.

Bei dem **zweiten Porrosystem** ist jedes der Prismen des I. Systems wieder in zwei gleichschenkelig-rechtwinklige Prismen zerlegt. Die Teilprismen sind um 90° um die zwischen ihnen verlaufende Strahlenachse gedreht. Es treten wiederum nur totale Reflexionen auf (Abb. 106).

Bei kürzeren Fernrohren, oder wenn auf Unveränderlichkeit der Justierung großer Wert gelegt wird, ist es vorteilhaft, die

Bildumkehr durch ein einziges Prisma vorzunehmen. Abb. 107 zeigt ein solches Prisma mit dem Strahlengang, der erkennen läßt, daß die Austrittsfläche zugleich für die zweite der vier Totalreflexionen ausgenützt wird.

Das zweite Porrosystem ist für militäroptische Geräte von größter Bedeutung, da die vier Teilprismen beliebig nach oben, unten oder zur Seite verschoben und in der Anfangs- und Endstellung noch um die Strahlenachse gedreht werden können (Abb. 108).

Fallen bei einem gewöhnlichen gleichschenkelig rechtwinkligen Prisma parallel zur Hypotenusenfläche Lichtstrahlen auf eine Kathetenfläche, so entsteht eine Bildumkehr derart, daß die Strahlen an der anderen Kathetenfläche wieder parallel zur Hypotenusenfläche austreten. Ein solches Prisma mit abgeschnittener Spitze heißt

Doveprisma (Abb. 109 bis 111). Es ist ein wichtiger Bestandteil eines jeden Rundblick- oder Panoramafernrohrs (Kap. 8) und bewirkt, daß bei einer Drehung um 180° einmal der gesamte Horizont am Auge des Beobachters vorüberzieht.

Zur Brechung von Lichtstrahlen um kleine Beträge wird als einfaches Prisma der **Glaskeil** verwendet. Er wird in marineoptischen

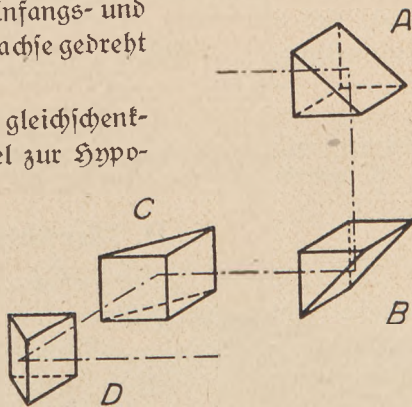


Abb. 108. Die vier Teilkörper der beiden Prismen des Porrosystems können beliebig nach oben, unten oder nach der Seite verschoben, der erste und letzte auch um die Strahlenachse gedreht werden.

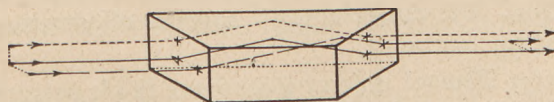


Abb. 109. Doveprisma zum Aufrichten des Bildes im Rundblickfernrohr. Die eintretenden Lichtstrahlen werden zur Hypotenusenfläche hingebrochen, dort total reflektiert und treten an der anderen Kathetenfläche wieder parallel zur Hypotenusenfläche aus. Das Bild wird in der horizontalen Ebene umgekehrt.

Geräten zur Winkelmessung, sowie als **Berichtigungs-** und **Meßkeil** benötigt. Die kleinsten Winkel weisen die Berichtigungs-

teile auf, die zur Justierung des Strahlenganges eingeschoben werden. Abb. 112 verdeutlicht die Wirkungskreise eines Einzelteils.

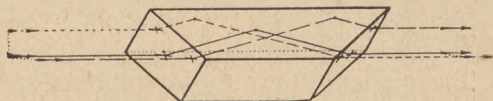


Abb. 110. Wird das Doveprisma um 45° gedreht, so erfährt das Bild eine Drehung um 90° .

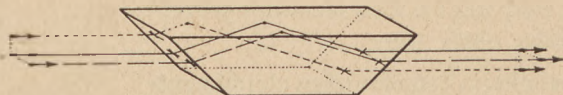


Abb. 111. Bei einer Drehung des Prismas um insgesamt 90° wird das Bild um 180° gedreht. Es wird nunmehr auch in der vertikalen Richtung umgekehrt.

D. Menschliches Auge

Unsere Augen haben neben unschätzbaren Eigenschaften auch manche Fehler einer billigen Linse. Sie sind Größen-, Richtungs-, Entfernungs-, Gestalts-, Farben-, Lichtstärken- und Lichtdauer-täuschungen unterworfen. Diese Augenfehler werden von den

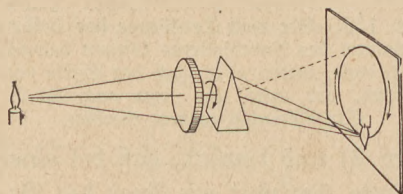


Abb. 112. Schematische Darstellung der Wirkungsweise eines Verichtungskeils.

bei der Wehrmacht gebräuch-lichen **optischen Tarnungs-mitteln** ausgenutzt. Bei langer Dauer einer Nebelfahrt muß man Wahrnehmungen des Auges gegenüber zweifelnd sein, da infolge Ermüdung häufig Schatten oder Lichter

vorgetäuscht werden. Tatsächlich vorhandene Gegenstände kommen höher als erwartet in Sicht, da sie erst spät und in großer Nähe erkannt werden. Die Entfernung ist dann im allgemeinen geringer, als man zunächst annimmt.

Ein weiterer Mangel unserer Sehorgane ist die begrenzte Tiefenwahrnehmung. Auch können wir Gegenstände nicht wahrnehmen, die absolut klein sind, d. h. bei denen der Sehwinkel kleiner als eine Bogenminute ist, oder die relativ klein sind, die also zu weit entfernt liegen. Zur Tarnung werden die Schiffe auf See in allen Farben mit Schachbrett-, Streifen- und Fleckenmustern (Abb. 113) regel- und unregelmäßig bemalt. Große auffallende Flächen werden da-

durch in kleine, schwer sichtbare Teile zerlegt. Schließlich erfassen wir mit dem Auge nur erleuchtete oder selbstleuchtende Gegenstände. Alle unseren Augen fehlenden Eigenschaften gilt es, durch geeignete optische Instrumente auszugleichen.

Dem gegenüber stehen **günstige Fähigkeiten** unserer Augen, die mit optischen Apparaten nie erzielt werden können: Die Beweglichkeit der Augen gewährleistet ein Gesichtsfeld von fast 150° . Die Fähigkeit zur *Akkommodation* gestattet, nacheinander

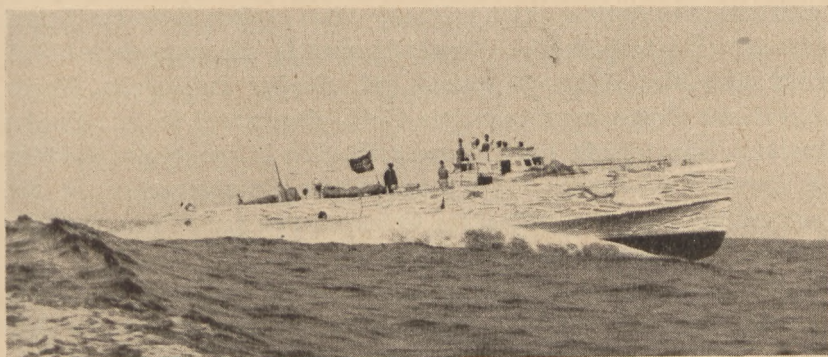


Abb. 113. Deutsches Schnellboot mit Tarnanstrich.

Körper in 8 cm bis unendlich weiter Entfernung scharf zu erkennen. Dazu ist das Auge fähig, bei schwachem Mondlicht und bei grellestem Sonnenlicht mühelos zu sehen, obwohl sich die Beleuchtungsstärken von Mond zu Sonne wie $1 : 5\,000\,000$ verhalten.

Schließlich ermöglicht **beidäugiges Sehen** in gewissen Grenzen körperhaftes Wahrnehmen der uns umgebenden Welt. Auch die große Empfindlichkeit gegen Farbunterschiede ist höchst wertvoll.

Das **körperliche Sehen** und seine Grenzen sind von besonderer Bedeutung, da darauf die Entfernungsbestimmung beruht. Jede Entfernungsmessung beruht optisch auf der **Parallaxe**, d. h. auf dem von den Sehstrahlen am fixierten Punkte gebildeten Winkel. Dieser ist aber wiederum von der *Länge der Basis*, von der ausgegangen wird, abhängig (Kap. 8).

E. Lichterscheinungen in der Atmosphäre

Von größter Bedeutung für kriegerische Unternehmungen zur See ist die **Sicht**, insbesondere für die Aufgaben der Aufklärer (Seestreitkräfte und Flugzeuge). Die einwandfreie Feststellung, ob Handels- oder Kriegsschiff und dann der Schiffsklasse, ist nur bis ungefähr 20 km möglich.

Die Stärke der Sicht hängt von der Art der Luft ab und ist für Luft aus nördlichen besser als für Luft aus südlichen Breiten. Die Nordsee zeigt während eines großen Teils des Jahres schlechte Sichtverhältnisse. Die Sicht wird in sm angegeben und ist nicht nach allen Richtungen gleich gut. Diesige Luftschleier, Regen, Nebel und Schnee verringern die Sicht, ebenso wird sie mit Dunkelwerden sehr schlecht und ist am geringsten in mondlosen Nächten. Erschwert schlechte Sicht das eigene Erkanntwerden, so verhindert sie auch das frühzeitige Erkennen von feindlichen Schiffen, U-Boot-Periskopen und Seezeichen.

Die Erschwerung der Sicht durch Qualm und Rauch kann von großer Bedeutung sein. Im ersten Weltkriege erschwerte man die Sicht durch absichtliche starke Rauchentwicklung. Heute sind die Kriegsschiffe mit Anlagen zur Herstellung von künstlichem Nebel ausgestattet, um eine Sicht unmöglich zu machen.

Die Sichtbarkeit der Seezeichen war für den Seefahrer von Anfang an sehr wichtig. Sie hängt von den optisch-lichttechnischen Eigenschaften des Seezeichens selbst, von der Beschaffenheit der Luft und von den Eigenschaften des Auges ab.

Da weiße Gegenstände im Nebel eher verschwinden als rote, werden Leuchttürme, die auch als Tagesmarken dienen, oft in roten und weißen Streifen oder Bändern angestrichen. Feuerschiffe (S. 43) sind bei Tage kenntlich an der roten Farbe, ihrem Namen in Riesenschrift und einem oder mehreren Ballen an den Masten oder Rahen.

Das neuartige, bläulich-grau aussehende **Neophanglas** (enthält einen Zusatz von Neodym) steigert die Sichtmöglichkeit im Sonnenglas, bei diesigem Wetter und bei leichtem Nebel. Diese Wirkung beruht darauf, daß dieses Glas bei klarer Sicht das Rot und Grün des durchgehenden Lichtes stärker hervor-

treten läßt und den gelben Anteil des weißen Lichtes (der besonders im Nebel stark auftritt) aufschluckt, so daß alle Bilder *k o n t r a s t r e i c h e r* erscheinen. Bei klarer Sicht wird daher die äußere Erkennung eines Schiffes an Schornsteinfarbe, Bodenanstrich, Flagge und anderen Einzelheiten erleichtert. Ist das Wetter diesig, so daß man auf größere Entfernung ein Schiff nur als Silhouette, grau in grau erkennen kann, so treten bei Durchsicht durch das Neophanglas auch Farbenunterschiede hervor. Schiffe, die scheinbar den gleichen Abstand voneinander haben, erscheinen im Abstand wesentlich unterschieden. Ihre Lage und Bewegung sind leichter auszumachen.

Die **Sichtweite einer Lichtquelle** ist im allgemeinen nicht gleichbleibend, sondern stark vom Zustand der Luft abhängig. In dunkler Nacht bei klarer Luft ist 1 HK weißen Lichts auf $\frac{4}{3}$ sm sichtbar.

Die **Abnahme der Beleuchtungsstärke** erfolgt bei weißem Licht mit dem Quadrat der Entfernung von der Lichtquelle, bei farbigen Lichtern weit schneller. Setzt man die Sichtweite von Weiß gleich 100, dann beträgt sie für Rot etwa 20, Grün 10 und Blau 5. Aus diesem Grunde verschwinden grüne Lichter (z. B. Blicke) schon, wenn die roten und weißen noch gut zu erkennen sind. Schließlich können mit zunehmender Entfernung von der Lichtquelle nur noch die weißen Lichter ausgemacht werden.

Das Licht der **Dampferlaterne** (Dampferlicht) muß nach der Seestraßenordnung 5 sm, das grüne Licht der **Steuerbordpositionslaterne** 2 sm sichtbar sein. Wie die Rechnung ergibt, sind für die Dampferlaterne bei gutem Wetter 14,1 HK, bei schlechtem Wetter 27,7 HK erforderlich. Praktisch wird für die Topplaterne der Mittelwert 21 HK gewählt.

Durch **irdische Strahlenbrechung** kann die Sichtweite eines Feuers erheblich vergrößert werden.

Für die **astronomische Ortsbestimmung** bildet die Kimm die von Natur gegebene Bezugslinie, von der aus die Gestirnishöhen gemessen werden. Man muß dann aus einem beobachteten Kimmabstand eines Gestirns die *w a h r e H ö h e* (Abb. 114) ableiten. Diese erhält man, indem man vom Kimmabstand *h_a* die *K i m m t i e f e K_t* abzieht, was die scheinbare Höhe ergibt. Hiervon muß man die *a s t r o n o m i s c h e S t r a h l e n b r e c h u n g R* abziehen und den *H ö h e n v e r s c h u b p* addieren, um die wahre Höhe *h_w*

zu finden. Bei Sonne und Mond bringt man noch den Halbmesser e an, um von der Randhöhe zur Mittelpunktshöhe überzugehen. Für die Bordpraxis bedient man sich besonderer Tafeln, die die Gesamtberichtigungen enthalten.

Unter der **Rimmtiefe** versteht man den Winkel, den der Lichtstrahl Kimm-Auge mit dem scheinbaren Horizont bildet. Die Größe

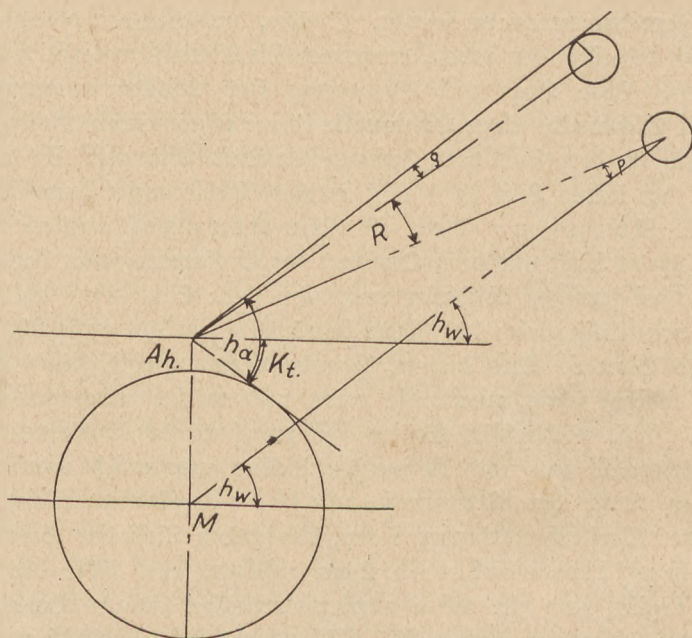


Abb. 114. Zur Bestimmung der wahren Höhe eines Gestirnes.

dieser wahren Rimm-tiefe hängt von der Augeshöhe des Beobachters ab, denn je höher er gelangt, um so tiefer sinkt der Horizont hinab.

Diese wahre Rimm-tiefe, die rechnerisch sehr einfach zu erhalten ist, erlebt man nie, sondern nur eine scheinbare. Infolge der Wirkung der irdischen Strahlenbrechung fällt die geometrische Linie Kimm-Auge nicht mit der scheinbaren Sehlinie Kimm-Auge zusammen. Der Lichtweg weist im allgemeinen der Erde eine hohle Seite zu. Die Wölbung hängt von den Dichteverhältnissen der

untersten Luftschichten über dem Wasser ab. Ihren Mittelwert in Bogenminuten berechnet man nach der Formel $Kt = 1,78 \cdot \sqrt{AH}$, AH Augeshöhe in m. Besondere Umstände können eine stark vom Mittelwert abweichende Rimmtiefe bewirken, z. B. bei windstillem Wetter auf See bis zu 10'.

Die Kriegsmarine hat der Erforschung der Rimmtiefe auf allen Meeren besonders große Aufmerksamkeit gewidmet, um die Genauigkeit der astronomischen Ortsbestimmung auf See verbessern zu können. Bei den üblichen Methoden haftet einer fehlerfrei vorgenommenen Ortsbestimmung auf See immer noch eine Ungenauigkeit von 3 bis 4 sm an, d. h. man weiß nur auf rund 5000 m genau, wo man ist. Für Vermessungsarbeiten, die die Kriegsmarine auf See ausführt und für bestimmte militärische Aufgaben ist ein solcher Genauigkeitsgrad natürlich völlig unzureichend.

Die **astronomische Strahlenbrechung**, d. h. der Winkel am Auge des Beobachters zwischen Lichtstrahl Gestirn-Auge und der geraden Linie Gestirn-Auge, hängt von der Höhe des Gestirns und der Dichte der vom Lichtstrahl durchlaufenen Luftschichten ab. Sie ist Null für einen Stern, der senkrecht über dem Beobachter steht und am größten, wenn das Gestirn im Horizont erscheint. Die aufgehende Sonne z. B. erscheint schon über dem Horizont, wenn sie ihn in Wirklichkeit erst mit dem oberen Rande berührt und die untergehende Sonne ist noch sichtbar, wenn sie in Wirklichkeit bereits völlig untergegangen ist. An Bord wird die Strahlenbrechung besonderen Tafeln entnommen.

Der **Höhenverschub** eines Gestirns ist die Differenz zwischen der wahren Höhe (bezogen auf den wahren, durch den Erdmittelpunkt gelegten Horizont) und der scheinbaren Höhe (über dem scheinbaren, durch den Augespunkt des Beobachters gehenden Horizont). Er hängt von der Entfernung und von der Höhe des Gestirns ab. Für die Fixsterne ist er unmeßbar klein und für die Ortsbestimmung als Null anzusetzen, da der Erdradius, d. h. der Abstand der beiden den Verschub bewirkenden Horizonte, gegenüber der Entfernung Erde-Fixstern verschwindend klein ist.

Die **Deutlichkeit der Rimm** spielt eine große Rolle. In dunkler, mondloser Nacht kann man die Rimm nicht erkennen, mithin auch keine Rimmabstände beobachten. Fixstern- und Planetenhöhen

können daher nur abends und morgens während der Dämmerung gemessen werden, wo sich die dunkle Rimm scharf gegen den helleren Himmel abhebt. Nur Venus und Jupiter, zeitweise auch Mars, sind lichtstark genug, daß sie auch am Tage mittels Fernrohrs gesehen und zu Messungen benutzt werden können.

Bei niedrigem Sonnenstand ist die Rimm oft blendend hell erleuchtet und hebt sich nicht deutlich gegen den ebenfalls hellen Himmel ab, was zu Fehlern Anlaß gibt. Bei diesiger Luft erscheint die Rimm verwaschen, was bedeutende Fehler verursachen kann.

Die **wahre Höhe eines Gestirns** errechnet sich schließlich (Abb. 114) nach der Formel

$$h_w = h_a + NB. - Kt. - R + p \pm q.$$

h_a Rimmabstand des Gestirns, $NB.$ Nullstrichberichtigung des Spiegelsextanten, $Kt.$ Rimmtiefe, R astronomische Strahlenbrechung, p Höhenverschub, q Halbmesser des Gestirns (kommt praktisch nur für Sonne und Mond in Betracht, für die man Gestirnsob- oder Unterrand mißt und dann zur Mittelpunktshöhe übergeht).

Beispiel: Mit dem Spiegelsextanten wurde aus einer Augeshöhe von 8 m der Rimmabstand des Sonnenunterrandes $43^\circ 34'$ gemessen. Wie groß ist die wahre Mittelpunktshöhe? ($NB. = + 2$ Minuten).

Es betragen: Rimmtiefe bei 8 m $AH = 5'$,	
Strahlenbrechung	$= 1'$,
⊙ Halbmesser	$= 16'$,
⊙ Verschub	$= 0,1'$,

folglich

$$h_w = 43^\circ 34' + 2' - 5' - 1' + 16' + 0,1' = 43^\circ 46,1'.$$

Ein Beobachter, der sich in der Augeshöhe AH m über dem Meeresspiegel befindet, z. B. auf dem Brückendeck eines Kriegsschiffes, überblickt einen kreisförmigen Teil der Wasseroberfläche, dessen Halbmesser mit der Augeshöhe zunimmt und **Sichtweite** genannt wird. Für AH in m kann sie berechnet werden nach der Beziehung $e = 1,93 \sqrt{AH}$ sm. Die beobachtete Sichtweite ist jedoch stets größer als die so errechnete aus demselben Grunde, aus dem die wahre Rimmtiefe verkleinert wird. Die Vergrößerung beträgt nach Erfahrung rund $1/13$, so daß also gilt: $e = 2,08 \sqrt{AH}$ sm. Ein Beob-

achter, der gerade mit den Augen aus dem Wasser herausieht, hat überhaupt keine Sichtweite. Sie ist auch noch vom Kommandoturm eines U-Bootes aus gering.

Die Formel $e = 2,08 \sqrt{AH}$ sm gibt zugleich die Entfernung der scheinbaren Kimm für einen Beobachter in der Augeshöhe AH m an.

Die Sichtweite von einem Kriegsschiff hängt davon ab, wie hoch der Beobachter sich über der Wasseroberfläche befindet, bei einer Höhe von 16 m ist die Sichtweite rund 8 sm. Durch den Bord-aufklärer wird die Sichtweite wesentlich vergrößert.

Von einem über Wasser fahrenden U-Boot sieht man zunächst die Mastspitzen des gegnerischen Schiffes. Geht das U-Boot nun auf Sehrobrtiefe, so ist zunächst nichts mehr zu sehen, da die Sichtweite infolge der verringerten Augeshöhe zu klein geworden ist. Das Boot fährt dann unter Wasser auf den Gegner zu.

8. Marineoptische Geräte

A. Signalgeräte

Optische Geräte spielen heute auf einem Kriegsschiff eine sehr große Rolle und sind in beträchtlicher Zahl vorhanden. **Marine-optische Geräte** sind

Signalgeräte (Signallaternen, Signalscheinwerfer (S. 141), Scheinwerfer als Beleuchtungsgeräte, Beobachtungsfernrohre, Seehrohre (insbesondere als U-Boot-Periskope), Zielfernrohre für die Waffen (Geschützziel- und Rundblickfernrohre), Entfernungsmesser (zur Bestimmung der Entfernung eines beliebigen, unzugänglichen Zieles von einem gegebenen Standort aus durch eine einzige, von der Richtung des Instrumentes unabhängige Messung).

Alle vier zuletzt genannten Geräte beruhen auf dem Fernrohr und haben den Zweck, die Sehschärfe zu erhöhen und das Bild dem Beobachter scheinbar näher zu bringen.

Zahlreiche **Signallaternen** dienen an Bord der Kriegsschiffe zum Nachrichtenverkehr von Schiff zu Schiff und zur Kennzeichnung der Lage eines Schiffes gemäß den Vorschriften der „Seestraßenordnung“ und der „Seewasserstraßenordnung.“ Ihre elektrischen Anschlüsse sind in besonderen Schaltkästen vereinigt. Am Tage werden die Signallaternen durch Bälle und Flaggen ersetzt.

Zur **Kennzeichnung der Lage** eines Schiffes sind die Dampferlaterne, die Hecklaterne und die Seitenlaternen, Lichter genannt, vorhanden (Abb. 115).

Die **Dampferlaterne** strahlt von 2 Strich achterlich als dwars über voraus bis 2 Strich achterlich als dwars, erfasst also einen Sektor von 20 Strich (32 Strich = 360° , dwars = querab = 90° zur Mittschiffsrichtung). Bei klarer Luft und dunkler Nacht muß sie 5 sm sichtbar sein. Die Dampferlaterne wird am vorderen Mast angebracht. Schiffe, die länger als 45 m sind, führen noch eine hintere Dampfer-

laterne, auch achteres Richtlicht genannt, die dann 2 m höher als die Dampferlaterne hängt. Der Strahlsektor ist derselbe. Die Dampferlaterne besitzt einen elektrischen Lichteinsatz mit einer 40-Watt-Lampe in klarer Glasglocke.

Die **Hecklaterne** strahlt von 2 Strich achterlich als dwars über achtern bis 2 Strich achterlich als dwars herum, beleuchtet also den Sektor, den die Dampferlaterne frei läßt. Sie wird am Flaggenstock gefahren und muß 2 sm sichtbar sein. Beim Fahren im Verband dient sie zum Entfernungshalten für das nachfolgende Schiff. Eine zweite Hecklaterne befindet sich an den hinteren Aufbauten. Sie

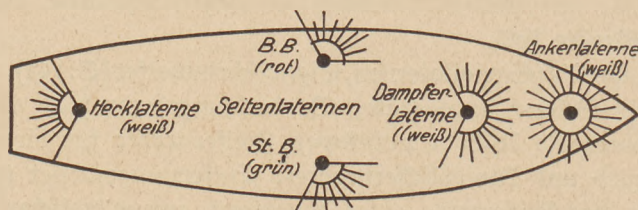


Abb. 115. Signallaternen an Bord eines Kriegsschiffes. Unterlaterne weiß, 2 sm Sichtweite, Topplaterne, weiß, 3 sm Sichtweite, Seitenlaternen, grün, rot, 3 sm Sichtweite, Hecklaterne, weiß, 2 sm Sichtweite.

wird bei Klarschiff in Benutzung genommen, weil dann der Flaggenstock entfernt oder umgelegt ist.

Die **Seitenlaternen**, auch **Positionslaternen** genannt, strahlen von vorn bis jeweils 2 Strich achterlich als dwars und müssen 3 sm sichtbar sein. Sie bezeichnen die Lage des Schiffes während der Fahrt. Sie sind in je einem Laternenhaus an Steuerbord und Backbord auf der Kommandobrücke untergebracht. Das Haus der Steuerbordlaterne besitzt einen grünen, das der Backbordlaterne einen roten Glaseinsatz. Die Laternen sind mit 40-Watt-Lampen ausgestattet.

Die **Rielwasserlaterne** ist am Heck des Schiffes angebracht und wirft ihren Schein schräg nach unten auf das Rielwasser. Wenn Kriegsschiffe in Riellinie abgeblendet fahren, wird dem nachfolgenden Schiff durch Beleuchten des Rielwassers mit der Rielwasserlaterne die Stellung des vorausfahrenden Schiffes angezeigt, damit der Rudergänger sich danach richten kann. Über einen Widerstand kann die Rielwasserlaterne abgedunkelt werden.

Die **Ankerlaternen** sind im Vorschiff am Göschtock und am Heck am Flaggenstock angebracht. Sie zeigen an, daß das Schiff vor Anker oder an der Boje liegt. Sie strahlen rundherum mit einer Sichtweite von 2 sm.

Für den **Nachrichtenverkehr** von Schiff zu Schiff sind die folgenden Signallaternen vorhanden.

fl. Fahrt voraus		langf. Fahrt zurück	
langf. Fahrt voraus		halbe Fahrt zurück	
halbe Fahrt voraus		äußerste Kraft zurück	
große Fahrt voraus		Schiff hat gestoppt	
alle Fahrt voraus		Schiff hat geankert	
äußerste Kraft voraus			

Abb. 116. Nachtfahrtanzeiger.

Der **Nachtsignalapparat** dient zur Übermittlung von Nachrichten nach anderen Schiffen in der Dunkelheit mittels farbiger Gläser. Das Gerät besteht aus dem Signalgeber und den Signallaternen mit dem Kabel. Die Signallaternen sind drei Doppel-laternen, die in Abständen von drei Metern untereinander am vorderen Mast an besonderen Standern geheißt sind. Jede Doppel-laterne enthält zwei 40-Watt-Glühlampen, von denen die obere von einem weißen und die untere von einem roten Glassturz wasserdicht eingeschlossen ist. Die elektrischen Schaltanlagen sind so eingerichtet, daß 14 verschiedene Lichtsignale gegeben werden können.

Der **Nachtfahrtanzeiger** (Abb. 116) dient dazu, die Fahrtstufen

des Schiffes beim Fahren im Verbande bei Nacht anzuzeigen. Das Gerät besteht aus einem auf der Kommandobrücke befindlichen Geber und einem am achtern Mast angebrachten Anzeigegerät, das ein Leuchtrad mit vier Speichen enthält. Das Leuchtrad kann ganz oder teilweise erleuchtet werden. Es ist gegen Sicht nach der Seite abgeschirmt, so daß das Licht nur achteraus fällt.

Die **Führerlaterne** wird von Flaggschiffen und von Flottillenführerbooten geführt und zwar vom Eintritt der Dunkelheit bis zum Hellwerden, gleichgültig, ob das Schiff fährt, gestoppt liegt, vor Anker liegt, an der Boje oder Pier festgemacht hat. Sie ist auf dem Topp des vorderen und hinteren Mastes angebracht und als Doppellaterne ausgeführt. Sie macht das Führerschiff kenntlich und dient zur Beleuchtung des Kommandozeichens. In jeder Laterne brennen 16 Speziallampen mit weißem Licht, wenn das Schiff fährt, und mit rotem Licht, wenn das Schiff vor Anker gehen will, die mit denen der anderen Laterne in Reihe geschaltet sind. Sie können auch zum Signalisieren nach dem Morsesystem verwendet werden.

Die **Ankermanöverlaterne** ist am vorderen Mast über der Führerlaterne angebracht und ist eine Doppellaterne. Die beiden 40-Watt-Glühlampen sind mit goldrubinroten Glassturzen umgeben. Die Laternen zeigen in der Dunkelheit durch ihr Aufleuchten das Zuantergehen oder das Ankeraufgehen, das An- oder Ablegen von der Boje oder Pier des Schiffes an.

Die **Klapplaternen** sind tragbare, mit einer Glühlampe ausgerüstete Laternen, mit denen nach dem Morsesystem signalisiert werden kann. Die Helligkeit der Laternen läßt sich mit verschiedenen starken Milchglasscheiben verändern.

Die **Warnlichter** dienen zum Geben von Gefahrenzeichen, z. B. Torpedo- oder Minengefahr. Sie bestehen aus zwei Laternen, die senkrecht übereinander am Verbindungssteg in 2 m Abstand voneinander gefahren werden. Die Laternen enthalten je eine Glühlampe von 40 Watt, die obere umgibt ein roter, die untere ein grüner Glassturz. Die Lichter werden auf der BB-Seite gefahren. Die Warnlichter haben im Schaltkasten einen Umschalter, mit dem sie wie die Kielwasserlaterne über einen Widerstand verdunkelt werden können.

Die **Steuerlaterne** dient beim Steuern aus dem Kommandoturm als Richtlicht. Sie wird am **G ö s c h s t o c k** befestigt. Sie enthält eine Glühlampe, deren Schein durch einen Schliß in der Laterne nach dem Kommandoturm fällt.

Das **Erkennungssignal** dient zur Unterscheidung zwischen Freund und Feind, hauptsächlich bei Nacht, aber auch am Tage bei schwacher Sicht oder großen Entfernungen. Eine feste NES-Anlage (Nachterkennungssignal-Anlage) besteht aus 6 Lampenketten mit je 5 Lampen und 3 Gebern. Sie wird an der Brückenvorderkante angebracht. Das ES ändert sich alle 24 Stunden. Es wird als Anruf 3 Sekunden lang gegeben, dann muß es beantwortet sein oder man hat den Feind vor sich.

Neben den selbstleuchtenden werden auch **phosphoreszierende Stoffe** vielfach verwendet. Meist werden Zinksulfide benutzt. **Leuchtstreifen** ermöglichen das Ablesen von Meßinstrumenten ohne besondere Beleuchtung auch bei Nacht. Oft setzt man dem Leuchtstoff noch radioaktive Bestandteile zu, wodurch jede **Hilfsbeleuchtung** unnötig wird. Für das U-Boot sind bei Ausfall der Beleuchtung phosphoreszierende Leuchtstreifen von größtem Wert.

Um Blendwirkungen durch helles Scheinwerferlicht zu vermeiden, werden **Mattscheiben** verschiedener Rauheit (Körnung) vor das Gesichtsfeld von Fernrohren gebracht. An der rauhen Fläche geht ein beträchtlicher Teil des Lichtes als **Streulicht** verloren, so daß das störende Blenden verringert wird (Scheinwerferblendglas).

Ferner wird bei verschiedenen optischen Geräten zum Schutz gegen Blendung mittels eines Farbglaswechslers ein **Farbglas** (orange oder dunkelgrau) in den Strahlengang geschaltet. Peilaufsätze von Kompassen erhalten dunkle Farbgläser bei Peilung der Sonne oder bei Peilungen bei blendender Seespiegelung.

B. Scheinwerfer

Scheinwerfer haben die Aufgabe, die Fahrstraße oder Rüste zu beleuchten, Signale zu geben, den Gegner auf See auf große Entfernung hin zu ermitteln und einzusehen, sowie feindliche Flugzeuge zu suchen, zu erfassen und zu verfolgen (Abb. 117). Kriegsschiffe sind deshalb mit mehreren (4 bis 6) Scheinwerfern ausgerüstet.

Für **Marinescheinwerfer** kommen im allgemeinen nur **Parabolspiegel** aus Glas mit Metallrückfläche zur Verwendung.

Sie werden in verschiedenen Größen von 20 cm (Handsignalscheinwerfer) bis 2 m Spiegeldurchmesser benötigt und hergestellt. Sie zeichnen sich durch fehlende *Aber-ration* und *Farbenzerstreuung*, geringe Lichtverluste, hohes Rückstrahlvermögen (bis 87 v. H.) sowie große mechanische und thermische Widerstandsfähigkeit aus.

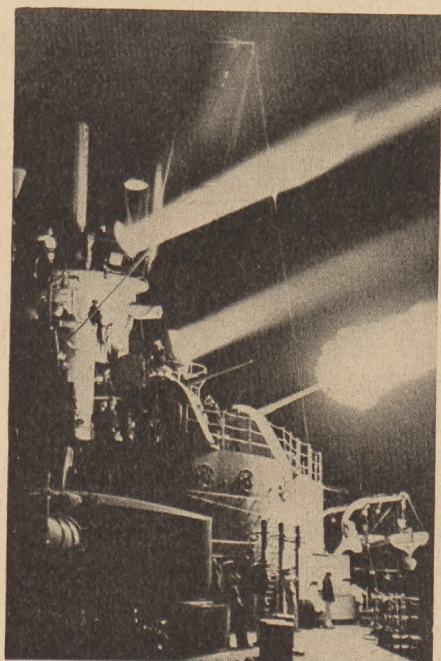


Abb. 117. Nächtliche Fliegerabwehr-Übung an Bord eines Linienschiffes.

Für die Bordscheinwerfer ist die Lichtquelle der Krater einer **Hochleistungsbogenlampe** mit liegend angeordneten Kohlen. Bei geeigneter Wahl der Kohlen und der Stromstärke werden Leuchtdichten bis 100 000 HK/cm² (Stilb, sb) erreicht, d. h., da die Hohlspiegelöffnung dank der Zurückwerfung der Strahlen selbst zur Lichtquelle wird, daß jeder cm² der Spiegelöffnung 100 000 HK ausstrahlt.

Hat also der Scheinwerferspiegel den Querschnitt Q cm² und ist q cm² die Größe der Lichtquelle, so besitzt er die Verstärkungszahl Q/q , die durch Reflexionsverluste auf $\lambda \cdot Q/q$ (λ Reflexionsfaktor) abnimmt. Die Lichtstärke des Scheinwerfers beträgt dann in HK

$$J = \lambda \cdot \frac{Q}{q} \cdot q \cdot B = \lambda \cdot Q \cdot B,$$

wenn B die Leuchtdichte in HK/cm² ist. Der Scheinwerfer erzeugt dann in der Entfernung r m die Beleuchtungsstärke in Lux:

$$E_s = \frac{\lambda \cdot Q \cdot B}{r^2}.$$

Aus dieser Beziehung erkennt man, daß man durch Vergrößern des Querschnitts der Spiegelöffnung und Steigerung der Leuchtdichte der Lichtquelle sehr lichtstarke Scheinwerfer erhält.

Die **Reichweite** des Scheinwerfers, d. h. die Entfernung, bei der die Beleuchtungsstärke am Ziel noch etwa 1 Lux beträgt und in der der an-

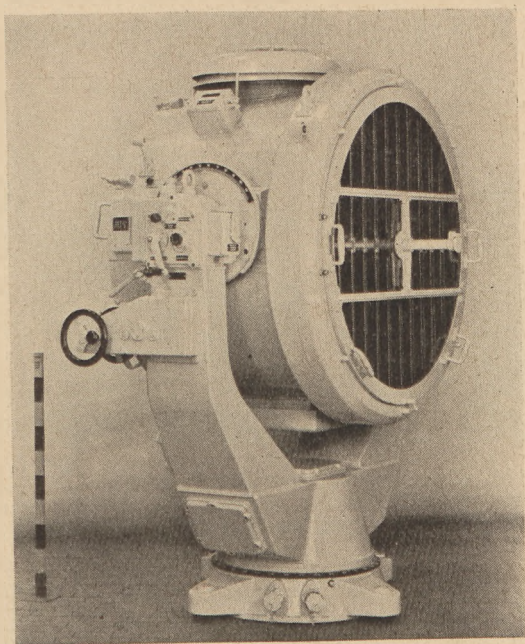


Abb. 118. Marinescheinwerfer, 110 cm Spiegeldurchmesser, vollautomatische Hochleistungslampe, handgesteuert, der Richtmann bedient die Handräder am rechten Seitenständer.

geleuchtete Gegenstand von dem neben dem Scheinwerfer stehenden Beobachter noch wahrgenommen werden kann, wird durch die Trübung der Luft vermindert. Sie sinkt mit zunehmender Dichtigkeit der Luft. Gerade umgekehrt dazu verhält sich die **Sichtweite** eines Scheinwerfers, d. h. die Entfernung, in der sein Licht noch zu sehen ist. Er ist auf um so größere Entfernungen zu sehen, je dichter die Luft ist. Das Schiff verrät durch den Scheinwerfer seinen Standort.

Häufig ist es bei Fernbeleuchtung mit dem Scheinwerfer wichtig, am Ziel eine größere Fläche zu beleuchten, als dem natürlichen Streu-

kegel von etwa 2 bis 4° des Scheinwerfers entspricht. Dies kann man durch seitliches Heraussetzen der Lichtquelle aus dem Brennpunkt erreichen, was jedoch unwirtschaftlich ist. Man bringt daher am Scheinwerfer besondere Streuer, plankonvexe senkrecht stehende Zylinderstreifen, an (Abb. 118). Durch zwei hintereinander geschaltete Zylindersysteme, sogenannte Doppelstreuer, kann man mittels Änderung ihrer Abstände das Maß der Streuung verändern.



Abb. 119. Eine Signalstelle der Kriegsmarine gibt mit Signal-scheinwerfer eine Meldung weiter. Mit dem Prismenglas werden die Zeichen der Gegenseite beobachtet.

Da durch die Erhellung der Staub- und Dunstteilchen in der Luft der Scheinwerferstrahl für die unmittelbar danebenstehende Bedienungsmannschaft undurchsichtig ist, ergeben sich Schwierigkeiten bei der Einstellung. Auch kann der Richtmann das Ziel leicht verlieren. Um die Wirksamkeit des Scheinwerfers als Abwehrwaffe zu steigern, gibt man deshalb diesen Geräten auf Kriegsschiffen eine mechanische oder elektrische Fernsteuerung. Damit der Bordscheinwerfer unabhängig von der Schiffsbewegung wird, ist er meist stabilisiert.

Ein Metallgehäuse, dessen Achse zugleich die optische Achse des Spiegels ist, umschließt das Ganze. Das Gehäuse trägt noch Einrichtungen zur selbständigen Zündung, zur Regulierung der Lichtbogen-Spannung und -Stromstärke, zum Nachschub der Kohlen entsprechend dem Abbrand, zum Einstellen des Kraters in den Spiegelbrennpunkt, sowie Entlüftungs- und Rühlvorrichtungen.

Zu den wichtigsten optischen Signalmitteln gehört der **Signalscheinwerfer**. Er erhält sein Licht von einer im Brennpunkt befindlichen elektrischen Glühlampe. Durch Bewegen einer über die Lampe zu schiebenden Blende oder, bei größeren Ausführungen, durch Bedienen einer Jalousie (Abb. 119) werden die Morsezeichen bei Abgabe eines Morsepruchs bei Tage oder Nacht gegeben. Dabei wird eine Reichweite bis zu 20 km erzielt. Um sich nicht zu verraten, werden nachts kleine Signalscheinwerfer oder Signallaternen benutzt, z. B. verwendet man auch abgeblendete Signallaternen mit einer Reichweite von höchstens 1000 m.

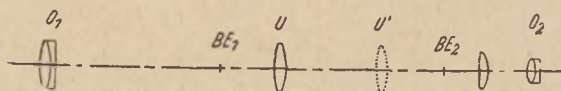
C. Beobachtungsfernrohre

Viele und teilweise sich gegenseitig ausschließende Forderungen werden an die **Beobachtungsfernrohre** gestellt. Sie sollen möglichst klein, leicht, handlich und erschütterungsfest sein, aufrechte, wirkliche und richtig stehende Bilder liefern, gute Plastik besitzen, lichtstark und von großer optischer Leistung sein, beidäugiges Sehen ermöglichen (Doppelfernrohre), großes Gesichtsfeld bei geringer Vergrößerung oder, wie bei den Zielfernrohren, starke Vergrößerung haben, die sprungweise oder besser stetig geändert werden kann, vielfach sollen sie einen großen Augestkreis (Austrittspupille) haben, damit der Beobachter bei den dauernden Schiffsschwankungen die Einstellung nicht verliert und neu auffuchen muß. Großer Augestkreis (AP) hat eine große Ausblicksöffnung (EP) zur Folge, wenn die Vergrößerung V auch noch stark sein soll, sind doch diese wichtigen Größen eines Fernrohres durch die Beziehung $EP = AP \cdot V$ miteinander verbunden.

Das einfache Replersche Fernrohr, das Galileische Fernrohr und das Erdfernrohr erfüllen jeweils nur einen Teil der geforderten Eigenschaften und können nicht ohne weiteres als Beobachtungsfernrohre verwendet werden. Diese sind vielmehr Sonderausführungen, die zu den hervorragenden Leistungen der deutschen optischen Industrie zählen.

Die **Bildumkehr** wird entweder durch Umkehrlinien oder Prismenumkehrsysteme erreicht. Eine sprunghafte **Änderung der Vergrößerung** geschieht durch austauschbare Objektivenlinsen, durch umklappbare Okulare oder durch Verschieben oder Aus-

wechseln von Umkehrlinen (Abb. 120). Eine stetige Änderung der Vergrößerung (pankratische Systeme) erzielt man bei konstanter Länge des Fernrohrs durch veränderliche Brennweite eines Umkehrliniensystems (Abb. 121). Hierzu wird dieses in zwei Teile zerlegt, deren gegenseitige Entfernung sich ändert, wenn das Umkehrsystem auf der Fernrohrachse verschoben wird. Dadurch bleibt die scharfe Abbildung erhalten. Sieht man durch ein solches Fernrohr, so hat man den Eindruck, daß das Objekt sich nähert oder sich entfernt, je nachdem man die Vergrößerung verstärkt oder schwächt.



O_1 Objektiv, O_2 Okular, BE_1 BE_2 Bildebenen.

Abb. 120. Schema eines Fernrohrs mit zwei verschiedenen Vergrößerungen. Die Umkehrlinse gibt in der Stellung U eine stärkere Vergrößerung als in U' .

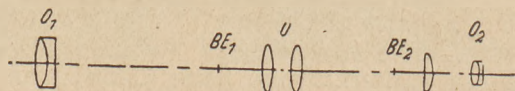


Abb. 121. Schema eines pankratischen Fernrohrs (Fernrohr mit stetiger Änderung der Vergrößerung) von konstanter Länge. Bei Verschiebung des Umkehrsystems U zwischen BE_1 und BE_2 wird der Abstand der beiden Teile U so geändert, daß BE_2 immer scharf in BE_2 abgebildet wird.

Als Beobachtungsfernrohre werden **Doppelgläser** verwendet. Sie unterscheiden sich nur wenig von den Touristengläsern. Es sind Prismenfeldstecher (Replersches Doppelfernrohr mit Porro-System I. Art) und haben 3- bis 18-fache Vergrößerung. Geräte mit großer Austrittspupille dienen als Nachtgläser.

An allen Stellen an Bord, die einen freien Ausguck ermöglichen, sind Doppelgläser mit besonders großem Gesichtsfeld und großer Helligkeit zum Auffuchen eines Ziels fest aufgestellt. Diese Geräte haben eine sehr große Austritts- und eine entsprechende Eintrittspupille, so daß auch die Prismen sehr umfangreich ausfallen. Wegen des großen subjektiven Gesichtsfeldes wird bei entsprechend großem Abstand der Austrittspupille das Okular auch sehr groß. Die Gläser erhalten dadurch ein beträchtliches Gewicht und eignen sich nicht

mehr für den Handgebrauch. Sie werden deshalb auf einem Lagerbock waagrecht und senkrecht frei schwenkbar angebracht.

Da das Doppelglas eine reelle Bildebene besitzt, kann man ein Okular-Mikrometer unterbringen und erhält so das für die Schiffsartillerie wichtige **Strichglas**. Das Okular-Mikrometer (die Strichplatte) ist eine Glasplatte mit einer Teilung der Höhe und Seite nach. Die Teilung nach der Höhe und Seite erfolgt in Teilstrichen, deren jeder 1 schiffsartilleristische Winkleinheit, $\frac{1}{16}^\circ$ oder 1 Strich (S), bedeutet. Diese Teilung ist so gewählt, daß einer Veränderung des Winkels um 1 S bei einer Entfernung von 1000 m eine seitliche Zielversetzung von rund 1,1 m (genau 1,09 m) entspricht.

Zum **Abschätzen** einer noch unbekannten **Zielbreite oder Zielhöhe bei bekannter Entfernung** richtet man die Teilung der Strichplatte so auf das Ziel, daß dieses teilweise oder ganz von der Teilung eingefasst wird. Hat man z. B. das Ziel auf 3000 m ermittelt und findet, daß das linke Ende des Ziels sich mit der Zahl 25 und das rechte mit 0 deckt, so beträgt die Zielbreite $25 \cdot 1,1/1000$ der Entfernung, d. h. 82,5 m. In derselben Weise werden Zielhöhen mit Hilfe der senkrechten Teilung ermittelt.

Ganz allgemein gilt die Beziehung

$$L = \frac{1,1 \cdot T \cdot E}{1000} \text{ m,}$$

wenn T die scheinbare Breite in Teilstrichen und E die Entfernung des Ziels in m ist. An Hand von Weyers Taschenbuch der Kriegsflootten kann aus diesen Angaben der Gegner in vielen Fällen festgestellt werden.

Zum **Abschätzen von Zielentfernungen bei bekannter Zielbreite** stellt man wiederum fest, wieviel Striche rechts und links von 0 auf der Strichplatte durch das Ziel begrenzt werden. Begrenzt es z. B. rechts und links je 22 Striche, so ist die Entfernung zum Ziel bei der

$$\text{Zielbreite } 180 \text{ m nunmehr } E = \frac{180 \cdot 1000}{44 \cdot 1,1} = 3720 \text{ m.}$$

Diese Aufgabe kommt praktisch sehr häufig vor. Sobald ein Schiff seiner Klasse nach ausgemacht ist, kann man aus dem an Bord vorhandenen Weyer die Länge des Schiffes über Alles entnehmen und mit Hilfe

des Doppelglases die Entfernung bestimmen, noch ehe die Entfernungsmesser angelegt worden sind.

Ganz allgemein gilt die Beziehung

$$E = \frac{1000 \cdot L}{1,1 \cdot T} \text{ m,}$$

wenn L die wahre Breite des Zieles in m, T die scheinbare Breite in Teilstrichen ist.

Ist beim Verbandfahren von Zerstörern z. B. der Abstand E befohlen und kennt man die Mastlänge L des Vordermannes, so muß im Fernglas die scheinbare Mastlänge $T = \frac{1000 \cdot L}{1,1 \cdot E}$ Teilstriche eingehalten werden. Eine Abstandsmessung ist dann nicht erforderlich.

D. Sehrohre

Ersetzt man in einem Erdfernrohr das Umkehrsystem durch zwei getrennte Sammellinsen, zwischen denen die Lichtbündel parallel verlaufen, so erhält man ein **Sehrohr**. Wegen seiner Länge kann es als Rohrwandsehrohr zur Untersuchung und Justierung von Geschützrohrseelen (Abb. 122) benutzt werden.

Seine bedeutungsvollste Verwendung findet es als **U-Boot-periskop**. Unter Wasser kann man nicht sehen, so daß auch beim U-Boot Navigation und Angriff das Sehen über Wasser zur Grundlage hat. Die Strahlen werden daher über Wasser durch den Einblickskopf eines Sehrohrs von ungefähr 15 cm Durchmesser und etwa 7 m Länge aufgefangen, treffen auf ein rechtwinkliges Prisma, werden daselbst total reflektiert und verlaufen nun in dem Sehrohr senkrecht nach unten. Sie durchsetzen das Objektiv und die beiden Umkehrlinsen, werden abermals in einem Prisma um 90° abgebogen, um durch das Okular zum Auge zu gelangen (Abb. 123).

Damit die Sehrohre nicht zu dick werden, bringt man in der Nähe der einen Bildebene eine Sammellinse an, die eine zu starke Verbreiterung des Strahlenbündels verhindert.

Das Objektivprisma ist zur Einstellung höher oder tiefer gelegener Punkte um eine Waagerechte drehbar. Das Sehrohr muß eine möglichst große Austrittspupille haben, damit das Auge sie bei Schwan-
kungen des Bootes nicht verliert.

Um Entfernungen schätzen zu können, muß das Bild ungefähr dem entsprechen, das man mit unbewaffnetem Auge erhält. Die Vergrößerung müßte also einfach sein, d. h. das Sehrohr hätte dann keine Fernrohrwirkung, sondern diente nur dazu, unter Wasser zu sehen, was auf der Wasseroberfläche geschieht. Da der Beobachter bei der Fernrohrvergrößerung 1 aber den Eindruck hat, als ob das Bild verkleinert wäre, erhalten die Sehrohre als kleinste Vergrößerung eine eineinhalbfache, bei der das Bild ungefähr denselben

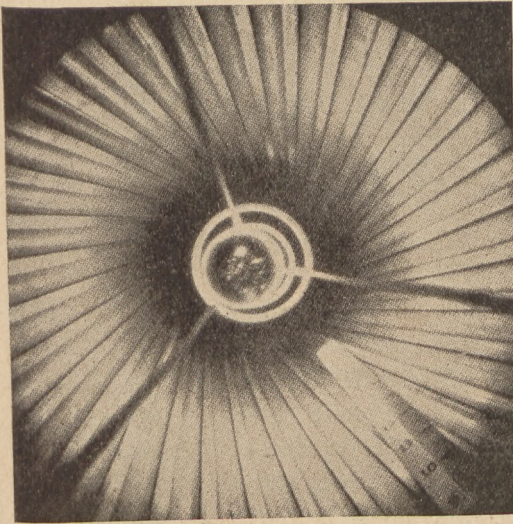


Abb. 122. Blick mit Rohrwand-Sehrohr in ein gezeigtes Rohr, 8,8 cm.

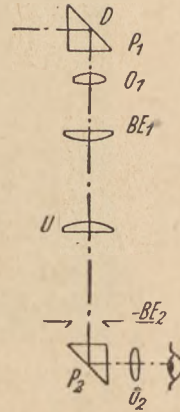
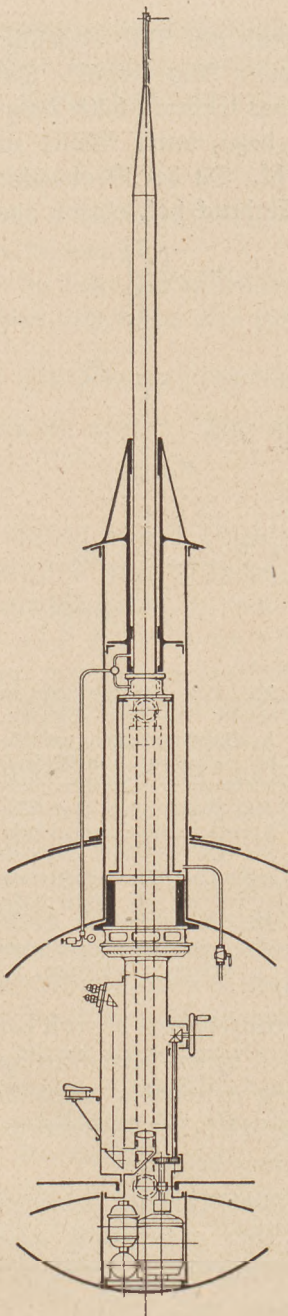


Abb. 123. Strahlengang in einem U-Boot-Sehrohr. P_1 Objektprisma, zur Höhen-einstellung, um Achse D drehbar. O_1 Objektiv. Bei BE_1 Fadent Kreuz oder Mikrometer und Sammellinse, die eine zu starke Verbreiterung des Strahlenbündels verbindet. U Umkehrlinse, BE_2 Bildebene für Objekt und Fadent Kreuz, P_2 Okularprisma, O_2 Okular.

Eindruck macht wie beim freien Sehen. Um Einzelheiten des mit der schwachen Vergrößerung gefundenen Objektes besser betrachten zu können, ist zusätzlich eine starke Vergrößerung notwendig, weshalb das Sehrohr durch umschaltbare Objektive verschiedener Brennweite außer der 1,5- noch eine 6-fache Vergrößerung besitzt.

Das Sehrohr (Abb. 124) wird von zwei Stahlseilzügen getragen und kann mechanisch, hydraulisch, elektrisch oder pneumatisch aus- und eingefahren werden. Den verschiedenen Aufgaben entsprechend



unterscheidet man Beobachtungs- und Navigationssehhöhre mit oder ohne Luftzielbeobachtung, Angriffsehhöhre mit besonders dünnem Oberteil, **Flasche** (Abb. 125) genannt, dessen Durchmesser nur 31 mm beträgt, und Nachsehhöhre von besonderer Lichtstärke und daher bis 80 mm Durchmesser. Das Gewicht eines vollständigen Sehhöhres beträgt etwa 300 bis 400 kg.

Im allgemeinen sind die U-Boote mit einem Angriffsehhohr und einem Luftzielsehhohr ausgestattet. Dieses besitzt eine starke Optik, so daß es auch als Nachsehhohr verwendet werden kann. Der Öffnungswinkel beträgt über 90° . Das Angriffsehhohr ist druck- und wasserdicht durch die Turmdecke geführt. Durch das Sehhohr steht der Kommandant und nur er allein während der Unterwasserfahrt sehend mit der Welt über Wasser in Verbindung (Abb. 126). Das Gesichtsfeld des Sehhöhres beträgt etwa 15° .

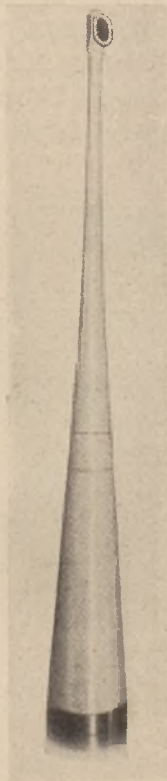


Abb. 125.
Flasche für Angriffsehhohr.

Abb. 124. Längsschnitt durch ein Standsehhohr eines U-Bootes.

Durch Schwenken um eine senkrechte Achse, wobei sich der Beobachter mit drehen muß, kann der gesamte Horizont abgesucht werden. Da das Sehrohr nur ein Objektiv und ein Okular hat, kann der Kommandant

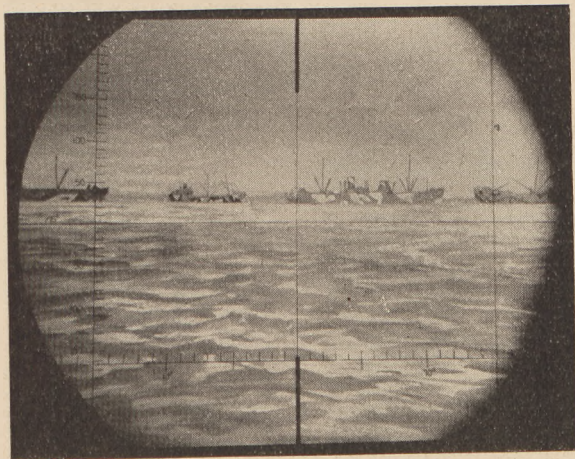


Abb. 126. Blick durch ein Sehrohr auf einen feindlichen Geleitzug.

nicht beidäugig, sondern nur mit einem Auge sehen. Es gehört eine ziemliche Übung dazu, einäugig die Dinge plastisch und richtig zu erkennen und ihre Entfernung richtig zu schätzen, zumal gerade in Feindnähe das Sehrohr nur für Sekunden und nur ganz wenig über die Wasseroberfläche ausgefahren wird.

E. Zielfernrohre

Jedes astronomische Beobachtungsfernrohr kann durch Anbringen einer Zielmarke in der Bildebene zum **Zielfernrohr** umgestaltet werden, wie sie zum direkten Richten der Geschütze nach Seite und Höhe notwendig sind. Die optische Achse wird zur Visierlinie, wenn durch Bewegen des Fernrohres das Fadentkreuz mit dem anvisierten Punkte zur Deckung gebracht worden ist. Bei beweglichen Seezielen muß der **Richtmann** unter seitlicher Schwenkung des Instrumentes beobachten. Größere Geschütze werden mit zwei derartigen Geräten ausgerüstet, wobei das eine die **Seiten-**, das andere die **Höhenrichtung** ermittelt.

Für die Schiffsgeschütze sind wegen der Bewegungen des Schiffes

nur Zielfernrohre mit **großem Gesichtsfeld** zu verwenden. Das Ziel soll bei jeder Beleuchtung erkannt werden können, weshalb eine sehr große Austrittspupille notwendig ist (mindestens so groß wie die Pupille des menschlichen Auges bei stärkster Dämmerung, also mit einem Durchmesser von 5 bis 7 mm). Die Vergrößerung ist im allgemeinen nicht stärker als 1,5-fach.

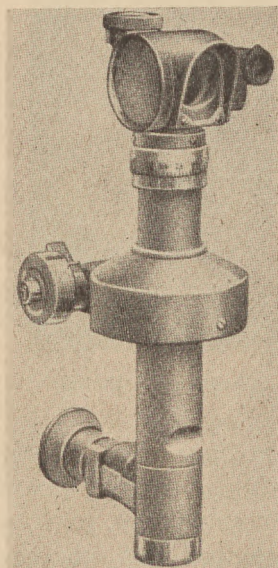


Abb. 127. Äußere Gestalt eines Rundblick- oder Panoramafernrohres.

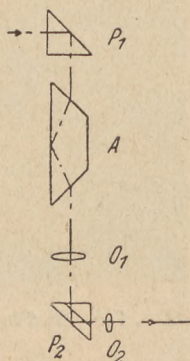


Abb. 128. Strahlen-
gang (schematisch) in
einem Rundblick- oder
Panoramafernrohr
mit Doveprisma A vor
dem Objektiv O_1 . O_2
Okular, P_1 Eintritts-
prisma (drehbar um
eine vertikale Achse),
 P_2 Okularprisma.

Bei den Turmgeschützen der Schiffe ist das Zielfernrohr im Turm untergebracht.

Bei den Kasemattgeschützen liegt das Objektiv oder die Eintrittspupille des Zielfernrohres in der Schießcharte, das Okular befindet sich dagegen am Platz des Richtmannes (Schartenfernrohr). Ein solches **Schartenfernrohr** ist von erheblicher Länge. Zur Bildumkehr dient ein Linsensystem. Die Zielmarke liegt in der vorderen Bildebene, damit die Visierlinie durch Erschütterungen der anderen Fernrohrteile nicht beeinflusst wird. Die stetige Vergrößerung des Zielfernrohres liegt zwischen 4- und 20-fach.

Für direktes und indirektes Richten ist es nötig, daß man mit dem Fernrohr das gesamte Blickfeld von 360° abtasten kann. Dazu stehen in jedem Kommando-stand **Rundblickfernrohre** (Abb. 127). Es sind verkürzte Periskopfernrohre, bei denen das Eintrittsprisma um die vertikale Fernrohrachse um 360° gedreht werden kann. Mit der Drehung des Objektivprismas um die vertikale Achse dreht sich jedoch

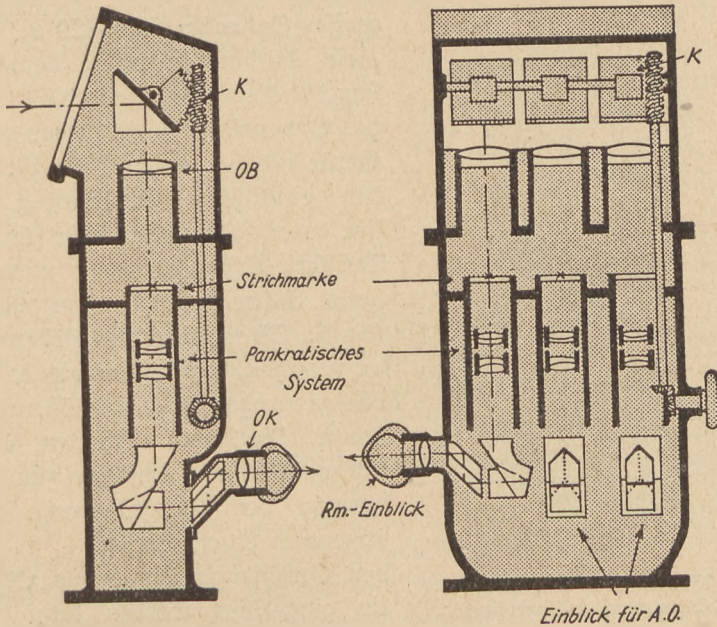


Abb. 129. Schematischer Aufbau eines Richtungsweiser-Sehrohrs.
 K Rippspiegel, normales rechtwinkliges Prisma, OB Objektiv, OK Okular,
 A.O. Artillerie-Offizier, Rm. Richtmann.

zugleich das Bild um die Sehlinie, also um eine waagerechte Achse. Um dieser Bildddrehung entgegen zu wirken, verwendet man meist ein Doveprisma (Abb. 128), das mit dem Objektivprisma so verbunden ist, daß es sich in gleicher Richtung halb so schnell bewegt wie dieses. Dann behält das durch das Fernrohr entworfene Bild seine Lage unverändert bei. Das als Dachkantprisma ausgebildete Okularprisma vertauscht schließlich noch die Seiten, so daß das Bild auch seitenrichtig erscheint. Der Höhenwinkel wird an einer Teilung des

Eingangsprismas abgelesen, der Seitenwinkel ist beim Drehen des Prismas an einer zweiten Kreisskala zu ermitteln.

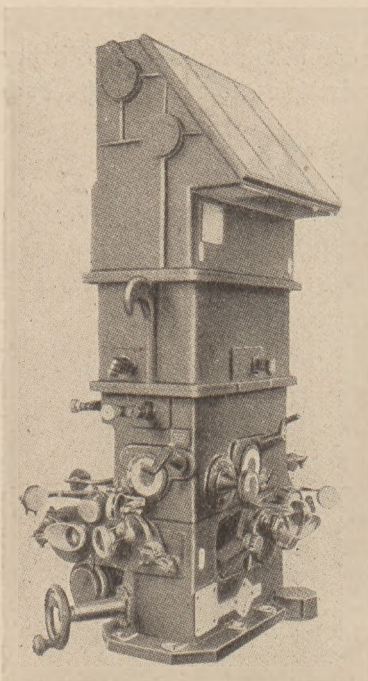


Abb. 130. Äußere Gestalt eines Richtungsweiser-Seerohrs,

Beim indirekten Richten werden alle Geschütze des Kriegsschiffes von einer Zentralstelle gleichzeitig nach Seite und Höhe gerichtet. Das geschieht mit dem **Richtungsweiser-Seerohr** (Abb. 129 u. 130). Sein Aufbau entspricht dem des Rundblickfernrohrs, jedoch fällt hier das Doveprisma fort, da das ganze Gerät drehbar angeordnet ist. In der einfachsten Ausführung besitzt es ein Doppelfernrohr für den Artillerie-Offizier und ein monokulares Instrument für den Richtmann. Ist es mit einem Höhenweiser versehen, so besitzt es ein drittes Richtfernrohr für den Höhenrichtmann. Die Rohre enthalten sämtlich pankratistische Systeme zur Änderung der Vergrößerung und außerdem einen Linsensatz, der in den Strahlengang vor das Objektiv eingeführt werden kann und weitere Vergrößerungen hervorruft.

Einschaltbare Farbgläser verhüten Blendwirkungen und steigern die Kontraste. Eingebaute Stabilisierungsvorrichtungen gleichen die Schiffsbewegungen aus, so daß das Ziel immer im Fadentkreuz bleibt.

F. Entfernungsmesser

Beim Anblick eines Kriegsschiffes fällt das **Entfernungsmessgerät mit großer Basis** ganz oben am vorderen Marsleitstand auf. Tatsächlich spielen Entfernungsmessgeräte für die Aufgaben der Kriegsschiffe eine ganz bedeutende Rolle.

Die optischen Entfernungsmessgeräte liefern die Entfernung

auf der Grundlage des **trigonometrischen Meßverfahrens**. Wenn man die Endpunkte einer Strecke bekannter Länge (Basis) mit dem Standort des Beobachters oder dem Zielort als dritten Punkt verbindet, entsteht das Meßdreieck, dessen Winkel an der Basis oder am Ziel gemessen werden. Daraus kann man die beiden Dreiecksseiten errechnen, die bei sehr kleinem Winkel am Ziel praktisch gleich sind und unmittelbar die Entfernung darstellen. Die trigonometrische Entfernungsmessung läuft somit auf eine reine Winkelmessung hinaus, die durch den Entfernungsmesser erfolgt.

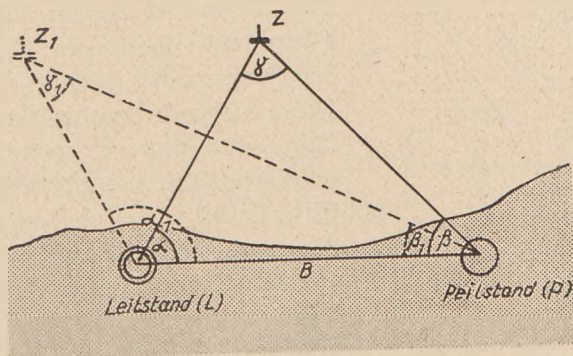


Abb. 131. Zweistands-Entfernungsmessung mit langer Basis.

Man unterscheidet Zielwinkel- und Standwinkel-Entfernungsmesser, je nachdem die bekannte Basis am Ziel oder am Standort des Beobachters liegt. Bei den **Standwinkel-Entfernungsmessern** unterscheidet man wiederum **Zweistand-** und **Einstand-**Entfernungsmesser, je nachdem die Winkelmessung an den Endpunkten der Basis getrennt vorgenommen wird (zwei Meßmänner und Nachrichtenverbindung erforderlich) oder in einem einzigen Gerät vereinigt ist (ein Meßmann erforderlich).

Der Nachteil der Zweistand-Entfernungsmesser liegt in der Schwierigkeit der gleichzeitigen Zielaufnahme beider Stände. An Bord der Kriegsschiffe kommen nur Einstand-Entfernungsmesser zur Anwendung, während die Zweistand-Entfernungsmessung für die Küstenartillerie wichtig ist.

Bei dem **Zielwinkel-Entfernungsmesser** liegt die bekannte Basis am Ziel, z. B. die Länge eines Schiffes. Es wird der Winkel

gemessen, unter dem dem Beobachter die Basis erscheint. Jedes Doppelglas, das eine **Strichplatte** (S. 143) enthält, ist als Zielwinkel-Entfernungsmesser brauchbar.

Die **Zweistand-Entfernungsmesser** (Abb. 131) werden bei sehr langen, oft viele km betragenden Basen (Rüstenstationen der Marineartillerie) benutzt und deshalb auch **Langbasisgeräte** genannt. An einem Ende der Basis wird der Hauptstand, am anderen der Neben-(Zeit-, Peil-)stand errichtet. Beide Stationen ermitteln die

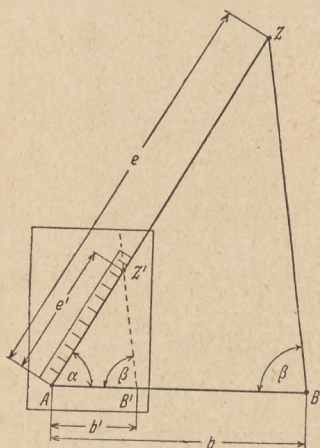


Abb. 132. Schema des Meßdreiecks $A B' Z'$, aus dem die gesuchte Entfernung entnommen wird. $A B$ konstante Basis, $\alpha \beta$ mit Theodolit gemessene Winkel nach dem Ziel Z .

Winkel zwischen Ziel und Gegenstelle. Die Meßwerte werden elektrisch zum Hauptstand übertragen, wobei man den Fernsprecher benutzt oder sich des Folgezeigerprinzips bedient. Hierbei läuft ein Lichtpunkt unter der Kreisteilung entlang und gibt den jeweiligen Einstellwinkel des Nebengerätes an. Am genauesten wird die Winkelmessung mittels Theodoliten. Aus der bekannten Basis und den beiden gemessenen Basiswinkeln wird die gesuchte Entfernung des Ziels mittels eines **Meßdreiecks** (Abb. 132) ermittelt. Dieses besteht aus drei verstellbaren Leisten mit Maßeinteilung (1 cm = 100 m), womit man ein dem natürlichen Dreieck ähnliches rasch nach-

bildet, um ihm die Entfernung zu entnehmen.

Hochstand-Entfernungsmesser arbeiten ähnlich, nur ist die Basis vertikal gerichtet. An Steilküsten bewährt sich dieses Verfahren gut.

Als **Einstand-Entfernungsmesser** sind verschiedene Geräte entwickelt worden, die als **Teilbild- und Raumbild-Entfernungsmesser** bezeichnet werden, wobei das Teilbildgerät als Schnittbild- oder Rehrbildgerät gebaut sein kann. Allen ist gemeinsam, daß sie den Winkel am Ziel, unter dem die Basis vom Ziel aus erscheint, messen. Da dieser Winkel sehr klein ist (einige Minuten), müssen die Entfernungsmesser sehr genau arbeiten und eine beträchtliche Vergrößerung besitzen.

Beim **Teilbild-Entfernungsmesser** (Abb. 133) treffen die vom Ziel ausgehenden Strahlen auf zwei an den beiden Endpunkten der Basis aufgestellte Pentagonalprismen und werden von diesen, senkrecht zu ihrer Richtung, in die Objektive zweier Fernrohre reflektiert. In der Mitte der Basis treffen sie auf ein kompliziert gebautes **Scheidprisma** und treten durch ein Okular aus, wobei der eine der Strahlen nur in die untere, der andere in die obere Hälfte des Gesichtsfeldes des Okulars reflektiert wird. Man erblickt dann

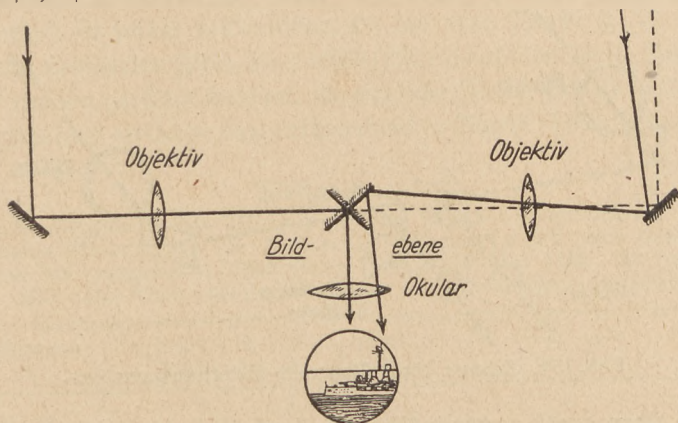


Abb. 133. Schema eines Teil- oder Schnittbild-Entfernungsmessers mit Spiegeln anstatt der wirklich benutzten Prismen.

in diesem zwei sich gegenseitig ergänzende Teilbilder desselben Zieles, die im allgemeinen je nach der Entfernung des Zieles verschieden stark gegeneinander verschoben sind, da bei endlicher Entfernung des Zieles die beiden Strahlenbüschel nicht parallel zueinander einfallen (**Schnittbild-Entfernungsmesser**).

Indem man auf der einen Seite einen kleinen Glasteil von veränderbarem Winkel in den Strahlengang bringt, erteilt man dem einen Büschel eine solche Ablenkung, daß die beiden Teilbilder so übereinander zu liegen kommen, daß sie sich zu einem einheitlichen Bilde ergänzen. Die Größe des Keilwinkels ergibt bei bekannter Basis die Entfernung. Kehrt man das obere Halbbild um und beobachtet, wann irgend ein hervorstechender Teil des Zieles in dem einen Bild genau in die Verlängerung des anderen paßt, so hat man einen **Kehrbild-Entfernungsmesser**.

Der Raumbild-Entfernungsmesser beruht darauf, daß das Auge zwar absolute Entfernungen nur unvollkommen bestimmen kann, hingegen in bezug auf Entfernungsunterschiede sehr empfindlich ist. Er besteht aus einem Doppelfernrohr, dessen Achsen zweimal um 90° gewinkelt sind. Die an den Köpfen durch die Ab-schlußfenster in das Außenrohr eintretenden Zielstrahlen werden an Winkelspiegeln oder Pentagonaprismen um 90° abgelenkt und gelangen durch Objektive in das Innenrohr. Die zweite Ablenkung

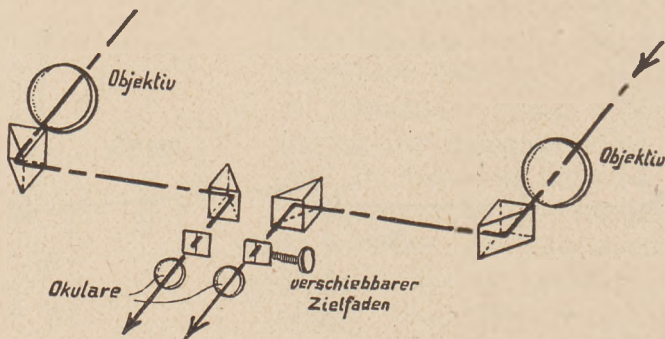


Abb. 134. Schema eines Raumbild-Entfernungsmessers.

erfolgt über zwei rechtwinklige Dachprismen, nach deren Durch-sehung die Zielstrahlen durch die Okulare das Gerät wieder ver-laffen (Abb. 134).

Die Vereinigung der beiden in das linke und das rechte Auge gespiegelten Bilder erfolgt im Gehirn des Beobachters. Durch die Verschmelzung dieser Bilder entsteht wie bei jedem Doppelfernrohr ein räumliches Bild des Zieles. Wird nun außer dem Spiegelbild in beide Gesichtsfelder noch eine Meßmarke so abgebildet, daß der Winkel am Ziel für diese Meßmarke Null ist, so vertritt sie ein in der Entfernung Unendlich befindliches Ziel. Ein Ziel in endlicher Ent-fernung erscheint um so näher, also um so mehr räumlich vor der Meßmarke, je kürzer seine Entfernung vom Standort des Beobachters oder je größer sein Winkel am Ziel ist. Durch ein optisches Ab-lenkungssystem wird das Ziel räumlich in die Entfernung der Meß-marke gebracht. Die dazu erforderliche Änderung des Ablenkungs-winkels der Meßeinrichtung ist gleich dem Zielwinkel, woraus die gesuchte Entfernung folgt.

Statt einer Meßmarke wird meist eine ganze Skala von Meßmarken in den Bildebenen der Okulare des Entfernungsmessers angebracht. Sie erscheinen als eine in die Ferne führende Straße mit Kilometersteinen, neben denen die entsprechenden Entfernungen stehen. Im allgemeinen sind sie zickzackförmig untergebracht, um die Gesamtleiter auf einen engen Raum zu beschränken. Der Beobachter sieht die Skala über dem Landschaftsbild schweben.

Die Marke wird vom Auge in die Landschaft verlegt und die Rauntiefe ist sofort bestimmbar, da die eine Marke (z. B. 200 m) vor dem anvisierten Ziele, die nächste (250 m) dahinter liegt. Zwischenwerte müssen geschätzt werden. Bewegliche Ziele, Schiffe und Flugzeuge scheinen zwischen den entsprechenden Marken hindurchzufahren.

Meßgenauigkeit

von Entfernungsmessern in Mindestfehlern bei 28-facher Vergrößerung. Die entsprechenden Mindestfehler für 18-fache Vergrößerung erhält man durch Multiplikation der angegebenen Mindestfehler mit 28/18 oder 14/9. Die praktischen Meßfehler können bis zum Dreifachen der Mindestfehler anwachsen.

Entfernung m	Basis 4 m Fehler m	6 m m	8 m m	10m m
1 500	1,0	—	—	—
2 000	1,7	1,2	—	—
2 500	2,7	1,8	1,4	—
3 000	3,9	2,6	2,0	1,6
4 000	6,9	4,6	3,5	2,8
5 000	10,8	7,2	5,4	4,3
6 000	15,6	10,4	7,8	6,3
7 000	21,2	14,1	10,6	8,5
8 000	28	19	14	11
9 000	35	23	17	14
10 000	43	29	22	18
15 000	98	65	49	39
20 000	173	115	86	69
30 000	390	260	193	156
40 000	—	462	346	227
50 000	—	720	540	433

Der Entfernungsmesser gibt bei vorschriftsmäßiger Einstellung durch den Meßmann nur dann die wahre Entfernung an, wenn der Winkel am Ziel unverfälscht im Instrument zur Darstellung kommt. Daher muß das Gerät justiert werden.

An Bord der deutschen Kriegsschiffe wird nur der Raumbildentfernungsmesser verwendet, da er den anderen überlegen ist. Das Raumbildverfahren ist unabhängig von Gestalt und Begrenzung des Ziels, weitgehend unabhängig von der Lage des Ziels, in der Dämmerung und bei Nacht brauchbar (da die Meßmarken durch eine Lichtquelle beleuchtet werden können) und entspricht, da zweiäugig, der natürlichen Beobachtungsweise mit beiden Augen. Es führt daher nicht so schnell zu Ermüdungen. Der Meßmann muß allerdings einen Sinn für Tiefenverhältnisse haben, d. h. er muß räumlich sehen können. Aus diesem Grunde ist nur sorgfältig ausgewähltes Personal brauchbar.

Der erste Raumbildentfernungsmesser mit 1,5 m Basis, Wandermarke und eingebauter Justierung wurde 1906 in die deutsche Kriegsmarine eingeführt. Im Weltkrieg wurden Geräte mit 3 m Basis und 25-facher Vergrößerung benutzt. Sie waren den englischen Schnittbildgeräten überlegen. In der Skagerrakschlacht eröffneten zu Beginn der Kreuzerschlacht die deutschen Schiffe das Feuer mit größter Schußweite. Erst danach setzte das Feuer der englischen Schiffe ein, die infolge ihrer unterlegenen Entfernungsmesser nicht in der Lage waren, die etwas größere Reichweite ihrer Geschütze auszunutzen.

Um die Meßfehler klein zu halten, ist die Basis des Entfernungsmesser mit den wachsenden Schußweiten der Schiffsartillerie immer größer geworden. Heute gibt es Einstandentfernungsmesser mit 3, 6, 8, 10 und sogar 12 m Basislänge.

Die Genauigkeit der Entfernungsmessung hängt subjektiv von dem räumlichen Sehvermögen des Meßmannes ab und ist durch die Herstellungsgüte des Instrumentes begrenzt. Objektiv hängt die für ein Gerät zu erreichende Meßgenauigkeit von den optischen Größen des Geräts, der Basislänge und der Vergrößerung sowie von der Zielentfernung ab in der Weise, daß die Meßfehler mit dem Quadrat der Entfernung zunehmen. Der Meßfehler kann daher nicht ohne Bezugnahme auf die absolute Entfernung in v. H. der Entfernung angegeben werden.

9. Magnetismus

A. Erdmagnetismus

Magnetismus und Kriegsmarine stehen in besonders engen Beziehungen zueinander, was auf die schon seit Jahrhunderten bekannte Ausnützung des Erdmagnetismus im **Magnetkompaß** zurückgeht. Wenn dieser auch an Bord der großen und mittleren Kriegsschiffe seit 1911 durch den **Kreiseltkompaß** (Bd. II) ersetzt worden ist, so befinden sich doch auch heute noch Magnetkompassse zusätzlich an Bord aller Kriegsschiffe. Sie werden laufend überwacht und müssen immer betriebsklar sein, damit durch Vergleich mit dem Kreiseltkompaß festgestellt werden kann, ob dieser ausgefallen ist.

Die Schnellboote, alle kleinen Fahrzeuge und die Rettungsboote sind nur mit Magnetkompassen ausgerüstet. Auch zahlreiche Handelsschiffe, die in Kriegszeiten für die Kriegsmarine fahren, sind mit Magnetkompassen ausgestattet. So kommt es, daß der Magnetismus und ganz besonders der Erdmagnetismus in der Kriegsmarine große Beachtung findet, denn ein absolut zuverlässiger Richtungsweiser ist das wichtigste Instrument für jede Navigation, und der Magnetkompaß ist der einzige Richtungsweiser, der sein Richtvermögen in sich selbst trägt. Soll die Richtungsangabe des Magnetkompasses so genau wie möglich und der Magnetkompaß ein vollkommenes nautisches Instrument sein, so müssen die erdmagnetischen Verhältnisse auf See genau erforscht und die konstruktive Durchbildung des Kompasses muß den mannigfachen Anforderungen des Bordbetriebes gewachsen sein.

Für den Gebrauch des Magnetkompasses ist die **Deklination**, seemännisch **Ortsmißweisung** (Abb. 135) genannt, von größter Wichtigkeit, denn eine eingeschwungene Magnetnadel zeigt in eisenfreier

Umgebung nicht nach r e c h t w e i s e n d (rw.) Nord, sondern nach m i ß w e i s e n d (mw.) Nord.

Die Ortsmizweisung ist der horizontale Winkel zwischen der rw. und mw. Nordrichtung am Ort des Kompasses. Sie zählt positiv oder östlich, wenn die Magnetnadel nach Osten vom rw. Meridian abgelenkt wird, hingegen negativ oder westlich, wenn die Ablenkung

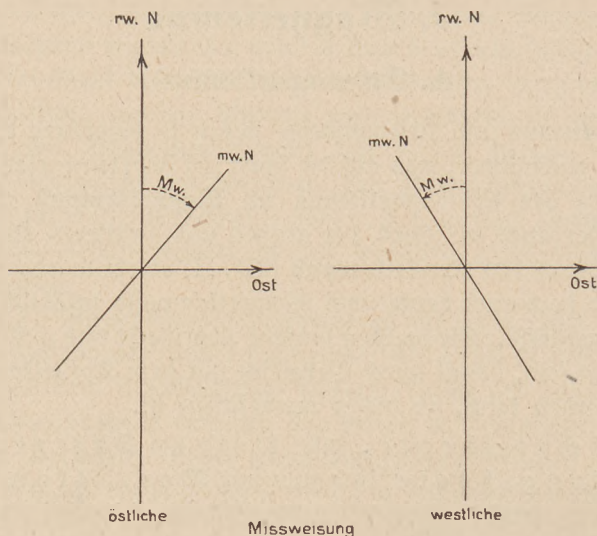


Abb. 135. Östliche und westliche Mizweisung.

nach Westen vom rw. Meridian erfolgt. Es ist dann $\text{rw. Kurs} = \text{mw. Kurs} + \text{Mizweisung}$. Die Werte der Mizweisung sind in Form von Mizweisungsrosen (Abb. 136) auf jeder Seekarte angegeben.

Die Ortsmizweisung ist auf der Erde von Ort zu Ort verschieden, weshalb ihr Wert durch Messungen gefunden und laufend überwacht werden muß. Sie zeigt außer einer verhältnismäßig starker Säkularvariation auch tägliche Schwankungen und ist sehr empfindlich gegen örtliche Störungen des erdmagnetischen Feldes.

Die Säkularvariation der Mizweisung beträgt in den deutschen Gewässern rund $0,2^\circ$ nach Osten zu. Aus diesem Grunde müssen die erdmagnetischen Karten und die Mizweisungsangaben in den Seekarten und Seehandbüchern laufend überwacht werden. Nach einigen Jahren sind diese Angaben veraltet. Die Seekarten er-

halten einen Vermerk, für welches Jahr die angegebene Mißweisung gilt und den Betrag der jährlichen Änderung.

Die tägliche Schwankung der Mißweisung beträgt in Hamburg 12 bis 25 Minuten. Für den praktischen Gebrauch des

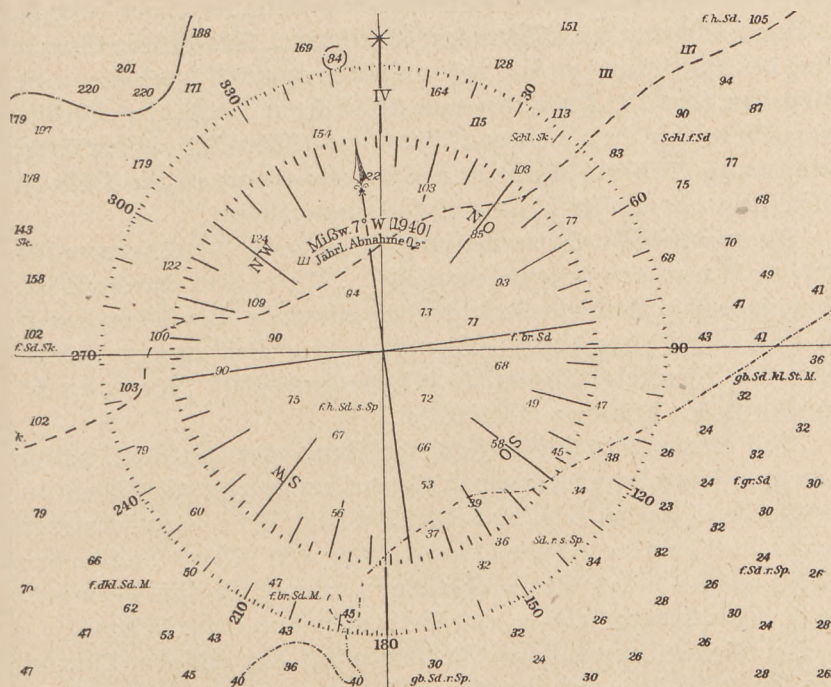


Abb. 136. Mißweisungsrose für 1940 aus einer Seekarte. Die jährliche Abnahme der Deklination beträgt an dieser Stelle $0,2^\circ$. (Die schrägen Ziffern bedeuten Wassertiefe in m. Die Abkürzungen geben Aufschluß über die Beschaffenheit des Meeresbodens. *M* Muscheln, *Schl* Schlamm, *Sd* Sand, *Sk* Schlick, *Sp* Sprenkeln, *St* Steine, *br* braun, *dkl* dunkel, *f* fein, *gb* grob, *h* hell, *r* rot, *s* schwarz).

Magnetkompasses wird sie vernachlässigt. Es genügt daher, die Mißweisung wegen ihres sonnentägigen Ganges auf Beihntelgrade und nicht auf Minuten genau anzugeben.

Zu bestimmten Zeiten, insbesondere bei großen Polarlichtentfaltungen, treten unperiodische Schwankungen der Mißweisung auf. Während des großen erdmagnetischen Sturmes am Osterjonnabend 1938 schwankte die Mißwei-

fung um volle 5 Grade. Die Dauer dieser Störung war auf Stunden beschränkt.

Wesentlich bedeutungsvoller sind die örtlichen Störungen der Mißweisung auf der Erde. Man kennt eine ganze Reihe von Gebieten unsicherer Mißweisung, woran besonders die Ostsee reich ist, z. B. am Eingang zum Finnischen Meerbusen. Aus diesem Grunde muß die Mißweisung an sehr vielen Stellen ermittelt werden, um die **Isogonen** oder **Mißweisungsgleichen**, d. h. die Verbindungslinien der Orte gleicher Mißweisung (Abb. 137) auf der Erde, zeichnen zu können. Es ist unzulässig, die Isogonen von Küste zu Küste über das Wasser hinweg einfach zu verbinden.

Die **magnetische Seevermessung** ist Aufgabe der Kriegsmarine und wird von dem Vermessungsschiff „*Meteor*“ durchgeführt. Amerika besaß für diese Aufgabe das eisenfreie Vermessungsschiff „*Carnegie*“, das jedoch 1931 verbrannte. Seit einigen Jahren steht das eisenfreie magnetische Vermessungsschiff „*Recluse*“ im Dienst der britischen Admiralität.

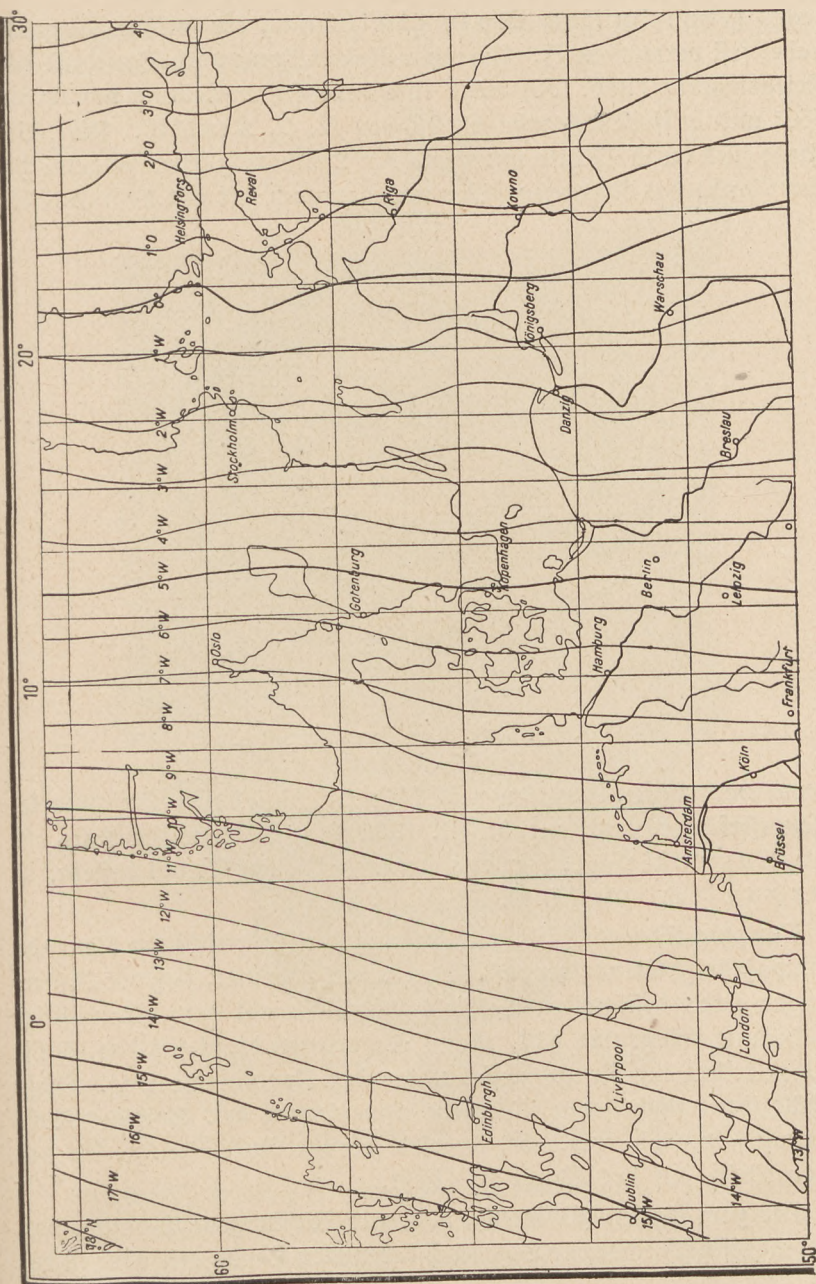
Auf See werden **Mißweisungsbestimmungen** angestellt, indem man auf Flößen je einen Kompaß aufbaut, um von den Einflüssen des Schiffseisens frei zu sein, und den Unterschied zwischen der rechtweisenden Peilung und der Magnetkompaßpeilung der Sonne oder eines anderen Gestirns bestimmt. Es ist dann $\text{Mißweisung} = \text{rw. Peilung} - \text{mw. Peilung}$.

Bei allen erdmagnetischen Messungen auf See muß der Ort, an dem sie stattfinden, auf eine Seemeile genau bekannt sein. Es ist deshalb eine sorgfältige **Schiffsortsbestimmung** mit jeder magnetischen Messung verbunden.

B. Schiffskompaß

An Land kennt man den Magnetkompaß als sog. **Land- oder Dosenkompaß**. Er trägt die feste Teilung am Rand, über der die Magnetnadel als Zeiger spielt. Für den Gebrauch an Bord kommt er nicht in Betracht, weil die Abschätzung der Kurse unmöglich ist. Soll das Schiff nach Nordost fahren, so würde die Nadel nach links abweichen, also dorthin, wo man Nordwest vermutet.

An Bord der Schiffe kennt man den Magnetkompaß nur als den sog. **Schiffskompaß**. Er trägt auf einem freisunden Blatt (Rose) die



266. 137. Linien gleicher Mitgeweiung für 1935.

rechts herum bezifferte Rosenteilung, die mit der Magnetnadel fest verbunden ist. Die neue Rosenteilung nach Vorschrift der Kriegsmarine (Abb. 138) trägt eine deutliche 2°-Teilung von 0° bis 360° und auffallend große Buchstaben N, O, S und W. Die 45°-Kurse sind durch Punkte unterhalb der 2°-Teilung kenntlich gemacht. Am Rande des Kompaßgefäßes und demnach fest mit dem Schiffs-

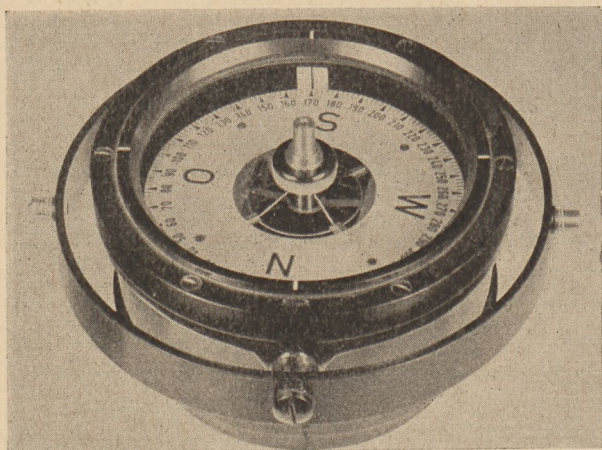


Abb. 138. Rose eines Bootskompasses.

körper verbunden, ist genau mittschiffs (Kiellinie) eine Strichmarke, **Steuerstrich** genannt, angebracht. Mit ihm liest man den Kurs ab. Der Kompaßkessel, der aus unmagnetischem Metall besteht, ist *kardanisch* aufgehängt.

Der zum Steuern, d. h. zur Messung der Fahrtrichtung dienende Kompaß heißt **Steuerkompaß**. Kurssteuern bedeutet, daß der Rudergänger einen bestimmten Teilstrich der Rose mit dem Steuerstrich in Deckung bringt und hält. Beim Ruderlegen dreht sich das Schiff und mit ihm der Kompaßkessel unter der Kompaßrose weg. Diese behält ihre mißweisende Nordlage unverändert bei. Soll der Kurs Nordost sein, d. h. mw. 45°, so wird solange Ruder gelegt, bis der Steuerstrich auf der Marke NO steht.

Der zum Peilen (Visieren), d. h. zur Richtungsbestimmung von dem Schiff nach einer der Lage nach bekannten Landmarke oder einem

Seezeichen dienende Kompaß heißt **Peilkompaß**. Er trägt dazu eine Peilvorrichtung, **Aufsatz**, wie es Abb. 139 zeigt.

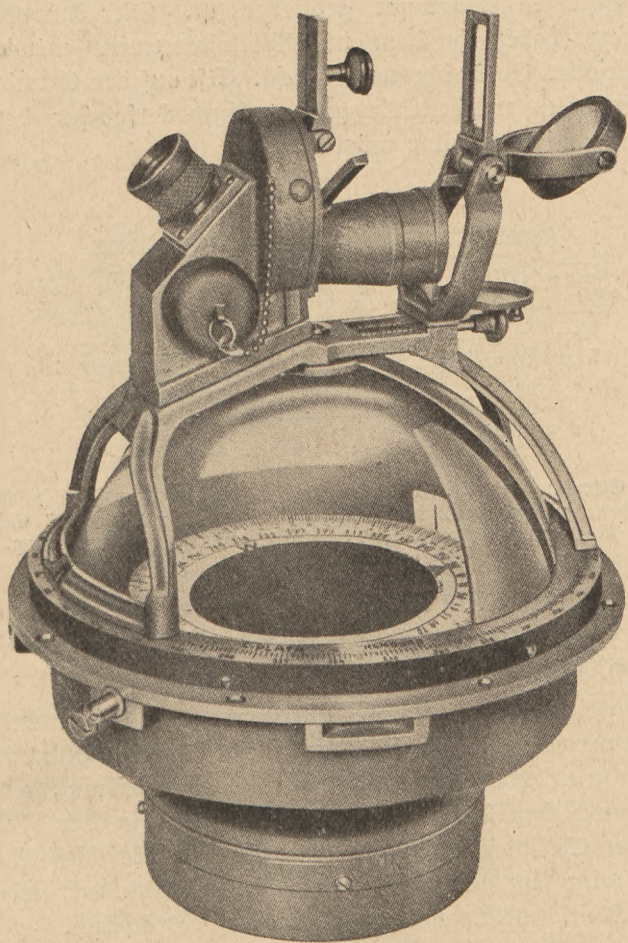


Abb. 139. Schnellboots-Kompaß mit Aufsatz.

Man sieht unten den Beschwerungskörper. Die Rose ist sehr klein (wenige cm Durchmesser) und wird durch den vollständig mit Flüssigkeit gefüllten Kugellkörper stark vergrößert. Auf der Halbkugel sieht der Aufsatz oder Peildioptr.

Der Schiffskompaß ist nicht, wie oft angenommen wird, von den Chinesen erfunden worden. Diese sind über den Landkompaß nicht hinausgekommen. Die erste Erwähnung des Schiffskompasses

stammt aus dem Jahre 1180, und zwar aus Europa, und es ist sicher, daß die **Nordländer** ihn erfunden haben, wenn auch der **Erfinder des Schiffskompasses** unbekannt geblieben ist. Die Anwohner des Mittelmeeres haben ihn dann im Mittelalter weiter entwickelt und ein industrielles Gerät daraus gemacht. Erst auf der Grundlage des Schiffskompasses wurden die großen Entdeckungsfahrten der Nordländer und im Mittelalter möglich.

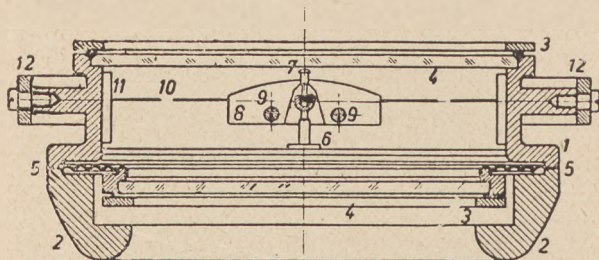


Abb. 140. Schwimmkompaß. 1 Kompaßkessel, 2 Bodengewicht, 3 Deckelringe, 4 Glascheiben, 5 Ausdehnungsfalten, 6 Steinträger, 7 Pinne, 8 Schwimmer, 9 Magnete, 10 Kompaßrose, 11 Steuertrich, 12 Kardanring.

Nach der Konstruktion unterscheidet man **Trocken- und Schwimmkompass**, je nachdem der Kompaßkessel mit Luft oder einer Flüssigkeit ausgefüllt ist.

An Bord der Kriegsschiffe wird nur der **Schwimmkompaß** (Abb. 140) verwendet. Bei diesem trägt ein auf einer Pinne sitzender **Schwimmer** die Magnetnadel mit der Rosenteilung, so daß das Gewicht durch den Auftrieb des Schwimmers in der Flüssigkeit zum größten Teil von der Pinne abgehoben ist. Auf diese Weise erreicht man eine sehr geringe Reibung an der Pinne und steigert die Empfindlichkeit des Magnetkompasses ganz beträchtlich.

Ein weiterer großer Vorteil des Schwimmkompasses liegt in der größeren Ruhe, worunter man die Eigenschaft versteht, eine einmal angenommene Lage bei Erschütterungen, Manöverfahren und dergl. beizubehalten und nach Verlassen der Ruhelage schnell wieder in sie zurückzukehren. Durch die überaus wirksame Flüssigkeitsdämpfung kommt es bei Auffuchen der Ruhelage nur zu 2 bis 3 Schwingungen. Allerdings sind größte Empfindlichkeit und größte Ruhe Eigenschaften,

die physikalisch einander widersprechen. Aus diesem Grunde sind alle Konstruktionen nur bestmögliche Näherungslösungen.

Der Magnetkompaß ist an Bord der Schiffe Erschütterungen ausgesetzt. Die ununterbrochenen Schiffserzitterungen steigern sich auf Motorschiffen derart, daß Magnetkompassse üblicher Konstruktion unbrauchbar werden. Aus diesem Grunde sind besondere **Motor-schiffskompassse** (Abb. 141) entwickelt worden, die auch für die Schnell-

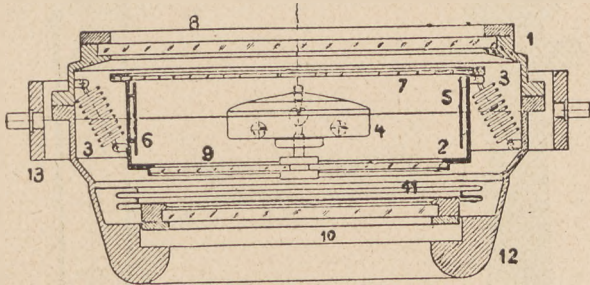


Abb. 141. Motorschiffskompaß von Plath. 1 Äußerer Kompaßkessel, 2 innerer Kompaßkessel, 3 Aufhängefedern des Innentessels, 4 Schwimmer, 5 Kompaßrose, 6 Steuerstrich, 7 Glasdeckel des Innentessels, 8 Glasdeckel des Außentessels, 9 Glasboden des Innentessels, 10 Glasboden des Außentessels, 11 Ausdehnungsfalten, 12 Beschwerung des Kessels, 13 Kardanring.

boote verwendet werden. In einem kardanisch aufgehängten äußeren Kompaßkessel ist ein nach oben und unten federnder zweiter Kompaßkessel angebracht. Der äußere Kessel ist mit einer Flüssigkeit gefüllt. Die Rose wird auf diese Weise vor Stößen und Beschleunigungserscheinungen jeder Art geschützt.

In eisenumbauten Räumen wird das erdmagnetische Feld beträchtlich abgeschirmt. Im Innern der U-Boote und der Türme auf den Kreuzern und Schlachtschiffen versagt deshalb der Magnetkompaß, denn die wirksame Feldstärke geht bis auf 0,3 des normalen Wertes herunter. Hier ist der Kreiselkompaß am Platze. Man hat aber auch **Sichtbildkompaßanlagen** (Abb. 142 u. 143) für U-Boote entwickelt, die als **R e s e r v e k o m p a ß** mitgeführt werden. Bei diesen befindet sich das **M a g n e t n a d e l s y s t e m** außerhalb des eisenumbauten Raumes an Oberdeck vor dem Turm. Durch eine Projektionseinrichtung wird das Rosenbild mit dem Steuerstrich mehrfach vergrößert auf eine Mattscheibe geworfen, die innerhalb des eisenumbauten Raumes abgelesen wird.

Der Magnetkompaß zeigt die mw. Nord-Südrichtung nur in magnetisch ungestörter Umgebung an. Das ist auf einem eisernen Schiff jedoch nicht der Fall, denn jedes eiserne Schiff stellt einen mehr

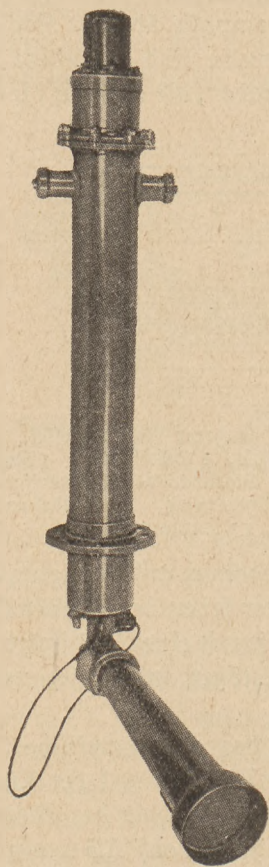


Abb. 142. Neuzeitliche Askania-Lichtbild-Kompaßanlage.

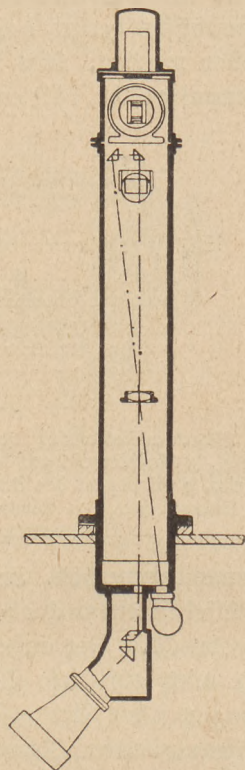


Abb. 143. Schnitt durch Lichtbild-Kompaßanlage, unten rechts die Lichtquelle, oben die Umkehrprismen, im rückfallenden Strahl die durchsichtige Rose mit Nadel, unten links die Mattscheibe mit vergrößertem Bild der Kompaßrose.

oder weniger starken und veränderlichen Magneten dar und wirkt deshalb störend auf den Magnetkompaß ein. Dieser erfährt infolgedessen eine Ablenkung aus der mw. Richtung, so daß seine Nadel nicht nach mw. Nord, sondern nach einem Kompaßnord wei-

send einspielt. Der durch den **Schiffsmagnetismus** verursachte horizontale Winkel zwischen der mw. und der Kompaßnordrichtung heißt **Kompaßablenkung oder Deviation** (Abb. 144). Sie zählt in gleicher Weise wie die Mißweisung positiv oder östlich, wenn die Magnetnadel nach Osten vom mw. Meridian abweicht. Die Deviation ist von Schiff zu Schiff verschieden und sogar auf einem und demselben Schiff kein fester Wert. Sie ändert sich mit der Zeit, mit der geographischen Breite und mit dem Kurs, der anliegt.

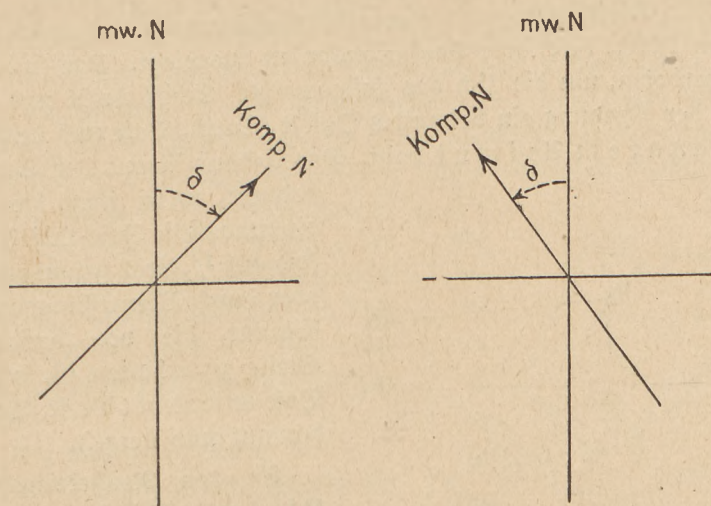


Abb. 144. Östliche und westliche Deviation.

Die Ruhelage der Magnetnadel auf einem eisernen Schiffe ist also nicht der mw. Meridian, wie es an Land oder auf einem eisenfreien Schiff der Fall ist, sondern ein davon abweichender **Kompaßmeridian**, und diese Ruhelage ist überdies nicht gleichbleibend, sondern veränderlich.

Um die zu einem bestimmten Kompaßkurs gehörige Deviation eines Magnetkompasses zu finden, vergleicht man eine mit ihm beobachtete Kompaßpeilung einer Landmarke, z. B. eines Leuchtturms, mit der mw. Peilung derselben Landmarke. Diese muß dazu am Peilort bekannt sein. Die erforderlichen Angaben (Deckpeilungen) sind aus der Seekarte oder den Seehandbüchern zu

entnehmen. Kennt man somit die mw. und die Kompaßpeilung derselben Landmarke, so erhält man die Deviation nach dem Schema

Deviation = mw. Peilung minus Kompaßpeilung.

Beispiel: Bei dem Kurs 260° wurde eine Landmarke am Kompaß unter 341° gepeilt, während die mw. Peilung derselben Landmarke am Peilort 334 betrug. Daraus ergibt sich die zum Kompaktkurs 260° gehörige Deviation
 $\delta = 334^\circ - 341^\circ = -7^\circ = 7^\circ$ West.

Zur Erleichterung der **Deviationsbestimmung** sind in verschiedenen Häfen besondere **Deviationsbojen** ausgelegt. Das sind Festmacherbojen, um die sich das festgemachte Schiff dreht und während der Drehung ein bekanntes Objekt (Turm, Bake und dergl.) in bekanntem Azimut peilt. Das Azimut ist aus der Seekarte

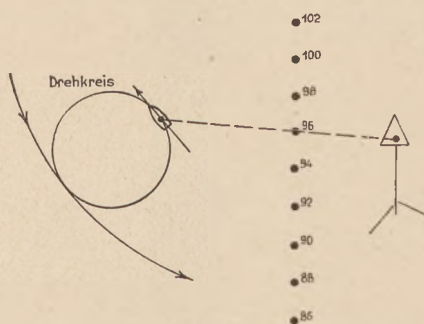


Abb. 145. Bakensystem zur Bestimmung der Deviation.

bekannt, wenn man die Verbindungslinie Boje-Objekt zieht (bis auf $1/2$ Grad genau genügt) oder durch Vermessungsangabe bekannt, die von derjenigen Stelle zu erhalten ist, der die Boje untersteht (Werft, Wasserbauamt und dergl.).

In den Reichskriegshäfen **Riel** und **Wilhelmshaven** ist für die Deviationsbestimmung ein besonderes **Bakensystem** (Abb. 145) aufgestellt worden. Dieses umfaßt eine **Zentralbake** und eine Reihe davorstehender **Kompensationsbaken**, die mißweisend zur Zentralbake aufgestellt sind. Die mißweisende Peilung jeder einzelnen Kompensationsbake gegen die Zentralbake ist als große schwarze Zahl auf der Kompensationsbake aufgemalt. Zur Deviationsbestimmung dreht das Schiff in einem Kreise vor dem Bakensystem. Hierbei liest man am Kompaß die Peilung der Zentralbake ab und stellt fest, welche Kompensationsbake mit ihr in Deckung liegt. Der Unterschied beider Zahlenwerte ist die Deviation.

Auf hoher See wird die Deviation astronomisch bestimmt bzw.

kontrolliert. Man vergleicht hierzu die Peilung der Sonne oder eines Gestirns mit dem errechneten Azimut, das man bei bekannter Breite des Beobachtungsortes, bekannter Deklination des Gestirns und dem Stundenwinkel errechnet, wobei Tafeln die Rechnung wesentlich abkürzen. Man erhält wiederum die

Fehlweisung = errechnetes Azimut minus Kompaßpeilung,

Deviation = Fehlweisung minus Mißweisung.

Auf jeder Wache (4 Stunden) wird die Deviation des anliegenden Kurses mindestens einmal terrestrisch oder astronomisch überprüft. Bei Fahrt durch den Kaiser-Wilhelm-Kanal nimmt man laufende Kontrollen vor, weil genügend Deckpeilungen zur Verfügung stehen.

Eine **Peilung** ist eine Winkelmessung, die von einer Anfangsrichtung aus im Uhrzeigersinn bis zur Peilrichtung vorgenommen und an einer in 360 Grad eingeteilten Skala abgelesen werden kann.

Ein **Kurs** ist eine Richtungsangabe und zwar die Richtung der Mittschiffslinie gegen eine Anfangsrichtung. Er wird ebenfalls im Uhrzeigersinn an einer in 360 Grad geteilten Skala (Kompaßrose) abgelesen.

Die **Anfangsrichtung** ist bei rw. Peilungen und Kursen die rw. (geographische) Nordrichtung,

bei mw. Peilungen und Kursen die mw. (magnetische) Nordrichtung,

bei Kompaßpeilungen und -Kursen die Kompaß-Nordrichtung, bei Schiffsseitenpeilungen (z. B. beim Funkpeiler) die Mittschiffslinie.

Auf den Seekarten sind alle Richtungen rechtweisend angegeben. An Bord des fahrenden Schiffes ist nur eine fehlweisende Richtungsangabe durch den Kompaß möglich. Aus diesem Grunde sind **Kursverwandlungen** (Abb. 146) nötig, um Kursangaben vergleichen zu können. Hierfür gilt immer die Beziehung

rw. Kurs = Komp. Kurs + Deviation + Mißweisung,

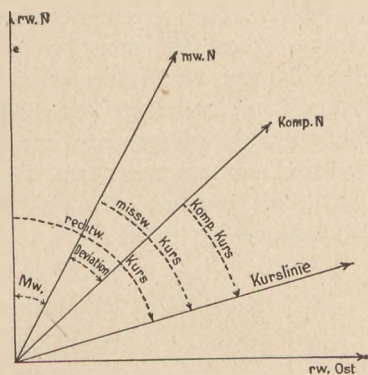


Abb. 146. Kursverwandlung bei östl. Mißweisung und östl. Deviation, die Werte sind algebraisch zu addieren.

wobei die Addition algebraisch erfolgen muß. Die Summe Deviation + Mißweisung ist wiederum die Fehlweisung des Kompasses.

Soll ein **Kompakurs in einen rw. Kurs** verwandelt werden, so fügt man die zugehörige Deviation an und erhält den mw. Kurs. Durch Anbringen der Mißweisung ergibt sich der rw. Kurs. An Bord rechnet man hierbei nach dem Schema der folgenden Aufgabe: Ein Schiff steuert den Kompakurs 206° . Die Deviation beträgt 4° West, die Mißweisung 3° Ost. Wie groß ist der rw. Kurs?

Komp.-Kurs	= 206°
Deviation	= $- 4^\circ$
<hr/>	
mw. Kurs	= 202°
Mißweisung	= $+ 3^\circ$
<hr/>	
rw. Kurs	= 205°

Soll ein **rw. Kurs in einen Kompakurs** verwandelt werden, so subtrahiert man zuerst die Mißweisung und erhält den mw. Kurs. Hiervon subtrahiert man den für diesen mw. Kurs gültigen Wert der Deviation und erhält den Kompakurs. Der Rudergänger steuert immer Kompakurs, während der Seekarte der rw. Kurs entnommen wird. Die Rechnung erfolgt nach dem Schema der folgenden Aufgabe: Ein der Seekarte entnommener rw. Kurs ist 205° . Die Mißweisung beträgt 3° Ost, die zum mw. Kurs 202° gehörige Deviation 4° West. Welcher Kompakurs ergibt sich?

rw. Kurs	= 205°
Mißweisung	= 3°
<hr/>	
mw. Kurs	= 202°
Deviation	= 4°
<hr/>	
Komp. Kurs	= 206°

C. Schiffsmagnetismus

Die Deviation der Magnetkompassse auf eisernen Schiffen ist eine Folge des **Schiffsmagnetismus**, wie S. 167 gezeigt wurde.

Bringt man ein Stück Weicheisen in ein magnetisches Feld, so wird es je nach der Art des Eisens vorübergehend oder dauernd magnetisch. Hierbei bildet sich einem Nordpol gegenüber ein Südpol und einem Südpol gegenüber ein Nordpol aus. In größtem Maßstab zeigt sich diese Magnetisierung bei dem eisernen Schiff, dessen Eisenteile im erdmagnetischen Feld vorübergehend

und dauernd magnetisch werden. Regelmäßige Erschütterungen, wie sie durch die Niet- und Hammerarbeit, durch die Maschinenstöße und den Seegang auftreten, fördern die Magnetisierung und lassen den Magnetismus z. T. fest und halbfest werden. Schiffsstahl ist im allgemeinen kohlenstoffarmes Flußeisen, das sich verhältnismäßig leicht magnetisieren läßt.

Wenn man den Schiffsmagnetismus näher betrachten will, ist es zweckmäßig, **horizontal** liegendes und **vertikal liegendes Schiffseisen** gesondert zu betrachten. Jenes wird im wesentlichen nur durch das Horizontalfeld der Erde magnetisiert, während für dieses das Vertikalfeld maßgebend ist.

Als **Baumagnetismus** oder **festen Schiffsmagnetismus** bezeichnet man die während des Baues entstehende Magnetisierung des Schiffseisens. Während des Baues liegt das Schiff viele Monate auf gleichem Kurs (**Baukurs**). Der stetig wirkende Einfluß des Erdfeldes und die regelmäßigen Erschütterungen durch Niet- und Hammerarbeit in dieser Zeit lassen den Magnetismus z. T. fest werden.

Im Schiff bilden sich dabei zahlreiche einzelne Magnete aus, doch faßt man es insgesamt als einen großen Längs-, Quer- und Hochmagneten auf. Die Lage der Pole dieser Magnete ist vom Bauort und vom

Baukurs abhängig. Wird ein Schiff auf dem Baukurs Nord (Bug nach Norden) gebaut, so erhält es durch das Horizontalfeld der Erde einen Nordpol am Bug und einen Südpol am Heck und wird ein fester Längsmagnet (Abb. 147). Wird ein Schiff auf dem Baukurs Ost (Bug nach Osten) gebaut, so erhält es durch das Horizontalfeld der Erde einen Nordpol an Backbord und einen Südpol an Steuerbord und wird ein fester Quermagnet (Abb. 148).

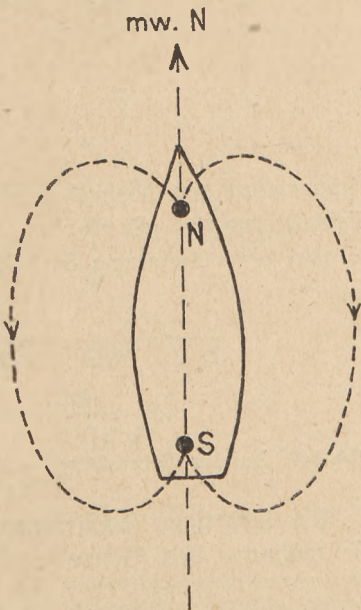
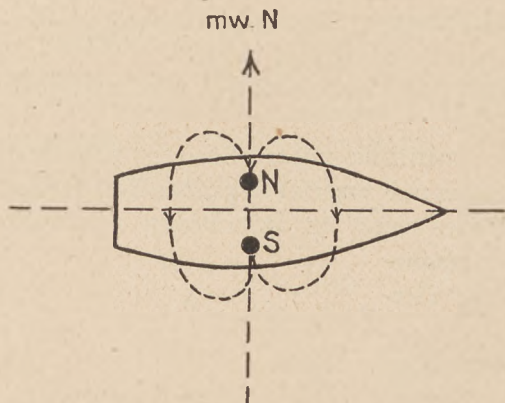


Abb. 147. Auf Baukurs Nord wird das Schiff ein fester Längsmagnet mit einem Nordpol am Bug.

Die meisten Schiffe der Welt werden auf der nördlichen Erdhälfte gebaut. Sie erhalten mithin durch das vertikale Erdfeld im Boden Nord- und an Oberdeck Südpole und stellen feste Hochmagnete (Abb. 149) dar.



Der Baumagnetismus ist fest, d. h. er ändert sich nicht bei Ortswechsel, ebenso nicht bei Kurswechsel am gleichen Ort.

Abb. 148. Auf Bauturs Ost wird das Schiff ein fester Quermagnet mit einem Nordpol an Backbord.

Man nennt ihn deshalb breiten- und kursbeständig. Nur heftige Erschütterungen (Treffer im Gefecht, Zusammenstöße, Blitzschlag) können eine Änderung herbeiführen.

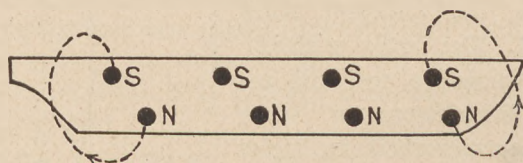


Abb. 149. Auf der Nordhalbkugel erbaute Schiffe haben im Boden Nord- und an Oberdeck Südpole.

Als **flüchtigen Schiffsmagnetismus** (Abb. 150) bezeichnet man die während des Baues und nach dem Bau immer vorhandene

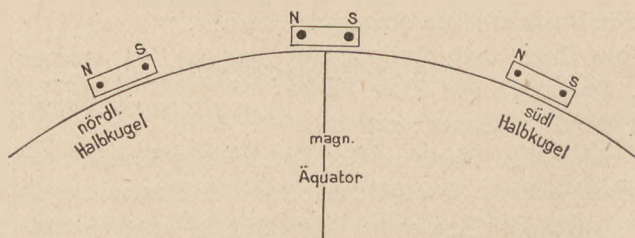


Abb. 150. Flüchtige Magnetisierung einer magnetisch weichen H-Stange, ändert sich mit der Breite.

Magnetisierung der Eisenteile des Schiffes, die sich ändert oder verschwindet, wenn sich das magnetisierende Feld ändert oder verschwindet.

Das ist beim Befahren der Meere der Fall, denn das Horizontalfeld wird nach dem magnetischen Äquator hin stärker und das Vertikalfeld nimmt ab. Ferner hat die Horizontalfeldstärke nur im magnetischen Ortsmeridian ihren vollen Wert, während auf anderen Kurslinien nur eine Komponente H' (Abb. 151) wirksam wird. Auf magnetisch

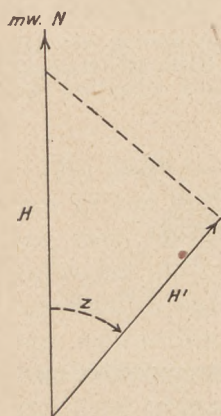


Abb. 151. Die Horizontalfeldstärke hat im magnetischen Ortsmeridian ihren vollen Wert H , auf anderen Kurslinien wird nur eine Komponente H' wirksam.

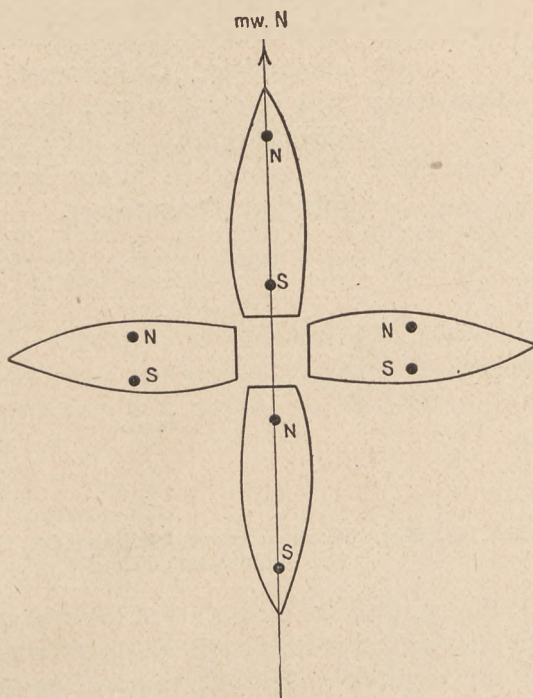


Abb. 152. Bei einer Runddrehung des Schiffes von Nord über Ost polt sich der flüchtige Horizontalmagnetismus zweimal um.

Ostwestkurs ist sie Null, so daß sich der horizontale flüchtige Magnetismus bei Kurswechsel ändert. Man sagt deshalb, der flüchtige Horizontalmagnetismus ist weder breiten- noch kursbeständig, während der flüchtige Vertikalmagnetismus nicht breiten-, wohl aber kursbeständig ist, denn an einem bestimmten Ort hat die Vertikalfeldstärke für alle Kurse den gleichen Wert. Die Lage der Pole ist einfach zu bestimmen. Immer ist das nach Norden zeigende

Ende von horizontalem Eisen ein Nordpol, während das entgegengesetzte Ende ein Südpol wird.

Bei einer Runddrehung des Schiffes von Nord über Ost polt sich der flüchtige Horizontalmagnetismus zweimal um (Abb. 152):

Kurs Nord: Bug ist ein Nordpol, das Schiff wird ein flüchtiger Längsmagnet,

Kurs Ost: Backbordseite zeigt einen Nordpol, das Schiff ist ein flüchtiger Quermagnet,

Kurs Süd: Heck ist ein Nordpol, das Schiff ist ein flüchtiger Längsmagnet,

Kurs West: Steuerbordseite ist ein Nordpol, das Schiff ist ein flüchtiger Quermagnet.

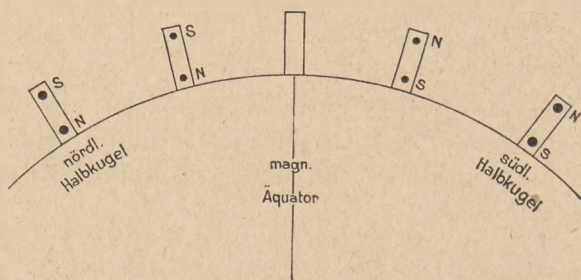


Abb. 153. Magnetisierung einer magnetisch weichen V-Stange, verschieden auf Nord- und Südhalbkugel.

Vertikal stehendes Eisen, z. B. eine Strebe (Abb. 153) zeigt auf der nördlichen Erdhälfte am unteren Ende einen Nordpol, auf der südlichen Erdhälfte unten einen Südpol und am magnetischen Äquator keinen Pol.

Als **halbfesten Schiffsmagnetismus** bezeichnet man denjenigen Anteil am Schiffsmagnetismus, der während des Baues nicht vollkommen fest wird und später nicht rein flüchtig bleibt.

Halbfester Baumagnetismus wird während der Probefahrten teilweise wieder abgeschüttelt, wenn das Schiff wechselnde Fahrstufen läuft und alle möglichen Kurse steuert. Auch legt man es nach dem Stapellauf zum Ausrüsten nicht mehr auf den Baukurs, sondern möglichst auf Gegenkurs, um eine Schwächung des halbfesten Schiffsmagnetismus zu erreichen, soweit er vom horizontalen Erdfeld herrührt. Später kann sich halbfester Schiffsmagnetismus bei

langem Fahren auf gleichem Kurs, durch elektrische Gleichstromanlagen und dergl. bilden. Er ist stark veränderlich und muß laufend überwacht werden, da er einen Unsicherheitsfaktor für den Magnetkompaß darstellt.

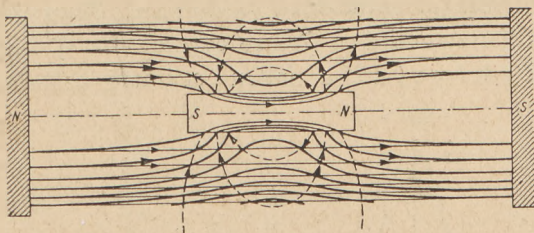


Abb. 154. Feldverzerrung durch einen eisernen Körper (Schiff) in einem gleichförmigen Magnetfeld (Erdfeld). Dünne ausgezogene Linien: gleichförmiges Magnetfeld; gestrichelte Linien: Feldlinien des magnetisierten Eisentkörpers; dicke Linien: resultierendes Feld.

Als Folge des festen, flüchtigen und halbfesten Schiffsmagnetismus ist das eiserne Schiff von einem magnetischen Feld umgeben, das man **Schiffsmagnetisches Feld** nennt. Es ist sehr ungleichförmig und mit der Zeit, mit der Lage des Schiffes auf der Erde und mit dem anliegenden Kurs veränderlich. Das schiffsmagnetische Feld setzt sich mit dem erdmagnetischen Feld zu einem resultierenden Gesamtfeld zusammen, so daß das erdmagnetische Feld starke Verzerrungen erleidet (Abb. 154).

Das schiffsmagnetische Feld denkt man sich am Kompaßort in eine horizontale und eine vertikale Komponente zerlegt. Setzt man die horizontale Erdfeldkomponente H mit der horizontalen Schiffsfeldkomponente S zu einer Resultierenden H' zusammen, so weicht deren Richtung im allgemeinen von der mw. Nordrichtung ab. In diese neue Richtung stellt sich die Magnetnadel des Kompasses ein und bildet somit zur mw. Nordrichtung die Deviation δ

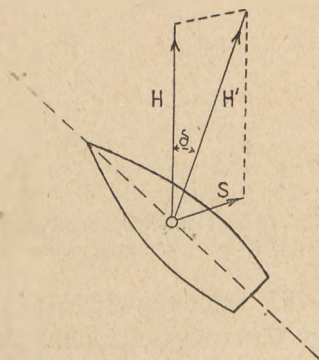


Abb. 155. Horizontale Schiffsfeldkomponente S bildet mit der horizontalen Erdfeldkomponente H eine Resultierende H' , δ Deviation.

(Abb. 155). Wenn sich das schiffsmagnetische Feld nach Größe oder Richtung ändert, ändert sich im allgemeinen auch die Deviation mit. Diese ist deshalb teilweise kurs- und teilweise auch breitenabhängig.

Die auf einem eisernen Schiff vorhandene Deviation setzt sich aus mehreren **Einzeldeviationen** zusammen, denn jede Komponente des schiffsmagnetischen Feldes erzeugt eine Teildeviation.

Zwei Sonderfälle sollen genauer betrachtet werden,

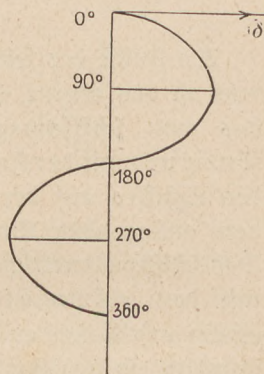
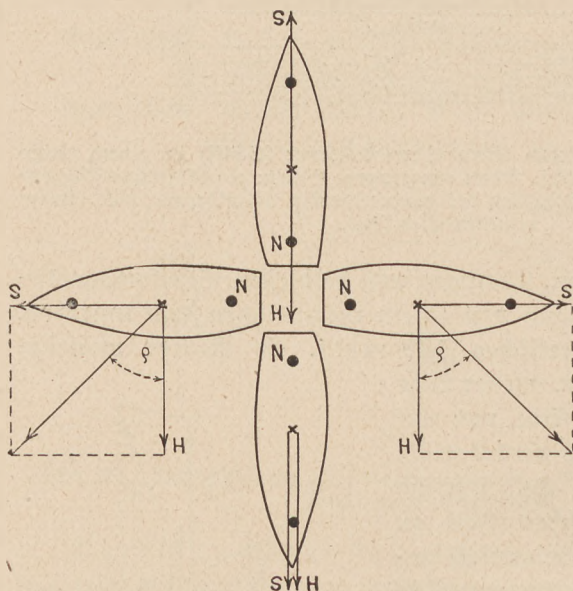


Abb. 156. Kursabhängigkeit der Deviation δ bei festem Längsschiffsfeld S , H horizontales Erdfeld, $S = H$.

Abb. 157. Gang der Deviation δ bei festem Längsschiffsfeld mit dem Schiffskurs.

nämlich wenn das Schiff nur wie ein fester Längs- oder nur wie ein fester Quermagnet wirkt. Dabei sei angenommen, daß das schiffsmagnetische Feld im ersten Fall ebenso stark und im zweiten nur halb so stark wie das erdmagnetische Feld ist. Dargestellt wird die **Kursabhängigkeit der Deviation**. Im Falle des festen Längsmagneten (Abb. 156) bleiben sowohl die Horizontalfeldstärke des Erdfeldes als auch des Schiffsfeldes bei einer Runddrehung unveränderlich, aber sie nehmen wechselnde Richtungen zueinander ein, was einen Gang der Deviation (Abb. 157) mit dem Kurs bedingt. Entsprechendes gilt für den festen Quermagneten (Abb. 158 u. 159).

Im Falle einer reinen flüchtigen Längsschiffsmagnetisierung verschwindet die Deviation auf den Kursen Nord und Süd, denn hier sind erd- und schiffsmagnetisches Feld gleich oder entgegengesetzt gerichtet. Sie verschwindet aber auch auf den Kursen Ost und West, denn auf diesen Kursen ist kein flüchtiger Längsmagnetismus vorhanden.

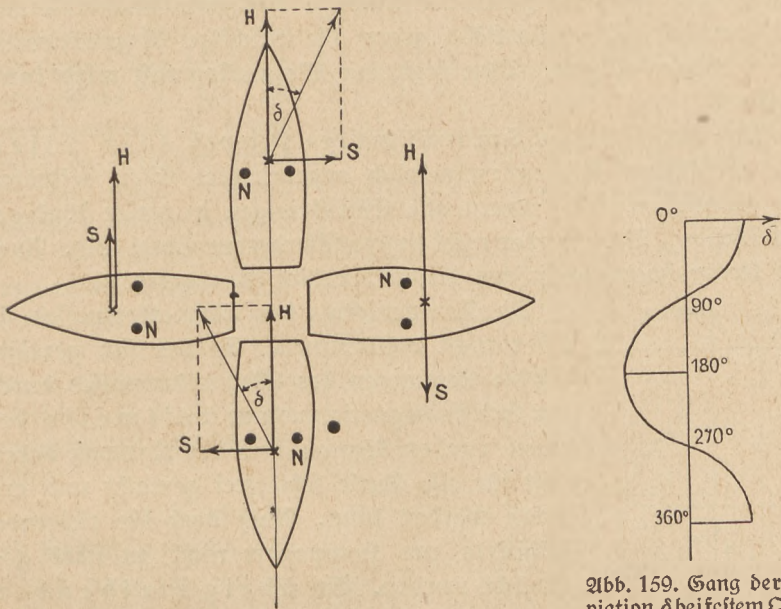


Abb. 158. Kursabhängigkeit der Deviation δ bei festem Querschiffsfeld S , H horizontales Erdfeld, $S = \frac{1}{2} H$.

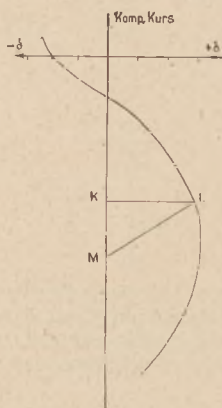
Abb. 159. Gang der Deviation δ bei festem Querschiffsfeld mit dem Schiffskurs.

Die Deviation ist teilweise auch von der geographischen Breite, d. h. von dem Aufenthaltsort des Schiffes, abhängig. So ist die von dem festen Längs- und Querschiffsmagnetismus herrührende Deviation nicht breitenbeständig, weil zwar das entsprechende schiffsmagnetische Feld dasselbe bleibt, aber die Horizontalfeldstärke des Erdfeldes sich ändert. Je größer die Horizontalfeldstärke wird, um so geringer ist die zugehörige Deviation. Auch die von der flüchtigen Magnetisierung des vertikalen Eisens herrührende Deviation ist nicht breitenbeständig.

Die Deviation kann 20° und mehr erreichen. Damit keine un-

zulässig hohen Werte entstehen und der Magnetkompaß brauchbar bleibt, versucht man den Einfluß des Schiffseisens auf den Kompaß durch Gegenmagnete und Weicheisenkörper zu beheben oder wenigstens in engen Grenzen einzuschließen. Dazu werden in der Nähe des Kompasses Längs- und Querdauermagnete zur Aufhebung der festen Längs- und Querschiffsfeldstärke angeordnet, ferner Weicheisengugeln oder Zylinder gegen die flüchtige Horizontalmagnetisierung und vertikale Weicheisenstäbe gegen die flüchtige Magnetisierung des vertikalen Eisens. Man sagt, der **Magnetkompaß wird kompensiert**.

Auch darf sich etwa 8 m rund um den Kompaß kein Eisen oder wenigstens kein unsymmetrisch angeordnetes Eisen befinden. Am günstigsten ist es, wenn alle Einrichtungen in dieser Umkugel aus Messing, Bronze oder nicht magnetisierbarem Stahl sind. Auch das Kompaßgehäuse ist aus diesen Werkstoffen angefertigt.



Die Kompensation des Magnetkompasses ist leider nicht vollkommen. Es hat sich gezeigt, daß die Störungen des Magnetkompasses durch den Schiffsmagnetismus nur teilweise behoben werden können und der Kompaß daher nicht für alle Kurse fehlerfrei gemacht und erhalten werden kann. Auch darf die richtende Feldstärke am Kompaßort nicht zu stark geschwächt werden. Ein übrig bleibender Rest muß durch unmittelbare Beobachtung bestimmt, laufend überwacht und bei der Schiffsführung in Rechnung gestellt werden.

Abb. 160. Erläuterung zur Deviationskurve, *K* Kompaßkurs, *L* Deviation, *M* mw. Kurs.

Um die verbleibende **Restdeviation** für alle Kurse zu ermitteln, dreht man das Schiff um 360° und mißt von 10° zu 10° die Deviation. Die erhaltenen Werte trägt man in ein rechtwinkliges Netz über den Kompaßkursen ein, verbindet die erhaltenen Punkte durch eine glatte Linie und erhält die sog. **Deviationskurve** (Abb. 161). Ihre Abszissenachse ist die langgestreckte Rosenteilung von 0° bis 360° , während die Ablenkungen nach rechts (östlich) und links (westlich) eingetragen werden. Der Maßstab der fertigen Netzpapiere ist für die Deviation das 1,6-fache des Rosenmaßstabes und

gibt die Lage der eingedruckten Schräglinien, die daher unter 32° zur Längsachse laufen.

Aus der Kurve kann man auch bequem den Wert der Deviation für mw. Kurse entnehmen. Hierzu geht man (Abb. 160) vom Kompaßkurs K bis zur Deviationskurve in L und erhält als Summe beider den mw. Kurs. Zeichnet man durch den Kurvenpunkt L die Parallele zu den eingedruckten Schräglinien, so schneidet sie die Abszissenachse im mw. Kurs M . Es entsteht das rechtwinklige Dreieck KLM , dessen Katheten gleich viele Grade enthalten.

Nach der Zeichnung der Deviationskurve entnimmt man ihr für die vollen Zehnergrade des Kompaßkurses die Deviation und stellt die Werte in einer **Ablenkungstabelle** zusammen. Ebenso ermittelt man die Deviation für die vollen Zehnergrade des mw. Kurses und stellt sie in

Abb. 161. Vertieferte Wiedergabe eines Ausschnitts der nach der Tabelle auf S. 180 gezeichneten Deviations-Kurve.

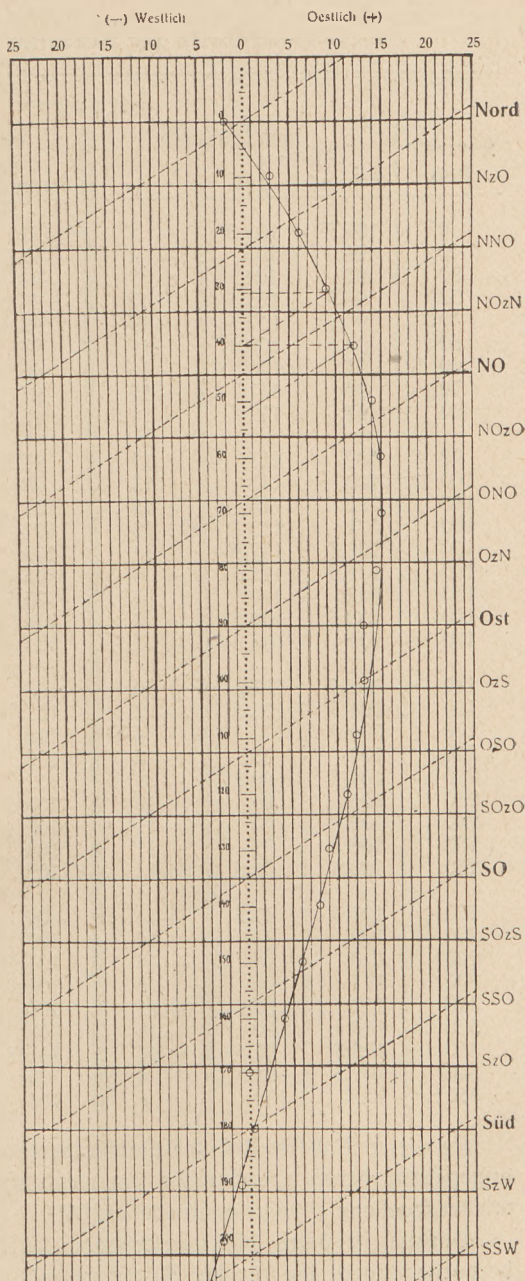


Tabelle zur Deviations-Kurve

Kompaß- kurs	Kreis						
	nach Backbord			nach Steuerbord			δ im Mittel
	Peilung Kompaß	mw.	δ	Peilung Kompaß	mw.	δ	
0°	103,5°	101,5°	— 2°	101°	101°	± 0°	— 1°
10	99	103	+ 4	100,5	102,5	+ 2	+ 3
20	97	104	+ 7	99	104	+ 5	+ 6
30	95,5	105,5	+ 10	97	105	+ 8	+ 9
40	94,5	107,5	+ 13	95,5	106,5	+ 11	+ 12
50	93,5	108,5	+ 15	95	108	+ 13	+ 14
60	94	110	+ 16	95	109	+ 14	+ 15
70	96	111	+ 15	95	110	+ 15	+ 15
80	97,5	112	+ 14,5	96,5	111	+ 14,5	+ 14,5
90	102	113	+ 11	97,5	112	+ 14,5	+ 13
100	100	113	+ 13	99	112	+ 13	+ 13
110	100	113	+ 13	101	112	+ 11	+ 12
120	101	113	+ 12	102	110	+ 10	+ 11
130	102,5	112,5	+ 10	103	111	+ 8	+ 9
140	102,5	111,5	+ 9	103	110	+ 7	+ 8
150	103	110	+ 7	103,5	108,5	+ 5	+ 6
160	103,5	108,5	+ 5	104	107	+ 3	+ 4
170	108	106,5	— 1,5	104	106	+ 2	± 0
180	104,5	104,5	± 0	103	104	+ 1	+ 0,5
190	104,5	102,5	— 2	102	102	± 0	— 1
200	104,5	100,5	— 4	102	100	— 2	— 3
210	104	98	— 6	102	98	— 4	— 5
220	104,5	96,5	— 8	102,5	96,5	— 6	— 7
230	105	95	— 10	103	95	— 8	— 9
240	105	94	— 11	103	94	— 9	— 10
250	106	95	— 11	104	93	— 11	— 11
260	106,5	92,5	— 14	105	93	— 12	— 13
270	107,5	92,5	— 15	106	93	— 13	— 14
280	109	93	— 16	107	93	— 14	— 15
290	110	94	— 16	107,5	93,5	— 14	— 15
300	111	95	— 16	108	94	— 14	— 15
310	110	95	— 15	108	95	— 13	— 14
320	110	96	— 14	108	96	— 12	— 13
330	109,5	97,5	— 12	107,5	97,5	— 10	— 11
340	102,5	98,5	— 4	106	99	— 7	— 5,5
350	105	100	— 5	103	100	— 3	— 4

In dieser Tabelle sind die Zahlenwerte einer Deviationsbestimmung angegeben, deren zeichnerische Auswertung die in Abb. 161 zum Teil wiedergegebene Deviationskurve enthält.

Daraus ist dann die nachstehende Ablenkungs- und Steuertabelle hervorgegangen, die für die Kursverwandlungen gebraucht wird.

Ablenungstabelle		I	Steuertabelle	
Von Kompaß auf die Karte			Von der Karte auf den Kompaß	
Komp. Kurs	Ablenung		mw. Kurs	Ablenung
0°	— 1°		0°	— 1°
10°	+ 3°		10°	+ 2°
20°	+ 6°		20°	+ 5°
30°	+ 9°		30°	+ 7°
40°	+ 12°		40°	+ 9,5°
50°	+ 14°		50°	+ 11,5°
60°	+ 15°		60°	+ 13°
70°	+ 15°		70°	+ 14,5°
80°	+ 14,5°		80°	+ 15°
90°	+ 14°		90°	+ 15°
100°	+ 13°		100°	+ 14°
110°	+ 12°		110°	+ 13°
120°	+ 11°		120°	+ 12°
130°	+ 9°		130°	+ 11°
140°	+ 8°		140°	+ 9°
150°	+ 6°		150°	+ 7°
160°	+ 4°		160°	+ 5°
170°	+ 2°		170°	+ 3°
180°	+ 0,5°		180°	+ 1°
190°	— 1°		190°	— 1,5°
200°	— 3°		200°	— 4°
210°	— 5°		210°	— 6°
220°	— 7°		220°	— 9°
230°	— 9°		230°	— 10°
240°	— 10°		240°	— 12°
250°	— 12°		250°	— 13,5°
260°	— 13°		260°	— 14,5°
270°	— 14°		270°	— 15°
280°	— 15°		280°	— 15°
290°	— 15°		290°	— 14,5°
300°	— 15°		300°	— 14°
310°	— 14°		310°	— 12°
320°	— 13°		320°	— 10,5°
330°	— 11°		330°	— 8°
340°	— 8°		340°	— 6°
350°	— 4°		350°	— 3°
360°	— 1°		360°	— 1°

einer **Steuertabelle** (S. 181) zusammen. Wenn der Höchstwert der Deviation unter 5° bleibt, stellt man nur eine Ablenkungstabelle auf. Es genügt dann, die Deviation für den Kompaßkurs gleich derjenigen für den mw. Kurs zu setzen.

Krängt das Schiff über, so kommen feste Magnetpole unterhalb des Magnetkompasses seitwärts von ihm zu liegen und verursachen eine zusätzliche Deviation, genannt der **Krängungsfehler** des Magnetkompasses. Dieser wird noch durch Vertikalmagnetisierung des nunmehr schräg liegenden waagerechten Schiffseisens verstärkt. Der Krängungsfehler wird durch einen Gegenmagneten, den Krängungsmagneten (senkrecht zum Deck unter dem Kompaß hängender, runder Stabmagnet) fast aufgehoben, ein übrig bleibender Rest rechnerisch berücksichtigt.

Ferngesteuerte Magnetkompassse bieten vor allem den Vorteil, daß man den Mutterkompaß, der die Tochterkompassse an den Gebrauchsplätzen steuert, an einem magnetisch sehr günstigen Ort, also entfernt von störenden Eisenkörpern und elektrischen Leitungen, aufstellen kann.

Beispiel: Ein Schiff steuert in einem Seegebiet, wo die Mißweisung 6° W beträgt, den Kompaßkurs 66° . Wie groß ist der rw. Kurs?

Der Ablenkungstafel entnimmt man für den Kompaßkurs 66° die Ablenkung $+15^\circ$, mithin ist

$$\text{rw. Kurs} = 66^\circ + 15^\circ - 6^\circ = 75^\circ.$$

Beispiel: Ein Schnellboot will von A nach B fahren. Der Kartenkurs (rw. Kurs) ergibt sich zu 311° . Die Mißweisung in diesem Gebiet beträgt 6° O. Welcher Kurs muß am Magnetkompaß anliegen?

Der mw. Kurs ergibt sich zu 305° . Aus der Steuertabelle ergibt sich die Ablenkung -13° . Der Kompaß-Kurs ergibt sich dann zu

$$\text{Kompaß-Kurs} = 311^\circ - 6^\circ + 13^\circ = 318^\circ.$$

10. Elektrische Anlagen

A. Bedeutung

Um die Bedeutung elektrischer Anlagen an Bord der Kriegsschiffe würdigen zu können, muß man bedenken, daß die elektrische **Kraftanlage eines großen Kriegsschiffes** die einer mittleren Stadt an Leistung erreicht oder gar übertrifft. So hat z. B. der Schwere Kreuzer „Lützow“ allein für die Geschütztürme Gleichstromanlagen von zweimal 4000 PS oder zusammen 5900 kW.

Was das heißt, geht aus einem Vergleich hervor. Ende 1936 gab es in Deutschland 1592 öffentliche Elektrizitätswerke mit einer Leistungsfähigkeit von 8,8 Millionen kW. Im Durchschnitt betrug demnach die Leistung eines Elektrizitätswerkes rund 5500 kW.

Die Kraftanlage eines großen Kriegsschiffes dagegen kann bis zu 20 000 kW leisten!

Die Bedeutung der elektrischen Anlagen auf einem Kriegsschiff ist mit dieser Angabe noch nicht erschöpft. Ein Kriegsschiff ist nicht nur eine beachtliche elektrische **Energie-Zentrale**, es enthält darüber hinaus ein ganzes Netz der verschiedensten **Fernmeldeanlagen**.

Welche „gewichtige“ Rolle diese Anlagen an Bord spielen, geht allein schon aus der Tatsache hervor, daß die Kabelverbindungen an Bord eines großen Schlachtschiffes bis zu $\frac{1}{25}$ des Gesamtgewichts ausmachen können.

Da elektrische Einrichtungen immer stärker Dampfanlagen und hydraulische Maschinen verdrängen und die Fernsteuerungen immer mehr entwickelt werden, so ist die zunehmende Verwendung der Elektrizität im Schiffsbetrieb leicht zu verstehen. Die Überlegenheit der elektrischen Geräte gegenüber den mechanischen beruht ja nicht zuletzt auf der Möglichkeit der Fernableseung und der Zentralisierung.

Die Kommandobrücke des Kriegsschiffes stellt eine ausgesprochene Fernmelde- und Fernlenkzentrale dar, da hier auf den verschiedensten Wegen Meldungen zusammenlaufen und die dadurch ausgelösten Kommandos wieder nach den verschiedensten Stellen im Schiff gesandt werden müssen.

Fernsprecher, Telegraph, Rohrpost und Sprachrohr verbinden die gefechts wichtigen Räume und Gefechtsstände. Dabei ist eine Trennung zwischen den Meldungen für die navigatorisch-seemannische Schiffsführung, die Artillerie- und Torpedowaffenleitung, die Maschinenanlage, den Leuchtungsdiens, die Funkräume und den optischen Signaldienst durchgeführt.

B. Spannungserzeuger

Zu den Spannungserzeugern an Bord eines Kriegsschiffes gehören Gleichstrom-Generatoren, Wechselstrom-Generatoren, Gleichstrom-Wechselstrom-Umformer und Akkubatterien.

Die wichtigsten Spannungserzeuger sind die **Gleichstromgeneratoren** (Bd. II). Sie sind in 2 bis 5 voneinander getrennten, unter Panzerschutz liegenden wasserdichten Räumen, den E-Werken, untergebracht. Um größte Sicherheit gegen plötzlichen Totalausfall zu gewährleisten, sind die einzelnen E-Werke voneinander völlig unabhängig. Bei „Klar zum Gefecht“ laufen alle Spannungserzeuger und durch besondere Gefechtschaltungen ist es möglich, bei Ausfall von Teilanlagen Umschaltungen vorzunehmen. Zum Antrieb dienen entweder Dampfturbinen oder Dieselmotoren.

Grundsätzlich wird das Schiffsnetz mit **Gleichstrom** gespeist, was z. B. schon wegen der nur mit Gleichstrom möglichen feinen Regelung für die Schwenkeinrichtungen der Geschütztürme erforderlich ist.

Wechselstrom wird in einem besonderen E-Werk oder aus dem Gleichstrom-Schiffsnetz durch Umformer (Bd. II) erzeugt.

Schließlich durchzieht eine 24-Volt-Anlage das ganze Schiff, an der die B- und M-Anlagen, Telephone, Klingeln, Beleuchtungseinrichtungen an Kesseln, Wasserstandsgläsern, Visiereinrichtungen der Geschütze, Kompass u. dgl. liegen. Für den Notfall steht eine 24-Volt-Akkubatterie zum Versorgen dieses Netzes bereit.

Eine Sonderstellung nehmen die **E-Maschinen** auf U-Booten ein. Sie dienen einmal als Elektromotoren, wenn bei Unterwasserfahrt die Dieselmotoren abgestellt werden müssen, und treiben dann die Schrauben an. In diesem Falle liefern umfangreiche leistungsfähige **Akku-Batterien** den erforderlichen Strom. Andererseits laden die E-Maschinen während der Überwasserfahrt, indem sie durch Dieselmotoren angetrieben werden, als Dynamomaschinen die Batterien.

Von größter Bedeutung für alle Kriegsschiffe, ganz besonders für die U-Boote, sind **Akkumulatoren** (Sammler) als Spannungsquellen.

Für das U-Boot stellt die mitgeführte Akkumulatorenbatterie die einzige Energiequelle für die Unterwasserfahrt dar, indem der von ihr gelieferte Strom den jetzt als Elektromotoren arbeitenden E-Maschinen zugeleitet wird. Außerdem speisen Akkumulatoren die Licht-, Kraft- und Wärmeanlagen, Befehls- und Meldeanlagen, die Nachrichtenumformer und alle der Schiffsführung und Feuerleitung dienenden Einrichtungen.

Auf großen Kriegsschiffen sind die Spannungserzeuger und der Strombedarf so gewaltig, daß der Einbau einer Akkumulatorenbatterie nicht möglich ist. Hier liegt die Bedeutung des Akkumulators vornehmlich in seiner Rolle als Reserve-spannungsquelle für alle Anlagen, bei denen eine Stromunterbrechung sich verhängnisvoll auswirken könnte, z. B. Funk-, Ruder-, Kreiselkompaß-, Unterwasser-schall-, Befehls- und Melde- und ähnlichen Anlagen. Auf die 24-Volt-Batterie für das 24-Volt-Schiffsnetz wurde schon hingewiesen. Weiter kommen tragbare Akkumulatoren für Notlampen und andere kleine Geräte zur Anwendung, wobei neben Blei- auch Stahlakkus benutzt werden. Auch die Visierlampen der Artillerie, die wegen der starken Erschütterungen dicke, unempfindliche Glühfäden haben müssen, werden aus Akkus gespeist.

Der Akkumulator bietet die Möglichkeit, elektrische Gleichstromenergie aufzuspeichern (Laden des Akkus), um sie zu anderer Zeit oder an anderem Ort wieder abzugeben (Entladen des Akkus).

Bei einem geladenen Bleiakkumulator besteht der aktive Teil der positiven Platte aus Bleiodoxyd, der negativen Platte aus fein verteiltem, reinem Bleischwamm. Der Elektrolyt ist verdünnte Schwefel-

säure. Die Ruhespannung, d. h. die Klemmenspannung eines nicht belasteten Akkumulators hängt allein von der Wichte der Säure (genauer der Säure, die die Platten berührt oder umgibt) ab. Sie steigt mit der Wichte der Säure, γ in t/m^3 , nach der Beziehung

$$E = \gamma + 0,84 \text{ Volt.}$$

Beim Einsetzen der Entladung, wenn also die aktiven Bestandteile der beiden Platten in Bleisulfat übergehen und die Säure z. T. Wasser abgibt, sinkt die Spannung etwas unter die Ruhespannung, bleibt längere Zeit konstant und fällt, wenn die Säure in der Nähe der Platten verarmt, sehr stark ab. Die Abgabefähigkeit oder Kapazität eines Akkumulators, ausgedrückt in Amperestunden (Ah) bei ver-

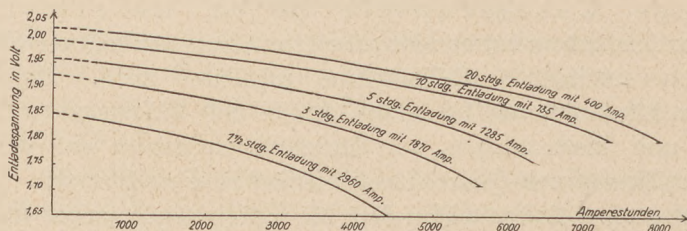


Abb. 162. Entladekurven eines U-Boot-A'us.

Je nach der Belastung erhält man 4440 bis 8000 Amperestunden.

schiedenen Endspannungen und Temperaturen, sinkt mit steigender Entladestromstärke und mit abnehmender Temperatur (weil der innere Widerstand der Zelle dabei wächst). Bei einem U-Boot hängt die Dauer einer Unterwasserfahrt von der Kapazität der Akkubatterie ab, die daher so hoch wie nur möglich gemacht werden muß.

Ist die niedrigste Entladungsspannung bei hoher Stromstärke erreicht, so kann die Batterie mit niedrigerer Stromstärke, entsprechend der Restkapazität, weiter entladen werden. Kapazitätsprüfungen durch Beobachtung der Säurewichte werden laufend durchgeführt, wobei der Säurestand und die Temperatur zu berücksichtigen sind. Um vergleichbare Werte zu erhalten, wird auf eine Vergleichstemperatur (meist 30°C) umgerechnet. Der Leitende Ingenieur (L. I.) muß auf Grund seiner Erfahrung und der laufenden Beobachtung dem Kommandanten jederzeit Auskunft über den Stand der Batterie geben können.

Akkumulatoren, die auf Schiffen verwendet werden sollen, müssen zahlreichen besonderen Anforderungen entsprechen, die sonst nicht gestellt werden. So werden stets Zellen mit besonders hohen Kästen gewählt, damit bei starken Schiffsbewegungen keine Säure austreten kann. Unter ganz besonders schwierigen Umständen müssen die U-Boot-Akkus arbeiten. Sie haben große Kapazität auf kleinstem Raum. Hohe Belastbarkeit, hohe Festigkeit gegen Stöße aller Art (Rammstöße, schwerer Seegang, Wasserbombendetonation), leichte Zugänglichkeit aller Teile, geringe Erwärmung beim Laden, hohe Isolation (kein Überkriechen der Säure) und vor allem geringstmögliche Gasentwicklung (unter Wasser können die Gase nicht weggeführt werden, Explosionsgefahr) werden von ihnen verlangt.

Die Elementkästen der U-Boot-Akkus bestehen aus Hartgummi von hoher Reiß-, Biege- und Schlagfestigkeit. Seitenrippen außen ermöglichen Luftisolation der aneinandergestellten Kästen. Die Verschlussdeckel haben Durchbohrungen für Absaugevorrichtungen. Zur Isolierung liegen an den negativen Platten Holzscheider, an den positiven gelochte Gummibleche. Charakteristisch für U-Boot-Akkumulatoren ist, daß die positiven Platten in Gummileisten an den Kastenwänden hängen, während die negativen Platten auf Hartgummifüßen auf dem Kastenboden aufstehen. Das gestattet einen sehr festen Einbau der Plattenpakete in den Zellenkästen, so daß selbst bei heftigsten Schiffsbewegungen, bei starker Krängung oder großem Trimm keine Bewegung der Platten erfolgen kann.

Die bei der Ladung der Akkumulatoren entstehenden Gase werden abgesaugt, Ansammlungen von Gasen in den Batterieräumen werden durch ein besonderes Ventilationsystem verhindert.

Die Bordakkumulatoren erfordern eine sehr sorgfältige Pflege. Seewasser muß von ihnen unbedingt ferngehalten werden, da es die Platten zerstört und die dabei auftretende Chlorgasbildung tödliche Gefahren nach sich zieht.

U-Boote haben zwei Batterien, die hintereinander oder parallel geschaltet werden können und in getrennten Räumen untergebracht sind.

Neben den Bleiakkumulatoren werden *Stahlakkus* vielfach verwendet. Ihre Gefäße und Plattenrahmen bestehen aus

vernickeltem Stahl. Der wirksame Bestandteil der positiven Platten ist Nickelhydroxyd, das bei der Entladung in Nickelhydroxydul übergeht, und dem zur Erhöhung der Leitfähigkeit etwas Graphit zugesetzt ist. Die meist aus Nickel-Cadmium bestehenden negativen Platten enthalten Cadmium oder Eisen in fein verteiltem Zustand, woraus bei der Entladung Cadmium- bzw. Eisenhydroxydul wird. Als Elektrolyt dient reine Kalilauge von der Dichte 1,18 bis 1,23 t/m³. Isolationssteile bestehen aus Hartgummistäben und -Bügeln. Die Zellen sind vollkommen abgeschlossen, um den Luftzutritt zu verhindern (Luftkohlenäure gibt Anlaß zu Pottaschebildung in den Zellen). Wegen ihrer Geringfügigkeit bildet die Änderung der Dichte der Lauge bei Ladung und Entladung kein Maß für die Beurteilung des Lade- oder Entladezustandes der Zellen.

Galvanische Elemente werden vor allem im Bergbau verwendet. Es sind ausschließlich *Leclanché-Elemente*, also Zink-Kohle-Elemente mit Salmiaklösung als Elektrolyt und Braunstein als Depolarisierungsmittel. Die Salmiaklösung wird in Form einer eingedickten Masse eingebracht (Trockenelement). Die Spannung ist 1,45 bis 1,5 Volt. Die Lagerfähigkeit der Elemente soll 2,5 bis 3 Jahre betragen. Der innere Widerstand nimmt mit der Zeit von 0,1 oder 0,15 Ohm im frischen Zustand bis zu mehreren Ohm zu. Nach Erreichen von 0,3 Ohm werden diese Trockenelemente jedoch nicht mehr verwendet. Mithin ist die Bestimmung des inneren Widerstandes eine wichtige und laufend durchzuführende Arbeit.

Es ist (Abb. 163)

$$E = U_k + J \cdot R_i, \quad J = U_k / R_a,$$

also

$$E = U_k + \frac{U_k}{R_a} \cdot R_i,$$

woraus sich der gesuchte innere Widerstand ergibt:

$$R_i = \frac{(E - U_k) \cdot R_a}{U_k}.$$

Auch die sogenannten *Bündelelemente* der Bleikappenminen (S. 199) sind galvanische Elemente. Es sind immer Zink-Kohle-Elemente mit Schwefelsäure und Kalium-

bichromat als Elektrolyt, Zündwasser genannt. Im Gegensatz zu den Trockenelementen werden sie erst aktiv, wenn das Zündwasser infolge Zerbrechens des Zündglases über die Elektroden fließt.

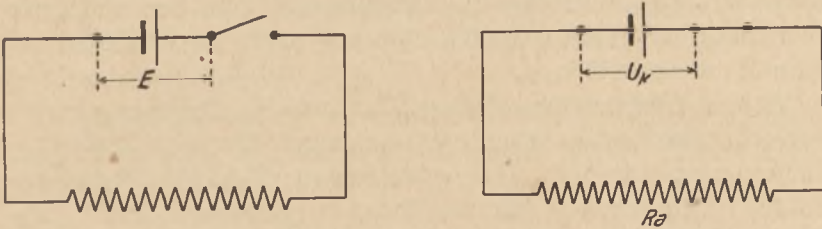


Abb. 163. Schaltung zur Bestimmung des inneren Widerstandes R_i eines Trockenelements. E Spannung des offenen, U_k Klemmenspannung des belasteten Elements, R_a äußerer Widerstand.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei dem im Elektrolot (S. 198) eingebauten Element.

Auf der Bildung eines galvanischen Elements Kupfer-Eisen mit dem Seewasser als Elektrolyten beruht die auf S. 200 angegebene Antennenzündung für Minen.

C. Verbraucher

Die in den Kraftwerken des Kriegsschiffes erzeugte elektrische Energie dient zur Innenbeleuchtung des Schiffes, zum Betriebe der Schiffshilfsmaschinen, der Motorgeneratoren und der Schwachstromanlagen.

Zu jedem Generator gehören eine Maschinenschalttafel und die erforderlichen Verteilertafeln.

Eine **Maschinenschalttafel** z. B. enthält einen zweipoligen Überstrom-Selbstausschalter, einen Dreh-Umschalter zum Schalten der Generatoren auf verschiedene Verteilertafeln, einen Spannungsregler, eine Flackerlichtanlage, die das Bedienungspersonal auf Überlastung des Generators aufmerksam macht und Trennschalter, die bei Havarien zum Abschalten der gefährdeten Teile der elektrischen Anlage dienen.

Zur **Überwachung des Betriebes** sind noch Strom- und Spannungsmesser erforderlich, sowie ein Feldtemperaturanzeiger zur Kontrolle der Temperatur der Magnetwicklung des Generators.

Die **Verteilerschalttafeln** haben den Zweck, den Strom auf die einzelnen Lichtgruppen- und Kraftstromkreise zu verteilen. Auf den Verteilertafeln finden sich u. a. auch noch ein Spannungs- und Isolationsmesser, mit dem die Netzspannung und der Isolationswiderstand der Plus- und Minuslinien gegen den Schiffskörper gemessen werden können.

Bei den **Schiff-Hilfsmaschinen**, die sämtlich elektrisch angetrieben werden, unterscheidet man Hilfsmaschinen für die Schiffsführung, für den allgemeinen Schiffsbetrieb, für die Waffen und für das Nachrichtenwesen.

Der Schiffsführung dienen der Kreiselkompaß, die Übertragung der Anzeige des Mutterkompasses auf die Töchter, die Befehls- und Meldeanlagen (B- und M-Anlagen) für die Schiffs- und Waffenführung, die Signallaternenanlagen und die Scheinwerfer.

Dem allgemeinen Schiffsbetrieb dienen Ruderanlagen, Spillanlagen zum Verholen des Schiffes, Ankerlichten und Heizen der Lasten, Leckpumpen zum Auspumpen des Wassers bei Wassereinbruch, Feuerlöschpumpen zum Saugen von Wasser aus See und unter Druck halten der Feuerlöschleitung, Schiffslüfter zum Be- und Entlüften der Schiffsräume, Maschinenraumlüfter für die Verbrennungsluft der Feuerungen, Kühlanlagen, Lazareteinrichtungen, Heizung und Küchenhilfsmaschinen.

An elektrischen Waffen-Hilfsmaschinen sind zu nennen die Schwenkwerke der Geschütztürme, Munitionsförderereinrichtungen, Ziel-, Richt-, Rechen- und Ortungsgeräte, Schwenkwerke der Torpedorohrätze, Rohrheizung und Motoren zum Bewegen der Scheinwerfer.

Im **Nachrichtenwesen** werden zahlreiche Umspanner und Umformer für die Funkgeräte und Unterwasserschallanlagen verwendet.

Die Kommandos werden vielfach, z. B. beim **Maschinentelegraphen** (Fahrtstufen-Übermittlungsanlage) in Winkel umgesetzt. Am Geber wird ein Stellhebel um einen bestimmten Winkel gedreht (Abb. 164) und der Empfänger, z. B. in der Maschine, macht den gleichen Drehwinkel mit. Diesen Drehwinkeln werden dann bestimmte Kommandozeichen untergelegt, wie „Außerste Kraft voraus“ usw. Neben Drehwinkeln werden auch Drehzahlen ferngegeben. Die Winkel müssen winkeltreu, stetig und unabhängig von den Netzschwankungen übertragen werden.

D. Leitungsnetz

Das **Bordleitungsnetz** ist durchweg zweipolig verlegt, da der Schiffskörper nicht zur Rückleitung benutzt werden darf. Während der Fahrt wird das Netz so geschaltet, daß alle E-Werke möglichst gleichmäßig belastet sind. Im Hafen können sämtliche Stromkreise vom Lande aus gespeist werden.

Als Leitungsmaterial dient an Bord ausschließlich **Marinetabel**. Das sind durchweg als Lagenleiter aufgebaute Kupferdrahtleitungen, die mit Gummi isoliert und zum Schutz gegen Feuchtigkeit mit einem Bleimantel umpreßt sind. Gegen mechanische Beschädigungen sind sie noch mit Eisenband oder Eisendraht umflochten.

Die Verlegung der Kabel erfordert an Bord ganz besondere Sorgfalt, da die Beanspruchung der Leitungen hier bei weitem höher ist als bei Landanlagen. Starke Biegungen, Knickungen können in kurzer Zeit zu Rissen in der Umhüllung des Kabels und damit zu Kurzschlüssen führen. Hin- und Rückleitungen sind stets dicht nebeneinander anzuordnen, damit die durch die Ströme hervorgerufenen magnetischen Felder sich gegenseitig aufheben.

Durchführungen durch wasserdichte Schotte müssen mit Hilfe von Schottstopfbuchsen, Asbest- und Gummischeiben wasserdicht ausgeführt werden.

Die Kupferquerschnitte der Leitungen werden so bemessen, daß der Spannungsabfall 5 v. H. der Netzspannung nicht übersteigt.

Feuchtigkeit und mechanische Erschütterungen durch das Arbeiten der Maschinenanlage oder bei Geschützfeuer beanspruchen das elektrische Leitungsnetz an Bord eines Kriegsschiffes überaus stark und gefährden die Betriebssicherheit. Daher gehört die **Bestimmung des**

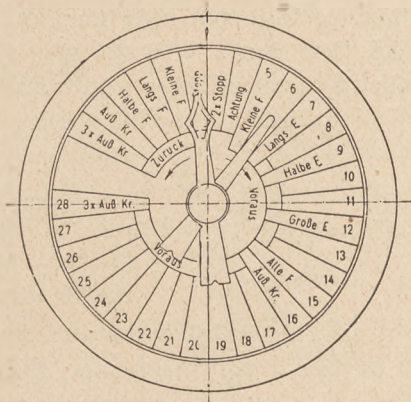


Abb. 164. Befehlscheibe eines Maschinentelegraphen.

Isolationszustandes der elektrischen Anlage an Bord zu den täglich vorzunehmenden Überwachungsarbeiten. Daneben gibt es eine mindestens einmal im Jahre durchzuführende besondere Untersuchung der gesamten elektrischen Anlage.

Wird die Isolation einer Leitungsanlage derart beschädigt, daß ein Strom nach der Schiffswand übertreten kann, so spricht man von **Schiffsschluß**. Ein entstandener Kurzschluß löst Sicherungen oder selbsttätige Schalter aus.

Auch wenn bestes Isoliermaterial verwendet wird, ist eine vollständige Isolation nicht möglich. Der Isolationswiderstand ändert sich stark durch Wärme und Feuchtigkeit, ist also veränderlich. Isolationswiderstände unter 500000 Ohm gelten als schlecht.

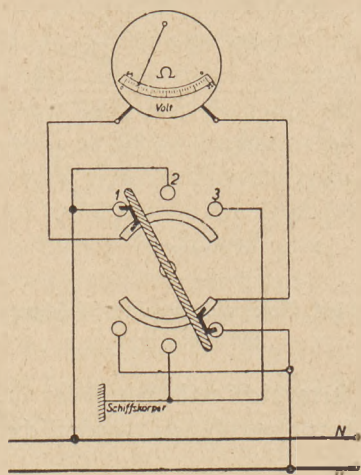


Abb. 165. Schaltung eines Schiffsschluß-Anzeigers.

Bei den täglichen Isolationsmessungen handelt es sich in erster Linie um die Feststellung von **Schiffsschluß**, der stets sofort beseitigt werden muß. Beweglich angeschlossene Handlampen und andere Geräte werden dabei nicht vom Netz abgetrennt.

Bei der jährlichen Untersuchung wird der Isolationswert des festverlegten Kabelnetzes für sich allein bestimmt. Dazu müssen alle beweglichen Geräte vom Netz getrennt werden. Sie werden gesondert durch Einzeluntersuchungen geprüft.

Zur Feststellung eines Schiffsschlusses dient der an jeder einzelnen Verteilertafel vorhandene als **Schiffsschluß-Anzeiger** dienende **Widerstandsmesser** (Abb. 165), der im wesentlichen ein in Volt und Ohm geeichter Spannungsmesser ist. Seine Schaltung geht aus der Abbildung hervor. In Stellung 1 wird die Netzspannung gemessen. Wird der Umschalter auf Stellung 2 gelegt, so ist eine Klemme des Widerstandsmessers mit dem Schiffskörper verbunden. Das Meßgerät zeigt jetzt bei etwa vorhandenem Schiffsschluß die Größe des Übergangswiderstandes zwischen Schiff und Minusleitung an. Auf Stellung 3 erfolgt

dieselbe Messung zwischen Schiff und Plusleitung. Die Anschlüsse sind so verlegt, daß der Strom im Meßgerät immer dieselbe Richtung hat.

Liegt das Meßgerät mit einem inneren Widerstand R_G an der Spannung U , so ruft der Gerätestrom $i = U/R_G$ einen bestimmten Zeigeraus-
schlag hervor.

Wird nun ein Widerstand R_V mit R_G in Reihe geschaltet, so ist nunmehr der Gerätestrom $i_1 = U/(R_G + R_V)$, d. h. kleiner als i . Dem-
entsprechend entsteht auch ein kleinerer Zeigeraus-
schlag. Ist R_V unendlich
groß, dann wird der Zeigeraus-
schlag Null. Besteht ein Schiffs-
schluß, d. h. ist $R_V = 0$, dann zeigt das Gerät den vollen Ausschlag an.

E. Prüfgeräte

Außer zur Überwachung der elektrischen Anlagen selbst werden elektrische Prüfmethoden und elektrische Prüf-
geräte auch im laufenden Schiffsbetrieb vielfach
verwendet, vor allem da, wo auf andere Weise kaum ein Erfolg zu
erzielen wäre, wie bei der Rauchgasprüfanlage und bei der Tempe-
raturfernmessung auf größere Entfernungen.

Die laufende Kontrolle der Zusammensetzung der Rauchgase
bezieht sich vor allem auf ihren Gehalt an Kohlendioxyd CO_2 sowie
an Kohlenoxyd $\text{CO} + \text{Wasserstoff } \text{H}_2$. Sie ist zur Beurteilung der in
der Kesselfeuerung stattfindenden Verbrennung nicht zu entbehren.
Die Verbrennung ist umso vollkommener, je größer der Gehalt an
Kohlensäure und je geringer der Gehalt an Kohlenoxyd und Was-
serstoff ist. Der Gehalt an $\text{CO} + \text{H}_2$ wird deshalb überwacht, der
Gehalt an CO_2 geprüft. Hierzu sind elektrische Rauchgasprüfer vor-
handen.

Die Geber dieser CO_2 - und $\text{CO} + \text{H}_2$ -Messer sind mit einem Ent-
nahmerohr am Schornsteinhals eines jeden Rauchfangs eingebaut.
Die Empfänger, d. h. die Ablesegeräte befinden sich am Hauptbedie-
nungsstand der Kessel, außerdem ist ein auf jeden Geber umschalt-
bares Ablesegerät im Maschinenleitstand angebracht.

Die Meßverfahren für den CO_2 - und $\text{CO} + \text{H}_2$ -Gehalt benutzen
beide die Wheatstonesche Brückenschaltung, um Widerstandsänderungen
festzustellen, die in einem Meßdraht durch Temperaturerhöhung
hervorgerufen werden.

Die CO_2 -Messung beruht auf den Verschiedenheiten der Wärmeleitfähigkeit von Luft und CO_2 . Für CO_2 beträgt die Wärmeleitfähigkeit nur 59 v. H. derjenigen der Luft. Für Rauchgase nimmt sie mit steigendem CO_2 -Gehalt ab. Man kann deshalb den laufenden Vergleich der Wärmeleitfähigkeiten der Luft und der Rauchgase zur Messung des CO_2 -Gehaltes benutzen. Denkt man sich zwei Platindrähte von gleichem Querschnitt und gleicher Länge in engen Rohren ausgespannt und von gleichen Strömen durchflossen, so sind die Temperaturen und damit auch die Widerstände beider Drähte gleich, wenn sie beide von Luft oder beide von einem anderen, aber demselben Gase umgeben sind.

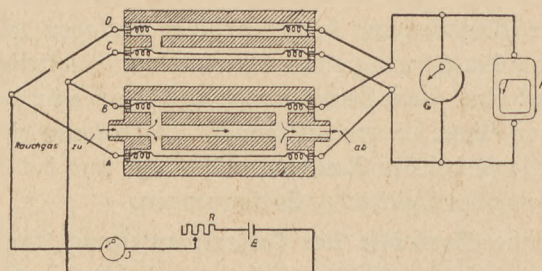


Abb. 166. Meßeinrichtung zur Bestimmung des CO_2 -Gehalts.

Sobald sich aber nur ein Draht in Luft, der andere in Kohlen säure befindet, werden beide Drähte trotz gleicher Belastung wegen des verschiedenen Wärmeleitvermögens der umgebenden Gase verschiedene Temperaturen und damit verschiedene Widerstände aufweisen.

Es genügt nun schon, den einen Draht den Rauchgasen auszu setzen, um infolge ihres CO_2 -Gehalts eine meßbare Widerstandszunahme zu erhalten. Diese Widerstandsänderung ist ein Maß für den CO_2 -Gehalt in den Rauchgasen.

In dem zweiteiligen Metallblock der Meßeinrichtung (Abb. 166) befinden sich vier Bohrungen A, B, C und D mit je einem konzentrisch ausgespannten Draht, die gleichmäßig elektrisch beheizt werden. Durch die Meßkammern A und B streichen die Rauchgase, während die Vergleichskammern C und D mit trockener Luft gefüllt sind.

Wie die Schaltung (Abb. 167) erkennen läßt, sind die Brücken-drähte so angeordnet, daß je zwei gegenüberliegende Zweige von dem gleichen Gas umgeben sind. Damit wird die Empfindlichkeit vergrößert, außerdem wird die Meßanordnung von den mitunter recht beträchtlichen Schwankungen der Raumtemperatur unabhängig gemacht.

Die Heizung der Drähte, deren Temperatur bei Luftumgebung 100°C betragen soll, erfolgt aus dem 24 Volt-Netz. Die einzuhaltende vorgeschriebene Stromstärke beträgt 0,4 A. Sie wird an dem Strom-messer J abgelesen. Als Brückeninstrument dient ein Spannungsmesser G , dem in beliebiger Entfernung ein zweites Meßgerät oder ein Schreibgerät K parallel geschaltet werden kann. Die Brückengeräte sind unmittelbar

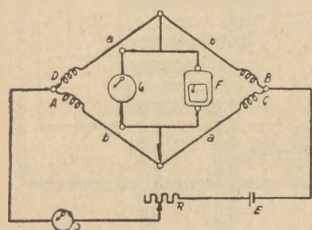


Abb. 167. Schaltung zum CO_2 -Meßer.

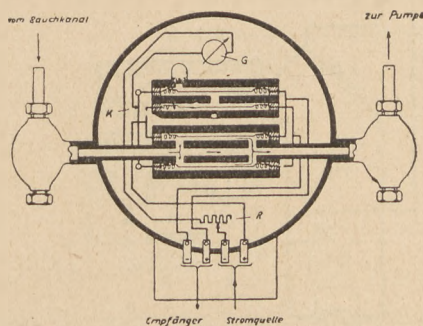


Abb. 168. Geber des CO_2 -Meßers.

in v. H. CO_2 geeicht, da die Ausschläge bei den geringen Widerstandsänderungen, die hier auftreten, diesen verhältnismäßig sind. Das Meßgerät vermag 0 bis 20 v. H. CO_2 anzuzeigen.

Das eigentliche Meßorgan, der Geber (Abb. 168), ist in einem staub- und wasserdichten Gehäuse untergebracht, in dem das Meßdrahtsystem, der Regelwiderstand und der Strommesser enthalten sind. Die Einstellung der Stromstärke erfolgt von außen mit einem Schlüssel. Die Meßkammern selbst sind durch zwei enge Bohrungen mit der Hauptleitung verbunden, durch die in jeder Minute 300 cm^3 Rauchgase gesaugt werden. Ein kleiner Drehwiderstand R dient zum Einstellen der Nulllage der Brücken-anordnung bei völliger Luftfüllung.

Die $\text{CO} + \text{H}_2$ -Messung (Abb. 169 u. 170) beruht auf der Temperaturerhöhung und damit Widerstandsvergrößerung eines Heizdrahtes, an dem die noch brennbaren Anteile des Rauchgas-Luftgemisches katalytisch verbrannt werden, gegenüber einem gleich-

artigen Heizdraht, der keinen Katalysator trägt, aber in gleicher Weise beheizt und von den Rauchgasen umspült wird.

In der Meßkammer *A* befindet sich der von den Rauchgasen umströmte Meßdraht, während in der Luftkammer *B* der Vergleichsdraht untergebracht ist. Beide Drähte werden auf 400 bis 450° C erhitzt und sind mit den unveränderlichen, temperaturunabhängigen Widerständen *C* und *D* zu einer Wheatstoneschen Brücke zusammengeschaltet. Das in der Brücke liegende Meßgerät *G*, ein Spannungsmesser, ist in v. H. $\text{CO} + \text{H}_2$ geeicht. Der normale Meßbereich ist 0 bis 4 v. H. $\text{CO} + \text{H}_2$.

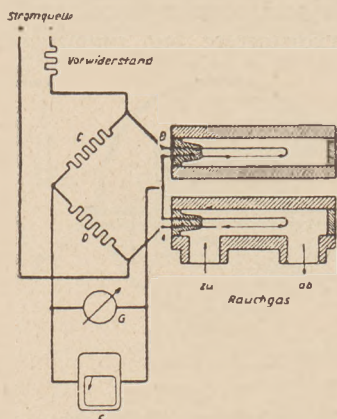


Abb. 169. Schaltung zur Bestimmung des $\text{CO} + \text{H}_2$ -Gehaltes.

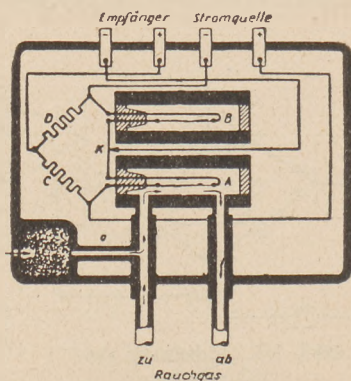


Abb. 170. Schnitt durch den $\text{CO} + \text{H}_2$ -Geber.

Die Rauchgase und die Vergleichsluft werden zur Erzielung eines betriebssicheren Arbeitens vorbehandelt. Druck, Temperatur und Feuchtigkeit müssen für beide gleich sein. Alle Anteile (z. B. SO_2), die zur Zerstörung des Rauchgasprüfers führen können, müssen entfernt werden.

Die stromführenden Leitungen in den Meßkammern kommen mit der Vergleichsluft und mit den Rauchgasen nicht in Berührung. Die Heizdrähte sind als stabförmige Heizelemente aus Sintertonerde Röhrchen ausgebildet, in deren Innerem der aus einer Platinlegierung bestehende Heizdraht ausgespannt ist.

Für den praktischen Gebrauch sind beide beschriebenen Meßanordnungen zusammen an eine Rauchgas-Entnahmeeinrichtung mit Ansaugleitung und Rührvorrichtung angeschlossen.

Neben dem Quecksilberfernthermometer (S. 65) werden vielfach elektrische Geräte zur Temperaturfernmessung verwendet. Sie

bestehen aus dem eigentlichen Thermometer und dem Temperaturanzeiger, dem Meßgerät, das in beliebiger Entfernung vom Thermometer angebracht werden kann.

Je nach der Höhe der zu messenden Temperatur verwendet man elektrische Widerstands-Fernthermometer für alle benötigten Meßbereiche zwischen -200 und $+500^{\circ}\text{C}$ und thermoelektrische Pyrometer für Temperaturen bis 1600°C (Bd. II).

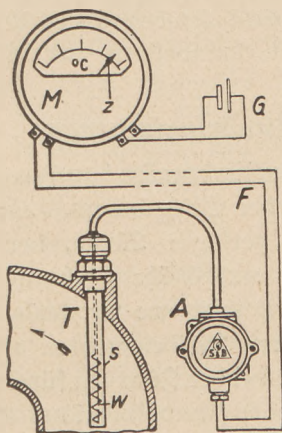


Abb. 171. Anordnung einer elektrischen Temperaturfernmessung mit einem Widerstandsthermometer, Meßbereich -200° bis $+500^{\circ}\text{C}$, T Temperaturfühler, W Widerstandswicklung, S Schutzrohr, A Anschlußdose, F Fernleitung, M Meßgerät, Z Zeiger, G Gleichstromquelle.

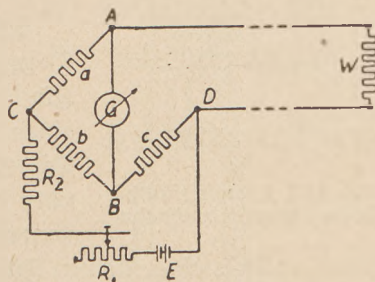


Abb. 172. Schaltung zum Widerstandsfernthermometer. E Batterie, R_1 , R_2 Vorwiderstände, a , b , c temperaturunempfindliche Widerstände, W Platinwendel, G Meßgerät.

Das elektrische Widerstandsthermometer (Abb. 171 und 172) wird als Fernthermometer für Lagerräume, Proviandkühlräume und Heizölbunker, ferner zur Temperaturmessung an den Lauf- und Drucklagern der Maschinen und an Getrieben verwendet. Es beruht auf der Widerstandsänderung metallischer Leiter mit der Temperatur. Ein solches Thermometer besteht aus einer Platinnendei, die in Quarzglas eingeschmolzen ist, um äußere chemische Einflüsse auszuschließen. Gegen mechanische Beschädigungen schützt ein Mantel aus Kupfer oder Stahl.

Der Widerstand der Platinwendel beträgt bei 0°C $100\ \Omega$, für je $2,5^{\circ}$ Temperaturänderung ändert er sich um $1\ \Omega$ (Abb. 173).

Die Meßschaltung besteht wieder aus einer Wheatstone'schen Brücke,

in der ein Brückenzweig das Thermometer W ist. Von den übrigen drei Brückenzweigen, die alle temperaturunempfindlich sind, haben die Widerstände b und c gleichen Wert, während a mit dem Thermometerwiderstand

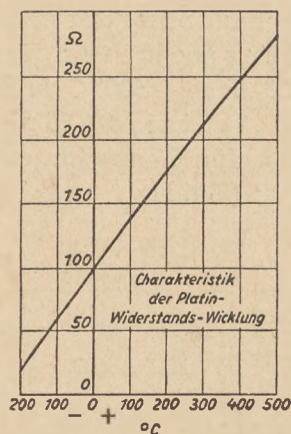


Abb. 173. Charakteristik der Platin-Widerstands-Wicklung.

bei der niedrigsten zu messenden Temperatur übereinstimmt. Das Brückengleichgewicht wird bei Erwärmung der Wendel gestört. In der Brücke liegt ein empfindliches Drehspulinstrument, das in Celsiusgraden geeicht ist. Zum Betriebe dient eine Batterie von 24 bis 30 Volt.

F. Zündeinrichtungen

Elektrische Zündgeräte beruhen auf der Verwendung des Glühzünders, d. h. eines Zünddrahtes geringer Länge, der durch einen Strom zum Glühen gebracht wird. Die Spannung wird aus Trockenbatterien oder besonderen Zündelementen entnommen oder, wie bei den Zündern für Sprengungen, mittels einer kleinen Zündmaschine (Kurbelinduktor) erzeugt.

Das **Elektrolot** wird vielfach zur Messung der Wassertiefe benutzt. Es wird aus einem Wurfrohr frei ins Wasser geworfen, daher auch die Bezeichnung *Freilot*, sinkt auf den Meeresboden, wobei durch den Aufschlag ein Stromkreis geschlossen und eine Knallkapsel elektrisch gezündet wird. Der Knall wird mit bloßem Ohr oder mit dem Navigationshorchgerät abgehört. Aus der Sinkzeit t in s ergibt sich die Wassertiefe $T = 2t$ m, da die Sinkgeschwindigkeit 2 m/s ist.

Die Abbildung 174 zeigt einen **Längsschnitt** durch den 180 mm langen und etwa 127 g schweren Lotkörper.

Über den Hauptkörper 5, den Träger des ganzen Aufbaues, ist ein kegelförmiger Mantel 2 mit Schwanzsteuerflächen 1 geschoben. Nach unten schließt die parabelförmige Kappe 14 ab, die zum Teil mit Blei ausgegossen ist. Der in dem Rohr 6 verschiebbar gelagerte Kontaktstift 4 ist in dieser Kappe befestigt. Oben endigt er in einem Kontaktkegel, dem das Kontaktfederpaar 3 gegenüber steht. Bei der axialen Verschiebung des Kontaktstiftes beim Auftreffen auf den Meeresgrund springen die Kontaktfedern in rillenförmige Ausdrehungen des Kontaktkegels ein und schließen so den Stromkreis für die Zündung der Knallkapsel 9. Vor

dem Auftreffen bewirkt die Schraubenfeder 7 die Trennung des Kontaktstiftes von den Kontaktfedern.

Als Stromquelle für die Zündung der Knallkapsel dient ein galvanisches Element von der Form einer Zelle einer Taschenlampenbatterie. Zwischen dem Kohlestab 16 und dem Zinkmantel 8 befindet sich ein Braunstein-Preßkörper 71 und eine Schicht Fließpapier, die das Elektrolytsalz enthält. In trockenem Zustande hat das Element keine Spannung.

Sobald jedoch Seewasser durch die Schließe 10 und die Löcher des Zinkmantels in das Element eintritt, löst sich das Elektrolytsalz auf und es entsteht eine Spannung von etwa 1,5 Volt zwischen den Elektroden.

Im Augenblick des Auftreffens auf dem Meeresboden schließt sich folgender Stromkreis: Pluspol 16, Glühdraht des Zünders, Kontaktfedern 3, Kontaktstift 4, Rappe 14, Kupferliche Minuspol 8.

Zur vollständigen Lösung des Salzes ist ein völliges Untertauchen des Elektrolotes im Wasser erforderlich und eine Einwirkung des Wassers von mindestens 2 Sekunden. Dadurch besteht eine Sicherung gegen vorzeitige Zündung der Kapsel.

Die Zündung der **Bleitappen-Wassermine** erfolgt elektrisch. Auf dem Minengefäß sitzen 4 bis 7 je 15 bis 20 cm lange hornartige **Bleitappen**, die jede eine mit Zündwasser gefüllte Glasröhre enthalten. Stößt ein Schiff gegen eine Bleitappe, so wird sie umgebogen, die Glasröhre zerbricht, die Flüssigkeit ergießt sich

nach unten über ein Zink-Kohle-Element und der hierdurch entstehende Strom bringt einen Glühzünder zum Glühen und bewirkt die Detonation.

Im Verlaufe des Weltkrieges wurde von den Amerikanern eine

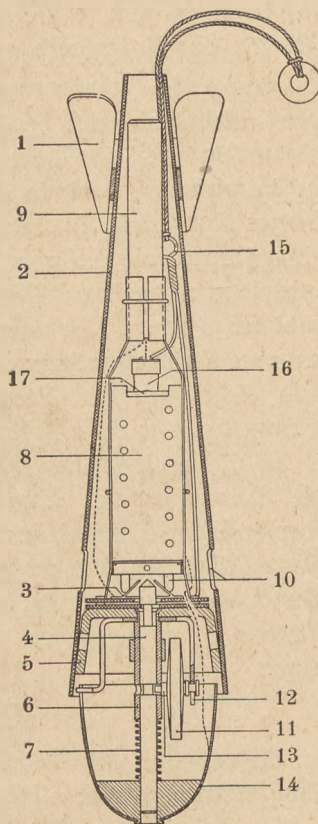


Abb. 174. Schnitt durch das Elektrolot.

völlig neuartige Minenzündung entwickelt, die sog. **Antennenzündung**, und 1918 bei der großen Nordsperrre zwischen den Shetlands und Norwegen angewandt. Bei der großen Wassertiefe der zu sperrenden Enge wären etwa 200 000 Bleikappenminen erforderlich gewesen, um so viele Stufen zu bilden, daß den deutschen U-Booten ein Untertauchen der Sperre unmöglich wurde.

Durch die **Antennenzündung** war man in der Lage, den Wirkungsbereich der einzelnen Mine zu vergrößern und mit einem Bruchteil an Minen (57 000) auszukommen. Auf dem Minengefäß wird eine isolierte Kupferplatte angebracht. Ein bis zu 30 m langes Kupferseil, Antenne genannt, führt nach oben und wird von einer Kupferboje steif gehalten. Der oberste Teil des Untertaues unmittelbar unter dem Minengefäß kann als untere Antenne ausgebildet werden. Sobald ein eisernes Schiff eine solche Kupferantenne berührt, entsteht ein galvanisches Element aus Eisen, Kupfer und Seewasser als Elektrolyt. Der nunmehr fließende schwache Strom betätigt ein empfindliches Relais, das den Stromkreis einer in die Mine eingebauten Batterie schließt und mittels Glühzünders die Detonation der Mine bewirkt. Die Stärke des Stromes im Kupfer-Eisen-Element ist vom Salzgehalt des Seewassers abhängig. Diese Mine hat den großen Vorteil, daß nicht mehr ein einzelner Punkt, das Minengefäß, sondern eine senkrechte Linie von vielen Metern Länge geschaffen wird, die bei Berührung zur Detonation führt.

G. Fernsprecher

Mikrophon und **Telephon** sind die Hauptelemente auch bei Schiffsfernsprechern.

In der üblichen **Zweileiterschaltung** (Abb. 175) liegen Mikrophon *M*, Telephon *T* und der beide einschaltende Kontakt des Hakenumschalters *Hu*, an dem der Kopfhörer im Ruhezustande hängt, in Reihe zwischen den zugleich zur Speisung dienenden beiden Sprechleitungen 1 und 2.

Die **Speisung** erfolgt über zwei Drosselspulen *Dr*, die einen Ausgleich der Sprechströme über die allen Sprechstellen gemeinsame Batterie verhindern.

Für den **gegenseitigen Anruf** der Sprechstellen, von

denen beliebig viele vorhanden sein können, sind weitere Leitungen vorgesehen, die die Anrufwecker *AW* oder die Anrufhupen *AH* und die Ruftasten *RT* enthalten. In der Abbildung kann von der Sprechstelle *A* die Sprechstelle *B* und *C*, von der Sprechstelle *B* nur die Sprech-

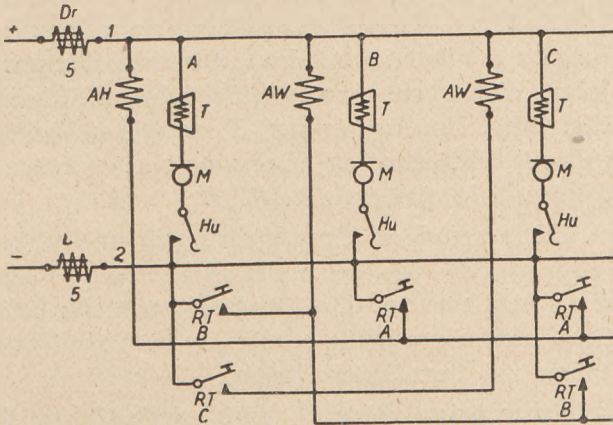


Abb. 175. Zweileiterschaltung einer Schiffs-Fernsprechanlage.

stelle *A* und von der Sprechstelle *C* die Sprechstelle *A* und *B* angerufen werden. Ein Verkehr von *B* mit *C* ist nur möglich, wenn *B* die Sprechstelle *A* anruft und von ihr einen Anruf der Sprechstelle *C* verlangt.

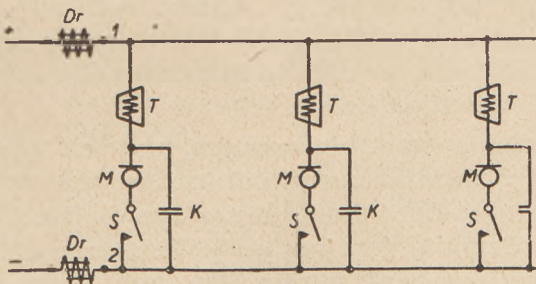


Abb. 176. Schaltung der Kopffernsprechanlage.

Auf einem Kriegsschiff gibt es eine Anzahl Sprechstellen, die von Telephonposten getragen werden, sogenannte **Kopffernsprecher** (Abb. 176). Sie bestehen aus einem Doppelkopfhörer und einem Brustschild, mit Mikrophon und den erforderlichen Schaltern, das

an einem verstellbaren Riemen um den Hals getragen und durch eine bewegliche Anschlußleitung an eine Anschlußdose der fest verlegten Kopffernsprechanlage angeschlossen wird. Auf diese Weise ist neben der Führung von Gesprächen die gleichzeitige Ausführung von erhaltenen Befehlen möglich.

Die Einleitung eines Gespräches erfolgt bei dieser Sparschaltung durch mündlichen Anruf. Dieser ist aber nur möglich, wenn zu jedem Mikrophon *M* und dessen Schalter *S*, der mit dem Rinn betätigt wird, ein Kondensator *K* parallel geschaltet ist, der zwar dem Speisegleichstrom den Durchgang verwehrt, der aber für die Sprechströme kein Hindernis darstellt.

Die im Schiff verteilten Sprechstellen müssen den besonderen Erfordernissen des Schiffsbetriebs entsprechen. Sie sind wasserdicht und vor allem auch sehr widerstandsfähig ausgeführt. Jede solche Sprechstelle besteht aus dem Handfernsprecher, dem Handhörer und dem Anschlußkasten.

In geräuschgestörten Räumen wird vielfach das **Rehlkopfmikrophon** statt des normalen Mikrophons verwendet. Zwei kreisrunde Mikrophone von wenigen Zentimetern Durchmesser sind durch einen Stahlbügel miteinander verbunden, der so um den Hals gelegt wird, daß die Mikrophone am Rehlkopf rechts und links anliegen. Der Sprecher redet mit normaler Lautstärke und die mechanischen Schwingungen der Stimmbänder werden direkt auf die Mikrophone übertragen, ohne daß Störgeräusche oder das gesprochene Wort in Form akustischer Energie auf die Membranen der eng anliegenden Mikrophone auftreffen können.

Da aber viele Sprachschwingungen, besonders Zischlaute, durch das weiche Hautpolster unterdrückt werden und auch die Oberschwingungen der Sprachlaute, die der Sprache ihre Eigenart geben und für die Verständlichkeit von großer Bedeutung sind, vom Hautpolster so stark gedämpft werden, daß ihre Übertragung auf das Schwingblatt unterbleibt, so ist die Wiedergabe der Sprache durch das Rehlkopfmikrophon dumpf und daher schwerer verständlich.

Demgegenüber steht der Vorteil, daß die Störgeräusche aus der Umgebung des Mikrophons (Maschinenlärm, Gefechtslärm, Wasser-rauschen) nur sehr schwach oder gar nicht übertragen werden. Außer-

dem gestattet die Verwendung des Kehlkopf-mikrophons größte Bewegungsfreiheit. Es behindert seinen Träger viel weniger als das **Brustmikrophon**, das auf einem flachen Metallgehäuse, dem Brustschild, angebracht ist.

Grundsätzlich soll ein Mikrophon so beschaffen sein, daß es auf alle Sprachschwingungen anspricht und daß deren Lautstärke im Telephon erheblich größer ist als die des mitübertragenen Raumgeräuschs.

Bei den gewöhnlichen Handfernsprechern ist der Abstand zwischen dem Munde des Sprechenden und der Mikrophonmembran etwa 40 bis 70 mm. Bei größerer Annäherung treten außerordentlich starke

Verzerrungen der Sprache auf. Sie werden durch die Kohleteilchen hervorgerufen, die durch zu heftige Erschütterungen aus ihrer ursprünglichen Lage herausgeschleudert werden und nicht mehr dahin zurückkehren. Diese Erscheinung heißt **Prelleffekt**.

Die Abhängigkeit der Lautstärke eines Mikrophons, gemessen in Millivolt Wechselspannung, von der in mm gemessenen Entfernung einer unveränderlichen Schallquelle zeigt die Kurve *a—b* der beigefügten Abbildung 177. Die Gerade *c—d* gibt die Stärke eines im gleichen Raume vorhandenen gleichbleibenden Störgeräuschs wieder.

Im Bereiche der üblichen Entfernung der wirksamen Mikrophonfläche von der Schallquelle wird also die Sprachlautstärke von der Lautstärke des Störgeräuschs erheblich übertroffen. Dadurch wird eine Verstärkung der Sprechströme erforderlich, die durch Elektronenröhren in beliebiger Höhe erfolgen kann.

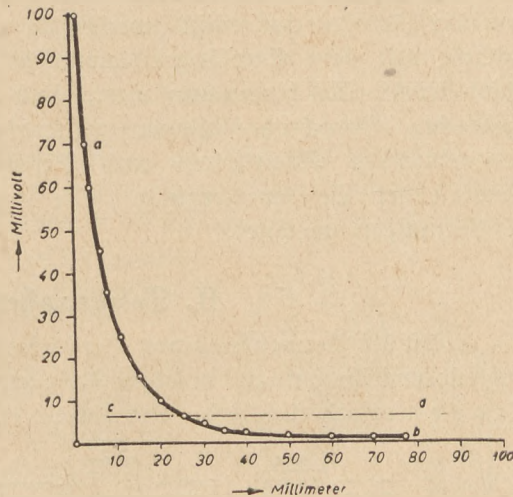


Abb. 177. Abhängigkeit der Lautstärke eines Mikrophons von der Entfernung der Schallquelle.

Bei Fernsprechanlagen, die mit Verstärker arbeiten, werden neben den üblichen Kohlekörnermikrophonen auch elektromagnetische Mikrophone (Bd. II) benutzt, die gegen Störgeräusche recht unempfindlich sind und den Vorzug haben, keinen Mikrophonstrom zu benötigen (batterielose Fernsprecher als Ersatz der Sprachrohre auf langen Wegen).

Sprachrohre dienen zur Übermittlung von Nachrichten in Fällen, wo der Fernsprecher nicht zweckmäßig und dennoch eine Rücksprache mit dem Empfänger erwünscht ist. An vielen Stellen, wie Brücke, Maschinenraum usw., sind daher Sprechtrichter angebracht. Sprachrohre dienen weiterhin auch als Reserve für lebenswichtige Nachrichten- und Befehlsübermittlungswege bei Ausfall der Stromversorgung. Sie sind aber nur für kürzere Entfernungen geeignet.

H. Telegraphen

Selbst bei Verwendung von Verstärkern ist die telephonische Befehlsübermittlung nicht in jedem Falle ausreichend, da zu oft Rückfragen erforderlich sind. Der daraus erwachsende Befehlsverzug

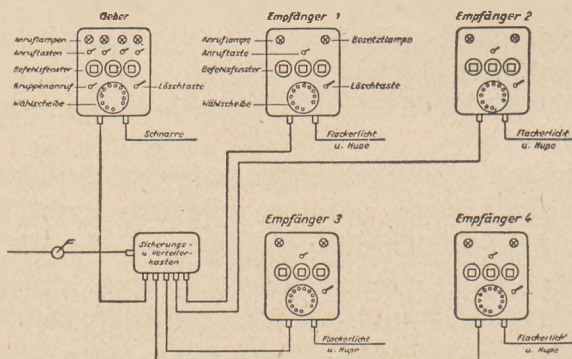


Abb. 178. Schema einer Befehls- und Melde-(B.- u. M.-)Anlage.

ist dem Kessel- und Maschinen- und dem Lebedienst abträglich. Die Unzulänglichkeit der telephonischen Befehlsübermittlung wird vermieden durch die **Betriebstelegraphen-Anlagen**, allgemein Befehls- und Melde-Anlagen, **B- und M-Anlagen**, genannt, deren Aufgabe die Übermittlung von Maschinenbefehlen und deren Quittierung ist.

Hierzu gehören die Maschinentelegraphenanlage und der Ruderlageanzeiger, auf U-Booten überdies die Tiefenruderzeigeranlage.

Der Grundgedanke dieser Anlagen besteht darin, Zahlengruppen, z. B. 4—6—7 oder 3—5, von denen die eine oder andere Zahl auch durch einen Buchstaben ersetzt werden kann, etwa 6—D—8, von einem Raum nach einem oder mehreren anderen Räumen zu telegraphieren, wo sie dann an Hand von Signaltafeln in Klartext übersetzt werden. Die Durchgabe der Befehle und Meldungen muß mit wenigen Handgriffen erfolgen können.

Die Frontplatte der hierzu erforderlichen Geräte verlangt 2 oder 3 Befehlsfenster, hinter denen die Zahlen erscheinen, eine Taste zum Anruf, eine Telegraphieeinrichtung, eine Taste zum Löschen des Befehls und 2 Signalfenster, von denen das eine den Anruf mit weißem Licht und das andere das Befehlssein der Anlage mit rotem Licht anzeigt.

Eine B- und M-Anlage umfaßt grundsätzlich einen **Geber** und 4 bis 5 **Empfänger** (Abb. 178).

Obwohl auch der Geber empfangen und die Empfänger geben können, besteht der Unterschied zwischen beiden darin, daß mit dem Geber Befehle an einen, mehrere oder alle Empfänger gegeben werden können, während zu gleicher Zeit immer nur ein Empfänger eine Meldung an den Geber erstatten kann.

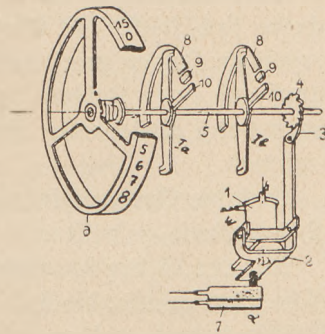


Abb. 179. Schrittschaltwerk.

Zwischen Geber und Empfänger besteht ein wechselseitiger Verkehr.

Der Geber besitzt deshalb soviel Anruftasten *At* und Anruflampen *Al*, als Empfänger angeschlossen sind. Daneben kann noch eine Gruppenanruftaste *Gat* vorhanden sein, die den Anruf aller Empfänger gleichzeitig ermöglicht. Eine Befehlslampe ist am Geber überflüssig, da bei Inanspruchnahme der Anlage stets die entsprechende Anrufslampe am Geber leuchtet, gleichgültig von welcher Seite der Betrieb eingeleitet wurde.

Die zu telegraphierenden Zeichen sind auf Trommeln aufgeschrieben, die auf den Achsen elektromagnetisch ferngesteuerter **Schrittschaltwerke** (Abb. 179), mit Wähler *W*, befestigt sind und von diesen hinter den Befehlsfenstern vorbeigedreht werden.

Für jede Zahl der zu übertragenden Gruppe muß ein besonderes **Schrittschaltwerk** vorhanden sein. Es besteht aus dem Elektromagneten 1, dem Anker 2 mit der Stoßlinke 3 und dem Triebrad 4, das auf der Schaltwelle 5 befestigt ist. Die Ankerbewegung wird durch die am Ankerarm angelenkte Stoßlinke auf das Triebrad übertragen, in dessen Verzahnung bei jedem Schritt eine Sperrfeder einfällt, um eine gegenläufige Drehung der Schaltwelle zu verhindern. Beim Abzug des Ankers muß die Spannung einer Blattfeder überwunden werden, mit der beim Stromloswerden des Magneten ein schnelles Abfallen des Ankers bewirkt wird, außerdem gibt sie dem Anker eine sichere Ruhelage.

Auf der Schaltwelle sind zwei doppelarmige Schalthebel 1a und 1b befestigt. Jeder Schalthebel schleift im Betriebe über einen halbkreisförmigen Kontaktbogen 8. In der Ausgangsstellung dagegen liegt er auf dem Ruhkontakt 9. Die beiden Federn 10 vermitteln die Stromzuführung zu den Schalthebeln.

Vorteilhafter als die Betriebstelegraphen-Anlagen mit Wählerscheibe sind solche mit **Einstellvorrichtung**, bei denen die zu übertragenden Zahlen zuerst mit einem Schalthebel oder mit einem Drehknopf auf einer Zahlen- bzw. Buchstabenscheibe eingestellt werden, bevor beim Drücken der Gebetaste die Schrittschaltwerke zu laufen beginnen.

Auch die **Notmaschinentelegraphen-Anlage**, die aus der 24 oder 12 V-Batterie gespeist wird, arbeitet mit **Einstellvorrichtung**.

Nur der Geber im vorderen Kommandostrand besitzt hierbei eine solche Vorrichtung, die beiden Empfänger im hinteren und vorderen Maschinenraum weisen dagegen nur ein Befehlsfenster, eine Lösch-aste und eine Anruflampe auf.

Ein weiteres militärisch wichtiges Drahtnachrichtenmittel ist der elektrische **Fernschreiber**, da der mit ihm geschriebene Text auf der Empfängerseite laufend ebenfalls geschrieben erscheint und dadurch eine besondere Sicherheit der Übertragung gegeben ist. Kriegsschiffe sind an das Marinefern Schreibnetz angeschlossen. Verwendet wird der Siemens-Fernschreiber mit Schreibmaschinentastatur.

I. Anrufmittel

Als **Anrufmittel** dienen bei Schiffsfernsprechanlagen flackernde Lampen, Hupen, Wecker und Schnarren. Die **Flackerlichtanlage** ist eine Lichtsignalanlage,

die in Verbindung mit den Befehls- und Melde-Anlagen Verwendung findet. Bei einem Anruf oder bei Eingang eines Befehls wird sie in schnellem Wechsel ein- und ausgeschaltet, um die Aufmerksamkeit des Personals zu erregen, das infolge des Lärms der Lüfter Hupensignale nicht wahrnimmt. Gleichzeitig kann auch eine Hupe im Takte des Flackerns ertönen.

Damit die Art des vorliegenden Signals sofort erkannt wird, leuchtet bei Fernsprechanruf eine rote, bei einem Befehl mit dem Reisseltelegraphen eine grüne Lampe auf. Mitunter wird auch noch auf das Alarm-Signal „Schotten dicht“ mit blauem Licht aufmerksam gemacht.

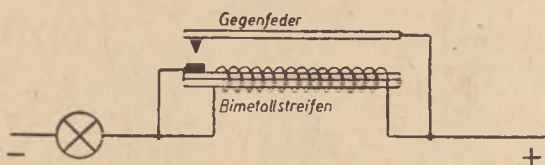


Abb. 180. Blinkknopf mit Bimetallstreifen einer Flackerlichtanlage.

Man unterscheidet Flackerlichtanlagen mit Impulsgeber und solche, die mit Blinkknöpfen arbeiten.

Die **Blinkknöpfe** (Abb. 180) enthalten einen kleinen Bimetallstreifen und eine Wärmewicklung. Sie werden in den dafür vorgesehenen Lampenfassungen unter den Lampenfuß gelegt.

Die hochohmige Wärmewicklung liegt vor der zugehörigen Lampe und verhindert ihr Aufleuchten. Dabei erwärmt sich die Spule und mit ihr der Bimetallstreifen. Der Streifen krümmt sich und berührt nach sehr kurzer Zeit die Gegenseite, wodurch die Wicklung kurzgeschlossen wird. Jetzt nimmt der Strom seinen Weg durch die Gegenseite und die Lampe leuchtet. Inzwischen kühlt der Streifen ab und hebt die Verbindung mit der Gegenseite auf. Dadurch wird die Wicklung wieder eingeschaltet, so daß die Lampe erlöschen muß. Dieser Vorgang wiederholt sich etwa 60 bis 80 mal in der Minute.

Der **Impulsgeber** (Abb. 181) besteht aus einem kräftigen Elektromagneten 1, dessen Anker 2 eine Schwungscheibe 3 schlagartig in Drehung versetzt, wodurch ein Selbstunterbrecher-Kontakt 4 und ein Wechsellkontakt 5 betätigt werden.

Ist z. B. am Empfänger des Kesseltelegraphen ein Befehl eingegangen, so erhält das parallel zur Weberspule geschaltete Wechselstromrelais *WR* Strom. Es zieht an und schaltet mit dem wr_2 -Kontakt die Unterscheidungs Lampe *UL* und dem wr_1 -Kontakt den Elektromagneten *I* ein. Beim Anziehen des Ankers *2* schlägt der auf ihm befestigte Arm gegen einen an der Schwungscheibe befestigten Stift *6*, so daß die Scheibe etwas mehr als eine Vierteldrehung erfährt. Die auf der Achse *7* befestigte Spiralfeder *8* begrenzt die Schwungweite und bringt die Schwungscheibe wieder in die Ruhelage zurück.

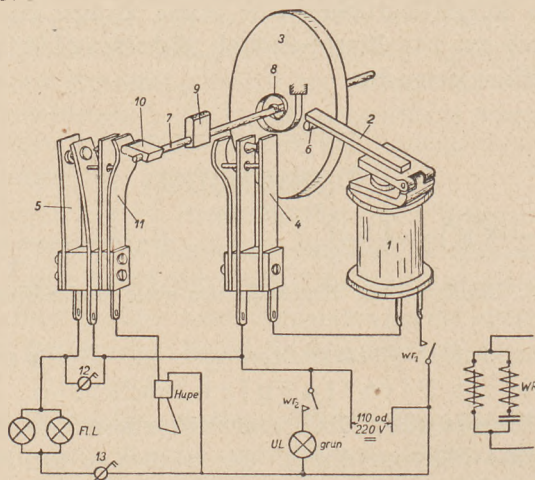


Abb. 181. Flackerlichtanlage mit Impulsgeber.

Damit das Spiel sich wiederholen kann, ist in den Stromkreis des Elektromagneten *I* ein Selbstunterbrecher-Kontakt *4* geschaltet. Auf der Welle ist ein exzentrisch gelagerter Stift *9* befestigt, der bei Verdrehung der Schwungscheibe die Kontakte *4* aneinander drückt, wodurch der Elektromagnet *I* stromlos wird.

Wenn nun die Schwungscheibe von der Spiralfeder in ihre Ruhelage zurückgedreht wird, gehen auch die Kontakte *4* in ihre Ruhestellung und schalten damit den Elektromagnet *I* wieder ein, die Schwungscheibe wird abermals herumgeschleudert.

Auf der Welle ist nun noch ein zweiter exzentrisch gelagerter Stift *10* befestigt, der gegen den ersten um 90° versetzt ist. Dieser Stift *10* drückt in der Ruhelage der Schwungscheibe die mittlere Feder des Wechselkontaktes *5* gegen die äußere Feder, wodurch die Flackerlichtlampen *FL L*, die vom Lichtnetz gespeist werden, dauernd eingeschaltet sind. Beim Ver-

drehen der Welle gibt der Stift 10 den Anschlag 11 frei, so daß die mittlere Feder des Wechsellkontaktes 5 sich gegen die innere Feder legen kann. Hierdurch wird der Lampenstromkreis unterbrochen und die Hupe eingeschaltet.

Da das Flackerlicht ausschließlich bei hoher Fahrt benutzt wird, kann es mit einem Überbrückungsschalter 12 wirkungslos gemacht werden, außerdem kann die Flackerlampengruppe mit einem Schalter 13 ausgeschaltet werden. Die Hupe und die Unterscheidungslampen sind jedoch nicht abschaltbar.

11. Übungsaufgaben

- | | | | | |
|----------------------------------------------------------------|-------|--------|-----------------|-------------|
| 1. Der Fahrbereich deutscher U-Boote des Weltkriegs betrug bei | a) | b) | c) | d) |
| | „U 1“ | „U 25“ | „U-Deutschland“ | „U-Kreuzer“ |
| | 1400 | 3000 | 12 000 | 18 000 sm. |

Verwandle diese Strecken in km und vergleiche mit Landentfernungen!

- Rechne nachstehend angegebene Schiffsgeschwindigkeiten in m/s und zum Vergleich mit Landgeschwindigkeiten in km/h um:
a) Schlachtschiff 27 sm/h, b) Kreuzer 32 sm/h, c) Zerstörer 36 sm/h, Torpedoboot 34 sm/h!
- Ein Schnellboot fährt mit 30 sm/h durch das Wasser. Wie groß ist seine Geschwindigkeit über den Grund in m/s bei einer Gegenströmung von 1,2 sm/h?
- Ein Zerstörer hat ein $D_{\max} = 2200$ t. a) Wieviel m^3 Seewasser verdrängt er von der Wichte $\gamma = 1,03 \text{ t/m}^3$? b) Um wieviel vergrößert sich sein Tiefgang in Süßwasser, wenn die Fläche der Wasserlinie rund 950 m^2 umfaßt?
- Ein quaderförmiger Ponton aus verzinktem Stahlblech ist 8 m lang, 1,4 m breit und 0,85 m hoch. Er wiegt 1120 kg.
a) Berechne den Freibord! b) Bei welcher Nutzlast vermindert sich die freie Bordhöhe auf die Hälfte?
- Ein 10-t-Schwimmkran habe einen quaderförmigen Schwimmkörper von 10 m Länge, 8 m Breite und 2 m Höhe. Sein mittlerer Tiefgang ist unbelastet 1,2 m. Wie groß ist sein Freibord bei voller Belastung
a) in Süßwasser, b) in der Ostsee ($\gamma = 1,015 \text{ t/m}^3$), c) in der Nordsee ($\gamma = 1,02 \text{ t/m}^3$)?
- Eine Fahrwasserboje aus Stahl (Wichte $7,8 \text{ t/m}^3$) ist aus zwei Kegeln zusammengesetzt. Sie hat eine Höhe $h = 0,8$ m, einen Durchmesser $D = 0,4$ m und eine Wandstärke $d = 0,3$ cm. Berechne a) Rauminhalt, b) Gewicht und c) die verdrängte Wassermenge (Wichte $1,02 \text{ t/m}^3$), wenn die Kette im Wasser 4,2 kg wiegt!
- Veranschauliche auf verschiedene Weise den Anteil der einzelnen Gefechtswerte am Gesamtgewicht der einzelnen Kriegsschiffstypen. (Zahlen auf S. 10)!
- Berechne unter Verwendung der Kosten je kg auf S. 10 und der D_h -Angaben auf S. 9 Durchschnittspreise für Kriegsschiffe!
- Gib für die verschiedenen Kriegsschiffstypen das Reservereplacement in t an (vgl. S. 39)!
- Berechne für die auf S. 21 angegebenen U-Boote des 1. Weltkriegs das Reservereplacement in v. H. der Unterwasserverdrängung!

12. Bei Ersatz von Stahlblech durch Hydronalium (korrosionsbeständige Aluminiumlegierung mit 2...9 v. H. Magnesiumgehalt) im Schiffbau gelten die in der nachstehenden Tabelle angegebenen Beziehungen:

Wanddicke in Stahl	mm 2	2,5	3	4	5	6
Wanddicke in Hy	mm 3	4	4,5	6	8	9

Welche Gewichtserparnis wird im Durchschnitt erzielt, wenn die Dichten der beiden Stoffe 7,8 und 2,6 t/m³ sind?

13. Bei Ersatz von wenig oder gar nicht beanspruchten Stahlteilen durch Hydronalium können dieselben Wandstärken Verwendung finden. Wie groß ist in diesen Fällen die Gewichtserparnis?
14. Wie groß ist die Wasserverdrängung in m³ eines Schlachtschiffes von 26 000 t in der Ostsee ($\gamma = 1,015 \text{ t/m}^3$) und in der Nordsee ($\gamma = 1,025 \text{ t/m}^3$)?
15. Ein U-Boot mit einer Unterwasserverdrängung von 450 t befindet sich auf dem Marsche von der Ostsee in die Nordsee. Beim letzten Tauchen in der Ostsee wurde die Wichte des Ostseewassers zu 1,008 t/m³ bestimmt, während beim ersten Tauchen in der Nordsee das Wassergewicht 1021 kg/m³ betrug. Welchen Einfluß hat die Änderung des Wassergewichts auf das tauchende U-Boot?
16. Während einer Sturmflut schneidet eine kugelförmige Festmacherboje in der Elbe unter (taucht unter). Wie groß ist nunmehr ihr hydrostatischer Auftrieb, wenn ihr Durchmesser 0,94 m, die Wandstärke 0,5 cm, die Wichte des Eisens 7,8 t/m³ und das Gewicht des Ankertaues im Wasser 2,8 kg betragen?
17. Eine kugelförmige Mine ($r = 0,5 \text{ m}$) wiege einschließlich Ankertau 300 kg. Wie groß ist der Zug im Ankertau, wenn die Wichte des Seewassers 1,025 (1,015) t/m³ ist?
18. Für ein Schlauchboot liegen folgende Angaben vor: Länge 3,00 m, Breite 1,15 m, Schlauchdurchmesser 0,35 m, Gewicht mit Zubehör 60 kg. Wie groß ist die zum völligen Untertauchen erforderliche Belastung unter der Annahme, daß der Schlauch aus zwei geraden und zwei halbkreisförmigen Stücken besteht (s. Abb. 33)?
19. Ein kleines Schlauchboot von 1,75 m Länge, 0,90 m Breite, 0,25 m Schlauchdurchmesser und einem Gewicht von 4,0 kg soll eine Tragfähigkeit von 1 Person haben. Prüfe diese Angabe nach für den Fall, daß der Schlauch zur Hälfte in Wasser eintaucht!
20. Ein großes Schlauchboot für militärische Zwecke faßt 25 Mann mit voller Ausrüstung. Prüfe durch eine Näherungsrechnung die Angabe der Lieferfirma nach, daß die Tragfähigkeit des Bootes durch menschliche Belastung nicht voll ausgenützt werden kann. Die Länge des Bootes betrage 5,5 m, die Breite 1,85 m, der Schlauchdurch-

messer 0,6 m und das Gewicht des Bootes mit Zubehör, einschließlich Holzboden, 160 kg!

21. Ein Kreuzer vermag 1475 m^3 , ein Zerstörer 343 m^3 Heizöl zu fassen. Wieviel t Öl können beide tanken bei einer Dichte von $0,95 \text{ t/m}^3$ bzw. $1,09 \text{ t/m}^3$ und 85 v. H. Ausnützung des Bunkerraums?
22. Wie groß ist der Raumbedarf von je 250 t Kohle ($\gamma = 0,8 \text{ t/m}^3$) und Heizöl ($\gamma = 1,08 \text{ t/m}^3$), wenn die Kohlenbunker zu 85 v. H. und die Ölbunker zu 90 v. H. ausgenützt werden können?
23. Gegeben ist nachstehende Umrechnungstafel:

Torr	mb	kg/cm ²
780	1040	1,06
765	1020	1,04
750	1000	1,02
735	980	1,00
720	960	0,98

Zeichne ein Schaubild zu dieser Tabelle!

24. Der Unterdruckmesser eines Kondensators zeigt bei $p_L = 970 \text{ mb}$, 1010 mb , 760 Torr , 790 Torr einen Unterdruck von $p_u = 0,93$, $0,94$, $0,95$, $1,01 \text{ kg/cm}^2$. Wann ist der absolute Druck p_a im Kondensator am geringsten?
25. Der Überdruck in einem Kesselraum beträgt 250 mm WS , der Luftdruck 765 Torr . Wie groß ist der absolute Druck im Kesselraum?
26. Ein Frischwassertank im Doppelboden von der Form eines Rechtecks von $4,2 \text{ m}$ Länge, $3,5 \text{ m}$ Breite und $0,8 \text{ m}$ Höhe besitzt ein Peilrohr, das von der Tankbede aus $8,5 \text{ m}$ hoch ist. a) Wie groß sind die auf die Tankwände wirksamen Drücke bei Füllung bis an die Tankbede? b) Wieviel Wasser ist erforderlich zur Füllung des $7,5 \text{ cm}$ dicken Peilrohrs? c) Wie groß ist der Druck auf die Tankwände bei gefülltem Peilrohr?
27. Ein eisernes Boot von $1,8 \text{ t}$ Gewicht schlägt voll Wasser und sinkt. Wie groß ist der Untertrieb a) in der Nähe der Meeresoberfläche (Dichtezahl des Seewassers = $1,026$), b) in 8000 m Tiefe ($1,07$), wenn das Eisen einen Rauminhalt von 230 dm^3 besitzt?
28. Für ein Thomson-Votrohr von $l_0 = 610 \text{ mm}$ Länge ist der Zusammenhang zwischen Wassertiefe und der „trockenen“ Rohrlänge L in einer Zahlentafel und durch Zeichnung darzustellen!
29. Beim Ausblasen der Tauchzellen eines U-Bootes wird Preßluft von 20 atü auf das 4-fache ihres Rauminhaltes ausgedehnt. Wie groß ist zuletzt der Überdruck dieser Luft, wenn der Barometerstand zu 720 Torr festgestellt wurde und die Temperatur der Luft sich nicht geändert hat?

30. Auf das Wievielfache ihres Rauminhaltes kann die von einem U-Boot mitgeführte Preßluft von 34 atü sich höchstens ausdehnen, wenn aus einer Tiefe von 60 m aufgetaucht werden soll und die Wichte des Seewassers $1,025 \text{ t/m}^3$ ist?
31. Eine Stahlflasche des Sauerstoffvorrats eines U-Bootes hat 40 l Inhalt und steht bei 0°C unter einem Manometerdruck von 150 at. Wie groß ist das Gewicht des Sauerstoffs ($\gamma = 0,00143 \text{ t/m}^3$)?
32. Der Tiefenmesser eines U-Bootes zeigt 8,5 m Tiefe. Er ist geeicht für Seewasser mit der Wichte $1,015 \text{ t/m}^3$. Wie groß wäre die wirkliche Tiefe a) in Süßwasser und b) bei der Wichte $1,028 \text{ t/m}^3$? Von dem Einfluß des inneren und äußeren Luftdrucks soll dabei abgesehen werden.
33. Am Tiefenmesser eines U-Bootes ist der innere Luftdruck nach folgender Tabelle zur Zeigerstellungsberichtigung zu verwenden:
- | | | | |
|--------------------------|--------|--------|--------|
| Luftdruck im Boot in mb: | 900 | 1000 | 1100 |
| Berichtigung in m | — 1,12 | — 0,12 | + 0,88 |
- a) Der Zusammenhang ist in einem Schaubild darzustellen.
b) Für welchen Luftdruck gilt die Tiefenanzeige ohne Berichtigung?
34. Wie groß ist die Längenzunahme einer bei 20°C 18,5 m langen Heißdampfleitung aus Eisen ($\alpha = 0,000011$) nach Erwärmung auf $287,5^\circ \text{C}$?
35. Die Wärmeausdehnungszahlen für Kupfer und Aluminium sind $\alpha = 0,000017$ und $0,000024 \text{ Grad}^{-1}$. Wie würde sich die Längenausdehnung der Leitung in der vorhergehenden Aufgabe ändern, wenn das Eisen durch Kupfer oder Aluminium ersetzt würde?
36. Die Ausdehnungszahl des Heizöls ist $\beta = 0,00096 \text{ Grad}^{-1}$. Wie groß ist die Volumzunahme von 1500 t Öl ($\gamma = 1,12 \text{ t/m}^3$) bei einer Erwärmung von 5° auf 50°C ?
37. Ein quaderförmiger eiserner Öltank von 4,2 m Länge, 5,8 m Breite und 5,4 m Höhe ist bis 5 m Höhe mit Heizöl von der Wichte $0,89 \text{ t/m}^3$ und 8°C gefüllt. Um es dünnflüssig zu machen, wird es auf 65°C erwärmt. Um wieviel steigt der Ölspiegel und wie ändert sich die Wichte des Öls?
38. Ein Schmieröl soll nach Angabe der Herstellerfirma bei mehrstündiger Erhitzung auf 302°F klar bleiben und keine Niederschläge zeigen. Rechne nach $^\circ \text{C}$ um!
39. Auf einem erbeuteten englischen U-Boot finden sich Thermometer mit Fahrenheit-Skala. In einzelnen Räumen werden folgende Temperaturen gemessen: $50,5^\circ \text{F}$, 72°F , $88,5^\circ \text{F}$. Rechne in $^\circ \text{C}$ -Grade um!
40. Die Geschwindigkeit des in 2 m Höhe gemessenen Windes steigt in der Höhe von

	3	5	10	15	20	25	50 m
um	10	22	41	53	64	73	90 v. H.

Berechne hiernach die Windgeschwindigkeiten in den verschiedenen Höhen für Windstärke 2 (2,5 m/s), Windstärke 6 (10 m/s) und Windstärke 10 (25 m/s)!

41. Rechne folgende in m/s angegebenen mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten in km/h und sm/h um:

Wilhelmshaven . . .	6,8 m/s	Helsingfors	7,0 m/s
Helgoland	4,0 "	Memel	5,5 "
Eylt	5,0 "	München	1,6 "
Aberdeen	5,4 "	Azoren	3,9 "
42. Durch Zeichnung ist Richtung und Stärke des wahren Windes festzustellen, wenn auf einem Kreuzer bei Kurs 350° und Marschfahrt von 12 sm/h ein scheinbarer Wind von 6 m/s aus Richtung 300° beobachtet wird. Wie ändert sich die Richtung des scheinbaren Windes, wenn die Fahrt des Kreuzers auf 20 sm/h steigt?
43. Zeichne die Weg-Zeit-Kurven für Luft- und Unterwasserschall in ein rechtwinkliges Netz für die Geschwindigkeiten 340 m/s und 1450 m/s!
44. Wie weit ist ein Schiff entfernt, wenn der Ton seiner Dampfpfeife erst 5 s nach dem Ausströmen des Dampfes gehört wird?
45. Berechne die Wellenlänge λ eines Tones von 440, 1050, 3500 und 38 000 Hz in Luft und Wasser!
46. Bei Windstille empfängt ein Schiff das Unterwasserschallsignal einer Küstenstation 6,5 s früher als das gleichzeitig gesendete Luftschallsignal. Wie weit ist die Station entfernt?
47. Beim Schießen schwerer Kreuzer auf See hört man den Aufschlag eines Geschosses am Ziel nach $8\frac{4}{5}$ s. Wie weit ist das Ziel entfernt, wenn die Geschossgeschwindigkeit durchschnittlich 800 m/s und die Schallgeschwindigkeit $333\frac{1}{3}$ m/s ist?
48. Die Schallgeschwindigkeit in der Ostsee beträgt $v = 1425$ m/s. Bei einer Unterwasserschallaufnahme werden nur ganze Sekunden gemessen. Wie groß ist der Fehler, wenn der Schall in Wirklichkeit 6,2 s unterwegs war?
49. Welche Zeit vergeht bei einer Tiefenanzeige des Echolots von 10, 18, 35, 90, 150, 300 und 1000 m?
50. Bei völliger Dunkelheit und durchsichtiger Luft ist 1 HK weißen Lichtes 1,33 sm, bei Regenwetter 0,95 sm weit zu sehen. Berechne die Sichtweiten von Toplaternen von 14 und 27 HK für beide Fälle!
51. An einem marineoptischen Gerät stehen die Angaben 8×60 , an einem andern 7×50 . Deutung? Berechne EP und Helligkeit!
52. Was läßt sich über Ferngläser mit den Angaben 4×50 , 12×60 und 6×40 in bezug auf Vergrößerung, Ausblicksöffnung und Augeskreis aussagen?

53. Ein großer Scheinwerfer habe $D = 1,6$ m Durchmesser. Die Lichtquelle habe die Leuchtdichte $B = 100\,000$ HK/cm². a) Wie groß ist die Lichtstärke des Scheinwerfers, wenn der Reflexionsverlust 40 v. H. beträgt? b) Wie groß ist die Beleuchtungsstärke in 1, 10, 25 und 50 sm Entfernung?
54. Die Deviation eines Kompasses ist gleich der Differenz zwischen mißweisender und Kompaßpeilung. Wie groß ist demnach die Deviation, wenn bei Kurs 290° eine Landmarke am Kompaß unter 148° gepeilt wurde und die mißweisende Peilung desselben Punktes am Peilort 153° betrug?
55. Bei einem Kompaßkurs von 352° ist die Deviation 7° Ost, die Mißweisung 4° West. Wie groß ist der rechtweisende Kurs?
56. Der Seekarte wird der rechtweisende Kurs 113° entnommen, die Mißweisung an der Stelle ist 6° West, die zum mißweisenden Kurs gehörende Deviation beträgt 9° Ost. Welcher Kompaßkurs ergibt sich hieraus?
57. Zum Aufladen einer 4 Volt-Handlampenbatterie an Bord steht das 24 Voltnetz zur Verfügung. Wie klein darf der vorzuschaltende Widerstand sein, damit die zulässige Ladestromstärke von 4,8 A nicht überschritten wird?
58. Ein tragbarer 4 Volt-Akku für Notbeleuchtung soll aus dem 220 Volt-Netz aufgeladen werden. Was für Kohlenfadenlampen (16, 25, 50 HK) sind vorzuschalten, wenn die Ladestromstärke 2,4 A beträgt und 1 HK 3 Watt erfordert?
59. Ein Kreuzer wird im Hafen durch ein Landanschlußkabel von 120 m Länge mit Gleichstrom versorgt. Die Spannung am Speisepunkt ist 225 Volt, die Bordschalttafel soll bei 250 A noch 220 Volt aufweisen. Wie groß muß demnach der Kupferquerschnitt des Kabels sein, wenn $\rho = 0,0175$ Ohm · mm²/m?
60. Eine Reserve-Akku-Batterie eines kleinen Kreuzers von 220 Volt besitzt eine Kapazität von 30 Ah bei 5 stündiger Entladung. Mit wieviel Watt darf sie belastet werden, wenn sie 10 Stunden ausreichen soll?
61. Zur elektrischen Heizung eines U-Boots-Mannschaftsraumes von 25 m³ Rauminhalt sollen 3 Heizkörper parallel an die Betriebsspannung von 220 Volt angeschlossen werden. Die Erwärmung von 1 m³ erfordert 220 Watt. Wie groß ist a) die Stromstärke für einen und für alle drei Heizkörper?, b) der Widerstand eines Heizkörpers?, c) die Länge des Widerstandsdrahtes für einen Heizkörper, wenn Konstantandraht ($\rho = 0,49$ Ohm · mm²/m) von 1,5 mm Durchmesser verwendet wird?
62. Für einen Zerstörer mit 145 Mann Besatzung wird eine vollelektrische Küche geplant. Bei täglich 6 stündigem Betrieb rechnet man 0,7 kWh je Kopf der Besatzung. Wie groß wäre der Energieverbrauch bei einer Netzspannung von 220 Volt?

Anhang

Einige seemännische und marinetechnische Ausdrücke

ablegen	Losgehen von der Boje oder Pier, die Leinen werden dann losgeworfen.
ablandig	See, Strom oder Wind, der vom Lande her kommt.
absacken	weg- oder untersinken.
abstoppen	1. die Fahrt eines Schiffes hemmen, ein Schiff zum Stehen bringen, 2. eine Leine abstoppen, d. h. eine auf Druck stehende Leine durch eine kurze feste Leine festlegen oder aufseken.
Abtrift, die	seitliche Abweichung vom Steuerkurs des Schiffes durch Wind.
abwracken	einen unbrauchbaren Schiffskörper zerlegen.
achterlastig	achtern tiefer liegend als vorn.
achterlich	von hinten her (z. B. Wind).
achtern	hinten (im Schiff).
Alhming, die	Tiefgangsmaßstab vorn und achtern am Schiff außenbords, senkrecht am Steven.
Ankeraufgehen	den Anker aufholen, um in See zu gehen.
Ankergeschirr, das	das zur Handhabung und Bedienung des Ankers nötige Gerät.
auflären	Arbeits- oder Dienstplatz aufräumen. Es klart auf = die Sicht wird besser, das Wetter wird heller.
aufländig	Gegensatz zu ablandig.
Auge, das	Schlinge am Tauende.
ausbojen	ein Fahrwasser durch Bojen kenntlich machen.
Ausguck, der	1. Ort für den Beobachtungsposten, 2. der Beobachtungsposten, 3. das scharfe Auslugen.
ausmachen	einen in Sicht gekommenen Gegenstand sicher erkennen.

ausrauschen	sehr schnell auslaufen, besonders beim Ankern mit Fahrt von der Kette gebraucht.
auscheiden	mit einer Arbeit oder Dienstverrichtung aufhören.
ausschwingen	den Davit oder Kran so bewegen, daß er außenbords zeigt.
Bach, die	1. Eßtisch der Mannschaft, 2. große Schüssel, 3. die Leute, die an der Bach zusammen essen, 4. vorderer Teil auf dem obersten Schiffsdeck.
Bachbordseite, die	linke Seite des Schiffes (von achtern nach vorn gesehen).
Bachprier, die	ausklappbares Rundholz, das von den Seiten des Schiffes außenbords angebracht ist und zum Befestigen von Booten und dergl. dient.
Bachstag, das	schweres Tau, welches von der Spitze des Mastes heruntergeht, um den Mast rückwärts zu versteifen.
Bake, die	festes Seezeichen auf dem Lande oder im Wattenmeer.
Balge, die	Hälfte einer in der Rundung durchgesägten Tonne (Decksbalge, Waschbalge).
Ballast, der	wertlose, aber notwendige Schiffsbelastung, die durch Verlegung des Schwerpunkts nach unten dem Fahrzeug ruhige Fahrt gibt.
Barkasse, die	größtes Beiboot eines Kriegsschiffs (Dampfbar-kasse, Motorruderbarkasse).
Barre, die	Sandbank, besonders an Flußmündungen.
Besteck, das	Ergebnis einer navigatorischen Berechnung des Schiffsortes auf See.
Bilge, die	Kielraum, Lenzraum.
Bö, die	Windstoß oder kurzer Unwetterichauer.
böig	der Wind kommt stoßweise.
Boje, die	verankerter schwimmender Körper aus Holz, Kork oder Eisen von verschiedenartiger Form, Größe und Verwendung, z. B. als Seezeichen, Ankerboje, Festmacheboje, Rettungsboje.
Bord, der	1. Decksplanken und Seitenplanken, 2. das ganze Schiff selbst, z. B. an Bord gehen.
Brackwasser, das	Gemisch von Süß- und Salzwasser in den Fluß-mündungen.
brassen	den Segeln einen anderen Stand geben.
Brecher, der	Sturzseen, hohe, sich überstürzende Wellen.
Brije, die	Wind bis Windstärke 7.

Buchse, die	Metallgefäß oder Futter in verschiedener Anwendung.
Bug, der	Vorderteil eines Schiffes.
bugjieren	1. dem Bug des Schiffes die Richtung geben, 2. ein Schiff durch ein anderes schleppen.
Bugspriet, das	schräg über den Bug hinausragender Mast.
Bühne, die	Lattenwerk, Uferschuh.
Bullauge, das	rundes Deckfenster oder rundes Fenster in der Bordwand, auch Bullei genannt.
Bunkern	Übernahme des Brennstoffes von Land oder Leichtern in die Vorratsräume (Bunker) des Schiffes.
chartern	Mieten eines Schiffes.
Crew, die	Jahrgang.
Davit, der	beweglicher Kran an Bord, Bootsdavit, Torpedodavit.
Deckslast, die	Ladung an Deck.
Displacement, das	Gewicht der von einem Schiff verdrängten Wassermenge.
Dez, das	$1 \text{ Dez} = 10^\circ = \frac{1}{36}$ des Vollwinkels.
diefig	nebelig.
Dingi, das	kleines Boot.
dippen	die Flagge zum Gruß nieder- und aufholen.
Dock, das	ausgemauertes Wasserbecken zum Aufnehmen eines Schiffes, auch Schwimmdock.
Draggen, der	kleiner Anker.
Dückdalbe, der	Verbindung von drei eingerammten Pfählen, an denen Schiffe festmachen.
Dünung, die	Seegang vor und nach dem Sturm.
dwars	quer (90° zur Mittelschiffslinie), Dwarssee, Dwarslinie.
entern	1. ein feindliches Schiff ersteigen, um es in Besitz zu nehmen, 2. klettern, hinaufsteigen, aufentern, niederentern.
Etmal, das	Schiffstagereweise, von Mittag zu Mittag gerechnet.
Evolution, die	Bewegung im geschlossenen Verbande, um den Ort oder die Formation zu ändern.
evolutionieren	Bewegungen im geschlossenen Verband ausführen.
Fahrt, die	Geschwindigkeit eines Schiffes.
Fallreep, das	Treppe oder Leiter zum Ein- oder Aussteigen bei Schiffen.

Fender, der	Rundholz, altes Tauwerk oder Rortkissen, die über Bord gehängt, die Beschädigung des Schiffes verhindern sollen.
fest	das Kommando „fest“ bedeutet im allgemeinen „Halt“.
Feuer, das	Bezeichnung für die der Schifffahrt bei Nacht dienenden Leuchtfeuer auf Leuchttürmen und Feuerschiffen.
fieren	gleiten, ablaufen lassen von Gegenständen und schweren Lasten.
Flaute, die	Windstille.
Flotte, die	Seestreitkräfte in ihrer Gesamtheit (ohne Spezial- und Schulschiffe).
Flottille, die	Verband von Zerstörern, Torpedo-, U-, Schnell-Minensuch- oder Vorpostenbooten.
fluten	Volllaufen von Räumen mit Wasser.
Gaffel, die	schräg stehender Baum am Mast, Kriegsflagge sitzt im Gefecht an der Gaffel.
Galion, das	Schiffsschnabel.
Gast, der	Bezeichnung eines Mannes der Besatzung in Verbindung mit seiner Laufbahn oder einer besonderen Verwendung im Dienst, z. B. Funkgast, Decksgast (Mehrzahl: die Gasten).
Gatt, das	Loch.
Gefechtsdienst, der	Dienst auf Gefechtsstation.
gieren	Abweichungen vom Kurs nach Steuerbord und Backbord, aus dem Ruder laufen.
Gig, die	leichtes Ruderboot.
Gischt, der	die Sprühsee.
Giß, die	Mutmaßung, Schätzung.
gissen	mutmaßen.
glasen	an die Schiffsglocke schlagen, und zwar einen Schlag für jede seit Beginn der Wache abgelafene halbe Stunde.
Gösch, die	1. kleine Flagge am Bug gesetzt, 2. linke obere Flaggenecde.
Grating, die	Gitterwerk, das zum Bedecken der Luken dient.
Gut, das	Sammelname für alles zum Takelwerk eines Schiffes gehörige Tauwerk.
Hahnepot, die	Anzahl dünner Taue, die sich in einem Punkte radial vereinigen.
halsen	ein Schiff vom Wind abfallend mit dem Heck durch den Wind drehen und auf den anderen Bug legen.

Heck, das	hinteres Ende eines Schiffes.
heizen	neuere Form vom niederdeutschen hissen.
Helgen, der	schräge Holzbahn, auf der das Schiff erbaut wird.
Hellegat, das	Raum vorn und hinten in den unteren Decks, wo Proviant, Tauwerk, Segeltuch und dergl. aufbewahrt und verausgabt wird.
Helling, die	schiefe Ebene zum Neubau von Schiffen.
hieven	heben, hochbringen, hochholen von Booten und schweren Lasten, Anker.
hissen	hochziehen, z. B. Boote, schwere Lasten, auch Flagge heißen.
holen	1. mit Anstrengung ziehen, 2. verholen, Platzwechsel von Schiffen.
Hulk, die	altes, für Seefahrt ungeeignetes Schiff.
Jakobsleiter, die	Strickleiter, z. B. an der Backspier oder oben am Mast.
Jolle, die	1. kleines Boot, 2. Verbindung aus einem einscheibigen Block und Tauwerk.
jumpen	schaufeln, auf- und abbewegen.
kabbeln	die See kabbelt = ungleichmäßig infolge Wind und Strom.
Kai, der	gemauerter Uferdamm.
Kajüte, die	Schiffswohnraum für Kommandant, Offiziere.
kappen	abschneiden.
kentern	nach der Seite umkippen, kieloben kentern.
ketschen	eingangen.
Kiel, der	Schiffsgrundbalken.
Kimm, die	Sekreis, Horizont.
Kink, der	Knoten, Verdrehung im Tau, Gedankenlink.
kinken	sich verschlingen, verdrehen.
Klarschiff	Gefechtsbereitschaft des Schiffes.
Klüse, die	Loch in der Bordwand zum Durchziehen der Unterkette.
Knagge, die	metallener Anschlag, der den Ruderausschlag begrenzt.
Knoten, der	1 kn = 1 sm/h, seemännisches Geschwindigkeitsmaß.
Koje, die	Bett, Lagerstatt im Gegensatz zur Hängematte.
Kommodore, der	etatmäßiger Geschwader- oder Verbandsführer.
kompensieren	ausgleichen, einrichten, z. B. Kompaß nach den Gestirnen.
Konvoi, der	Geleitzug, Schutzgeleit.
koppeln	die vom Schiff zurückgelegten Wegstrecken nach

	Länge und Richtung auf der Seekarte maßstäblich eintragen.
frängen	auf die Seite neigen.
kreuzen	hin- und herfahren.
Kurs, der	Winkel zwischen Kielrichtung des Schiffes und Ortsmeridian.
Rutter, der	schnelles Boot mittlerer Größe, das zum Rudern oder Segeln eingerichtet ist.
Last, die	Raum an Bord zum Aufbewahren von Geräten, Material usw.
lavieren	vorsichtig kreuzen.
Leck, das	undichte Stelle des Unterwasserteils an Schiffen.
leck	undicht.
Leckage, die	Leckstelle.
Lee, die	die dem Winde abgewandte Seite.
leewärts	die Richtung nach Lee hin.
lenzen	auspumpen, Leermachen von Räumen vom eingedrungenen Wasser.
Liderung, die	Verschluss, Vorrichtung, um etwas dicht zu machen.
Log, das	Fahrtmesser.
loggen	mit dem Fahrtmesser messen.
Luk, das	viereckige Decksöffnung, auch die Luke.
Luv, die	dem Winde zugewandte Seite, Feuerluv = die der feindlichen Artillerie zugewandte Seite.
luwwärts	in der Richtung, aus der der Wind weht.
Mannloch, das	runde oder ovale Öffnung, in die ein Mann einsteigen kann.
Mars, der	Plattform am Mast, Gefechtsmars.
Mole, die	Hafendamm zum Schutze des Hafens gegen Wellenschlag und Versandung.
Niedergang, der	Schiffstreppe.
orten	Bestimmung des Schiffsortes auf See.
	terrestrische Ortung: mit Hilfe von Landobjekten.
	Funkortung: mit Hilfe von Funkfeuern.
	astronomische Ortung: mit Hilfe von Gestirnen.
Otter, die	Gerät, das außenbords unter Wasser laufend das Minenankertau abschneidet.
Part, die	Teil eines Laues.
Pegel, der	Wasserstandsanzeiger.
peilen	abmessen, beobachten, bestimmen.
Periskop, das	Sehrohr des U-Bootes.
Pier, die	Landungsbrücke.
Pinnasse, die	kleines schnelles Boot.

Binne, die	1. Hebelarm des Steuerruders, 2. feine Spitze (Kompaßnadel ruht a. einer Binne).
Plankton, das	pflanzliche und tierische Kleinlebewesen des Seewassers.
Poller, der	starker Balken oder kurzer Pfosten aus Eisen, Beton oder Holz auf einer Pier oder Mole, der zum Festmachen oder Belegen von Trossen beim Verholen oder Festmachen dient.
Priel, der	Wasserlauf im Watt.
Prise, die	aufgebrachtes feindliches Schiff.
pullen	rudern.
Pütz, die	Eimer für Wasser und andere Flüssigkeiten.
querab	rechtwinklig zur Kielrichtung.
Raa, die	querstehende Segelstange am Mast, Flaggen-signalisieren geschieht an der Raa.
rammen	1. ein feindliches Schiff anrennen, um es in den Grund zu bohren, 2. Zusammenstoßen zweier Seefahrzeuge.
raumer Wind	Wind, der aus der Richtung achterlich als dwars kommt.
Reede, die	Ankerplatz, offener.
Registertonne, die	Einheitsmaß für den Gesamtrauminhalt eines Handelsschiffes.
Reling, die	Schiffsgeländer.
Ruder, das	Schiffssteuer.
sacken	in der Kiellinie Abstand vergrößern.
Salut, der	Ehrengruß durch Lösen von Kanonenschüssen.
Schäkel, der	Kettenglied, schraubbares Verbindungsglied.
schalten	Luken wasserdicht schließen.
Schanze, die	Oberdeck des Achterschiffs.
Schäre, die	Rüstentlippe.
Schiffsstammdivision	Marineteil an Land, der für die militärische Grundausbildung der Besatzungen und Bereitstellung der Besatzung für ein neues Schiff sorgt.
Schlagseite, die	seitliches Überliegen eines Schiffes nach einer Schlanm des Meeresbodens. [Seite.
Schlid, der	Schwanken des Schiffs um seine Längsachse.
schlingern	plötzliches Losmachen, z. B. Kette schlappen.
schlippen	wasserdichte Querwand im Schiff.
Schott, das	Drehen eines zu Anker liegenden Schiffes nach Strom oder Wind.
schwojen	ist ein Schiff, das alles für die Fahrt Nötige an Bord hat, so daß sofort in See gegangen werden kann.
seeklar	

Spant, das	Schiffsrippe, Quer- und Längsspant.
Spill, das	starke Winde, z. B. Ankerspill.
spleißen,	zwei Tauenden miteinander verflechten.
Stag, das	starkes Tau oder Drahtseil zum Abstützen des Mastes nach vorn.
stampfen	Schwanken des Schiffes um eine Querschiffssache.
Stander, der	dreieckige Signalflagge.
Stelling, die	Laufplanke vom Schiff zur Pier oder Dockmauer.
Steuerbordseite, die	rechte Schiffsseite (von achtern nach vorn gesehen).
Steven, der	Verlängerung des Rieles nach oben (Vorderanhalten. [und Achtersteven].)
stoppen	Tau- oder Kettenende, mit dem man etwas festhalten kann (fachmännischer Knoten).
Stopper, der	1. Kompakteilung, 32 Strich = 360° , 1 Strich = $11\frac{1}{4}^\circ$. — 2. schiffsartilleristische Winkelteilung, 5760 Strich (S) = 360° , 1 S = $\frac{1}{16}^\circ$.
Strich, der	schwerer Flaschenzug aus mehreren Blöcken.
Tafel, das	Tau- und Segelwerk eines Schiffes.
Tafelage, die	Flaschenzug.
Talje, die	Tauende.
Tamp, der	Schiff, das Sonnen und Bojen auslegt.
Sonnenleger, der	Mastspitze. Kommandantenwimpel sitzt am Topp.
Topp, der	Tau, das vom Topp eines Mastes (Ladebaum) niederführt.
Toppnant, die	dicke Leine aus Hanf oder Stahl zum Festmachen oder Schleppen eines Schiffes.
Trosse, die	ein Schiff in Gewässern mit Gezeiten mit zwei Ankern und einer Kette verankern, damit es auf kleinstem Raum schwimmt.
vermuren	ein verankertes Schiff zur Sicherung seiner Lage durch Leinen an der Pier festmachen.
vertäuen	waagerecht.
vierkant	ein Schiff, das vorn zu tief im Wasser liegt.
vorlastig	Verschlussvorrichtung in Form eines kleinen, ein- oder zweiarmligen, um einen Zapfen drehbaren Hebels, zum Festhalten von Schotttüren, Klappen und dergleichen.
Vorreiber, der	warnen, aufmerksam machen.
wahrschauen	Tauwerk, das den Mast seitlich abstützt.
Want, die	lange, nach vorn spitz zulaufende Flagge, z. B. Kommandantenwimpel, alle Zahlenwimpel.
Wimpel, der	bewegl. Gegenstände fest anbinden, seefest zurren.
zurren	

Herkunft der Abbildungen

Archiv OKM: 16, 39, 115, 119 — Astania-Werke A.-G., Berlin: 142, 145 — Atlas-Werke A.-G., Bremen: 82, 84, 87, 88, 89, 90, 91 — J. A. Barth, Leipzig (E. von Hofe, Fernoptik): 104, 105, 106, 107, 120, 121, 123, 127, 128, 132 — Behm-Scholot G. m. b. H., Kiel: 86 — M. Diefterweg, Frankfurt (Main): (Günther, Wehrphysik) 109, 110, 111 — Drägerwerk, Lübeck: 25 — Eckardt & Meßtorff, Hamburg: (Kaltenbach, Kleines Kompaß-WBC) 140, 141 — Electroacoustic, G. m. b. H., Kiel: 83, 85, 94, 174 — Friedrichs & Co., Hamburg-Schnelsen: 58 — R. Fueß, Berlin-Steglitz: 43, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61 — Germania-Werft, Kiel: (Tschel, Der Bau von Unterseebooten) 9, 10, 29, 32 — W. de Gruyter & Co., Berlin: (Franké, Handbuch der neuzeitlichen Wehrwissenschaften, Bd. III, 1. Teil) 12, 13, 20, 21, 35, 36, 37 — Hagenut, Kiel: 26 — v. Hase & Roehler, Leipzig: (Scheffel, der Brandtaucher) 11 — Inspektion der Marineartillerie: (Leitfaden für den Artillerie-Unterricht in der Kriegsmarine) 100, 101, 102, 108, 112, 129, 131, 133, 134 — Marineschule Kiel: (Schaefer, Leitfaden für den Elektrotechnik-Unterricht an der Marineschule Kiel) 165, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181 — E. C. Mittler & Sohn, Berlin: (Nauticus 1938) 17, 18 — (Institut für Meereskunde Berlin, Tiefseebuch) 50, (Wüst, Wind, Wetter und Wellen auf dem Weltmeere) 63, 64, 65, 66, 67, 69 — (Brennecke, Pfeifensignale) 76 — Museum der Kriegsmarine, Berlin: 24, 38, 75 — E. Plath, Hamburg: 96, 139 — Schäffer & Budenberg, Magdeburg-Buckau: 30, 44, 45, 48, 49, 171, 175 — Scherl-Bilderdienst, Berlin: Titelbild, 28, 34 — Schmölz Foto, Köln: 126 — Siemens-Schuckert A.-G., Berlin: 118 — Sperwaffeninspektion d. KrM.: 27 — J. Springer, Berlin: (Evers, Kriegsschiffsbau) 1, 2, 3, 5, 8, 31, 40 — (Die Naturwissenschaften, Heft 10/41) 70, 71, 72, 73, 74 — Urbahn Foto, Kiel: 117 — VDI-Verlag, Berlin: (VDI-Zeitschrift, Heft 50/40) 22, 23 — Vieweg & Sohn, Braunschweig: (Kaltenbach-Meldau, Physik und Funktechnik für Seefahrer) 46, 47, 77, 78, 79, 80, 81, 95, 98, 99 — (Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik) 154 — C. Zeiß, Jena: 122, 124, 125, 130.

Quellen- und Nachschlagewerke

F. Brennecke, Pfeifensignale, 4. Aufl. Berlin 1941.

F. O. Busch, Narvik. Vom Heldenkampf deutscher Zerstörer. Gütersloh 1940.

R. Dönitz, Die U-Bootswaffe. Berlin 1940.

H. Evers, Kriegsschiffbau. Berlin 1943.

H. Franké, Handbuch der neuzeitlichen Wehrwissenschaften, Bd. III, 1. Teil, Die Kriegsmarine. Berlin 1938.

C. v. Hofe, Fernoptik. Leipzig 1941.

- Institut für Meereskunde Berlin, Tieffseebuch. Berlin 1934.
 P. Raltenbach, Kleines Kompaß-ABC. Hamburg 1941.
 A. König, Die Fernrohre und Entfernungsmesser. Berlin 1937.
 P. Reibisch, Die deutsche Kriegsflotte. München 1941.
 F. Ruge, Torpedo- und Minenkrieg. München 1940.
 A. Schaefer, Leitfaden für den Elektrotechnik-Unterricht an der Marineschule Kiel. Kiel 1940.
 H. Tschel, Der Bau von Unterseebooten. Kiel 1940.
 Meyers Taschenbuch der Kriegsflootten. Berlin 1941/42.
 G. Wüßt, Wind, Wetter und Wellen auf dem Weltmeere. Berlin 1940.
 H. Wustrau, Schiff und Seemann. Flensburg 1942.

Überdies:

- Inspektion der Marine-Artillerie, Leitfaden für den Artillerie-Unterricht in der Kriegsmarine, Teil I, II, III, IV.
 Oberkommando der Kriegsmarine, Wehrgeistige Erziehung zur Kriegsmarine,
 Heft 1, G. Ohnesorge, Aufgaben aus dem Dienstbetrieb der Kriegsmarine für den mathematischen und physikalischen Unterricht, Berlin 1941.
 Heft 2, G. Ohnesorge, Lösungen zu Heft 1. Berlin 1941.
 Heft 5, R. Kreuzer, Die Physik in der Kriegsmarine, Berlin 1943.
 Heft 6, W. Tewes — W. Ribbet, Physikalische Grundlagen neuzeitlicher Dampf- und Kälteanlagen an Bord unserer Kriegsschiffe.
 — Über die elektrischen Anlagen eines U-Bootes. Berlin 1941.
 Heft 7, A. Harnack, Wellen, Schwingungen, Kreisel. Berlin 1943.
 Heft 9 u. 10. R. Kreuzer, Die Deutsche Admiralitätskarte, Berlin 1943.
 Oberkommando der Kriegsmarine und Reichsverkehrsministerium, Lehrbuch der Navigation, Teil I und II. Bremen 1942.
 Nauticus 1938 bis 1943.

Sachverzeichnis

- Aberration 138
- Ablenkungstabelle 179, 181
- Abfinden eines scharfen Torpedos 54
- absolute Feuchte 73
- absoluter Druck 15
- Absorption von Ultrachall 93
- Abstandsbestimmung, akustische 91, 104
- achterlastig 49
- Admiralitätskarten 1
- Ahmings 2
- Altkommodation 125
- Altkumulatorenbatterie 13, 185
- Altkionsradius 40
- akustische Abstandsbestimmung 91, 104
- Albidade 118
- Änderung der Vergrößerung 141
- Angriffs-Gehrohr 146
- Anterlaterne 134
- Antermanöverlaterne 136
- Antermindestgewicht 44
- Anlaßluft 55
- Anrufmittel 206
- Antennenzündung 200
- Anzeigeboje 44
- Anzeigetonne 44
- äquatoriale Luft 67
- Archimedischer Schwimmsack 38, 40
- Artillerieschießen 1
- Aspirations-Psychrometer 73
- astronomische Ortsbestimmung 127
- astronomische Strahlenbrechung 129
- Atlas-Echolot 109
- Atmosphäre 13, 126
- Aufdruck 17
- Auftauchvorgang 49, 50
- Auftrieb 17, 37
- Auftriebsänderung 47
- Auftriebsunterschied 12
- Auftriebsverhältnisse, Überwachung der 48
- Auge, menschliches 124
- Augestreis 141
- Ausblasen der Geschützrohre 55
- Ausblicksöffnung 141
- Ausbreitung des Druckes 32
- Ausdehnung bei Erwärmung 61
- Ausfahrtschwert 99, 102
- Ausschiebung des Schrotrohrs 47
- Bake 45
- Bakensystem 168
- Bakentonne 44, 45
- Ballonsonde 81
- Barogramm 25
- Barograph 24, 72
- Batteriepfefe 98
- Baumagnetismus 171
- Beaufort-Stala 71
- Beaumé-Grad 13
- Beaumé-Spindel 13
- Bedeutung des Wetters 67
- Befehlscheibe 191
- Begrenzungsboje 44
- Begrenzungsstonne 44
- Belm-Echolot 107
- Beidrehen 86
- Beleuchtungsstärke 127
- Beobachtungsdienst, Wetter- 69
- Beobachtungsfernrohr 141
- Berechnungslänge 1
- Berichtigungsteil 123
- Betriebstelegraph 204
- Bildumkel r 121, 141
- Bimettall 62, 64
- Binauraleffekt 110
- Bleitappen-Wasserminne 199
- Blink 77, 116
- Blinkfeuer 116
- Blinkknöpfe 207
- Blick 116
- Blickfeuer 116
- Bodenruck 17
- Bodenventil 54
- Bogenminute 1
- Boje 43, 44
- Bootsmannsmaatenspfefe 98
- Bordchronometer 62
- Bordleitungsnetz 191
- Bourdonröhre 64
- Boyle-Mariotte 58
- Brandtaucher 20

Brandung 85
 Braunkohlenheizöl 11
 Breite über alles 2
 Brustmitrophon 203
 Frutto-Register-Tonne 6
 Bugraum 18
 Bugschußottergerät 25
 B.- und M.-Anlage 204
 Bunterpeilung 30

Chronometer 62
 CO + H₂-Messung 195
 CO₂-Messung 194
 CML 3

Dalbe 45
 Dampferlaterne 127, 133
 Dampfpfeife 99
 Dampfsirene 99
 Deklination 157
 Deplacement 8
 Deplacementskurve 41, 42
 Detonationsgeschwindigkeit 32
 Detonationschock 34
 Detonationswelle 114
 Detonation unter Wasser 32
 Deviation 167
 Deviationsbestimmung 168
 Deviationsboje 168
 Deviationskurve 178
 Dieselmotorentreibstoff 11
 Diebigkeit 67

Dock 52
 Dockponton 52
 Doppelfernrohr 141, 142
 Dosentompaß 160
 Doveprisma 123
 Druck 13
 Druckanteilen 14
 —, hydrostatischer 17
 Druckkammer 26
 Druckkörper des U-Bootes 18
 Drucklot 56
 Druckmaß 13
 Druckprobe 60
 Dünung 70, 85
 Dünungswellen 85

Echolot 56, 107
 Echolottypen 108
 Echolotung 91, 106
 Echotiefe 108
 Echoveruch 106
 Einbullenboot 18

Einstand-Entfernungsmesser 151, 152
 Eintauchtiefe 12
 Einzeldeviation 176
 Eisdienst 80
 „Elbe 1“ 43
 elektrische Anlagen 183
 Elektrolot 198
 Elementlasten 187
 E-Maschine 185
 Emdentief 110
 Energie-Zentrale 183
 Entfernungsangaben 1
 Entfernungsmesser 150
 Entfernungsmessgerät mit großer Basis 150
 Entfernungsunterschied 154
 Entwicklung der U-Bootwaffe 21
 Erdmagnetismus 157
 Erkennungssignal 137
 Explosion 33

Farbe des Seewassers 87
 Farbenzerstreuung 138
 Farbgas 137
 Fahrstrecke 40
 Fahrt 1
 Fahrtwind 71
 Fahrwasserboje 44
 Faltenrohr 61
 Faßtonne 44
 ferngesteuerter Magnetkompaß 182
 Fernleuchtzentrale 184
 Fernmeldeanlage 183
 Fernschreiber 206
 Fernsprecher 98, 200
 Fernthermometer 197
 Fesselballon 81
 fester Schiffsmagnetismus 171
 Festfeuer 116
 Festigkeit 40
 Festmachboje 44
 Feuchte, absolute 73
 —, relative 73
 Feuermelder 63
 Feuererschiff 43, 44
 Fischereitreuzer 80
 Flächeninhalt 3
 Flächenmaß 3
 Flackerlichtanlage 206
 Flasche eines Schrotzuges 146
 flüchtiger Schiffsmagnetismus 172
 Fluten der Tauchzellen 46
 Flutluftrohr 55
 „Forelle“ 20

- Forschungsschiff 69
 Freibord 2
 Freibordmarke 39
 Freilot 198
 Fresnel'scher Gürtel 119
 Führerlaterne 136
 Funkpeilung 104
 Galvanische Elemente 188
 Gangänderung des Chronometers 62
 Gasballen 36
 Gase 55
 Gefäße, verbundene 36
 Gefechtskopf 51
 Gefechtspistole 51
 Gefechtschaltung 184
 Gefechtswert 38
 Gefrierpunkt des Meerwassers 88
 Geheimbücher 54
 Selenistopfbuchse 61
 Geräuschempfang 110, 112, 114
 Geräuschspektrum eines Schiffes 103
 gerichteter Schall 93

 Geschützaufsatz 121
 Geschützrohr, Ausblasen 55
 Geschützrohreseele 144
 Geschwindigkeit 40
 Gestirns Höhe 130
 Gewicht 8, 38
 Gewichtsänderung 47
 Gewichtsbestimmung 7
 Gewichtsmaß 7
 Gewichtsverhältnisse, Überwachung
 der 48
 Glasen 97
 Glasteil 123, 153
 Gleichstromgenerator 184
 Glockentonne 44
 Göschstock 135, 137
 Grundgänger 28
 Grundprobe 56
 Gruppenprinzip 112
 Gruppenwirkung 93
 Gürtel, Fresnel'scher 119

 Halbfester Schiffsmagnetismus 174
 Handsignalscheinwerfer 138
 Härte des Wassers 13
 Hauptabmessungen eines Kriegsschiffes 1
 Hauptgewichtsguppen, Verteilung der
 10
 Hauptgleichung eines U-Bootes 42, 43
 Hauptmaschinenanlage 10
 Hauptquerschott 53

 Hauptspant 3
 Hebedock 32
 Hebefran 32
 Hebewerk 52
 Hedlaterne 134
 Hedraum eines U-Bootes 18
 Heizölbrand 11
 Heuler 100
 Heultonne 44
 Hochdruckleitung 61
 Hochleistungsbogenlampe 138
 Hochmagnet 172
 Hochperiodenlot 109
 Hochseepegel 24
 Hochsee-Schlauch-Rettungsboot 42, 43
 Hochstand-Entfernungsmesser 152
 Höchst-Deplacement 8
 Höchstgasdrücke 14
 Höhenangaben 1
 Höhenrichtung 147
 Höhentemperatur 81
 Höhenverschiebung 129
 Höhenwind 81
 Horchgerät 91
 Horizontalwinkelmessung 117
 H-Stange 172
 Hydraulische Presse 32
 hydrostatischer Druck 17

 Impulsgeber 207
 Innerer Widerstand 188
 Isogonen 160
 Isolationsmessung 193

 Kabellänge 1
 Kaltfront 67
 Kanalgebühr 7
 Kapazitätsprüfung von Akkus 186
 Kehltopfmikrophon 202
 Keilbildentfernungsmesser 153
 Keillichtmesser 78
 Kemmung 115
 Kesseltelegraph 208
 Kesselwassers, Wichte des 13
 Kielwasserlaterne 134
 Kimm 119, 129
 Kimmabstand 119
 Kimmtiefe 128
 Klapplaterne 136
 Klar Schiff zum Gefecht 97, 184
 Knallquecksilber 12
 Kompaßablenkung 167
 Kompaßkessel 162
 Kompaßkurs 170
 Kompaßmeridian 167

- Kompaßrose 162
 Kompensation des Magnetkompasses 178
 Kompensationsbate 168
 Kompensationskörper 62
 Kompensator 113
 Kondensator 15
 Konphas 93
 Konstruktions-Deplacement 8
 Konstruktionspant 3
 Konstruktionsstiefe 2
 Konstruktionswasserlinie 3
 Kopffernsprecher 201
 kopflastig 49
 Kosten für 1 kg Schiff 10
 Kovolumen 58
 Kraftmaß 7
 Krängungsfehler 182
 Krängungswaage 37
 Kreiselkompaß 61, 157
 Kreisgruppe 113
 Kreuzer, leichte 3
 —, schwere 3
 Kreuzsee 86
 Krümmer 61
 Kugeltonne 44
 künstlicher Nebel 67
 Kurs 169
 Kursabhängigkeit der Deviation 176
 Kursverwandlung 169
 Kurzzeitmesser 107
 Küstenhorchanlage 24, 113
 Küstenhorchstation 114
 Ladedichte eines Sprengstoffs 12
 Ladegewicht 7
 Ladestand 13
 Landkompaß 160
 Langbasisgerät 152
 Längenausdehnung bei Erwärmung 61
 Längenmaß 1
 Länge über alles 2
 Längsschott 53
 Laterne 133
 Lauffstrecke eines Torpedos 28
 Lautsprecher 98
 Leitungsnetz 191
 Leuzen der Tauchzellen 46
 Leuchtfeder 41, 115
 Leuchtflecken 137
 Leuchtkugel 44
 Licht 115
 Lichtbildkompaßanlage 165
 Lichterscheinungen in der Atmosphäre 126
 Lotmaschine nach Thomson 56
 Luftblasenbahn 29
 Luftdruckänderung 72
 Luftdruckmessung 72
 Luftfeuchte 72
 Luftkühler 111
 Luftkessel des Torpedos 55
 Luftrohr 55
 Luftschall 91, 92
 Luftschallquelle 96
 Luftschallsenderanordnung 101
 Luftschallzeichen 104
 Luftschwall 12, 29
 Lufttemperatur 75
 Lut 15
 Magnetismus 157
 Magnetkompaß 157
 Magnetkompaß, ferngesteuert 182
 Magnetostriktionsender 102
 Marine-Barometer 58
 Marinetafel 191
 Marineoptische Geräte 133
 Marinescheinwerfer 138
 Marine-Wasserthermometer 76
 Maschinenschalttafel 189
 Maschinentelegraph 190
 Mattscheibe 137
 Maximalmethode 112
 Meeresprofil 110
 Meeresströmung 89
 Meerestiefe, größte 110
 Megaphon 93
 Membrantonsender 102
 Membranwecker 96
 Meridian 1
 Meridiantertie 1
 Meßdreieck 152
 Messen 1
 Meßfeder (Bourdonröhre) 65
 Meßgenauigkeit von Entfernungsmessern 155
 Meßmarken 154
 Meßverfahren, trigonometrisch 151
 Metallmanometer 58
 Metallthermometer 63
 „Meteor“ 66, 106, 110
 meteorologische Navigation 69
 Methoden, akustische 91
 Mikrobar 14
 Mitrophon 200
 Millibar 14
 Mine 22, 43
 Minenankertau 8
 Minengefäße 22
 Minensuchen 8
 Minen-U-Boot 21

- Minenzündung 200
 Mischfeuer 116
 Mißweisungsbestimmung 160
 Mißweisungsroste 159
 Mittelpunktshöhe 128
 Motorheuler 100
 Motorschiffskompaß 165
 Munitionskammer 64

 Nachhallercheinung 93
 Nachrichtenverkehr von Schiff zu Schiff 135
 Nachrichtenwesen 190
 Nachtfahrtanzeiger 135
 Nachtglass 142
 Nachtschrohr 146
 Nachtsignalapparat 135
 Nautophon 100
 Navigation, meteorologische 69
 Navigationsborchgerät 111
 Navigationsrohr 146
 Nebel 67, 79, 82
 —, künstlicher 67
 Nebelhorn 100
 Nebelsignal 98
 Neophanglas 126
 NES-Anlage 137
 Netto-Register-Tonne 6
 Netzboje 44
 Nickelstahlunruhe 62
 Niederdruckturbine 62
 Niederchlagsmessung 77
 Nitroglycerin 33
 Notmaschinentelegraphenanlage 206
 Notsignal 101

 Oberflächendurchbrecher 28
 Oberflächenläufer 28
 Ohr als Schallempfänger 103
 Ölfled 12
 Ölspur 11
 Öltank 63, 64
 Ortsbestimmung, astronomische 127
 Ortsmißweisung 157
 Otter 22, 23
 Otterräumgerät 8

 Packeis 88
 pantratisches System 142
 Panoramafernrohr 148
 Panzersprenggranate 32
 Panzerung 10
 Parabolspiegel 138
 Parallaxe 125

 Peilbioppter 120
 Peillompaß 163
 Peilshärte 113
 Peilung 169
 Peilung eines Bunkers 30
 Pentagonalprisma 120
 Periscope 144
 Petrolheizöl 11
 phosphoreszierende Stoffe 137
 Pitrinsäure 33
 Plastik der Fernrohre 141
 Platinwendel 197
 Plattenfederanometer 58
 polare Luft 67
 Polarlichtentfaltung 159
 Ponton 52
 Porroprisma 121
 Porrosystem 122, 142
 Positionslaterne 134
 Presse, hydraulische 32
 Preßluft 29, 55
 Preßluftbehälter 20
 Pride 45
 Prismen 119
 Prismenglas 142
 Prüfgeräte, elektrische 193
 Psychrometer, Abmannsches 73
 Pulver 12
 Pyrometer 197

 Quecksilberfernthermometer 65
 Quecksilbersäule 13
 Quermagnet 171

 Radiopunkte 104
 Radiofonde 81
 Rauchgas 193
 Rauchgas-Entnahmeeinrichtung 197
 Raumbestimmung 7
 Raumbild-Entfernungsmesser 152
 Rauminhalt 4, 6, 8
 Räumleine 8
 Raummaß 6, 7
 rechtweisend Nord 158
 Register-Tonne 6
 Registrierballon 81
 Reglerzellen 48
 Reichweite von Horchanlagen 114
 — von Scheinwerfern 139
 Reisewege von Dünnungen 85
 relative Feuchte 73
 Reserveplacement 39
 Reservetkompaß 165

- Reserve schwimmtkraft 39
 Restaustrieb 37, 39
 Restdeviation 178
 Rettungsfloß 43
 Richtcharakteristik 93
 Richtkreis 121
 Richtungshören 110
 Richtungsweiser, Magnetkompaß als 157
 Richtungsweiser-Gezrohr 150
 Richtwirkung 95
 Rohrwandsehzrohr 144
 Rosenteilung 162
 Ruder 44
 Ruderjacht 49
 Ruhendes Wasser 17
 Rumpf 10
 Rundblickfernrohr 148

 Säkularvariation 158
 Salzgehalt 13, 47, 76, 88, 92
 Salzschichtung 92
 Schalentreuz 70
 Schall 91
 Schallausbreitung 93
 Schallempfänger 93
 Schallempfänger, Ohr als 103
 Schallempfang, gerichteter 94
 Schallgeschwindigkeit im Seewasser 92
 Schallquelle 91
 Schallquellen an Bord 96
 Schallschattenmethode 111
 Schallsender 93
 Schallsendung, gerichtete 93
 Schallstrahler 93
 Schartenfernrohr 148
 Schaumlinie 86
 Schein 115
 Scheinwerfer 137
 Scherenfernrohr 121
 Schiffbauer 1
 Schiffsgeräusch 102
 Schiffsgewicht 8
 Schiffsglocke 97
 Schiffs-Hilfsmaschine 190
 Schiffskompaß 160
 Schiffsmagnetisches Feld 175
 Schiffsmagnetismus 170
 —, fest 171
 —, flüchtig 172
 —, halbfest 174
 Schiffsschluß 192
 —Anzeiger 192
 Schiffswetterdienst 79
 Schlachtschiffe 3

 Schlagbolzenfeder der Wasserbombe 26
 Schlagfähigkeit 40
 Schlagkraft 40
 Schlauchrettungsboot 42
 Schleppboje 44
 Schleuder-Psychrometer 75
 —Thermometer 75
 Schneeböen 67
 Schnellbootkompaß 163
 Schnittbildentfernungsmesser 153
 Schotttopfbuchse 191
 Schrittschaltwerk 205
 Schulschießen 51
 Schwantung der Mißweisung 159
 Schwarzpulver 33
 Schwimmdock 52
 Schwimmen 37
 Schwimmfähigkeit 40
 Schwimmfläche 3
 Schwimmflächenkurve 4
 Schwimmkompaß 61, 164
 Schwimmlage eines U-Bootes 42
 Schwimmsak, Archimedischer 38, 40
 Schwingungsdauer 62
 Seefähigkeit 40
 Seegang 85
 Seemeile 1
 Seeobs 79
 Seerauch 79
 Seewetterbericht 79
 Seezeichenwesen 44
 Sezrohr 126, 144
 Sezrohrstandanzeiger 57
 Sezrohrtiefe 22
 Seitendruck 17, 30
 Seitenlaterne 134
 Seitenrichtung 147
 Semaphor 80
 Sicherung, automatische 63
 Sicht 67, 126
 Sichtmesser 77
 Sichtmöglichkeit 126
 Sichtweite 127
 — eines Scheinwerfers 139
 Signalbücher 54
 Signalempfänger 103
 Signalgeräte 133
 Signallaterne 115, 133
 Signalscheinwerfer 141
 Sinterzeitboje 53
 Spannungsabfall 191
 Spannungserzeuger 184
 Spantfläche 3
 Spantflächenkurve 4
 Sperrnetz 46

Spiegelfertant 116
 Spierentonne 44, 45
 Spindel 13
 Spitztonne 44
 Splitterwirkung 36
 Sprachrohr 93, 204
 Sprenggase, Ausdehnung der 34
 Sprengkraft eines Torpedos 28
 Sprengmittel 33
 Sprengsäule 35
 Sprengstoff 12
 Stabilität 40
 Stablatkus 187
 Standfähigkeit 40
 Standkraft 40
 Standrohr 146
 Standwinkel-Entfernungsmesser 151
 Stangenseezeichen 45
 Steinkohlenheizöl 11
 Steuerbordpositionslaternen 127
 Steuerkompaß 162
 Steuerlaternen 137
 Steuerstrich 162
 Steuertabelle 182
 Stoßwelle 33
 Strahlenbrechung, astronomische 129
 Strahlengang im Spiegelfertanten 118
 Strahlenumkehr 121
 Stratosphäre 81
 Streulicht 137
 Strichglas 143
 Stromverhältnisse 67
 Stufenlichtmesser 78
 Sturm 67, 82
 Sturmsee 82
 Sturmwarnung 80
 Sturmwarnungssignal 80
 Suchleine 24
 System, pankratistisches 142

 Taktfüllungsanzeiger 30
 Tarnungsmittel 124
 Tauchboot 18
 Tauchen 50
 — eines U-Bootes 12
 Taucher 31
 Taucheranzug 31
 Tauchfähigkeit 40
 Tauchgewicht 37
 Tauchpanzer 31
 Tauchtiefe eines U-Bootes 21, 22, 57
 Tauchvorhang 49
 Tauchzelle 46
 Teilbild-Entfernungsmesser 152
 Telegraph 204

Telefon 200
 Temperaturfernmessung 196
 Temperaturfühler 65
 Temperaturkompensation 62
 Temperaturmessung 64
 Temperaturschichtung 47, 92
 Temperaturschwankung 61
 thermoelektrische Pyrometer 197
 Thermoelementthermometer 65
 Thermograph 64
 Thomson-Lot 57
 Tidenhub 24
 Tiefenangaben 1
 Tiefenbestimmung 56
 Tiefendruck 17
 Tiefenhaltung, dynamisch 49
 Tiefenlage 27
 Tiefenmanometer 59
 Tiefenmesser für U-Boote 56
 Tiefenmessung 56
 Tiefenplatte 27
 Tiefenruderpaar 49
 Tiefenstellermine 22
 Tiefgang 2, 12
 Tiefgangsmarke 12
 Tiefsee-Panzer-Tauchapparat 31
 Tiefseethermometer 76
 Sonnen 44
 Anzeige- 44
 Baken- 44
 Begrenzungs- 44
 Glocken- 44
 Heul- 44
 Leucht- 44
 Topplaterne 127
 Torpedo 26
 Torpedoausgleichant 47
 Torpedoausstöß 55
 Torpedoboot 3
 Torpedoraum 18
 Torpedo, ein unbemanntes U-Boot 29
 Torpedoschießen 1
 Torpedoschott 53
 Torpedoschußgürtel 36
 Torpedotiefensteuerung 27
 Tragboje 44
 Tragfähigkeit 7, 39, 40
 Trägheit 62
 Treibmine 26
 Treibölbunker 36
 Trimmänderung 48
 Trimpumppe 48
 Trimmwaage 37
 Trimmzelle 36, 48
 Trockendock 52

Trockenkompaß 164
 Trommelfertant 118
 Turbine 61
 Turmluf 15, 20
 Tyfon 99
 Typ-Displacement 8

Überdruck 14
 Überströmbogen 61
 Überwasserverdrängung 46
 U-Boot
 — Abwehrmittel 114
 — A. Lu 187
 — Aktorraum 18
 — Bugraum 18
 — Fuß 43
 — freiflutende Räume 19
 — Hedraum 18
 — Kiofett 30
 — Maschinerraum 18
 — Motorenölvorratszelle 19
 — Peristop 144
 — Reglertank 19
 — Restauftrieb 46
 — Tauchen eines 12
 — Tauchzelle 19
 — Tauchtiefe 22
 — Torpedoraum 18
 — Treibölbunker 19, 36
 — Waffe, Entwicklung der 21
 — Wo. nraum 18
 — Zentrale 18
 Übungsaufgaben 211
 Übungstopf eines Torpedos 51
 Übungstorpedo 51
 Übungstorpedos, Geräusch eines 114
 Ultraschall 93
 Ultraschallot 109
 Umhüllungswasser 47
 unhörbarer Schall 92
 Unterdruck 15
 Unterseeboot 18, 55
 Untertrieb 38, 44, 53
 Unterwasserdetonation, Druck bei 14
 Unterwasserempfänger 91
 Unterwasserglocke 101
 Unterwasserpumpenlosett 30
 Unterwasserschall 91, 104
 Unterwasserschallquelle 102
 Unterwasserschallsender 91
 Unterwasserschiff 17
 Unterwasserverdrängung 46
 Unterwasserzeichen 104
 Untiefe 44

Verbrennungsgeschwindigkeit 33
 Verbrennungsvorgang 33
 Vorrängung 7
 Verdrängungsrunder 44
 Vergrößerung, Änderung der 141
 Verlagerung des Schwerpunktes 47
 Verteilerschalttafel 190
 Vertikalomagnetismus 173
 Verzögerungseinrichtung 112
 Volligkeit 4
 Volligkeitsgrad 4
 Voreilgewicht 23
 Voreilgewichtsmine 23
 Vorratsraum 64
 V-Stange 174

Waffen 10
 wahre Höhe eines Gestirns 130
 Wallgangsschott 53
 Wärme 61
 Warmfront 67
 Warnboje 44
 Warnlichter 136
 Washington-Displacement 8
 Wasserbombe 22, 26
 Wasserbombenwerfer 26
 Wasserdrucksicherung 25
 Wasserdruck-Tiefensteller 25
 Wasserlinienfläche 4
 Wasserlinienkurve 4
 Wasser, ruhendes 17
 Wassersäule 13
 Wasserfall-Stationen 105
 Wasserstand 67
 Wasserstandsfernanzeiger 36
 Wasserthermometer 76
 Wechselfeuer 116
 Wellenfront 87
 Wellentamm 70
 Wellenrichtung 83
 Wellenrohr 61
 Wendepunkt 119
 Wendezeit 40
 Werftliegezeit 52
 Wetterbeobachtung an Bord 69, 79
 Wetterberichte 69, 77
 Wetterflieger 81
 Wetterhütte 75
 Wetterkarte 69
 Wetterkunde 67, 68
 Wetter Schlüssel 79
 Wetterstation 69
 Wetter und See 82
 Wichte 4, 11, 12, 63
 Widerstandsmesser 192

Widerstandsthermometer 197
Widerstandswicklung 198
Wind 67
Winddruck 82
Windgebiet 69
Windmessung 70
Windsee 82
Windstärke 71, 84
Winkelmehrinstrument 117
Wolkenform 69
Wrack 44
Wrackfeuer 116
Wüstenfarbe des Meeres 87

Zentralbake 168
Zentrale eines U-Bootes 18
Zerstörer 3

Zielbreite 143
Zielentfernung 143
Zielfernrohr 147
Zielmarke 147
Zielnebelfahrt 111
Zielwinkel-Entfernungsmesser 151
Zint-Koble-Element 188
Zinkfulsife 137
Zugmesser 8
Zündeinrichtung 198
Zündelement 188
Zündgeräte 198
Zündwasser 189
Zusammenziehung bei Abtühlung 61
Zweihüllenboot 18, 42
Zweileiterschaltung 200
Zweistand-Entfernungsmesser 151



Empfehlenswerte Lehr- und Experimentierbücher für den Unterricht

aus Carl Heymanns Verlag, Berlin W 8

- Leimbach, Gotthelf:** *Neuzeitliche Unterrichtsräume für die naturwissenschaftlichen Fächer.* 167 S. mit 240 Abb. Kart. RM. 5,—
- Leimbach-Fischer:** *Experimentalphysik in der Schule:*
Optik I. 109 Seiten mit 164 Abbildungen. Kart. RM. 3,—
Optik II. 118 Seiten mit 223 Abbildungen. Kart. RM. 3,60
- Prids, Hellmuth:** *Hilfsbuch für die Metallbearbeitung in der Schule.* 78 Seiten mit 147 Abbildungen. Kart. RM. 2,10
- Reuter, Hans:** *Fort mit der Kreidephysik! Ein Führer beim Gebrauch physikalischer Schulapparate.*
I. Teil. Unterstufe. 144 Seiten mit 241 Abb. Geb. RM. 2,70
II. Teil. Mittelstufe. 186 S. mit 292 Abb. Kart. 3,— Geb. RM. 3,50
III. Teil. Oberstufe. 168 S. mit 219 Abb. Kart. 4,— Geb. RM. 4,60
IV. Teil. Schülerübungen. 160 S. mit 124 Abb. Kart. 2,50. Geb. RM. 3,—
- Roller, E.:** *Schulversuche zur Fluglehre.* 104 Seiten mit 184 Abbildungen. Kart. RM. 4,60
- Roller-Prids:** *Schulversuche zur Elektrizitätslehre.*
I. Gleichstrom. 166 Seiten mit 237 Abbildungen. Kart. RM. 4,40
II. Wechselstrom. 132 Seiten mit 193 Abbildungen. Kart. RM. 4,20
III. Schwingungen. 116 Seiten mit 102 Abbildungen. Kart. RM. 4,20
- Rintof, Walter:** *Anorganische Chemie, Teil I.* 202 Seiten mit 89 Abbildungen. Geb. RM. 4,80
Einfache Versuche zum Gas- und Luftschuß. 48 Seiten mit 20 Abbildungen. Kart. RM. 0,80
Schulversuche zur Chemie der Kampfstoffe. Ein Experimentierbuch zum Gas- und Luftschuß. Neue Auflage in Vorbereitung.
- Anleitung zu biologischen Schulversuchen:**
Heft 1: Kreuzungsversuche mit Fruchtfliegen. 40 Seiten mit 12 Abbildungen. Kart. RM. 2,—
Heft 2: Kreuzungsversuche mit Wunderblumen. 12 Seiten mit 5 Abbildungen. Kart. RM. 0,80
Heft 3: Wynecken, R.: Schulversuche z. Pflanzenphysiologie. 172 Seiten mit 130 Abbildungen. Kart. RM. 6,60
- Handbücher für den anschaulichen Berufskundeunterricht, herausgegeben von H. Prids, VDI, Berlin.**
Band 1: Stausenbiel, Georg: Lehrversuche mit den Baustoffen Stein, Mörtel, Beton. 202 S mit 95 Abb. Kart. RM. 5,—
Band 2: Schulze: Lehrversuche mit Fasern und Geweben. 56 Seiten mit 34 Abbildungen. RM. 2,—
Band 3: Prißke, Paul: Lehrversuche mit Nährstoffen und Nahrungsmitteln. 126 Seiten mit 36 Abbildungen. RM. 4,—
Band 4: Ehm, Max: Lehrversuche mit Getränken und Genußmitteln. 83 Seiten mit 24 Abbildungen. RM. 3,60

Praktische Schulphysik

Monatsschrift
für den naturwissenschaftlichen Unterricht

Mit Sonderteil
„Praktische Schulchemie“

Das Ziel der „Praktischen Schulphysik“:
ganz auf die Bedürfnisse der Schule eingestellt sein,
stets Fühlung mit dem Unterricht behalten, aus-
schließlich für die Schule da sein und ihr dienen!

Schriftwalter:

Dr. Heinrich Müller, Brandenburg a. d. Havel

Für die Praktische Schulchemie:

Dr. Walter Rintzof, Gotha

Bezugspreis: jährlich 3,60 RM.

Carl Heymanns Verlag, Berlin W 8

Mauerstraße 44