

4643271

74

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFAHRTS-CONGRESSE

X. CONGRESS-MAILAND-1905

II. Abteilung : Seeschifffahrt
2. Frage

FORTSCHRITT

IN DEN

Mitteln zur Fortbewegung der Schiffe

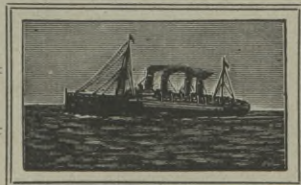
FOLGEN HINSICHTLICH DER FAHRRIKEN UND HÄFEN

BERICHT

VON

N. PECORARO

Capitän des Schiffsbauwesens. — Königlich Italiänische Marine



NAVIGARE

NECESSE

BRÜSSEL

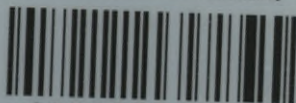
BUCHDRUCKEREI DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN (GES. M. B. H.)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

—
1905



11-354217

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316805

3PA-3-14/2019

PRAKTISCHE VERSUCHE
ÜBER DIE
Wirkung von Schiffsschrauben unter besonderen Bedingungen

BERICHT

VON

Nino PECORARO

Capitän des Schiffsbauwesens. — Königlich Italienische Marine

In den letzten Jahren sind sehr eingehende und sorgfältige Versuche über die Wirkungen und Leistungen der Schiffsschrauben angestellt, welche weit besser als wissenschaftlich-theoretische Forschungen dazu beigetragen haben die Erkenntniss und die Kenntnisse über diese wichtige Frage zu erweitern; ja, man kann sogar behaupten, dass gewisse Besonderheiten der Art der Wirkung der Schiffsschrauben, hinsichtlich derer die Theorie bisher nur unbestimmte und allgemeine Angaben hatte liefern können, lediglich durch unmittelbare praktische Versuche vollständig klar und deutlich haben gemacht werden können.

Es ist hinlänglich bekannt welch ein weites Feld von Erforschungen sich für derartige Versuche unter Anwendung des Gesetzes der Aehnlichkeit der geometrisch gleichartigen Systeme an Schraubenmodellen in kleinem Maasstabe bietet ausgeführt in der Weise, wie sie Mr. Fronde als Erster gemacht und eingeführt und damit die Schiffsbaukunst auf diesem Gebiet mit wertvollen Ergebnissen bereichert hat.

Seit 20 Jahren haben diese Untersuchungen mit Schraubenmodellen bei den nach dem Vorbild von Fronde eingerichteten Versuchsstationen an Zahl erheblich zugenommen um in Anlehnung an die Nachforschungen und Untersuchungen dieses Letzteren die Unterschiede in den Betriebsleistungen der Schiffsschrauben bei der Verschiebung ihrer hauptsächlichlichen Bedingungen und Grundlagen festzustellen. Nachdem man die wichtigsten Beziehungen, welche die Faktoren der Vorwärtsbewegung mit einander verbinden, festgelegt hatte, wurden die begonnenen Versuche auf die Bestimmung des Einflusses ausgedehnt, welche gewisse Nebenerscheinungen, die indessen keineswegs ver-

nachlässigt werden dürfen, auf die Vorwärtsbewegung besitzen. So hat man den Einfluss der Eintauchung festzustellen versucht, den Einfluss des Abstandes der Axen zweier neben einander liegender Schrauben, den Einfluss des Abstandes der Schrauben von der senkrechten zu ihrer Längsrichtung (Neigung), den Einfluss nach Maassgabe ihrer Umdrehung, den Einfluss von mehreren Schrauben neben einander auf derselben Axe, u. s. w.

Die Ergebnisse dieser langwierigen Untersuchungen, wenigstens soweit sie bis heute allgemein bekannt geworden sind, sind weder sehr zahlreich noch stimmen sie sämmtlich durchweg mit einander überein; ihre geringe Zahl darf nicht überraschen wenn man bedenkt, dass derartige Untersuchungen ausserordentlich langwierig und nicht frei von Schwierigkeiten aller Art sind und dass es an geeigneten Versuchsstationen fehlt; auch das ist nicht überraschend, dass sie nicht immer mit einander übereinstimmen, da es sich um Untersuchungen handelt, welche sehr viel Aufmerksamkeit und eine peinliche Genauigkeit erfordern, wie sie nicht allen denen, die sich damit beschäftigen, eigen ist, und endlich auch aus dem Grunde, dass die Versuche auf den verschiedenen Stationen nicht durchweg in derselben Art und Weise durchgeführt sind.

Wir persönlich haben eine Reihe von Versuchen in dem von Fronde eingerichteten Becken in dem königlichen Arsenal, in Spezia ausgeführt und halten es für zweckmässig und nützlich die Ergebnisse bekannt zu geben; wenn sie auch zu ihrem grösseren Teil nicht den Anspruch machen neue Schlussfolgerungen über die Wirkungen der Schiffsschrauben zu bringen, so werden sie dennoch, wie wir wenigstens glauben annehmen zu dürfen, in einem gewissen Maasse dazu beitragen, die ähnlichen an anderen Stellen bereits gewonnenen Erfahrungen zu vermehren und einen weiteren Beweis dafür liefern, mit welchen wichtigen und mannigfaltigen Untersuchungen man sich bei diesen praktischen Versuchen beschäftigt, welchen man ohne allen Zweifel eine grosse Zahl von bemerkenswerten in den letzten Jahren auf dem Gebiet des Schiffsbauwesens erreichten Fortschritten verdankt.

Einfluss der Eintauchung der Schraube auf den Stoss und die Vorwärtsbewegung.

Um den Einfluss der Tiefe der Eintauchung auf den Stoss und die Vorwärtsbewegung zu bestimmen, wurden verschiede-

ne Versuche mit einem Schraubenmodell mit drei Flügeln mit einem Durchmesser von 190 mm, einem Durchschnitgang von 0 m 198,5, einem Verhältniss der Schraubenfläche zur Kreisfläche von 0 m 257, und im Verhältniss von 1 : 30 der Schiffschraube eines Panzerschiffs erster Klasse entsprechend ausgeführt.

Es wurden sieben Arten von Versuchen vorgenommen ; bei der ersten war die Schraube derart angebracht, dass das Flügelende noch um 40 mm aus dem Wasser herausragte, bei den folgenden Versuchen wurde die Eintauchung jedesmal um 20 mm vermehrt. In der nachfolgenden Zusammenstellung sind die Eintauchungen derart zusammengestellt dass diejenigen Maasse, um welche die Schraubenflügel aus dem Wasser herausgeragt haben, als negative bezeichnet sind :

Versuch . .	Erster	Zweiter	Dritter	Vierter	Fünfter	Sechster	Siebenter
	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m	m/m
Eintauchung.	- 40	- 20	0	+ 20	+ 40	+ 60	+ 80

Bei der Fortbewegung der Schraube wurde bei sämtlichen Versuchen die gleiche Geschwindigkeit fortdauernd eingehalten, die Zahl der Umdrehungen wechselte zwischen 390 und 570 in der Minute.

In der nachfolgenden Zusammenstellung bringen wir die Stärken der Stösse in Gramm, getrennt für jede Versuchsreihe im Vergleich mit den verschiedenen Zahlen der Umdrehungen.

ZAHLE DER UMDREHUNGEN	1	2	3	4	5	6	7
390	241	261	297	300	300	300	300
420	543	603	682	700	715	715	715
450	872	1003	1125	1150	1180	1190	1195
480	1222	1426	1568	1645	1690	1710	1715
510	1608	1890	2090	2190	2250	2295	2305
540	2010	2370	2650	2775	2850	2900	2915
570	2410	2870	3250	3400	3500	3580	3665

Noch besser als aus dieser Zusammenstellung kann man sich die Unterschiede der Stösse bei den verschiedenen Eintauchungen durch Betrachtung der graphischen Darstellung auf Tafel I, welche die Linie der Stösse im Zusammenhange mit den Um-

drehungszahlen darstellt, klar machen. Man erkennt mit leichter Mühe, dass die Wirkung der Schraube mit zunehmender Eintauchung gleichfalls zunimmt. Diese Zunahme an Wirkung tritt gleichwol nicht in dem Maasse in die Erscheinung wie die Tiefe der Eintauchung wächst. Die Ergebnisse stimmen mit den von Rennie mit einfachen Mitteln angestellten Versuchen, welche wie bekannt in dem « Artisan » gegen Ende des Jahres 1856 veröffentlicht wurden, überein (1). Sie zeigen in der Hauptsache :

1. Dass bei einer gleichen Zunahme der Eintauchung die Wirkung der Schraube in demselben Maasse stärker wird als die Zahl der Umdrehungen der Schraube zunimmt.

2. Dass die Wirkung der Schraube erfahrungsmässig bei einer gleichen Zahl von Umdrehungen bei einer gewissen Tiefe sich nicht mehr ändert sondern die gleiche bleibt.

Die von Rennie, wie wir schon oben bemerkten, mit den einfachsten Mitteln ausgeführten Versuche gestatteten eine Berechnung der Schraubenwirkung in verschiedenen Anordnungen nicht ; bei unseren mit der grösstmöglichen Genauigkeit unter Benutzung der empfindlichsten dynamometrischen Einrichtungen, mit denen das Versuchsbecken ausgestattet ist, angestellten Versuchen war es möglich diese Berechnungen durchzuführen.

Wir sind infolgedessen in der Lage in der untenstehenden Zusammenstellung die Werte der treibenden Kraft E (die Beziehung zwischen der Arbeit des Stosses und der bewegenden auf die Schraube übertragenen Arbeit) für jede Tiefe im Zusammenhange mit den verschiedenen Umdrehungszahlen der Schraube zu bringen :

ZAHL DER UMDREHUNGEN	WERTE DER TREIBENDEN KRAFT FÜR DIE EINTAUCHUNGEN						
	m/m - 40	m/m - 20	m/m 0	m/m + 20	m/m + 40	m/m + 60	m/m + 80
390	0.245	0.287	0.297	0.315	0.317	0.313	0.313
420	0.417	0.415	0.437	0.450	0.452	0.452	0.450
450	0.482	0.483	0.497	0.510	0.510	0.515	0.516
480	0.515	0.520	0.525	0.530	0.535	0.540	0.540
510	0.530	0.537	0.532	0.538	0.540	0.538	0.540
540	0.527	0.535	0.530	0.532	0.538	0.537	0.536

(1) Account of experiments made in the year 1856 on the resistance by screw-propellers, when driven at high velocities and immersed, in the river Thames at different depths.

Die Betrachtung der oben zusammengestellten Werte der treibenden Kraft gestattet folgende Behauptungen aufzustellen :

1. Die unvollständige Eintauchung der Flügel ist in allen Fällen für die treibende Kraft nachteilig ;

2. Bei vollständig eingetauchter Schraube wächst die treibende Kraft allmähig mit der Zunahme der Eintauchung ;

3. Von einer gewissen Tiefe der Eintauchung der Flügelenden an (bei den vorliegenden Versuchsergebnissen 60 Millimeter) kann man annehmen, dass ungeachtet aller Vergrößerung der Eintauchung die Wirkung erfahrungsmässig sich nicht mehr ändert sondern gleich bleibt.

Aber wir müssen sofort darauf aufmerksam machen, dass diese Schlussfolgerungen sich nur auf den Fall einer allein für sich arbeitenden Schraube beziehen, denn es liegt ein grosser Unterschied hierin und in dem sehr andersgearteten Fall, wenn die Schraube an einem Schiffskörper befestigt ist, wo der mit der Eintauchungstiefe wechselnde Einfluss des Kielwassers des Schiffs hinzutritt. In diesem Falle tritt die Gesamtwirkung der Vorwärtsbewegung, deren Erwägung hauptsächlich von Bedeutung ist, ein, denn bei dieser Wirkung treten wie allgemein bekannt ausser der treibenden Kraft der Schraube weitere Einflüsse hinzu, der Coefficient « Kielwasser » genau abhängig von dem Kielwasser, und der Coefficient « Vermehrung des Widerstandes », welcher zu seinem Teil verschiedene von der Tiefe der Eintauchung der Schraube abhängige Werte liefern kann.

Mit der ausgesprochenen Absicht den Einfluss der Eintauchung auf die Gesamtwirkung der Fortbewegung zu untersuchen und zu erforschen wurden, daher weitere Versuche vorgenommen, welche besser als die vorher erwähnten geeignet sein konnten den tatsächlichen Fall eines von eignen Schrauben getriebenen Panzerschiffs wiederzugeben. Wir glauben, es wird überflüssig sein auf die diesen Versuchen, welche mit verschiedenen Schraubenmodellen in Verbindung mit verschiedenen Schiffsformen ausgeführt wurden, zu Grunde gelegten Fundamentalgrundsätze näher einzugehen, denn diese Grundsätze und die Beschreibung der bei den Versuchen beobachteten Verfahren haben die zahlreichen in den letzten Jahren veröffentlichten Denkschriften und besonders die von jetzt an mustergültigen des Mr. Fronde zum Gegenstande gehabt. Wir werden uns hier darauf beschränken nochmals in das Gedächt-

niss zurückzurufen dass der Wert der Wirkung der Schrauben und damit der Wert, den wir uns hier genau zu bestimmen zum Ziel gesetzt haben, das Ergebniss von vier Faktoren ist.

1. $\frac{r'}{s} =$ « Vermehrung des Widerstandes » oder die Beziehung zwischen dem Widerstande beim Schleppen und der Vorwärtsbewegung als Merkmal der von dem Schiffskörper bei dem Vorwärtsdringen des strömenden Wassers hervorgerufenen Störung.

2. $2 e = \frac{s}{f}$ « treibende Kraft der Schrauben » allein für sich tätig mit einer Geschwindigkeit V und mit einer Umdrehungszahl n .

3. $\frac{V}{v} =$ » Einfluss des Kielwassers » Beziehung zwischen der absoluten Geschwindigkeit des Panzerschiffs und der mittleren aus dem strömenden Kielwasser Vn herrührenden, welche dem Panzerschiff mit veränderlicher Geschwindigkeit folgt.

4. $\frac{t}{t} =$ « Einflusscoefficient aus der Veränderlichkeit des strömenden Kielwassers; dieser Koeffizient ist von der Einheit wenig verschieden.

Die oben näher bezeichneten vier Factoren ergeben die gesammte vorwärts treibende Kraft E , welche für das Schiffsmodell, mit welchem die Versuche angestellt wurden, den Wert der Beziehung ergeben zwischen der Kraft, welche zur Fortbewegung des Modells mit einer gewissen Geschwindigkeit v aufgewendet werden muss und zwischen derjenigen auf die Schraubenwellen zu übertragenden Kraft, welche erforderlich ist um das Schiffsmodell mit der gleichen Geschwindigkeit vorwärts zu bewegen. Dieser Wert von E ist folgerichtig ein Nachweis des Ertrages, welcher die Wirkung aus Schiffsmodell mit Schraubenmodell ergeben wird. Wenn es angängig wäre diesen Wert ohne Weiteres auf das Panzerschiff selbst, welches das Modell im verkleinerten Masstabe darstellt, in Anwendung zu bringen, so könnte er für dieses die Beziehung zwischen der Kraft FCE , welche für das Schleppen erforderlich wäre, und derjenigen Kraft FCA darstellen, welche auf die Wellen der Schrauben behufs Erzielung der verlangten Geschwindigkeit

ausgeübt werden müsste. Die Werte von E können indessen aus verschiedenen Gründen, welche anzuführen nicht erforderlich erscheint und welche sich auf die Unterschiede zwischen den tatsächlichen Verhältnissen eines Schiffs und dem zu den Versuchen benutzten Modell beziehen, nicht auf das Schiff übertragen werden. Dessen ungeachtet bieten sie wertvolle Unterlagen für den Vergleich und können bei entsprechender Auslegung nützliche Hinweise sowol für die Auswahl der Art der Schraube als auch für die Art der Vorwärtsbewegung überhaupt bieten.

Die Versuche, von denen wir jetzt sprechen wollen, wurden mit einem Modell im Maasstab 1 : 30 eines Schiffes mit den nachstehenden hauptsächlichsten Abmessungen durchgeführt :

Länge zwischen den Lothen	116 m 95
Grösste Breite	20 m 12
Mittlere Tauchtiefe	6 m 82
Unterschied der Eintauchung	0 m 80
Wasserverdrängung	Tonnen 8524
Geschwindigkeit	Knoten 20

Die zum Versuch benutzten Schrauben waren ebenso wie das Schiffsmodell im verkleinerten Maasstabe 1 : 30 angefertigt ; es waren ihrer zwei mit je drei Flügeln, unveränderlichem Gange und mit den nachfolgenden hauptsächlichsten Abmessungen :

Grösster Durchmesser	5 m 10
Theoretischer Gang	6 m 88
Verhältniss der Schraublfläche zur Kreisfläche	0 m 258

Die Schraubenmodelle wurden derartig angeordnet, dass die Entfernung zwischen den beiden Wellen einer Entfernung am Schiffe von 7 m 50 entsprach und dass die Ebene, in welcher sich ihr Mittelpunkt beständig befand, am Schiff 3 m 45 von dem Bug entfernt sein sollte, Abmessungen wie sie zweckentsprechend bei dem wirklichen Schiff zur Anwendung gebracht werden würden.

Bezüglich der Eintauchung wurde beschlossen Versuche mit vier verschiedenen Tiefen anzustellen, der erste entsprechend einer wirklichen Eintauchung des Schiffes derart, dass die Flügelspitzen der Schrauben nur 0 m 45 eintauchten, die weiteren mit Eintauchungen von 0,95, 1,45 und 1,95 m.

Nachstehend bringen wir die Werte der gesammten treibenden Kraft E, wie sie sich bei den Versuchen und einer Ge-

schwindigkeit, die einer solchen von 20 Knoten entsprach, ergaben :

Eintauchung	Treibende Kraft
0 m 45	0,490
0 m 95	0,499
1 m 45	0,504
1 m 95	0,517

Diese Ergebnisse zeigen dass der Wert der treibenden Kraft mit zunehmender Eintauchung merkbar wächst. Dieses Anwachsen ist aber sehr viel bedeutender als das bei der treibenden Kraft der allein ohne Schiffsmodell arbeitenden Schrauben, da, wie die angestellten Versuche zeigen, mit der zunehmenden Eintauchung der mit dem Schiffsmodell verbundenen Schrauben der Coefficient $\frac{r}{s}$ « Vermehrung des Widerstandes », merkbar zunimmt, während der Coefficient « Kielwasser » und der Coefficient « Wirbel des Kielwassers » nahezu unverändert bleibt.

Der Wert von $\frac{r}{s}$ nahm tatsächlich bei stetig zunehmender Eintauchung von 0,902 zu 0,910, 0,914 bis 0,930 zu ; dies beweist dass je tiefer die Schrauben, deren Mittelpunkt immer in derselben Ebene verbleibt, eintauchen, um soweniger Wirbel rufen sie im Wasser hervor und um so weniger nimmt folgerichtig der durch die Arbeit der Schrauben erzeugte Widerstand zu.

Dies giebt Veranlassung darauf aufmerksam zu machen, dass wenn die beiden auf das strömenden Kielwasser bezüglichen Coefficienten nahezu in unveränderlichem Zustande erhalten werden, dies der Tatsache zugeschrieben werden muss, dass die Schrauben bei den angestellten Versuchen sehr weit von dem Schiffs-Körper entfernt und in einer Zone der Strömung angebracht waren, wo die Geschwindigkeit gering und in den verschiedenen Tiefen nahezu unverändert war.

Die soeben beschriebenen Versuche und die früher behandelten beweisen, was übrigens auch bereits bekannt war, dass es für die Gesamtwirkung bei der Vorwärtsbewegung immer von Vorteil ist die Schrauben so anzuordnen, dass sie möglichst tief eintauchen. Aber man darf dabei nicht ausser Acht lassen, dass das Anwachsen der treibenden Kraft nicht so sehr von dem Zunehmen der Wirkung der Schrauben als von der geringeren Störung, welche die Schraube selbst, je tiefer sie eintaucht, in der Bewegung der Strömungen, welche sich an dem Schiffshinterteil wieder zu vereinigen trachten, hervorruft.

Einfluss des Abstandes der Schraubenwellen von einander auf die treibende Kraft.

Bezüglich dieser Frage sind vor einigen Jahren Versuche von grosser Bedeutung durch den Ingenieur de italienischen Seewesens Rota in dem Becken von Fronde in La Spezia angestellt worden.

Dieser Ingenieur machte zunächst Versuche mit Schrauben allein und liess dann solche mit an einem Schiffsmodell angebrachten Schrauben folgen. Die aus diesen Versuchen hergeleiteten Schlussfolgerungen waren die folgenden :

1. Die treibende Kraft wird geringer mit der Abnahme des Abstandes der beiden arbeitenden Schrauben ohne Schiffsmodell, mithin unter idealen Verhältnissen der Vorwärtsbewegung, welche denen gleichkommen würden, falls sie an einem Schiffsmodell befestigt wären, welches keinerlei Veränderungen in dem es umgebenden Wasser hervorrufen würde.

2 Die gesammte treibende Kraft der Vorwärtsbewegung einer Schraubenanordnung mit Schiffsmodell bleibt bei jedem beliebige Abstände der Schraubenwellen von einander tatsächlich unverändert. Diese Tatsache beruht darauf, dass, während das Nähern der Wellen eine Vermehrung des Widerstandes des Schiffsmodells bei der Vorwärtsbewegung und damit eine Verminderung des Coefficienten $\frac{r'}{s}$ und mithin der gesammten treibenden Kraft verursacht, dieses selbe Nähern eine Vergrößerung des Coefficienten $\frac{V}{v}$ hervorruft, indem dann die Schrauben in einer Schicht des strömenden Kielwassers, wo die Geschwindigkeit am grössten ist, arbeiten. Die Vermehrung und die Verminderung der treibenden Kraft heben sich also, welches immer auch der Abstand der Wellenachsen sei, auf.

Es muss bemerkt werden, dass der grösste bei den Versuchen den Wellenachsen gegebene Abstand derart gewählt war, dass er bei einem dem Modell im Maasstab von 1 : 30 entsprechenden Schiffe tatsächlich noch zulässig ist ; es ist ausserdem von grosser Wichtigkeit darauf aufmerksam zu machen, dass bei dem grössten Abstände die von den äussersten Punkten der Schraubenflügel beschriebenen Kreislinien auf eine senkrecht zu den Achsen gelegte Ebene aufgetragen sich bis zu einem gewissen Maasse überdecken. Auch ist bekannt dass diese Anordnung

bei sehr vielen überseeischen Packetdampfern und auch bei einigen Kriegsschiffen Anwendung gefunden hat und zwar aus Gründen, die mit der Anordnung der Maschine zusammenhängen oder vielmehr auch wol aus der Absicht heraus nicht zu weit überragende und leicht Beschädigungen ausgesetzte Schrauben zu haben. Und in keinem Falle, wenigstens soweit wir unterrichtet sind, ist es festgestellt worden, dass die treibende Kraft bei diesen Schiffen geringer gewesen wäre als bei den gleichen Schiffen, wo die Schrauben mit grossem Abstände von dem Schiffsrumpf angebracht waren.

Wir haben noch keine genügende Anzahl von Versuchen bezüglich dieser Frage durchgeführt ; indessen ist einer darunter, dessen besondere Erwähnung wir für zweckmässig halten, weil die damit erzielten Ergebnisse beweisen, dass es über eine gewisse Grenze hinaus nicht von Vorteil ist den Abstand zwischen den Wellenaxen noch weiter zu vergrössern, wenn man nicht die treibende Kraft und zwar in einem erheblichen Maasse verringern will.

Wir haben mit den zur Untersuchung des Einflusses der Eintauchung angestellten Versuchen benutzten Schrauben- und Schiffskörpermodellen auch die Versuche über den Abstand der Wellenaxen mit zwei verschiedenen Abständen durchgeführt, der erste entsprach für das Schiff einem Abstände von 9 m 40, der zweite von 6 m 15 und in beiden Fällen wurden die Versuche so angestellt, dass die Schrauben sich zuerst nach innen, nach dem Schiffskörper zu, sodann nach aussen zu drehen. Diese Versuche wurden mit einer solchen Geschwindigkeit ausgeführt, wie sie einem wirklichen mit ungefähr 20 Knoten fahrenden Schiff entspricht. In der nachfolgenden Zusammenstellung bringen wir die Werte der gesammten treibenden Kraft, des Coefficienten « Zunahme des Widerstandes » $\frac{s}{\rho}$, des Coefficienten « Kielwasser » $\frac{V}{v}$ und der Coefficienten « Wirbel des Kielwassers » hergeleitet aus diesen verschiedenen Versuchen.

Diese Ergebnisse zeigen dass die Kraft merklich geringer ist, wenn die Wellenaxen (mit Uebertreibung, wie es vielleicht bei unsern Versuchen der Fall gewesen ist) von dem Schiffskörper sehr weit abstehen.

Die Erklärung für diese Verringerung der gesammten treibenden Kraft ist augenscheinlich ; es ist die weniger günstige Ausnützung des strömenden Kielwassers durch die Schrauben,

welche zuweit vom Schiffsrumpf entfernt in einer Zone des Kielwassers arbeiten, wo die Geschwindigkeit erheblich geringer ist als in grösserer Nähe des Schiffsrumpfs.

VERSUCHE	E	$r : s$	$V : v_1$	$\frac{r : s}{\times V : v_1}$	γ
Wellenabstand von 9 m. 40					
Drehung nach aussen .	0.512	0.937	1.042	0.976	0.992
Drehung nach innen. .	0.512	0.937	1.044	0.978	0.986
Wellenabstand von 6 m. 15					
Drehung nach aussen .	0.533	0.925	1.081	1.000	0.992
Drehung nach innen. .	0.528	0.922	1.081	0.997	0.989

Man erkennt aus dieser Zusammenstellung, dass der Wert von $V : v_1$, welcher sich um 1,042 und 1,044 herum bewegt, solange die Schrauben sehr weit vom Schiffsrumpf entfernt sind, auf 1,081 ansteigt, wenn sie dem Schiffsrumpf näher kommen. Es ist ja zutreffend dass die Annäherung der Schrauben an den Schiffskörper den der Vorwärtsbewegung entgegenstehenden Widerstand vermehrt und dies ist ausreichend durch die Verminderung des Coefficienten $r : s$ erwiesen ; aber diese Verminderung wird ausgeglichen und noch mehr als das durch die Zunahme des Coefficienten $V : v_1$ derart, dass schliesslich das Ergebnis $r : s \times V : v_1$, welches, wie erinnerlich « Leistung des Schiffes » genannt wurde, in dem Falle, wo die Schrauben nur geringen Abstand vom Schiffskörper haben grösser ist als dasselbe Ergebniss im andern Falle.

Die in Rede stehenden Versuche beweisen also anscheinend, dass es über eine gewisse Grenze hinaus nicht zweckmässig ist den Schrauben, einen zu grossen Abstand von der durch den Vorder- und Hinterstevensgehenden Ebene (Längenschnitt des Schiffes), zu geben. Es wird immer von Vorteil sein soweit es sich um die treibende Kraft handelt, die Schrauben in gewissen erfahrungsmässigen Abständen, d. h. ziemlich nahe am Schiffskörper anzuordnen.

Einfluss des Abstandes der Schrauben von der senkrechten und Mittellinie des Schiffshintertheils.

Es ist bekannt, dass die Schrauben, ob nur eine ob zwei nebeneinander, stets hinter der Hinterkante des Steuerruders angebracht werden. Am häufigsten ist das Schiffshintertheil und besonders bei Schnelldampfern derart gestaltet, dass es einen gewissen Zwischenraum in der Längsrichtung für das Anbringen der Schrauben freilässt und dass sie in der Querschnittsebene mehr oder weniger nahe dem Schiff angebracht werden können. Da ist die Frage ziemlich selbstverständlich was am vorteilhaftesten ist, den Abstand zwischen diesen beiden Ebenen zu vergrössern oder zu vermindern, oder ob es zweckmässig ist, die Schrauben im Sinne der Längsrichtung der Linie des Steuerruders folgend näher oder entfernter anzubringen. Um über diese Frage schlüssig zu werden, wurden übereinstimmend mit denen von Fronde und Tidemann weitere Versuche mit Modellen angestellt, welche sich aber hauptsächlich nur auf die einfache Schraube erstreckten. Im Allgemeinen kamen die Ansteller der Versuche zu dem Schluss, dass es zweckmässig sei die Schraube möglichst nahe dem Schiffshintertheil anzuordnen weil man hierbei ganz beträchtlich die durch die Bewegung der Schraube hervorgerufenen Wirbel im Wasser verringerte oder mit andern Worten den Wert des Coefficienten $r : s$ vergrösserte.

Wir hatten vor einiger Zeit Gelegenheit auf diese Frage bezügliche Versuche an Schiffsmodellen mit zwei Schrauben durchzuführen und wollen diese Versuche, die eines gewissen Interesses nicht entbehren, im Nachfolgenden näher beschreiben.

Bei den Versuchen wurden zwei Arten von Modellen benutzt : das eine, welches bereits bei den auf die Einwirkung der Eintauchung bezüglichen Versuchen Verwendung gefunden hatte und ein anderes entsprechend im Maasstabe 1 : 30 einem Schiffe mit den nachstehenden hauptsächlichsten Abmessungen :

Länge zwischen den Loten	131 m 60
Grösste Breite	22 m 40
Mittlere Eintauchung	7 m 87
Wasserverdrängung	Tonnen 12568
Geschwindigkeit	Knoten 12,5

und ausgerüstet mit zwei Schrauben mit je 3 Flügeln mit den nachstehenden hauptsächlichsten Abmessungen :

Grösster Durchmesser	5 m 70
Gleichbleibender Gang	5 m 95
Verhältniss der Schraubenfläche zur Kreisfläche	0,257

Mit dem Schiffsmodell von 8524 Tonnen und zwanzig Knoten wurden vier verschiedene Versuche angestellt und bei jedem derselben die Wellenachsen in einer solchen Tiefe gehalten wie sie mit 4 m von der Wasserlinie des wirklichen Schiffs entsprach und in einem Abstände von 9 m 40 von einander auch auf das wirkliche Schiff bezogen. Der Abstand der Schrauben von der Senkrechten A R wurde dagegen bei jeder Reihe von Versuchen geändert ; und zwar derart dass bei der ersten Versuchsreihe die Schraubenmittelpunkte in die Querschnittsebene der Lotrechten A R ging, bei der zweiten Versuchsreihe waren sie von dieser Ebene 1 m 72 entfernt in der Richtung nach dem Schiff zu, bei der dritten Versuchsreihe 3 m 45 und bei der vierten Versuchsreihe 5 m 17.

Die bei diesen mit einer auf das Schiff bezogenen Geschwindigkeit von 20 Knoten ausgeführten Versuchen erreichten Ergebnisse sind nachstehend zusammengestellt :

VERSUCHSREIHEN	E	$r : s$	$V : v_1$	$r \times v : s \times v_1$
Erste (0 m.)	0.513	0.937	1.142	0.976
Zweite (1 m.72)	0.510	0.935	1.039	0.971
Dritte (3 m. 45)	0.507	0.932	1.038	0.967
Vierte (5 m. 17)	0.488	0.872	1.035	0.902

Diese Ergebnisse geben zu folgenden Betrachtungen Veranlassung :

1. Die treibende Kraft nimmt nur unmerklich ab in dem Maasse wie die Schrauben sich dem Schiffe bis zu der dritten Stellung nähern ; die Abnahme wird aber sehr beträchtlich wenn die Schrauben weiter bis an die vierte Stellung gebracht

werden. Diese beschleunigte Abnahme der treibenden Kraft wird durch ein bedeutendes Sinken des Coefficienten $r : s$ hervorgerufen als Anzeichen einer fühlbaren Zunahme des Schiffswiderstandes bei der Vorwärtsbewegung. Diese Zunahme tritt wenig in die Erscheinung bei den ersten Stellungen, weil die Wellenachsen noch weit entfernt von der Querschnittsfläche und die Schrauben sich entfernt von dem Schiffsrumpf befinden und deshalb die von dem Wasserstrom hervorgerufene Unruhe noch gering ist; man sieht, in der Tat, dass der Wert von $r : s$ zwischen 0,937 und 0,932 schwankt und folgerichtig merkbar grösser ist, als derjenige, den wir zuerst (0,922 bis 0,925) mit den ebenso in der Querschnittsebene durch die lotrechte $A R$ aber mit dem Wellenachsenabstand von 6 m 15 und selbst von 9 m 40 angeordneten Schrauben erhalten hatten. In der vierten Stellung sind die Schrauben im Gegensatz dazu derart nach dem Schiffsrumpf zu angeordnet, dass sie je nach der Form des Schiffes ihm bedenklich nahe kommen und folgerichtig in sehr merkbarer Weise die Bewegung des strömenden Wassers verändern und den Widerstand bei der Vorwärtsbewegung erheblich vermehren; daher die auffallende und beschleunigte Abnahme des Wertes von $r : s$, welcher von 0,932 auf 0,872 fällt.

2. Zu der Abnahme der gesammten treibenden Kraft trägt auch die Abnahme des Coefficienten « Kielwasser » bei, aber dieser Umstand ist nur von geringer Bedeutung und kann fast vernachlässigt werden.

Die Ergebnisse der mit dem Schiffsmodell eines Schiffes von 12568 Tonnen und einer Geschwindigkeit von 21,5 Knoten angestellten Versuche, welche in der nachstehenden Zusammenstellung enthalten sind, bestätigen die vorstehenden Schlussfolgerungen. Mit diesem Modell wurden zwei Reihen von Versuchen gemacht; bei beiden waren die Wellenachsen mit einem mittleren Abstände von der Längsebene entsprechend 4 m 35 bei dem Schiff (ein Abstand, wie er in der Folge ein für allemal angewandt wurde) angeordnet, aber bei der ersten Versuchsreihe lagen die Mittelpunkte der Schrauben in einer Querschnittsebene mit einem Abstände entsprechend 6 m 87 von der Senkrechten $A R$ nach dem Schiff zu, bei der zweiten Versuchsreihe war dieser Abstand auf 3 m 37 verringert.

Beide Versuchsreihen wurden in der Weise durchgeführt, dass man sich die Schrauben zuerst nach innen nach dem Schiffskörper zu und sodann nach aussen drehen liess.

	E	$r : s$	$V : v_1$	$r \times v : s : v_1$
Abstand von 6 m. 87 :				
Drehung nach innen. . .	0.509	0.863	1.070	0.923
Drehung nach aussen . . .	0.537	0.877	1.086	0.951
Abstand von 3 m. 37 :				
Drehung nach innen. . .	0.541	0.888	1.064	0.946
Drehung nach aussen . . .	0.543	0.898	1.081	0.971

Diese Ergebnisse beweisen :

1. Dass die gesammte treibende Kraft der Vorwärtsbewegung zunimmt, wenn die Schrauben sich in ihrer Lage gegen die durch den Vorder- und Hintersteven (Längenschnitt) des Schiffs gelegte Ebene verändern.

2. Dass die Abnahme der treibenden Kraft, welche sich bei der Veränderung der Lage der Schrauben gegen den Schiffsrumpf zeigt, zum grossen Teil durch die Wasserströmung, welche am Schiffsrumpf zusammenkommt, und folgerichtig durch eine Abnahme des Coefficienten $r : s$ hervorgerufen wird, welche sich bei der Drehung der Schrauben nach innen zwischen 0,888 bis 0,863, und bei der Drehung der Schrauben nach aussen zwischen 0,898 und 0,877 bewegt.

3. Dass die Veränderungen des Coefficienten « Kielwasser » genügend klein sind um diesen Coefficienten als gleichbleibend annehmen zu können. Kurz zusammengefasst scheinen die soeben beschriebenen und die voraufgegangenen Versuche den Beweis zu liefern :

1. Dass es für die treibende Kraft der Vorwärtsbewegung von Vorteil ist, die Schrauben möglichst nahe nach dem Schiffsrumpf zu anzuordnen wenigstens soviel als es die praktischen Verhältnisse gestatten.

Einfluss der Drehungsrichtung.

Neber diese Frage hat man in den letzten Jahren viel geschrieben und viele Untersuchungen angestellt. Mr. Fronde

hat die Frage auf dem Wege der Versuche dahin geprüft, ob es im Hinblick auf die treibende Kraft zweckmässig wäre bei den Schiffen mit Doppelschrauben die Umdrehung der Schrauben nach dem Schiffskörper zu oder im entgegengesetzten Sinne oder um deutlicher zu sprechen ob es angezeigt wäre, « subconvergente » oder « subdivergente » Schrauben zur Anwendung zu bringen ; die Ergebnisse seiner Versuche ergeben einen geringen Vorzug für die « subconvergenten » Schrauben. Doyère ist zu denselben Schlussfolgerungen gekommen. Huin, Normand, Laubeuf und andere sind zu entgegengesetzten Schlussfolgerungen gelangt.

Man weiss ja wohl, dass es noch gar nicht lange her ist, nur ein paar Jahre, dass die « subdivergenten » Schrauben bei Schiffen mit Doppelschrauben allgemein verwandt wurden, aber seit kurzer Zeit hat man damit angefangen, subconvergente Schrauben zu verwenden. Dieser Umschlag in der Anschauung war gerechtfertigt durch den Vorteil, den man für die Einrichtung der Maschinen dabei hatte ; tatsächlich können seit dieser Zeit die Maschinen derart angeordnet werden, dass ihre Bedienung an einer Centralstelle vereint und ihre Ueberwachung derart eingerichtet ist, dass der Maschinist das Personal gut überwachen kann.

Vor zwei Jahren haben wir zahlreiche Versuche durchgeführt um festzustellen, welchen Einfluss der Sinn der Umdrehung auf die treibende Kraft der Vorwärtsbewegung haben kann.

Die Ergebnisse dieser Versuche wurden damals in eingehender Weise veröffentlicht (1). Trotzdem halten wir es für angebracht an dieser Stelle kurz zusammengefasst davon zu sprechen und sie durch einige neue Ergebnisse, welche wir bei bisher nicht bekannt gewordenen Versuchen gefunden haben, zu ergänzen, weil sie eine nützliche Vervollständigung derjenigen Untersuchungen, welche die vorliegende Denkschrift zum Gegenstande haben, bieten.

Diese in Rede stehenden Versuche wurden mit sechs Schiffsmodellen, von denen jedes mit einer andern Art der Schraubenanordnung versehen war, vorgenommen ; fünf der zu den Versuchen benutzten Schiffe gehörten zur Kriegsmarine, das sechste obwol gleichfalls zur Kriegsmarine gehörend hatte die Form eines Handelsschiffs.

(1) Zur Frage der Bewegungsrichtung der Schrauben (K. Maritima). Août, Septembre 1903.

Die Hauptabmessungen dieser sechs Schiffe sind in der nachfolgenden Zusammenstellung enthalten :

GEGEBENE HAUPTABMESSUNGEN	A	B	C	D	E	F
	m.	m.	m.	m.	m.	m.
Länge zwischen den Loten .	132.60	130.00	111.96	104.95	87.60	80.00
Grösste Breite.	22.40	23.87	20.12	18.72	9.30	14.00
Mittlere Eintauchung.	7.87	8.04	6.82	7.10	3.40	5.40
Unterschied der Eintauchung .	0.92	—	0.80	0.42	0.30	0.70
Wasserverdrängung .	12,568 T.	13,000 T.	8,524 T.	7,422 T.	1,434 T.	3,711 T.
Geschwindigkeit.	21.5 K.	20 K.	20 K.	18 K.	21 K.	12 K.

und die bei den Versuchen mit jedem einzelnen Schiffsmodell benutzten Schrauben zeigt die nachfolgende Zusammenstellung :

GEGEBENE HAUPTABMESSUNGEN	A		B		C	D	E	F
	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
Art der Schrauben.	1	1'	1	1'	S-5	1' 58	1'	S-5
Grösster Durchmesser. .	5.70	5.50	5.70	5.50	5.10	4.	3.66	3.40
Gleichbleiben der Gang .	5.95	6.21	5.95	6.21	6.88	5.18	4.14	4.59
Verhältniss der Schraubenfläche zur Kreisfläche	0.257	0.251	0.257	0.251	0.258	0.251	0.251	0.258

Es muss hier darauf aufmerksam gemacht werden, dass das Schiff A und das Schiff C dieselben sind, mit welchen diejenigen Versuche, über die wir bereits oben berichtet haben, angestellt worden sind. Wir werden von einigen der bei diesen Versuchen erreichten Ergebnisse von neuem Gebrauch machen aber lediglich bezüglich der uns augenblicklich beschäftigenden Frage ; und wir machen auch darauf aufmerksam dass für das Schiff B mit den Schrauben 1 die Versuche mit drei verschiedenen Geschwindigkeiten, für das Schiff A mit drei verschiedenen Anordnungen der Schrauben gegen den Schiffsrumpf und bei dem Schiff C mit zwei Anordnungen durchgeführt wurden. Und somit bringen wir in der nachfolgenden Zusammenstellung die erhaltenen Ergebnisse oder vielmehr die bei den verschiedenen oben geschilderten Fällen festgestellten Werte der gesammten treibenden Kraft der Vorwärtsbewegung :

SCHIFFE	Subdivergente Schrauben		Subconvergente Schrauben	
	V	E	V	E
	Knoten		Knoten	
A (Schraube <i>l</i>) Stellung 1	21,66	0,537	21,69	0,509
A (Schraube <i>l</i>) Stellung 2	21,60	0,543	21,55	0,541
A (Schraube <i>l</i>) Stellung 3	21,77	0,558	21,73	0,528
A (Schraube <i>l'</i>) Stellung 3	21,76	0,581	21,68	0,544
B (Schraube <i>l</i>)	12,12	0,528	11,72	0,522
B (Schraube <i>l</i>)	15,00	0,540	14,87	0,536
B (Schraube <i>l</i>)	17,80	0,548	17,74	0,540
B (Schraube <i>l'</i>)	19,97	0,563	20,01	0,558
C (Schraube <i>s-5</i>) Stellung 1	19,86	0,512	19,71	0,512
C (Schraube <i>s-5</i>) Stellung 2	19,72	0,533	19,72	0,528
D (Schraube <i>l'</i>)	17,98	0,565	18,01	0,557
E (Schraube <i>l'</i>)	21,05	0,552	21,07	0,546
F (Schraube <i>s-5</i>)	12,04	0,564	12,13	0,550

Vernachlässigen wir der Abkürzung wegen die auf die verschiedenen Fälle bezüglichen Werte der Coefficienten $\frac{r'}{s}$ und $\frac{V}{v}$, wie sie sich in der R Marittima, wovon wir bereits gesprochen haben, vorfinden, und fassen wir nur die Schlussfolgerungen zusammen, welche sich leicht aus der Betrachtung der oben stehenden Zusammenstellung ergeben :

1. Die Zunahme des durch die Tätigkeit der Schraube hervorgerufenen Widerstandes ist fast immer bedeutender (tatsächlich ist der Coefficient $\frac{r'}{s}$ geringer) mit den subconvergenten als mit den subdivergenten Schrauben.

Nur bei einigen Versuchen blieb diese Zunahme dieselbe; aber sie wurde im zweiten Fall geringer als im ersten.

2. Der Coefficient « Kielwasser » $\frac{V}{v}$ wird in den meisten Fällen mit den subdivergenten Schrauben höher als mit den subconvergenten; dies beweist, dass man mit den subdivergenten Schrauben aus der Strömung des Kielwassers eine grössere Nutzbarmachung erzielt. Aber in einigen Fällen ist dieser

Coefficient keiner oder doch nur einer geringen Veränderung, welche vernachlässigt werden kann, unterworfen.

3. Die Leistung des Schiffs $\frac{r}{s} \times \frac{V}{v}$ ist stets mit subdivergenten Schrauben grosser als mit subconvergenten.

Diesen Schlussfolgerungen fügen wir noch einige andre hinzu, welche sich aus den in der obenstehenden Zusammenstellung enthaltenen Werten herleiten lassen.

4. Die gesammte treibende Kraft der Vorwärtsbewegung ist stärker mit subdivergenten als mit subconvergenten Schrauben. Nur ein einziges Mal blieb diese treibende Kraft in zwei Fällen gleich und zwar, als die Schrauben (Schiff C, Schraube s-5, Stellung 1) sehr weit ab von den Seiten des Schiffskörpers und nahe dem Hintersteven angebracht waren.

Die Betrachtung der aus den Versuchen, wie sie mit den in verschiedenen Stellungen angeordneten Schrauben für die Schiffe A und C angestellt sind, erzielten Ergebnisse führt zu den nachstehenden Schlussfolgerungen.

5. Dass der Unterschied zwischen den Werten der treibenden Kraft in dem Fall der subdivergenten und dem Fall der subconvergenten Schrauben in dem Maasse bedeutender wird als die Schrauben sich dem Längsschnitt durch den Schiffskörper nähern. Dieser Grundsatz findet seine Bestätigung in der Tatsache, dass die treibende Kraft beiden mit dem Schiff C, Schraube s-5, Stellung 1, wobei die Schrauben ganz besonders weit von dem Schiffskörper entfernt angeordnet waren, angestellten Versuchen, sich nur dann änderte, wenn man die Umdrehungsrichtung änderte.

Rufen wir es uns in das Gedächtniss zurück, dass das strömende Kielwasser, wie die zahlreichen Versuche gezeigt haben, eine von Schicht zu Schicht veränderliche Geschwindigkeit von oben nach unten abnehmend besitzt und dass die Unterschiede in der Geschwindigkeit am wenigsten merkbar in den am meisten von dem Schiffskörper entfernten Schichten auftreten. Wir sind daher zu der Annahme geneigt, dass die Unterschiede in denjenigen Werten der treibenden Kraft, welche die Veränderungen in dem Sinne der Umdrehung der Schrauben begleiten, hauptsächlich von dem Einfluss abhängen, abweichend von einander in den zwei Fällen, welchen die Aenderungen der Geschwindigkeit des Kielwassers auf die

Bewegung der Schrauben haben. Dies würde die Richtigkeit der bei den durchgeführten Versuchen erzielten Ergebnisse bestätigen, welche zu der Schlussfolgerung 5 geführt haben und im Besonderen erklären, warum man in dem Falle des Schiffes C mit den sowohl von dem Schiffskörper weit entfernt angeordneten und in einer Schicht des Kielwassers, in welcher die Geschwindigkeit gering, aber fast unveränderlich ist, arbeitenden subconvergenten Schrauben denselben Wert der treibenden Kraft erhalten hat wie mit den subdivergenten Schrauben.

Wir schliessen unsere Ausführungen mit der Bemerkung dass die aus diesen letzten Versuchen gezogenen Schlussfolgerungen ebenso wie die früher beschriebenen nicht anwendbar sind auf Schiffe von besonderen Formen oder mit wenig gebräuchlichen Bewegungsvorrichtungen ; für derartige Schiffe müssten neue Versuche angestellt werden.

Aber wir stellen ganz allgemein grundsätzlich fest, dass die subconvergenten Schrauben Unzuverlässigkeiten mit sich führen, auf die zweckmässig aufmerksam gemacht wird und dass von dem besonderen Gesichtspunkt der treibenden Kraft der Vorwärtsbewegung die Anwendung von subdivergenten Schrauben stets der von subconvergenten Schrauben wird vorgezogen werden müssen.

NINO PECORARO.

