

70.

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFFAHRTS-CONGRESSE

X. CONGRESS-MAILAND-1905

II. Abteilung : Seeschifffahrt
2. Frage

Fortschritt in den Mitteln zum Fortbewegen der Schiffe
FOLGEN HINSICHTLICH DER FAHRRINNEN UND HÄFEN

BERICHT

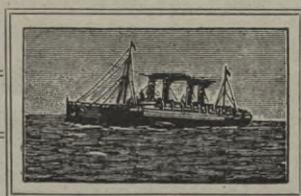
VON

TECHEL und **NARTEN**

Schiffbauingenieur

Regierungs- und Bauarat

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

BUCHDRUCKEREI DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN (GES. M. B. H.)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905



11-354213

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316801

3003-14/2018

Fortschritt in den Mitteln zum Fortbewegen der Schiffe

FOLGEN HINSICHTLICH DER FAHRINNEN UND HÄFEN

BERICHT

VON

TECHEL

Schiffbauingenieur, Neumühlen bei Kiel

UND

NARTEN

Regierungs- und Baurat in Stettin

Bei der Beschränktheit des uns zur Verfügung stehenden Raumes mussten wir es uns, entgegen unserer ursprünglichen Absicht, versagen, auf Einzelheiten einzugehen. Wir haben daher den Schwerpunkt gelegt auf den Vergleich mit den jetzt bestehenden Verhältnissen und auf eine Hervorhebung derjenigen Punkte, die nach unserer Ansicht noch einer Klärung bedürfen. Wir glaubten auch leise Andeutungen eines etwa in der Entstehung begriffenen Fortschrittes nicht unbeachtet lassen zu dürfen, selbst auf die Gefahr hin, dass unsere Ansichten in wesentlichen Punkten durch die spätere Entwicklung sich als irrig erweisen sollten.

Der wachsende Wettbewerb auf allen Gebieten des Handels und Verkehrs hat seit den letzten Jahrzehnten des vergangenen Jahrhunderts auch in der Schiffbautechnik gewaltige Fortschritte gezeitigt, die, soweit sie die Mittel zur Fortbewegung der Schiffe zum Gegenstande haben, nebst ihren Folgen hinsichtlich der Fahrinnen und Häfen auf den nachstehenden Blättern zur Darstellung gebracht worden sind. Aber auch auf die Ausstattung der Häfen, die Gestaltung der Kaianlagen und auf die Umschlagsvorrichtungen haben die stetig zunehmende Grösse der modernen Seedampfer und das wachsende Bedürfnis nach Schnelligkeit der Abfertigung einen bedeutsamen Einfluss ausgeübt, der sich natürlich in erster Linie auf die Vertiefung und Erweiterung der Hafenbecken erstreckte. Zugleich machte sich

im Interesse eines übersichtlichen und intensiven Betriebes die Forderung nach einer Vermehrung der Hebevorrichtungen und nach einer stetigen Erhöhung des Fassungsvermögens der Schuppen geltend, die im Laufe weniger Jahrzehnte eine bedeutende Vergrößerung der Schuppenbreite, oder, wo sich dies mit Rücksicht auf die Ausnutzung des Geländes als untunlich erwies, den Aufbau eines oder mehrerer Geschosse zur Folge hatte. Es sei hier darauf hingewiesen, dass, während vor etwa 25 Jahren noch eingeschossige Schuppen von 20-25 m Breite als völlig genügend erachtet wurden, zur Jetztzeit bei der gewaltigen Zunahme der Schiffsgrößen in einzelnen Häfen, wie z. B. Hamburg, selbst Schuppen von 40 m Breite und etwa 250 m Länge nicht ausreichen und daher zur Herstellung mehrgeschossiger Schuppen geschritten werden musste, um den betreffenden Frachtschiffen auf der korrespondierenden Uferstrecke soviel Schuppenfläche zur Verfügung stellen zu können, als für die völlige Entlöschung des Fahrzeuges erforderlich ist.

Die Kolbendampfmaschine ist, wenn ihr auch schon von der Turbine viel Gebiet streitig gemacht wird, zur Zeit doch noch die herrschende Schiffsmaschine. Während aber vor noch nicht allzuferner Zeit die Landmaschine bezüglich der Oekonomie der Schiffsmaschine wesentlich unterlegen war und alle Neuerungen von der letzteren ausgingen, ist es jetzt umgekehrt. Die Landmaschine ist auf einen hohen Grad der Oekonomie gekommen und die Schiffsmaschine hat sich im Allgemeinen die dazu führenden Konstruktionen nicht zu nutze gemacht. In anderen Punkten ist jedoch eine wesentliche Entwicklung unverkennbar.

Wird zunächst die Grösse in Betracht gezogen, welche bis in die neuste Zeit eine stetige Zunahme erfahren hat, so befinden sich hier nach wie vor die Schnelldampfmaschinen in der vordersten Reihe. Unter ihnen wiederum steht an erster Stelle die Maschinenanlage des Schnelldampfers « Kaiser Wilhelm II » mit 44000 PS i in 2 Maschinen (s. Fig. 7, auf der die Hauptdimensionen angegeben sind). Unter den Kriegsschiffsmaschinenanlagen kommen die des französischen Kreuzers « Edgar-Quinet » mit 40000 PS i und die der neuesten englischen Panzerkreuzer der obigen Schnelldampfmaschine am nächsten.

Bei der Konstruktion fast aller neueren Schnelldampf- und sonstigen grösseren Maschinen ist auf die Ausbalancierung, besonders nach dem Schlickschen System, Rücksicht genommen, und man kann wohl mit Recht sagen, dass die Kenntnis der die Ausbalancierung bedingenden Faktoren einen wesentlichen

Schritt in der Entwicklung der Kolbenmaschine bedeutet, wenn es auch jedenfalls zu weit gegangen ist, zu behaupten, dass man überhaupt nur auf Grund der Kenntniss der die Ausbalancierung bedingenden Faktoren in stande gewesen sei, die modernen grossen Maschinen zu bauen. Gegen diese letztere Anschauung spricht doch z. B. zu sehr die Tatsache, dass die deutsche Marine nach Versuchen mit nach verschiedenen Systemen ausbalancierten Vierkurbelmaschinen, jetzt, ohne dafür grosse Nachteile in den Kauf zu nehmen, im Allgemeinen zur einfachen ohne jede Ausbalancierung gebauten Dreifachverbundmaschine mit 3 um 120° versetzten Kurbeln zurückgekehrt ist. Auch die amerikanische Marine zeigt sich dem Schlickschen System abgeneigt und baut einfache Vierkurbelmaschinen mit Kurbeln in Kreuzstellung. Feinere Untersuchungen haben auch gezeigt, dass die Schlicksche Ausbalancierung keineswegs vollkommen ist und das insbesondere die sogenannten Kräfte und Momente höherer Ordnung, die Propellerwirkung, u. s. w., einen wesentlichen Einfluss auf die Entstehung der Schiffsschwingungen haben können.

Als praktisches Ergebnis der im Zusammenhang mit der Ausbalancierung angestellten Untersuchungen über das Schraubendrehmoment — insbesondere ist dies von den Untersuchungen Frahms zu sagen — ist noch anzuführen, dass sich als Ursache der in den letzten Jahrzehnten so häufigen Wellenbrüche Torsionsschwingungen der Wellenleitung ergeben haben.

Sowohl bei der Handelsmarine, wie bei der Kriegsmarine scheint seit den letzten Jahren die Tendenz, von einer weiteren Steigerung der Kolbengeschwindigkeiten und der Tourenzahlen abzusehen, immermehr an Boden zu gewinnen. Es schliesst dies aber nicht aus im Kriegsschiffsmaschinenbau feststellen, da die in Betracht kommenden Grössen in dem gleichen Umfange für Handelsschiffe nicht erhältlich sind. Die grössten ebengenannten Werte weist, nachdem England hierin besonders in seinen Bauten für das Ausland sehr weit gegangen ist, immer noch die englische Marine auf, doch dürften auch in England die neuen vor noch nicht langer Zeit erlassenen Probefahrtvorschriften hierin eine wesentliche Herabsetzung bewirken. Eine Ausnahme bilden natürlich die Torpedobootmaschinen, die nach wie vor mit allen Mitteln die grösste Leistung bei dem kleinsten Gewichte erstreben müssen. Zu erwähnen ist hier, dass Yarrow in die Marine die Bauart der gekapselten Maschine, deren Vorteile bekannt sind, als Hauptmaschine, wie es scheint, mit Erfolg, eingeführt hat.

Eine erhebliche Verbesserung der Schiffsmaschine selbst in der Richtung einer Erhöhung der Oekonomie, dürfte auf der jetzigen Konstruktions-Grundlage nicht mehr erfolgen können. Allerdings beweisen vereinzelte erfolgreiche Versuche — wir erwähnen den noch zu beschreibenden Versuch mit den Dampfmaschinen « Inchdune » und « Inchmarlo », dass durch Erhöhung des Druckes und Ausbildung der Maschine als Vierfachverbundmaschine noch etwas zu erreichen ist, es dürfte dabei aber, um wesentliche Erfolge, u. a. auch gegen die Konkurrenz der Turbinen, zu erzielen, die Einführung vollkommenerer Steuerungen nicht zu umgehen sein. Vorschläge hierzu sind z. B. von Freytag in *Dinglers Journal* und von Hartmann gemacht worden, Ausführungen fehlen aber bis jetzt.

Die Ueberhitzung ist in einigen Fällen verwendet worden, ohne indessen der ganzen Maschine ein deutlich hervortretendes Konstruktionsmerkmal zu verleihen. Der Flussdampfschiffbau ist in dieser Beziehung jedenfalls weiter fortgeschritten als der Seedampfschiffbau.

In Einzelheiten ist zur Erhöhung der Betriebssicherheit viel geschehen. Als solche Fortschritte sind z. B. zu nennen: Der Ersatz der kupfernen Dampfleitungen für hohen Druck durch stählerne, die Einführung des Nickelstahls für hoch beanspruchte Teile, der Schutz der Schraubenwellen gegen Anrosten, besonders an den Stellen, an denen die Bronzebekleidungen aufhören, durch Hartgummiüberzug oder indem man die Wellen bis zu ihrem Austritt aus dem Schiff in Oel laufen lässt — Cedervalls Schutzhülse — der Ersatz von Gusseisen durch Stahlguss, u. s. w.

Im Kesselbau ist die erfinderische und konstruktive Tätigkeit der Ingenieure eine sehr lebhafte gewesen, und zwar gilt dies, da der schottische Kessel, abgesehen von Verbesserungen in der Detailkonstruktion, im wesentlichen derselbe geblieben ist, hauptsächlich von dem Gebiete des Wasserrohrkesselbaues. So kann man heute feststellen, dass auf Kriegsschiffen, von Ausnahmen wie den bei Ansaldo gebauten Schiffen « Nishin » und « Kasuga » abgesehen, fast nur noch Wasserrohrkessel eingebaut werden, während auf Handelsschiffen der Cylinderkessel noch immer die Führerschaft behauptet und Wasserrohrkessel nur in sehr wenigen Fällen zur Anwendung gelangen.

Welchem der vielen erprobten und auch eingeführten Systeme der Preis zuerkannt werden muss, ob überhaupt ein System Aussicht hat, das herrschende zu werden, kann hier nicht untersucht werden. Im Allgemeinen scheint sich für

grössere Schiffe eins der weitrohrigen Systeme Belleville, Niclause, Babcock und Wilcox, u. s. w., für kleinere Schiffe der engrohrige Kessel von Schulz-Thornycroft, Normand, Yarrow und anderen einzubürgern. Doch sind in vielen Fällen Kessel der letzteren Type mit gutem Erfolge auch auf grösseren Schiffen eingebaut worden. Zu gleicher Zeit sind auch Kesselsysteme in der Bauart der engrohrigen Kessel mit weiten Rohren entstanden. Bei der deutschen Marine ist man auf den kleinen Fahrzeugen, kleinen Kreuzern, Kanonenbooten und Torpedobooten mit alleiniger Ausnahme der « Gazelle », auf welcher Niclaussekessel eingebaut wurden, sofort mit der Einführung von engrohrigen Wasserrohrkesseln vorgegangen, während auf den grossen Kreuzern mit weitrohrigen Wasserrohrkesseln, auf den Linienschiffen mit gemischten, aus Cylinderkesseln und Wasserrohrkesseln der engrohrigen Type bestehenden Kesselanlagen Versuche angestellt wurden. Jetzt verwendet man auf allen Schiffen, die neu konstruiert werden, nur Wasserrohrkessel engrohrigen Typs. Die diesen ursprünglich anhaftenden Fehler hat man im Laufe der Jahre grösstenteils zu beseitigen gewusst. Aus dem Vorgehen der deutschen Marine darf nicht geschlossen werden, dass die weitrohrigen Wasserrohrkessel den an ein Kriegsschiff zu stellenden Anforderungen nicht zu genügen imstande sind, denn aus den Erfahrungen des letzten Krieges scheint man schon die Lehre ziehen zu können, dass diese Kessel den Dauerdienst besser auszuhalten vermögen, als die Cylinderkessel. Wie sehr man vermeiden muss, ohne längere Erfahrungen über neue Konstruktionen ein Urteil zu fällen, zeigt sich bei dem englischen Kreuzer « Terrible », der vor einigen Jahren mit Belleville-Kesseln so schlechte Leistungen erzielte, dass man schon dieses und andere mit den gleichen Kesseln ausgerüstete Schiffe für vollkommen unbrauchbar bezeichnete, während heute dieselben Kessel auf demselben Schiffe auf einer Reise nach Ostasien und von da zurück nach England sehr gute Ergebnisse erzielten.

Dass man verhältnismässig so schnell imstande gewesen ist, den Wasserrohrkesseln den ihnen gebührenden Platz anzuweisen, verdankt man dem planmässigen Vorgehen der einzelnen Marinen, die Versuchsfahrten von Schiffen gleicher Klasse, die mit verschiedenen Kesseln ausgerüstet waren, anstellten.

Die in den Berichten des englischen Kessel-Ausschusses beschriebenen Versuche bilden eine Fundgrube von wichtigen Daten, nicht nur über die untersuchten Kessel, sondern auch über andere Einzelheiten der Maschinenanlagen. Diese Berich-

te findet man z. B. im «*Engineering*», Konstruktionseinzelheiten von Wasserrohrkesseln u. a. im «*Schiffbau*».

Man hat versucht, die Wasserrohrkessel mit den Cylinderkesseln zu kombinieren, um die Vorteile beider Systeme zu vereinigen. Dies hat zuerst Soliani, Chefkonstrukteur des italienischen Marine, vorgeschlagen, ob aber dieser Vorschlag je zur Ausführung gekommen ist, entzieht sich unserer Kenntnis. Eine solche Konstruktion ist auch die von Schütte empfohlene und mehrfach ausgeführte.

Einen Versuch, durch Ausnutzung aller vorhandenen Mittel die Oekonomie der Schiffsdampfmaschinen wesentlich zu erhöhen, stellen die Maschinenanlagen auf den Dampfern «*Inchdune*» «*nd*» «*Inchmarlo*» der «*Inch*»-Linie dar. Da die Erfolge mit diesen Anlagen nach den Veröffentlichungen ganz vorzügliche waren, so dürfte eine kurze Beschreibung derselben und einige Angaben über die mit ihnen erzielten Resultate hier am Platze sein.

Die Dampfer sind gewöhnliche Frachtdampfer mit einer Schraube und haben eine Länge von 109,75m, eine Breite von 14,63 m und eine Grösse von ca. 4080 Bruttoregistertonnen. Die Maschine ist als Fünfkurbel-Vierfachverbundmaschine gebaut und hat bei einem Hub von 1067 mm je 1 Cylinder von 432, 610, 864 und 2 Niederdruckcylinder von 1067 mm Durchmesser, so dass das Cylinderverhältnis von Hochdruck zu Niederdruck 1 : 12,2 ist. Alle Cylinder haben Cylindereinsätze und sind mit Ausnahme der Hochdruckcylinder mit Mantel-, Decken- und Bodenheizung versehen. Die Schieber sind mit Ausnahme des Hochdruckschiebers, der als Kohlenschieber ausgeführt ist, sämtlich Flachschieber.

Den Dampf liefern zwei Einenderkessel von 3,96 m Durchmesser und 3,05 m Länge, die auf den Probefahrten ohne besondere Austrengung 1600 P.S., zu leisten imstande waren. Forcierter Zug ist nach dem bekannten System von Ellis und Eaves vorgesehen. Im Rauchfange sind im unteren Teile die Dampfüberhitzer, im oberen die Rohrsysteme für die Vorwärmung der zu den Feuerungen strömenden Luft eingebaut. Die Rohre für die Dampfüberhitzung und für die Luftvorwärmung stehen annähernd vertikal; Dampfüberhitzer und Luftvorwärmer arbeiten beide nach dem Gegenstromprinzip. Zwei hintereinander angeordnete Speisewasservorwärmer erhitzen das Kesselspeisewasser auf eine Temperatur von 188°, bevor es in die Kessel tritt. Gute Isolierung der Kessel und Cylinder und die Anordnung von sicher wirkenden Kondenswasserableitungen,

u. s. w., beschränken die Nebenverluste auf ein Minimum. Auf der Probefahrt betrug der Kohlenverbrauch nur 0,435 kg für die PS i-Stunde, ein Resultat, wie es bisher noch nicht erreicht worden ist. Der Kesseldruck belief sich auf 18,8 kg/cm², die Dampftemperatur beim Verlassen des Ueberhitzers auf 243°; die Rauchgase verliessen die Heizröhren des Luftvorwärmers mit ca. 207°, also mit einer Temperatur, die wesentlich unter der Dampftemperatur lag.

Weitere Einzelheiten sind im « *Engineering* » von 1901 veröffentlicht.

Da weder die Ueberhitzung eine sehr hohe war, noch auch die sonstigen baulichen Mittel als abnorm bezeichnet werden können, so ermutigen die guten Ergebnisse der Probefahrt, wenn sie auch im Dauerbetriebe nicht erreicht werden dürften, zur Ausführung ähnlicher Konstruktionen.

Die im obigen erwähnte hochgradige Erhitzung des Speisewassers wird auch seit langen von Normand und von dem durch die Konstruktion von sehr schnellen Dampfyachten bekannten amerikanischen Ingenieur Mosher in dem Bestreben, die Oekonomie der Maschine zu erhöhen und damit das Kesselgewicht und so zugleich das der Gesamtmaschinenanlage herabzusetzen, angewendet. Der Letztgenannte heizt ausserdem den Dampf in den Aufnehmern durch in diesen eingebaute Röhrensysteme. Mit diesen Mitteln sollen auf dem « Arrow » 4.000 PS i bei einem Gesamtgewicht der Maschinenanlage von nur 32,3 t erreicht worden sein.

Im Allgemeinen ist, von den oben erwähnten Fällen abgesehen, weder im Handelsschiffs- noch im Kriegsschiffsmaschinenbau ein Streben nach hoher Oekonomie, soweit es wenigstens eine durchgreifende Benutzung aller in Betracht kommenden Mittel betrifft, erkennbar.

Einen ungeheuren prinzipiellen Fortschritt bedeutet dagegen die in grossem Massstabe beginnende Verwendung der Dampfturbine als neuen Antriebsmotors für die Schiffsschraube. Die Versuche, die Dampfturbine als Schiffsmaschine einzuführen, datieren nicht erst aus der allerneuesten Zeit. Während man sie aber bis vor wenigen Jahren nur bei ganz besonders schnelllaufenden Schiffen der Kriegsmarine, wie Torpedobootszerstörern, und schnellen Revierdampfern der Handelsmarine, Schiffstypen, bei denen es nicht auf die allergrösste Oekonomie ankommt, mit gutem Erfolg erprobt hat, beginnt man seit kurzem, sie auch auf grossen transatlantischen Dampfern und bei

grösseren Schiffen der Kriegsmarine zu verwenden. Die englische Kriegs- und Handelsmarine ist hierin, wie es ja auch natürlich ist, da es sich bisher fast nur um die Parsonsturbine gehandelt hat, den anderen Marinen vorangegangen und erste hat durch die in seltener Vollständigkeit veröffentlichten Probefahrten der kleinen Kreuzer « Amethyst », « Sapphire », « Diamond » und « Topaze », von denen der erste durch Turbinen, die anderen drei durch Kolbendampfmaschinen getrieben werden, den Beweis geliefert, dass eine Turbinenanlage tatsächlich wesentliche Vorteile gegenüber der Kolbenmaschinenanlage hat, nämlich :

1. Geringeres Gewicht für gleiche Leistung ;
2. Geringere Raumbeanspruchung für gleiche Leistung ;
3. Geringeren Kohlenverbrauch für gleiche Leistung ;
4. Höhere Betriebssicherheit bei geringerer Wartung.

Was die einzelnen obenstehenden Punkte betrifft, so waren bei dem Kreuzer « Amethyst » die unter 1 und 2 aufgeführten Ersparnisse zur Erhöhung der Leistung ausgenutzt, während bei Punkt 3 allerdings zu erwähnen ist, dass Vorteile im Kohlenverbrauche sich erst bei Geschwindigkeiten über 14 Knoten zeigten. Bei 22 Knoten betrug derselbe nur ca. 67 % des Kohlenverbrauchs des « Sapphire » bei gleicher Geschwindigkeit. Der Aktionsradius bei 10 Knoten war allerdings bei dem « Amethyst » wesentlich — ca. 22 % — geringer als bei « Topaze », doch lag dies zum grossen Teile daran, dass der Auspuff der Hilfsmaschinen auf dem « Amethyst » direkt in den Kondensator statt in den Aufnehmer des Niederdruckscylinders, wie auf den anderen Schiffen, geleitet wurde.

Wenn auch im Allgemeinen die Disposition der Turbinenanlage auf dem « Amethyst » als bekannt vorausgesetzt werden kann (vgl. « *Engineering* » vom 18/11/1904), so sei doch im nachstehenden des Zusammenhanges wegen eine kurze Beschreibung der Anlage nebst den Hauptdaten des Schiffes gegeben.

1. *Schiff* : Länge 109,73 m, Breite 12,19 m, Tiefgang 4,82 m, Displacement ca. 3050 t.

2. *Kesselanlage* : Yarrowkessel von 2412 m² Heizfläche.

3. *Maschinenanlage* : 3 Schraubenwellen mit je einer Schraube, von denen die Backbordwelle eine Hochdruckmarschturbine, die Steuerbordwelle eine Mitteldruckmarschturbine und jede dieser beiden Wellen ausserdem eine Niederdruckhauptturbine und eine Rückwärtsturbine treiben, während die mittlere Schraubenwelle von einer Hochdruckhauptturbine getrieben wird, die aber auch als Mitteldruck- oder Niederdruck-

marschturbine arbeiten kann. Bei Geschwindigkeiten unter 14 Knoten geht der Dampf durch die H. D. Marschturbine, dann durch die M. D. Marschturbine, dann durch die auf der mittleren Welle sitzende Hauptturbine und schliesslich durch die beiden Hauptniederdruckturbinen zu den Kondensatoren. Bei 18 Knoten schaltet man die H. D. Marschturbine und bei voller Fahrt H. D. und M. D. Marschturbine aus. Diese Verhältnisse sind schematisch in den Figuren 1, 2 und 3 der Tafel angedeutet. Eine vergleichende Darstellung des Wasserverbrauchs bei den verschiedenen Geschwindigkeiten und der Aktionsradien ist in der Figur 4 für « Amethyst » und « Topaze » gegeben.

Das Gewicht der gesamten Maschinenanlage auf den Kolbenmaschinenschiffen war, bezogen auf die Maximalleistung, ca. 45 % höher als auf dem Turbinenschiffe.

Es ist sehr zu bedauern, dass bei den Versuchen nicht auch die effektiven Leistungen der zu vergleichenden Maschinenanlagen gemessen sind, wie dies mit dem Föttinger'schen Torsionsindikator in sehr zuverlässiger Weise möglich gewesen wäre. Man hätte nämlich auf diese Art ganz ausserordentlich interessante Aufschlüsse betreffs der Schraubenwirkungsgrade erhalten können. Der Föttinger'sche Apparat ist in dem *Jahrbuche der Schiffbautechnischen Gesellschaft* von 1905 näher beschrieben. Nach den von Herrn Föttinger gelegentlich seines letzten Vortrages in der Schiffbautechnischen Gesellschaft zu Berlin im Jahre 1904 gemachten Andeutungen darf man wohl erwarten, dass die deutsche Marine die Messungen der effektiven Maschinenleistung bei ihren Turbinenschiffen durchführen und so die oben erwähnten wissenschaftlich und technisch interessanten Aufschlüsse erhalten wird.

Erwähnenswert ist doch, dass die Versuche mit dem « Amethyst » die Möglichkeit ergeben haben, von Volldampf vorwärts in 20 Sekunden zu stoppen.

Die sonst noch ausgeführten Versuche mit Dampfturbinen haben in der Kriegsmarine zur Zeit der Abfassung dieses Artikels nur an Torpedobooten stattgefunden und liefern im Wesentlichen nur eine Bestätigung der bei den oben etwas genauer beschriebenen Versuchen erhaltenen Resultate.

Auch die Handelsmarine hat, nachdem die Versuche mit Dampfern für kurze Fahrt ein in jeder Hinsicht günstiges Resultat ergeben haben, ihre frühere Zurückhaltung den Turbinen gegenüber aufgegeben und den kühnen Versuch gemacht, die grössten im Bau befindlichen Schiffe, die neuen Cunardschneldampfer, mit Dampfturbinen auszurüsten, nachdem schon der

Dampfer « Victorian » der Allanlinie als erster transatlantischer Dampfer mit Turbinen von 11000 PS, für 17 Knoten versehen worden war. Die Turbinen des Cunarddampfers sind besonders insofern von grossem Interesse, als man mit ihnen bei einer Gesamtleistung von 70000 PS in dem Vernehmen nach mit nur 160 Umdrehungen arbeiten will, einer Umdrehungszahl, die zwar für einen grossen Schnelldampfer immer noch ziemlich hoch ist, aber doch schon in Anbetracht der Schiffsgeschwindigkeit von 25 Knoten eine rationelle Schraubenkonstruktion ermöglichen dürfte.

Ein Versuch, der ebenfalls bei Abfassung dieses Artikels noch im Anfangsstadium steht, nämlich auf kleineren und vergleichsweise langsamen Schiffen die Dampfturbine einzuführen, wird von den Howaldtswerken in Kiel gemacht und zwar nicht mit der Parsons- sondern mit der Zölly-Turbine. Es handelt sich um ein Schiff von 59,9 m Länge und ca. 600 t Displacement, das ca. 14 Knoten laufen soll. Sollte dieser Versuch glücken, so dürfte damit ein grosser Schritt zur Erweiterung des Anwendungsgebietes der Dampfturbine getan sein.

Man darf sich nicht verhehlen, dass Turbine und Schraube sich aneinander anpassen müssen, und das wird gerade bei Schiffen, wie langsam fahrenden Frachtdampfern, Schleppern, u. s. w., noch viele Schwierigkeiten bereiten, ganz abgesehen davon, dass die Turbine vorläufig für Leistungen unter 1000 PS nicht geeignet ist.

Wir haben im obigen vielfach die Schraubenfrage gestreift und verschiedentlich die grossen Schwierigkeiten betont, die daraus entstehen, dass die Turbine im Allgemeinen höhere Tourenzahlen bedingt, als sie mit Schrauben bisher rationell ausgenutzt werden und dass diese Schwierigkeiten um so grösser sind, je kleiner die Leistungen der Turbine und die Geschwindigkeit des Schiffes sind. Soll z. B. eine einzelne Schraube, die bei 350 Touren ca. 3000 PS überträgt, durch Schrauben, die mit 1200 Touren umlaufen, ersetzt werden und behält man das Verhältnis von Steigung zu Durchmesser, wie die Einzelschraube es hatte, bei und wünscht ungefähr denselben Slip, so hätte man den Durchmesser im Verhältnis $\frac{350}{1200}$ zu verkleinern und zugleich $\left(\frac{1200}{350}\right)^2 =$ ca. 12 mal so viel Schrauben zu nehmen, wenn man dasselbe Verhältnis von Flügelfläche zur Schraubenkreisfläche haben will. Eine solche Vergrösserung der Schraubenzahl ist natürlich untunlich und man muss in irgend einer

Weise von den bisher als günstigst erprobten Verhältnissen abweichen. Glücklicherweise kann man das in ziemlich beträchtlicher Masse tun, ohne den Wirkungsgrad der Schraube allzusehr herabzusetzen. Trotzdem sind die Schwierigkeiten aber sehr grosse und es bedurfte z. B. langen Experimentierens, ehe man von den 9 Schrauben der «Turbinia» auf die jetzt üblichen 3 heruntergekommen ist. So ist es auch erklärlich, dass die Konstrukteure bis jetzt so wenig von ihren teuer erworbenen Erfahrungen preisgegeben haben.

Als besonders anerkennenswert ist daher eine Veröffentlichung von Taylor über eine Reihe sehr schöner Versuche mit Modellschrauben zu bezeichnen, die im Schleppbassin der amerikanischen Marine zur Ausführung gelangten und unter anderm auch eine grosse Anzahl solcher Schrauben umfassten, welche zur Verwendung bei Turbinendampfern geeignet sind.

Diese Versuche scheinen die von uns vertretene Ansicht zu bestätigen, dass bei den jetzt ausgeführten Turbinenschiffen vielfach der schlechtere Nutzeffekt der raschlaufenden Schrauben durch den besseren der Turbinen verdeckt wird, so dass die Praxis, um die Gesamttökonomie zu erhöhen, das grösste Interesse hat, die schnelllaufenden Schrauben, angesichts der Vorteile, die die schnelllaufenden Turbinen gegenüber den langsam laufenden bieten, zu verbessern.

Auch in der Werkstättenausführung der Schrauben machen sich jetzt Fortschritte bemerkbar. Während man noch vielfach roh gegossene Schrauben aus Gusseisen oder Stahlguss verwendet, gewinnt die bronzene oder stählerne geschmiedete, sorgfältig geglättete Schraube, deren Flügel nach Aufmass genau mit einander in Uebereinstimmung gebracht werden, immer mehr an Boden. Man geht sogar in den ersten Werkstätten dazu über, die Schraube maschinell genau zu bearbeiten, wie das seit einiger Zeit mit dem besten Erfolge der Stettiner Vulkan mit den Schrauben seiner Schnelldampfer und sonstigen erstklassigen Schiffe tut. Dies gilt bisher nur für die eine Seite der Flügel, man dürfte aber binnen kurzem dazu übergehen, auch die Rückseiten der Schrauben, eventl. mit Kopiermaschinen, zu bearbeiten, sodass die Flügel vollkommen gleich werden, was vielleicht mit Rücksicht auf die Vibrationen wichtiger ist, als die Uebereinstimmung der Flügel mit der Werkstattzeichnung. Die Erkenntnis, dass $1/10$ Knoten, der so gewonnen wird, in kurzer Zeit die Mehrkosten bezahlt macht, wird sich immer mehr verbreiten und eine einfach ohne Nacharbeit ausgeführte Schraube schliesslich nur noch da angewendet werden, wo sie

tatsächlich am Platze ist, nämlich bei Schiffen, bei denen man mit häufigem Ersatz der Flügel oder ganzen Schrauben rechnen muss.

Da die Turbinenschiffe bezüglich ihrer Schrauben von allen Schiffen die grössten Schwierigkeiten bieten, so dürfte die nachstehende Tabelle über Schraubenpropeller für Turbinenschiffe nicht ohne Interesse sein.

NAME DES SCHIFFES	Länge	Breite	Displacement	SCHRAUBEN			Schiffsgeschwindigkeit in Knoten	PS i (*)
				Durchmesser	Steigung	Umdrehungen i. d. Min.		
Turbinia . .	m 30,50	m 2,75	t 45,20	m/m 3 × 3 à 457	m/m 610	2,230	32,76	ca 2,100
Turbinia . .	30,50	2,75	45,20	3 à 711	711	ca 1,450	ca 27,00	—
Brighton . .	85,95	10,36	—	2 à 1,713 2 à 1,675	ca 1,780 1,825	600 520	21,50	ca 7,000
Viper . . .	64,00	6,40	376	4 × 2 à 1,016	—	1,050	34,75	ca 11,000
Französi- sches Torpe- doboot mit Rateau-Tur- binen u. ei- ner Kolben- masschine .	46,48	4,65	140	1 à 1,067 1 à 711 1 à 813 1 à 711 1 à 864	1676 711 und 813 762 und 864	576 1,258 1,307	26,39	—
Französi- sches Ver- suchs Tor- pedoboot .	39,50	4,25	92	2 × 3 à 600	500	1,774	21,26	—
Amethyst . .	109,73	12,19	3,048	1 à 2,030 2 × 1 à 2,030	2,000 1,750	449,4 484 und 499	23,63	ca 14,000

Abgesehen von der Grösse und den sonstigen Verhältnissen der Schrauben verdient auch die Lage der Propellerwellen zur Horizontalen bei den Turbinenschiffen die sorgfältigste Berücksichtigung.

Die von Rateau gelegentlich seines letzten Vortrages vor der *Institution of Naval Architects* im Jahre 1904 erhobene Forderung, dass die Wellen möglichst horizontal liegen müssen, kann wohl noch besser so ausgesprochen werden: Um das Maximum an Propulsionswirkung auszuüben, müssen die Schrauben sämtliche Stromfäden, in denen sie arbeiten, möglichst unter

(*) Die PS i sind die PS i der entsprechenden Kolbenmasschinenschiffes.

demselben Winkel treffen. Denn der Grund für eine möglichst horizontale Lage der Welle ist nicht in dem Verlust zu suchen, der dadurch entsteht, dass der Schraubenwellenschub nicht in der Richtung der Fortbewegung des Schiffes liegt, — der \cos dieses Winkels liegt immer sehr nahe an 1, — sondern in dem Umstand, dass es für die Schraube nicht von Vorteil ist, wenn der Eintrittswinkel eines Schraubenflügels im Laufe der Umdrehungen stets wechselt. Man kommt, um der oben aufgestellten Forderung gerecht zu werden, bei den gebräuchlichen Schiffsformen und der üblichen Lage der Schrauben zu einer nach vorne divergierenden, nach hinten ansteigenden Lage der Schraubenwellen, die sich natürlich nicht in allen Fällen ausführen lassen wird. Die Divergenz der Wellen im obengedachten Sinne bietet ausserdem den wesentlichen Vorteil, dass sich die Drehfähigkeit der Schiffe auf der Stelle wesentlich verbessert, wie andererseits die theoretische Möglichkeit vorliegt, dass bei stark konvergierenden, Schraubenwellen, das Schiff mit vorwärts schreitender Backbordschraube und rückwärts arbeitender Steuerbordschraube mit dem Kopfe nach Backbord dreht. Die eine Kraft des drehenden Kräftepaars ist die Resultante aus den Schüben der beiden gegeneinander arbeitenden Schrauben, die andere der Lateralwiderstand des Schiffes. Unseres Wissens sind diese Verhältnisse bisher in der Litteratur nicht behandelt.

Auf das Dreischraubensystem, das bei Turbinenschiffen ziemlich allgemein zu werden verspricht und dessen Besprechung in diesem Zusammenhange sehr nahe liegt, bezüglich seiner technischen und sonstigen Vorteile ausführlich einzugehen, ist hier leider nicht möglich. Für die deutsche Marine scheint es insofern das richtige zu sein, als bei langsamer Fahrt durch den Kaiser-Wilhelm-Kanal das Arbeiten mit der mittleren Schraube allein infolge des das Ruder voll treffenden Wasserstromes ein äusserst genaues Steuern ermöglicht.

Einen Teil der Maschinenanlage, dessen Entwicklung in den letzten Jahren nicht fortgeschritten ist, fängt man jetzt, durch die Turbinen gezwungen, wieder an, erhöhte Aufmerksamkeit zuteil werden zu lassen. Es ist dies der Oberflächenkondensator.

Da nach den theoretischen und praktischen Ergebnissen der Wirkungsgrad einer Turbine in hohem Masse von der in dem Kondensator erzeugten Luftleere abhängig ist, musste naturgemäss das Streben der Konstrukteure auf eine Verbesserung des Vakuums gerichtet sein. Parsons erreicht dies durch den sogenannten Luftleere-Verstärker (vacuum-intensifier), der unter

anderem auf dem Turbinendampfer « Manxman » eingebaut ist. Seine Wirkungsweise ist die folgende (s. Fig. 10) : Ein Dampfejektor A saugt aus dem Kondensator den Dampf und die Luft und drückt beide in einem mit ca. $\frac{1}{20}$ der Hauptkondensatorfläche ausgeführten Hilfskondensator, von dem das Gemisch in das U-förmig gebogene Rohr B fällt, um hierauf durch eine gewöhnliche nasse Luftpumpe abgesaugt zu werden. Das U-förmige Rohr bildet einen Wasserverschluss gegen den Kondensator und verhindert ein Zurückströmen des Gemisches von Luft und Dampf aus dem Hilfs- in den Hauptkondensator. Der Betrieb des Ejektors erforderte 1,5 % des Gesamtdampfverbrauches der Turbine, wobei ein Vakuum bis zu 740 mm erreicht worden sein soll. Als Vorteil der Anlage ist der Umstand zu bezeichnen, dass die Luftpumpe, da sie unter einem beträchtlich geringeren Vakuum arbeitet, als im Kondensator vorhanden ist, klein gehalten werden kann, als Nachteil, dass eine bestimmte, nicht in allen Fällen zu erzielende Höhendifferenz zwischen dem Kondensator und der Luftpumpe vorhanden sein muss.

Auf anderem Wege versucht Berling die Verbesserung des Vakuums zu erreichen, und zwar indem er Luft und Wasser getrennt fördert, wozu er sich einer von ihm konstruierten, besonderen kombinierten Wasser- und Luftpumpe ohne Schwungrad bedient. Berling geht davon aus, dass in einem Raume, in dem verschiedene Temperaturen bei Anwesenheit von Wasser, Dampf und Luft herrschen, nach dem Daltonschen Gesetze von der Zusammensetzung der Teildrucke die Luft sich dort aufhält, wo es am kältesten ist, weil der Dampf als gesättigter Dampf nur an den Stellen existieren kann, wo die dem Druck entsprechende Temperatur herrscht. Der Kondensator ist so eingerichtet, dass an der Eintrittsstelle des kalten Kühlwassers die Luft kalt aus einer Luftkühlkammer abgesaugt wird, während das Kondensat ziemlich warm in die Kondensatpumpe tritt (s. Fig. 8 und 9).

Berling hat auf diesem Wege die Luft mit einer Temperatur von nur 5° über derjenigen des Kühlwassers abgesaugt, bei beträchtlicher Verringerung des von der Luftpumpe bestrichenen Volumens fast das der theoretischen Dampfspannung im Kondensator entsprechende Vakuum erreicht und ausserdem das Kondensat in vorteilhafter hoher Temperatur dem Kondensator entnommen. Die für diesen Kondensatorbetrieb gebaute, sehr interessante Pumpe ist unter anderem auch in der Z. D. V. D. J. 1904 beschrieben.

Während die bisher betrachteten Konstruktionen alle eine bessere Ausnutzung des Dampfes anstreben, haben uns die letzten Jahrzehnte auch Fortschritte in der Erzeugung der Wärme gebracht, die darin bestehen dass man gelernt hat auch flüssige Brennstoffe ökonomisch zu verwerten. In der Nähe der Fundstätten des Petroleums, besonders auf dem kaspischen Meere, auf den Flussdampfern der Wolga und auf einem grossen Teil der in Russland verkehrenden Lokomotiven hat man allerdings schon seit langem, da das Masut oder Astatki, wie man die bei der Raffinierung des Petroleums zurückbleibenden Rückstände in Russland nennt, billiger als Steinkohlen sind, dieses als Feuerungsmaterial für Kessel benutzt.

Einer allgemeinen Anwendung dieses Brennstoffes auf Dampfschiffen standen aber bisher, mit Ausnahme der Petroleumtankschiffe, auf denen sie sich vielfach eingebürgert hat, die hohen Kosten dieses Brennmaterials entgegen. Diese haben sich nun in der letzten Zeit, nachdem man in Borneo, Texas und in anderen Gegenden grosse Mengen für Feuerungszwecke brauchbaren Oels gefunden und Oeltanks in vielen Häfen eingerichtet hat, derartig vermindert, dass eine allgemeine Verwendung der flüssigen Brennstoffe auch auf den Schiffen der Handelsmarine zu erwarten steht. Bei der deutschen Marine werden nicht die Rückstände der Petroleumdestillation verwendet, sondern die allerdings viel teureren, aber einheimischen Produkte der Braunkohlendestillation in Form des Braunkohlenteeröls.

Die Benutzung des flüssigen Brennstoffes kann in doppelter Weise erfolgen, je nachdem er für sich oder nur als Zusatz zur Kohlenfeuerung verwendet wird. Das letztere scheint für die Kriegsmarine das vorteilhafteste zu sein, da man mit Oel allein nicht die Forcierungsgrade erreichen kann, wie mit der reinen Kohlen- oder der gemischten Feuerung. Man ist in dieser Auffassung der flüssigen Brennstoffe als Hilfsmittel so weit gegangen, dass man auf holländischen Torpedobooten nur einige kleine Tanks auf Deck aufgestellt hat, um im Bedarfsfalle schnell die Feuer forcieren zu können. Die Tanks sind so angebracht, dass sie im Falle einer Feuersgefahr oder im Gefecht leicht über Bord geworfen werden können.

Was die Mittel zum Verfeuern von Oel betrifft, so verwendet man jetzt fast ausschliesslich Zerstäubungseinrichtungen. Diese kann man je nach der Art der Zerstäubung unterscheiden in :

1. Zerstäuber, die mit einem Dampfstrahl arbeiten ;
2. Zerstäuber, die mit einem Luftstrahl arbeiten ;
3. Mechanische Zerstäuber.

Die ersten haben den Vorteil, den Brennstoff, der bei gewöhnlicher Temperatur ziemlich dickflüssig ist, unter allen Umständen zur Zerstäubung zu bringen, zugleich aber den Nachteil, dass sie einen ziemlich erheblichen Dampfverlust bedingen. Auch verlöschen leicht die Brenner, wenn der Dampf Wasser enthält. Bei der zweiten Art der Zerstäuber erfordert die Komprimierung der Luft zwar auch Dampf, dieser geht indessen in die Kondensatoren zurück. Das gleiche ist bei der dritten Klasse der Fall, bei welcher der Dampf zum Betriebe der Oelpumpe und zum Warmhalten der Düsen verwendet wird.

Versuche, den flüssigen Brennstoff vor der Mischung mit Luft zu vergasen, sind im Allgemeinen an der Bildung von Retortenkohle gescheitert, jedoch sind Brenner dieser Art auf kleineren Fahrzeugen, wie z. B. den von der Liquid Fuel Engineering Company gebauten, im Gebrauche, wo der oben erwähnte Nachteil infolge der leichten Auswechselbarkeit der Vergaser nicht sehr ins Gewicht fällt.

Als Vorteile der flüssigen Brennstoffe sind zu nennen :

1. Bedeutende Raum- und Gewichtersparnis an Brennstoff, da sowohl 1 kg, wie 1 cbm Masut mehr Wärmeeinheiten enthält, als die gleiche Menge Kohlen. Dieser Vorteil des flüssigen Brennstoffes wird noch vermehrt durch den Umstand, dass man bei der Verbrennung von Masut mit weniger Luftüberschuss auszukommen, also die in ihm enthaltene Wärme besser auszunutzen imstande ist.

2. Schonung der Kessel durch gleichmässigeren Betrieb, da das Oeffnen der Feuertüren, das besonders den Cylinderkesseln schädlich ist, zum Zwecke des Aufheuerns, des Feuerreinigens, u. s. w., fortfällt.

3. Ersparnis an Bedienung, da das Heizpersonal verringert werden, die Trimmer ganz in Fortfall kommen können.

4. Bei gemischter Heizung auf Kriegsschiffen kann man durch Anstellen der Oelheizung schnell zur Forcierung übergehen, was unter Umständen, z. B. auf einer Blockade, von grossem Werte ist.

Unter den Nachteilen sind hauptsächlich zu nennen :

1. Empfindlichkeit der Apparate, auf die im obigen schon hingewiesen ist.

2. Gegen Kohlenfeuerung erhöhte Feuersgefahr, die in einem uns bekannten Fall, infolge Widerstrebens der Passagiere, die betreffende Gesellschaft zum Aufgeben der Oelfeuerung gezwungen hat.

3. Das Feuerungsmaterial ist noch nicht so allgemein und zu

so billigen Preisen erhältlich, dass es mit Kohlen in allen Fällen konkurrieren könnte.

Wenn auch im vorstehenden der Stellung des Themas entsprechend im allgemeinen nur Fortschritte behandelt wurden, die bereits in wesentlichem Masse zur Einführung gelangt sind, möge es uns vergönnt sein, in nachstehendem einen Weg, der fast noch garnicht betreten ist, jedoch vielleicht gestatten wird, in der Ausnutzung der Brennstoffe viel weiter als bisher zu gehen, einer eingehenden Würdigung zu unterziehen. Es handelt sich um die beginnende Einführung der Verbrennungsmotoren mit direkter Verfeuerung der Brennstoffe im Cylinder der Maschine.

Wie allgemein bekannt, haben diese Maschinen eine Wärmeausnutzung erreicht, die die der besten Dampfmaschinen weit übersteigt. Man hätte daher die Verbrennungsmotoren schon früher in der Grossschiffahrt eingeführt, wenn nicht prinzipielle Schwierigkeiten eigenartiger Natur dem entgegenstanden hätten und auch zum Teil noch entgegenständen. Soweit es sich um kleine Leistungen handelt, sind sie allerdings bereits in ziemlich weitgehendem Masse zur Einführung gelangt und man geht auch langsam aber stetig mit den Leistungen höher, ohne dass jedoch Maschinen mit grösserer Leistung, d. h. über 600 PSe, zur Zeit des Entstehens dieses Berichtes, soweit bekannt ist, in Betrieb gekommen wären. Man unterscheidet im Allgemeinen unter den Verbrennungskraftmaschinen solche nach dem Viertakt- und nach dem Zweitaktsystem und bei diesen wieder die Unterabteilungen der Verpuffungs- und Gleichdruckmotoren, wenn wir uns die von Güldner in seinem Werke *« Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungsmotoren »* angewendeten Bezeichnungen zu eigen machen. Nach der Art des Brennstoffes kommen Maschinen mit flüssigen und mit gasförmigen Brennstoffen in Betracht.

Von diesen haben die mit flüssigen Brennstoffen betriebenen Viertaktverpuffungsmotoren bisher die grössten Erfolge aufzuweisen, jedoch werden auch Motoren des Zweitaktverpuffungssystems, besonders in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, recht häufig verwendet. Die Anwendung dieser Maschinen ist jedoch im Allgemeinen auf ganz kleine Fahrzeuge, die nicht eigentlich unter die Hochseeschiffe zu rechnen sind, beschränkt geblieben. Auf diesen jedoch scheinen sie im Begriff zu sein, die Dampfmaschine vollkommen zu verdrängen. Die Gründe hierfür sind ihre einfache Inbetriebsetzung und Wartung und ihre geringe Gewichts- und Raumbeanspruchung gegenüber der

Dampfmaschine. Die reinen Brennstoffkosten sind meistens, trotzdem die Oekonomie in Kalorien eine bedeutend grössere als bei Dampfmaschinen ist, höher pro PS -Stunde als bei der letzteren, doch gleicht sich dies zum Teil durch die infolge der Leichtigkeit der Anlage geringeren Ansprüche an die Grösse der Betriebskraft, durch Ersparung von Bedienungspersonal und andere Nebenumstände aus.

Der Nachteil der meisten dieser kleinen Maschinen, dass sie sich nicht einfach umsteuern lassen, ist kein erheblicher, da brauchbare Konstruktionen von Wendegetrieben und Umsteuerschrauben vorhanden sind, die eine direkte Umsteuerung unnötig machen.

Die Art und Weise, wie die Gewichte der Maschinen von den Hauptabmessungen abhängen, verdient hier wohl eine kurze Erörterung, da hierüber noch vielfach unklare Anschauungen herrschen.

Bezeichnet man mit

d den Kolbendurchmesser in cm, mit ,

h den Hub in m, mit

n die Zahl der Arbeitshube pro Minute, mit

η den mechanischen Wirkungsgrad der Maschine, mit

π den mittleren indizierten Druck des Indikatordiagramms, bezogen auf einen Arbeitshub, so ist die Leistung eines Kolbens :

$$\text{PSe} = \eta \cdot \pi \frac{d^2}{4} \cdot \frac{n \cdot h \cdot \pi}{60 \times 75}$$

Für eine in allen Teilen α mal grössere Maschine ist die Leistung unter der Voraussetzung eines gleichen π und gleicher Kolbengeschwindigkeit, u. s. w.

$$\text{PSe} = \eta \cdot \pi \frac{(d \cdot \alpha)^2}{4} \cdot \frac{n}{\alpha} \cdot \frac{h\alpha \cdot \pi}{75 \times 60} = \text{PSe} \times \alpha^2$$

Das Gewicht einer in allen linearen Abmessungen α mal grösseren Maschine ist aber α^3 mal so gross. Ueber die Zulässigkeit einer solchen Vergrösserung hat sich Normand in einem sehr lesenswerten Vortrage s. Z. ausgesprochen.

Aus dem obigen ergibt sich daher der Satz, dass sich die Gewichte ähnlicher Maschinen pro PS wie die Quadratwurzeln aus den Leistungen verhalten.

Natürlich gilt dieses Gesetz in aller Strenge nur für genau geometrisch ähnliche Maschinen. Diese baut man aber nicht, da die Abmessungen vieler Teile durch Herstellungsrücksichten pp. bestimmt werden, so dass im Allgemeinen die Gewichte grosser Maschinen nicht so schnell steigen, wie nach dem obigen Gesetze. Immerhin giebt das letztere aber einen Anhalt.

Hat man beispielsweise eine Maschine von 50 PSe mit einem Gewichte von 400 kg, so wird eine ähnlich ausgeführte von 500 PSe nach dem obigen Gesetze ca. 12600 kg, tatsächlich vielleicht aber nur 10000 kg wiegen. Die Verhältnisse für eine Dampfmaschinenanlage liegen aus dem Grunde günstiger, weil nur die Dampfmaschine selbst diesem Aehnlichkeitsgesetz unterliegt, nicht auch z. B. der Kondensator oder die Kessel, da man bei diesen nur die Kühl- und Heizflächen vermehrt und nicht auch die Durchmesser und Wanddicken der Kühl- und Heizrohre.

Auch für die Gasmaschine giebt es Mittel, um die Gewichte der grossen Maschinen zu vermindern. Das erste ist, den Hub verhältnismässig langsamer als den Durchmesser wachsen zu lassen und dafür bei gleichbleibender Kolbengeschwindigkeit die Tourenzahl relativ zu erhöhen. Hierin kann man aber nicht allzuweit gehen, da infolge der grossen Zapfendurchmesser der Wirkungsgrad zu sehr abnimmt und auch zu hohe Tourenzahlen sich ergeben. Zudem kann man auf diese Weise auch nur ein langsames Ansteigen des Gewichtes erreichen. Wirklichen Erfolg erreicht man durch Vermehrung der Cylinderzahl. Hierbei fällt sogar das Gewicht pro PSe noch schneller als nach dem obigen Gesetze, da man bei einer Maschine mit mehr Cylindern kleiner Schwungmassen verwenden kann. Man könnte so ohne zu grosse Schwierigkeiten z. B. eine 6 Cylindermaschine von 400 PSe bauen, die nur ca. 6 t wiegt. Maschinen einer solchen Grösse würden aber nur in besonderen Fällen zur Ausnutzung flüssiger Brennstoffe geeignet sein, da im Allgemeinen die bis jetzt mit Erfolg zu verwendenden Brennstoffe zu teuer sind.

Der Gleichdruck- oder Dieselmotor, hat noch keine nennenswerte Anwendung auf Schiffen gefunden, obgleich die Dieselmachine die einzige ist, die bis jetzt auch schwere Oele, d. h. die billigen flüssigen Brennstoffe mit Erfolg zu verbrennen gestattet.

Während die im obigen besprochenen Maschinen für flüssige Brennstoffe wohl nur, wenn es gelingt, schwere und billige Oele mit Sicherheit zu verbrennen, auf allgemeine Einführung auch in der Handelsmarine rechnen können, dürften für die letztere, bei der herrschenden Stellung, die die Kohle als Brennstoff noch immer einnimmt, hauptsächlich die mit aus Kohle entwickeltem Gas getriebenen Maschinen in Frage kommen.

Während aber bei den flüssigen Brennstoffen, auch wenn es sich um die Verwendung von schweren Oelen handelt, ganz kleine und meist direkt mit der Maschine verbundene Apparate

zur Erzeugung des Luft-Gas-Gemisches ausreichen, bedarf man bei Kraftgasmotoren im eigentlichen Sinne einer die Stelle von Kesseln auf Dampfschiffen einnehmenden Generatorenanlage. Diese muss nun, soll mit der Einführung der Gasmaschinen in den Schiffsbetrieb gerechnet werden, instande sein, jede Sorte von Kohlen zu vergasen.

Ob diese Bedingung im strengen Sinne von den Konstrukteuren schon gelöst ist, dürfte fraglich sein, jedenfalls nähern wir uns aber der Lösung dieser Frage.

Die Maschinen, die zur erfolgreichen Verwendung des Kraftgases bisher gebaut sind, unterscheiden sich nicht nennenswert von den oben angeführten für flüssige Brennstoffe. Wir erwähnen hierunter die von Capitaine mehrfach ausgeführten Maschinen, die sich im Allgemeinen gut bewährt haben. Auch Maschinen grösserer Leistung vielleicht 1500 PSe in 3 Cylindern oder 3000 PSe in 6 Cylindern dürften genau nach den für Grossgasmaschinen für Landbetrieb erprobten Prinzipien sich für Schiffe eignen, wie dies z. B. in der Discussion über einen von Thornycroft vor der *Institution of Naval Architects* im Jahre 1904 gehaltenen Vortrage zum Ausdruck gebracht ist, indem die 3-cylindrige 1500-pferdige Westinghousemaschine (s. Fig. 5 und 6, die die allgemeine Disposition einer Westinghousemaschine darstellen) als geeignetes Modell angeführt wurde. Ebenso ist natürlich auch z. B. die Körting'sche Zweitaktmaschine als Schiffsmaschine denkbar und es ist vielleicht auch nicht ausgeschlossen, dass ganz neue Konstruktionen, wie z. B. die Flugkolbenmaschine von Capitaine (vergl. Vortrag desselben im Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft 1900), zu Schiffszwecken sich geeignet erweisen.

Maschinen dieser und noch grösserer Abmessungen müssen natürlich umsteuerbar sein, wenn man vielleicht auch auf die leichte Manövrierfähigkeit, wie sie bei Verwendung von Dampfmaschinen möglich ist, vorläufig verzichten müssen wird. Diese Umsteuerbarkeit dürfte sich aber bei entsprechender Durchbildung des Pressluftanlassverfahrens ohne allzugrosse Schwierigkeiten in der Weise ermöglichen lassen, dass man die Maschine zunächst in jeder Gangrichtung mit Pressluft einige Umdrehungen machen lässt. Genügend grosse Anlassluftbehälter würden sich wohl immer unterbringen lassen. Der Thornycroft'schen Ansicht, dass man auch bei mehrtausendpferdigen Maschinen mit Wendegetrieben auskommen könne, können wir nicht beipflichten.

Unter den im Vorstehenden geschilderten der Neuzeit entstammenden Mitteln zur Fortbewegung der Schiffe befinden

sich naturgemäss nur wenige, wie das Dreischraubensystem, die Dampfturbine und die Feuerung mit flüssigen Brennstoffen, deren Einführung geeignet ist, die Gestaltung der Fahrrinnen und Häfen, sowie die Ausstattung der letzteren in irgend einer Weise zu beeinflussen; aber auch dies wird nur in bedingtem Masse der Fall sein. Denn wenn selbst das eine oder andere der in Aufnahme kommenden Systeme an und für sich, sei es infolge seiner Verwendbarkeit für geringere Tauchung, sei es Bezug auf die gedachten Schiffahrtsanlagen von günstigem Folgen begleitet wäre, so werden doch neben diesen die bisher üblichen Schiffsformen mit ihren höheren Anforderungen an Wassertiefe u. s. w. fortbestehen und den bereits vorhandenen oder neu herzustellenden Wasserstrassen ihren Stempel aufdrücken.

Von allen neueren Mitteln zur Fortbewegung der Schiffe muss das Drei- und Mehrschraubensystem — auch die Turbinenschiffe fallen nach den früheren Ausführungen fast alle unter diese Rubrik — dem Wasserbautechniker als ganz besonders günstig erscheinen. Ganz abgesehen von seinen sonstigen Vorzügen in maschinen- und schiffbautechnischer Beziehung, die als bekannt vorausgesetzt werden können, sind es hauptsächlich 3 seiner Eigenschaften, die für die vorliegende Frage in Betracht kommen und mit ihren Folgen hinsichtlich der Fahrrinnen und Häfen einer näheren Betrachtung unterzogen werden sollen, nämlich die geringere Grösse der Propeller, die hieraus resultierende Verwendbarkeit der Fahrzeuge für geringere Tauchung und schliesslich die grosse Lenkbarkeit auch bei geringer Geschwindigkeit.

Die geringere Tauchung ist bei der Anlage von Seeschiffahrtsstrassen von besonderer Bedeutung. Zwar tritt dieses Moment bei der Ausführung geschützter Häfen und künstlicher Kanäle weniger in den Vordergrund, da hier die Unterhaltung grösserer Wassertiefen bedeutenden Schwierigkeiten nicht begegnet. Ganz anders aber liegen die Verhältnisse bei solchen durch Baggerung hergestellten Schiffahrtsstrassen, die über Binnenseen mit verhältnismässig geringer Wassertiefe und leicht beweglicher Sohle führen bzw. innerhalb der im Seegebiet befindlichen grösseren Ströme liegen und infolge des Seeganges ständig der Gefahr der Versandung oder Verschlickung ausgesetzt sind. Hier würde die Möglichkeit zur Verringerung der Wassertiefe einen Vorteil darstellen, der in Bezug auf die leichtere Unterhaltung der Schiffahrtsrinne nicht hoch genug eingeschätzt werden kann. Bei der Herstellung einer Schiffahrtsstrasse, die von sämtlichen gebräuchlichen Schiffstypen befahren werden soll, können allerdings die Dreischraubenschiffe,

aus den weiter oben angeführten Gründen nicht besonders in Betracht kommen, da für die Festsetzung der Wassertiefe immer der Tiefgang der grössten hier verkehrenden Dampfer den Massstab abgeben wird, eine allgemeine Einführung dieses Systems auch in der Handelsmarine aber aus verschiedenen Gründen ökonomischer und schiffbautechnischer Natur ausgeschlossen erscheint. (Vergl. Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens 1900. GEORG MELVILLE, *Die logische Verteilung der bewegenden Kraft auf Kriegsschiffen.*) Indessen beginnt das Dreischraubenschiff, das in Deutschland, Frankreich, Russland, den Vereinigten Staaten, u. s. w., bereits seit langem eingeführt ist und neuerdings auch in England seine Verfechter gefunden hat, bei den Kriegsmarinen der verschiedenen Länder immer allgemeiner zu werden und wird vielleicht in absehbarer Zeit die übrigen Systeme vollständig verdrängen, so dass dann allerdings zum mindesten bei der Ausgestaltung solcher Häfen, die lediglich dem Verkehr von Kriegsschiffen vorbehalten sind, allein die Rücksicht auf das in Rede stehende System massgebend sein dürfte.

Als weitere günstige Eigenschaft des Dreischraubensystemes kommt hier die geringere Grösse der Propeller, deren Durchmesser im Vergleich zu den sonst üblichen Schiffstypen eine Verkleinerung um ungefähr 20 % erfahren kann, in Betracht. Es ist ohne weiteres ersichtlich, dass die Propeller der Ein- und Zweischraubendampfer bei ihrer bedeutenden Grösse und ihrer tiefen Lage Wasserbewegungen hervorrufen müssen, die sich insbesondere auch gegen die Sohle richten, indem sie Vertiefungen schaffen, daneben aber Versandungen im Gefolge haben, also geeignet sind, Veränderungen der Sohle hervorzurufen, welche die Unterhaltung der erforderlichen Wassertiefe erschweren und bei Verwendung dreier, also kleinerer Schrauben in weit geringerem Masse in Erscheinung treten.

Ein gleich ungünstiger Einfluss ist den grossen Schrauben in Bezug auf die Seitenböschungen der Fahrrinnen zuzuschreiben, da die von ihnen verursachte starke Wasserbewegung, sobald das Schiff sich dem Rande der Fahrrinne nähert, die Böschungen in ihrem unteren Teile unterspült und so allmählich ihren völligen Einsturz herbeizuführen geeignet ist. Insbesondere kann dieser ungünstige Einfluss bei den Zweischraubenschiffen mit ihren beiden grossen seitlich liegenden Propellern eintreten. Auch hier bedeutet die Einführung des Dreischraubensystemes einen wesentlichen Fortschritt. Beim Passieren der hier hauptsächlich in Frage kommenden Schifffahrtsrinnen mit beschränkter Breite, welche zumeist mit verminderter Geschwindigkeit

durchfahren werden müssen, wird in der grossen Mehrzahl der Fälle nur die mittlere Schraube in Tätigkeit treten, so dass ein Angriff auf die seitlichen Uferböschungen vollständig ausgeschlossen erscheint.

Der grossen Steuerfähigkeit der Dreischraubenschiffe wurde bereits an anderer Stelle gedacht, als darauf hingewiesen wurde, dass der von der mittleren Schraube ausgehende und das Steuerruder treffende Strom die Lenkbarkeit dieser Schiffstypen in ganz besonders günstigem Masse beeinflusst. Bedenkt man, mit welchen Schwierigkeiten bisher die grossen Fahrzeuge beim Passieren stark gekrümmter Stellen zu kämpfen hatten und wie oft durch die mangelnde Steuerfähigkeit beim Zusammentreffen ungünstiger Umstände an solchen Stellen Havarien hervorgerufen werden, so muss die dem mit 3 Schrauben versehenen Fahrzeuge innewohnende leichte Lenkbarkeit, welche es ihm gestattet, auch schärfer gekrümmten Strecken des Fahrwassers ohne Schwierigkeiten zu folgen, als grosser Vorteil dieses Systems bezeichnet werden. Diese Eigenschaft wird somit auch im gegebenen Falle — selbstverständlich mit den mehrfach erwähnten Einschränkungen — bei der Tracierung von Schifffahrtrinnen die Möglichkeit an die Hand geben, Kurven mit kleineren Halbmessern einzulegen, als sie bisher zulässig waren, und sich so den gegebenen örtlichen Verhältnissen in viel weitgehendem Masse anzupassen.

Es ist bereits schon früher darauf hingewiesen worden, dass die Verwendung der flüssigen Brennstoffe immer allgemeiner zu werden beginnt und bei einer Reihe von Häfen zur Schaffung von Einrichtungen geführt hat, die zur Aufbewahrung von Oel dienen und es den Schiffen ermöglichen, auf möglichst leichte Weise in den Besitz des erforderlichen Feuerungsmaterials zu gelangen. Diese Oelbehälter sind in einer doppelten Form zur Ausführung gelangt, und zwar als schwimmende, welche meist auf älteren Fahrzeugen untergebracht sind, oder als feste, die auf dem Lande nach Art der Petroleumtanks hergestellt werden. Die erstere bis in die neueste Zeit viel verwendete Form kann wohl nur als Provisorium angesehen werden; sie wird indessen so lange bestehen, als die Versuche mit der flüssigen Heizung noch nicht völlig zum Abschluss gebracht sind. So sind z. B. noch im vorigen Jahr in Portsmouth 3 alte Kanonenboote in Oeltank-Hulks umgewandelt worden.

Von grösserer Wichtigkeit sind die Oelreservoirs, die auf dem festen Lande errichtet und nach Art der Petroleumtanks ausgeführt sind. Auch diese haben bereits mehrfach Verwendung

gefunden und dürften nach allgemeiner Einführung der flüssigen Heizung ausschliesslich zur Ausführung gelangen.

Um der dickflüssigen Konsistenz des Materials Rechnung zu tragen, müssen diese Reservoirs einmal eine hohe Lage besitzen, da von der Druckhöhe die grössere oder geringere Beweglichkeit des Oels abhängig ist, und ferner mit einer Saug- und Druckpumpe ausgerüstet sein, die bei besonders grosser Dickflüssigkeit des Materials — dies wird besonders im Winter der Fall sein — in Tätigkeit tritt. In Verbindung mit diesen Tanks befindet sich eine Rohrleitung, die je nach ihrer Ausdehnung und nach der vorhandenen Zahl der Entnahmestellen einer grösseren oder geringeren Anzahl von Schiffen zu gleicher Zeit die Möglichkeit giebt, sich mit dem erforderlichen flüssigen Brennstoffe zu versehen.

Die Füllung der Tanks erfolgt in ähnlicher Weise, wie bei den Petroleumtanks, dadurch, dass die zum Transport des Oels dienenden Fahrzeuge das Material vermittelt einer Rohrleitung entweder mit den eigenen Pumpen, oder, wenn solche nicht vorhanden, unter Zuhülfenahme der Saugpumpe des Reservoirs in die Behälter befördern. Von hier ergiesst sich das Oel in das Rohrleitungsnetz, um an den Entnahmestellen vermittelt einer Schlauchleitung — und zwar bei nicht genügender Druckhöhe der Behälter oder bei allzu grosser Dickflüssigkeit des Materials eventuell unter Mitwirkung der Druckpumpe des Reservoirs — in die Oeltanks der Schiffe zu gelangen.

Die Beschreibung von Einzelheiten derartiger Anlagen würde zu weit führen; es mag jedoch erwähnt werden, dass in Anbetracht der im Winter eintretenden besonders grossen Dickflüssigkeit des Brennstoffes die Anbringung von Heizschlangen in den Behältern als unerlässlich erscheint.

Wir sind bemüht gewesen, in dem engen Rahmen der vorliegenden Arbeit eine möglichst umfassende Uebersicht über die neueren Mittel zur Fortbewegung der Schiffe nebst ihren Folgen hinsichtlich der Fahrrinnen und Häfen zu geben. Wenn auch so manches des Interessanten aus Mangel an Raum unerwähnt bleiben musste, so hoffen wir doch, dass die vorstehenden Seiten zum mindesten eine Anschauung von dem gewaltigen Umschwunge zu geben imstande sind, der neuerdings auf dem Gebiete der Schiffs- und Maschinenbautechnik Platz gegriffen hat und besonders in der Anwendung der Dampfturbinen zum Ausdruck kommt.

