

17956567

22.

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFFAHRTS-CONGRESSE

X. CONGRESS-MAILAND-1905

II. Abteilung : Seeschiffahrt
2. Frage

FORTSCHRITT

IN DEN

Mitteln zur Fortbewegung der Schiffe

FOLGEN HINSICHTLICH DER FAHRRINNEN UND HAFEN

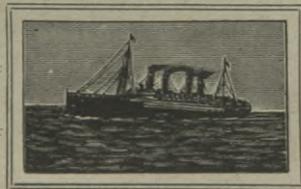
BERICHT

VON

M. LELONG

Ingenieur principal de la Marine
Professeur à l'Ecole d'application du Génie maritime

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

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

1905



11-354214

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316802

300 3-14/2018

Fortschritt in den Mitteln zur Fortbewegung

DER SCHIFFE

BETRACHTUNGEN HINSICHTLICH DER WASSERSTRASSEN UND HÄFEN

BERICHT

VON

M. LELONG

Ingénieur principal de la Marine

Professeur à l'École d'application du Génie Maritime

Einleitung (1)

Die grossen Umwälzungen, welche die Schifffahrt im 19. Jahrhundert durchgemacht hat, nahmen an dem Tage ihren Anfang, an welchem der Dampf den Schiffen ein Mittel zur ungehindernten Fortbewegung gab, das regelmässige Fahrten, wie auch die Möglichkeit einer viel grösseren Geschwindigkeit gewährleiste, welche letzterer man zur Zeit noch keine bestimmte Grenze setzen kann.

Bevor man jedoch aus der neuen Art der Fortbewegung alle sich bietenden Vorteile benutzen konnte, mussten noch manche Schwierigkeiten überwunden werden. Die grösste ergab das Brennmaterial, das den Betrieb erschwerte sowohl durch die Kosten des Verbrauches, als auch durch Vermehrung des toten Gewichts.

Auch hat die Dampfschifffahrt in erster Zeit nur für Postver-

(1) Wir haben für die Aufstellung des vorliegenden Berichtes den grösseren Teil einer Arbeit benutzt, die unter der Überschrift « Zusammenstellung über den in Frankreich in bezug der Maschinen und Seekessel erreichten Fortschritt » von M. Daynard, und uns auf dem « Congrès du Génie civil, militaire et maritime » der Ausstellung von Saint-Louis (1904) vorgetragen wurde. M. Daynard war bestrebt mit seinen Ratschlägen bei Aufstellung dieses Berichtes uns zu unterstützen. Es sei ihm an dieser Stelle unser verbindlichster Dank ausgesprochen.

kehr und die Beförderung von Passagieren Verwendung finden können, da besonders hierfür eine schnelle und regelmässige Ueberfahrt von grossem Interesse war.

Um jedoch der Segelschiffahrt die Beförderung der Güter streitig machen zu können, war es nötig die Triebkraft so zu vervollkommen, dass sie möglichst sparsam arbeitete, und die Schiffsabmessungen und Formen so zu wählen, dass der Transport pro Tonne durch richtige Ausnützung des Raumes möglichst billig wurde. In einem Punkte herrschte ein kleiner Widerspruch. Die Geschwindigkeit, die immer mehr und mehr für den Postverkehr und die Beförderung der Passagiere zu erhöhen gesucht wurde, verlangte die Verwendung einer immer leichter gebauten und billigeren Triebkraft.

Wenn man bedenkt, dass die Ueberfahrt über den Atlantischen Ozean im Jahre 1840 mit 8 Knoten geschah und sich auf mehr als 20 Knoten erhöht hat, und dass die Dampfschiffahrt die Segelschiffahrt bis auf wenige sehr spezielle Ausnahmen verdrängt hat, so kann man darnach beurteilen, was in einem halben Jahrhundert geleistet wurde.

Die Hilfsmittel, die angewandt wurden, um solche Erfolge verzeichnen zu können, werden wir hier kurz aufzählen. Wir werden in folgendem die Tendenz hervorzuheben versuchen, die sich in der Entwicklung der Seeschiffahrt zu zeigen scheint und werden versuchen den Einfluss festzustellen, den der gegenwärtige Stand der Schiffahrt auf die Häfen und Wasserstrassen ausübt.

Die hauptsächlichsten Hilfsmittel, die eine bessere Fortbewegung der Schiffe möglich machen, sind deren Triebwerk, die Propeller, die Formen und Grössenverhältnisse des Schiffkiels.

Das Triebwerk ist meist eine Kolben-Dampfmaschine, bei einigen neueren Modellen Dampfturbinen. Auch ist noch die Verwendung des Petroleummotors zu erwähnen, der bei kleineren Fahrzeugen angewendet wird.

1. Maschinen.

Die Verbesserungen, die an den Maschinen angebracht wurden, hatten einestheils den Zweck das Gewicht und den Rauminhalt pro Pferdekraft zu ermässigen, anderenteils die Leistung zu erhöhen bei gleichzeitiger Ersparnis an Brennmaterial. Die hierdurch in doppelter Hinsicht erlangten Vorteile liegen in der Erhöhung des Anfangsdrucks und der Rotationsgeschwindigkeit, in der Wahl des Materials und der Sorgfalt, die die Er-

bauer auf die theoretische Berechnung und die Fabrikation der einzelnen Teile verwandten.

Der Einfluss des Anfangsdrucks beruht auf dem wohlbekanntem Princip von Carnot, kraft dessen eine Wärmekraftmaschine nur dann eine erhöhte Leistung geben kann, wenn sie bei einem grossen Temperaturabfall arbeitet, dem, im Falle es sich um Wasserdampf handelt, notwendigerweise ein grosser Druckabfall entspricht. Die Erfahrung hat vollkommen dieses Princip bestätigt und hat bewiesen, dass seine Anwendung die Ursache einer bedeutenden Preisersparnis sein kann.

Die ersten Dampfmaschinen liessen in dieser Hinsicht viel zu wünschen übrig. Der Anfangsdruck war zuerst kaum höher wie der atmosphärische Druck. Er stieg auf 2 kg, dann auf 4 Kilo, als die praktische Verwertung des Oberflächenkondensators die Speisung der Kessel mit weichem Wasser gestattete. Dann stieg er rasch bis gegen 15 Kilo, eine Zahl, die etwa auch den Druck bei den neueren Maschinen angiebt.

Diese Entwicklung brauchte mehr als 30 Jahre. Aber diese Langsamkeit erklärt sich leicht aus den grossen Schwierigkeiten, die sich der Konstruktion der Apparate, wie auch den Versuchen in wirksamer Weise die ökonomischen Vorteile herauszufinden, sowie um die Verwendung des hohen Drucks möglich zu machen, hierbei aber die genügende Sicherheit zu gewährleisten, entgegenstellten.

Was die Ersparnis anbetrifft, so musste man, als der Druck 4 Kilogramm überstieg, die doppelte Spannkraft zu erreichen suchen, um die Verluste auszugleichen, die der tote Raum und die Eintritts-Kondensationsverluste erforderten, und um eine verlängerte Expansion zu erreichen bei Beibehaltung des Schiebers, des einzigen Steuerungorgans, den die Erfahrung für die Schiffsmaschinen geeignet befunden hat (1). Einmal auf 8 Kilogramm, ging man zur dreifachen Spannkraft über. Zuletzt überschritten einige Ingenieure einen Druck von 11 Kilogramm und erreichten so eine vierfache Expansion. Aber dieser Fortschritt ist in Wirklichkeit kaum ein solcher zu nennen und scheint bei den meisten Anwendungen kaum zu genügen, um das vergrösserte Gewicht und den grösseren Rauminhalt, der durch die Vermehrung der Zylinderanzahl bedingt ist, wieder gut zu machen.

(1) Wir erinnern hier, dass der erste Versuch mit Maschinen von doppelter Expansion von M. Benjamin Normand im Jahre 1857 angestellt wurde, und dass dieser hervorragende Konstrukteur der erste war, der Maschinen mit dreifacher Expansion in den Jahren 1871-73 einführte.

Um aus der vierfachen Expansion alle Vorzüge herauszuholen, scheint ein Anfangsdruck von etwa 25 Kilogramm nötig zu sein. Man ist jedoch gegenwärtig kaum in der Lage den Druck von 15-16 kilo noch zu erhöhen in anbetracht der schwierigen Konstruktion der Apparate, sowie der Gelenkführung, u. s. w. Auch bei den neueren Maschinen ist gewöhnlich eine dreifache Expansion eingeführt, die den Dampf mit einem Anfangsdruck von 12-16 Kilogramm zulassen.

Der Kohlenverbrauch dieser Maschinen schwankt entsprechend den Betriebsanforderungen zwischen 650 und 800 Gramm für die Pferdekraft. Er ist drei Mal geringer als derjenige der alten einzylindrischen Maschinen. Der Erfolg ist also ein grosser. Aber allem Anschein nach kann für die nächste Zeit nicht mit einem beträchtlichen Fortschritt gerechnet werden. Die Wärmeausnützung der sich heute im Betrieb befindlichen Maschinen ist etwa $\frac{2}{3}$ des entsprechenden Carnot'schen Kreisprozesses. Es ist wenig auf diese Differenz zu geben. Man kann nur auf erhebliche Vorteile infolge der Erhöhung des Anfangdrucks rechnen, dem aber, wie bereits gesagt wurde, erhebliche Schwierigkeiten entgegentreten.

Hinsichtlich des Drucks und der Platzfrage hat die Erhöhung des Anfangdrucks zuerst einen annehmbaren Vorteil verschafft, denn man hat daraus den Nutzen gezogen, die Zylinderabmessungen zu verringern ohne den Verlust durch unvollständige Expansion zu erhöhen, ein Verlust, der von dem Ausfall des Vorteils auf Grund der Druckvermehrung herrührt.

Aber seitdem der Druck von 10-12 Kilogrammes überschritten war, ergab sich die Notwendigkeit den Mantel zu verstärken, was demnach den Vorteil des so erhaltenen Gewichts illusorisch machte.

Die Erhöhung der Umdrehungszahl war im Gegenteil geeignet eine beträchtliche Verminderung des Gewichts und Rauminhaltes herbeizuführen.

Bei gleichen Zylinderabmessungen ist die erlangte Leistung proportional der Umdrehungszahl N . Man darf nicht daraus schliessen, dass das Gewicht pro Pferdekraft N umgekehrt proportional ist. Die Verminderung ist in Wirklichkeit merklich geringer, denn sobald man die Leistungsfähigkeit der Maschine erhöht, wird man dazu geführt, die Schieber und ihren Antrieb zu verstärken, die Ausdehnung ihrer Lager und den Kondensator, u. s. w., zu vergrössern. Auch wird es nötig die einzelnen beweglichen Teile mit Rücksicht auf die erhöhten Anforderungen infolge ihrer Trägheit zu verstärken. Kurz, eine Erhöhung

der Umdrehungszahl auf das Doppelte wird kaum das Gesamtgewicht der Maschine um 25 % verringern. Wenn sich bei Betrachtung der Ziffern im ersten Augenblick ein schnelleres Abnehmen zu zeigen scheint, so ist dies in anderen Umständen zu suchen, wie in der Zahl der Expansionsstufen, sei es in der Wahl leichterer Materialien, sei es, dass man geringere Sicherheitskoeffizienten zu Grunde gelegt hat, wie dies z. B. bei den Torpedoboote der Fall ist, sei es, dass man widerstandsfähigeres Material verwendet hat oder dass man kühnere Formen wählt.

Die allgemeinen Anordnungen für die Maschinen sind selbstverständlich je nach ihrer Bestimmung verschieden. Bei den Paquetschiffen ging man von dem Princip aus die Beanspruchung von Platz in horizontaler Richtung möglichst einzuschränken. Daher die ausschliessliche Verwendung von vertikalen Maschinen mit grossem Hub. Die auf die Weise gebauten Maschinen sind etwas plump, funktionieren aber sicher und sind sehr leistungsfähig. Bei den Kriegsschiffen dagegen, wo der verfügbare Raum in der Höhe sehr begrenzt ist, hat man soweit möglich die Umdrehungszahl erhöht.

Eine Anordnung, die sich bei der Handels- und Kriegsmarine gleich gut bewährt hat, führte zu einer beständigen Erhöhung der Kolbengeschwindigkeit. Diese beträgt bei vielen neueren Fahrzeugen über 5 m.

Dank der Verbesserung der Reibungsflächen, sei es in deren Verhältnissen oder in dem verwendeten Material, oder liege es an der Sorgfalt, die man auf die Einrichtung der Schmiervorrichtungen verwandte, konnten die beweglichen Teile diese Geschwindigkeitsmehrung erhalten, ohne die Sicherheit des Betriebs zu gefährden und den ökonomischen Effect zu vermindern.

Andererseits hat man seit langem die Kraft auf zwei Wellenlinien übertragen. Dieses hat eine Verminderung der absoluten Abmessungen der einzelnen Teile, eine Erhöhung der Rotationsgeschwindigkeit und eine Verbesserung der Bewegungswiderstände zugelassen. Die Kriegsmarine hat sogar seit etwa einem Dutzend Jahre 3 Wellenlinien (1) für ihre grossen Schiffe angewandt.

(1) Seit 1865 erhielten die beiden Packetboote *Washington* und *Lafayette* zwei Wellen und zwei Schrauben und seit 1867 erbaute man auf den französischen Werften drei Packetboote (*Ville de Brest*, *Ville de Saint-Nazaire*, *Ville de Bordeaux*) alle mit zwei Schrauben, die einen grossen Erfolg in der Geschwindigkeit und der Bequemlichkeit für die Passagiere erreichten.

Infolge der vielen an den Maschinen angebrachten Verbesserungen ist ihr Gewicht seit 30 Jahren von 150 kg auf 70 kg für die Pferdekraft bei Packetbooten und von 100 kg auf 35 kg bei den Kriegsschiffen heruntergegangen.

Für die Cargo-boats und die gemischten Schiffe, die man auch oft Halb-Packetboote nennt, mit gemässiger Geschwindigkeit hat die Grösse des Gewichts und die Platzfrage eine weniger grosse Bedeutung. Man hat bei diesen Fahrzeugen Gang und Geschwindigkeit des Kolbens verhältnismässig reduziert beibehalten können, ohne die Verwendung sehr teuren Materials. Auch bleibt das Gewicht pro Pferdekraft meist unter 100 kg. Man hat sich eifrig bemüht den vorteilhaften Effekt durch immer sorgfältigere Ausführung, durch Erhöhung des Drucks und der Expansion, durch Vorwärmen der Verbrennungsluft und des Speisewassers, u. s. w., zu erhöhen, und man hat eine Einschränkung des Kohlenverbrauchs auf 0,490 kg für die indizierte Pferdekraft erreicht.

Für die Torpedoboote, Torpedojäger, leichte Packetboote, hat sich die gleiche Entwicklung gezeigt wie bei den grossen Packet-schiffen und den Kriegsschiffen mit grossem Tonnengehalt, aber diese Entwicklung ist schärfer hervorgetreten, indem eine ausschliessliche Verwendung äusserst widerstandsfähiger Metalle erstrebt und der Druck noch mehr erhöht wurde. Das Gewicht pro Pferdekraft (Maschinen, Kessel und Wasser) konnte auf diese Weise um 16 kg erniedrigt werden, während der Verbrauch des Brennmaterials auf 0,450 kg für die Pferdekraft herunterging.

Diese niedrige Verbrauchsziffer hat einige Male Erstaunen hervorgerufen und man hat im Anfang sogar Zweifel in die Genauigkeit der angestellten Versuche gesetzt. Aber sie hat sich mit solcher Regelmässigkeit und in so zahlreichen Fällen wiederholt, dass es ausgeschlossen ist, ihre Richtigkeit anzuzweifeln. Sie ist zum Teil durch ganz spezielle Massnahmen gefunden wie die Vorwärmung des Speisewassers und zum Teil durch die Aufmerksamkeit, die man der Verteilung des Dampfes zuwandte.

Dampfturbinen. — Die Dampfturbine hat erst seit einigen Jahren eine wirklich praktische Form bekommen und in anbe-tracht ihrer Vorteile (Fortfallen der hin- und hergehenden Teile, Leichtigkeit des Betriebs und der Unterhaltung), war man eifrig bestrebt sie für die Schifffahrt zu verwenden. Ihre Anwendung geschah indessen bis jetzt zu selten und bei zu speziellen Fällen,

als dass man die Grösse der Ausbreitung, den der neue Motor nehmen kann, voraussagen könnte. Sein Anpassungsvermögen für die Fortbewegung der Schiffe scheint übrigens mit grossen Schwierigkeiten verbunden, die unzweifelhaft die Schiffsarten vorschreiben, für die man die Turbine der Kolbendampfmaschine vorziehen kann.

Diese Schwierigkeiten sind hauptsächlich in der grossen Rotationsgeschwindigkeit zu suchen, die für die Turbine notwendig ist, um einen genügenden Effekt zu erzielen. Die Dampfturbine kann, wie alle Wärmekraftmaschinen, nur dann sparsamen Anforderungen genügen, wenn sie bei einem grossen Temperaturabfall und demzufolge auch Druckabfall arbeitet. Der Dampfstrahl besitzt eine sehr grosse Geschwindigkeit. Aber man weiss auch, dass die Bedingungen für eine Leistungsfähigkeit erfordern, dass die Umfangsgeschwindigkeit der Turbine mit der Eintrittsgeschwindigkeit des Dampfes im Verhältnis steht.

Diese grosse Geschwindigkeit des Dampfes ist übrigens das grosse Hindernis gewesen, das sich der praktischen Verwertung der Dampfturbinen entgegenstellte. Für die grossen Kraftleistungen hat man die Schwierigkeit dadurch aus dem Wege geräumt, indem man die Ausdehnung des Dampfes stufenweise vor sich gehen liess und so eine Reihe von Strahlen mit verminderter Geschwindigkeit hervorbrachte, die auf eben so viele Scheiben einwirkten, die auf derselben Welle befestigt waren. Man hat auf diese Weise die Umfangsgeschwindigkeit auf etwa 50 m bringen und Apparate aufstellen können, angewandt für den Antrieb der Dynamos, die einen Verbrauch erzielten, der mit demjenigen der besten Kolbenmaschinen verglichen werden konnte, bei einer viel geringeren Platzwegnahme und viel geringerem Gewicht.

Aber diese Apparate arbeiten mit einer sehr erhöhten Winkelgeschwindigkeit, der sich in den meisten Fällen die Propeller nicht anpassen konnten, wenigstens nicht so, wie man sie vor einigen Jahren berechnete. Es ist klar, wenn man dieselbe Umfangsgeschwindigkeit von etwa 50 m beibehalten und den Turbinen eine Winkel-Rotationsgeschwindigkeit zur Anwendung für die Schrauben geben wollte, so war man gezwungen den Schrauben kolossale Dimensionen zu geben, womit eine unzulässige Platzwegnahme und Gewichtszunahme verbunden war.

Man hat gesucht in welchem Masse es möglich ist die Rotationsgeschwindigkeit der Propeller zu vermehren, ohne wesentlich ihre Leistungsfähigkeit zu vermindern. Wir werden weiter

unten sehen, dass diese Frage noch nicht geklärt ist. Wie dem auch sei, von dem Augenblick an, wo die Abmessungen und demzufolge das Gewicht einer Turbine durch die Zahl der Umdrehungen vorgeschrieben sind, wird das Gewicht pro Pferdekraft um so geringer sein, wie die entwickelte Krafterleistung grösser sein wird und wie man andererseits annehmen kann, dass die Propeller sich einer um so erhöhteren Rotationsgeschwindigkeit anpassen, also sie dem Schiff eine grössere Geschwindigkeit erteilen, muss man daraus schliessen, dass die Verwendung von Turbinen für sehr grosse Geschwindigkeiten gefährlich ist. Anscheinend ist die Turbine nur dann der Kolbendampfmaschine bedeutend überlegen, wenn bei Torpedobooten 30 Knoten und bei Packetbooten 25 Knoten zurückzulegen sind. Die Raumausdehnung in die Höhe würde daraufhin erheblich eingeschränkt werden und das totale Gewicht der Maschine (ohne die Kessel) würde auf 3 kg für die Pferdekraft heruntergehen und sogar noch mehr. Kurz die Turbinen scheinen zu einem Versuch der Handelsmarine für eine Geschwindigkeitsmehring bestimmt.

Petroleummotore. — Die Verwendung des Petroleummotors in der Schifffahrt, worüber die ersten Versuche auf ein Dutzend Jahre zurückzureichen scheinen, hat plötzlich einen beträchtlichen Aufschwung für die Fortbewegung der Schiffe kleineren Displacements genommen, seit der Erbauung möglichst leichter Apparate für die Automobile. Das Gewicht dieser Motore geht auf 4 kg für die Pferdekraft herunter und ihre Umdrehungszahl entspricht den höchsten Anforderungen für die fortbewegende Kraft für kleinere Fahrzeuge. Ihre Verwendung zusammen mit derjenigen spezieller Formen, von denen wir weiter unten sprechen werden, hat in beträchtlichem Masse eine Geschwindigkeitsmehring für kleinere Fahrzeuge zugelassen. Die Ueberlegenheit des Petroleums über den Dampf bei dieser Art der Verwendung scheint um so mehr erwiesen dadurch, dass die Führung des Petroleummotors nicht die Hilfeleistung eines Mannes erfordert, wenigstens nicht ununterbrochen. Aber die entwickelte Krafterleistung ist bei diesen Motoren relativ sehr schwach (150 Pferdekraft im Maximum). Die Anwendung des Petroleums für die Grossschifffahrt scheint bis jetzt noch nicht der Gegenstand eines Versuchs gewesen zu sein.

2. Kessel.

In der Zeit des sehr geringen Drucks, waren die Kessel prismatisch geformt derart, dass sie sich den Schiffswänden anpassen. Sobald der Druck 4 Kilo erreichte, wurde man dazu gebracht, die zylindrische Gestalt anzunehmen, um die Festigkeit der Wandung zu sichern. So wurde das Modell des Zylinderkessels mit wiederkehrender Flamme geschaffen, das lange der mustergültige Typ des Marinekessels gewesen ist und dem die Mehrzahl der Handelschiffahrtsgesellschaften treu geblieben ist.

Die Haupteigenschaften des Zylinderkessels mit wiederkehrender Flamme ist die Leichtigkeit der Feuerführung.

Die Schwankungen in der Dicke, die Ungleichheiten der Verteilung der Kohle auf dem Rost haben nur geringen Einfluss auf den Grad der Verbrennung, dank dem kräftigen Durcheinanderschaffen, das in der Feuerbüchse vor sich geht; mehr noch, die Aufnahme der Wärme durch Heizflächen vollzieht sich sehr regelmässig, dank dem Durchziehen der Gase in den engen Röhren.

Diese Leichtigkeit der Heizung gestattet einen sehr hohen Effekt zu erhalten, ohne dass man zu einem ausserlesenen Personal seine Zuflucht nehmen muss.

Man begreift, dass diese Eigenschaft von beträchtlicher Bedeutung ist, zumal bei den Packetbooten, die lange Ueberfahrten bei grosser Geschwindigkeit auszuführen haben und bei denen das eingeschiffte Brennmaterial mehr als die Hälfte des Gesamtgewichtes ausmacht, das der Triebkraft zugebilligt ist. Unter diesen Bedingungen würde der Vorteil, den ein leichterer Typ von etwas geringerer Krafterleistung bietet, rasch ausgeglichen und übertroffen sein. Ausserdem rührt das erhöhte Gewicht der Zylinderkessel nicht nur von den Konstruktionsmaterialien, sondern auch von der grossen Wassermenge her, die sie einschliessen. Nun trägt aber diese Wassermenge dazu bei die Dampferzeugung stetiger und die Heizung leichter zu gestalten.

Daraus erklärt sich, dass die Mehrzahl der Schiffahrtsgesellschaften den Gebrauch des Zylinderkessels beibehalten hat, freilich indem sie ihn beträchtlichen Verbesserungen unterwarfen.

Dank einer vervollkommenen Ausrüstung, der grossen Sorgfalt in der Ausführung und dank der Verwendung von widerstandsfähigerem Stahlblech für die Mäntel, hat man diese Apparate so verbessert, dass der Druck auf 15 kg erhöht werden konnte, bei einem Durchmesser von 5 Metern, ohne sich Schä-

den und Entweichen von Gasen auszusetzen, die noch vor kurzem gang und gäbe waren.

Der Zug, der in dem geschlossenen Aschenkasten hervorgebracht wurde, verbunden mit dem Vorwärmen der Verbrennungsluft, das den Effekt erhöhte, liess eine bessere Verbrennung zu, sowie eine bedeutende Reduzierung des Raumes und des Gewichts.

Bei der Kriegsmarine sind die Verhältnisse ganz andere. Die Maximalgeschwindigkeit braucht nicht während einer ganzen Ueberfahrt eingehalten zu werden, und steht nicht in direktem Verhältnis mit der zurückzulegenden Distanz. Die Stabilität des Betriebs, die von der grossen Wassermasse herrührt, bildet vielmehr ein Hindernis für die Schiffe, die zu einem häufigeren Manövrieren berufen sind. Der grosse Durchmesser der Zylinderkessel mit wiederkehrender Flamme machte beinahe die Aufstellung dieser Apparate unter dem gepanzerten Deck unmöglich.

Nun musste die Kriegsmarine leichtere und weniger ausge dehnte Apparate zu erhalten suchen, wenn sie die Verwirklichung grosser Geschwindigkeiten erreichen wollte. Diese Aufgabe war speziell für die Torpedoboote zu lösen.

Von dem Princip ausgehend, dass das Gewicht pro Pferdekraft sich beinahe im umgekehrten Verhältnis mit dem Gang der Verbrennung ändert (Gewicht der pro Stunde und Quadratmeter Rostfläche verbrannten Kohle), versuchte man es zuerst mit Kesseln, ähnlich denjenigen der Lokomotiven, welche bekanntermassen eine intensive Verbrennung möglich machen. Als man unglücklicherweise mehr Dauerhaftigkeit haben musste wie bei den Lokomotiven, die nur während einer ziemlich kurzen Zeit im Betrieb sind, erreichte man gerade das entgegengesetzte. Die Aenderungen, die man an dieser Art Apparate vornehmen musste, um sie für die Torpedoboote anzuwenden (Verkürzung der Röhren, Erhöhung des Rostes, u. s. w.), nahmen ihnen ihre grosse Brauchbarkeit und vermehrten die Chancen von Betriebsstörungen in den Feuerkisten. Der in einen Raum genötigte Zug verursachte alsdann in den Rohrwänden eine bedeutende Minderung in dem Augenblick, wo die Feuerbüchse geöffnet wurde.

Obwohl einige erfahrene Ingenieure Kessel wie bei den Lokomotiven eingerichtet hatten, die ebenso gut mit 300 Kilogramm pro Stunde und Quadratmeter Rostfläche arbeiteten, so erforderte die Heizung so grosse Vorsichtsmassregeln, dass diese Resultate nicht als wirklich praktisch befunden werden konnten.

Von einem anderen Gesichtspunkt aus hat man für die Tor-

pedos und Torpedojägers die einzige Lösung gefunden, die heute im Gebrauch ist, die, wenn auch noch vervollkommnungsfähig, doch von jedermann mit aufrichtiger Genugtuung betrachtet wird.

Das Rätsel bestand in der Anwendung verschiedener Typs, die alle der Kategorie der Wasser-Röhrenkessel angehörten, und die man unter dem Namen der Dampfkessel mit kleinen Röhren oder mit beschleunigter Cirkulation kennt.

Das Princip dieser Kessel beruht in der selbsttätigen Circulation des Wassers, die man erhält, indem man für die Wirkung der Verbrennungsgase ein Bündel kleiner Röhren anbringt (innerer Durchmesser etwa 20 mm), in dem sich der Dampf bildet, und indem man ausserhalb des Gasstroms noch grössere Röhren anbringt, durch die das Wasser in einem höher gelegenen Kollektor gesammelt, von da in einen oder mehrere tiefer gelegene Kollektoren geführt, um endlich in das Röhrenbündel zu gelangen und da zum Teil verdampft zu werden.

Die erste praktische Verwertung dieses Maschinentyps fand in Frankreich im Jahre 1857 im Arsenal von Cherbourg seitens Sauchets, dem Direktor der Schiffskonstruktionen statt. Aber der Sauchet'sche Kessel fand wenig Beachtung, da er nicht für einen geregelten Bedarf einstand.

In Wirklichkeit war die Einführung der Kessel mit beschleunigter Umströmung in die Marine das Werk des Fregattenkapitäns du Temple, der zuerst die Luftschiffahrt im Auge hatte und dessen Arbeiten vollständig unabhängig sind von denen Sauchets. Die erste Verwendung eines Temple'schen Kessels auf einem Torpedo fand im Jahre 1884 auf Nr. 20 statt.

Die Dampfkessel mit beschleunigter Umströmung sind meist leichter wie die Lokomotivkessel und da ihre Rostfläche viel wirksamer ausgebildet ist, kann der Verbrauch an Brennmaterial für dieselbe Krafterleistung ein geringerer sein.

Zahlreiche Anwendungen hiervon wurden im Ausland und in Frankreich gemacht. Die bekanntesten sind bei uns diejenigen von MM Normand, Guyot und Sigaudy.

Durch beharrliche Arbeit und geduldige Versuche ist es den Ingenieuren gelungen die Detail-Schwierigkeiten zu überwinden, die in der Aufstellung der Kessel lagen und was ihnen anstandslos gelang, sowie auch den höheren Verbrauch an Brennmaterial mit 300 kg mit einem noch mehr befriedigenden Ergebnis einzuschränken.

Bei den grossen Schiffen war die Frage der Dampfkessel von etwas anderer Art. Die Notwendigkeit sehr leichter Apparate

ergab sich ebenso gebieterisch wie für die Torpedoboote, und diese Frage von Bedeutung liess zuerst den Zylinderkessel mit wiederkehrender Flamme abdanken, dessen Durchmesser beinahe unnatürlich mit der Krafterleistung der Maschine wuchs und der keinen Platz mehr unter dem gepanzerten Deck gewisser Kreuzer und Panzerschiffe finden konnte.

Man führte zunächst den Zylinderkessel mit direkter Flamme ein, indem man durch eine Verbesserung der Art der Verbrennung für das Gewicht zu profitieren suchte mit Hilfe des Zugs, den man künstlich erzeugte.

Die Resultate waren sehr ungünstige. Die empfindlichen Kessel wurden sehr mitgenommen infolge der intensiven Wärme, der sie ausgesetzt waren. Die Gründe des Misserfolges waren die gleichen, die die Einführung des Modells der Lokomotivkessel auf den Torpedos misslingen liessen.

Man machte dafür den künstlichen Zug verantwortlich. Unter dem Druck der Meinung beschloss die Marine plötzlich diese Art des Zuges abzuschaffen und wandte sich den Wasserröhrenkesseln zu, die eine ausgebildete Rostfläche zeigten und so die intensive Verbrennung abschwächten.

Man erkannte auf diese Weise, dass man bei einer Anwendung von 150 kg, die man durch einen einfachen und geringen Zug erhielt, man die gleichen Resultate erhalten konnte als mit Zylinderkesseln bei 300 kg.

Indem man einmal das Misstrauen und die Einwendungen, denen die Wasserröhrenkessel als Maschinen, die auf See verwendet wurden, bis dahin ausgesetzt gewesen waren, überwunden hatte, verallgemeinerte man deren Verwendung für die ganze Flotte.

Wir sagen gleich jetzt, dass diese kühne Einführung ein vollständiger Erfolg war und dass man seit dieser Zeit, abgesehen von einigen unglücklichen Zufällen, die nie ganz vermieden werden können, definitiv mit den grossen Unglücksfällen abgeschlossen hat.

Die hauptsächlichlichen Modelle, die für die Marine gewählt wurden, sind die Dampfkessel Belleville, Lagrafet und d'Allest, Niclaussé. Diese Kesseltypen sind hinreichend bekannt, als dass es nötig wäre, sie hier zu beschreiben.

Seit 1896 hat man schliesslich versucht bei den grossen Schiffen Kessel mit kleinen Röhren anzuwenden. Indem die erhaltenen Resultate auch für die anderen Arten den Fortschritt nicht ausschliessen, lassen sie annehmen, dass diese Kessel in Zukunft eine ausgedehnte Verwendung in den verschiedenen Arten der Schifffahrt finden werden.

Nach Massgabe wie die Anwendung der verschiedenen Typen der Wasserröhrenkessel, die wir betrachtet haben, sich verallgemeinert hat, sind ihre militärischen Vorteile mehr und mehr zur Geltung gekommen. Ihr geringes Wasservolumen, das man am Anfang mit gewisser Besorgnis hinsichtlich der Sicherheit des Betriebs annahm, wird heute als Grundbedingung der Bewegungsfähigkeit, die ein Kriegsschiff haben muss, betrachtet.

Das gemischte System, das darin besteht einen Verdampfungsapparat zum Teil mit Zylinderkesseln und zum Teil mit Wasserröhrenkesseln zusammzusetzen, scheint in Frankreich keine Anhänger gefunden zu haben.

Der Erfolg der verschiedenen Dampfkessel mit Wasserröhren schuf besonders in Frankreich eine grosse Anzahl neuer Modelle, die mehr oder weniger sich an die bestehenden anlehnen und unzweifelhaft diesen bald zur Seite gestellt werden können. Solche sind die Kessel Montupet, Purgan und Foy, de Dion und Bouton, Duchesne, Solignac und Grille, u. s. w., die an Land schon eine grosse Anzahl Anwendungen gefunden haben, die aber ihre Brauchbarkeit an Bord noch nicht genügend erwiesen haben, um mit voller Sicherheit als Schiffskessel empfohlen werden zu können.

Wasserröhrenkesseln auf den Handelsschiffen. — Bei der Handelsmarine sind die Zylinderkessel mit wiederkehrender Flamme wegen ihrer besonderen Eigenschaften im Gebrauch geblieben und dank ihrer Fortschritte in dieser Hinsicht machen die Wasserröhrenkessel einen beträchtlichen Teil aus. In Frankreich besitzen, ohne von einigen weniger wichtigen Anwendungen zu sprechen, eine ziemlich grosse Anzahl Packettschiffe der See-Dampfschifflinien Kessel Belleville; die Flotte der « Compagnie de navigation concessionnaire des services postaux de la Corse » hat Kessel Niclausse erhalten.

Die allgemeine transatlantische Gesellschaft, die selbst die Vorteile und Nachteile der Kessel mit Wasserröhren zu beurteilen wünschte, hat eines ihrer Schiffe mit einem Kessel Belleville, ein anderes mit einem solchen Niclausse versehen.

Die Versuche, die in gleicher Weise mit ziemlich grossem Massstab auch im Ausland angestellt wurden, waren unzweifelhaft geeignet, eine immer mehr befriedigende Anpassung, wie auch eine Ausbreitung der Kessel mit Wasserröhren in der Handelsmarine und speziell auf die Packetschiffe herbeizuführen. Die Erfahrung wird die Wahl unter den verschiedenen Typen bestimmen, indem sie auf die Kosten des Einkaufs und der Unterhaltung Rücksicht nimmt.

Gewicht und Leistungsfähigkeit der Kessel. — Das Gewicht der Kessel pro Pferdekraft hängt wesentlich von dem Ganz der Verbrennung ab.

Man kann im Mittel folgende Zahlen annehmen :

	Gewicht pro Pferdekraft
Packetboote mit grosser Geschwindigkeit	30 kg
Cargo boats	120 »
Kriegsschiffe mit grossem Tonnengehalt	35 »
Torpedojäger und Torpedoboote	9 »

Kein spezieller Grund spricht dagegen, dass man in Zukunft diese Vorteile des Gewichts verwirkliche. Was den Nutzeffekt anbelangt, so beträgt er bei den gangbaren Modellen etwa 0,70 und ist es schwierig eine sehr bemerkenswerte Verbesserung zu berechnen.

3. Die Propeller.

Die Schaufelräder, die die erste Art der mechanischen Propeller darstellten, sind beinahe vollständig ausser Gebrauch gekommen. Ihre Verwendung ist nur da beibehalten, wo der Tiefgang nur ein sehr geringer sein kann. Hiervon abgesehen ist die Schraube der einzige zur Verwendung kommende Propeller.

Die Kenntnis, die man gegenwärtig über die Wirkungsweise der Schraube hat, ist sehr unvollkommen und arbeitet sie nach vollständig unbekanntem Regeln, sobald man sie für einen Fall verwenden will, der von den allgemeinen Anordnungen abweicht.

Einerseits hat die mathematische Theorie nur ziemlich unbestimmte Angaben schaffen können. Andererseits sind die Elemente, die bei der Funktion dazukommen, so zahlreich, dass man nicht mit einem Male die Wirkungsweise eines jeden hervorheben konnte, trotzdem man die Resultate sehr vieler Versuche besitzt.

Die Unzulänglichkeit der Kenntnisse, die man von der Schraube hat, ist erst offenbar geworden bei dem Trachten nach grossen Geschwindigkeiten.

Bis dahin zeigten sich die Anwendungen von der besten Seite infolge der langsamen Rotation der Maschinen und der ermäs-

sigten Geschwindigkeit der Schiffe. Einige praktische Regeln, die sich infolge der Erfahrungen seit der Verwendung der Schraube (1) herausgebildet hatten genügten zur Einführung der Propeller, die sich gut bewährten.

Aber die Schwierigkeiten begannen in dem Augenblick, als man die Schnelligkeit der Schiffe und die Rotation der Maschinen erhöhen wollte. Man erkannte, dass in der Wirkungsweise empfindliche Störungen eintreten, die die Leistungsfähigkeit in erheblichem Masse einschränken müssten, und dass eine kleine Aenderung in den Abmessungen der Propeller genügte, um das erhaltene Resultat sehr empfindlich zu beeinträchtigen.

Es scheint erwiesen, dass bei einem Anwachsen der Geschwindigkeit das Wasser sich von der Rückseite der Flügel löst, gerade so wie bei einer Pumpe das Wasser den Kolben verlässt, wenn sie zu schnell arbeitet.

Diese Erscheinung ist allgemein bekannt unter dem Namen Cavitation. M. Normand, der im Jahre 1893 zum ersten Male das Vorhandensein dieser Erscheinung unter dem Namen Bruch hydraulischer Gylinder bekannt gab, hat zur Vermeidung desselben empfohlen, die vorwärtstreibende Oberfläche proportional der Schiffsgeschwindigkeit zu vermehren. Da es von einer gewissen Grenze an unmöglich ist, die vorwärtstreibende Oberfläche zu vermehren ohne den Durchmesser zu vergrössern, so sieht man, wenn man gleichzeitig eine Erhöhung der Umdrehungszahl herbeiführen will, dass man der Umfangsgeschwindigkeit einen übertriebenen Wert zu geben oder dem Durchmesser einen ziemlich kleinen Wert zu geben, um den Nutzeffekt in beträchtlicher Weise zu verringern. Diese sich widersprechenden Tatsachen sind es, die der Umdrehungszahl ein Ziel setzen und die die Verwendung der Turbinnen für die Schifffahrt so sehr erschweren. Die Erfahrung wird zeigen, in wie weit gewisse Schaufelformen und gewisse spezielle Anordnungen wie die Vermehrung der Propellerzahl, diese Grenze weiter hinausrücken lassen. Die Reduktion des Gewichts und der Platzeinnahme der Triebwerke ist eng mit dieser Frage verknüpft.

Die Wichtigkeit der Lösung des Problems steht ausser Frage und man muss übrigens anerkennen, dass die zahlreichen Versuche, die im Laufe der letzten Jahre angestellt wurden, unbe-

(1) *Erfahrungen du Pélican*, par MOLL et BOURGEOIS (1847-1850). *Erfahrung de l'Ebörn*, par GUÉDE et JOY 1858).

streitbare Vorteile gebracht haben, sei es auch nur die Feststellung der noch zu beseitigenden Schwierigkeiten (1).

4. Formen und Abmessungen der Schiffe.

Es ist klar, dass der Schiffswiderstand während der Fahrt wesentlich von den Formen und Abmessungen des Schiffs abhängt.

Im Princip muss die Feinheit der äusseren Formen um so grösser sein, wie die Geschwindigkeit selbst grösser sein soll.

Auch haben sich die Fahrzeuge bei gleichbleibender Form innerhalb der Grenze, die durch die Solidität und Stabilität festgelegt ist, verlängert.

Diese Regel macht jedoch eine wichtige Ausnahme bei den Fahrzeugen mit kleinem Deplacement. Denn sogar bei ziemlich vollen Formen giebt es von einer gewissen Geschwindigkeit an ein Aufwallen der Fluten, das den Widerstand während der Fahrt mindert. Deshalb giebt man auch Torpedos mit 25 Knoten dieselbe Form wie den grossen Schiffen, die mit 14 Knoten segeln. Auf Grund dieser Erscheinung konnte man eine Geschwindigkeit von 22 Knoten für leichte Fahrzeuge, die mit einem Petroleummotor versehen sind, erreichen. Aus diesem Grunde ist das Problem der grossen Geschwindigkeit auch leichter zu lösen bei kleinen wie bei grossem Deplacement, sobald man von der zurückzulegenden Entfernung absieht.

Aber diese Lösung kann in keiner Weise für die Grossschiffahrt angewandt werden, die notwendigerweise grosses Deplacement verlangt, um das Gleichgewicht zu sichern und um das Brennmaterial mit sich führen zu können, das für die zurückzulegende Entfernung nötig ist. Obwohl die Gesetze des Aufwallens der Fluten nicht genau bestimmt sind, so ist doch sicher, dass die Geschwindigkeit, mit der die Erhebung ent-

(1) Über die Arbeiten betreffs der Schraube, die in den letzten 15 Jahren in Frankreich veröffentlicht wurden, führen wir folgende an :

MM. NORMAND (*Mémorial du Génie maritime*, 1883; *Bulletin de l'Association technique maritime*, 1890, 1893, 1899); DOYÈRE (*Mémorial du Génie maritime*, 3. livraison 1888 et 3. livraison 1899); *Bulletin de l'Association technique maritime*, 1900, 1901, 1902); DRZEWIECKI (*Bulletin de l'Association technique maritime*, 1892, 1900, 1901); DAYMARD (*Bulletin de l'Association technique maritime*, 1895, 1904); RATEAU (*Bulletin de l'Association technique maritime*, 1900); LAUBEUF (*Bulletin de l'Association technique maritime*, 1901); ALHEILIG (*Mémorial du Génie maritime*, novembre 1902), BROSSER (*Bulletin de l'Association technique maritime*, 1903).

steht, schnell mit dem Schiffs-Displacement wächst. Es ist wahrscheinlich, dass für ein Schiff von 8000 Tonnen diese Geschwindigkeit ungefähr 40 Knoten betragen würde. Diese Zahl genügt zu beweisen, dass man auf das Aufwallen für die Schifffahrt auf hoher See nicht rechnen kann, und dass es demzufolge nötig ist zu feineren Formen zu gelangen.

Was die absoluten Schiffsdimensionen betrifft, so weiss man, dass die nötige Leistungsfähigkeit durch die transportierte Warentonne fortwährend abnimmt, wenn das Displacement zunimmt.

Wir bleiben nicht bei dieser wohlbekanntenen Eigenschaft stehen, die die progressive Vergrösserung der Abmessungen der Handelsschiffe ausdrückt und die M. l'ingénieur en chef Vétillard in meisterhafter Weise auf dem Schifffahrtkongress vom Jahr 1900 auseinandergesetzt hat.

Um aber diese Vermehrung des Tonnengehaltes praktisch vorteilhaft zu gestalten, musste dies erreicht werden ohne den Konstruktionspreis pro Tonne und das Verhältnis des Gewichts zum Displacement zu erhöhen. Diese Bedingung konnte nur erfüllt werden, wenn die Schiffsverhältnisse wenig verändert und wenn insbesondere das Verhältnis der Tiefe zur Länge beinahe denselben Wert behielt.

Die Beschwerlichkeit, die das Schiff zeigt, erklärt sich bei einer Drehung um eine horizontale Axe, indem man von dem Hauptschnitt ausgeht. Das einzige Mittel dieses Resultat zu erhalten, ohne das relative Gewicht zu vermehren, besteht darin die Höhe der Abteilung zu vergrössern, d. h. die Tiefe. Um andererseits die Stabilität bei normalen Bedingungen zu erhalten und um aus dem ganzen Tragvermögen Vorteil zu ziehen, ist man notwendigerweise gezwungen den Tiefgang zu vergrössern gleichzeitig mit der Tiefe.

Die Dimensionen der Handelsschiffe, die mit langem Kurs segeln, haben andere Abmessungen hinsichtlich der Länge und des Tiefgangs, wie sie die Häfen und Wasserstrassen vorschreiben.

Obwohl andere Gesichtspunkte für die Kriegsschiffe gelten, so z. B. die Bepanzerung, beschränken doch die Ausdehnung die Fähigkeit guter Bewegung ; das Displacement versucht immer sich zu erhöhen.

5. Betrachtungen hinsichtlich der Häfen und Wasserstrassen.

Die vorausgegangene Uebersicht zeigt seit 30 Jahren beträchtliche Fortschritte in den Mitteln zur Fortbewegung der Schiffe, Fortschritte, die in der grossen Erhöhung der Geschwindigkeit und der wichtigen Verringerung der Ausgaben des Brennmaterials liegen.

Diese Erfolge sind nicht nur in den Verbesserungen der Triebkraft zu suchen, sondern auch in der Verbesserung der Schiffsabmessungen.

Einige bemerkenswerte Erfolge, wie die Verwendung der Doppelschraube, die die Bewegung in dem Fahrwasser gefördert hat, der Verbesserungen, die an der Triebkraft angebracht wurden, scheinen keinen direkten Einfluss auf die Anordnungen und Abmessungen der Häfen und Wasserstrassen auszuüben.

Doch sind im Gegenteil die vergrösserten Schiffsabmessungen und insbesondere der Tiefgang praktisch begrenzt infolge der Schwierigkeit des Zutritts zu den Häfen.

Deshalb sind die grössten und schnellsten Packetschiffe diejenigen, die die Verbindung zwischen dem nördlichen Amerika und den europäischen Häfen mit grosser Tiefe herstellen. Man weiss, dass es die ungenügende Tiefe des Hafens von Havre war, der die französische « Compagnie Transatlantique » in die Unmöglichkeit versetzte den Geschwindigkeitsrekord über den Atlantischen Ozean zu halten, einen Rekord, den sie im Jahre 1887 gehalten hatte.

Die Abmessungen der Schiffe für den Dienst auf den anderen Linien und insbesondere der Cargo-boats, erreichen, obwohl sie sehr vergrössert sind, nicht diejenigen der grossen atlantischen Packetboote, wegen des ungenügenden Tiefganges der Häfen, in die sie einlaufen müssen.

Das Drängen der Rheder nach einer Vertiefung der Häfen erhält also den nötigen Nachdruck. Unglücklicherweise erfordert die Anordnung dieser Aenderungen grosse Summen. Auch hat man lange gezögert frisch weg diesem Gesichtspunkt näher zu treten. Bevor man solche Opfer bringen will, ist es klar, dass man die Gewissheit haben will, dass sie für längere Zeit genügen. Man hat sich gefragt, ob, wie dies schon oft bei industriellen Anlagen der Fall war, neue Fortschritte in der Schiffsbaukunst nicht eine Verminderung der Abmessungen bewirken.

Ohne entscheiden zu wollen, was die Zukunft bringt, ist

demnach möglich zu behaupten, dass die Elemente des Fortschritts nicht geeignet erscheinen, eine Verminderung der Schiffsdimensionen herbeizuführen. Die tatsächlichen Fortschritte in der Konstruktion des Triebwerks sind weit davon entfernt eine Vermehrung der Tragfähigkeit zu hindern, sie haben im Gegenteil in gewissem Masse durch Verringerung der Betriebskosten in gewissem Masse dieselbe begünstigt und demzufolge gestattet mehr. Kosten auf die Konstruktion des Schiffes zu verwenden.

Wird eine neue Verminderung des Gewichts der Maschinen und des Kohlenverbrauchs den Tonnengehalt herabsetzen? Das scheint wenig wahrscheinlich.

Bei den Cargo-boats hätte man ein offenkundiges Interesse an einer Reduzierung des toten Gewichts, um die Ladung vergrößern zu können, ohne die Schiffsabmessungen herabzusetzen.

Bei den Packetbooten mit grosser Geschwindigkeit würde ein erhaltener Vorteil in bezug des Kohlenverbrauchs zu einer Reduzierung des toten Gewichts und der Betriebskosten führen, woraus man sicherlich den Vorteil der Erhöhung der Kraftleistung der Maschinen und der Geschwindigkeit ziehen würde. Ein Vorteil in bezug des Gewichtes der Triebkraft würde ebenfalls zu einer Erhöhung des Effektes und demzufolge des Gewichtes führen, würde aber zugleich die Kosten der Verbrennung vermehren. Man kann z. B. bei einem transatlantischen Packetboot wie die *Provence*, dessen Geschwindigkeit, die für den Dienst vorgesehen ist (1), 21,5 Knoten beträgt, das Gewicht der Triebkraft von 150 kg auf 75 kg pro Pferdekraft herabsetzen (eine Zahl wie bei den Kriegsschiffen). Eine überschlägliche Berechnung zeigt, wenn man den auf diese Weise erhaltenen Vorteil zur Erhöhung der Geschwindigkeit benutzt, ohne das Displacement zu ermässigen, man etwa 24 Knoten zurücklegen kann bei einem Verbrauch an Brennstoff, der 25 % höher ist, wie die tatsächliche Verbrauchsziffer. Die Erfahrung lehrt, dass die Praxis bei dieser Geschwindigkeit eine solche Genauigkeit erreicht, dass diese Lösung als wahrscheinlich angenommen werden kann.

Es lässt sich also keine Reduktion des Tonnengehaltes der Schiffe erwarten, sondern vielmehr bei neuen eine Vergrößerung in den zum Einlaufen in die Häfen erlaubten Grenzen.

Bei diesen Betrachtungen ist es klar, dass nur diejenigen

(1) Der bei den Versuchen angenommene Wert beträgt 22,5 Knoten.

Häfen für die Schifffahrt mit grossem Kurs konkurrieren können, die im Stande sind Fahrzeuge von grosser Länge und grossem Tiefgang aufzunehmen.

Es scheint nicht möglich genau die Grenze festzusetzen, bei der ein Anwachsen der Dimensionen aufhört. Aber es ist sicher, dass man nicht unter das notwendige Minimum herabgehen darf, indem man die Grundlagen annimmt, die im Jahre 1900 von M. Vétillard für die neuen Bauwerke festgesetzt wurden und zwar für einen Tiefgang von 10 m, eine Breite von 22-24 m, eine Länge von 225-240 m und einem Deplacement von 30 bis 35 000 Tonnen eines Schiffes (1).

Dezember 1904.

LELONG.

(1) Diese Dimensionen sind wenig verschieden von denjenigen, die in einer Denkschrift, die für den Hafen von Havre aufgestellt ist, im Jahre 1902 von dem Congrès national français der öffentlichen Arbeiten festgelegt wurden.