

IX. INTERNATIONALER SCHIFFAHRTS-CONGRESS.
DÜSSELDORF — 1902.

I. Abtheilung.

5. Mittheilung.

**Schiffswiderstand,
insbesondere auf Kanälen.**

Mittheilung

von

R. Haack,

Königl. Baurath in Charlottenburg.

H. Engels,

Geheimer Hofrath, Professor in Dresden.

Münster i. W.

Buchdruckerei von Johannes Bredt.

1902.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316121

201-2-1631

III. 17/85



III-307082

Neuere Versuche über Schiffswiderstand, insbesondere auf Kanälen.

Mittheilung

von

R. Haack,

H. Engels,

Königl. Baurath in Charlottenburg.

Geheimer Hofrath, Professor in Dresden.

Zur Ermittlung des Widerstandes, welchen Schiffe in begrenztem Wasser erleiden, sind die heute vorhandenen Grundlagen leider noch weniger zuverlässig als zur Berechnung der Schiffswiderstände im freien Wasser. Die von De Mas 1891—97 veröffentlichten, bei Versuchen auf französischen Kanälen gewonnenen, äusserst schätzenswerthen Ergebnisse haben ein allgemein anwendbares Verfahren, die Widerstände beliebiger Schiffe mit der nothwendigen Sicherheit zu ermitteln, bis jetzt nicht zur Folge gehabt. Auch die von dem Preussischen Minister der öffentlichen Arbeiten angeordneten, 1898 ausgeführten Schleppversuche auf dem Dortmund-Ems-Kanal haben für derartige Berechnungen keine sichere Grundlage geschaffen, wozu sie auch nicht bestimmt waren, aber diese Versuche haben über die Wasserbewegung um in Fahrt befindliche Schiffe herum Aufklärungen gegeben, welche weiter verfolgt zu werden verdienen und so wahrscheinlich zur Ermittlung der von allen Interessenten dringend gewünschten Kenntnisse führen werden.

Gleich bei den ersten Schleppversuchen zeigten die Apparate, deren Zweck die Angabe der Veränderung des Tiefganges der in Fahrt befindlichen Schiffe vorn und hinten gegenüber demjenigen in der Ruhelage war, nicht allein diese Veränderungen, sondern schon bei ganz kleinen Geschwindigkeiten eine deutliche Senkung der Schiffe, welche mit Zunahme der Schleppgeschwindigkeit sich stetig vergrösserte. Diese Einsenkung, die sich um das in Fahrt befindliche Schiff herum über die ganze Wasseroberfläche erstreckt, soweit die das Schiff umgebende Wassermenge selbst in Bewegung ist, beeinflusst alle Bewegungen eines auf irgend eine Art fortbewegten schwimmenden Körpers, wie in dem Werk »Schiffswiderstand und Schiffsbetrieb« von R. Haack, Verlag von A. Asher & Co., Berlin, und in desselben Verfassers: »Die Einsenkung

der Schiffe und ihr Einfluss auf die Bewegungen und den Widerstand der Schiffe«, Berlin 1901, Verlag von A. Troschel, ausführlich erläutert ist. Es mag hier nur noch wiederholt werden, dass die Einsenkung eine Folge der mit »negativ« bezeichneten Rückströmung des Wassers ist, welches von dem Schiffe vorn aus seinem Wege kontinuierlich verdrängt wird, und die hinter demselben, sowie in dem folgenden Kielwasser entstehenden Lücken wieder auszufüllen hat, womit nach der Vorüberfahrt des Schiffes und dem Aufhören der Strömung des Kielwassers die ursprüngliche Ruhe sowie die vorherige Höhenlage des Wasserspiegels wieder hergestellt ist. Die Einsenkung bildet sich nach demselben Gesetz, welches dem Gefälle in Flussläufen u. s. w. zu Grunde liegt, und die sie erzeugende Strömung ist in unbegrenztem Wasser abhängig von der Schiffsform, der Schiffsgeschwindigkeit, der Rauheit der benetzten Oberfläche des Schiffes, an welcher die rücklaufenden Wassertheilchen durch Reibung in ihrem Lauf verzögert werden, und von der Grösse der in rückläufiger Bewegung befindlichen Wassermenge. In begrenztem Wasser, wie in Kanälen u. s. w. wird die Einsenkung dadurch vergrössert, dass die negative Strömung, eingeengt von dem zu passirenden Kanal oder Flussbett oder auch nur von dem Boden eines zu flachen Gewässers, und vermöge der Reibung bei gleicher Schiffsgeschwindigkeit, selbst eine grössere Geschwindigkeit annehmen muss, um ihre geschilderte Aufgabe zu erfüllen.

Unter Einsenkung ist also der Hohlkörper zu verstehen, welcher von der Ebene des Wasserspiegels der Ruhe und der sich darunter bildenden, verschiedenartig gestalteten Wasseroberfläche an der Stelle des Gewässers, an welcher sich das Schiff auf seiner Fahrt befindet, begrenzt wird. Sie bildet deshalb gleichsam eine Vergrösserung des Displacements,*) die im Verhältniss zu diesem sehr bedeutend werden kann. Ein Beispiel aus Haack Schiffswiderstand kann hierfür als Beweis angeführt werden, das in der Tabelle auf Seite 44—45 lfd. Nr. 4 angegeben ist. Der kleine bei den Versuchen im Dortmund-Ems-Kanal verwendete Schleppdampfer hatte demnach bei einer Fahrgeschwindigkeit von 2,7 m/sek. und einem Displacement von 90,6 cbm einen Einsenkungskörper von 114,6 cbm erzeugt, der also 26% grösser als das Displacement selbst war.

Erzeugerin der Einsenkung ist, wie vorstehend ausgeführt, die negative Strömung, welche nicht als eine in der Richtung der sogenannten Stromlinien laufende Strömung angesehen werden darf. Für die Richtigkeit der Stromlinientheorie liefern die vom Professor Hele Shaw bei seinen Versuchen photographisch dargestellten Linien keinen Beweis, denn sie wurden nicht im freien Wasser, sondern zwang-

*) Die Wasserverdrängung ist daher die Summe des Displacements und der Einsenkung.

läufig erzeugt. Die Richtungen, welche bei den Versuchen auf dem Dortmund-Ems-Kanal die Strömungen an der Wasseroberfläche annehmen, sind in Haacks »Schiffswiderstand« aus den Textfiguren Seite 54 No. 15 und 16 zu erkennen. Diese Linien haben im Charakter Aehnlichkeit mit den Linien, welche Engels durch seine Versuche ermittelte, die unter dem Titel »Schutz von Strompfeiler-Fundamenten gegen Unterspülung«, Berlin 1894, Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn veröffentlicht wurden.

Die Bewegung der negativen Strömung ist bei Fahrten von Schiffen in Flüssen, Kanälen u. s. w. sehr veränderlich, je nach der Ungleichheit der Querschnitte und der Rauheit des Bettes, ferner wird sie an den Schiffsseiten verschieden schnell, wenn in schmalen Gewässern das Schiff nicht genau die Mitte des Fahrwassers innehält. Bei ganz langsamer Bewegung des Schiffes in der Mitte des Fahrwassers, wenn dies nicht zu schmal und flach ist, kann sich die negative Strömung wohl noch frei entwickeln, bei grösserer Schiffsgeschwindigkeit aber hört dies auf. Sie wird dann eingengt und unregelmässig, ihre Geschwindigkeit vergrössert sich und damit die Einsenkung, wodurch wiederum die Querschnittsverengung wächst, bis bei dauernder, gleichmässiger Schiffsgeschwindigkeit das Verhältniss von negativer Strömung, Einsenkung und Querschnittsgrösse zu einander geregelt ist. Dergleichen Aenderungen wiederholen sich so oft, wie sich die Verhältnisse im Fahrwasser ändern, und nur bei der Fortbewegung von Schiffen in ganz ruhigem, freien Wasser mit genau gleichmässiger Geschwindigkeit bleiben die Verhältnisse der einzelnen dabei vorkommenden Erscheinungen dauernd dieselben, so dass man sie unter diesen Umständen am besten studiren kann.

Soweit dies nach den bisherigen Beobachtungen zu beurtheilen möglich ist, sind die Wasserbewegungen u. s. w. bei einem im freien Wasser fahrenden Schiffe die folgenden:

An der Oberfläche des Wasserspiegels vor dem Schiffe erkennt man, wie sich das Wasser dort bis vor dem Bug zu der Bugwelle emporhebt, welche stetig die gleiche Höhe beibehält, wenn die Schiffsgeschwindigkeit dieselbe bleibt. Von der Bugwelle läuft, fast in der Richtung ihres Kammes, ein Theil der negativen Strömung, der stetig von vorn her ersetzt wird, nach der Seite zu, wobei sie, allmählich, durch das Zusammentreffen mit ruhigem Wasser, nach hinten zu abbiegend, zunächst mit der Mittellinie des Schiffes parallel und dann im Bogen dem Hinterschiff zuströmt. Unmittelbar hinter der Bugwelle zeigt sich an der Schiffsseite ein verhältnissmässig tiefes Wellenthal, erzeugt von dem dorthin von ihr herablaufenden Theil der negativen Strömung und zwischen dieser und der vorher erwähnten eilt mit ihnen das Wasser mit mehr oder weniger Geschwindigkeit dem Hinterschiff zu, wo alle, in einem kleinen Querschnitt zusammentreffend, grosse

Geschwindigkeit annehmen. Diese erzeugt dort eine entsprechend grosse Einsenkung, und das Hinterende des Schiffes vergrössert deshalb seinen Tiefgang gegenüber dem Boden des Gewässers, während die Bugwelle im Gegentheil das Vorderschiff etwas, jedoch weniger hebt, so dass der mittlere Tiefgang grösser ist als in der Ruhelage. Die am Hinterschiff angekommene meist unbedeutende Strömung trifft dort mit derjenigen von der andern Seite und wahrscheinlich noch mit Wasser zusammen, das von weiter hinten her dem Schiff zuströmt, und so entsteht hinten die das Schiff mit gleicher Geschwindigkeit begleitende Heckwelle, die, wenn überhaupt, über den Wasserspiegel der Ruhe nie höher hervorragt, als die Bugwelle. Diese Höhe der Heckwelle bleibt bei gleichmässiger Schiffsgeschwindigkeit konstant und über sie hinweg läuft die nicht ganz gehemmte negative Strömung nach hinten, zum Theil in Wirbeln, das Kielwasser bildend, dessen ebenfalls gesenkte Oberfläche mit zur Einsenkung gehört, die sie an ihrem hintersten Ende stetig bis zum Wasserspiegel der Ruhe wieder auffüllt.

Von der Bugwelle ebenso wie von der Heckwelle ausgehend, sieht man nach beiden Seiten mit dem Schiff in gleicher Geschwindigkeit fortlaufende Wellenreihen, welche ihre Entstehung lediglich den zuerst genannten beiden Wellen verdanken und deshalb eine Wirkung auf den Schiffswiderstand nicht haben können. Der Winkel, den die von der Bugwelle ausgehenden Wellenreihen mit einander bilden, ist kleiner, als derjenige der Heckwellenreihen, was auf die Wirkung der negativen Strömung, in deren Bereich die erstgenannten sich bewegen, zurückzuführen ist, während die Heckwellenreihen sich im ruhigen Wasser bewegen.

Da die Versuche auf dem Dortmund-Ems-Kanal in begrenztem Wasser gemacht wurden, konnten sie keine Ergebnisse darüber bringen, auf welche Breiten und Tiefen neben sowie unter dem Schiff sich die geschilderten Wasserbewegungen im freien Wasser erstrecken. Hierfür sind nur einige Andeutungen aus Ergebnissen von Probefahrten mit Schiffen auf flachem Wasser bekannt geworden. Man weiss besonders seit der Einführung grosser Schiffsgeschwindigkeiten, dass diese auf kleineren Wassertiefen nur durch verhältnissmässig grossen Kraftaufwand zu erreichen sind und hat dies bisher einer Art von Wellenbewegung zugeschrieben, welche das in Fahrt befindliche Schiff umgibt und in seinem Lauf begleiten soll. Die oben erwähnten Versuche ergaben, dass dort die Einengung der negativen Strömung in ihrem Lauf allein Ursache des grossen Kraftverbrauches war, welchen die Fortbewegung der Schiffe erforderte. Dasselbe muss für sonst freies Wasser, dessen Tiefe jedoch zu klein ist, angenommen werden, und dies zeigen auch die von Sir William Wight in seinem »Manual of Naval Architecture« mitgetheilten Probefahrtsergebnisse von englischen Kriegsschiffen.

Ein Torpedo-Kanonenboot der englischen Flotte erreichte zur Fluthzeit eine Geschwindigkeit von 17,8 Knoten, dagegen während der Ebbe einen halben Knoten weniger bei derselben Maschinenkraft, wobei die grösste Wassertiefe etwa 9 und die kleinste 7 Faden betrug. Ferner lief H. M. Kreuzer Edgar bei 13260 Pferdestärken 20,5 Knoten in 12 Faden Wasser, während in 30 Faden Tiefe 21 Knoten mit 12550 Pferdestärken erzielt wurden und H. M. Kreuzer Blenheim lief bei 92,5 Maschinenumdrehungen in der Minute sowie 15750 Pferdestärken in 9 Faden Wasser 20 Knoten, später jedoch in 22 bis 36 Faden und derselben Pferdestärke 21,5 Knoten.

Ursache für diese Erscheinungen kann nur die durch zu geringe Wassertiefe in ihrer freien Bewegung beeinträchtigte rücklaufende Wassermenge gewesen sein, welche die Schiffe umgab, und die genannten Zahlen geben ein ungefähres Bild darüber, bis auf welche bedeutende Tiefen sich diese Bewegung in den angeführten Fällen erstreckt haben muss.

Es bedarf dringend der gründlichen Aufklärung über diesen Theil der Wasserbewegung bei in Fahrt befindlichen Schiffen. Die genaue Kenntniss der Einsenkung wird ausserdem die Möglichkeit bieten, ihren Einfluss auf alle Bewegungen, welche sie auf in Fahrt befindliche Schiffe ausübt, näher kennen zu lernen. Die heutige Unkenntniss über den sogenannten »Sog«, dessen Ursache bis dahin niemand richtig erklärte, wird dadurch beseitigt und in Streitfällen über Zusammenstösse von Schiffen u. s. w. in begrenzten Gewässern wird sich leicht Klarheit schaffen lassen, die unrichtige Urtheile darüber verhütet.

Ein Beispiel zeigt, wie schwierig es heute noch ist, in solchen Fällen das Richtige zu erkennen. Im zweiten Theil von Dick und Kretschmer, »Handbuch der Seemannschaft«, Seite 489, wird mitgetheilt:

»Verfasser fuhr als Kommandant S. M. S. »Grille« von Brunsbüttel durch den Kaiser-Wilhelm-Kanal nach Kiel. Kurz vor S. M. S. »Grille« war ein grösserer Handelsdampfer in den Kanal eingelaufen. Da S. M. S. »Grille« 18 km in der Stunde, der vorausfahrende Dampfer aber nicht soviel zurücklegen durfte, wünschte der Verfasser den Handelsdampfer zu passiren. Als auf das zu dem Ende gegebene Signal der Dampfer etwas nach Backbord ausschor, wurde die Maschine S. M. S. »Grille« auf grosse Fahrt gestellt, um das Ueberholen möglichst zu beschleunigen, und gleichzeitig etwas Steuerbordruder gegeben, um den Handelsdampfer an der Backbordseite zu lassen. Als der Bug S. M. S. »Grille« querab von dem Heck des Dampfers war, in einer Entfernung von etwa 15 m, schor S. M. S. »Grille« ohne sichtbare Ursache scharf nach Backbord aus und auf den Dampfer zu. Trotzdem sofort bei Beginn der Drehung das Ruder hart Steuerbord gelegt und die Maschine auf alle Kraft voraus gestellt wurde,

behielt das Schiff die Drehung bei, sodass zur Vermeidung einer Kollision äusserste Kraft zurück gegangen werden musste.

Bei dem geringen Tiefgang S. M. S. »Grille« und der immerhin noch ziemlich grossen Entfernung von dem rechten Kanalufer ist nicht anzunehmen, dass die Ursache des plötzlichen Ausschereins in dem eigenen Grundzog zu suchen war, es bestand im Gegentheil zwischen den auf der Brücke befindlichen Offizieren die übereinstimmende Meinung, dass der Bug S. M. S. »Grille« lediglich durch den Sog des Handelsdampfers angezogen worden sei.«

Nach dem, was bis jetzt über die Einsenkung bekannt ist, lässt sich schon beweisen, dass nicht der »Sog« des Handelsdampfers das Ausschereins S. M. S. »Grille« nach Backbord veranlasste, sondern dieses entstand aus der Vergrösserung der Einsenkung, welche die Schraube S. M. S. »Grille« durch die auf alle Kraft voraus gestellte Maschine erzeugte und damit die Wasseroberfläche zwischen den beiden Schiffen senkte, so dass S. M. S. »Grille« und der Handelsdampfer durch den dort einen Ueberdruck erzeugenden, höheren Wasserstand an ihren Aussenseiten einander genähert wurden.

Ein Zusammenstoss der beiden Schiffe wurde durch das richtige Manöver S. M. S. »Grille« verhindert; wäre er erfolgt, dann würde die Schuldfrage zu entscheiden sicher sehr schwierig gewesen sein.

Vielfach wurde die Einsenkung Ursache für das Aufstossen auf den Grund von Schiffen, welche auf flachen Gewässern, die den Karten und Peilungen nach immer noch tiefer waren, wie der Tiefgang der Schiffe in der Ruhelage, zu schnell fuhren. Dies geschah in neuester Zeit bei einem Unfall des russischen Panzerschiffes Sevastopol und wahrscheinlich auch bei demjenigen von S. M. S. Kaiser Friedrich III im verflossenen Jahre, die beide erhebliche Reparaturen zur Folge hatten. (S. »Die Einsenkung der Schiffe«, Seite 20.) Nachdem man weiss, wie die Einsenkung unter Umständen, unter denen genannte Schiffe mit grosser Geschwindigkeit fuhren, das Aufstossen auf den Grund herbeiführen kann, wird man wahrscheinlich in Zukunft in solchen Fällen grosse Geschwindigkeit verbieten, wie es bereits vom Kaiserl. russischen Marineminister verboten wurde.

Die Einsenkung ist ferner das beste Mittel, die verschiedenen Treibapparate in ihrer Wirkung auf die Fortbewegung von Schiffen kennen zu lernen. Sie gibt auch Gelegenheit, um sich über Veränderung der Widerstände von Schiffen Gewissheit zu verschaffen, deren Hauptabmessungen bei gleicher Ladefähigkeit sich verschiedenartig zu einander verhalten, sowie bei Schiffen, welche mit oder gegen eine Strömung fahren u. s. w. (S. »Die Einsenkung der Schiffe« S. 23 bis 30.)

Wir befinden uns mit der Forderung nach weiteren Versuchen im Einklange mit dem auf dem letzten Pariser Kongress gefassten Beschlusse, dass es nothwendig sei, die Versuche sowohl im Grossen

als auch im Modell weiterzuführen, von denen nur die ersteren absolut genaue Werthe ergeben könnten, während die letzteren gestattet, mit geringen Kosten und in kurzer Zeit einen Vergleich zwischen den verschiedenen Schiffsgattungen oder den verschiedenen Kanalprofilen zu ermöglichen.

Zwar sind über die Zuverlässigkeit der Modellversuche in neuester Zeit Zweifel ausgesprochen. Es würde jedoch zu weit führen, wollten wir an dieser Stelle die Zweifel näher darlegen. Wir begnügen uns daher damit, auf die entsprechenden Litteraturquellen hinzuweisen:

1. Journal de la Marine »Le Yacht«, 1901, No. 1206,
2. Engineering, 1901, No. 1877, Seite 834.

Auf der anderen Seite sind die in den letzten Jahren von dem mitunterzeichneten Prof. Engels ausgeführten und nach dem Froudeschen Verfahren ausgewertheten Modellversuche auf den beiden vorigen Schiffahrtskongressen Gegenstand eingehender Berathung gewesen, sodass es sich auch erübrigt, auf diese Versuche hier näher einzugehen. Nur das sei hervorgehoben, dass diese Versuche für nach der Breite unbegrenztes Wasser (Seine) befriedigende Ergebnisse herbeigeführt haben, während für begrenztes Wasser eine Uebereinstimmung mit entsprechenden Versuchen im Grossen nur auf dem Wege des wiederholten Versuchs bewirkt werden konnte.

Da auf dem letzten Kongress der Wunsch ausgesprochen war, die Modellversuche auch auf Schleppzüge auszudehnen, so wurden noch im Herbst 1900 in Uebigau solche Versuche als Parallelversuche zu den bereits erwähnten auf dem Dortmund-Ems-Kanal angestellten Schleppversuchen ausgeführt. Auch diese Modellversuche sind ausführlich in der »Zeitschrift für Binnenschifffahrt« 1901, S. 33 ff., auf welche hiermit verwiesen wird, veröffentlicht.

Endlich sind im vorigen Jahre auf der Uebigauer Versuchsanstalt von der Gesellschaft Kette im Auftrage der Schleppschiffahrts-Vereinigung zu Dresden eine grosse Zahl von Modellversuchen mit 14 verschiedenen Schiffstypen und 2 Schleppzügen für verschiedene Tauchungen, Wassertiefen und Geschwindigkeiten ausgeführt und nach dem Froudeschen Verfahren ausgewerthet worden, um eine Unterlage für die Aufstellung eines Schlepplohntarifes zu gewinnen. Das Ergebniss dieser von April bis Ende Dezember durchgeführten Versuche liegt bis jetzt vor in nicht weniger als 288 Widerstandskurven, von denen allerdings nur 168 durch direkte Versuche ermittelt worden sind, während 120 Widerstandskurven auf dem Wege der zeichnerischen Einmittelung erhalten worden sind. Nichts kann wohl besser den Werth von Modellversuchen darthun, zumal wenn es sich, wie in diesem Falle, im Wesentlichen um Vergleichswerthe handelt. Da es ausgeschlossen ist, die vorliegenden höchst bemerkenswerthen Versuchs-

ergebnisse auch nur auszugsweise mitzutheilen, so begnügen wir uns damit, in der Anlage I eine Zusammenstellung der benutzten Schiffsmodelle, sowie in der Anlage II von einem Modell die zugehörigen Widerstandskurven, aufs Grosse umgerechnet, zu geben.

Doch darf hier dem Wunsche Ausdruck gegeben werden, dass das ausserordentlich reiche Versuchsmaterial später in aller Ausführlichkeit von den Ingenieuren der Kette veröffentlicht werde.

Da die Sohlenbreite des Fahrwassers bei allen Versuchen 5,0 m betrug, so ist das letztere nach der Breite als unbegrenzt anzusehen. Die Modelle sind sämmtlich in Holz ausgeführt, glatt gehobelt und in Oelfarbe gestrichen worden, so dass die Rauhigkeit ihrer Böden etwa gleich der von neuen, eisernen Böden wirklicher Schiffe erachtet werden konnte.

Um nun bei diesen Modellen einen Boden zu erzielen, der dem hölzernen Boden wirklicher Schiffe an Rauhigkeit etwa entspreche, sind die Böden mit grobem Tuch — Scheuertuch, Fadendicke etwa 1 mm — belegt worden. Für die Berechnung wurde jedoch, da die Rauhigkeit dieser so vorbereiteten Modellböden im Vergleich zur Wirklichkeit den Ingenieuren der Kette zu gross erschien, nur $\frac{3}{4}$ der erhaltenen Versuchswerthe eingeführt. Es sind daher die für Schiffe mit Holzboden erhaltenen Widerstandszahlen als ganz zuverlässig nicht anzusehen. Aber mangels experimenteller Unterlagen für die Lösung der Aufgabe, wie rauh man den Holzboden eines Modellschiffes zu machen hat, um die dem wirklichen Schiffe entsprechende Rauhigkeit zu erhalten, blieb kaum ein anderer Weg als der vorbeschriebene übrig. Man wird diese Aufgabe nur dadurch lösen können, dass man Versuche im Grossen mit verschiedenen rauhen, d. h. verschiedenen alten Holzböden anstellt und zu diesen Versuchen Parallelversuche mit Modellen so lange ausführt, bis die Modellversuche eine genügende Uebereinstimmung mit den ersteren Versuchen ergeben.

Es ist zuzugeben, dass wir noch weit davon entfernt sind, die Modellversuche im begrenzten Wasser mit derselben Aussicht auf Erfolg anzustellen, wie solches für unbegrenztes Wasser der Fall ist. Da aber gerade für die Binnenschifffahrt die Ermittlung des Schiffswiderstandes im begrenzten Wasser eine bedeutsame Rolle spielt, so sollte man mehr als bisher auf den Versuchsanstalten sich dieser Frage zuwenden. Gerade die von dem mitunterzeichneten Prof. Engels durchgeführten Versuche haben gezeigt, dass der Schiffswiderstand im begrenzten Wasser in hohem Maasse abhängig ist von der Rauhigkeit der Kanalwandungen und dass man nur dann mit Modellversuchen zuverlässige Werthe erhalten kann, wenn es gelingt, den Modellkanalwandungen die richtige Rauhigkeit zu geben. Bei den obenerwähnten Versuchen ist solches lediglich auf dem Wege des wiederholten Versuchens bewirkt worden, konnte auch nur so bewirkt werden, da es

bis jetzt noch an den nöthigen Unterlagen fehlt, um diese und andere Einflüsse im Voraus mit Sicherheit im Kleinen nachzuahmen. Wir sind bis jetzt immer noch auf die Koeffizienten angewiesen, die Froude im unbegrenzten Wasser experimentell bestimmt hat. Wir müssen nunmehr, um mit grösserer Sicherheit im begrenzten Wasser Modellversuche anstellen zu können, die Bestimmung der für begrenztes Wasser gültigen Reibungs-Koeffizienten u. s. w. zu erreichen suchen.

Ferner wird man versuchen müssen, die für die Bewegungen und den Widerstand der Schiffe so wichtigen Einsenkungen auch bei den Modellversuchen zu erforschen. Dass ebenso, wie im Grossen, so auch bei den Modellversuchen Einsenkungen vorkommen, haben insbesondere auch die letzten Uebigauer Versuche gezeigt. So sind in folgenden, aufs Grosse umgerechneten Fällen, die Modelle zur Berührung mit der Sohle gekommen:

Modell-No.	Wassertiefe	Tiefgang	Schiffsgeschwindigkeit
1	1,25 m	1,0 m	2,62 m
7	1,25 „	1,0 „	2,83 „
8 (17 füssig)	1,25 „	1,0 „	2,73 „
8 (16 füssig)	1,25 „	1,0 „	2,73 „

Es ist bemerkenswerth, dass sich die Einsenkung somit gezeigt hat bei den Schiffen von schlechter Form, d. h. von zu geringer Länge im Verhältniss zur Breite, und grosser Völligkeit. Freilich ist der sicherste Weg zur Aufklärung der mit der Einsenkung der Schiffe während der Fahrt auftretenden Wasserbewegungen der Versuch im Grossen, also mit den Schiffen selbst in genügend tiefen Gewässern. Die sich solchen Versuchen entgegenstellenden Schwierigkeiten scheinen indess beträchtlich zu sein, insbesondere würden sie nicht unbedeutende Kosten verursachen, wofür Deckung zu schaffen zur Zeit nicht leicht sein dürfte. Es empfiehlt sich deshalb, zunächst Versuche im Kleinen anzustellen und durch Anwendung sehr genau arbeitender Messinstrumente deren Ergebnisse so genau, wie irgend möglich, zu gestalten.

Zu ermitteln wäre an den Modellen verschiedenster Form und Grösse der direkte Widerstand bei den Geschwindigkeiten, welche den jetzt vorkommenden und den noch zu erwartenden Geschwindigkeiten entsprechen. Dabei müsste die Einsenkung in ihrem ganzen Umfange, die Höhe der Bug- und der Heckwelle, die Länge des Kielwassers, sowie die Grösse der Querschnitte der Wassermenge, welche sich vor, neben und hinter dem Schiffe bewegt, genau gemessen werden. Aus solchen Ergebnissen wird es möglich werden, die Gesetze herzuleiten,

welche dem Schiffswiderstand zu Grunde liegen, man wird aus diesem durch Zeichnung und Rechnung ermitteln können, welche Schiffsform für gegebene Bedingungen die günstigste ist, kurz man wird damit die Lücke ausfüllen, die heute in dem wichtigsten, wissenschaftlichen Theil des Schiffbaues besteht und diesen von der praktischen Erfahrung allein abhängig macht.

Charlottenburg und Dresden, im Februar 1902.

Haack.

Engels.



Haupt-Abmessungen

von

Frachtschiffen für Modellversuche für die Schlepp-
schiffahrts-Vereinigung zu Dresden.



Haupt-

abmessungen

von

Frachtschiffen für Modellversuche für die

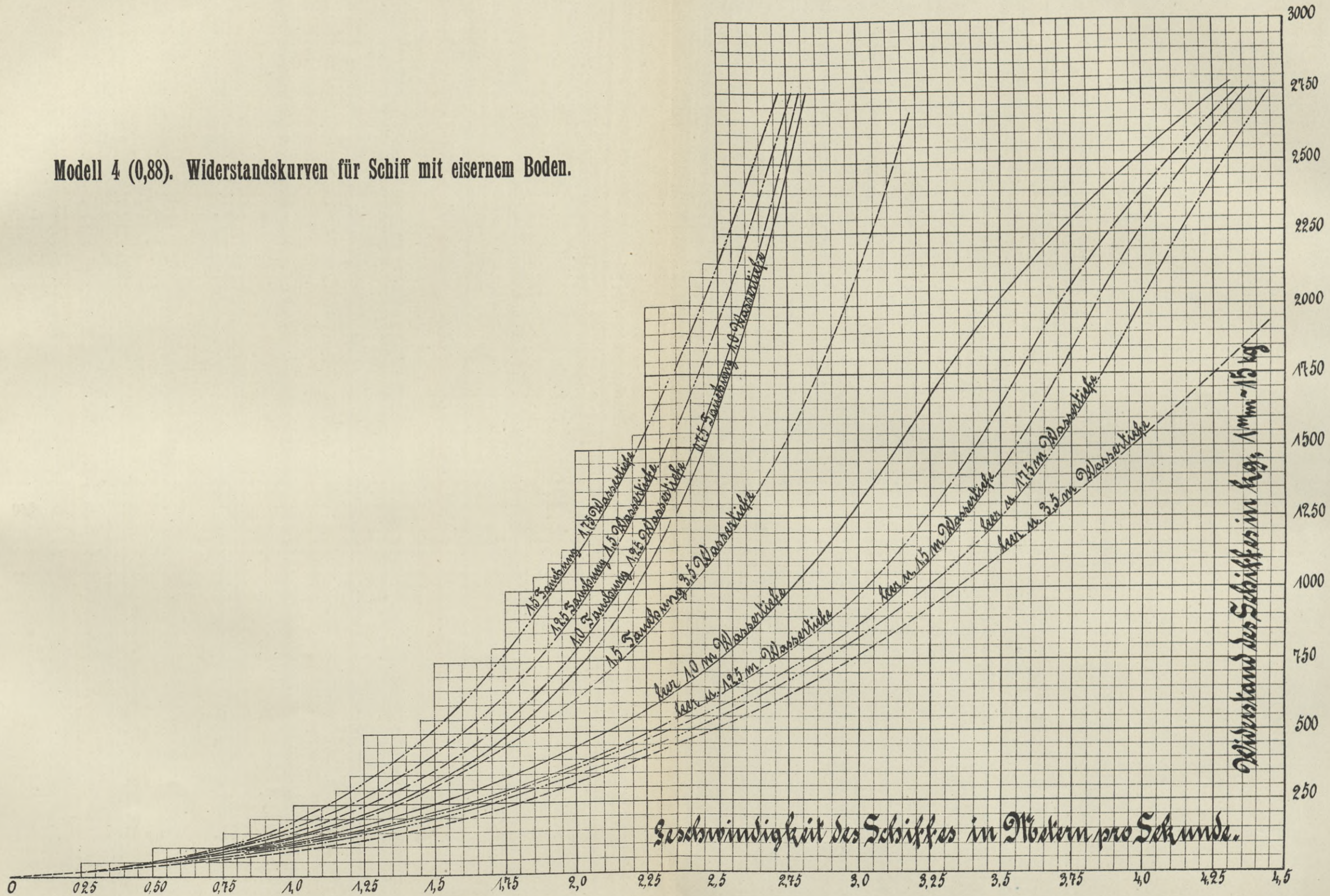
Schleppschiffahrts-Vereinigung zu Dresden.

Modell	Länge		Breite		Tiefgang be- laden	Leer- tief- gang	Displacement				
	in der Tief- lade- linie	im Boden	in der Tief- lade- linie	im Boden			für Lehr- tief- gang	für 0,75 m Tief- gang	für 1,0 m gang Tief- gang	für 1,25 m Tief- gang	für 1,5 m Tief- gang
	m	m	m	m			t	t	t	t	t
1	19,5	18,1	4,0	3,7	1,5	0,35	18,84	23,54	60,62	76,67	93,59
2	39,8	37,7	4,54	4,34	1,5	0,32	45,88	111,17	152,55	193,58	234,29
3	50,5	47,6	5,92	5,72	1,5	0,36	90,80	188,00	254,20	320,58	387,90
4	63,1	59,24	7,93	7,73	1,5	0,35	137,78	303,47	409,29	515,11	621,44
4	63,1	59,24	7,93	7,73	1,5	0,35	141,80	308,31	416,28	528,69	637,41
4	63,1	59,24	7,93	7,73	1,5	0,35	146,50	314,59	424,00	538,50	647,50
4	63,1	59,24	7,93	7,73	1,5	0,37	152,51	322,01	435,30	550,90	661,09
4	63,1	59,24	7,93	7,73	1,5	0,35	158,74	329,35	445,64	562,19	680,47
5	74,0	70,0	10,5	10,2	1,5	0,37	225,00	459,00	628,00	794,00	966,00
6	76,0	71,5	11,8	11,4	1,5	0,37	249,60	532,60	726,80	915,00	1108,00
7	54,2	51,0	7,9	7,7	1,5	0,37	124,05	261,32	348,90	445,23	537,80
8	41,0	39,72	5,35	5,35	1,5	0,34	65,02	144,92	195,50	245,52	298,92
8	41,0	39,72	5,00	5,00	1,5	0,34	61,57	140,50	189,97	237,60	286,00
9	54,2	51,0	8,05	7,84	1,5	0,37	118,93	254,28	346,53	438,28	534,19

Völlig- keits- grad	Tragfähigkeit				Bemerkung
	für 0,75 m Tief- gang t	für 1,0 m Tief- gang t	für 1,25 m Tief- gang t	für 1,5 m Tief- gang t	
0,84	24,70	41,78	57,83	74,75	Kleinster Elbe-Kahn 1:16
0,88	65,29	106,67	147,70	188,41	Finow-Kanal-Kahn 1:16
0,88	97,20	163,40	229,70	271,10	Saale-Kahn 1:16
0,84	165,62	271,51	377,33	483,66	Plauer-Kanal-Kahn 1:16
0,86	166,51	274,48	386,89	495,61	„ „ „ 1:16
0,88	168,42	277,83	392,53	501,33	„ „ „ 1:16
0,90	169,50	282,79	398,39	509,58	„ „ „ 1:16
0,92	170,61	286,90	403,45	521,73	„ „ „ 1:16
0,85	234,00	403,00	569,00	741,00	Elbe-Kahn 1:16
0,85	283,00	477,02	665,40	858,40	Grösster Elbe-Kahn 1:20
0,85	137,27	224,85	321,18	413,75	Oder-Spree-Kanal-Kahn 1:16
0,92	79,92	130,50	180,62	233,22	Böhmische Zille (17 füssig) 1:16
0,94	78,93	128,40	176,03	224,43	„ „ (16 „) 1:16
0,84	135,35	227,60	319,35	415,26	Oder-Spree-Kanal, Kahn mit Ablauf 1:16

Alle Frachtschiffe sind mit flachem Boden und scharfer Kimm erbaut.

Modell 4 (0,88). Widerstandskurven für Schiff mit eisernem Boden.



Geschwindigkeit des Schiffes in Metern pro Sekunde.

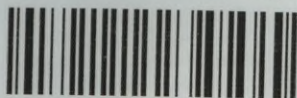
Widerstand des Schiffes in kg, 1 m = 10 kg

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-307092

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316121