

Untersee- u. Tauch-Boote

Kiel
Robert Cordes
1915

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298518

Untersee= und Tauchboote



Auszug aus dem von
Oberleutnant zur See Wiende
übersetzten Originalwerke



Gerhard Hoffmann
Juli 1915.

Kiel
Robert Cordes, Verlagsbuchhandlung
1915.

W+3

234.

Alle Rechte vorbehalten

II 31822



Akc. Nr.

4658/50

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	5
Bewohnbarkeit	7
Sehvermögen.	
Sehinstrument von Drzewiechy	11
Periskop des Obersten Mangin	12
Periskop des Kommandanten Darrieus	12
Sehinstrument von Romazzotti	13
Sehinstrument von Garnier und Romazzotti	13
Sehinstrument von Daveling und Violette	13
Instrumente für die Innehaltung des Kurses.	
Kompaß	15
Gyrotop	15
Lot	16
Manometer	16
Sicherheit und Sicherheitsvorrichtungen.	
Wasserdichte Schotten	17
Reserveauftrieb	19
Preßluft zum Ausstoßen des Ballastwassers	19
Sicherheitsgewicht	19
Leuzpumpen	19
Tiefenruder	20
Rettungsboote	20
Torpedo-Lancier-Apparate.	
Bugrohre	21
Klauenrohre	21
Nichtbare Abgangsrohre	22
Theoretische Bemerkungen.	
Unterseeboote	23
Selbständige Unterseeboote (autonomes)	23
Tauchboote	24
Das Untertauchen	24
Das Auftauchen	26
Bemerkungen über die Stabilität während des Untertauchens	26
Der Niedergang	28
Horizontalkruder am Heck	28
Horizontalkruder an der Mitte des Schiffskörpers	29
Horizontalkruder am Bug	30

Horizontalflossen zur Verminderung der Tiefenschwankungen	30
Schrauben an Vertikalachsen	32
Gradlauf (Kursstabilität)	32
Mangelhafter Gradlauf der Unterseeboote mit richtbaren Schraubenwellen	33

Bauart.

Formen des Schiffskörpers	34
Wahl des Materials für den Schiffsrumpf	34
Schiffskörper aus Stahl	35
Versteifung des Schiffsrumpfes	36
Schiffskörper aus Bronze	37
Schiffskörper aus Guß	37
Schiffskörper der Tauchboote	38
Wasserballast	38
Lufs zum Ein- und Aussteigen	38
Kommandoturm oder =Kuppel	39
Schutz der vitalen Teile	39

Die Motoranlagen.

Dampf und überhitztes Wasser	40
Dampf und Preßluft	42
Durch Dampf erhitzte Preßluft	43
Preßluft allein	44
Petroleum, ätherische Öle, Alkohol usw.	44
Elektrizität	45
Petroleum und Elektrizität	46
Dampf und Elektrizität	48
Schlußfolgerung	49
Auszüge aus einem Bericht der Generalinspektion des Schiffbauwesens	49

Elektrische Akkumulatoren.

Akkumulatoren von Commelin-Desmazures	52
Akkumulatoren von Laurent-Cély	54
Akkumulatoren von Fulmen	54
Akkumulatoren von Julien	55
Akkumulatoren von Dinin	55
Allgemeine Vorsichtsmaßregeln, welche beim Aufstellen von Akkumulatorenbatterien in Unterseebooten zu beachten sind	55

Propeller.

Gewöhnliche Schraube	57
Schraube von Maugas	58

Taktik.

Defensive eines Unterseeboots	60
Offensive eines Unterseeboots. Die Ramme	60
Der Stangentorpedo	61
Selbstlauftorpedos	62
Durchbrechen einer Blockade	63
Verwertung der Unterwasserschiffahrt	64

Vorwort.

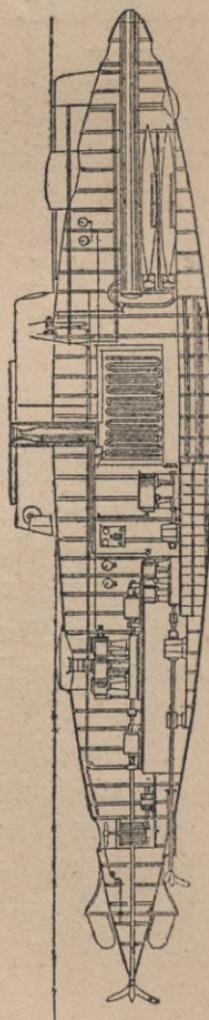
Das Problem der Unterwasserschiffahrt kann heute als vollständig gelöst betrachtet werden. Als einzige Schwierigkeit bleibt der Umstand anzuerkennen, daß die Staaten, welche ihre Marine durch Unterwasserfahrzeuge verstärken wollen, sich vor der Bauausführung über die geplante Verwendung durchaus klar sein müssen.

Diesem Gesichtspunkte ist ja aber auch bei der Beschaffung jeder anderen Art von Kriegsfahrzeugen Rechnung zu tragen.

Der Verfasser ging von dem Gedanken aus, daß die eingehende Betrachtung einer Frage, die augenblicklich im Vordergrund der allgemeinen Aufmerksamkeit steht, nicht nur den Angehörigen des Berufes selbst, sondern auch allen denen willkommen sein wird, welche die Entwicklung der Marine mit Interesse verfolgen.

Das vorliegende Buch soll den Leser über die Unterwasserfahrzeuge unterrichten, soweit eine Veröffentlichung darüber überhaupt möglich ist.

Nähere Ausführungen und Angaben über eine beträchtliche Anzahl von Einzelvorrichtungen und -Apparaten konnten nicht Aufnahme finden, da die Veröffentlichung im Interesse der Staaten, welche Unterwasserfahrzeuge besitzen, und auch der Erbauer, denen Versuche und Erfahrungen viel Geld gekostet haben, eine gewisse Einschränkung erfahren mußte.



Durchschnitt eines älteren Unterseebootes.

Bewohnbarkeit.

Bei der Beschäftigung mit dem Problem der Schifffahrt unter Wasser trat zunächst die Frage der Bewohnbarkeit in den Vordergrund, sie bedurfte vor allen andern der Lösung. So findet man denn auch gerade bei den älteren Entwürfen eine große Anzahl verschiedener Mittel, die alle demselben Zweck — Erfüllung der Lebensbedingungen für den Menschen — gerecht werden sollen.

Die Versuche ergaben indessen bald, daß besondere Maßnahmen in dieser Beziehung vollkommen überflüssig sind, und daß ein Unterseeboot, sobald es nur so groß ist, daß mehrere Menschen sich darin aufhalten und bewegen können, stets einen solchen Vorrat von Luft besitzt, daß man lange Zeit darin verweilen kann.

Auch sind ja die meisten dieser Fahrzeuge mit einem Preßluftbehälter zum Ausfüllen und Abschießen der Torpedos ausgerüstet, vermittelst dessen Inhaltes die Zeitdauer der Tauchung beliebig hinausgedehnt werden kann.

Einige kleinere Boote, z. B. die russischen von Drzewiecky, führten Stahlflaschen mit einem Inhalt von 1 oder 2 Kubikmeter Sauerstoff unter einem Druck von 100 Kilogramm mit sich. Bei Anwendung dieses Systems darf jedoch nicht zu weit gegangen werden.

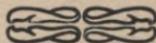
Zur Reinigung der verdorbenen Luft sind verschiedene Mittel vorgeschlagen worden. Nun ist aber die Menge der sich bildenden Kohlensäure so gering, daß durch sie die Atmung nur ganz unwesentlich beeinträchtigt wird, und wenn man nur für die Entfernung des ausgeatmeten Wasserdampfes in geeigneter Weise Sorge trägt, so ruft der Aufenthalt in einem Unterseeboot keinerlei Gefühle des Unbehagens hervor. Auf Fahrzeugen mit elektrischen Anlagen ist das Trockenhalten der Luft schon deshalb von großer Wichtigkeit, weil Stromverluste auftreten, sobald sich die Isolatoren mit Niederschlägen bedecken. Auch wendet man mit Rücksicht auf die Luftfeuchtigkeit keine höheren Spannungen als 120 Volt für den Motor an.

Die Anforderungen betreffs der Bewohnbarkeit können also überall von vornherein als erfüllt betrachtet werden mit Ausnahme der Boote, auf denen Dampf zur Verwendung gelangt. Die nachtheiligen Wirkungen der in solchen entstehenden Hitze auf die Besatzung sind bei den Probefahrten der Nordenfjellboote sehr störend empfunden worden. Ob dieser Uebelstand sich abstellen läßt, erscheint sehr fraglich.

Für sehr kleine Boote ist der Einbau eines Luftreinigungsapparates auf alle Fälle ratsam, sei es, daß sie die Dauer ihrer Tauchung hinausziehen wollen, oder daß sie in Folge schlechten Wetters längere Zeit ihre Kuppel nicht öffnen können. Die Mindestanforderung an einen solchen Apparat ist die Beseitigung der Kohlensäure und des Wasserdampfes. Die Entfernung der ersteren läßt sich dadurch erreichen, daß die Luft durch einen mit einem kohlen-sauren Salz gefüllten Behälter getrieben wird, wobei ein Teil der Kohlensäure durch das Salz absorbiert wird.

Der Wasserdampf kann durch Schwefelsäure absorbiert werden. Die Beseitigung des von den Akkumulatoren erzeugten Schwefelwasserstoffes würde in entsprechender Weise zu erfolgen haben.

Von allen Eigenschaften, mit denen ein Unterseeboot ausgestattet sein soll, bereitet jedenfalls die Ermöglichung der Bewohnbarkeit am wenigsten Schwierigkeiten.



Sehvermögen.

Lange Zeit hindurch war die Meinung vorherrschend, daß von einem sicheren Navigieren unter Wasser nicht die Rede sein könne, solange es nicht gegläut sei, ein Mittel zu finden, das dem Auge ein Durchdringen des Wassers auf größere Entfernungen gestattet. Ob in dieser Richtung Erfolge erzielt werden können, erscheint mehr als fraglich.

Bei den Versuchen ist festgestellt worden, daß in einer Tiefe von etwa 10 Meter, wenn die Sonne hoch steht und das Wasser ganz klar ist, die Umrisse eines größeren Gegenstandes — etwa eines Unterpfluges — auf eine Entfernung von 15 Meter noch gerade von dem menschlichen Auge erkannt werden.

Trübt sich jedoch das Wasser, so vermindert sich diese Entfernung sofort ganz bedeutend, das Gleiche tritt ein, wenn die Sonne verschwindet oder die Tiefe zunimmt.

Im letzteren Falle könnte bis zu einer gewissen Grenze durch eine starke elektrische Beleuchtung Abhilfe geschaffen werden, im ersteren ist eine solche ausgeschlossen, doch ist trübes Wasser ja im allgemeinen nur in Häfen und Flüssen, eventuell auf Reedern anzutreffen.

Die Frage liegt nahe, ob das Auge der Fische derartig beschaffen ist, daß es weiter durch das Wasser hindurchzublicken vermag als das menschliche. Das Ergebnis der in dieser Richtung angestellten Forschungen lautet verneinend, auch die Fische besitzen nur ein ganz beschränktes Gesichtsfeld oder aber sie sehen überhaupt nichts, soweit sie in sehr großen Tiefen, bis zu denen das Licht nicht dringt, oder in unterirdischen Seen leben.

Das geht so weit, daß einige Arten gar keine Augen haben, weil sie dieselben eben doch nicht benutzen könnten. Zum Ersatz für diesen Mangel scheinen die Fische mit anderen Sinnen von besonderer Schärfe ausgerüstet zu sein, so einem ganz außergewöhnlich entwickelten Gefühl, Geschmack oder Geruch, vielleicht auch noch mit einem besonderen Richtungs- oder Orientierungssinn.

Befindet man sich bei Sonnenschein auf dem Grunde des Wassers oder auch nur in einer Tiefe von wenigen Metern unter der Oberfläche, so nimmt das Auge eine Beleuchtung wahr, die sich am besten mit der einer großen Halle, die ihr Licht ausschließlich von oben erhält, vergleichen läßt.

Diese Erscheinung ist eine Folge der Refraktion des Lichts im Wasser. Wenn man durch ein Dedsfenster eines Unterseebootes oder das Fenster eines Taucherhelms blickt, bemerkt man einen weiten Lichtkegel, dessen Spitze im Auge des Beobachters liegt und der sich von dort unter einem Winkel von etwa 60 Grad ausbreitet. Die diesen Erleuchtungsbereich begrenzenden Wassermassen erscheinen dunkel und undurchdringbar. Die Grenze zwischen dem durch- und dem undurchsichtigen Bereich schiebt sich infolge der Bewegung der Oberfläche hin und her. Je unruhiger die Oberfläche des Wassers ist, um so größer sind auch die Schwankungen des Erleuchtungsbereichs.

Bei zunehmender Tiefe vermindert sich die Wirkung der Sonnenstrahlen rasch. Auch sie ist in Bezug auf ihre Stärke abhängig von der Bewegung der Oberfläche. Sobald bei sinkender Sonne die Tiefe 12 Meter überschreitet, durchdringen die Lichtstrahlen infolge der Refraktion die verhältnismäßig dünne Wasserschicht, unter der sich ein Unterseeboot bewegt, nicht mehr. Die Nacht unter Wasser beginnt also schon eine beträchtliche Zeit vor dem Untergang des Gestirns.

Im Bereich der Küste unterliegt die Wasserfärbung starken Wechselln nicht nur, wenn das Boot in Fahrt ist, sondern auch, wenn es sich auf der Stelle hält, weil der Strom, je nachdem er nach Land oder See zu läuft, klares bezw. getrübbtes Wasser mit sich führt.

Im allgemeinen hat das Wasser, von unten gesehen, eine blaugrüne Farbe, die alle Gegenstände annehmen und zwar in verstärktem Maße, wenn ihre Entfernung vom Auge wächst oder die Tauchtiefe des Bootes zunimmt.

Alle Lebewesen und Gegenstände von roter Farbe sehen in einer Tiefe von 20 Meter schwarz aus, dagegen behalten diejenigen, die eine grünliche Färbung besitzen, wie z. B. die Algen, diese ziemlich unverändert bei. Das Auge gewöhnt sich schnell an die bläuliche Beleuchtung unter Wasser; beim Wiedererblicken des Tageslichts erscheint ihm die ganze Umgebung für einige Augenblicke rot gefärbt. Die Schlußfolgerung aus dieser Erfahrung ist, daß die roten Lichtstrahlen unter Wasser fast ganz, die blauen dagegen nur in geringem Maße absorbiert werden. Hierin findet auch der Umstand, daß sich elektrisches Bogenlicht so vorzüglich für die Verwendung unter Wasser eignet, seine Erklärung. Eine im Bug eines Untersee-

boots aufgestellte sehr starke elektrische Lichtquelle ermöglicht ein Durchblicken des Wassers bis zu einer Entfernung von 50 Metern.

Jedenfalls ist das schwache Sehvermögen unter Wasser immerhin ausreichend für die Arbeiten von Tauchern, und ein zu solchen Zwecken gebautes Unterseeboot würde stets in der Lage sein, sich von Wrackteilen usw. klar zu halten. Nach dieser Richtung hin ist die Schifffahrt unter Wasser bisher recht vernachlässigt worden, auch hier ist jedoch der Fortschritt nur eine Frage der Zeit. Ein Unternehmen, das mit dem nötigen Wagemut und Kapital sich diesem Erwerbszweig widmet, darf mit reichem Gewinn rechnen.

In der Gegenwart spielt die Verwendung des Unterseeboots zu militärischen Zwecken die Hauptrolle. Ein Fahrzeug, das nur 10 Zentimeter unterhalb der Oberfläche läuft, ist unsichtbar und unverwundbar, dafür haben schon 1890 die mit dem „Gymnote“ angestellten Versuche den Beweis geliefert.

Nun kann man in dieser geringen Tiefe, die zur Sicherheit noch auf 40 oder 50 Zentimeter vergrößert sein soll, den ganzen Horizont übersehen. Die Möglichkeit hierzu bieten optische Apparate, welche, obwohl sie die Oberfläche des Wassers fast überragen, fast unsichtbar sind, selbst wenn man von der Anwesenheit des Bootes Kenntnis hat, womit im Kriegsfall ja nicht gerechnet werden kann.

Sehinstrument von Drzewieckj.

Das von Drzewieckj verwendete Sehinstrument besteht aus einem Rohr, in das an jedem Ende ein total reflektierendes Prisma eingesetzt ist, dessen Hypotenusenfläche mit der Horizontalen einen Winkel von 45 Grad bildet. Das Rohr ist in einer wasserdichten Stoffbüchse gleitbar gelagert, zum Gebrauch wird es aus dem Fahrzeug hinausgeschoben und gibt dann durch Drehung um seine eigene Achse einen Ausblick über den ganzen Horizont.

Dieses sehr einfache System ist vielleicht das brauchbarste. Die von Drzewieckj konstruierten Apparate haben allerdings infolge ihres geringen Rohrdurchmessers von nur ca. 50 Millimeter ein zu begrenztes Gesichtsfeld, auch kann man nur mit einem Auge durch sie hindurchblicken, ein Umstand, der dem Ungeübten das Abschätzen der Entfernung sehr erschwert. Nach Vergrößerung des Rohrdurchmessers auf 300 oder auch nur auf 200 Millimeter, wie ihn die meisten Marine-Apparate besitzen, würde dieses System sicher hervorragende Dienste leisten.

Die Spiegelbilder erscheinen hier ohne jede Formveränderung, in den richtigen Abmessungen und nur unmerklich

geschwächt so naturgetreu, daß man die Objekte selbst vor Augen zu haben glaubt. Diese wertvollen Eigenschaften wiegen die geringe Ausdehnung des Gesichtsfeldes vollkommen auf.

Periskop von Mangin (Fig. 1).

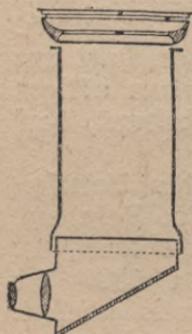


Fig. 1. — Periskop des Obersten Mangin.

Mangins Apparat trägt auf einem vertikalen Rohr einen Kristallring von dem Querschnitt eines Dreiecks mit gekrümmten Seiten. Vermittelt dieses Ringes wird das Bild der gesamten Umgebung auf einen kleinen Spiegel reflektiert, den man durch ein Mikroskop betrachtet. Die Objekte erscheinen hier in veränderter Form und Größe, außerdem geschwächt, der Apparat ist also für die Praxis wenig geeignet. Sein Rohr hat eine Höhe von 1 Meter, einen Durchmesser von 300 Millimeter, es gleitet in einer wasserdichten Stoffbuchse.

Periskop von Darrievs (Fig. 2).

Der Fregattenkapitän Darrievs, der seinerzeit mehrere Unterseeboote befehligte, erfand ein Periskop, dessen wesentlichste Bestandteile 2 Kristallringe von dem Querschnitt eines rechtwinkligen Dreiecks bildeten.

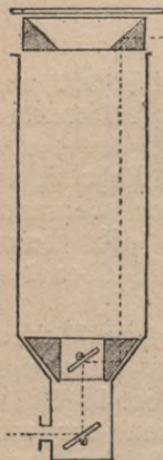


Fig. 2. — Periskop des Kommandanti. Darrievs.

Davon überragt einer den Horizont und reflektiert die Bilder auf den anderen tiefer gelagerten. Von diesen nimmt sie ein kleiner, in seinem Mittelpunkt angebrachter Spiegel ab und überträgt sie vermittelt eines zweiten Spiegels auf das Auge. Der Apparat gleicht dem von Drzewiech mit dem Unterschied, daß an Stelle der einfachen Prismen Prismenringe treten, welche den ganzen Horizont umfassen. Sein Gesichtsfeld ragt der Höhe nach nur 4 Grad über die Horizontale hinaus, was gerade genügt, der Seite nach kann er durch Drehung der Spiegel überall hin gerichtet werden. Für den praktischen Gebrauch bedeutet es nun keinen Unterschied, ob man zum Rundblick bloß die Spiegel oder aber das ganze Rohr drehen muß.

Das Periskop von Darrievs ist 1 Meter hoch, 30 Zentimeter breit und gleitet in einer wasserdichten Stoffbuchse. Infolge der vierfachen Reflektion erleiden die Bilder eine beträchtliche Schwächung.

Gehinstrument von Romazzotti.

Romazzottis Rohr hat die gleichen Abmessungen wie die beiden vorerwähnten, 1 Meter bzw. 30 Zentimeter, seinen oberen Teil bildet eine runde Glasplatte, durch welche die Lichtstrahlen einen geeigneten Flächen Spiegel treffen. Dieser gibt sie an einen darunter liegenden entsprechend geneigten Flächen Spiegel weiter, von wo sie durch eine Linse in das Auge des Beobachters gelangen. Eine Vorrichtung, vermittelt welcher sich die Neigung des oberen Flächen spiegels und der Linse verändern läßt, ermöglicht eine Erweiterung des Gesichtsfeldes nach oben zu. Für gewöhnlich beträgt dasselbe 25 Grad. Der horizontale Gesichtswinkel hat eine Größe von 40 Grad, zum Absuchen der Gesamtumgebung muß der Apparat gedreht werden.

Gehapparat von Garnier und Romazzotti (Fig. 3).

Die durch eine konvergierende Linse in das Rohr (1 Meter lang, 30 Zentimeter Durchmesser) eintretenden Lichtstrahlen werden durch ein total reflektierendes Prisma 90 Grad reflektiert und durch eine horizontale Linse auf ein zweites Prisma geleitet, das sie unter einem Winkel von 90 Grad in der Richtung auf eine dritte Linse verlassen, hinter der sich das Auge des Beobachters befindet.

Dieser Apparat ist im Prinzip derselbe wie der beschriebene Prismenapparat, mit der Verbesserung, daß die Linsenkombination ihm ein Gesichtsfeld von etwa 50 Grad sowohl der Höhe wie der Seite nach gibt, ohne hierzu ein Verstellen zu benötigen. Zum Rundblick über den Horizont wird das Instrument gedreht. Auf die Klarheit der Bilder wirkt natürlich die Verwendung dreier Linsen nachteilig.

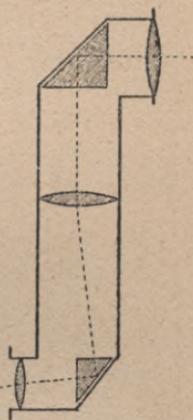


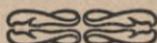
Fig. 3. — Periskop von Garnier und Romazzotti.

Daveling und Violette

konstruierten nach demselben System wie Garnier und Romazzotti ein 3,5 Meter langes und 50 Millimeter breites Periskop, dessen Bilder jedoch so klein sind, daß bei Benutzung dieses Instruments ein sicheres Manövrieren von vornherein unmöglich erscheint. Das Rohr des Apparats ist zum Umklappen eingerichtet.

Das Urteil über die beschriebenen Apparate läßt sich dahin zusammenfassen, daß das einfache Prismensystem von Drzewiecki für die Praxis entschieden den Vorzug verdient, vorausgesetzt, daß der Durchmesser des Rohrs bei einer Länge von 0,5 Meter nicht unter 150 Millimeter beträgt. Damit läßt sich ein Höhengesichtswinkel von 18 Grad erzielen, der vollkommen ausreicht. Der Horizontalgesichtswinkel wird etwa der gleiche sein, seine Größe spielt ja aber bei der Drehbarkeit des Apparats nur eine nebensächliche Rolle.

Hauptvorzüge: Man sieht mit beiden Augen; die Bilder geben die Objekte in natürlicher Stellung, Größe, Form und ohne jede Trübung.



Instrumente für die Innehaltung des Kurses.

Neben den Sehinstrumenten, die nur an der Oberfläche verwertet werden können, erfordert die Unterwasserschiffahrt noch besondere Vorrichtungen, die es den Fahrzeugen ermöglichen, sich während der Tauchung zurechtzufinden.

Kompaß.

Der Umstand, daß die Kompensierung der Magnetnadel an Bord eines Unterseebootes ganz außerordentlich schwierig ist, findet seine Erklärung einmal in der unmittelbaren Nähe der Metallmassen des Rumpfes (soweit derselbe nicht aus Bronze hergestellt ist) und zweitens in der Einwirkung des elektrischen Stroms.

Um diese beide Faktoren nach Möglichkeit unschädlich zu machen, legt man den Aufstellungsort für den Kompaß am besten auf den oberen Teil der Außenhaut, also außerhalb des Bootes und lieft das Instrument durch eine dicke Glasscheibe von unten aus ab. Der Aufstellungsort muß von dem des elektrischen Motors möglichst weit abliegen. Wenn diese Bedingungen erfüllt sind, arbeitet der Kompaß recht zuverlässig, allerdings bleibt er stets etwas träge.

Gyroskop.

Das Prinzip des Gyroskops ist bekannt: Die Achse eines aufgezogenen Kreiselrades sucht dauernd dieselbe Richtung innezuhalten. Ein schweres Kreiselrad bildet denn auch den Hauptbestandteil des Apparates, für dessen gutes Funktionieren eine ungemein empfindliche Lagerung die Hauptbedingung ist. Er leistet genau dieselben Dienste wie der Kompaß mit dem Unterschied, daß seine auf mechanischem Wege erzeugte Richtkraft unter den die Magnetnadel störenden Einflüssen nicht zu leiden hat.

Nicht ausschalten lassen sich leider dagegen die Reibungswirkungen, welche nach oft schon kurzer Zeit Abweichungen hervorrufen. Doch verhalten sich gerade in dieser Beziehung die neuerdings konstruierten Gyrokope, die gegen den ersten Apparat auf dem „Gymnote“ bedeutende Verbesserungen erfahren haben, so vorzüglich, daß man sich der Hoffnung hingeben darf, daß die Konstrukteure dieser Präzisionsinstrumente einen noch bedeutend höheren Grad der Vollkommenheit erreichen werden.

Der erste wirklich in Gebrauch genommene Apparat ist von dem Kapitän Krebs entworfen worden.

Lot.

Der Lotapparat soll verschiedenen Verwendungszwecken dienen. Das zu ihm gehörige Spill ist in einem wasserdichten Brunnen gelagert, welcher nach unten zu mit dem Wasser in Verbindung steht. Die Spillachse ist durch eine wasserdichte Stopfbuchse nach dem Innern des Fahrzeugs hindurchgeführt und wird von dort aus durch Handbetrieb bewegt. Auf dem Spillkörper ist ein Lotdraht aufgewickelt, der an seinem Ende ein ziemlich schweres Bleilot trägt. Die Länge des ausgelaufenen Drahtes läßt sich mit Hilfe eines auf einer Einteilung gleitenden Zeigers ablesen.

Der Lotapparat dient nicht etwa nur dazu, die Wassertiefe zu messen, er ermöglicht es auch, das Fahrzeug unter Wasser festzulegen, indem der Lotkörper auf dem Grunde wie ein Anker wirkt. Der Wert des Apparats wird noch dadurch gesteigert, daß seine Konstruktion und Anbringung sehr einfach sind.

Manometer.

Mit Manometern muß jedes Fahrzeug ausgerüstet sein, um jederzeit den von außen wirkenden Wasserdruck messen und damit die Tiefe, in der es sich befindet, feststellen zu können. Die Manometer — stets mehrere — sind teils vorn, teils achtern angebracht, ihre Einteilung ist auf Meter bezw. Dezimeter genau.



Sicherheit und Sicherheitsvorrichtungen.

Die für Untersee- und Tauchboote erforderlichen Sicherheitsmaßregeln weichen von denen, die an Bord der gewöhnlichen Schiffe getroffen werden, wesentlich ab.

Wasserdichte Schotten.

Eine Einteilung des Bootsinneren in eine größere Anzahl wasserdichter Räume finden wir nur an Bord einzelner Fahrzeuge, bei welchen die Abteilungen an den Seiten durch besondere Wände vom Mittelraum abgetrennt sind. Vom Kollisionschott abgesehen, hat auch der Einbau wasserdichter Schotten, selbst wenn die dadurch geschaffene Zelleneinteilung noch so weitgehend ist, nur Wert bei der Fahrt an der Oberfläche. Während der Tauchung, zu der ja ohnehin schon eine sehr große Anzahl der Zellen mit Ballastwasser gefüllt ist, ist der Auftrieb der Fahrzeuge ein so geringer, daß ihnen jedes auch nur kleine Leck verhängnisvoll werden muß.

In dieser Beziehung gewähren die Tauchboote vom „Narval“-Typ die größte Sicherheit, indem um ihren eigentlichen Rumpf für die ausgetauchte Fahrt ein dünnwandiger zweiter herumgebaut ist. Dieser äußere Rumpf besteht aus einer großen Anzahl von Zellen und stellt somit eine Schutzhülle gegen Beschädigungen des eigentlichen Schiffskörpers dar.

Das Fehlen von wasserdichten Abteilungen bedeutet nun auch für ein Unterseeboot eine viel geringere Gefahr, als man von vorneherin anzunehmen geneigt ist. Gefahrbringend ist das Einströmen einer größeren Wassermenge in das Boot, wozu das Auslaufen auf ein Riff, der Zusammenstoß mit einem Schiff, ein Artilleriegeschöß oder Torpedo des Feindes die Ursache bilden können. Das sind nun aber alles Eventualitäten, denen ein Unterseeboot, solange es getaucht fährt, in höchst geringem Maße ausgesetzt ist.

Abgesehen von dem unbedeutenden Reserveauftrieb befindet es sich unter Wasser im indifferenten Gleichgewicht, ein ganz schwacher Anstoß genügt also, es nach oben oder unten abzulenken. Das Aufstoßen auf einen Felsen würde keine Beschädigung verursachen, denn sobald das Boot mit einem solchen in Berührung kommt, gleitet es leicht ab und darüber hinweg. Für ein gewöhnliches Schiff gestaltet sich der entsprechende Vorgang natürlich ganz anders. Denkt man sich die beim Auflaufen eines solchen zur Geltung kommenden Kräfte hintereinander wirkend, so wird der Rumpf zunächst um eine Strecke angehoben, die der senkrechten Komponente des Reaktionsdruckes auf den Felsen entspricht; das Durchbrechen der aufliegenden Stelle erfolgt dann, weil auf ihr das gesamte Gewicht lastet, das infolge der Tiefgangsverminderung nicht mehr vom Wasser getragen wird.

Ebenso gestalten sich die Verhältnisse bei einer Kollision. Der Auftrieb fesselt alle gewöhnlichen Schiffe an ein und dieselbe Ebene, die Wasseroberfläche. Hier muß insolgedessen jeder Zusammenstoß Zerstörungen zur Folge haben. Treffen jedoch zwei in gleicher Tiefe fahrende Unterseeboote aufeinander, so gleiten sie voneinander ab und passieren sich in verschiedenen Ebenen, wenn nicht gerade der ganz außerordentlich seltene Fall eintritt, daß das eine senkrecht auf die Mitte des andern stößt.

Die Wahrscheinlichkeit einer Kollision ist für sie bedeutend geringer als für gewöhnliche Fahrzeuge, weil diese sich in einer Ebene, getauchte Unterseeboote aber im Raum begegnen.

Als Ursache für das Einströmen größerer Wassermengen käme dann noch die Wirkung feindlicher Angriffswaffen in Betracht, diese sind aber noch weniger zu fürchten als das Auflaufen oder ein Zusammenstoß. In dem Kapitel über die Taktik der Unterseeboote wird noch erläutert werden, daß die französische Marine mit der Gefährdung durch Artilleriegeschosse oder Torpedos als nullwertigen Faktoren rechnet, nachdem die zuerst 1891 ausgeführten Schießversuche ebenso wie alle späteren ohne Ausnahme die absolute Unverwundbarkeit der Unterseeboote bewiesen haben.

Wenn auch nur ganz kurz und allgemein gehalten, lassen die vorstehenden Angaben doch zur Genüge erkennen, daß Unterseeboote denjenigen Gefahren, gegen welche sich die gewöhnlichen Schiffe durch eine Teilung in wasserdichte Räume zu schützen suchen, nur selten ausgesetzt sind, und daß ein Zellsystem wenig Wert hat, wenn das Vollaufen nur einzelner Zellen schon den Auftrieb zunichte machen kann.

Da nun der Auftrieb eines Unterseeboots schon an und für sich verhältnismäßig schwach ist, muß die Erhaltung seiner ganzen Kraft durch besondere Vorkehrungen gesichert werden.

Reserveauftrieb.

Die schlimmste Lage, in die ein Unterseeboot kommen kann, ist die, daß es nicht mehr instande ist, wieder aufzutauchen.

Die Fahrzeuge begegnen dieser Gefahr dadurch, daß sie auch während der Tauchung einen gewissen Uberschuß an Schwimmfähigkeit beibehalten, mit anderen Worten, daß sie dauernd bestrebt sind, an die Oberfläche zurückzukehren. Diese Kraft, der Reserveauftrieb, stellt von allen Sicherheitsmaßnahmen die beste und wichtigste dar. Er muß allerdings möglichst klein sein (etwa 200—300 Kilogramm für ein Boot von 200 Tonnen), weil sonst die Verwendungsfähigkeit des Fahrzeugs eine erhebliche Einbuße erleiden würde.

Preßluft zum Ausstoßen des Ballastwassers.

Die Tauchung wird ausgeführt, indem man eine bestimmte Wassermenge, die oft sehr bedeutend ist, in die zu diesem Zweck vorgesehenen Ballasträume einlaufen läßt. Diese müssen gelenzt werden, sobald wieder aufgetaucht werden soll, und das erfolgt durch Pumpen oder aber auch durch das Einströmen von komprimierter Luft. Das Anstellen der Preßluftleitung nach den Ballasträumen hat eine sofortige Entfernung des Wassers und damit die Erleichterung des Fahrzeugs zur Folge.

Die Preßluft dient ferner noch zum Auffüllen und Abschießen der Torpedos, im Bedarfsfalle auch zur Ventilation.

Sicherheitsgewicht.

Trotz der jederzeit bereiten Wirkungskraft und Zuverlässigkeit der beiden erwähnten Mittel für die Erhaltung der Schwimmfähigkeit haben alle Unterseeboote noch ein drittes, das ihnen den Aufstieg an die Oberfläche auch im Falle des Versagens der andern gewährleistet. Ein Gewicht von einer dem Typ entsprechenden Schwere ist unter dem Boot vermittelt einer Schlippvorrichtung aufgehängt, die sich vom Innern des Bootes aus bedienen läßt. Durch das einfache Umlegen eines Hebels wird die Verbindung gelöst und damit das Gewicht des Fahrzeugs um die Schwere des Sicherheitsgewichts vermindert.

Diese Vorkehrung hat denselben Wert wie die beiden andern, solange die Ausrückvorrichtung tadellos funktioniert.

Lenzpumpen.

Zum Lenzen kommen zwei verschiedene Pumpensysteme zur Verwendung, Kolbenpumpen mit kleinem Hub zur Ueberwindung

des hohen Drucks unter Wasser und Zentrifugalpumpen mit großem Kreisfelde zur schnellen Entfernung des Wasserballasts nach dem Auftauchen an die Oberfläche.

Die Pumpen werden entweder an die Hauptmaschine angeschlossen oder durch besondere Motore, im Bedarfsfalle durch Handbetrieb, in Tätigkeit gesetzt.

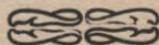
Tiefenruder.

Auch die Tiefenruder lassen sich zu den Sicherheitsvorrichtungen rechnen, indem sie durch ihre Maschine in einer Lage festgehalten werden können, die ein Aufsteigen des Fahrzeugs an die Oberfläche herbeiführt, selbst wenn sein Gewicht größer ist als das der verdrängten Wassermenge.

Auf Konstruktion und Wirksamkeit der Tiefenruder wird später eingegangen.

Rettungsboote.

Das Gefühl der Sicherheit, welches man an Bord gewöhnlicher Schiffe beim Anblick der Rettungsboote verspürt, verlockt dazu, solche in geeigneter Form auch in den Unterwasserfahrzeugen mitzuführen. So haben sich denn auch im Anfangsstadium der Unterwasserschiffahrt mehrere Erfinder bemüht, in dieser Beziehung etwas Brauchbares zu schaffen, die praktischen Ergebnisse der verschiedenen Systeme waren jedoch so ungünstig, daß ihre Weiterentwicklung aufgegeben wurde.



Torpedo-Lancier-Apparate.

Bugrohre.

In dem Kapitel über die Taktik der Unterseeboote wird klargestellt werden, daß für diese Fahrzeuge nur eine Angriffswaffe in Frage kommt, nämlich der Torpedo. Was somit die Armierung betrifft, so war der Weg, den man einschlagen mußte, bereits geebnet, denn schon seit langer Zeit verwenden die Kriegsmarinen Unterwasserlancierrohre an Bord ihrer Panzerschiffe, Kreuzer und Torpedoboote.

Die ersten Rohre waren alle im Bug gelagert und durch den Vorsteven hindurchgeführt, ihre Anordnung ist die gegebene für Unterseeboote, deren Querschnittsabmessungen für den Einbau von Breitseitrohren zu klein sind. In Fahrt gewährleisteten letztere auch weniger sichere Treffresultate als die in der Längschiffsrichtung schießenden Bugrohre.

Der „Zede“, „Morje“ und viele andere Boote sind mit Bugrohren armiert, über deren Konstruktion nähere Angaben fehlen, die aber jedenfalls sehr gut funktionieren.

Klauenrohre.

Da der von Zede in seiner Stellung als Chefkonstrukteur erbaute „Gymnote“ ursprünglich nur Versuchsfahrzeug sein sollte, fehlten seiner Ausrüstung alle lediglich militärischen Zwecken dienenden Apparate. Eine Reihe von Umänderungen und Verbesserungen gaben dem Boot jedoch eine so hohe Leistungsfähigkeit, daß nachträglich seiner Armierung näher getreten wurde. Den ersten Versuch hierzu machte der damalige Kommandant Darrius in der Weise, daß er vor dem Bug einen lenkbaren Torpedo anbrachte. Schlechte Resultate führten zur baldigen Aufgabe dieses Systems. Darauf wurde an jeder Seite des Boots ein Torpedo in einer Klauvorrichtung gelagert, aus der

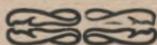
das Abschießen im geeigneten Augenblick vom Innern aus erfolgen konnte. Die hierzu konstruierten Apparate funktionierten sehr gut, sie eignen sich vorzüglich für Unterseeboote, deren Größe für die Unterbringung eines Lancierrohrs im Innern nicht ausreicht.

Richtbare Abgangsrohre.

Bei dem Wettbewerb im Jahre 1897 reichte der schon mehrfach genannte Ingenieur Drzewiech einen Entwurf für ein richtbares Abgangsrohr ein, der den Beifall der Prüfungskommission fand und eine Prämie davontrug. Um das System zu erproben, wurden sechs Rohre auf das Oberdeck des „Narval“ aufgesetzt. Dieselben haben jedoch den Nachteil, daß die Torpedos aus ihnen nur dann abgeschossen werden können, wenn das Boot getaucht ist.

Außerdem sind die Apparate sehr kompliziert und zerbrechlich, daher trotz des großen Vorzugs der Richtbarkeit für eine praktische Verwendung wenig geeignet.

Da die technischen Einrichtungen der Armierungsanlagen und ebenso die Schießresultate streng geheim gehalten werden, ist es nicht möglich, ausführlicher darauf einzugehen.



Theoretische Bemerkungen.

Die allgemeinen theoretischen Grundlagen des Schiffbaus sind auch für die Unterseeboote und Tauchboote maßgebend mit der Abweichung, daß bei den Konstruktionsberechnungen gewöhnlicher Schiffe die Längsstabilität gegenüber der Seiten- oder Querstabilität in den Hintergrund tritt, während für Unterwasserfahrzeuge genau das Umgekehrte der Fall ist.

Den weiteren Erörterungen sei der Versuch vorausgeschickt, durch Angabe der wichtigsten Unterscheidungsmerkmale die Bezeichnungen:

Unterseeboot,
selbständiges Unterseeboot
und Tauchboot

zu definieren.

Unterseeboote.

Unterseeboote sind solche Fahrzeuge, die ihre Fortbewegung in erster Linie unter Wasser ausführen sollen und bei deren Bau deshalb zu Gunsten der Taucheigenschaften auf Seetüchtigkeit an der Oberfläche kein Wert gelegt ist.

Dementsprechend ist auch ihre Maschinenanlage lediglich auf die Fahrt unter Wasser zugeschnitten und bleibt damit ihr Aktionsradius stets in bescheidenen Grenzen.

Als Antriebskraft kommt heute nur noch die Elektrizität in Frage, früher verwandte man dazu auch Preßluft, flüssige Kohlenäure etc. Das Unterseeboot ist im höchsten Grade von Kraftergänzungsstationen abhängig und kann insolgedessen keinen Anspruch auf Bewegungsfreiheit (autonomie) erheben. Die zur Tauchung erforderliche Gewichtszunahme beträgt bei einem Unterseeboot ca. 10 Prozent seines Gewichts an der Oberfläche.

Selbständige Unterseeboote.

Hierunter sind solche Fahrzeuge zu verstehen, welche die zur Ergänzung ihrer Antriebskraft nötigen Mittel an Bord führen und so nicht an bestimmte Stationen gebunden sind.

Ihr Motor ist deshalb in der Regel für Doppelbetrieb eingerichtet. Der Hauptunterschied der hierfür eingeführten Systeme beruht auf der Verschiedenheit ihrer Kräfteerzeugungsmittel, welche im allgemeinen entsprechend der folgenden Zusammenstellung nebeneinander zur Verwendung gelangen.

Für die Fahrt an der Oberfläche	Für die Fahrt unter Wasser
Dampf	Elektrizität
Petroleum	Elektrizität
Petroleum	Preßluft
Dampf	Preßluft
Dampf	erhitzte Preßluft
Dampf	überhitztes Wasser
Dampf	Dampf (erzeugt durch mit Preßluft unterhaltene Feuerung).

In dem Kapitel über die Motoren werden die verschiedenen Mittel einer vergleichenden Prüfung unterzogen werden.

Tauchboote.

Diese Fahrzeuge haben gleich den vorerwähnten meistens Maschinenanlagen mit Doppelbetrieb für den Motor, ihr Hauptmerkmal besteht darin, daß sie eine doppelte Außenhaut besitzen. Die äußere ist dünn und so geformt, daß sie dem Boot eine möglichst große Seetüchtigkeit an der Oberfläche verleiht, die innere ist stark und von kreisförmigem Querschnitt, weil sie allein den Wasserdruck während der Tauchung auszuhalten hat. Unter Wasser fahren die Tauchboote nur im Gefecht.

Solange sie sich an der Oberfläche halten, liegt ihr Systemschwerpunkt über dem Deplacementschwerpunkt, während das Tauchboot taucht, sinkt ersterer jedoch so weit nach unten, daß unter Wasser das Verhältnis umgekehrt ist.

Der Deplacementschwerpunkt liegt dann über dem Systemschwerpunkt, wie dies bei Unterseebooten stets der Fall ist.

Beim Tauchboot beträgt die zur Tauchung erforderliche Gewichtszunahme 25 bis 40 Prozent seines Gewichts an der Oberfläche.

Das Untertauchen.

Das „Untertauchen“ nennt man den Vorgang, der sich abspielt, wenn das Fahrzeug durch künstliche Vergrößerung seines spezifischen Gewichts immer tiefer in das Wasser einsinkt, bis es schließlich ganz unter der Oberfläche verschwindet. Ist das letztere eingetreten, so nennt man das Untertauchen ein vollständiges oder totales.

Theoretisch muß nun jedes Fahrzeug bei dem beschriebenen Vorgang einen Punkt erreichen, an dem es sich im absoluten oder indifferenten Gleichgewicht befindet, wenn nämlich sein Gewicht genau gleich dem des verdrängten Wassers ist — totales Untertauchen vorausgesetzt —, in der Praxis ist jedoch ein Innehalten dieser Lage ausgeschlossen. In der Theorie übt ferner der Druck auf das Wasser eine — wenn auch nur geringe — zusammenpressende Wirkung aus und müßte sich auf Grund dieses Gesetzes ein Fahrzeug unbeweglich in einer bestimmten Tiefe halten können. Aber auch hier belehrt uns die Wirklichkeit eines andern. Entweder ist das Boot zu leicht und bleibt an der Oberfläche, diese mit einem wenn auch noch so kleinen Teil seines Volumens überragend, oder aber es ist zu schwer und sinkt, und zwar bis auf den Grund, selbst wenn das Gewicht des verdrängten Wassers nur um ein Minimum überschritten ist. Auf die Geschwindigkeit des Sinkens wird allerdings die Größe der Ueberlastung von Einfluß sein; ist sie nur unbedeutend, so kann das Fahrzeug, eine um das millionenfache schwerere Masse, auch nur in eine ganz langsame Senk- bewegung versetzt werden.

Erfahrungsgemäß wird nun aber während des Untertauchens durch den immer stärker werdenden Wasserdruck der Rumpf zusammengepreßt, dadurch sein spezifisches Gewicht vermehrt, infolgedessen die Sinkbewegung beschleunigt, bis sie eine gewisse Geschwindigkeit erreicht hat, die dann bis zum Grunde gleichmäßig bleibt.

Ist die Tiefe so groß, daß die Pumpen den Druck von außen nicht überwinden können, so ist ein Lenzen des Wasserballastes unmöglich. Ob der Rumpf in diesem Falle dem Druck standhalten wird, hängt von seiner Stärke ab. Viele Erfinder sind mitsamt ihren Fahrzeugen sicher nur deswegen zu Grunde gegangen, weil sie alle diese Erscheinungen nicht genügend berücksichtigt haben.

Ein Unterseeboot kann sich ohne Schwierigkeit in einer beliebigen Wassertiefe halten, sobald es durch fortwährendes Ein- und Auslassen geringer Wassermengen das Vorzeichen der in der Vertikalen angreifenden Kräfte jeden Augenblick ändert. Dabei wird es sich nie im absoluten Gleichgewicht befinden, wohl aber ganz unmerklich um dieses herum schwanken.

In der Praxis erreicht man das Innehalten einer bestimmten Tiefenlage auf zweierlei Weise:

1. Durch Volumensänderung mittels eines verschiebbaren Kolbens (angewandt auf mehreren Unterseebooten). Die Tätigkeit dieses Kolbens entspricht der der Fischschwimmlase.

2. Durch Einlaß von Wasser in einen Behälter bezw. durch Entfernen von Wasser aus diesem mittels einer Lenzpumpe.

Das letztgenannte System, das im Prinzip dem ersten gleich ist, wird jetzt bevorzugt, da es praktischer ist und nur kleine Rollen benötigt.

Das Auftauchen.

Das Auftauchen stellt den dem Untertauchen entgegengesetzten Vorgang dar, bewirkt wird es durch Auspumpen des Wasserballasts.

Beide Manöver beeinflussen die Stabilität des Fahrzeugs. Was in dieser Beziehung für das eine gilt, findet im umgekehrten Sinne auch Anwendung für das andere.

Bemerkungen über die Stabilität während des Untertauchens.

Da bei den Unterseebooten die Schiffsformen fast gar nichts zur Erzielung einer guten Stabilität beitragen, muß ihnen diese Eigenschaft dadurch gesichert werden, daß der Systemsehwerpunkt unter den Deplacementschwerpunkt zu liegen kommt. Der letztere läßt sich fast immer durch eine einfache Rechnung bestimmen, da die meisten Unterseeboote Rotationskörper von symmetrischem Querschnitt sind.

Der Abstand der beiden Schwerpunkte muß nun so groß sein, daß sein Wert auch nach Entfernung des Ballasts, des Sicherheitsgewichts, der Akkumulatoren usw. nicht zu Null wird oder gar das Vorzeichen ändert. Bei der Berechnung dieses Wertes darf ferner nicht außer acht gelassen werden, daß flüssiger Ballast, wie er allgemein in beträchtlichen Mengen zur Verwendung gelangt, die Stabilität vermindert, sofern seine Beweglichkeit nicht durch den Einbau zahlreicher Wände in die Behälter auf Minimum beschränkt ist. Hierauf genügende Rücksicht zu nehmen ist sehr wesentlich, falls man vor unangenehmen Ueberraschungen bewahrt bleiben will.

Dementsprechend soll der Abstand zwischen System- und Deplacementschwerpunkt reichlich groß sein, andrerseits darf er nicht über ein gewisses Maß hinausgehen, weil eine zu große metazentrische Höhe die Schlingerbewegungen zu heftig und damit der Besatzung den Aufenthalt im Boot unerträglich machen, sowie auch Beschädigungen der Akkumulatoren herbeiführen würde. Dafür haben die Erfahrungen den Beweis geliefert, wo bei einem Abstand beider Punkte von 40 Zentimetern das Boot sehr heftige Bewegungen machte, die bedeutend sanfter wurden, als man ihn auf 20 Zentimeter verringerte.

Bei den Tauchbooten gestalten sich die Verhältnisse anders und noch komplizierter als bei den Unterseebooten.

Solange ein Tauchboot an der Oberfläche fährt, liegt sein Systemsehwerpunkt über dem Deplacementschwerpunkt, ganz wie

das auf gewöhnlichen Schiffen der Fall ist. Zur Erhaltung der Stabilität bei der Fahrt unter Wasser muß nun der Systemsschwerpunkt soweit gesenkt werden, bis er wie bei den Unterseebooten sich in einem bestimmten Abstand unter dem Deplacementschwerpunkt befindet. Während des Einlassens des Ballastwassers wird also eine Senkung des System- und eine Hebung des Deplacementschwerpunktes stattfinden und dabei der Moment eintreten, in dem beide Punkte zusammenfallen.

Die Größe bezw. Größenänderung ihres gegenseitigen Abstandes ist unter normalen Verhältnissen also lediglich abhängig vor dem Einlassen oder Ausstoßen von Ballastwasser. An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, daß flüssiger Ballast unter gewissen Umständen die Stabilität verringert anstatt sie zu erhöhen, den Fall ausgenommen, daß die Ballastbehälter ganz aufgefüllt sind und damit ihrem Inhalt die Bewegungsfreiheit genommen ist. Das bleibt unmöglich während der Zeitdauer vom Beginn bis zur Beendigung der Füllung, also während des Uebergangs von der Fahrt an der Oberfläche zur Fahrt unter Wasser. Zur Ausführung dieses Manövers müssen die Tauchboote eine gute Formenstabilität besitzen, mit der sie denjenigen Kräften Widerstand leisten können, die ein Kentern des Fahrzeugs herbeizuführen suchen. Solche Kräfte treten auf in dem Moment, in welchem der Systemsschwerpunkt sich dem darunterliegenden Deplacementschwerpunkt nähert und verschwinden erst wieder, wenn eine genügende Gewichtsstabilität dadurch gesichert ist, daß der erstere seine für die Tauchung bestimmte Lage eingenommen hat, d. h. sich in genügendem Abstände unterhalb des Deplacementschwerpunktes befindet.

Dieser Uebergang stellt gewissermaßen den wunden Punkt der Stabilität eines Tauchbootes dar, ihrer Erhaltung grade hierbei muß somit ganz besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Während des Tauchmanövers, von dem Moment an, in dem das Ballastwasser einzulaufen beginnt, findet eine ununterbrochene Wechselwirkung von Kräften statt, die einerseits die Gleichgewichtslage stören, andererseits sie wieder herzustellen suchen.

Die Ueberwindung aller aus der Verschiebung der Schwerpunkte resultierenden Schwierigkeiten stellte ein besonderes Problem in der Stabilitätsfrage dar, das aber als gelöst zu betrachten ist, seit in dieser Beziehung ausgezeichnete Resultate erzielt worden sind.

Der Niedergang.

Mit „Niedergang“ bezeichnet man das Verschwinden des Bootes unter der Oberfläche infolge der Einwirkung anderer Kräfte als der Schwere. Die Unterseeboote führen dieses Manöver zum Teil mittels Vertikalschrauben auf der Stelle

aus („Plongeur“, die Nordenseltboote, die ersten Hollandboote u. a.). Von diesem System ging man jedoch ab. Man scheut nämlich den Gebrauch von Vertikalschrauben, weil sie zu heftig und stoßweise wirken und bei Fahrzeugen, auf denen sie an den Enden gelagert sind, sehr störende Gleichgewichtsschwankungen erzeugen. Im allgemeinen wird jetzt der Niedergang in Fahrt, und zwar mit Hilfe der Horizontalruder, ausgeführt, welche hierbei das dem Fahrzeug dauernd erhaltene Bestreben zur Rückkehr an die Oberfläche überwinden müssen. Die Größe dieses Auftriebs beträgt etwa $\frac{1}{2}$ bis 2 Prozent des Displacements. Das gleiche Prinzip findet auch bei den Torpedos Anwendung.

Die seitlich an den Fahrzeugen angebrachten Horizontalruder lassen sich mit den Flossen der Fische vergleichen.

Horizontalruder am Heck (Fig. 4).

In Anlehnung an die Bauart der Torpedos, welche selbst eigentlich nichts anderes als ganz kleine Unterseeboote darstellen, brachte Zede auf seinem „Gymnote“ die Horizontalruder am Heck an.

Die Wirkung eines Heck-Horizontalruders ist folgende:

Angenommen, das Boot fahre mit einem gewissen Ueber-
schuß an Auftrieb an der Oberfläche. Um es zum Tauchen zu

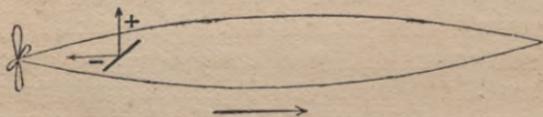


Fig. 4. — Horizontalruder am Heck.

bringen, müssen die Ruder — an jeder Seite eins — in eine Lage gebracht werden, wie sie aus Fig. 4 ersichtlich ist. Der Druck des Wassers auf die Ruderflächen läßt sich in zwei Komponenten zerlegen: eine horizontale, welche die Fahrt vermindert, und eine vertikale, von unten nach oben gerichtete, die das Heck so lange anhebt, bis die Schraubenwelle genügend geneigt ist, um das Untertauchen des Fahrzeugs unter Ueberwindung seines Auftriebs — und der auf die Ruder wirkenden Vertikalkomponente — erzwingen zu können. Dazu ist eine ziemlich starke Neigung des Bootes erforderlich. Zum Vergleich lassen sich wieder die Torpedos heranziehen, bei welchen sich der entsprechende Vorgang genau so abspielt. Während nun aber eine starke Neigung für einen Torpedow, dessen Einzelteile sich ja alle in fester Lage befinden, keine nachteiligen Folgen

haben kann, sind solche in einem Unterseeboot für die Besatzung, elektrische Akkumulatoren usw. wohl zu befürchten. Starke Neigungen müssen also vermieden werden, und zwar wird dies dadurch erreicht, daß man den Auftrieb möglichst vermindert, womit die Sicherheit allerdings in anderer Weise Einbuße erleidet. Unausführbar wird das Untertauchen, sobald die Neigung des Bootes so groß ist, daß die Schraube aus dem Wasser heraustritt. Dieser Versager kam früher häufig vor, so zum Beispiel auf dem „Gymnote“.

Horizontalruder an der Mitte des Schiffskörpers (Fig. 5)

Untersucht man die Wirkungsweise von Horizontalrudern, die an der Mitte des Schiffskörpers angebracht sind, so stellt sich heraus, daß diese nach der entgegengesetzten Seite gelegt werden müssen wie die Heckruder, wenn man die gleiche Richtungsänderung — nehmen wir also wie vorher an zum Tauchen — erreichen will.

Die Horizontalkomponente wirkt wieder entgegen der Fahrtrichtung, also fahrtvermindernd, die Vertikalkomponente hat dagegen das umgekehrte Vorzeichen wie vorher. Hier ist also das Fahrzeug im stande, durch die Wirkung der Vertikalkomponente allein den Auftrieb zu überwinden und sich nach unten zu bewegen. Damit scheint die Möglichkeit gegeben, unter Beibehaltung der Horizontallage zu tauchen, indem man durch je nach der Fahrtgeschwindigkeit kleinere oder größere Ruderwinkel

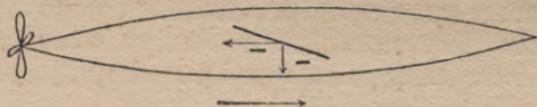


Fig. 5. — Horizontalruder an der Mitte des Boots.

die nach unten drückende Vertikalkomponente so stark macht, daß sie den Auftrieb überwiegt.

Die Voraussetzung zu dieser an und für sich sehr einfachen Theorie — die Innehaltung der Horizontallage — wird nun aber in der Praxis niemals erfüllt, die Boote erleiden vielmehr, sobald sie in Fahrt sind, fortwährend Schwankungen in ihrem Längsgleichgewicht. Schuld hieran sind die Verschiebungen des Systemschwerpunkts nach vorn bezw. achtern, wie sie durch Bewegungen der Besatzung und das Gewicht der auf den Bug drückenden Wassermassen hervorgerufen werden. Das Wasser klettert nämlich gewissermaßen vorn auf das Boot hinauf und preßt den Bug nach unten. Auch der Umstand, daß die oberen und unteren Schraubenflügel in verschiedenen

Wassertiefen wirken, kommt hier zur Geltung. Alle diese Einflüsse mit Hilfe von in der Mitte der Schiffslänge gelagerten Horizontalrudern aufzuheben, ist natürlich ausgeschlossen.

Horizontalruder am Bug (Fig. 6).

Die Vorzeichen der Komponenten, in welche wir die auf die Horizontalruder wirkende Kraft zerlegt haben, sind für am Bug und an der Mitte des Schiffskörpers angebrachte Ruder dieselben, die parallele Lage beider vorausgesetzt. Dagegen hat man bei der Verwendung von Bugrudern den vorderen Teil des Fahrzeugs in der Gewalt und ist damit in sehr vollkommenem Maße Herr seines Tiefenlaufs. Will man unter der Oberfläche verschwinden, so ist schon ein ganz kleiner Ruderwinkel im Stande, die Längsachse des Bootes zu neigen. In

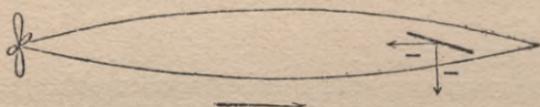


Fig. 6. — Horizontalruder am Bug.

dieser Lage wird es vermittels der Schraube und der auf die Ruderfläche nach unten wirkenden Vertikalkomponente auf die gewünschte Tauchtiefe gebracht. Bei einem Vergleich der Wirkungen von Bug- und Heckrudern ergibt sich ferner, daß zum Tauchen bei den ersteren ein kleinerer Ausschlag deshalb ausreicht, weil sie weniger Auftrieb zu überwinden haben. Je kleiner nun aber die Ruderwinkel sind, desto kleiner ist auch der Wert der fahrtverminderten Horizontalkomponente, worin sich ein weiterer nicht unwesentlicher Vorzug der Bugruder begründet.

Horizontalflossen

zur Verminderung der Tiefenschwankungen (Fig. 7).

Wenn man auch bei der Verwendung von Bugrudern den vorderen Teil des Bootes vollkommen in der Gewalt hat, so wäre damit allein die Innehaltung der gewünschten Tiefenlagen noch nicht genügend gesichert, solange das Heck nicht irgendwie abgestützt ist. Aus schon vorher dargelegten Gründen haben ja die Unterwasserfahrzeuge immer das Bestreben, mit den achteren Teil nach oben auszuscheren. Dem sucht man nun durch Anbringung von Horizontalflossen entgegenzuarbeiten.

Die Bezeichnung „Horizontalflossen“ ist, streng genommen, nicht ganz richtig, weil ihre Flächen ein wenig geneigt

sind in der Weise, daß eine nach unten gerichtete Vertikal-
komponente auf sie zur Wirkung kommt. Diese soll dem Auf-
wärtstreiben des Hecks das Gleichgewicht halten. Die Größe
des Winkels, unter dem die Flossen angebracht werden müssen,
ist bei jedem Fahrzeug verschieden, sie wird in jedem Falle
durch Versuche ermittelt. Theoretische Berechnungen würden hier
nicht zum Ziel führen, man verzichtet auf solche deshalb von
vornherein und bringt bei den Neubauten die Flossen zunächst
in der gleichen Lage wie auf bereits im Dienst befindlichen
Fahrzeugen ähnlichen Typs vorläufig an und stellt sie erst
später entsprechend den praktischen Erfahrungen endgültig fest
ein. Für den „Gymnote“ sowohl wie für den „Zede“ waren
allerdings anfangs nur Tiefenruder am Heck vorgeesehen. Schon
bei dem ersteren aber erwiesen sich diese als so unzureichend,
daß zu einem ergänzenden Ausbau des Steuerapparats ge-
schritten werden mußte. So wurden am Heck Horizontalflossen
und an der Mitte sowie am Bug des Fahrzeugs je 2 weitere

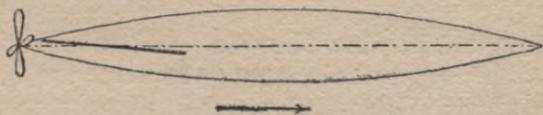


Fig. 7. — Horizontalflossen zur Verminderung der Tiefenschwankungen.

Paare von Tiefenrudern angebracht. Von den nunmehr vor-
handenen 6 Rudern dienten nur die 4 vorderen zum eigent-
lichen Steuern, nachdem die beiden am Heck in einer bestimmten
Lage festgestellt waren.

Die mit Hilfe dieses verbesserten Systems erzielten Resultate
waren außerordentlich günstig. Es liegt nahe, hieraus den
Schluß zu ziehen, daß Heck- und Mittelruder neben den Bug-
rudern durchaus notwendig erscheinen, dies trifft jedoch nicht
zu, keineswegs für ein so kleines Boot, wie den „Gymnote“.

Wie dieser, so hatte auch der „Zede“ zuerst nur Ruder
am Heck. Sobald man ihm zu tauchen versuchte, trat die
Schraube aus dem Wasser hervor. Nachdem daraufhin am
Heck Horizontalflossen und an der Mitte des Schiffskörpers
2 weitere Tiefenruder angebracht waren, ging die Tauchung
sogar bei einem Reserveauftrieb von einer Tonne glatt von statten.

Der „Morse“ hat Horizontalflossen am Heck und 2 Ruder-
paare, eins vorn und eins achtern. Das letztere wird je
nach der Größe des Reserveauftriebs, mit dem man tauchen
will, für fest eingestellt, die Bugruder sind fortwährend in
Tätigkeit, um Abweichungen nach oben oder unten zu ver-
hindern, also um das Fahrzeug in der gewünschten Tiefe zu halten.

Ebenso wie die Torpedos bewegen sich die Unterseeboote
nicht in gerader Linie in einer bestimmten Wassertiefe fort,

sondern befinden sich in fortwährender Schwankung darüber hinaus oder hinunter. Sie beschreiben dabei also eine Schlangelinie, deren Ausschläge sehr von dem Mann, welcher den Tiefensteuerapparat bedient, abhängen. Derselbe beobachtet nämlich unausgesetzt den Zeiger des Wasserdruckmanometers und legt danach das Ruder in dem Sinne, daß das Fahrzeug immer wieder in die Ebene zurückkehrt, auf der es gehalten werden soll. Bei der französischen Marine ist die Ausbildung des Personals in dieser Beziehung sehr fortgeschritten.

Schrauben an Vertikalachsen.

Fast alle Erfinder und Konstrukteure von Unterjeebooten mit Ausnahme der französischen Marinebauingenieure haben an Vertikalachsen sitzende Schrauben zum Ausführen des Tauchmanövers und zum Innehalten der Tiefenlage verwendet. So findet man dieses System auf den Fahrzeugen von Brun und Bourgois, Holland, Nordensfeld, Waddington, Pullino und vielen anderen.

Es hatte zunächst den Vorzug großer Sicherheit für sich, indem man sich sagte, daß ein Fahrzeug, welches durch die Wirkung von Vertikalachsen unter Ueberwindung seines Auftriebs nach unten gedrückt wird, sofort wieder an die Oberfläche zurückkehren muß, sobald diese Schrauben infolge irgend welchen Versagens stehen bleiben. Die praktischen Erprobungen zeitigten jedoch sehr unangenehme Nachteile der Vertikalachsen, ihre Wirkung ist eine zu gewaltsame und unregelmäßige, auch erzeugt sie Veränderungen der Gleichgewichtslage in so hohem Maße, daß daraus dem Fahrzeug eine neue Gefahr erwächst. Die französischen Marinebauingenieure haben sich auf dieses System nie eingelassen und auch die übrigen Konstrukteure, wie z. B. Holland, sind auf Grund ihrer Erfahrungen davon abgekommen.

Gradlauf (Kursstabilität).

Vollkommen ist der Gradlauf eines Schiffes, wenn es sich bei mittschiffs liegendem Ruder genau auf einer geraden Linie fortbewegt. Nun haben aber in der Praxis fast alle Schiffe die Neigung, auch bei Mittschiffslage des Ruders nach einer Seite abzuweichen. Dies kommt in der Weise zum Ausdruck, daß das Fahrzeug schließlich einen Kreis — mit allerdings sehr großem Radius — beschreibt. Im letzteren Fall muß der Mann am Ruder dasselbe jedesmal gegenanlegen, wenn das Schiff nach der betreffenden Seite auszuscheeren anfängt. Dieses Abweichen vom Kurs ist ein Fehler, der naturgemäß für ein Unterwasserfahrzeug viel schwerer ins Gewicht fällt als

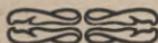
für ein gewöhnliches Schiff. Eine große Reihe von Erfindern und Konstrukteuren haben sich vergeblich bemüht, ihn zu beseitigen.

Solange aber der Gradlauf zu wünschen übrig läßt, kann von erfolgreicher Verwendung eines sonst einwandfreien Unterseeboots nicht die Rede sein. Von Bedeutung für den Gradlauf sind in erster Linie die Länge des Fahrzeugs und die Schärfe seiner Formen am Heck. Was die Formen des Bugs betrifft, so hat es sich als vorteilhaft erwiesen, sie bedeutend voller zu halten als die des achteren Teils. Es liegt direkt nahe, die Bauart der Fische zum Vorbild zu nehmen. Alle kurzen Unterseeboote mit gleichen Bug- und Heckformen haben einen sehr mangelhaften Gradlauf. Bis zu einem gewissen Grade läßt sich bei ihnen allerdings Abhilfe durch Vertikal-flossen und große Vertikalruder schaffen.

Mangelhafter Gradlauf der Unterseeboote mit richtbaren Schraubenwellen.

Besondere Erwähnung verdienen noch die Boote, auf denen die Tätigkeit des Ruders durch Veränderung der Richtung der Schraubenwelle ersetzt wird. Dieses System, das Baker, Drzewiecki und Goubet angewendet haben, ist sehr wenig brauchbar. Die Schraubenwelle hat nämlich stets in den Gelenken etwas Spielraum, der sich nicht vermeiden läßt. Ist derselbe auch noch so klein, so hat er doch zur Folge, daß die Welle bei beabsichtigtem Geradeausfahren nicht mehr genau parallel zur Längsschifflinie (Baker) bzw. in deren Verlängerung (Drzewiecki, Goubet) bleibt und so das Fahrzeug aus dem Kurs bringt.

Die Unterwasserfahrzeuge besitzen eine Empfindlichkeit gegen die Wirkungen des Ruders, die viel größer ist, als die gewöhnlicher Schiffe, der geringste Ausschlag hat eine sofortige Wenderung der Fahrtrichtung zur Folge. Aus demselben Grunde bereitet auch die Regulierung der Torpedos, die hier wieder zum Vergleich heranzuziehen sind, so große Schwierigkeiten.



Bauart.

Die Bauart der Unterseeboote ist in vieler Hinsicht die gleiche wie die der gewöhnlichen Fahrzeuge. Wir heben naturgemäß hier nur die für die Konstruktion der ersteren eigentümlichen Merkmale hervor.

Formen des Schiffskörpers.

Abgesehen von einigen schon in Vergessenheit geratenen Versuchen sind die Querschnitte der Boote stets kreisförmig, da jede andere Form erwiesenermaßen gegen Druckbeanspruchung weit weniger widerstandsfähig ist.

Die meisten französischen Boote sind für einen Außen- druck berechnet, der einer Wassertiefe von 100 Metern entspricht, also für ungefähr 10 Atmosphären.

In der Längsrichtung ist der Schiffsrumpf spindelförmig, in der Mitte befindet sich häufig ein zylindrischer Teil. Besser ist es aber, der letztere fällt weg, denn bei sonst gleichen Formen wird ohne denselben eine etwas höhere Geschwindigkeit erzielt. Die Länge des Unterseebootes ist von einer Menge sich widersprechender Faktoren abhängig. Für die Geschwindigkeit und den Gradlauf wäre es wünschenswert, das Boot möglichst lang zu bauen (d. h. bis zu einer gewissen Grenze), dadurch würden aber andererseits die Manövrierfähigkeit und Lenkbarkeit stark leiden und alle Bewegungen schwerfälliger werden.

Wahl des Materials für den Schiffsrumpf.

Mehrere Erbauer wählten Bronze als Material für den Schiffskörper, die meisten einfach Stahl oder Eisenblech.

Beim Bau des „Gymnote“, der eine Akkumulatorenbatterie Commelin-Desmazures (ohne Säure) erhielt, verwendete die französische Marine Stahl. Bei Benutzung von Akkumulatoren mit Blei und Schwefelsäure hielt man es für erforderlich, den Schiffskörper aus Bronze herzustellen, da man befürchtete, ausströmende

Gase oder gar flüssige Säure, die versehentlich oder bei schlechtem Wetter verschüttet würde, könnte den Kumpf des Fahrzeugs anfressen. Diese Befürchtung war aber unbegründet. Der ehemalige Kommandant des „Gymnote“, Fregattenkapitän Darrieus, machte bei Einführung der Bleiakkulamatoren den Vorschlag, man solle unten auf dem Schiffsboden eine Schicht von irgendwelchem Salz z. B. Natroncarbonat, lagern und so die Säure unschädlich machen, die vielleicht ausfließen könnte.

Im Grunde war keine dieser Vorsichtsmaßregeln nötig und es kam überwiegend Stahl bei den Neubauten zur Verwendung.

Das aus Stahl hergestellte Schwarzblech wird von der zehnpromzentigen verdünnten Schwefelsäure, die in den Akkulatoren enthalten ist, verhältnismäßig wenig angegriffen, es hat ferner den wesentlichen Vorteil der Billigkeit und Leichtigkeit für sich und ist deshalb endgültig für den Bau gewählt worden.

Hervorzuheben wäre noch, daß bei einem nicht elektrisch betriebenen Unterseeboot der Bronze dem Stahl gegenüber der Vorzug zugesprochen werden müßte, da sie die Kompassse nicht beeinflusst. Bei den elektrisch betriebenen Booten aber fallen die magnetischen Störungen, die durch den Strom hervorgerufen werden, viel beträchtlicher ins Gewicht als die Ablenkungen, die vom Schiffskörper ausgehen. Vielleicht ist hier der Stahl sogar vorteilhaft, weil er in gewissem Umfange die durch die elektrischen Anlagen hervorgerufenen Störungen aufhebt.

Schiffskörper aus Stahl.

Die Dide der Außenhautplatten wird vermitteltst empirisch festgestellter Formeln berechnet, denen die Widerstandsfähigkeit fester Stoffe in Form von Zylinder oder Zylinderschnitten gegen Druckbeanspruchung von außen zu Grunde gelegt ist.

Gegeben ist die Maximaltiefe, mit anderen Worten der auszuhaltende Maximalaußendruck, der Durchmesser des Bootes und der Widerstandskoeffizient des für den Bau gewählten Metalls.

Man erhält so die erforderliche Plattendide nach der Formel:

$$p = 377\,000 \frac{e^2}{ld} + 1160 \frac{e^2}{d} - 93 \frac{e}{d}$$

in der

p den Druck in Kilogramm pro Kubikzentimeter,

e die Dide des Stahls in Millimetern,

l den Umfang des Querschnitts in Zentimetern und

d den äußeren Durchmesser in Zentimetern bedeutet.

Der Quotient $\frac{e}{d}$ schwankt zwischen $\frac{1}{250}$ und $\frac{1}{300}$ bei Unterseebooten die für Tauchungen bis zu 100 Meter Wassertiefe gebaut sind.

Die Berechnung wird naturgemäß nur für den größten Querschnitt (das Hauptspant) ausgeführt. Nach den beiden Enden zu geht man mit der Dide herunter, hält die Außenhaut aber überall so stark, daß sie etwaige Stöße aushalten kann. Die einzelnen Platten stoßen mit glatten Rändern aneinander und sind durch innere Ueberlappung verbunden. Ihre Herstellung ist ziemlich kostspielig, da es sich um doppelt gekrümmte Flächen handelt, die sich nicht abrollen lassen. Ihre Anfertigung erfolgt in der Kesselschmiede.

Versteifung des Schiffsrumpfes.

Die Spanten oder Querrippen bestehen aus Profileisen irgend eines Querschnitts. Ueber ihre Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit gehen die Meinungen auseinander, auf jeden Fall vermindern sie recht erheblich den verfügbaren Raum, der schon an und für sich bei Unterseebooten nur spärlich bemessen ist.

Außerdem wird durch ein System von Versteifungen die Widerstandsfähigkeit insofern ungünstig beeinträchtigt, als sie zwar an den Spanten selbst sehr hoch, dazwischen aber bedeutend geringer ist. Daß diese Unregelmäßigkeit nicht rationell ist, liegt auf der Hand. Kein Maschinenbauer würde auf den Gedanken kommen, einen Hochdruckzylinderkessel mit Querrippen zu versehen. Beim Unterseeboot liegt die Sache genau so, nur findet die Druckbeanspruchung von außen nach innen statt und nicht von innen nach außen.

Häufig findet man auch Längsspanten auf Unterseebooten eingebaut, und zwar in der gleichen Ausführung wie bei den gewöhnlichen Fahrzeugen.

Für diese Versteifungen gilt dasselbe, was schon von den Querspanten gesagt ist, sie sind überflüssig, da der Rumpf an und für sich — er läßt sich vollkommen mit einem hohlen Träger vergleichen — einen außerordentlich hohen Formenwiderstand besitzt.

Alle unnötigen Versteifungen sind schädlich, weil sie den Beanspruchungen bestimmte Angriffspunkte geben.

Die Nieten an den Seiten des Kiels müssen sehr sorgfältig und in mehreren Reihen eingesetzt werden, damit die Platten an den Verbindungsstellen nicht geschwächt werden. Die Nietköpfe werden außen in gleicher Weise wie bei allen anderen Fahrzeugen verstemmt.

Schiffskörper aus Bronze.

In der ersten Zeit verwendete man Roma-Bronze. Bei den Fahrzeugen waren die einzelnen Bleche ebenso verbunden, wie solche aus Stahl, abgesehen von einzelnen kleinen Unterschieden

in der Ausführung. Die Herstellung von Bronzeplatten kostet viel Mühe, da das Metall nicht immer die genügende Homogenität besitzt. In neuerer Zeit ist man von der Bronze ganz abgekommen.

Schiffskörper aus Guß.

Eine ganze Reihe von kleineren Unterseebooten verschiedener Konstrukteure sind aus Metallguß (Bronze oder Eisen) gefertigt worden, teils in einem einzigen, teils in mehreren Stücken. Die Anwendung dieses Systems muß sich jedoch auf kleine Versuchsfahrzeuge beschränken, für größere Boote würden sie zu viele Nachteile mit sich bringen. Einmal wird ein Schiffskörper aus Guß sehr schwer, weil das Verfahren eine ziemlich große Wandstärke erfordert, ferner läßt sich das Gewicht der einzelnen Stüde nicht vorher bestimmen, weil diese an manchen Stellen zu stark, an anderen wieder zu schwach ausfallen, und endlich liegt die Gefahr vor, daß der Guß äußerlich nicht erkennbare Fehlerstellen birgt.

Als Borteil gegossener Schiffskörper wurde das Fehlen von Nieten angeführt, weil diese infolge der starken Druckschwankungen, denen die Unterseeboote ausgesetzt sind, stark leiden und damit eine Schwächung der Verbände herbeiführen sollten.

Davon kann aber gar nicht die Rede sein, es sei denn, daß Fehler in der Konstruktion der Platten gemacht, die Vernietungen schlecht ausgeführt oder aber die Niete selbst zu schwach sind. Daß das System an und für sich brauchbar ist, unterliegt keinem Zweifel. Jedenfalls treten bei den Hochdruckkesseln in dieser Beziehung niemals ungünstige Erscheinungen auf, trotzdem hier die Bleche überlappend verbunden sind und so die ganze Kraft auf die Niete kommt. Große Temperaturunterschiede müssen die Kessel ebenfalls aushalten. Bei einem Unterseeboot dagegen werden die Niete viel weniger beansprucht, weil die einzelnen Plattengänge mit ihren Ranten aneinanderstoßen und der Druck von außen wirkt.

Schiffskörper der Tauchboote.

Die Eigentümlichkeit des Typs der Tauchboote liegt darin, daß sie einen doppelten Rumpf haben. Der eigentliche, innere, gleicht ganz dem schon vorher besprochenen der Unterseeboote, während der zweite, äußere, das Aussehen eines Torpedobootes hat und aus dünnen Blechen gefertigt ist. Längs- und Querspannten verstärken ihn und stellen die Verbindung zwischen ihm und dem inneren Schiffskörper her.

Wasserballast.

Der freie Raum zwischen beiden Schiffskörpern ist durch durchgeführte Längs- und Querspannten in eine große Anzahl

wasserdichter Abteilungen getrennt, welche als Behälter für den flüssigen Ballast dienen.

Auf den eigentlichen Unterseebooten nimmt der Kiel selbst oder der unmittelbar darüber befindliche Raum das Ballastwasser auf. Die einzelnen Behälter sind vollkommen wasserdicht abgeschlossen und haben starke Wände, weil diese den Druck der Preßluft aushalten müssen, vermittelt welcher das Wasser herausgetrieben wird, wenn das Fahrzeug erleichtert werden soll.

Die Teilung in eine große Anzahl voneinander getrennter Räume bietet den Vorzug der Festigkeit und beschränkt die Verschiebungen der flüssigen Gewichte.

Luks zum Ein- und Aussteigen.

Zur Aufnahme der Besatzung hat der Innenraum der Unterseeboote oben eine durch einen Deckel verschließbare Oeffnung (Luks). Um unnötige Gewichte und Schwächungen der Außenhaut zu vermeiden, muß diese Oeffnung einen möglichst kleinen Durchmesser erhalten, sie darf also nur so groß sein, daß ein Mann gerade hindurchkommen kann. Schädlichen Wirkungen des Gewichts muß, sofern es beträchtlich ist, durch Anbringung eines entsprechenden Gegengewichts am Boden des Fahrzeugs vorgebeugt werden.

Für die Luksanlagen sind verschiedene Systeme in Gebrauch, sie gleichen alle mehr oder weniger den Verbindungsöffnungen, wie man sie zwischen den einzelnen wasserdichten Abteilungen größer Schiffe vorfindet.

Die französische Marine verwendet neuerdings allgemein folgende Anordnung: Sobald der Deckel gelöst ist, wird er an einer im Rande des Luks gelagerten Vertikalachse beiseite gedreht. Der Deckel bleibt somit geöffnet wie geschlossen stets nahezu in derselben Ebene, man erspart also die Arbeit, die ein Heben bezw. Senken erfordern würde. Die Herstellung des wasserdichten Verschlusses bietet keine Schwierigkeiten, sie erfolgt vielmehr durch die Wirkung des Außendrucks automatisch.

Kommandokuppel oder -Turm.

Die Kommandokuppel (Kommandoturm) ist der Standort des Kommandanten, auf größeren Fahrzeugen außerdem auch des Mannes am Ruder. Wenn der Tonnengehalt des Bootes es gestattet, macht man die Wand dieses Raums so dick, daß sie von Gewehrgeschossen nicht durchschlagen werden kann.

Man wird diese „Panzerung“ wohl soweit verstärken, daß sie auch einen Schutz gegen Geschosse bis zu einem Kaliber von 3,7 Zentimeter bietet.

Auf den kleinen Booten hat nur der Oberkörper des Kommandanten Platz in der Kuppel, diese erscheint hier gewissermaßen wie ein auf das Oberdeck aufgesetzter Helm.

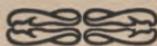
Auf dem „Gymnote“ hat man mit einer Vorrichtung Versuche gemacht, die aus einem Schiebedeckel und einer darunter befindlichen Leder- oder Gummihaube bestand. Während der Fahrt unter Wasser war der Deckel dauernd geschlossen. An der Oberfläche öffnete man ihn und hatte dann durch die nach oben herausgedrückte Haube ein erweitertes Gesichtsfeld.

Dieses System verdient nur seiner Eigenart wegen Erwähnung, es hat sich infolge geringer Widerstandsfähigkeit als unbrauchbar erwiesen.

Schutz der vitalen Teile.

Alle vorstehenden Teile eines Unterseeboots wie der Kommandoturm, die Sehapparate, die Tiefen- und Seitenruder sowie auch die Schraube sind besonders der Gefahr ausgesetzt, Beschädigungen zu erleiden, wenn das Fahrzeug in Kollision gerät oder aber auch nur mit im Wasser treibenden Gegenständen, die es auf seinem blinden Pfade nicht sehen kann, in Berührung kommt. Diese Gefahr läßt sich dadurch beseitigen, daß um die genannten Teile herum entsprechende Schutzvorrichtungen angebracht werden. Sie liegt zum Beispiel vor, wenn ein Boot nach Abgabe seiner Torpedoschüsse unter dem angegriffenen Schiff hindurchtaucht.

Dieses Manöver kann man ohne Bedenken ausführen, wenn die Schutzvorrichtungen ausreichend und genügend stark sind.



Die Motoranlagen.

Zur Beurteilung der Brauchbarkeit der verschiedenen Motorsysteme für die Schifffahrt unter Wasser genügt eine vergleichende Prüfung der Vor- und Nachteile, welche jedem einzelnen, nur vom Gesichtspunkte ihres Verwendungszwecks aus betrachtet, anhaften.

Bezeichnend für die Art des Motors ist in erster Linie sein Antriebsmittel, als solche kommen hauptsächlich die folgenden in Frage:

1. Dampf und überhitztes Wasser,
2. Dampf und Preßluft zur Unterhaltung der Feuerung bei der Fahrt unter Wasser,
3. durch Dampf erhitzte Preßluft,
4. Preßluft allein,
5. Petroleum, ätherische Oele usw. und Preßluft,
6. Elektrizität,
7. Petroleum und Elektrizität,
8. Dampf und Elektrizität.

Dampf und überhitztes Wasser.

Als Heizmaterial kommt vorwiegend Petroleum zur Verwendung, weil dieses — eine sachgemäße Bedienung vorausgesetzt — weder Rauch noch Ruß entwickelt.

Hierin liegt der doppelte Vorzug, daß einmal das Boot bei der Fahrt an der Oberfläche sich nicht selbst verrät und zweitens der Mechanismus des Teleskopshornsteins nicht verschmutzt, die Sicherheit seines Funktionierens während der Fahrt also nicht beeinträchtigt wird. Als weiterer Vorteil kommt hinzu, daß die Petroleumfeuerung ein sehr schnelles Anzünden, bezw. Auslösen gestattet.

Den vergleichenden Betrachtungen sei ein Unterseeboot von 200 Tonnen zugrunde gelegt, dessen Verbrauch an Heizmaterial pro Pferdestärke und Stunde 600 Gramm betragen soll. Als Gewicht der Maschinenanlage (Kessel und Maschine) sind für jede Pferdestärke etwa 80 Kilogramm anzusetzen. Die Maximalgeschwindigkeit an der Oberfläche soll 12, die unter Wasser 8 Seemeilen betragen und dazu eine Leistung von 275 bezw. 80 Pferdestärken nötig sein.

Der Bootskörper einschl. seiner Ausrüstung und sämtlicher Hilfsapparate, des Ballastes usw. nimmt etwa 10 Tonnen für sich in Anspruch. Es bleiben mithin für die Maschinenanlage und den Vorrat an Heizmaterial nur 90 Tonnen zur Verfügung.

Das Gewicht der Maschinenanlage beträgt
 $275 \text{ PS} \times 80 \text{ kg} = 22 \text{ Tonnen.}$

Es können also 68 Tonnen Heizmaterial untergebracht werden.

Für die Fahrt an der Oberfläche ergibt sich bei einer Marschgeschwindigkeit von 8 Seemeilen ein Aktionsradius von

$$\frac{68\,000 \text{ kg}}{75 \times 0,6} \times 80 = 12\,88 \text{ sm,}$$

der als vollkommen ausreichend anerkannt werden muß.

Für die Fahrt unter Wasser gestalten sich die Verhältnisse folgendermaßen. Der unter einem Druck von 15 Kilogramm stehende Kessel kann, wie die nachstehende Berechnung ergibt, nach dem Löschen der Feuer noch ungefähr ein Achtel seines Wassergehalts in Dampf von drei Atmosphären Spannung verwandeln.

Die Wassertemperatur beträgt bei einem Druck von 15 Kilogramm 202 Grad (Celsius), bei einem solchen von 3 Kilogramm 142 Grad, also 60 Grad weniger. In dem Kessel ist somit beim Löschen der Feuer ein Ueberschuß an Kalorien aufgespeichert von $60 \text{ Grad} \times \text{pw}$ (pw = Gewicht des im Kessel enthaltenen Wassers).

Die zur Erzeugung eines Kilogramms Dampf von 3 Atmosphären Spannung oder 142 Grad Temperatur erforderliche Anzahl von Kalorien ergibt die Formel:

$$C = 606,5 + (0,305 \times 142) - t = 478.$$

Hierin bedeutet t die mittlere Temperatur des Wassers:

$$t = \frac{202 + 142}{2} = 172^{\circ}.$$

Ein Kessel mit einem Wasserinhalt von 5500 Litern kann also $\frac{60 \times \text{pw}}{478} = \frac{60 \times 5500}{478} = 690 \text{ kg}$ Dampf von 3 kg

Spannung liefern (d. i. ein Achtel des Wassergewichts).

Mit Dampf von dieser Spannung (3 Kilogramm) entwickelt die Maschine 80 Pferdestärken und gibt dem Fahrzeug eine Geschwindigkeit von 8 Seemeilen. Der Dampfverbrauch pro Pferdestärke und Stunde beträgt höchstens 8 Kilogramm, für 80 Pferdestärken wären also 640 Kilogramm erforderlich.

Das bedeutet einen Aktionsradius unter Wasser von 8 Seemeilen, die in einer Stunde zurückgelegt werden. Eine Herabsetzung dieser Geschwindigkeit würde den Aktionsradius noch vergrößern. Jedenfalls darf man mit Sicherheit auf eine mit

annähernd 8 Knoten zurückgelegte Gesamtstrecke von 10 Seemeilen rechnen. Als Nordenfelt die Leistung der Maschinenanlage auf 2 Stunden Fahrzeit mit 8 Seemeilen Geschwindigkeit steigern wollte, bedurfte er hierzu außer dem eigentlichen Kessel noch eines besonderen Behälters mit überhitztem Wasser. Ein solcher wird natürlich überflüssig, wenn man gleich von vornherein den Kessel so groß anlegt, daß er einen ausreichenden Wassereinhalt fassen kann.

Was Kraftleistung und Aktionsradius anlangt, erscheint somit eine Anlage, wie sie vorstehend in Kürze beschrieben ist, recht brauchbar zu sein, besonders, da sie dem Fahrzeug eine große Unabhängigkeit und Marschsicherheit gewährt, die letztere Eigenschaft insofern, als eine Dampfmaschine im Vergleich zu anderen Motoren nur sehr selten Betriebsstörungen erleidet.

Gegen die Verwendung des Systems spricht in erster Linie die hohe — wenn nicht unerträgliche — Temperatur, die in dem Fahrzeug herrscht. Auch wird das Untertauchen dadurch verzögert, daß das Verschließen des Schornsteins eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt. Trotzdem darf man nicht glauben, daß daraufhin die Nordenfelt'sche Maschinenanlage endgültig verworfen sei, da der schlechte Ruf, in dem die Boote dieses Erfinders stehen, zum großen Teil Mängeln auf ganz anderen Gebieten zuzuschreiben ist.

Seine Fahrzeuge bieten in verschiedener Hinsicht auch wieder große Vorteile, so daß man nur bedauern kann, daß ihre Weiterentwicklung liegen geblieben ist. Jedenfalls sind die Schwierigkeiten, welche der hohen Innentemperatur und dem Verschuß des Schornsteins zur Last fallen, keineswegs unüberwindlich. Auf den Nordenfelt-Booten findet während der Fahrt unter Wasser keine Gewichtsveränderung statt. Die günstige Wirkung dieses Umstandes auf den Tiefenlauf kommt jedoch nicht zur Geltung, weil der Systemschwerpunkt beträchtliche Verschiebungen erleidet. Diese sind zurückzuführen auf:

1. Die Menge des flüssigen Gewichts (Kessel- und Ballastwasser), das an und für sich infolge seiner Beweglichkeit das Gleichgewicht stört.
2. Den Uebergang des Wassers aus dem Kessel in den Kondensator.

Doch auch hier ließe sich Abhilfe schaffen.

Als Fahrzeug ähnlichen Systems sei ein Untersee-Dampfbeiboot erwähnt, das der Marineingenieur Maurice nach einem Entwurf von Romazotti konstruierte.

Dampf- und Preßluft.

Ergänzt man das vorhergehende System durch Behälter mit Preßluft zur Unterhaltung der Feuerung während der

Fahrt unter Wasser, so sieht man eine neue Lösung des Problems vor sich. Eine Prüfung derselben führt zu dem folgenden Ergebnis:

Zur Unterhaltung der für eine Pferdestärke erforderlichen Feuerung werden ca. 20 Kubikmeter Luft gebraucht. Für eine Maximalleistung von 80 Pferdestärken, wie sie unserem Beispiel zu Grunde liegt, ergibt dies einen Bedarf von:

$$80 \times 20 = 1600 \text{ Kubikmeter Luft.}$$

Unter der Voraussetzung, daß die zur Verwendung kommenden Preßluftbehälter für einen Gebrauchsdruck von 100 Kilogramm gebaut sind, müssen sie also einen Rauminhalt von 16 Kubikmeter besitzen. Das Gewicht diesen Anforderungen entsprechender Behälter ist auf mindestens 2500 Kilogramm pro Kubikmeter zu veranschlagen, oder auf ca. 40 Tonnen für eine einstündige Fahrtdauer.

Daraus läßt sich schon erkennen, wie groß bei einer derartigen Anlage totes Gewicht und Raumbeanspruchung sind. Auch geht die beträchtliche Arbeitskraft verloren, die zum Aufpumpen der Preßluftbehälter nötig ist. Diese Gründe allein sind schon ausschlaggebend, auf eine praktische Verwendung dieses Systems Verzicht zu leisten.

Durch Dampf erhitzte Preßluft.

Zu einer weiteren Lösung führt die Möglichkeit, die Preßluft auch noch anders als in der eben beschriebenen Weise zu verwerten. Anstatt zur Unterhaltung der Verbrennung in die Feuerungsanlage kann man sie nämlich direkt in die Zylinder einströmen lassen, wo sie sich dann mit dem Dampf mischt, ihn wieder auf eine hohe Temperatur bringt und so den Verlauf der Expansionskurve dem der Isotherme der Gase nähert.

Um den Ausbau dieses Systems erwarb sich der Zivilingenieur Mefarsky Verdienste, praktisch zur Einführung brachte er es allerdiess nur auf Straßenbahnen mit mechanischem Antrieb. Die Berechnung des Aktionsradius ergibt, daß derselbe bedeutend größer ist als bei dem vorhergehenden System, gleichen Inhalt der Preßluftbehälter vorausgesetzt. Die Kraftleistung des Motors wird jedoch wie die aller übrigen, welche mit Auspuff des Antriebsstoffes arbeiten, in hohem Grade von den Veränderungen des Außendrucks, wie sie der fortwährende Wechsel in der Tiefenlage mit sich bringt, beeinflusst und aus diesem sowie einer Reihe von anderen Gründen ist das System nicht brauchbar.

Preßluft allein.

Unter der Voraussetzung, daß für die gesamte Antriebsanlage wieder 90 Tonnen zur Verfügung stehen, werden von diesen für Maschine, Welle und Schraube etwa 12 in Anspruch genommen. Es bleiben somit 78 Tonnen für Preßluftbehälter, mit anderen Worten, es können 35 Kubikmeter Luft von 100 Atmosphären Spannung an Bord mitgeführt werden. Diese sind — ohne Anwärmung — imstande, das Fahrzeug etwa 2 Stunden lang mit 8 Knoten Geschwindigkeit fortzubewegen, der Aktionsradius beträgt also 16 Seemeilen.

Da man im Anfangsstadium des Baues von Unterwasserfahrzeugen die Anforderungen der Bewohnbarkeit überschätzte und schon mit Rücksicht auf diese Preßluft mitführen zu müssen glaubte, zeigte sich allgemein Vorliebe für ihre Verwendung auch als Antriebsmittel.

Dabei hatten die ersten Erfinder bei der Konstruktion der Luftpumpen und der Luftmotore infolge mangelnder Erfahrung mit großen Schwierigkeiten zu kämpfen und konnten nur mit bescheidenen Leistungen rechnen, die heutzutage gar nichts Besonderes bedeuten.

Ein Nachteil der Preßluft ist der, daß sie bei ihrem Austritt aufsteigenden Blasen die Anwesenheit des Fahrzeugs verraten. Auch ist der Gewichtsunterschied der Preßluftbehälter in leerem und in aufgefülltem Zustand ein ganz erheblicher.

So gut sich die Preßluft auch als Antriebsmittel für Torpedos eignet, bei welchen es nur auf eine möglichst große Kraftleistung für kurze Zeit ankommt, so ist es doch unrichtig, daraus Schlußfolgerungen für ihre Verwendung auf Unterseebooten zu ziehen, weil diese ganz andere Aufgaben erfüllen sollen.

Petroleum, ätherische Öle, Alkohol usw.

Motore, welche mit Explosivgasen arbeiten, beanspruchen im Durchschnitt ein Gewicht von 50 Kilogramm für jede Pferdestärke. Darunter sind nicht etwa ganz besonders leichte Motore mit einbegriffen, wie sie auf Automobilen oder lenkbaren Luftballons zur Verwendung kommen. Letztere gehen im Gewicht pro Pferdestärke bis auf 4—5 Kilogramm herunter (auschl. der Hilfsapparate wie Vergaser und Anzündungsvorrichtung), haben dafür aber auch eine sehr geringe Haltbarkeit.

Um die in unserem Beispiel verlangten 275 Pferdestärken zu liefern, erfordert die Maschinenanlage 275×50 Kilogramm, also nur 13,750 Tonnen, so daß für die Unterbringung von Heizmaterial 67,5 Tonnen verbleiben. Da der Verbrauch pro Pferdestärke und Stunde kaum 500 Gramm beträgt, ergibt sich

für eine Marschgeschwindigkeit von 8 Knoten ein Aktionsradius von etwa 15 000 Seemeilen.

Während jedoch alle vorher besprochenen Motore ohne weiteres zur Verwendung für die Fahrt unter Wasser geeignet sind, bedürfen die mit Explosivgas betriebenen hierzu noch eines besonderen Vorrats an Preßluft (womit sich wieder Schwierigkeiten bezüglich der Platzfrage und des Gewichts einstellen), oder aber der Hinzufügung eines zweiten z. B. elektrischen Motors.

Es ist indessen keineswegs ausgeschlossen, daß dem System, welches mit Petroleum und Zusatz von Preßluft bezw. flüssigem Sauerstoff, — dessen Herstellung ja heute ohne besondere Schwierigkeiten erfolgt, — arbeitet, noch eine Zukunft bevorsteht.

Elektrizität.

Als Idealmotor für Unterwasserfahrzeuge wäre ohne Zweifel der elektrische zu bezeichnen, wenn ihm nicht zwei Mängel anhafteten, deren Beseitigung vorläufig noch nicht gelungen ist. Es sind dies die häufigen Betriebsstörungen der Akkumulatoren sowie ein zu kleiner Aktionsradius und damit ein sehr beschränktes Operationsgebiet des Bootes.

Dem Kommandanten Darrius erschienen die Aussichten aller übrigen Motoranlagen so gering, daß er die Behauptung aufstellte, wenn nicht durch die Elektrizität, so würde den Unterwasserfahrzeugen überhaupt keine Zukunft beschieden sein.

Eine elektrisch betriebene Maschinenanlage hat entschieden ganz außerordentliche Vorteile.

Auf das Gewicht des Bootes und die Lage seines System-Schwerpunktes übt der Zustand der Akkumulatorenatterie, mag sie geladen oder erschöpft sein, nicht den geringsten Einfluß aus.

Die Anwesenheit des Bootes bleibt unbemerkt, da weder Luft noch Gase entweichen.

Der Motor an sich hat die besonders wertvolle Eigenschaft, daß er im Vergleich zu den andern Systemen bei weitem am geräuschlosten arbeitet. Er ist leicht zu bedienen, springt schnell und sicher an und kann von beliebiger Stelle aus in Betrieb gesetzt werden.

Endlich erfordert der elektrische Motor keine Vorbereitungen zum Untertauchen und verdirbt die Luft nicht.

Die meisten, oder eigentlich alle Nachteile, welche diesen Vorzügen gegenüberstehen, fallen den Akkumulatoren zur Last. Diese sind sehr schwer, platzraubend und zerbrechlich. Während des Ladens erfolgt eine sehr unangenehme Ausdünstung von Schwefelwasserstoff, die — wennn auch abgeschwächt — während

der Entladung fort dauert. Die Abnutzung aller zur Verwendung kommenden Systeme ist eine sehr schnelle. Die Säure ist gefährlich. Durch Kurzschluß kann leicht Feuer ausbrechen.

Da die Akkumulatoren bei dem heutigen Stande der Entwicklung der Unterwasserschiffahrt eine bedeutende Rolle spielen, werden wir darauf in einem besonderen Kapitel näher eingehen.

Unter der Voraussetzung, daß für die Anlage zur Fortbewegung insgesamt 80 Tonnen zur Verfügung stehen, können Akkumulatoren im Gewicht von 70 Tonnen Aufnahme finden, da die elektrische Maschine und die Welle mit Schraube nur 10 Tonnen beanspruchen. Ein Akkumulatorgewicht von 1 Tonne entspricht einer Leistung von 17 Pferdestärken-Stunden. Eine Batterie von 70 Tonnen liefert demnach 15 Stunden lang 80 Pferdestärken, womit eine Marschgeschwindigkeit von 8 Seemeilen erreicht wird. Ein Aktionsradius von nur zirka 120 Seemeilen bei ökonomischer Fahrt ist aber entschieden unzureichend.

Petroleum und Elektrizität.

Die Verschiedenheit der Vor- und Nachteile, welche jeder einzelnen der im vorstehenden miteinander verglichenen Maschinenanlagen anhaften, weist von selbst auf einen Mittelweg hin, der sich durch Zusammenstellung zweier Systeme schaffen läßt, welche fehlende günstige Eigenschaften nach Möglichkeit gegenseitig ergänzen. Für die Fortbewegung unter Wasser ist die elektrische Anlage ohne Zweifel die gegebene; die Hauptanforderungen an die zweite sind großer Aktionsradius und Unabhängigkeit des Fahrzeugs bei der Fahrt an der Oberfläche. Hier hat man die Wahl zwischen Petroleum und Dampf.

Erst durch die Einführung solcher gemischter oder doppelter Maschinenanlagen sind die Unterseeboote Hochseefahrzeuge geworden.

Dieser Fortschritt ist von größter Wichtigkeit und eröffnet die günstigsten Aussichten.

Je nachdem mit Rücksicht auf den Verwendungszweck des Fahrzeugs mehr Wert auf den Betrieb mit Petroleum oder mit Elektrizität gelegt wird, läßt sich der Aktionsradius der einen Anlage vergrößern, allerdings auf Kosten des Aktionsradius der anderen.

Für den Betrieb des Petroleummotors allein bedeutet das Vorhandensein einer elektrischen Maschine eine sehr wesentliche Unterstützung und Erleichterung. Viel leichter als mit der Hand läßt sich nämlich der Petroleummotor mit Hilfe der elektrischen Maschine in Gang bringen, deren Anker ihm noch dazu als Schwungrad dient (siehe „Holland Nr. 4“).

Bei einer Anlage, wie sie dieses Boot hat, sitzen auf derselben Welle hintereinander:

Schraube, Anker der elektrischen Maschine, Kuppelungsmuffe, Petroleummotor.

Der letztere ist während der Fahrt mit elektrischem Betrieb ausgekuppelt. Will man mit Petroleum fahren, so wird zunächst der Petroleummotor eingekuppelt, darauf der Strom der Akkumulatorenbatterie in die Dynamomaschine geleitet und durch diese der Petroleummotor in Gang gebracht.

Sodann wird die elektrische Maschine durch einfaches Umschalten abgestellt, nur ihr Anker macht die Drehung der Welle weiter mit und wird so als Schwungrad ausgenutzt. Wenn die Akkumulatoren neu geladen werden müssen, läßt man die Dynamomaschine stromerzeugend arbeiten.

Ohne gleichzeitige Inbetriebnahme der elektrischen Anlage ist ein gutes Manövrieren mit dem Petroleummotor — d. h. sein sicheres Anspringen auf Vor- und Rückwärtsgang — nur dann gewährleistet, wenn man nicht den Motor selbst, sondern nur die Schraubenflügel umsteuert. Die Verstellbarkeit der Flügel bietet außerdem einen Vorteil insofern, als man bei Fahrt mit elektrischem Antriebe durch Uenderung der Schraubensteigung dauernd die gleiche Umdrehungszahl halten kann. Diese braucht also dann nicht der zu entwickelnden Kraftleistung (Fahrtgeschwindigkeit) entsprechend zu- bzw. abzunehmen.

Schließlich spricht zu gunsten der Anwendung von verstellbaren Schraubenflügeln der Umstand, daß man durch Verminderung der Steigung den Wasserwiderstand verringern kann, wenn die Kraft des Petroleummotors dadurch abgeschwächt ist, daß ein oder mehrere Zylinder in Folge mangelhafter Zündung oder Vergasung nicht mitarbeiten.

Mit einem Explosionsmotor läßt sich übrigens nur dann eine regelmäßige Wirkung erzielen, wenn man die Maschine mit mehreren Zylindern konstruiert und zwar so, daß jeder von diesen während zweier Umdrehungen nur einmal Arbeit verrichtet. Es müssen also mindestens vier Zylinder vorhanden sein, in denen der Reihe nach bei jeder Viertel-Umdrehung eine Explosion erfolgt. Vorteilhafter ist natürlich eine Anordnung von 6—8 Kolben, von welchen je 3 bzw. 4 zusammen ein- oder ausgekuppelt werden können, weil auf diese Weise einmal eine Reserve bleibt und anderseits die Kraftleistung besser dem Bedarf entsprechend geregelt werden kann.

Infolge der gewaltigen Fortschritte auf dem Gebiete des Automobilwesens sind heute viele Maschinenfabriken in der Lage, Explosionsmotore von großer Leistungsfähigkeit herzustellen. Ohne weiteres eignen sich diese zum Einbau auf Unterwasser-

fahrzeugen natürlich nicht, dazu bedarf es der Mitwirkung von Marinebaumeistern und =Ingenieuren beim Entwurf der Konstruktionspläne.

Dampf und Elektrizität.

Für die Verwendung von Dampf und Elektrizität nebeneinander bietet die Maschinenanlage des „Narval“ ein praktisches Beispiel. Der für Petroleumheizung eingerichtete Kessel — System Seigle — macht das Fahrzeug von Kraftergänzungsstellen unabhängig und gibt ihm einen ausreichenden Aktionsradius. Die Zwei-Zylinder-Maschine ist an derselben Stelle an die Welle angeschlossen wie bei der vorher besprochenen Anlage, dieser gegenüber hat das „Narval“-System indessen folgende Nachteile:

1. Unter sonst gleichen Verhältnissen wird der Aktionsradius um einen Betrag vermindert, welcher der Herabsetzung des Vorrats an Heizmaterial um das Gewicht des Kessels entspricht.

2. Ferner ist der Aktionsradius noch um weitere zirka 20 Prozent kleiner, weil der Narvalmotor 600 Gramm des Betriebsmaterial pro Pferdestärke und Stunde verbraucht gegenüber 450 bis 500 Gramm, die erforderlich sind, wenn die Verbrennung in den Zylindern selbst erfolgt.

3. Mit dem Vorhandensein eines Schornsteins treten die Schwierigkeiten, welche dessen Verschließen vorm Tauchen bereitet, wieder in die Erscheinung.

4. Die Temperatur im Innern des Boots ist eine sehr hohe; sie bleibt gegen die in den Nordenfeltbooten allerdings erheblich zurück, weil der auf letzteren mitgeführte große Vorrat an überhitztem Wasser fehlt.

Diese Nachteile werden durch den einen Vorzug des Systems, nämlich die Betriebssicherheit seines Dampfmotors, nicht aufgewogen, zumal diese Eigenschaft durch Zuhilfenahme der elektrischen Anlage auch bei dem Petroleummotor gewährleistet ist.

Der Grund dafür, daß die französische Marine überhaupt Dampf und Elektrizität nebeneinander verwendet hat, ist darin zu suchen, daß es zur Zeit der „Narval“-Versuche Explosionsmotore für dickflüssiges Petroleum noch nicht gab. Für die Verwendung von Petroleumdestillaten dagegen war wenig Neigung vorhanden, weil neben der Gefahr, welche die Verwendung solcher Stoffe an und für sich bedeutet, die Konstruktion und Anordnung ihrer Aufnahmebehälter in allen zur Vorlage gelangten Entwürfen sehr mangelhaft waren.

Heute arbeitet die Marineverwaltung schon seit längerer Zeit wieder an dem Ausbau des Systems für Petroleum und Elektrizität und hat hierbei schon bedeutende Fortschritte erzielt.

Schlußfolgerung.

Ein Vergleich der Aktionsradien der verschiedenen Systeme ergibt folgende Zahlen:

Dampf	12 000 sm
Petroleum	15 000 „
Preßluft	16 „
Elektrizität	135 „
Petroleum und Elektrizität . .	11 000 „
Dampf und Elektrizität . . .	7 000 „

Aus dieser Zusammenstellung, sowie aus der Betrachtung, welcher wir im Vorstehenden die Vor- und Nachteile der verschiedenen Systeme unterzogen haben, läßt sich klar ersehen, daß für das Hochsee-Unterseeboot (autonome) der Zukunft nur eine Maschinenanlage in Frage kommen kann, nämlich die mit Doppelantrieb durch Petroleum und Elektrizität.

Die taktischen Versuche haben schon jetzt insofern zu einem Abschluß geführt, als über die Wichtigkeit der Verwendung von Unterseebooten zur Küstenverteidigung kein Zweifel mehr besteht.

Für Fahrzeuge, die einem derartigen Zweck dienen sollen, ist die Größe des Aktionsradius naturgemäß von geringer Bedeutung, für sie genügt daher eine elektrische Maschinenanlage allein vollkommen. Die Vorzüge der elektrischen Motoren an sich und die stetig fortschreitende Verbesserung der Akkumulatoren, welche sich sowohl auf die Kapazität wie auf die Haltbarkeit erstreckt, lassen für die Küstenboote einen Wechsel des schon jetzt eingeführten Systems außerhalb des Bereichs der Wahrscheinlichkeit.

Auszüge aus einem Bericht der Generalinspektion des Schiffbauwesens.

Im Anschluß an die allgemeine Uebersicht über die verschiedenen Systeme von Maschinenanlagen dürften die folgenden Auszüge aus einem vom 8. April 1893 datierten Berichte des Generalinspektors des Schiffbauwesens von Interesse sein, zu welchem die Mißhelligkeiten, die sich bei den Versuchen mit der zweiten Akkumulatoren-Batterie des „Gymnote“ herausgestellt hatten, den Anlaß gaben. Die Bemerkungen werfen ein Streiflicht auf die geschichtliche Seite der Entwicklung, indem sie durchblicken lassen, wie oft die Rollen verkannt worden sind,

welche den verschiedenen Vorrichtungen zur Auffpeicherung von Energie je nach den Umständen zufallen müssen.

.....

„Alle Lehren, die sich aus den angeführten Tatsachen (betreffend die Havarien der „Gymnote“-Akkumulatoren) ziehen lassen, müssen Berücksichtigung finden. Als klar erwiesen ist zunächst anzusehen, daß die Laurent=Cely-Elemente eine viel zu geringe Haltbarkeit besitzen. Die bei den Probefahrten des „Gymnote“ gesammelten Erfahrungen wirken jedenfalls nicht ermutigend, elektrische Akkumulatoren als alleinige Fortbewegungsmittel für Unterseeboote zu gebrauchen (keinesfalls solche des genannten Systems).“

„Die ungünstigen Resultate sind allerdings zum großen Teil auf die übertriebenen Anforderungen des Programms und die Ueberanstrengung der Akkumulatoren bei der Entladung zurückzuführen. Ueber das Auftreten von Wirkungen, welche die Konservierung der Elektroden schädigen, darf man sich nicht wundern, wenn man mit Spannungen arbeitet, die 3 bis 4 mal so hoch sind als bei Landanlagen, und wenn man mit der Dicke der einzelnen Platten sowie den Zwischenräumen, welche diese voneinander bezw. vom Boden der Gefäße trennen, auf die Minimalgrenzen herabgeht.“

„Ich hege deshalb ernste Bedenken für die Haltbarkeit der neuen großen Akkumulatorenbatterie, mit welcher der „Gustav Zede“ ausgerüstet ist, weil ihre Elemente sich von denen des „Gymnote“ — abgesehen von einigen unwesentlichen Verbesserungen — nicht unterscheiden.“

.....

„Da es mit außerordentlichen Schwierigkeiten verbunden ist, an Bord der Unterwasserfahrzeuge eine solche Menge elektrischer Energie unterzubringen, daß Geschwindigkeit und Aktionsradius eine annehmbare — durchaus in bescheidenen Grenzen bleibende — Größe erreichen, da sich ferner das Laden der Akkumulatoren in verschiedener Hinsicht keineswegs einfach gestalten wird, halte ich es für verfrüht, mit der Elektrizität als alleinigem Antriebsmittel für Unterseeboote zu rechnen. Meine Ansicht geht dahin, daß die Bemühungen, auch die anderen Systeme zu vervollkommen, bezw. neue zu erfinden, nicht nachlassen dürfen. Als Grundsatz muß dabei gelten, daß die Fortbewegung der Fahrzeuge in erster Linie an der Oberfläche ohne Inangriffnahme des Energie-Vorrats erfolgen soll. Dagegen muß die Fahrt unter Wasser in ihrer Dauer auf das äußerste beschränkt werden. Für diese ist eine Kraftaufspeicherung erstrebenswert, die eine schnellere Entnahme ge-

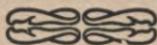
stattet als die Akkumulatoren, etwa Preßluft, überhitztes Wasser u. a. "

Der Bericht des Generalinspektors des Schiffbauwesens gab seinerzeit die erste Anregung zu einem Wettbewerb auf solchen kam es jedoch erst 1896, drei Jahre später. Auffallen muß es, daß 1893 unter den maßgebenden Persönlichkeiten des französischen Marinebaumeisterkorps, welches damals schon in der ganzen Unterseebootsbewegung eine führende Rolle spielte, keineswegs übereinstimmende, ja sogar zum Teil sich direkt widersprechende Ansichten darüber herrschten, welches der verschiedenen Systeme zur Aufspeicherung von Kraft den Vorzug verdiene. Unsere Ausführungen, die heute von keiner Seite Widerspruch finden, dürften zur Genüge erwiesen haben, daß die Geeignetheit der Preßluft hinter der der Elektrizität weit zurücksteht, weil die Luftbehälter zu viel Gewicht und Platz beanspruchen, ganz abgesehen davon, daß bei der Fahrt mit Preßluft die aufsteigenden Blasen die Anwesenheit des Fahrzeugs verraten. Anlaß zu den hier zuerst aufgetretenen irrigen Ansichten haben wohl zu oberflächliche Vergleiche mit dem Torpedo gegeben, wie solche in ganz ähnlicher Weise auch die Anbringung der Tiefenruder beeinflussten.

Am Schlusse des Auszugs aus dem Bericht des Generalinspektors des Schiffbauwesens wird die Verwendung von überhitztem Wasser ins Auge gefaßt, ein System, das ja durch seine Einführung auf den Nordenfeltbooten viel von sich reden gemacht hat, dessen große Nachteile, hohe Temperatur und Verschiebungen des Systemschwerpunktes wir ja aber schon zur Genüge erläutert haben.

Der Grundgedanke des Berichts ist aber jedenfalls richtig, denn er erkennt das Prinzip, die Unterseeboote mit Motoren gemischten Antriebs auszurüsten, als das zweckmäßigste an. Wie sehr sich dieses in der Praxis bewährt hat, zeigen die Erfolge, die in Frankreich mit den Fahrzeugen des „*Narval*“ und in Amerika mit denen des „*Holland*“-Typs erzielt worden sind.

Die Nachteile der Akkumulatoren sind in bezug auf Kapazität und Schnelligkeit beim Laden sowohl wie beim Entladen wern auch nicht gehoben, so doch wesentlich vermindert worden, die Fortschritte in dieser Richtung gehen zum großen Teil Hand in Hand mit den Verbesserungen der Landanlagen. Wie schon erwähnt, werden die elektrischen Akkumulatoren auf den Fahrzeugen, die zu Küstenverteidigungszwecken gebaut sind und dementsprechend keinen so großen Aktionsradius zu besitzen brauchen wie die zur Offensive bestimmten Hochsee-Unterseeboote, schwerlich durch ein anderes System verdrängt werden.



Elektrische Akkumulatoren.

Die Akkumulatoren oder Sekundär-Elemente haben seit ihrer Erfindung durch Gaston Planté im Jahre 1858 zwar eine Reihe von Fortschritten zu verzeichnen, sind aber trotzdem noch recht verbesserungsbedürftig.

Das beste Bild für die geschichtliche Entwicklung und den heutigen Standpunkt der Akkumulatorenfrage gibt eine Betrachtung derjenigen Modelle, welche die französische Marine auf ihren Unterseebooten verwendet hat. Keine andere Marine und kein Privatkonstrukteur hat auch nur annähernd so viele vergleichende Versuche gemacht.

Als am 22. November 1896 der Admiral Aube durch einen Ministerialerlaß den Bau des „Gymnote“ verfügte, entschied man sich zur Verwendung eines ganz neuen Typs von Akkumulatoren, der sich die Zukunft zu erobern versprach, weil damals die Bleiakkumulatoren noch beinahe auf derselben Entwicklungsstufe standen, auf welche sie schon Planté und Faure-Sellon-Boldmar gebracht hatten.

Akkumulatoren von Commelin-Desmazures.

Die Wahl gerade dieses Systems für den „Gymnote“ findet zum Teil ihre Erklärung darin, daß die Füllung der Akkumulatorengefäße aus einer alkalischen Flüssigkeit besteht. Vor der Aufnahme einer großen Menge von Schwefelsäure im Innern des Bootes scheute man nämlich deshalb zurück, weil sich während der Fahrt in bewegter See und während des Tauchmanövers ein Herauspritzen von Flüssigkeit nur sehr unvollkommen vermeiden läßt. Spätere Erfahrungen haben gezeigt, daß man damals die schädlichen Einwirkungen der Schwefelsäure bedeutend überschätzte. Jedenfalls ist in diesen Befürchtungen der Hauptgrund für die Einführung der Commelin-Desmazures-Akkumulatoren zu suchen, weil bei ihnen eine ähnliche Gefahr ausgeschlossen war.

Die Akkumulatoren des „Gymnote“ versagten übrigens bei den ersten Versuchsfahrten vollkommen und blieben dann unbenutzt liegen, was nur bedauert werden kann, da das System an und für sich entschieden brauchbar und gerade zur Verwendung auf Unterseebooten sehr geeignet ist. Der Mißerfolg findet seine Erklärung darin, daß zu der Zeit, als die Akkumulatoren in Toulon eintrafen, dort kein Personal vorhanden war, das sachgemäß mit ihnen umzugehen verstand. Jeder der mit ihrer Obhut betrauten Leute probierten an ihnen herum, ohne die Vorsicht und Sorgfalt zu beobachten, welche für das Funktionieren derartiger Apparate Hauptfordernis sind. Alle Versager und Mängel wurden dann rundweg als Konstruktionsfehler bezeichnet, obwohl sie ohne Zweifel größtenteils dem Bedienungspersonal zur Last gelegt werden mußten.

Daß Apparate, die zum ersten Male versucht werden, nicht gleich tadellos arbeiten und daß sich bei ihnen allerlei Mängel herausstellen, kann keine Verwunderung erregen. So erwies es sich bei den Commelin-Desmazures-Akkumulatoren als notwendig, die aus verzinnem Eisen gefertigten Behälter durch solche aus Hartgummi zu ersetzen. Die zuerst mangelhafte Isolierung der einzelnen Platten untereinander wurde durch Dazwischenlegen von kleinen Hartgummistücken erheblich verbessert. Die Batterie arbeitete daraufhin ohne die vordem aufgetretenen großen Stromverluste im Innern und außerhalb der Akkumulatorengefäße, aber sie war infolge der fehlerhaften Behandlung und ihrer Mängel schon so sehr abgenutzt, daß die nachträglich vorgenommenen Verbesserungen ihre Brauchbarkeit in vollem Umfange nicht wiederherstellen konnten. Trotz der aner kennenswerten Bemühungen seines ersten Kommandanten Baudry-Vacantinerie, blieben die mit dem „Gymnote“ erzielten Resultate in verschiedener Hinsicht so ungünstig, daß das Fahrzeug sich bei der Marineverwaltung keiner besonderen Gunst erfreute und daß seine Akkumulatoren als gänzlich unbrauchbar angesehen wurden und so in Vergessenheit gerieten. Es kann nur bedauert werden, daß nicht eine kapitalkräftige Gesellschaft, die in der Lage gewesen wäre, anfängliche Mißerfolge zu ertragen, ohne dadurch ihre Existenz in Frage zu stellen, sich mit der Vervollkommnung des Systems Commelin-Desmazures befaßt hat.

Der Nachfolger von Baudry-Vacantinerie im Kommando des „Gymnote“, Darius, nahm eingehende Untersuchungen der Akkumulatoren des Fahrzeugs vor und verfaßte mehrere Berichte sowie vergleichende Studien, in welchen er sich für die Einführung des Systems Laurent-Cely aussprach.

Laurent-Cély-Akkumulatoren.

Dieses System hat dieselben Mängel wie alle übrigen Blei-Akkumulatoren. Von geringer Bedeutung sind die schädlichen Einwirkungen der Säure und der Ausdünstungen, schwerwiegend dagegen die schnelle Zerstörung der Positivplatten und ihre damit verbundenen Formveränderungen, durch welche Kurzschluß im Innern der Behälter hervorgerufen wird. Auch ist die Kapazität nur eine geringe.

Immerhin verliefen die Probefahrten des „Gymnote“, nachdem seine Commelin-Desmazures-Akkumulatoren gegen solche von Laurent-Cély ausgewechselt waren, so zufriedenstellend, daß man sich zur Bestellung einer Batterie des letztgenannten Systems für den „Gustave Zede“ entschloß. Die hiermit angestellten Versuche wurden durch einen Unfall unterbrochen, an welchem ein Konstruktionsfehler schuld war. Die Batterie hatte nämlich infolge Verwendung von Klemmschrauben und Draht zur Verbindung der einzelnen Platten nicht weniger als 40 000 Kontaktstellen, deren genaue Kontrolle in der Praxis natürlich undurchführbar war. An Stellen mit schlechtem Kontakt auftretende Funken brachten das in dem oberen Teil der Behälter befindliche Gemisch von Luft und Schwefelwasserstoff zur Explosion und führten damit die Entzündung der Maschinennölschicht herbei, welche über die Behälterflüssigkeit gegossen war, um ein Entweichen von Gasen zu verhindern. Das ausbrechende Feuer konnte schnell gelöscht werden, da sich der „Gustave Zede“ im Arsenal befand, der Vorfall führte jedoch klar vor Augen, in welche Gefahr ein ähnlicher Unfall das Fahrzeug auf hoher See gebracht hätte. Man schritt daraufhin zu einer Verbesserung, die schon vor Beginn der Versuche hätte vorgenommen werden müssen, nämlich dem Ersatz der unzähligen Schraubkontakte durch Lötkontakte. Für das Auswechseln einzelner Platten bedeutete das keineswegs eine Erschwerung, da das Unterbrechen und Wiederherstellen der Lötstellen sich leicht und schnell ausführen läßt.

Unter den Akkumulatoren der Unterseeboote der französischen Marine ist das System Laurent-Cély am stärksten vertreten.

Fulmen-Akkumulatoren.

Mit Akkumulatoren System Fulmen ist der „Marval“ ausgerüstet. Dieselben zeichnen sich durch höhere Kapazität als die Laurent-Cély-Akkumulatoren aus und gestatten eine viel schnellere Entladung als diese, was besonders wertvoll ist. Betreffs der Haltbarkeit der Batterie ermöglichen die bisher gemachten Erfahrungen noch kein abschließendes Urteil.

Jullien-Akkumulatoren.

Die italienische Marine verwendet vorzugsweise Jullien-Akkumulatoren, ein belgisches Fabrikat. Die französische Marineverwaltung stellte durch vergleichende Versuche fest, daß dieses System dem von Laurent-Cely vollkommen gleichwertig sei, sah aber von weiteren Bestellungen im Interesse der heimischen Industrie ab.

Dinin-Akkumulatoren.

Bei einem Wettbewerb, den das Zentral-Laboratorium der Marine zwecks Vervollkommnung der elektrischen Minenzündvorrichtungen ausschrieb, bewährten sich die Akkumulatoren von Dinin weitaus als die besten. Es handelte sich dabei allerdings nur um kleine Elemente.

Allgemeine Vorsichtsmaßregeln, welche beim Aufstellen von Akkumulatorenbatterien in Unterseebooten zu beachten sind.

Da, wie wir schon gesehen haben, in erster Linie Kontaktfehler die Ursache zu Stromverlusten und Störungen geben, bedürfen alle Kontaktstellen einer ganz besonders sorgfältigen Instandhaltung.

Es empfiehlt sich, die Flüssigkeit der Akkumulatorengefäße mit einer Schicht Maschinenöl zu bedecken, weil dieses das Entweichen von Schwefelwasserstoffblasen sehr beschränkt.

Die Akkumulatoren müssen so aufgestellt werden, daß jedes einzelne Element in einer Weise zugänglich bleibt, welche seine dauernde, genaue Kontrolle ermöglicht. Dieser Anforderung ist bisher bei fast keiner Anlage genügend Rechnung getragen worden.

Die einzelnen Platten müssen voneinander durch eine doppelte Asbestschicht und ein Quadrat oder Gitter aus Hartgummi getrennt sein. Eine derartig durchgeführte Isolierung verhindert das Auftreten von Kurzschluß im Innern der Gefäße nahezu vollkommen, sie bringt allerdings den Nachteil mit sich, daß sich der Widerstand innerhalb der Batterie erhöht und damit deren Kapazität um zirka 8 Prozent vermindert wird. Im Interesse des zuverlässigen Arbeitens der Batterie muß dieser Verlust jedoch in Kauf genommen werden.

Beim Einbau der Anlage ist auf eine gute Isolierung der Behälter nach außen hin großes Gewicht zu legen; erhalten bleibt eine solche nur dann, wenn das Bedienungspersonal während des Betriebes alle schädigenden Einflüsse beseitigt.

Nun entstehen, auch wenn alle vorgenannten Maßnahmen einwandfrei durchgeführt sind, infolge der großen Luftfeuchtigkeit,

die sich in den Unterseebooten nur unvollkommen beseitigen läßt, dennoch Stromverluste, deren Größe mit der Zunahme der Arbeitsspannung der Akkumulatoren schnell wächst. Aus diesem Grunde erscheint es nicht ratsam, bei der Schaltung der Batterie über 100 bis 120 Volt hinauszugehen.

Um übersehen zu können, ob die Ladung sich gut und gleichmäßig vollzieht, bedarf es einer häufigen Kontrolle jedes einzelnen Elements, besonders, sobald ein solches schadhaft erscheint, vermitteltst des Voltmeters.

Die näheren Angaben über das Laden und Entladen der Akkumulatoren, ihre Instandhaltung usw. finden sich in den Gebrauchsanweisungen der Konstrukteure.



Propeller.

Auf die Verwendung von Rudern und Segeln, sowie den Reaktionsdruck des Wassers als Mittel zur Fortbewegung von Unterseebooten brauchen wir nicht näher einzugehen, sie gehören einer Zeit an, in der die Entwicklung der Schifffahrt unter Wasser noch in den Kinderschuhen steckte.

Heute finden wir auf allen Fahrzeugen ausschließlich Schrauben, und zwar fast immer Einzelschrauben. Holland hat eins seiner Boote mit drei Schrauben ausgerüstet, ist von diesem System jedoch selbst bald abgekommen, weil sein Nutzen der Kompliziertheit der Anlage zu wenig entsprach.

Die Gründe, welche auf den gewöhnlichen Schiffen zur Einführung mehrerer Schrauben geführt haben, besitzen für Unterwasserfahrzeuge nicht annähernd die gleiche Wichtigkeit. Auch würde für diese das Hinzufügen weiterer Maschinen zu der an und für sich schon hohen Zahl komplizierter und zusammengedrängter Apparate eine sehr unangenehme Betriebserschwerung bedeuten.

Die gewöhnliche Schraube.

Ein Hinweis auf die Literatur des Schiff- und Maschinenbaus erübrigt es, auf die Konstruktion und Wirkung der Schiffschraube näher einzugehen. Erwähnt sei hier nur, daß der Nutzeffekt der Unterseebootschraube infolge der günstigen Hebenformen, die einen freien Zutritt des Wassers von allen Seiten gestatten, ein höherer ist als bei den gewöhnlichen Schiffen. Der Schraubendurchmesser kann beliebig groß gewählt werden, was einen weiteren Faktor für die günstigste Ausnutzung der Arbeitskraft bedeutet.

Zu der Annahme, daß sich in dieser Beziehung große Vorteile erzielen ließen, hatten zunächst theoretische Berechnungen geführt. Die Richtigkeit derselben fand bei den Versuchen, die zuerst mit Torpedos und später auch mit Unterseebooten an gestellt wurden, volle Bestätigung. Bei der französischen Marine

wird heutzutage die Arbeitsleistung der Maschine für die Schraubenwirkung in einer so günstigen Weise ausgenutzt, wie sie die Schiffbaumeister früher gar nicht für möglich gehalten hätten. Was die Fahrtgeschwindigkeit anlangt, so sind die Unterseeboote durchaus nicht schlechter dran, als die gewöhnlichen Fahrzeuge, es ist deshalb auch nicht anzuzweifeln, daß sie ähnliche Fortschritte machen werden, wie wir sie bei den Torpedobooten erlebt haben. Diese Fahrzeuge liefen ja vor noch gar nicht allzulanger Zeit nur 15 Knoten, während sie jetzt über 30 erreichen.

Schraube von Maugas.

Der Marine-Ingenieur Maugas, welcher die Pläne der im Arsenal von Rochefort erbauten Unterseeboote des „Dutin“-Typs entworfen hat, konstruierte eine Schraube mit verstellbaren Flügeln, deren Beschaffenheit ausschließlich der Verwendung für die Unterwasserschiffahrt Rechnung trug.

Mit Hilfe einer deartigen Vorrichtung ist man in der Lage, die Schraubensteigung und damit die Fahrtgeschwindigkeit zu ändern sowie auch von einer Fahrtrichtung in die andere überzugehen, ohne Umdrehungssinn und -Zahl der Maschine zu wechseln. Das Prinzip dieser Anordnung war keineswegs neu und hatte auch schon früher auf Fahrzeugen, die mit einem nur in einem Sinne drehbaren Petroleummotor ausgerüstet waren, Verwendung gefunden. Das Verdienst Maugas liegt denn auch nicht in der Einführung des Systems, sondern in dem besonderen Zweck, den er damit erreichte, nämlich in der Innehaltung der günstigsten Laufgeschwindigkeit der elektrischen Maschine bei den verschiedenen Fahrtgeschwindigkeiten. In der Praxis hat es sich erwiesen, daß man durch Vergrößerung bezw. Verkleinerung der Schraubensteigung die Fahrtgeschwindigkeit regeln kann, ohne die Umdrehungszahl der Maschine zu ändern, so daß diese dauernd der günstigsten Ausnutzung entspricht.

Das System Maugas wird sich sicherlich auf allen Unterseebooten, deren Maschinenanlage für Doppelbetrieb mit Petroleum und Elektrizität eingerichtet ist, vorzüglich bewähren. Außer den Vorteilen, die es für den Gebrauch des elektrischen Motors mit sich bringt, gestattet es ein Manövrieren mit dem Petroleummotor allein und ermöglicht sogar ein Laden der Akkumulatoren während der Fahrt.

Gegen das System kann der Einwand erhoben werden, daß es weniger widerstandsfähig sei, als eine gewöhnliche Schraubenanlage. Dieser Einwand wird hinfällig, sobald der Durchmesser der Welle so groß ist, daß in ihrer Höhlung ein ausreichend starkes Gestänge zum Verstellen der Flügel Platz findet.

Taktik.

Taktische Versuche mit einem Unterseeboot fanden zum ersten Male im Jahre 1890 statt und zwar wurden dieselben von dem „Gymnote“ unter Leitung seines Kommandanten, des Leutnant Vaudry-Lacantinerie, ausgeführt.

Den verschiedenen Uebungen war ein Programm zu grunde gelegt, dessen Aufgaben der Leiter in hervorragender Weise gerecht zu werden verstand. Es handelte sich dabei in der Hauptsache um Angriffe gegen feste und bewegliche Ziele, Durchbrechen einer Blockade, Sichtbarkeit unter Wasser und Verwundbarkeit in allen möglichen Situationen.

Trotz der Unvollkommenheit des „Gymnote“, der ja nur ein Versuchsfahrzeug war, haben diese Uebungen den klaren Beweis dafür geliefert, daß die Unterseeboote, eine gute Torpedo-Armierung vorausgesetzt, im Kriege ganz unschätzbare Dienste leisten werden.

Als Eigenschaft von höchster Wichtigkeit wurde bei den Versuchen festgestellt, daß ein Unterseeboot, auch wenn es an der Oberfläche fährt, so gut wie unsichtbar ist. Am hellen Tage näherte oder entfernte sich der „Gymnote“ in einer Richtung, die bekannt war und somit das Auffinden erleichterte, dem Dampfer, auf welchem sich die Versuchskommission eingeschifft hatte. Dabei ergab sich, daß das an der Oberfläche fahrende Boot bei absolut ruhigem Wetter nur in einem Abstand von höchstens einer Meile auszumachen war. Diese Tatsache dürfte zur Genüge beweisen, welche großartige Ausichten sich den gewöhnlichen Torpedobootten eröffnen müßten, wenn es gelänge, ihre Konstruktion soweit zu vervollkommen, daß ihr Oberdeck mit der Wasseroberfläche abschneidet und die Fortbewegung vermittelst einer Motoranlage ohne Schornstein und ohne Rauchentwicklung erfolgt.

Defensive eines Unterseebootes.

Die Defensive eines Unterseebootes besteht einfach darin, daß es unter der Wasseroberfläche verschwindet und sich auf diese Weise gleichzeitig den Waffen und der Beobachtung des Feindes entzieht.

Ein zeitweiliges Auftauchen zum Zweck der Orientierung ist, selbst wenn es in geringer Entfernung vom Feind erfolgt, nicht mit der geringsten Gefahr verknüpft.

Die Richtigkeit dieser etwas kühn erscheinenden Behauptung ist durch praktische Versuche festgestellt worden. So fand im Jahre 1891 auf dem Artillerieschulschiff „Couronne“ eine Schießübung statt, bei welcher mit vorher eingerichteten Geschützen auf eine in bekannter Entfernung verankerte Scheibe geseuert wurde. Die Scheibe hatte die Abmessungen und Formen des Teils des „Gymnote“, welcher sich über der Wasseroberfläche zeigt, wenn alle Ballastbehälter leer sind. Das Resultat waren nur 8 Prozent Treffer auf eine Entfernung von 1000 Meter.

In Wirklichkeit wird man die Entfernung eines an der Oberfläche fahrenden Unterseebootes nur sehr ungenau schätzen können, aber selbst wenn man sie als bekannt voraussetzt, so genügt doch die Zeit, welche zum Einstellen der Aufsätze und Richten der Geschütze notwendig ist, dem Fahrzeug vollkommen, sich durch Untertauchen der Wirkung der Geschosse zu entziehen.

Die Schießübungen der „Couronne“ haben weiter zu dem nicht minder wichtigen Ergebnis geführt, daß die Geschosse der Kleinkalibrigen Geschütze — nur solche werden überhaupt zum Feuern kommen — gar keine Wirkung haben. Beim Schießen gegen eine Scheibe, welche den nur 10 Zentimeter tief untergetauchten „Gymnote“ darstellte, wurde nämlich kein einziger Treffer erzielt, weil überhaupt kein Geschosß an das Ziel herangelangen konnte. Befand sich dieses in größerer Entfernung, so trafen die Geschosse unter einem zu spitzen Winkel auf das Wasser auf und rickoettierten insollgedessen, war der Abstand nur ganz gering, so explodierten sie beim Aufschlag auf die Wasseroberfläche, ohne die Scheibe zu beschädigen.

Daraus folgt, daß sich ein Unterseeboot in einer Tauchtiefe von nur 10 Zentimetern, in welcher der Sehapparat dauernd gebraucht werden kann, in hinreichender Sicherheit befindet; das Fahrzeug ist also während seiner Verwendung im Gefecht durchaus nicht blind, wohl aber vollkommen unverwundbar.

Offensive eines Unterseebootes. Die Ramme.

Eine Reihe von Erfindern, darunter auch der spanische Kommandant Peral, versprochen sich eine wesentliche Erhöhung der Kampfkraft ihrer Fahrzeuge durch deren Ausrüstung mit

einem Sporn. Ueber den Wert dieser Angriffswaffe für ein Unterseeboot läßt sich schwer ein Urteil bilden, eine Anzahl berechtigter Zweifel lassen ihn von vornherein nicht sehr hoch einschätzen. Jedenfalls hat ein Unterseeboot mit seinem geringen Gesamtgewicht nur dann Aussichten auf einen erfolgreichen Rammstoß, wenn derselbe gegen einen Feind von ähnlichen Dimensionen, etwa ein Torpedoboot oder höchstens einen kleinen Kreuzer ausgeführt wird.

Auch scheint der Gebrauch des Sporns für ein Unterseeboot recht bedenklich in Anbetracht der großen Wahrscheinlichkeit, daß das Fahrzeug beim Rammstoß infolge seines Mangels an Auftrieb leicht von der Bordwand des feindlichen Schiffes ab und unter diesem hindurch gleiten kann, so daß Verletzungen des eigenen Schiffskörpers nur in seltenen Fällen ausbleiben werden.

Eine Beschädigung desselben in Gestalt eines auch noch so unbedeutenden Lecks zieht aber die verhängnisvollsten Folgen für das Unterseeboot nach sich, eben weil sein Auftrieb ein so geringer ist. Aus demselben Grunde läuft ein solches Fahrzeug beim Rammen stets die Gefahr, sich nicht rechtzeitig von dem getroffenen Gegner freimachen zu können und so von diesem mit in die Tiefe hinabgezogen zu werden.

Die Bedenken, welche gegen die Verwendung der Rammauf Unterseebooten sprechen, sind so schwerwiegend, daß es ratsam erscheint, von ihrer Ausrüstung mit diesem Kampfmittel gänzlich abzusehen, zumal dasselbe auf den gewöhnlichen Kriegsfahrzeugen auch nur recht selten zur Anwendung kommt, obwohl hier seine Aussichten unvergleichlich günstiger sind — bei geringerer Gefahr für das eigene Schiff.

Der Stangentorpedo.

Alle vor der Erfindung der Selbstlaustorpedos erbauten Unterseeboote, einschließlich des von Brun und Bourgois, waren mit Stangentorpedos armiert.

Die wenigen, welche von dieser Waffe im Gefecht oder zu Versuchszwecken Gebrauch gemacht haben, wie zum Beispiel Phillip und David, sind das Opfer einer Gefahr geworden, deren Größe sie unbegreiflicherweise gänzlich verkannt zu haben scheinen. Da das Wasser keine Volumensverminderung erduldet, ist es klar, daß im Falle einer Explosion in nächster Nähe eines untergetauchten Unterseeboots der Druck sich auf die Umgebung fortpflanzt, also mit seiner vollen Gewalt auf den Rumpf des Fahrzeugs einwirkt und ihn zusammenpreßt. Für ein gewöhnliches, an der Oberfläche schwimmendes Boot liegt die Sache ganz anders, ein solches bleibt selbst dann ungefährdet, wenn eine Mine in einer Entfernung von nur 5 Metern explodiert,

es wird einfach durch die aufsteigende Wassersäule hochgehoben und fällt dann ohne Beschädigung wieder in seine frühere Lage zurück. Diese Erfahrung ist während des tonkinesischen Krieges zu wiederholten Malen gemacht worden. Sehr groß ist aber auch für ein Unterseeboot die Gefahrzone nicht. Mehrfache Versuche, die zuerst mit Bojenkörpern und dann mit dem „Gymnote“ angestellt wurden, haben ergeben, daß die Explosion von 110 Kilogramm Schießbaumwolle in einem Abstand von 75 Metern keinerlei Wirkung auf das Fahrzeug ausübte. Diese Versuche haben auch bestätigt, daß die Verwendung des Selbstlaustorpedos, der gegebenen und jetzt allein zur Verwendung kommenden Waffe der Unterseeboote, dem Angreifer keinen Schaden zufügt, was beim Gebrauch von Stangentorpedos oder Minen nie hätte erreicht werden können.

Jedenfalls besteht die Armierung der französischen Unterwasserfahrzeuge einschließlich aus Selbstlaustorpedos.

Selbstlaustorpedos.

Die Selbstlaustorpedos, die eigentlich nichts anders als kleine automatisch wirkende Unterseeboote darstellen, haben der Konstruktion dieser Fahrzeuge die Wege geebnet und sich, wie schon erwähnt, als ihre beste Angriffswaffe bewährt. Man darf wohl ohne Uebertreibung sagen, daß ohne sie die Unterwasser-schiffahrt ihren militärischen Wert vollkommen einbüßen würde.

Umgekehrt ist der Torpedo nur dann eine unbedingt sicher wirkende Waffe, wenn er von einem Unterseeboot aus geschossen wird, weil ein solches sich seinem Ziele ungestört so weit nähern kann, daß die Schußentfernung ein Vorbeischießen ausschließt, während ein gewöhnliches Torpedoboot nur ausnahmsweise unter auch nur annähernd ebenso günstigen Verhältnissen zum Angriff an den Gegner herankommen wird.

Die bedeutendsten Torpedokonstrukteure sind Whitehead und Schwarzkopf, von welchen wohl dem ersteren der Vorrang des eigentlichen Erfinders gebührt. Die meisten Marinen haben zwar schon seit Jahren ihre eigenen Torpedowerkstätten, die dort gefertigten Torpedos sind jedoch alle mehr oder weniger Nachahmungen des Whiteheadmodells.

Die Torpedos der französischen Marine haben ein Gewicht von 350 bis 600, und eine Sprengladung bis zu 100 Kilogramm. Die verschiedenen Kaliber, welche zur Einführung gelangt sind, haben eine Größe von 356, 381 und 450 Millimeter, die letztere findet sich bei allen neueren Modellen. Bei einer Schußentfernung von 400 Meter schwankt die Laufgeschwindigkeit der verschiedenen Typs zwischen 28 und 35 Knoten. Der Kessel ist mit Preßluft von 90 Kilogramm

Druck auf den Quadratcentimeter gefüllt, das Maschinengewicht beträgt etwa 500 Gramm pro Pferdestärke.

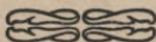
Im allgemeinen werden die Torpedos in Ausstoßrohren gelagert und aus diesen mit Pulver wie ein Geschöß herausgeschossen (System des Kapitän Cariage). Die dazu verwendete Pulvermenge ist so gering, daß der Druck im Rohr 4 Kilogramm nicht übersteigt. Die Ausstoßrohre sind nach hinten zu durch einen Deckel mit Geschwindverschluß abgeschlossen.

Durchbrechen einer Blockade.

Das Durchbrechen einer Blockade ist eine militärische Operation von so hoher Wichtigkeit, daß schon allein im Hinblick hierauf die Zugehörigkeit von Unterseebooten zu dem schwimmenden Bestand einer Flotte gerechtfertigt erscheint.

Im Zukunftskriege werden die Unterseeboote eine Hauptrolle spielen, wenn es gilt, eine Blockadelinie von außen zu durchbrechen, um mit einer zu Wasser und zu Lande belagerten Festung in Nachrichtenverbindung zu treten, oder aber, wenn es darauf ankommt, die Stellung der Blockadeschiffe von innen her zu passieren, um sie überraschend von der Seeseite aus anzugreifen. Eine weitere Aufgabe der Unterseeboote wird es sein, unbemerkt von den Wachtschiffen in einen feindlichen Hafen einzulaufen; dabei bedarf es allerdings großer Vorsicht beim Passieren der Minensperren.

Die mit dem „Gymnote“ 1890 und 1891 angestellten Versuche haben mit ihren glänzenden Resultaten den Beweis erbracht, daß solche und ähnliche Manöver nicht allein möglich sind, sondern daß ihre Ausführung bei weitem geringere Schwierigkeiten bereitet, als man zuerst annahm. Das Programm für die Uebungen des „Gymnote“ stellte recht hohe Anforderungen, doch wurde es in allen Punkten mit absoluter Sicherheit und Genauigkeit durchgeführt. Zur Erweiterung der Erfahrungen dienten zahlreiche Manöver mit dem „Zede“, dem „Morje“ und dem „Marval“, welche Fahrzeuge sich ähnlich und infolge der Fortschritte in der Konstruktion noch besser bewährten als ihr kleinerer Vorgänger.



Verwertung der Unterwasserschiffahrt.

Die Betrachtungen aller vorstehenden Kapitel können trotz ihrer Kürze keinen Zweifel mehr darüber bestehen lassen, daß die Unterseeboote aufgehört haben, ein Problem darzustellen, wenn auch die Zahl der mit den Eigentümlichkeiten ihrer Herstellung vertrauten Schiffskonstruktoren vorläufig noch eine beschränkte ist.

Vom militärischen Standpunkt aus bedarf es keiner weiteren Beweise für den Wert dieser Fahrzeuge, sind doch die bisher erbauten mit wenigen Ausnahmen alle zu Kriegszwecken bestimmt. Es bleibt nur noch die Frage zu erörtern, ob ihre Verwertung sich nicht über die Grenzen dieses Gebiets hinaus erstrecken soll. Ohne allzuweit in die Zukunft blicken zu wollen, scheint es doch gar nicht unwahrscheinlich, daß den Unterwasserfahrzeugen noch in verschiedener Hinsicht große Erfolge bevorstehen, wie sie z. B. bei der Tiefseefischerei und bei der Auffindung und Hebung von Brackteilen erzielt werden könnten.

Die große Geschwindigkeit der Torpedos, die außerordentliche Leistungsfähigkeit, die sie dieser Eigenschaft verdanken, der Umstand ferner, daß schlechtes Wetter nur an der Oberfläche zur Geltung kommt, führen zu der Erwägung, ob der Weg unter Wasser nicht einst für den Schnelldampferverkehr der bequemste und sicherste sein dürfte, zumal die Wahrscheinlichkeit für eine Kollision zwischen Unterseebooten, wie wir an früherer Stelle gesehen haben, eine äußerst geringe ist. Dagegen ist auf den großen Schnelldampfern die Gefahr des Zusammenstoßes eine sehr hohe, weil sie im Nebel ohne Herabminderung ihrer Fahrtgeschwindigkeit weiterlaufen, obwohl sie dabei ebenso blind sind, wie ein Fahrzeug, das unter Wasser fährt.

Die Zukunft der Unterwasserschiffahrt ist jetzt nur noch abhängig von der Weiterentwicklung der Maschine und der Mittel zur Erzeugung sowie zur Aufspeicherung der Antriebskraft.

In dieser Richtung sind schon bedeutende Fortschritte gemacht worden, die Hoffnung, daß die Vervollkommnung der Maschinenanlage jedoch noch lange nicht ihren höchsten Grad erreicht hat, ist durchaus berechtigt.



Verlag der Buchhandlung Robert Cordes, Kiel

Seemacht in der Ostsee

Ihre Einwirkung auf die Geschichte der Ostseeländer im 17. und 18. Jahrhundert.

❖ Von Kirchhoff, Vizeadmiral z. D. ❖

2 Bände, ca. 800 Seiten mit vielen Karten, gebd. Mk. 24.-

Ein großes, grundlegendes geschichtliches Quellenwerk

❖ Marinestation Sandby ❖

Roman aus dem Seeoffiziersleben

❖ Von A. Cramer ❖

Vornehm gebunden Mk. 5.-

Diese äußerst vornehme Schilderung aus dem Leben unserer Seeoffiziere bietet sehr viel Anziehendes und Interessantes

Das Marinejahr

❖ Von Dr. Mizius ❖

Originalband Mark 1.-

Eine prächtige Buchjade über das Marineleben!

2 hochinteressante, spannende Schilderungen!

Die Gefangenen des Meeres. (6 Tage im gesunkenen Unterseeboot.) - Preis broschiert Mk. 3.50, Originalband Mk. 4.50.

Im Luftschiff zum Nordpol. - Broschiert Mk. 2.-, Originalband Mk. 3.-.

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

31822

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Druck von H. H. Nölke, G. m. b. H., Bordesholm i. H.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000298518