

551 | April 1995

SCHRIFTENREIHE SCHIFFBAU

Meinolf Kloppenburg

Das Schiffbaulaboratorium zu Hamburg 1924-1989

TUHH

Technische Universität Hamburg-Harburg

Das Schiffbaulaboratorium zu Hamburg 1924-1989

Meinolf Kloppenburg, Hamburg, Technische Universität Hamburg-Harburg, 1995

© Technische Universität Hamburg-Harburg
Schriftenreihe Schiffbau
Schwarzenbergstraße 95c
D-21073 Hamburg

<http://www.tuhh.de/vss>

INSTITUT FÜR SCHIFFBAU DER UNIVERSITÄT HAMBURG

Bericht Nr. 551

Das Schiffbaulaboratorium zu Hamburg
1924 - 1989

Meinolf Kloppenburg

April 1995

Vorbemerkung

Seit dem WS83/84 vertrete ich im Hochschulübergreifenden Studiengang Schiffbau das Fach Schiffshydromechanik. Gleichzeitig übernahm ich die Leitung des Labors für Schiffshydromechanik (LSH), früher Schiffbaulaboratorium (SBL). Es war die Zeit, in der über eine Alternative zum bestehenden, veralteten Labor intensiv nachgedacht und verhandelt wurde. Die Lösung, die 1988 gefunden wurde, war die Anmietung des kleinen 80m langen Schleppkanals der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt (HSVA). Das alte Labor steht seitdem leer. Die Räume sollen später vom Labor für Aerodynamik des Fachbereichs Fahrzeugtechnik genutzt werden.

Da letztendlich ich derjenige war, der diese Änderung vollzogen hat, ich aber bei meiner Tätigkeit immer wieder auf Spuren des alten Schiffbaulaboratoriums stieß, habe ich mich entschlossen, die Geschichte des Labors aufzuarbeiten. Dabei stellte sich heraus, daß es drei Personen waren, die durch ihr Wirken das Bild des Labors geprägt haben, nämlich Dr.-Ing. Günther Kempf, Dr.-Ing. Carl von den Steinen und Dipl.-Ing. Erich Bischoff. In schwierigsten Zeiten, mit geringsten Mitteln aber mit unschätzbarem, persönlichen Einsatz haben sie eine vorbildliche Forschungs- und Ausbildungsstätte für den Schiffbau errichtet und geführt. Ihrer Leistung soll diese Arbeit über das Schiffbaulaboratorium gewidmet sein.

Eine solche Arbeit lebt und wirkt durch Abbildungen. Aus praktischen Gründen mußten diese in einem besonderen Anhang am Schluß zusammengefaßt werden.

Ich danke allen, die mir geholfen haben.

Hamburg, im April 1995

Kernolf Kloppenborg



Dr.-Ing. *Günther Kempf*
11. Februar 1885 – 24. August 1961
Dozent an den
Technischen Staatslehranstalten zu Hamburg
1911 – 1927

Dr.-Ing. Günther Kempf



Dr.-Ing. *Carl von den Steinen*
11. November 1887 – 13. November 1974
Dozent an den
Technischen Staatslehranstalten zu Hamburg
seit 1938
Ingenieurschule der Freien und Hansestadt Hamburg
1921 – 1953

Dr. v. den Steinen



Dipl.-Ing. *Erich Bischoff*
7. Januar 1905 – 28. Mai 1974
Dozent an der
Ingenieurschule der Freien und Hansestadt Hamburg
1938 – 1970

Erich Bischoff

Die Entscheidung für den Bau eines Schiffbaulaboratoriums

Das Schiffbaulaboratorium hat eine längere Geschichte und Vorgeschichte, im Wesentlichen ist es die Geschichte der Schiffbauausbildung vielleicht sogar der gesamten Technikausbildung in Hamburg. Denn mit der Einrichtung von technischen Ausbildungsstätten hat sich Hamburg Zeit gelassen. Die Gesellschaft zur Beförderung der Künste und nützlichen Gewerbe - Patriotische Gesellschaft von 1765 - betrieb seit 1767 privat eine gewerbliche Unterrichtsanstalt. Aus Anlaß des hundertjährigen Bestehens beriet man darüber, ob diese Anstalt zeitgemäß erweitert werden könne. Man erkannte jedoch, daß der Gesellschaft dazu die nötigen Mittel fehlen würden. Daraufhin wandte sich die Gesellschaft an die Hamburger Bürgerschaft und drang auf die Errichtung einer polytechnischen Schule. Die mit der Planung beauftragte Oberschulbehörde empfahl 1864 die Errichtung einer Allgemeinen Gewerbeschule als Abend- und Sonntagsschule für Lehrlinge des Handwerker- und Gewerbestandes. Die Oberschulbehörde konnte sich jedoch nicht entschließen, dem Senat die Einrichtung einer polytechnischen Schule zu empfehlen. 1865 wurde in den beengten Räumen des Gebäudes der Patriotischen Gesellschaft an der Trostbrücke der Lehrbetrieb aufgenommen. Erst 1876 bezog die Gewerbeschule das Schul- und Museumsgebäude am Steintorplatz. Das ist das heutige Museum für Kunst und Gewerbe [1,2]. Das war in einer Zeit, als das wohlhabende Hamburg mit Abstand die zweitgrößte Stadt des deutschen Reiches war, und in Mittel- und Süddeutschland bereits Polytechnika, die Vorläufer der späteren Technischen Hochschulen existierten. (Karlruhe 1825, München 1827, Dresden 1828, Hannover 1831, Stuttgart 1832, Darmstadt 1836).

Die letzten beiden Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts brachten einen stürmischen Aufschwung der Industrie in Hamburg. Dem mußte auch die Schulbehörde Rechnung tragen. In Anlehnung an die bereits in Preußen existierenden Höheren Maschinenbauschulen wurde an der Hamburger Gewerbeschule 1893 ebenfalls eine Maschinenbauschule eingerichtet. Auf Antrag des Verbandes der Hamburger Eisenindustrie, unterzeichnet von dessen damaligen Vorsitzenden Hermann Blohm, folgte Oktober 1895 die Schiffbauschule [3]. 1896 kamen die Schule für Elektrotechnik und 1899 die Schule für Schiffsmaschinenbau hinzu. 1900 wurden alle als Staatliches Technikum zu Hamburg zusammengefaßt [1].

Die Ausbildung erstreckte sich über vier Semester und wurde mit einem Reifezeugnis abgeschlossen. Dieses wurde bei den Behörden als Eingangsvoraussetzung für den gehobenen technischen Dienst anerkannt, später auch (zuerst Darmstadt 1905 [4]) von fast allen Technischen Hochschulen als Zulassungsvoraussetzung zum Studium.

Am 1.4.1905 wurde das Staatliche Technikum aus der Gewerbeschule ausgegliedert und erhielt einen eigenen Direktor [5].

Die wachsende Schülerzahl führte zu immer größerer Raumnot. Das Schul- und Museumsgebäude am Steintorplatz beherbergte um 1900 außer dem Museum mehrere Schulen: Die Allgemeine Gewerbeschule mit dem Technikum, die Schule für Bauhandwerker, die Kunstgewerbeschule, die Wagenbauschule und ein Realgymnasium. Auf Initiative von Dr.-Ing. Otto Schlick, Direktor des Germanischen Lloyd, aber auch Mitglied der Kommission für das Technikum, entstand eine am 28.12.1901 an den zuständigen Senator Refardt gerichtete Denkschrift [6]. Darin wird auf die bislang verkannte Bedeutung des Technikums hingewiesen, das Fehlen von Laboratorien kritisiert und festgestellt: *Der größte Übelstand an unserem Technikum bleibt jedoch die absolute Unzulänglichkeit der zur Verfügung stehenden Räumlichkeiten* .

Die Verwaltung für das Gewerbeschulwesen beantragte am 31.10.1903 die Errichtung eines eigenen Gebäudes für das Technikum. Es setzt eine intensive Bedarfs- und Bauplanung ein, sowie die Suche nach einem geeigneten Grundstück. Früh schon war auch der Bau eines Schiffbaulaboratoriums beabsichtigt. Bis September 1907 entsteht ein Bauprogramm (Abb.1), das dem Senat vorgelegt wird [7,8].

Die Begründung und Spezifikation des zu errichtenden Schiffbaulaboratoriums lautet:

Ein Schiffbaulaboratorium besteht bis jetzt an keiner Lehranstalt. Die Schiffbautechnik ist jedoch in hohem Maße daran interessiert, daß die Schüler sich mit dem Wesen aller am Schiffbau auftretenden Erscheinungen wie Schiffswiderstand, Schlingerbewegungen, Zitterbewegungen, Schraubenwirkung, Ruderdruck etc. an entsprechenden Modellen durch Laboratoriumsversuche eingehend vertraut machen und diese in richtiger Weise auf das wirkliche Schiff übersetzen lernen. Es wird beabsichtigt, im wesentlichen vergleichende Versuche von den Schülern ausführen und wo angängig rechnerisch verfolgen zu lassen.

Als Laboratoriumseinrichtung sind in erster Linie folgende Apparate und Modelle gedacht:

- 1. Tank 20 - 25m lang, 2m breit, 1,8m tief mit Seitenfenstern zur Beobachtung und zum Photographieren. Der Tank erhält verschiedene Einsätze zur Veränderung seiner Form und besitzt eine Vorrichtung zur Erzeugung von Strömung.*
- 2. Modelle für Schlingerversuche, um den Einfluß der Form an sich, den Einfluß von Anbauten (Schlingerkielen, Wellenhosen usw.), den Einfluß des Massenträgheitsmomentes, der Stabilität und des Schiffskreisels zu zeigen.*
- 3. Modelle zum Studium der Zittererscheinungen der Schiffskörper - Stäbe verschiedener Querschnitte und verschiedener Belastungen zur Untersuchung des Trägheitsmomentes und des Massenträgheitsmomentes - Schiffmodell besonders hergerichtet für das Studium der Zittererscheinungen - Pallograph zur Messung an richtigen Schiffen.*
- 4. Schrauben verschiedener Bauart nebst Antrieb und Meßvorrichtung zur Untersuchung der Schrauben an sich und in Verbindung mit dem Schiffskörper.*
- 5. Ruder verschiedener Art, um die Verteilung des Ruderdrucks zu zeigen und zu messen, je nachdem Schiffskörper bzw. Schiffsschraube ihn beeinflussen oder nicht.*
- 6. Vorrichtung, um Wellen zu erzeugen und zu messen.*

Gesamtpreis des Schiffbaulaboratoriums.... 28.000 M

In seiner Sitzung am 25.11.1907 beschließt der Senat,

- 1. die Notwendigkeit eines zeitgemäßen Neubaus für das Technikum als gegeben zu erachten und*
- 2. die Baudeputation zu ersuchen, ein Bauprojekt auszuarbeiten [8].*

Die Baudeputation übernimmt weitestgehend die Planung des Technikums, erklärt aber andererseits, daß mit dem Projekt das erforderliche Maß überschritten wird, insbesondere wird das geplante Schiffbaulaboratorium beanstandet. Es gebe selbst an keiner Technischen Hochschule eine solche Einrichtung [12].

Über mehr als zwei Jahre ziehen sich die Verhandlungen zwischen der Leitung des Technikums einerseits und der Bau- und Finanzdeputation andererseits hin. So heißt es in einem Protokoll der Finanzdeputation vom 14.9.1909, sie halte es in Anbetracht der finanziellen Verhältnisse des Staates einstweilen für ganz ausgeschlossen, daß dem Neubau für das Staatliche Technikum nähergetreten werde, zumal die veranschlagten Kosten ganz enorm seien. Die Leitung des Technikums läßt sich jedoch nicht beirren. Einer Kleinen Kommission gelingt es unter Wahrung der Hauptforderungen einen reduzierten Vorschlag für eine Summe von 2,669 Mill. Mark vorzulegen. Darin ist sogar das immer wieder beanstandete Schiffbaulaboratorium enthalten, für das Otto Schlick in einem Gutachten vom 20.1.1910 nochmals eindringlich geworben hatte [9].

Die Kostenplanung sah wie folgt aus: [10]

a.	Hauptgebäude	1.744.000 M
b.	Maschinen- und Kesselhaus einschl. Rohrkanal zum Hauptgebäude, Schornstein und Schiffbaulaboratorium	363.000 M
c.	Einfriedigung, Terrainregulierung, Verlegung einer Wasserleitung, Pflasterung des Hofes usw.	63.000 M
	zusammen:	2.170.000 M
	Mobiliar und Installationseinrichtung	199.500 M
	Maschinen und Lehrmittel	300.000 M
	insgesamt:	2.669.500 M

Die Bürgerschaft erteilt in ihrer Sitzung am 4.5.1910 ihre Mitgenehmigung nach Maßgabe der vorgelegten Baupläne. Diese wurden in ihrer endgültigen Form von Fritz Schumacher, seit November 1909 Baudirektor in Hamburg, ausgearbeitet [11]. Mit dem Bau des Hauptgebäudes wurde im Sommer 1911 begonnen, am 8.4.1914 wurde es der Behörde des Gewerbe- und Fortbildungswesens übergeben [12]. Es ist dies, das auch heute noch vom Fachbereich Maschinenbau/Chemieingenieurwesen der Fachhochschule genutzte Gebäude Berliner Tor 21. Fertiggestellt wurde auch das Kesselhaus. Wegen des Ausbruchs des 1. Weltkrieges konnten jedoch das Maschinen- und Schiffbaulaboratorium nicht mehr gebaut werden.

Die immer wieder vorgetragenen Einwände gegen das Schiffbaulaboratorium muß man auch im größeren Zusammenhang sehen. In der damaligen Zeit waren weltweit gerade die ersten Schiffbauversuchsanstalten entstanden. Die Hamburgische Schiffbau-Versuchsanstalt (HSVA) wurde 1913 gegründet und nahm 1915 ihre Arbeit auf. Es waren dieselben Personen, vornehmlich Otto Schlick und Hermann Blohm, die einerseits die Errichtung der HSVA durchsetzten und andererseits den Bau des Schiffbaulaboratoriums forderten [13]. Beides mußte von einander abgegrenzt und nebeneinander begründet werden. Im Protokoll der Sitzung der Kommission für das Technikum vom 29.12.1908 [14] wird Hermann Blohm wie folgt wiedergegeben: *Auch für eine Schiffbauschule ist ein Laboratorium an sich zweckmäßig und muß hier ... befürwortet werden. Es darf jedoch nur ein Unterrichtslaboratorium sein, in dem ausschließlich Schulaufgaben ... an bestimmten Schulmodellen durchgeübt werden. Fehlerhaft wäre es, dieses Laboratorium noch zu anderen als zu Lehrzwecken zu benutzen und es beispielsweise in den Dienst der Schiffbauindustrie stellen zu wollen.*

Später fährt er fort: *Ein Schullaboratorium, daß durch unrichtige Benutzung über seinen Aufgabenkreis hinaus geht, kann leicht die ganzen Modellversuche in Mißkredit bringen und sogar der Einrichtung einer großen, sagen wir z.B. 1000000 M erfordernden schiffbautechnischen Versuchsanstalt in Hamburg zur Erforschung schiffbautechnischer Probleme hinderlich im Wege stehen, da in einzelnen Kreisen der Gedanke aufkommen könnte, daß die letztere durch das Schullaboratorium des Technikums überflüssig wird. Als Lehrmittel halte ich also ein Schiffbauschullaboratorium am Technikum für gut und Hamburgs Stellung entsprechend und empfehle es daher.*

Einen ähnlichen abgrenzenden Hinweis enthält die von Ernst Foerster 1910 in Auftrage der Handelskammer Hamburg verfaßten Denkschrift betreffend die Errichtung einer Versuchsanstalt für Schiffbau in Hamburg [13].

Vergleicht man die bereits existierenden Anstalten (Abb.2), so erkennt man, daß die Schlepp-tanks in ihren Abmessungen immer größer wurden [15]. In dieser Zeit war sicher noch nicht abzusehen, wo die Entwicklung einmal enden würde. Für die über das Schiffbaulaboratorium Entscheidenden war das sicher keine leichte Aufgabe. Wenn es Otto Schlick mit seinem Gutachten vom 20.10.1910 [9] dennoch gelang, Zustimmung für das Schiffbaulaboratorium zu finden, so muß er wirklich gute Argumente und einen überzeugenden Plan gehabt haben.

Der Plan für das Schiffbaulaboratorium

Prof. Hans Zopke, seit März 1907 Direktor des Technikums [16], war ein engagierter Befürworter des Schiffbaulaboratoriums. Nachdem durch einen Vortrag des Marinebaurats Hermann Wellenkamp vor der Schiffbautechnischen Gesellschaft (STG) im November 1907 [17] eine neue Schleppmethode bekannt wurde, wurde eine Abgrenzung des Schiffbaulaboratoriums zur Schiffbau-Versuchsanstalt und eine preiswerte Lösung möglich. In einem Reiseantrag zum Besuch und Vorführung der Wellenkampschen Schleppeinrichtung auf der kaiserlichen Werft in Kiel schreibt Zopke [18]:

Die von dem Marinebaurat Wellenkamp angegebene Schleppmethode bedeutet gegenüber der bestehenden einen ganz außerordentlichen Fortschritt hinsichtlich der Anschaffungskosten der Anlage und auch der Genauigkeit der Versuchsergebnisse, sodaß das Technikum im Hinblick auf sein künftiges Schiffbaulaboratorium in eine genaue Prüfung der Verhältnisse eintreten muß. Zum Vergleich der Kosten werden 50 000 M für eine Wellenkampsche Modell-Schleppanlage 6-700 000M einer Anlage des herkömmlichen Systems mit langem Kanal und schwerem Schleppwagen -Froudesches System - gegenübergestellt.

Bereits am 12.12.1907 schließt Zopke mit Wellenkamp einen Vertrag über die Errichtung einer Schlepstation nach dem System Wellenkamp ab [18].

Darin heißt es unter anderem:

§1 Herr Wellenkamp ist Erfinder und Inhaber einer zum Deutschen Reichspatent angemeldeten und im wesentlichen durch einen kurzen Tank gekennzeichneten Modell-Schleppmethode, die geeignet ist, Schleppversuche, auch solche unter Wasser, Schraubenversuche, Ruderversuche, Luftwiderstands- und Reibungswiderstandsmessungen etc. einfacher, billiger und mit größerer als der bisherigen Genauigkeit auszuführen.

§2 Herr Wellenkamp räumt der Verwaltung des Gewerbeschulwesens ... das Recht ein, eine Modell-Schleppstation nach §1 zu errichten und verpflichtet sich

- 1) Die Zeichnungen für alle Einzelheiten einer Station, deren Größe die Verwaltung bestimmt, nebst zugehörigen Apparaten für Schlepp- und Schraubenversuche zu liefern, sodaß die Baulichkeiten und Apparate nach denselben von Fachleuten hergestellt werden können.*
- 2) Die Herstellung der Bauten und Apparate zu überwachen.*
- 3) Die von der Verwaltung bezeichneten Beamten mit der Handhabung vertraut zu machen.*

Das Ziel, das sich Wellenkamp mit seiner Methode gestellt hatte, war, ohne Störungen vom Schleppmechanismus in kürzester Zeit den hydrodynamischen Gleichgewichtszustand zwischen Zug- und Widerstandskraft herzustellen. Dabei sollten Geschwindigkeit und Zugkraft mit vorgegebener Genauigkeit ermittelt werden. Danach soll die kürzeste Meßstrecke und damit die benötigte Tanklänge bestimmt werden. Das Prinzip des Verfahrens zeigt die Abb.3, den Ablauf des Schleppversuchs die Abb.4. Das frei schwimmende Modell wird mittels eines dünnen Klavierdrahtes von einem Zuggewicht geschleppt. Der auf das Modell aufgesetzte Bugspriet soll Gierbewegungen des Modells während des Versuchs weitgehend ausschalten. Das Zuggewicht p läuft über eine Umlenkrolle in einen tiefen Brunnen ab. Die Rolle dient gleichzeitig als Registriertrommel. Auf ihrer Oberfläche werden während der Messung die Schwingungen eines geeichten Stimmgabel-Chronographen und somit die Geschwindigkeit des Modells während der Meßfahrt aufgezeichnet. Um die Änderung des Zugdrahtgewichtes während des Versuches auszugleichen, ist in halber Tiefe des Brunnens ein doppelt schwerer Ausgleichsfaden angebracht. Das zweite Ende ist am Zuggewicht selbst befestigt. Sobald das Gewicht mit konstanter Geschwindigkeit abläuft, ist das dynamische Gleichgewicht erreicht. Die Zugkraft und damit der Widerstand ist dann gleich dem Gewicht p einschließlich einem konstanten Drahtgewicht.

Die Abb.4 zeigt weitere praktische Details, die für den gesamten Versuchsaufbau wichtig sind, insbesondere für die Beschleunigungs- und Bremsphase. Das Modell ist zunächst durch den Vorläufer und den Bremsdraht mit Kontergewicht statisch ausgeglichen vorgespannt. Durch

die Benutzung eines großen Gewichtes P in Form einer Kette, welches vom Start des Modells bis zum Eintritt in die Meßstrecke wirkt, läßt sich die Anfahrt erheblich verkürzen, und zwar mit abnehmenden P , d.h. auch mit abnehmender Beschleunigung. Die Einwirkdauer von P läßt sich geometrisch über eine Winde verändern und damit auch die erreichbare Geschwindigkeit. In der Meßstrecke wirkt dann nur noch die Zugkraft p . Das Kontergewicht steigt während der Fahrt auf, am Ende der Meßstrecke greift ein Mitnehmer das Bremsgewicht, ebenfalls eine schwere Kette, und bremst das Modell in jedem Fall in der restlichen Tankstrecke ab.

Einen von Wellenkamp selbst vorgestellten Entwurf [17] einer Schleppversuchsanstalt zeigt die Abb.5. Er glaubte, in diesem Bassin Modelle von 10m Länge untersuchen zu können. Verwirklicht wurde dieser Entwurf bei der im Jahre 1909 errichteten Marineversuchsanstalt in Lichtenrade bei Berlin [19]. Andere Autoren sprechen bei der gleichen Marineversuchsanstalt von Marienfelde [15].

Die Vorteile des Systems sind, daß nur die Masse des Modells beschleunigt werden muß und nicht zusätzlich ein tonnenschwerer Schleppwagen. Folglich gibt es auch keine Störungen seitens eines vielleicht nicht einwandfrei laufenden, ungefederten Wagens. Die Kraft- und Geschwindigkeitsmessung ist einfach und mit größter Präzision möglich. Der Tank ist überraschend kurz.

Wellenkamp selbst starb bereits 1908 und konnte den mit Zopke geschlossenen Vertrag nicht mehr erfüllen. Für die Ausarbeitung des Entwurfes für das Schiffbaulaboratorium berief Zopke 1911 Günther Kempf [20]. Der kam von der privaten Versuchsanstalt Uebigau bei Dresden, die er seit 1910 geleitet hatte. Kempfs Entwurf ging über das von Wellenkamp gedachte Maß weit hinaus, insbesondere plante er zusätzlich einen Schleppwagen. Sein Entwurf lag im Jahre 1914 vollständig ausgearbeitet vor [21]. Er wird in [22] wie folgt beschrieben: (Abb.6)

Das Schiffbaulaboratorium, das aus Platzmangel in nur 3 m Entfernung von dem Maschinenbaulaboratorium errichtet werden muß, wurde, um letzterem nicht zuviel Licht zu nehmen, etwa 1,50 m in die Erde versenkt und möglichst in seiner Höhenentwicklung beschränkt. Der eingeschossige Bau, 90 m i.L. lang, 14 m breit, dient in seinem Hauptraum zur Aufnahme des großen 45 m langen Untersuchungsbehälters für Schiffmodelle. Das Becken wird wasserdicht aus Eisenbeton ausgeführt und so eingerichtet, daß eine Verlängerung bequem vorgenommen werden kann. An der Nordseite ist ein 3 m breiter Trimmbehälter angeschlossen. An der Südseite ist seitlich ein Dockbehälter angeordnet und in der Mitte ein Modellhafen mit seitlichen Beobachtungsgruben. An beiden Enden des Beckenraumes sind wasserdichte Brunnenschächte von 30 m Tiefe geplant, um den Zuggewichten zum Schleppen der Modelle im Becken die nötige Fallhöhe zu geben.

Die Gebäudedecke ist auf der ganzen Breite freitragend so hergestellt, daß sie in Längsrichtung über dem Wasserbecken eine möglichst starre Fahrbahn tragen kann, auf der ein hängender Meßwagen von 1000 kg Gewicht mit höchstens 4 m sekundlicher Geschwindigkeit zur Feststellung der Schleppergebnisse fahren soll. Um genaue Versuche zu ermöglichen, dürfen die Bewegungen der Deckentrageile nur ganz geringfügig sein. Der Raum erhält seine Belichtung durch Oberlicht und Seitenlicht. Um die durch die große Höhe der Deckenbinder entstehenden Schattenstreifen auf dem Wasser aufzuheben, wurden die Fenster in den Außenwandungen der Längsfront nicht in den Achsen der Oberlichte, sondern in den Achsen der Deckenbinder angelegt. Außer dem großen Beckenraum enthält das Schiffbaulaboratorium noch einen Unterrichtsraum und Lehrerzimmer und einen Werkstattraum mit gesondertem Eingang.

Damit war alles zum Baubeginn bereit. Allerdings gab es auch Kritik am Bau eines Schiffbaulaboratoriums. Bei einem Besuch der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau in Berlin im Winter 1911/12 hatte Zopke den dort seit 1908 auf dem Gebiet der Plattenreibung (Schiffsoberflächen) arbeitenden Heinrich Blasius kennengelernt. Zopke, auf der ständigen Suche nach Spezialisten, forderte ihn auf, sich in Hamburg zu bewerben. So kam Blasius Ostern 1912 nach Hamburg. In seinen Erinnerungen schreibt er 1956 zum Schiffbaulaboratorium: [23]

... von dem Bau des großen Schleppversuchsbeckens riet ich ihm (gemeint ist Zopke) ab: Daß der Widerstand gemessen werden kann, sei eine so primitive Sache; das könne man sich vorstellen. Allenfalls könne man einmal in die andere Versuchsanstalt am Schlicksweg gehen, die damals auch gerade gebaut wurde. Zur Übersicht über die Abhängigkeit des Widerstandes von den Formen aber gelange man doch nicht. Dazu gehöre die Durcharbeitung eines riesigen Versuchsmaterials. Es genüge ein kleiner Tank für Stabilitätsversuche. So war er von mir leicht enttäuscht. - Gebaut wurde das große Becken natürlich doch.

Der Ausbruch des 1. Weltkrieges verhinderte zunächst den Bau des Schiffbaulaboratoriums.

Der Bau des Schiffbaulaboratoriums

Schon im September 1918 befaßte sich die Kommission für das Technikum erneut mit den zu errichtenden Laboratoriumsgebäuden. Eine zur Beurteilung eingesetzte engere Kommission empfiehlt auf der 76. Sitzung am 9.12.1918 das Schiffbaulaboratorium nicht mehr in der ursprünglichen, weil zu kostspieligen Form zu errichten. Jedoch liegt ein neuer, stark reduzierter Plan von Kempf vom 8.12.1918 vor. Danach soll nur noch ein Laboratoriumsgebäude gebaut werden. Im Mittelteil des Erdgeschosses soll der stark verkürzte Schlepptank und an den Enden sowie im Obergeschoß das Maschinenlaboratorium untergebracht werden. Die Kommission beschließt [24], der Behörde die Errichtung des Maschinenbaulaboratoriums unter Abstandnahme des früherern kostspieligen Projekts auch diejenige des Schiffbaulaboratoriums nach den Plänen des Herrn Dr. Ing. Kempf zu empfehlen.

Zur Beschäftigung von Arbeitslosen war mit dem Ausheben der Baugruben und auch der Fundamentierung des Schiffbaulaboratoriums bereits begonnen worden. Dennoch spricht sich am 3.2.1920 die Finanzdeputation gegen eine Nachbewilligung für die Rohbaufertigstellung aus und will die Ausführung bis auf weiteres zurückzustellen. Die Behörde für das Gewerbe- und Fortbildungswesen, die Leitung des Technikums - nach dem plötzlichen Tode Zopkes im Jahre 1919 ist Prof. Abel neuer Direktor - und die Kommission für das Technikum unternehmen alle Anstrengungen, das Projekt und zwar möglichst noch in der ursprünglichen Form zu retten. Einen entsprechenden Appel von Abel findet man im Protokoll der 84. Sitzung der Kommission für das Technikum vom 9.3.1920: [25]

Die Technischen Staatslehranstalten haben kein Maschinenbau- und Schiffbaulaboratorium. Jede Höhere Maschinenbauschule Preußens oder eines anderen Bundesstaates hat Laboratorien, um ihre Schüler so ausbilden zu können, wie es von dem Berufe und von den Staats- und Gemeindebehörden verlangt werden muß. Als für das Staatliche Technikum, jetzt Technische Staatslehranstalten, die Gleichberechtigung mit den Preußischen Höheren Maschinenbauschulen erworben wurde, ist besonders darauf hingewiesen, daß dem noch bestehenden Mangel an Laboratorien in nicht zu ferner Zeit abgeholfen sein würde. Da genügend Platz vorhanden war, wurde das elektrotechnische Laboratorium sofort ausgebaut und ist, abgesehen von kleinen Mängeln, denen mit gewöhnlichen Mitteln abgeholfen werden kann, gut ausgerüstet.

Das Maschinen- und Schiffbaulaboratorium sollte mit dem Neubau für die Technischen Staatslehranstalten ausgeführt werden. Die Pläne für die Laboratorien waren fertig und die Mittel bewilligt. Das Kesselhaus mit der Kesselanlage wurde noch vor dem Krieg vollendet und hat während der Kriegszeit und später nicht allein als Heizanlage gedient, sondern auch zur Ausbildung von Heizern durch die Baupolizeibehörde.

Durch den Krieg ist die Ausführung unterbrochen und durch die eingetretene Entwertung des Geldes reichen die vorgesehenen Mittel nicht aus, die Bauten auszuführen.

Die Technischen Staatslehranstalten werden jetzt so stark von Hamburgern besucht, daß nur noch wenige Auswärtige, von Fremden ganz abgesehen, Platz finden. Wird die Gleichberechtigung mit gleichartigen Anstalten der übrigen Bundesstaaten in Frage gestellt, was zu befürchten

ist, wenn dem Mangel an Laboratorien nicht abgeholfen wird, so würden in erster Linie die Söhne der Hamburger den Schaden zu tragen haben. Weiter muß betont werden, daß auch die Ausbildung für den freien Beruf minderwertig wird, wenn Schüler nicht in den zugehörigen Laboratorien ausgebildet werden.

Es ist die Frage aufgeworfen, ob nicht ein in seinen Abmessungen beschränkter Bau vorläufig genügen würde. Dieser Frage könnte wohl nähergetreten werden, wenn der ganze Bau noch im ersten Anfange stände. Da dies nicht der Fall ist, sondern die Gründung des Schiffbaulaboratoriums schon weit fortgeschritten, die Baugrube für das Maschinenbaulaboratorium ausgehoben und die Erde abgefahren ist, so würden vorraussichtlich so große Kosten entstehen, daß es falsch wäre, wegen der vielleicht geringen Ersparnis etwas Unvollständiges zu errichten. Hierüber wird sich die Baudeputation näher zu äußern haben. gez. Abel

Der Bau geht schleppend weiter. Wegen der fortschreitenden Geldentwertung müssen immer wieder Nachbewilligungen vorgenommen werden, so auch am 7. Mai 1920. Im Antrag Nr.278, betreffend Nachbewilligung für die Nebengebäude der Technischen Staatslehranstalten, heißt es: [26]

Der Senat ist angesichts der finanziellen Lage der Ansicht, daß die zur Weiterführung der Bauten erforderlichen Mittel nur unter der Voraussetzung bereitgestellt werden können, daß die Laboratorien als unbedingt notwendig anzusehen sind. Diese Frage ist zu bejahen. ... Andererseits wird nach Ansicht des Senats das ursprüngliche Bauprogramm für die Laboratorien wesentlichen Einschränkungen unterworfen werden müssen.

Damit wird nur nach dem eingeschränkten Vorschlag von Kempf vom 8.12.1918 weitergebaut. Das Maschinen- und Schiffbaulaboratorium werden zu einem Gebäude verkleinert, welches auf den bereits vorhandenen Fundamenten und Grundmauern des Schiffbaulaboratoriums errichtet wird. Nochmals wird auch eine Abgrenzung zur bereits arbeitenden Schiffbau-Versuchsanstalt vorgenommen:

Es ist auch erwogen worden, ob etwa das Schiffbaulaboratorium durch die kurz vor dem Kriege unter wesentlicher finanzieller Beihilfe des Staates errichtete Versuchsanstalt für Schiffbau ersetzt werden könnte. Aber abgesehen davon, daß die wesentlichen Vorarbeiten für das Schiffbaulaboratorium schon fertiggestellt und auch bereits wertvolle Teile der inneren Einrichtung beschafft sind, ist die Schiffbauversuchsanstalt ihrer ganzen, in gewaltigen Ausmessungen gehaltenen Anlage nach für Unterrichtszwecke, denen das Anstaltslaboratorium zu dienen bestimmt ist, nur beschränkt zu verwenden und naturgemäß auch nicht nach Bedarf verfügbar.

Der Bau wurde im Jahre 1922 abgeschlossen. Kempf wurde im März 1922 zum Direktor der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt berufen. Er läßt sich dazu bei den Technischen Staatslehranstalten beurlauben, ist aber bereit, bis zur Einarbeitung eines Nachfolgers in jedem Schulhalbjahre einen Kursus über das Schiffbauversuchswesen von 20 Stunden abzuhalten, sowie für die Fertigstellung des Schiffbaulaboratoriums zu arbeiten [27].

Der ausgeführte Laboratoriumsbau

Über den letztendlich errichteten Laboratoriumsbau berichtet Carl von den Steinen 1928 in einem Vortrag vor der Schiffbautechnischen Gesellschaft [28]. Er war als Marinebaurat a.D. 1921 an die Technischen Staatslehranstalten gekommen und trat nach der Beurlaubung Kempfs dessen Nachfolge als Leiter des Schiffbaulaboratoriums an.

Die Abb.7 zeigt einen Größenvergleich zwischen dem Schlepptank der HSVA einerseits und dem ursprünglichen Entwurf Kempfs bzw. dem verkleinerten ausgeführten Bau andererseits. Einer Länge von 350m beim Tank der HSVA stehen 65m bzw. ausgeführte 40m beim Schiffbaulaboratorium gegenüber. Die Breite wurde mit 6,5m und die Tiefe mit 2,5m ausgeführt. Der Raum vor und hinter der Rinne wurde für Verbrennungskraftmaschinen- und

Materialprüflaboratorien abgeteilt (Abb.8). Da für das anstelle der Oberlichter aufgesetzten Stockwerkes die Grundmauern zu schwach waren, wurden Säulen eingebaut (Abb.9).

Die Inflation kam und die Finanzdeputation wollte das Laboratorium, dessen Bau fertig war, schließen, weil keine Mittel für die Versuchseinrichtungen zur Verfügung gestellt werden konnten. Doch kam Hilfe aus Handel und Industrie, die Apparate, Material und Handwerkszeug stifteten, auf lange Zeit entliehen oder zu sehr geringem Entgelt zur Verfügung stellten. Die HSVA entlieh eine Modellfräsmaschine, die ursprünglich von der bereits 1914 wegen notwendiger Hafenerweiterung stillgelegten Versuchsanstalt des Norddeutschen Lloyd stammte. Die Versuchsanstalt in Berlin stellte leihweise eine Versuchsapparatur für Krängungsversuche zur Verfügung. Hinzu kam, daß die gesamte Einrichtung der Versuchsanstalt Uebigau, die im Kriege geschlossen worden war, übernommen werden konnte. Von der Marine Versuchsanstalt Lichtenrade kam die Wellenkampsche Schleppeinrichtung und eine Propellerfräsmaschine. Insgesamt nennt v.d.Steinen 31 Unternehmen und Privatpersonen, die sich an der Einrichtung beteiligten [29]. Als auf diese Weise der Grundstock für die Einrichtung durch Stiftungen geschaffen war, bewilligte auch der Staat Personal, nämlich einen Assistenten, einen Mechanikermeister, einen Schlosser für dauernd und einen zweiten zeitweise. Der Schleppwagen konnte aus Teilen der Uebigauer Erbschaft zusammengebaut werden (Abb. 10).

In der Tankanlage liegen die Schleppbahnen für den Schleppwagen und für den Wellenkampbetrieb nebeneinander in der gleichen Rinne. Beide sind daher notwendigerweise exzentrisch angeordnet (Abb.8). Da jedoch ein Wandeinfluß wegen des Totlaufens der Wellen auf einem kurzen Strand nahezu völlig ausgeschaltet werden konnte (Abb.12), ist diese Anordnung annehmbar. Besonders vorteilhaft, aber erzwungen durch die beiden unterschiedlichen Schleppvorrichtungen, ist die Anordnung eines relativ leichten Schleppwagens an einer Deckenkranschiene. Dadurch werden auch nur kurze Beschleunigungs- bzw. Bremswege benötigt. An den Haupttank schließen sich zwei kleinere Rinne an, seitlich der Dock- und mittig der Trimm-tank (Abb.8). Er hat eine Länge von 10m und ist 1m breit und 0,5m tief. Er ist unterkellert und besitzt im Boden und in beiden Seitenwänden große Beobachtungsfenster. Der Tankquerschnitt kann durch Schotte unterteilt werden, mittels Rohr- und Pumpenanlage können Strömungsversuche durchgeführt werden. In einem Diskussionsbeitrag berichtet v.d. Steinen 1929, daß er diesen Tank zu besonderen Versuchen über den Einfluß der Zähigkeit des Mediums benutzen will, indem er einmal mit Öl arbeiten will andererseits mit Wasser, das auch noch erwärmt werden soll, soweit es die Verkittung der Beobachtungsfenster erlaubt [30]. Ein später eingebauter Wellenerzeuger ermöglichte sogar dynamische Versuche. Über dem Trimm-tank kann eine Fachwerkbrücke aufgesetzt werden (Abb.11). Dort können Sonderversuche, z.B. Propellerversuche nach dem System Wellenkamp, durchgeführt werden (Abb.13). Damit war im Wesentlichen der bauliche Endzustand des Schiffbaulaboratoriums erreicht. Als im Jahre 1931 doch noch ein eigenes Maschinenbaulaboratorium, das ist das noch hinter dem Schiffbaulaboratorium gelegene dritte Gebäude, heute insbesondere als Institut für Werkstoffkunde und Schweißtechnik genutzt, gebaut wurde, war eine Erweiterung des Schiffbaulaboratoriums geplant (Abb.14). Dazu ist es allerdings nie gekommen [31].

Der Betrieb des Schiffbaulaboratoriums bis zum Ende des 2. Weltkrieges

Der Übungsbetrieb mit Studenten begann in geringem Umfang im Sommersemester 1924 [32]. Der Lehrplan für den Schiff- und Schiffsmaschinenbau aus dem Jahre 1925 weist jeweils vier Stunden *Schiffbaulaboratorium* für das 4. und 5.Semester aus. Obwohl Kempf bereits 1922 Direktor der HSVA geworden war, findet man ihn noch im Verzeichnis der Lehrenden, (Abb.15a/b). Erst 1927 scheidet er endgültig aus dem Lehrkörper der Technischen Staats-

lehranstalten aus. Im Bereich Schiffsmaschinenbau findet man auch v.d.Steinen [33].

Eine große Anzahl von Demonstrationsversuchen, insbesondere zur Schiffsstabilität, konnte durch geschickten Einsatz des 10m langen Trimm tanks und des dazu parallelen Dock tanks durchgeführt werden. Dadurch waren vier Arbeitsplätze geschaffen, die mehreren Studentengruppen gleichzeitiges Arbeiten gestatteten (Abb.16). An zunächst geometrisch einfachen Körpern, die eine geschlossene Nachrechnung der Messungen erlauben, wurden Krängungsversuche mit dem Spiegelapparat durchgeführt (Abb.17,18). Einen Ausschnitt aus einem damals angefertigten Versuchsprotokoll zeigt die Abb.19. Schiffsrümpfe wurden mit einem Stabilitäts- bzw. Metazentrumindikator untersucht. Dieses Gerät, welches Kempf schon 1912 in den Übungsbetrieb an den Technischen Staatslehranstalten eingeführt hatte [34,35], gestattete die direkte Ermittlung der Kurve des Metazentrums als Maß für die Schiffsstabilität (Abb.20).

Eine Weiterentwicklung stellt der Momentenindikator dar. Damit ist es möglich, dem Modell eine vorgegebene Krängung aufzuzwingen und an einer Waage die Größe des aufrichtenden Momentes direkt abzulesen. Eine mögliche Trimmänderung wird, nachdem v.d.Steinen ein besonderes Kardangelen konstruiert hat [36], nicht behindert und läßt sich ebenfalls ablesen (Abb.21). Eine nach diesem Prinzip arbeitende, jedoch kompaktere Stabilitätswaage der Fa. Kempf & Remmers, ist auch heute für den Übungsbetrieb noch im Einsatz (Abb.22).

Die damals allein möglichen mechanischen Messungen zeichnen sich, wie bereits an der Wellenkampschen Schleppmethode gezeigt, durch verblüffende Einfachheit aus. Dies soll hier erneut an der Widerstandsmessung, wie sie vom Schleppwagen vorgenommen wurde, demonstriert werden.

Üblicherweise wird (Abb.23) das Modell von einem Grobgewicht über einen Faden gezogen. Die notwendigen Umlenkrollen sind am Schleppwagen befestigt. Da dieses Gewicht nur in etwa mit dem zu erwartenden Widerstand übereinstimmen wird, ist zusätzlich ein zweiter senkrechter Faden gespannt. Dieser wird sich während der Meßfahrt jedoch aus der Senkrechten verschieben, nach vorn, wenn das Grobgewicht zu groß und nach hinten, wenn das Grobgewicht zu klein gewählt wurde. Eine einfache Eichung einer horizontal angebrachten Feinmeßskala gestattet die genaue Widerstandsmessung. Der Vorteil ist hier die äußerst weiche Ankopplung des Modells nur über Fäden an den Schleppwagen, sodaß Störungen durch ungleichförmige Fahrt des Schleppwagens weggedämpft werden. Der Nachteil ist, daß nach Erreichen der Sollgeschwindigkeit das gesamte System erst ausschlagen muß. Es handelt sich um ein in Längsrichtung schwingungsfähiges System. Der vertikale Faden ist dabei eine sehr weiche Rückstellfeder. Die Schwingungsdauer ist groß und die Flüssigkeitsdämpfung nur gering. Man benötigte eine sehr lange Meßstrecke. Das Verfahren verführt sogar zu einem grundsätzlichen Fehler. Man wird an der Feinmeßskala ablesen, wenn man meint, Modell und Schleppwagen seien relativ zueinander in Ruhe. Wenn die Längsschwingung aber noch nicht abgeklungen ist, wird das ein Zeitpunkt sein, indem das Modell sich gerade in einem Umkehrpunkt befindet, d.h. die Messung ist dann extrem falsch. Diese Schleppvorrichtung kann deshalb nur für relativ kleine Modelle eingesetzt werden.

Um dieser Problematik zu entgehen, war damals ein Widerstandsdynamometer folgender Funktionsweise (Abb.24) in Gebrauch: [37]

Ein festes Gestell A ist am Schleppwagen verschiebbar und feststellbar angeordnet. Vom Schiffmodell führt eine Zugstange a zu dem unteren Arm des zweiarmigen Hebels b . Am oberen, gleichlangen Hebelarm zieht eine Zugstange an einer weichen Feder m . Zwischen der Feder und ihrer Zugstange ist die Vorspanngewichts- und Eichwaage eingeschaltet. Der linke Endpunkt P_2 der Feder ist mit der Waage, der rechte P_1 mit einer Schraubenspindel verbunden. Die Beweglichkeit des Hebels b wird jedoch durch die fest montierten Kontakte K_1 und K_2 bis auf ein Spiel von ca. 0,5mm eingeschränkt, gerade soviel, daß ein elektrischer Strom sicher unterbrochen wird. Die Schraubenspindel am rechten Ende der Feder kann durch den kleinen umsteuerbaren Elektromotor hin und her verfahren werden. Die Steuerung er-

folgt über die Kontakte. Das Vorspanngewicht G wird immer kleiner als der zu erwartende Widerstand gewählt. Das hat zur Folge, daß in dem Augenblick, in dem die vorgegebene Schleppgeschwindigkeit erreicht wird, der obere Arm des Hebel[Bl]s b am Kontakt K_1 anliegt. Der Motor springt an und spannt die Feder durch Einziehen der Schraubenspindel. Nach kurzer Zeit werden G und die Federkraft größer als der Widerstand sein, der Hebel spielt zum Kontakt K_2 , der Motor polt um und entlastet die Feder. Das gleiche Spiel wiederholt sich mehrfach, bis schon nach kurzer Zeit Gleichgewicht erreicht ist. Der Hebel bleibt zwischen den Kontakten stehen. An beiden Enden der Feder ist je ein Schreibstift angebracht, die auf einer mitdrehenden Trommel den Endzustand der Feder aufzeichnen. Der Charakter der Aufzeichnung läßt auf die Qualität der Messung schließen. Das beschriebene Gerät ist beim Versuch auf der Abb.10 im Einsatz.

Ähnliche Meßinstrumente gab es auch als Propellerdynamometer, wo neben dem Schub insbesondere auch das Drehmoment mechanisch gemessen werden mußte. Letzteres geschah über eine weiche Torsionsfeder, die durch das Drehmoment gespannt wurde. Dabei verschob sie in einer steilgängigen Schraube einen Schreibstift in Achsenrichtung.

Was v.d.Steinen trotz widrigster Umstände für das Schiffbaulaboratorium erreicht hat, das belegt überzeugend eine Inventarliste aus dem Jahr 1928 (Abb.25).

Bei den Luftangriffen während des 2. Weltkrieges auf Hamburg wurden im Sommer 1943 die Gebäude am Berliner Tor, besonders das Hauptgebäude, stark zerstört. Der Tank und der Schleppwagen des Schiffbaulaboratoriums selbst blieben fast völlig verschont. Lediglich die Schienenanlage hatte sich verworfen, sodaß der Schleppwagen nicht mehr wünschenswert ruhig fuhr. Auch verbrannte die Einrichtung bis auf die geometrischen Modelle vollständig [38]. Die über dem Tank befindlichen Büroräume wurden schwer beschädigt.

Der Ausbildungsbetrieb mußte vorübergehend eingestellt, konnte aber dann notdürftig bis Kriegsende weitergeführt werden.

Prof.Dr.phil. Friedrich Ahlborn und das Schiffbaulaboratorium

Friedrich Ahlborn, Oberlehrer am Realgymnasium des Johanneums in Hamburg, trägt in den Jahren 1903 und 1904 gleich dreimal über seine privat finanzierten und in seiner Freizeit durchgeführten, hydrodynamischen Experimentaluntersuchungen vor der Schiffbautechnischen Gesellschaft vor [39,40,41]. Er will die Widerstandserscheinungen von Luft- und Wasserströmungen durch Sichtbarmachen erforschen. Mit einem einfachen, notwendigerweise auch kleinen Tank experimentiert er in einem Sammlungsraum des Johanneums (Abb.26). Nach Einstreuen von Bärlappsamen oder auch eichenen Spänen fotografiert er Stromlinienbilder von geschleppten Körpern. Es gelingen ihm dabei bemerkenswert gute Aufnahmen (Abb.27). Auch entwickelt er einfache Geräte, die eine quantitative Erfassung der Widerstandskraft ermöglichen (Abb.28). Die Arbeiten finden in der Fachwelt großes Interesse. Doch fehlen ihm die ausreichenden Mittel, mit den begonnenen Arbeiten weiterzumachen. Seinen Vortrag 1904 [41] schließt er mit dem Bedauern, daß in Deutschland eine mit den nötigen Hilfsmitteln ausgestattete Forschungsstelle fehle. Er möchte eine solche gern in Hamburg errichtet sehen und bittet die Schiffbautechnische Gesellschaft um Unterstützung.

Im gleichen Jahr reicht er ein Gesuch über 85.000 M beim Senat in Hamburg ein. Er will damit ein eigenes Gebäude zur Weiterführung seiner Untersuchungen im größeren Maßstab errichten. Doch nicht vom Staat, sondern von der Hamburg-Amerika Linie bekommt er für vier Jahre Mittel zur Weiterführung seiner Untersuchungen [43]. Im Frühjahr 1910 stellt er erneut einen Antrag zur Errichtung eines Instituts zur Fortsetzung seiner Forschungen. Am 30.05.1910 beschließt der Senat, die Deputation für Handel, Schifffahrt und Gewerbe, die ihrer-

seits zunächst die Handelskammer anhören soll, um eine gutachterliche Äußerung. Zur Prüfung des Antrages Ahlborns setzt die Handelskammer eine technische Kommission ein. In deren Auftrag verfaßt Dr.Ing. Ernst Foerster, Oberingenieur bei Blohm & Voss, die Denkschrift betreffend die Errichtung einer Versuchsanstalt für Schiffbau in Hamburg [13]. Die Kommission kommt zu folgendem Schluß: *Die Versuche Ahlborns sind bisher zu greifbaren praktischen Ergebnissen für den Schiffbau nicht gediehen und haben keine neuen Gesichtspunkte für die Beurteilung der Widerstandsvorgänge an Schiffskörpern erbracht.*

Das von Ahlborn gewünschte Laboratorium wird nicht befürwortet, stattdessen wird eine große Schleppversuchsanstalt auf bewährter Grundlage vorgeschlagen. Da aber für Sonderuntersuchungen ein kleiner Nebentank vorzusehen sei, könne der ja in entsprechender Weise für Untersuchungen Ahlborns eingerichtet werden. Die Deputation für Handel, Schifffahrt und Gewerbe schließt sich der Einschätzung der Handelskammer an und empfiehlt dem Senat, das Laboratorium Ahlborns nicht zu bauen [44]. Man unterstützt aber die Empfehlung für eine Versuchsanstalt, die auch in den Jahren 1913-1915 als Hamburgische Schiffbau-Versuchsanstalt gebaut wird. Ein Nebentank, in dem Ahlborn hätte experimentieren können, kommt nicht zur Ausführung.

Dennoch, Ahlborn läßt nicht locker. Am 14.12.1912 richtet er einen Antrag an den Senat, einen für seine Zwecke geeigneten Tank im Dachgeschoß des zu errichtenden Maschinenlaboratoriums der Technischen Staatslehranstalten aufzustellen [45]. Seine Pläne tauchen auch in den Protokollen der Kommission für die Technischen Staatslehranstalten auf [23]. In der 65.Sitzung am 28.6.1913 stellt Zopke den Antrag, für die Aufstellung eines Ahlborn Tanks auf dem Dachboden des Maschinenlaboratoriums Geld einzuwerben. Auf der 66.Sitzung, am 18.11.1913, an der Ahlborn als Gast teilnimmt, empfiehlt die Kommission der Verwaltung, die erforderlichen Mittel für die Einrichtung des Ahlbornschen hydrodynamischen Laboratoriums zu beantragen. Am 15.1.1914 stellt Zopke den Antrag. Für einen Tank von 50m Länge, 2m Breite und 1m Tiefe, Meßapparate und fotografische und sonstige Einrichtungen sollen M 44 700 ausreichen.

Auf der 67.Sitzung der Kommission am 13.1.1914 liegt ein Antrag Ahlborns vor, seinen Privattank schon jetzt vorläufig an die Technischen Staatslehranstalten zu übernehmen. Die Kosten der Überführung werden auf 500 - 1000 M geschätzt, später kämen geringe Betriebskosten hinzu. Die Kommission ihrerseits genehmigt diesen Antrag. Offensichtlich hatte Ahlborn die Absicht, an die Technischen Staatslehranstalten überzuwechseln, wo er dann hauptberuflich seine Forschungen hätte fortsetzen können.

Der Antrag Zopkes wird nicht genehmigt. Der Senat ist lediglich zu einer einmaligen Subvention von etwa 5 - 6000 M bereit. Das hält Ahlborn in jeder Beziehung für unzulänglich. Enttäuscht schreibt er am 5.6.1914 an den zuständigen Senatssyndikus Dr. Buehl: [45]

Es erfüllt mich mit tiefem Schmerz, mich nun, nach Verlust soviel kostbarer Zeit, vor die Notwendigkeit gestellt zu sehen, mein Arbeitsfeld zu verlassen, mein Werkzeug verkommen, meine mit so unendlicher Mühe erarbeiteten Methoden verloren gehen zu sehen. Ich habe nicht für mein materielles Interesse, sondern für die Wissenschaft gearbeitet und keinen Dank erwartet. Aber die Verantwortung für das, was nun verlorengeht, muß ich ablehnen; und es geht nicht nur dem wissenschaftlichen Ansehen Hamburgs verloren, auf dessen Boden meine Arbeit erwachsen ist und das selbst in seiner Schifffahrt und seinem Schiffbau ein so starkes Interesse an diesen Dingen hat, sondern es geht der ganzen Wissenschaft und Technik, im besonderen auch der Flugtechnik verloren.

Ahlborn war bei den Technischen Staatslehranstalten, insbesondere bei deren Direktor Zopke und den Mitgliedern der Kommission, hoch angesehen. Beim Bau des Schiffbaulaboratoriums wollte man ihm entgegenkommen, damit er seine Studien dennoch weiterführen könne. Wenn man den Trimm-tank, wie er oben bereits näher beschrieben wurde, ansieht, so muß Kempf bei seinem Entwurf auf jeden Fall auch an Untersuchungen nach Ahlborn

gedacht haben. Die Beobachtungsfenster, die Unterkellerung und die Möglichkeit, das Wasser für Strömungsversuche umzupumpen, sprechen dafür. In seiner Beschreibung des Schiffbaulaboratoriums [28] erwähnt v.d.Steinen das auch ausdrücklich. Den Aufsatz für den Trimm-tank nennt er sogar Ahlbornbrücke (Abb.12). Ob Ahlborn allerdings selbst jemals dort experimentiert hat, kann nicht mehr nachgewiesen werden.

So blieb trotz seiner Hartnäckigkeit für Ahlborn selbst nur Enttäuschung und Resignation, dem Schiffbaulaboratorium eine Ahlbornbrücke, Hamburg jedoch bekam die Schiffbau-Versuchsanstalt.

Das Schiffbaulaboratorium im Dienste der Stabilitätsforschung

Obwohl das Laboratorium nur für Lehrzwecke errichtet wurde und das zur Abgrenzung zur Schiffbau-Versuchsanstalt immer wieder betont wurde, läßt v.d.Steinen bereits bei der ersten Vorstellung 1928 [28] keinen Zweifel daran, daß er im Schiffbaulaboratorium auch eine Forschungsstätte sieht. Er teilt der Versuchsanstalt als Aufgabe die Beantwortung der Frage nach der benötigten Antriebsleistung der Schiffe und die Nutzbarmachung neuer Erkenntnisse für die praktische Anwendung zu, während nach seinen Vorstellungen das Schiffbaulaboratorium - neben der Durchführung der Versuche der Studierenden zur Bildung ihrer plastischen Vorstellung der physikalischen Gesetzmäßigkeiten - die empirische Forschungsarbeit zum Weiterbau der Theorie zu leisten hat. In einem weiteren Vortrag vor der Schiffbautechnischen Gesellschaft im Jahre 1934 [46] formuliert er den Aufgabenbereich des Schiffbaulaboratoriums als wissenschaftlicher Forschungsstätte in der Beantwortung der Frage: *Wie verhält sich das Schiff im Seegang?* Die Möglichkeiten zur Bearbeitung dieser Frage sieht er einmal in der Analyse der Bewegungen des Schiffs im Seegang, zum zweiten in der Synthese der am Modell untersuchten Schwingungskomponenten. Er will beide Wege in gleicher Weise beschreiten. Er zieht daraus die Konsequenzen, Apparate zu bauen, um am fahrenden Schiff den Ablauf der resultierenden Schwingungen aufzuzeichnen und im Laboratorium Theorien über die Schwingungskomponenten aufzustellen und zu untersuchen.

Schon in früheren Jahren war v.d.Steinen mit wissenschaftlichen Veröffentlichungen bekannt geworden. Dabei hatte er sich zunächst um die statische Stabilität des Schiffes als räumliches Problem gekümmert [47,48,49,50,51]. Wegen der sehr umfänglichen und umständlichen Berechnungen griff er aber auf die bereits von Kempf vorgeschlagene experimentellen Methoden mit dem Momentenindikator zurück, den er dann im Schiffbaulaboratorium einsetzte [34,35]. Später erweiterte er seine Arbeiten auf das Gebiet der Schiffsschwingungen, wozu die statische Stabilität Voraussetzung ist [52,53,54]. Damit hatte er ein Arbeitsgebiet gefunden, was in der damaligen Zeit von den Versuchsanstalten nicht oder nur wenig behandelt wurde. Ein Beispiel für die angestrebte Arbeitsweise lieferte er mit der Untersuchung über das Seeverhalten des Motorschiffes COLOMBIA der Königl. Niederl. Dampfschiffahrt-Gesellschaft. Während an Bord Messungen der Schiffsbewegungen durchgeführt wurden, wurde ein von der Reederei gestiftetes Modell im Laboratorium umfangreich untersucht [55]. Das konnte in den damaligen schlechten Zeiten nur äußerst mühselig geschehen. Trotz befürwortender Gutachten seitens der Schiffbautechnischen Gesellschaft und der Technischen Hochschule Berlin konnte kein Geld für Assistentenstellen eingeworben werden. So war die Versuchsarbeit auf freiwillige Helfer, nämlich Absolventen, die noch keinen Arbeitsplatz gefunden hatten, angewiesen. Da diese aber im Durchschnitt kaum länger als drei Monate blieben, mußten an den Auswertungen häufig mehrere Generationen von Assistenten arbeiten, wobei dann viel Zeit durch immer wieder nötige Einarbeit verloren ging. Um aus dem Schiffbaulaboratorium eine Forschungsstätte zu machen, war es folglich ein langer und schwerer Weg, den v.d.Steinen aber mit bewunderns-

wertem Einsatz verfolgt hat.

Der Fachausschuß für Stabilitäts- und Schwingungsforschung der Schiffbautechnischen Gesellschaft

Um das Schiffbaulaboratorium zu einer anerkannten Forschungsstätte aufzuwerten, entwickelt v.d.Steinen vielfältige Aktivitäten. Seit 1917 Mitglied der Schiffbautechnischen Gesellschaft meldet er sich regelmäßig mit Vorträgen und Diskussionsbeiträgen zu Wort [28,56,57,58]. Hauptsächlich auf sein Betreiben richtet die Gesellschaft im Januar 1933 einen Fachausschuß für Stabilitäts- und Schwingungsforschung ein [59,60]. Obmann des Ausschusses wird Prof.Dr.-Ing. Fritz Horn, seit 1928 Inhaber des Lehrstuhls für Theorie des Schiffes an der TH Berlin. Mitglieder sind unter anderen Dr.-Ing. Gustav Wrobbel, seit 1926 Dozent für Entwerfen und Ausrüstung an der Höheren Schiffbauschule der Technischen Staatslehranstalten und natürlich v.d.Steinen. Auch gewährt ihm die Gesellschaft finanzielle Unterstützung für seine Forschungsarbeiten [55]. Die Aufgabenstellung des Ausschusses ist demzufolge zunächst hauptsächlich auf die Behandlung theoretischer Fragen im Zusammenhang mit seinen Forschungen gerichtet [61].

Noch im Jahre 1933 hält er einen weiteren Vortrag vor der Schiffbautechnischen Gesellschaft [62]. In der Diskussion dazu findet Horn die anerkennenden Worte: [63] *Ich empfinde es auch als besonders glücklich, daß, nachdem die STG, wesentlich auf Anregung des Herrn Vortragenden einen besonderen Fachausschuß für Stabilitäts- und Schwingungsforschung ins Leben gerufen hat,....,das Geburtsjahr dieses Ausschusses durch einen so hochwertigen, gründlichen und grundlegenden Beitrag gekennzeichnet wird.*

Die 1934 von der Schiffbautechnischen Gesellschaft veranstaltete Sommerveranstaltung wird maßgeblich durch v.d.Steinen organisiert. Die Vorträge finden in der Aula der Technischen Staatslehranstalten statt, wo er selbst auch wieder vorträgt [46]. Sein Thema: *Das Schiffbaulaboratorium der Technischen Staatslehranstalten zu Hamburg im Dienste der Stabilitätsforschung.* Höhepunkt seiner damaligen Arbeiten dürfte jedoch die Teilnahme an der von der Schiffbautechnischen Gesellschaft initiierten Hochseemeßfahrt mit dem M.S. SAN FRANZISKO der Hamburg Amerika Linie im Herbst 1934 gewesen sein [53]. Diese vereinigte damals alle führenden Köpfe der deutschen Schiffbauforschung. Neben Durchbiegungs- und Dehnungsmessungen sowie Wellenmessungen wurde eine möglichst systematische Untersuchung der Bewegungen des Schiffes im Seegang durchgeführt. V.d.Steinen übernahm die Messung der Roll-, Stampf- und Gierschwingungen. Seine Meßgeräte standen im Kartenraum des Schiffes. Abb.29 zeigt ihn dort bei der Arbeit [64].

Damit steht seine fachliche Reputation außer Zweifel. Die formale Anerkennung des Schiffbaulaboratoriums als Forschungsstätte auch durch die Verwaltung muß er noch anderweitig durchsetzen.

Das Technische Vorlesungswesen zu Hamburg und das Schiffbaulaboratorium

Bis auch die Verwaltung im Schiffbaulaboratorium eine Forschungsstätte sah, mußte allerdings ein langer Kampf mit der Bürokratie ausgefochten werden. V.d.Steinen berichtet selbst darüber [46]. Insbesondere muß immer wieder die Abgrenzung zur HSVA vorgenommen werden, um den Eindruck zu vermeiden, an zwei Stellen würde möglicherweise das Gleiche getan.

Für seine Untersuchungen, so schreibt er, benötige man einen Stabilitätstank, den es bei der Versuchsanstalt nicht gäbe. Sollte diese die im Schiffbaulaboratorium durchgeführten Arbeiten übernehmen, so würde das einer Verlegung zur Schiffbau-Versuchsanstalt gleichkommen, während das Schiffbaulaboratorium jetzt auch noch die Belange des Unterrichts erfülle, für

welches es ja primär gebaut sei. Auch die HSVA sah die Arbeiten nicht als Konkurrenz sondern als Ergänzung. War es doch Kempf, seinerzeit Erbauer des Schiffbaulaboratoriums und zu der Zeit Direktor der Schiffbau- Versuchsanstalt, der im Jahre 1930 bei der Gesellschaft der Freunde und Förderer der Hamburgischen Schiffbau -Versuchsanstalt einen Antrag auf finanzielle Förderung des Schiffbaulaboratoriums stellte [65]. Dennoch existierte das Schiffbaulaboratorium verwaltungsmäßig nur als Unterrichtslaboratorium, nicht aber als Forschungsstätte. Da der Schulbehörde unterstellt, wurde jede Forschung zunächst ausdrücklich untersagt; noch weniger gab es irgendwelche Förderung.

Als Umweg zum Ziel fanden Wrobbel und v.d.Steinen das Technische Vorlesungswesen. Dieses war 1910 am Technikum zur fachlichen Weiterbildung der Ingenieure gegründet worden. Zunächst verwaltungsmäßig auch zur Schulbehörde gehörend, wurde es nach dem am 4.Februar 1921 erlassenen Hamburger Hochschulgesetz der Hochschulbehörde unterstellt, obwohl es nach wie vor von den Technischen Staatslehranstalten organisiert und geleitet wurde [66].

In den Ankündigungen des Technischen Vorlesungswesens tauchen vom Wintersemester 1926/27 bis 1930/31 Vorlesungen v.d.Steinen unter dem Titel *Schiffbaulaboratorium* auf. Inhaltlich handelt es sich um die Versuche, die er auch mit den Studierenden durchführte [67].

Wrobbel, der zum 1.Juni 1933 zum Leiter des Technischen Vorlesungswesens ernannt worden war, gelingt es noch 1933, das Laboratorium als Forschungsinstitut dem Technischen Vorlesungswesen anzugliedern und damit der Hochschulbehörde zu unterstellen [68]. Damit war auch die formale Anerkennung als Forschungsstelle erreicht.

Veranlaßt durch das Jubiläum zum 25-jährigen Bestehen des Technischen Vorlesungswesens veranstaltet die Schiffbautechnische Gesellschaft neben anderen Technischen Vereinigungen ihre Sommertagung im September 1935 in Hamburg. Von den Steinen hält auch hier wieder einen Vortrag über Arbeiten aus dem Schiffbaulaboratorium [55]. Die Zeitschrift Schiffbau, Schifffahrt und Hafenbau gibt ein Jubiläumsheft, in dem v.d.Steinen eine Arbeit über aktive Schiffsstabilisierung veröffentlicht [53], heraus.

Das Schiffbaulaboratorium als Forschungsstelle für Stabilität und Schwingungen

Endlich am Ziel ist v.d.Steinen 1936. Kempf organisiert die Schiffbauforschung in Hamburg [69]. Für alle Forschungsgebiete, welche theoretisch oder experimentell behandelt werden können, will er Einrichtungen schaffen, die in unmittelbarer Zusammenarbeit mit der Praxis, die Ergebnisse des Versuchsbetriebs kontrollieren und die Erfahrungen des Schiffsbetriebs systematisch auswerten, um Theorie und Praxis in Einklang zu bringen. Auch die Forschungsarbeiten, welche schon bisher im Schiffbaulaboratorium durchgeführt wurden, sollen weitergeführt werden. Dazu wird die

*Forschungsstelle für Stabilität und Schwingungen
der Hamburgischen Schiffbau- Versuchsanstalt im
Schiffbaulaboratorium der Technischen Staatslehranstalten zu Hamburg
Leitung: Dr.-Ing. C. von den Steinen*

errichtet. Erklärtes Ziel ist es, durch Auswertung von Fahrtergebnissen Erfahrungen über das Seeverhalten zu gewinnen, um dann eine möglichst vollkommene Stabilisierung der Schiffe zu entwickeln. Mit Stabilisierung ist hier die Unterdrückung der Rollschwingungen gemeint.

Damit ist das Schiffbaulaboratorium eine der Versuchsanstalt gleichberechtigte Forschungsstätte mit einem klar definierten Arbeitsauftrag geworden. Äußerlich wird das auch dadurch dokumentiert, daß die Veröffentlichungen seither eine doppelte Numerierung erhalten, einerseits als Berichte der Forschungsstelle für Stabilität und Schwingungen in Fortführung der bisherigen Berichte aus dem Schiffbaulaboratorium andererseits als Mitteilungen der HSVA [70].

Von den durch v.d.Steinen entwickelten Meßgeräten sollen hier beispielhaft das Scheinlotmeßgerät und das Orbitalrad besprochen werden. Die resultierende Richtung aus Erdbeschleunigung und Zentrifugalbeschleunigung der Orbitalbewegung in der Welle nennt v.d.Steinen die Scheinlotrichtung (Abb.30). Wird im Drehpunkt des Schiffes ein Pendel aufgehängt, so liefert die Gerade durch Drehpunkt und Massenmittelpunkt des Pendels die Scheinlotrichtung. Um diese zu registrieren, sollte das Pendel selbst keine Eigenschwingungen ausführen, sondern quasistatisch der Scheinlotrichtung folgen. Um das zu erreichen, entwickelte v.d.Steinen eine elektromotorisch betriebene Nachführvorrichtung. Kombiniert mit einem Beschleunigungsmesser, läßt sich auch der Betrag der resultierenden Beschleunigung ermitteln und aufschreiben. Die Abb.31 zeigt mehrere Ansichten und Details eines solchen Gerätes, welches hier eine rechtwinklig zueinander angeordnete Kombination zweier Basisgeräte darstellt.

Das Orbitalrad gestattete es, die Bewegungen eines Schiffsquerschnittes bei verschiedenen Stabilitäten und bei verschiedenen Wellenerregungen im Trockenversuch nachzubilden. Es bildete damit das Grundgerät für die Untersuchung von Stabilisierungseinrichtungen gegen Rollen [71].

Die als Trochoide idealisierte Welle hat die Eigenschaft, daß die Wellennormale am Ort eines auf einem Kreis umlaufenden Masseteilchens stets durch einen Punkt geht. Daraus läßt sich eine Konstruktion zur Nachahmung der Orbitalbewegung finden (Abb.32). Auf dieser Basis wurde auf Veranlassung v.d.Steiners durch Dr. Hellmut Baumann das Orbitalrad entwickelt [72]. Auf einem Zapfen, der auf dem Orbitalrad mit der Wellenamplitude als Radius und der Wellenfrequenz als Drehzahl rotiert, wird ein dynamisch ausgetrimmter Schiffsquerschnitt pendelnd in der Drehachse der Rollbewegung aufgehängt. Seine Bewegungen werden als Antwort auf eine seitlich einkommende Welle aufgezeichnet. Zur Nachahmung hydrodynamischer Dämpfungen wird eine elektrische Wirbelstrombremse eingesetzt. Der Schiffsquerschnitt kann durch Stabilisierungsvorrichtungen, z.B. Schlingertanks ergänzt werden, deren Wirksamkeit dann im Modellversuch nachgewiesen werden kann. Eine Schemaskizze und eine ausführliche Beschreibung des Orbitalrades findet man in Abb.33.

Die Untersuchung von Stabilisierungstanks wurde zunächst für den Neubau des Feuerschiffs ELBE I ausgeführt [73], später auch für das 27000BRT große, bei den Howaldtswerken in Hamburg erbaute und 1939 in Dienst gestellte Passagierschiff ROBERT LEY. Das Ergebnis (Abb.34) war, daß der Rollamplitude im Resonanzfall von 28° auf 4° reduziert werden konnte [74].

Die Untersuchungen am Orbitalrad benötigen als Eingabe Kenntnisse über die Größe der mitschwingenden Wassermasse und der hydrodynamischen Dämpfung. Auf diesem Gebiet wurden Grundsatzuntersuchungen durchgeführt, wie die Arbeiten über Schlingerversuche mit einem Kreiszyylinder von Baumann [75] und Schlingerkiel-Dämpfungsversuche zeigen [55].

Mit seinen Arbeiten löste v.d.Steinen eine Diskussion über das Prinzip der Rollstabilisierung aus. Während bisher geradezu selbstverständlich die Horizontalisierung des Schiffes im Seegang angestrebt wurde, forderte er eine Stabilisierung nach der Scheinlotrichtung [53,70,77].

Im Falle der Horizontalisierung wird die wahre Lotlinie als Vertikalachse des Schiffes angestrebt (Abb.35 oben). Vorteilhaft ist das beim Einsatz von Geschützen auf Kriegsschiffen. Bei der Scheinlotstabilisierung wird als Vertikalachse die Scheinlotrichtung angestrebt (Abb.35 unten). In diesem Fall pendelt das Schiff mit der Wellenneigung um die wahre Lotlinie. Ein Fahrgast, der den Horizont nicht sehen kann, würde sich unter diesen Umständen in Ruhe fühlen und möglicherweise weniger anfällig gegen Seekrankheit sein, weil er keine Querkräfte bemerkt. Auch Ladung könnte nicht verrutschen, ja sogar Flüssigkeit würde nicht verschüttet. Die physikalischen Unterschiede sind in einer Tabelle in Abb.36 dargestellt [78]. Bei der Horizontalisierung muß im Wesentlichen das dem Rollwinkel proportionale Rückstellmoment von der Stabilisierungsvorrichtung kompensiert werden, im Falle der Scheinlotstabilisierung das der Rollbeschleunigung proportionale Massenträgheitsmoment.

Die mit dem Orbitalrad möglichen Untersuchungen liefern das Rollverhalten von Schiffen mit oder ohne Stabilisierungsvorrichtung unter der Wirkung einer seitlich einkommenden regelmäßigen Welle im eingeschwungenen Zustand. Damit wird im Wesentlichen die Wirkung einer Dünung nachgebildet. Viel wichtiger ist jedoch die Kenntnis des Seeverhaltens im natürlichen Seegang beliebiger Art.

Anlaß für umfangreiche Seegangsmessungen durch Mitarbeiter des Schiffbaulaboratoriums bildete der Untergang des Feuerschiffs ELBE I im Winter 1936 [79]. Auch das Ersatzschiff mußte seine Position verlassen. Auf dem dritten Schiff NORDERNEY I und auf dem Passagierschiff ROBERT LEY wurden Messungen ausgeführt [80,81]. Auf der ROBERT LEY wurde wieder eine umfangreiche Meßzentrale unter der Mitwirkung v.d.Steinen eingerichtet, womit die früher auf der SAN FRANZISKO durchgeführten Messungen im größeren Rahmen fortgeführt werden sollten [82].

Auch das neue Feuerschiff ELBE I erhielt die im Modell untersuchten Stabilitätstanks. Der Bau des Schiffes verzögerte sich aber wegen der Kriegsereignisse immer wieder. Endgültig fertiggestellt wurde das Schiff erst im Jahre 1948 [83]. Es hat dann bis 1988 seinen Dienst in der Elbmündung versehen und liegt heute als Museumsschiff in Cuxhaven [84].

Um das Rollverhalten in beliebigem, natürlichen Seegang zu simulieren und entsprechend Stabilisierungsanlagen zu erproben, reicht das Orbitalrad nicht aus. Dazu plante v.d.Steinen den Bau eines Orbitalwagens (Abb.37) [36]. Hier sollten die Orbitalbewegungen und zugehörige Stabilitäts- und Dämpfungsmomente den Hochseemessungen entsprechend einstellbar sein. Anstelle des Schiffspendels am Orbitalrad war eine zimmergroße Schaukel von etwa $4 \cdot 4m^2$ Grundfläche geplant, die auch bis zu zwei Laboranten die Mitfahrt ermöglichen sollte. Zur Ausführung ist es jedoch wegen des Krieges nicht gekommen.

Mit dieser Versuchseinrichtung wollte v.d.Steinen die umfangreichen Rechenarbeiten umgehen, womit man diese Simulation hätte auch ausführen können. Die Simulation auf elektronischen Rechnern hat nach dem Kriege diesen experimentellen Weg weitestgehend ersetzt.

Alle bisher geschilderten Arbeiten konnten im Trockenen oder im glatten Wasser durchgeführt werden. V.d.Steinen erwähnt 1934 [62] ausdrücklich, daß das Schiffbaulaboratorium noch keinen Wellenerzeuger besitze, daß man aber dabei sei, erste Erprobungen mit Tauchkörpern für die Wellenerzeugung auszuführen. Später ist dann ein Wellenerzeuger im kleinen 1m breiten Trimm-tank eingebaut. V.d.Steinen benutzt ihn immer wieder, um das Bewegungsverhalten von Elementarkörpern zu demonstrieren [36]. Ein Floß, welches eine unverhältnismäßig große Stabilität besitzt, macht die Wellenbewegung mit (Abb.38) und zeigt damit die momentane Wellenschräge bzw. die Scheinlotrichtung an, ein Kreis-zylinder, der praktisch keine Stabilität besitzt, liegt ruhig in der Welle und gibt die wahre Lotrichtung an (Abb.39). Für größere Untersuchungen in Wellen reichte das Gerät wohl nicht aus.

Über den Einsatz der Wellenkampfschen Schleppvorrichtung liegt nur wenig Material vor. Eine Arbeit aus dem Jahre 1933 [85] dient der Bestimmung der hydrodynamischen Masse eines in Fahrtrichtung beschleunigten Schiffsmodells (Abb.40).

Weitere, noch während des Krieges ausgeführte Arbeiten galten wieder der statischen Stabilität. Umfangreich wurde mit Hilfe der schon näher beschriebenen Stabilitätswaage, die sogar mit einer motorisch betriebenen Nachstellvorrichtung versehen war, der Einfluß von Aufbauten und Holzdecksladung auf die Stabilität untersucht (Abb.41) [86]. Eine letzte Veröffentlichung [87], der 40. Bericht der Forschungsstelle für Stabilität und Schwingungen von Ullrich Werckmeister, im Juni 1944 mit dem Titel *Die untere \overline{M}_0G -Grenze bei Holzdeckslast* erschienen, beschließt die Arbeiten bis zum Kriegsende.

Eine militärische Forschung hat es im Schiffbaulaboratorium nicht gegeben. Es gibt dafür keinerlei Hinweise. Vielmehr berichtet Henschke, von 1926 - 1928 selbst Schiffbau-Student an den Technischen Staatslehranstalten und während des Krieges gemeinsam mit Prof. Amtsberg Leiter der technischen Untersuchungen der Marine an allen damaligen deutschen Versuchs-

anstalten, daß wegen nicht ausreichender technischer Leistungsfähigkeit das Schiffbaulaboratorium von der Marine nicht einbezogen wurde [88].

Der Wiederbeginn nach 1945: Die Hamburgische Schiffbau-Versuchsanstalt im Schiffbaulaboratorium.

Schiffbau, aber auch Lehre und Forschung auf dem Gebiet des See-Schiffbaus waren nach dem verlorenen Krieg zunächst auf Anordnung der alliierten Kontrollkommission für Deutschland nicht gestattet. Dennoch wurde der Lehrbetrieb bereits im WS45/46 wiederaufgenommen. Der Lehrplan für den Schiffbau, der am 8.11.45 durch die Militärregierung genehmigt war, erlaubte nur Unterricht im Küsten- und Binnenschiffbau. Für das 5. Semester wurden wieder Übungen im Schiffbaulaboratorium vorgesehen. Mit den noch vorhandenen einfachsten Mitteln wurden Demonstrationsversuche durchgeführt [89].

Im November 1947 gestattete die Schulbehörde ehemaligen Mitarbeitern der HSVA, die sich als Hanseatische Ingenieurvereinigung (HIV) unter der Leitung Kempfs zusammengeschlossen hatten, das Schiffbaulaboratorium instandzusetzen. Aus diesem Kreis wurden Veranstaltungen auf dem Gebiet des Schiffbauversuchswesens angeboten. Seit dem Winterhalbjahr 1947/48 findet man im Verzeichnis der Vorlesungen und Übungen des Technischen Vorlesungswesens eine Veranstaltung mit dem Titel *Entwurf von Schiffsform und Schiffsantrieb für Küsten- und Binnenschifffahrt*. Vom Sommertrimester 1949 an heißt die Veranstaltung dann *Vorführung im Schiffbaulaboratorium und Behandlung von Problemen der Formgebung, des Antriebes und des Verhaltens von Binnen- und Küstenschiffen*. Von diesem Zeitpunkt an ist das Laboratorium wieder betriebsbereit gewesen. Letztmals erscheint eine Veranstaltung im WS1951/52, dann allerdings unter dem neuen Titel *Aus dem Arbeitsgebiet der Schiffbau-Versuchsanstalt* [90]. Der Gleichstromantrieb des Schleppwagens wird 1949/50 durch einen Synchronmotorantrieb mit nachgeschalteten 40-stufigem Stirnradgetriebe ersetzt, wodurch äußerst genaue Geschwindigkeiten erreicht wurden. Außerdem wurde die Wellenkamp-Schleppversuchseinrichtung derart abgewandelt, daß das Modell nicht mehr von einem Gewicht sondern von einer Winde, die den Schleppdraht aufwickelte, gezogen wurde (Abb.42). 1950 waren auch die Büroräume über dem Schlepptank wiederhergestellt, in die dann die Mitarbeiter der HIV einzogen. Als 1951 von den Alliierten der Neubau einer Versuchsanstalt genehmigt wurde, wurde aus dem HIV wieder die HSVA. Bis es aber soweit war, wurde das Schiffbaulaboratorium intensiv genutzt. Dabei wurden erlaubte, nicht erlaubte Forschung und Lehrbetrieb wohl auf das merkwürdigste miteinander vermischt. Boie [91] und Hattendorff [92], beide damals Studenten der Schiffbaus, berichten darüber gleichermaßen. So erzählt Hattendorff, der nach Abschluß seines Studiums seit 1948 Mitarbeiter der HIV/HSVA war, daß Versuche mit einem Seebäderschiff der HADAG *selbst genehmigt* wurden. Während der Untersuchungen mit der noch betriebsbereiten Wellenkamp-Anlage seien unangemeldet englische Soldaten aufgetaucht. Kempf sei durch die Hintertür entkommen, während sich alle anderen unwissend gestellt hätten. Während die Angelegenheit für die HSVA glimpflich abging, wurde der damalige Direktor der Ingenieurschule, Dr. Krone, der nach Auffassung der Engländer auch für das Geschehen im Schiffbaulaboratorium verantwortlich war, länger als eine Stunde verhört. Es muß ihm gelungen sein, die ganze Angelegenheit als Vorbereitung für eine studentische Lehrveranstaltung hinzustellen. Später kam dann ein anderer Überwachungsbeamter, der sich vor seinen Besuchen anzumelden pflegte.

Trotz der primitiven, teilweise beschädigten Anlagen des Schiffbaulaboratoriums sind auch in dieser Zeit Forschungsarbeiten entstanden, die unter Aufsicht und mit Genehmigung der Scientific Research Division des Military Security Board ausgeführt wurden. Kempf trägt 1951

vor der Schiffbautechnischen Gesellschaft über Untersuchungen über die Oberflächenreibung der Schiffe vor. An einem aus einzelnen Elementen zusammengesetzten bis zu 13,4m langen Ponton wurden örtliche Reibungsbeiwerte gemessen zum Nachweis, daß diese mit zunehmender Länge kleiner werden. Die Abb.43 zeigt den Ponton im Schleppkanal des Schiffbaulaboratoriums [93]. In einer weiteren Veröffentlichung [94] berichtet Kempf über die Untersuchung eines Doppelmodells zur Aufteilung des Widerstandes in Zähigkeits- und Wellenwiderstand (Abb.44). Eine weitere bemerkenswerte experimentelle Untersuchung aus dem Schiffbaulaboratorium stammt von Grim, ebenfalls 1951 vor der Schiffbautechnischen Gesellschaft vorgelesen [95]. Er untersucht dabei die Widerstandsschwankungen eines Schiffes in von achtern auflaufender See. Je nach relativer Lage zwischen Schiff und Welle kommt es zu oszillierenden Widerstandsschwankungen, im Extremfall sogar zu negativen Widerständen, was bedeutet, daß das Schiff auf dem Wellenhang liegend von der Welle geschoben wird. Mit einem dünnen, nur gering eintauchenden, am Schleppwagen befestigten Brett wurden Wellen erzeugt. Ebenfalls am Schleppwagen war in verschiedenen Lagen das zu untersuchende Modell angebracht (Abb.45). Mit dieser verblüffend einfachen Anordnung ließ sich dieses schwierige Problem zufriedenstellend behandeln [95].

Über einen ersten primitiven Wellenerzeuger berichten übereinstimmend Boie [91] und Hattendorff [96]. Eine alte Tür, die unten am Anfang des seitlichen, 2m breiten Docktanks (Abb.8) angebracht war, wurde mit einem über den Tankrand hinausragenden Knüppel von Hand hin- und herbewegt. Damit wurde das Seegangsverhalten der ersten nach dem Kriege gebauten Fischerei-Fahrzeuge untersucht.

Unter Verwendung der Mechanik des am Trimmtank vorhandenen Wellenerzeugers baute Hattendorff am Ende des Schlepptanks einen 6m breiten Wellenerzeuger. Diesen muß Grim benutzt haben, als er 1951 das Seegangsverhalten von drei verschiedenen Formen für ein Wachboot untersuchte [97,98]. Gebaut wurden diese Fahrzeuge 1952 im Auftrage des Bundesinnenministeriums als Patrouillenboote P1 bis P4 für den Bundesküstengrenzschutz [99].

Eine weitere, sehr beachtete Arbeit Grims galt den Rollschwingungen und der Stabilität im Seegang [100]. Die Stabilität eines Schiffes ist im Seegang nicht so groß wie im glatten Wasser. Da die Wasseroberfläche nicht eben bleibt, ändern sich die auf den Schiffskörper wirkenden hydrostatischen und hydrodynamischen Kräfte dauernd. Mit Schwankungen der Stabilität muß bei allen Lagen des Schiffes gerechnet werden, am deutlichsten werden sie jedoch, wenn die See in Schiffslängsrichtung läuft. Die Auswirkungen der Stabilitätsänderung bestehen vor allem darin, daß das Schiff durch die längslaufenden Wellen zu Krängungen oder Rollschwingungen erregt wird. Da aus Symmetriegründen in dieser Lage kein erregendes Rollmoment auftritt, können diese Krängungen oder Rollschwingungen nur durch Stabilitätsänderungen verursacht werden. Wenn versucht wird, sie durch Unregelmäßigkeit des Seegangs, also aus Nichtzutreffen der vorausgesetzten Lage des Schiffes zum Seegang zu erklären, so ist das falsch. Das Schiff muß auch in dieser Lage trotz Fehlens eines erregenden Rollmomentes und trotz aller Symmetrie große Rollschwingungen ausführen, die allein durch periodische Stabilitätsänderungen erregt werden. Theoretisch konnte Grim zeigen, daß bei bestimmten Verhältnissen der Periode der erregenden Stabilitätsänderung zur Eigenperiode des Schiffes die Stabilitätsbedingungen für die aufrechte Lage nicht alle erfüllt sind, nämlich für die halb- und ganzzahligen Periodenverhältnisse. Den experimentellen Nachweis führte Grim in folgender Weise: In ein Modell, welches in ruhigen Wasser lag, wurde an einer Kurbel mit querschiffs liegender Achse ein umlaufendes Gewicht angebracht (Abb.46). Das Modell konnte sich nach allen Seiten frei bewegen. Für diesen Versuchsaufbau gilt, daß sich die Stabilität wie beim Schiff in längslaufender See periodisch ändert. Allerdings wird diese Stabilitätsänderung beim Schiff durch Änderung der Lage des Metazentrums, bei diesem Versuch dagegen durch die Änderung der Lage des Gewichtsschwerpunktes hervorgerufen. Für die mathematische Beschreibung bedeutet das jedoch keinen Unterschied. Abb.46 gibt auch gemessene Resonanzkurven wieder. Sie zeigen,

daß das erwartete Verhalten wirklich eintraf. In den einzelnen, unstablen Bereichen wurden große Rollschwingungen angeregt. Die Periode dieser Rollschwingungen blieb immer ungefähr gleich der Eigenperiode. Bei der ersten Resonanz war sie etwa doppelt so groß, bei der vierten halb so groß wie die der erregenden Periode. Damit war der Beweis für die Erregung von Rollschwingungen durch periodische Stabilitätsänderungen auch experimentell erbracht.

In einer weiteren Versuchsreihe wurde ein Modell ohne Fahrt in Wellen gebracht und durch einen langen Draht senkrecht zu den Wellenkämmen so festgehalten, daß Rollschwingungen möglich waren. Das Modell wurde vor allem im ersten halbperiodischen Resonanzbereich zu Rollschwingungen mit Rollwinkeln über 30° angeregt. Damit war nachgewiesen, daß allein durch längslaufende Wellen merkliche Rollbewegungen erregt werden können. Die beobachtete Rollschwingung kann im halbperiodischen Resonanzbereich auf keinen Fall durch Unregelmäßigkeiten der Wellen oder Unsymmetrie des Modells erklärt werden, da die durch solche Ursachen erregte Schwingung die gleiche Periode wie die Wellen haben müßte. Dagegen zeigten die Experimente eindeutig, daß in diesem Resonanzbereich die Periode der Rollschwingung doppelt so groß ist wie die der Welle.

Eine weitere, fast kuriose Untersuchung wurde von Thieme [101] durchgeführt. Um die Steuereigenschaften einer Hafenbarkasse zu untersuchen, aber ein geeigneter Rundlauf-tank fehlte, wurde stattdessen das Modell gekrümmt (Abb.47).

Mit dem Inbetriebnahme der ersten neuen, eigenen Versuchsanlagen am 22.Oktober 1952 an der Bramfelder Straße 164 endete die Zeit der HSVA im Schiffbaulaboratorium.

Das Institut für Schiffbau und das Schiffbaulaboratorium

Als im Jahre 1949 abzusehen war, daß die Beschränkungen, die die Siegermächte des 2. Weltkrieges Deutschland hinsichtlich der Seeschifffahrt und des Baues von Seeschiffen auferlegt hatten, in naher Zeit gelockert würden, und man an der Technischen Hochschule Hannover seit dem Wintersemester 1949/50 auch schon Schiffsmaschinenbau studieren konnte [102], entstand in Hamburg unter der Federführung der Professoren Georg Schnadel, Vorsitzender der Schiffbautechnischen Gesellschaft und Vorstandsmitglied des Germanischen Lloyd, und Günther Kempf eine Denkschrift über die Errichtung eines Instituts für Strömungsmechanik und Schiffskunde an der Universität Hamburg [103]. Ziel war es, wieder eine Ausbildungsmöglichkeit für Diplom-Ingenieure des Schiffbaus zu schaffen, nachdem die TH Danzig verloren und an der TH Berlin nur ein Studium für Binnenschiffbau gestattet war. Man ging davon aus, daß das Grundstudium an einer beliebigen Technischen Hochschule, vornehmlich jedoch in Hannover, absolviert werden könnte.

Die in Hamburg benötigten Räume sollten durch den Ausbau des Schiffbaulaboratoriums an der Ingenieurschule geschaffen werden. Das Laboratorium selbst sollte ebenfalls für Ausbildung und Forschung benutzt werden.

Nachdem im April 1951 alle Beschränkungen für den Schiffbau gefallen waren, erlebte die deutsche Schiffbauindustrie einen großartigen Aufschwung. Entsprechend wuchs der Bedarf an qualifiziert ausgebildeten Ingenieuren.

Das Institut wird gegründet. Mit der Berufung von Georg Weinblum im Mai 1952 auf einen Lehrstuhl für Schiffstheorie und zum Direktor beginnt das neue Institut im SS 1952 mit vier eingeschriebenen Studierenden - davon zwei aus der Kriegs- und Vorkriegszeit - seine Tätigkeit [104]. 1952 erfolgen noch weitere Berufungen: Für Entwerfen von Schiffen und Werftorganisation (Wendel) und Statik der Schiffe (Schnadel). Lehraufträge werden für Konstruktion der Schiffe (Hansen) und Schiffsmaschinenbau (Illies) vergeben [105]. Das Institut zieht in die Räume über dem Schiffbaulaboratorium ein, welche von der HSVA nach und nach geräumt wurden. Schon im Juni 1952 beschließt die Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität, den Namen in Institut für Schiffbau zu ändern.

Obwohl bereits im Januar 1953 eine Vereinbarung zur Mitbenutzung des Schlepptanks der HSVA durch das Institut für Schiffbau getroffen wurde [106], erlebt das Schiffbaulaboratorium selbst wieder eine große Zeit der Forschung. Darüber soll im Folgenden berichtet werden.

Besonders hervorzuheben ist der Versuch Baumanns [107], im kleinen Trimmtank einen Wellenerzeuger mit gleichzeitigem Wellentilger zu bauen. Die Hauptschwierigkeit für Seegangsversuche besteht darin, eine permanent fortschreitende Welle zu erzeugen, ohne daß Wellen am Tankende reflektiert werden, da sonst der Versuchsablauf in unkontrollierbarer Weise gestört würde. Mit den üblichen Mitteln wie Strandanlagen oder Dämpfungssieben kann eine ausreichende Tilgung nicht erzielt werden. Baumanns Idee war, am Ende der Versuchsrinne einen Mechanismus zu installieren, welcher gegenüber der auftreffenden Welle dasselbe Verhalten zeigt wie die unendlich fortgesetzte Wasserrinne. Dazu brauchte er ein Querschott, welches am Boden der Rinne so gelagert ist, daß es sich unter der Wirkung der einkommenden Welle vor und zurück neigen kann. Es liefert somit einen Angriffspunkt zur Beeinflussung der Wellen durch Ankoppeln geeigneter mechanischer Elemente (Federn, Massen, Dämpfung). Da das Schott an den Seiten nicht abgedichtet werden kann, ohne daß störende Reibung auftritt, wird in einigem Abstand dahinter eine feste Rückwand benötigt (Abb.49). Zur Anpassung muß am schwingenden Schott eine Dämpfung z.B. in Form einer Wirbelstrombremse angebracht und so bemessen werden, daß sie die ankommende Wellenenergie verzehrt. Damit jedoch nur eine dämpfende Kraft auftritt, müssen die trägen und elastischen Kräfte des Schotts, der mitschwingenden Wassermasse und des Wasserraums zum Verschwinden gebracht werden. Das geschieht dadurch, daß man die Eigenfrequenz des Systems auf die Frequenz der ankommenden Welle abstimmt.

Die ausgeführte Modellseegangsanlage bestand aus einem Wellenerzeuger und Wellentilger an beiden Enden des Trimmtanks. Dieser hat eine nutzbare Länge von 8m, eine Breite von 1m und eine Tiefe von 0,4m. Zur weiteren Verbesserung wurde der Wellenerzeuger gleichzeitig als Tilger ausgebildet, wodurch die vom Versuchsobjekt nach vorn ausgestrahlten Sekundärwellen schon am Erzeuger absorbiert werden sollten. Die mechanischen Elemente an beiden Enden der Rinne waren gleich. Ein Schwingblech, dessen Drehachse 200mm unter dem Wasserspiegel lag, wurde durch eine angepaßte Wirbelstrombremse gedämpft und mit Hilfe von Federn abgestimmt. Die Erregung einer künstlichen Dünung durch den Wellenerzeuger geschah durch periodische Bewegungen des Dämpfungsmagneten; beim Wellentilger standen diese fest. Die Magneten wurden durch einen Synchronmotor über ein stufenloses Getriebe und eine Kurbelschleife angetrieben. Die verschiedenen Winkelgeschwindigkeiten des Schwingblechs waren der Orbitalbewegung regelmäßiger Wellenzüge angepaßt. Eine weitere Verbesserung erfuhr die Anlage dadurch, daß überflüssige Trägheiten des schwingenden Systems vermieden wurden. Hierdurch wurde der Resonanzbereich des Tilgers erweitert, so daß auch Wellen benachbarter Frequenzen noch befriedigend absorbiert wurden (Abb.49).

Wenn kein Versuchskörper in der Rinne war, soll die Amplitude der Primärwelle vom Wellentilger zu 99% absorbiert worden sein. Die örtlichen Amplitudenunterschiede lagen unter 3%. Sie waren zum größeren Teil durch geometrische Unstimmigkeiten des Beckens bedingt. Die Versuchsdauer konnte beliebig lang sein, da auch Querschwingungen von in Längsrichtung angeordneten Sieben unterdrückt werden konnten. Nach Abschalten des Wellenerzeugers hatte sich das Wasser nach wenigen Minuten beruhigt.

Mit diesem Gerät führte Abels [108] seine Untersuchung über die Druckverteilung an einem festgehaltenen Schiffsmodell im regelmäßigen Seegang durch (Abb.50).

Während Abels sich sehr positiv zu dieser Wellenversuchsanlage äußert, sind dennoch weitere Arbeiten mit dieser Anlage nicht bekannt geworden.

Eine andere große Forschungsarbeit, bei der auch das Schiffbaulaboratorium beteiligt war, wurde von Eggers [109] ausgeführt. Dabei ging es darum, daß Widerstandsverhalten von Zweikörperschiffen zu untersuchen. Neben einer Tandemanordnung hintereinander wurde auch

eine im Kelvin'schen Winkel gestaffelte Anordnung der Schiffsrümpfe untersucht. Dabei wurde ein starker Widerstandsabfall gefunden (Abb.51).

Eine besondere Bereicherung erfuhr das Schiffbaulaboratorium durch das Wirken von Karl Wieghardt, der das Schiffbaulaboratorium mit einem Windkanal ausstattete, der in der Etage über dem Schlepptank eingebaut wurde. Dieser damals bereits international be- und anerkannte Strömungsmechaniker, der seine Ausbildung am Kaiser Wilhelm Institut in Göttingen bei Ludwig Prandtl erhalten hatte, wurde im August 1952 von Weinblum an das Institut für Schiffbau geholt. Wieghardt selbst schreibt über den Windkanal, der 1955 in Betrieb ging:
[110]

Es mag vielleicht verwunderlich erscheinen, daß hier - fern von den Zentren der Luftfahrtforschung - eine Versuchsanlage entstanden ist, von der man gewöhnlich nur im Zusammenhang mit Flugzeugen, Raketen oder Gasturbinen hört. Freilich gibt es auch aerodynamische Probleme im Schiffbau, wie z.B. der Luftwiderstand der Aufbauten oder die günstige Ausbildung des Schornsteins zum Wegführen des Rauches bei verschiedenen Windrichtungen. Diese Problemgruppe ist jedoch nur von verhältnismäßig untergeordneter Bedeutung.

Andererseits gibt es aber eine Reihe wichtiger Fragen bezüglich der Strömung am Schiff unter der Wasserlinie, die auch im Windkanal untersucht werden können - und zwar wesentlich bequemer und billiger als in einem Wasserkanal oder Schlepptank. Wenn man nur gewisse Ähnlichkeitsregeln berücksichtigt, kann man ja Versuchsergebnisse im Windkanal auch auf Wasserströmungen übertragen. Solche Einzelprobleme sind z.B.: die Druckverteilung und die Kräfte am Unterwasserschiff auch bei Kurvenfahrt, die Eigenschaften verschiedener Ruder oder die Kräfte auf die Tragfläche eines Tragflächenbootes. Hierbei handelt es sich um Probleme, bei denen der Einfluß der Wasseroberfläche nicht entscheidend mitspielt.

Die eigentliche Hydrodynamik des Schiffes ist aber bekanntlich vor allem deshalb so kompliziert, weil hier eine Strömung an einer freien Oberfläche - nämlich der Wasseroberfläche - vorliegt. Die Verformung dieser Oberfläche, also die Wellenbildung, erschwert z.B. die Voraussage des Schiffswiderstandes ganz wesentlich gegenüber dem Widerstandsproblem eines Körpers in allseitig umgebender Flüssigkeit. Eine solche freie Oberfläche kann nun offensichtlich im Luftstrom eines Windkanals nicht nachgeahmt werden. Trotzdem war es gerade ein solches Problem, das den Hauptanlaß zum Bau des Windkanals gab, nämlich das der Trennung von Reibungs- und Wellenwiderstand durch Ausmessen an Doppelmodellen. Der Widerstand eines an der Wasserlinie gespiegelten Schiffmodells im Windkanal entspricht dem doppelten Reibungswiderstand, den es erfährt, wenn es im Wasser schwimmt. Wird nun dasselbe Modell im Wassertank geschleppt, so mißt man dort die Summe von Reibungs- und Wellenwiderstand. Durch Vergleich der Widerstandsbeiwerte im Windkanal und im Schleppversuch kann man somit auf ziemlich direktem Wege Reibungs- und Wellenanteil trennen, was bekanntlich für die Übertragung von Modellmessungen auf das Schiff unerlässlich ist.

Eine wesentliche meßtechnische Schwierigkeit ergibt sich jedoch aus der Länge des Schiffmodells. Man braucht dafür in Strömungsrichtung eine lange Meßstrecke, die nur durch einen geschlossenen Kanal verwirklicht werden kann, denn in einem Kanal mit offener Meßstrecke wird der Freistrahle - in dem gemessen werden soll - durch turbulente Vermischung mit der umgebenden ruhenden Luft des Versuchsraums so schnell von den Rändern her zerstört, daß man so nur auf einer Länge von etwa 1,5 Strahldurchmessern eine brauchbare Meßstrecke bekommt. Die geschlossene Meßstrecke andererseits hat zwei wesentliche Nachteile gegenüber dem Freistrahle. Erstens sind die Kanalkorrekturen größer; d.h. die gemessenen Geschwindigkeiten, Drücke und Kräfte müssen rechnerisch stärker korrigiert werden als bei Messungen im Freistrahle, um auf die Verhältnisse in einem nach allen Seiten hin unbegrenzten Luftstrom zu extrapolieren. Zweitens fällt der statische Druck in einem geschlossenen Kanal wie in einem Rohr etwas ab, selbst wenn kein Versuchsobjekt eingebaut ist. Dieser Druckabfall in Strömungsrichtung, der natürlich noch vom Modell beeinflusst wird, spielt offenbar wieder gerade

bei länglichen Modellen eine besonders unangenehme Rolle.

Um diese Nachteile der geschlossenen Meßstrecke zu umgehen, aber andererseits um lange Versuchskörper nicht in übermäßig großen Kanälen offener Bauart zu untersuchen, entwickelte Wieghardt eine Meßstrecke, in der auf einer Länge von etwa fünf Durchmessern dieselben Strömungsverhältnisse herrschen wie in einem Freistrah. Es handelt sich dabei um ein Mittelding zwischen offener und geschlossener Meßstrecke. Man kann diese Konstruktion auffassen als einen teilweise ummantelten Freistrah oder als einen geschlossenen Kanal, der durch Längsschlitze teilweise geöffnet ist (Abb.52). Der Luftstrahl wird hier von zwanzig Längsstreifen abgedeckt, die die Mantelfläche des Strahls zu rund 70% verkleiden. Diese Streifen verhindern die turbulente Vermischung der Luft im Strahl mit der ruhenden Außenluft. Sie verzögern die Auflösung des Freistrahls derart, daß auch noch nach einigen Durchmessern Lauflänge ein genügend starker Strahlkern mit konstanter Geschwindigkeit erhalten bleibt. Durch die Schlitze zwischen den Streifen ist andererseits ein völlig ausreichender Ausgleich des statischen Drucks im Strahl mit dem des Außenraumes ermöglicht, so daß er längs der ganzen Meßstrecke konstant ist. Mit dieser Konstruktion ist demnach eine Annäherung an einen idealen Freistrah verwirklicht.

Die Arbeiten Wieghardts gelten daher auch besonders dem Zähigkeitsbedingten Widerstand von zunächst einfachen, schiffsähnlichen Körpern [111,112]. Da dabei das vom idealen Verhalten abweichende Strömungsverhalten im Hinterschiffsbereich die größte Rolle spielt, vermißt er zunächst rotationssymmetrische Modelle und vergleicht mit Berechnungsergebnissen der Potentialtheorie idealer Flüssigkeiten.

Schon einem Schiff ähnlicher sind die Doppelmodelle eines runden und eines kantigen Schiffes (Abb.53 und 54). Am kantigen Modell findet er eine Querströmung vom Kiel nach oben, die an der scharfen Kimm abreißt und sich zu einem Wirbel zusammenrollt. Am ganzen Doppelmodell mit den vier Kimmkanten entstehen so zwei Wirbelpaare, die nach hinten abschwimmen, aber im Nachlauf noch lange erhalten bleiben. Sie liefern dort eine Abwärtsgeschwindigkeit, die etwa halb so groß ist wie die Anström- oder Fahrgeschwindigkeit (Abb.55).

Weiter wurden im Windkanal verschiedenste Formen von Rudern untersucht [113,114].

Das Institut für Schiffbau hat die Einrichtungen des Schiffbaulaboratoriums nicht für die Ausbildung der Studenten sondern nur zu Forschungszwecken genutzt. Die Studenten jedoch nutzten das Laboratorium zu ihren Zwecken. Die Fotos der Abb.56a wurden beim Ordensfest der Fachschaft Schiffbau *Heilige Frawe Latte* im Jahre 1955 aufgenommen.

Im Januar 1962 zieht das Institut in ein eigenes Gebäude in Hamburg-Barmbek, Lämmersieth 90, in unmittelbarer Nähe auch zur HSVA [115]. Damit enden die Aktivitäten des Instituts für Schiffbau im Schiffbaulaboratorium.

Der Windkanal bildete dann den Grundstock für das Aerodynamiklabor der Studienrichtung Flugzeugbau der Ingenieurschule [116]. Er ist noch heute, 1995, in Betrieb.

Die Wiedereinrichtung des Schiffbaulaboratoriums für den Lehrbetrieb der Ingenieurschule

In den ersten Nachkriegsjahren war die Anzahl der Studierenden des Schiffbaus sehr gering. Während der Nutzung des Schiffbaulaboratoriums durch die HSVA gab es nur einen behelfsmäßigen Lehrbetrieb. Nach dem Auszug der HSVA und dem Ausscheiden v.d.Steinens hatte 1951 Erich Bischoff die Laborleitung übernommen. Bischoff war bereits seit 1938 Dozent für Konstruktion und Festigkeit der Schiffe an der Ingenieurschule. Er machte sich an den Wiederaufbau des Laboratoriums [117]. In den Jahren 1952-1954 wurde der Schleppwagen modernisiert. Er erhielt einen Ausleger und Synchronantrieb, sowie für kleine Geschwindigkeiten eine Röhrensteuerung. Damit wurde die Meßstrecke für Schleppversuche mehr in die Mitte

des Tanks verlegt, wo bisher allein die Versuche mit der Wellenkampeinrichtung möglich waren (Abb.57). Mit eigenen Mitteln wurden die notwendigsten Meßgeräte hergestellt. Neubeschafft wurden in den folgenden Jahren ein Propeller-Aufmeß- und Anbohrgerät zur Herstellung von Propellern (1956), ein Rudermeßgerät und ein Momentenindikator (1957), eine Modellfräsmaschine mit Zubehör (1958) und ein Paraffinschmelzofen (1959). 1957 wurde auch ein Kavitationstunnel angeschafft, der neben dem Schlepptank aufgestellt wurde. In einem geschlossenen, senkrecht stehenden Rohrtunnel wird Wasser bis zu einer Geschwindigkeit von 10m/s umgepumpt. Die Meßstrecke hat quadratischen Querschnitt von 0,3m Kantenlänge und eine Länge von 1,1m. In die Meßstrecke können Modelle, vornehmlich Propeller oder Tragflügel eingesetzt und durch Plexiglasfenster während des Versuchs beobachtet werden. Zur Untersuchung von Kavitationserscheinungen kann der Druck im Tunnel abgesenkt werden. Zur Bestimmung der Propellerkennwerte ist ein Dynamometer für die Schub- und Momentenmessung vorhanden (Abb.58).

1964 wurde mit der Erneuerung der durch Kriegseinwirkung verworfenen Schienenanlage begonnen, die im folgenden Jahr fertiggestellt wurde. Dabei wurde die Führung des Schleppwagens zur anderen Seite verlegt und durch neue gummigefederte Laufräder ersetzt, um die störenden Schwingungen des Wagens soweit wie möglich zu verringern [118].

Obwohl nicht Hydromechaniker bemühte sich auch Bischoff um praktische Forschungsarbeiten. Eine erste Aufgabe kam aus dem eigenen Haus. Wendel - seit 1946 Dozent an der Ingenieurschule - hatte in seiner Dissertation die mitschwingenden Wassermassen verschiedenster Körper potentialtheoretisch hergeleitet. Bei teilweise getauchten Körpern hatte er die zwangsläufig entstehenden Wellen nicht berücksichtigt. Die im Schiffbaulaboratorium von Boie durchgeführten Experimente (Abb.56) galten der Überprüfung der Zulässigkeit dieser Vernachlässigung [119].

Eine weitere umfangreiche Untersuchung galt dem Einfluß der Heckform auf den Sog des Schiffes [120]. Unterstützt wurde das Vorhaben von der Schiffbautechnischen Gesellschaft und dem Forschungsrat der Hansestadt Hamburg, der die nötigen Mittel zur Verfügung stellte. Die Modelle wurden im Schiffbaulaboratorium selbst hergestellt und zwar ein Vorschiff aus Kunststoff und sieben Hinterschiffe aus Paraffin. Die Nachstrommessungen wurden im Tank des Laboratoriums durchgeführt, während die Propellerfreifahrt-, Schlepp- und Propulsionsversuche dank dem Entgegenkommen der HSVA in deren 80m-Tank durchgeführt werden konnten. Der Schlepptank der Ingenieurschule hatte sich dafür als zu kurz erwiesen. Außerdem gab es Untersuchungen über den Schleppwiderstand von Netzen in Zusammenarbeit mit dem Institut für Netzforschung der Bundesforschungsanstalt für Fischerei [121].

Auch v.d.Steinen bleibt nach seiner Pensionierung weiterhin aktiv. Er schreibt weiter Veröffentlichungen zum Problem der Schiffstabilisierung [122,123,124,125,126]. Für eine systematische Meßreihe wirbt er beim Forschungsrat der Hansestadt Hamburg Gelder ein. Die Ergebnisse werden 1960 veröffentlicht [127]. Weiterhin möchte er ein zweites Orbitalrad beschaffen. Zwischen zwei synchron laufenden Orbitalrädern sollte eine Art Mittelschiff eingehängt werden. Als Anregung sollten beliebige Wellenfrequenzspektren einstellbar sein. Dazu ist es aber wohl nicht mehr gekommen.

Im Inventarverzeichnis des Schiffbaulaboratoriums findet sich der Eintrag, daß das Orbitalrad 1975 verschrottet wurde.

Unter Bischoff und seinen Nachfolgern wurde das Schiffbaulaboratorium zunehmend auch für experimentelle, praxisnahe Studienarbeiten genutzt. Besonders beliebt waren dabei Themen aus dem Gebiet des Yachtentwurfs. Die Abb.59 zeigt den Versuchsaufbau für solch eine Arbeit.

Bischoff weist immer wieder darauf hin, daß das Schiffbaulaboratorium nicht nur für die Studierenden des Schiffbaus sondern auch anderer Fachrichtungen genutzt werde. Es gebe Demonstrationsversuche am Kavitationstank für die Studierenden des Maschinenbaus im Fach

Strömungsmaschinen, Übungen von Studierenden der Elektrotechnik auf dem Gebiet des Unterwasserschalls und Demonstrationsversuche für Schiffsingenieurankwärter sowie gelegentlich für Studierende der Seefahrtschule.

Damit war im Schiffbaulaboratorium wieder ein der Vorkriegszeit vergleichbarer Stand erreicht. Dennoch war das Laboratorium veraltet, insgesamt in einem schlechten Zustand und von Anfang an ja sowieso zu klein. Auch hatte durch das Aufkommen der elektronischen Meßtechnik eine umwälzende Neuerung im Versuchswesen eingesetzt.

Die Planungen für ein neues Schiffbaulaboratorium

Wegen der rasch wachsenden Studentenzahlen wurde schon 1958 der Architekt Werner Kallmorgen mit der Planung neuer Gebäude für die Ingenieurschule am Berliner Tor beauftragt. Da aber eine Bedarfsschätzung schwer war und die Aufstellung eines Raumprogramms durch die Schulbehörde sich als langwierig erwies, legte Kallmorgen erst 1962 ein Gutachten vor [128]. In jener Zeit wurde auch wieder über eine Vergrößerung des Schiffbaulaboratoriums nachgedacht. Man erwartete, daß Räume an den Tankenden für eine Vergrößerung frei würden. Seit Mitte der 60-iger Jahre plante man jedoch einen Neubau. Bevor aber gebaut wurde, waren die Hamburger Ingenieurschulen 1970 in die Fachhochschule Hamburg übergeführt worden. Kraftfahrzeug-, Flugzeug- und Schiffbau bildeten den Fachbereich Fahrzeugtechnik. Zuständig war jetzt nicht mehr die Schulbehörde sondern das Hochschulamt. Statt vom Schiffbaulaboratorium spricht man seither vom Labor für Schiffshydraulik (LSH). In einem 1. Bauabschnitt wurde das Gebäude Berliner Tor 5 erstellt und am 30.11.1972 dem Fachbereich Fahrzeugtechnik übergeben. Darin befanden sich auch Betriebs- und Büroräume für das LSH. Der Kavitationstunnel war ebenfalls schon umgesetzt worden [129]. Das wichtigste jedoch, der neue 80m lange Schlepptank sollte erst im 2. Bauabschnitt gemeinsam mit dem Gebäude für den Fachbereich Elektrotechnik, Berliner Tor 3, errichtet werden (Abb.60). Wegen der angespannten Haushaltslage kam es jedoch nicht dazu. Der mit 3,5 Mill. DM veranschlagte Neubau wurde aus der mittelfristigen Finanzplanung gestrichen. Der alte Schlepptank mußte weiter mit all seinen Unzulänglichkeiten genutzt werden, schlimmer noch, Betriebs- und Büroräume waren jetzt auch noch im etwa 200m entfernten Neubau untergebracht.

Das Hochschulamt forderte die Zuständigen auf, nach einer Alternativlösung zu suchen.

Anmietung des kleinen Schlepptanks der HSVA oder Vergrößerung und Renovierung?

Die Alternative schien durch die Anmietung des kleinen Schlepptanks der HSVA gefunden. Dieser Tank war 1952 als erste Versuchseinheit der HSVA nach dem Kriege neu gebaut worden, wurde aber, da 1957 der große Schlepptank dazugekommen war, nur noch wenig benutzt. In seinen Abmessungen entsprach er den Anforderungen. Allerdings fehlten hier die Büro- und Betriebsräume für das LSH. Wieder wurde geplant. Ein vorgesehener Neubau auf dem Gelände der HSVA, veranschlagt mit 4,2 Mill. DM und sachlichen Folgekosten von 225.000 DM/a, wurde am 5.5.81 vom Hamburger Senat abgelehnt. Die Suche nach einer Alternative begann von Neuem. Inzwischen war 1977 der Hochschulübergreifende Studiengang Schiffbau eingerichtet worden, sodaß auch das Institut für Schiffbau (IfS) mitbeteiligt wurde. Eine Arbeitsgruppe, bestehend aus den Herren Prof. Keil und Thiemann vom IfS und Prof. Sternel von der Fh, der mit dem WS 66/67 die Leitung des Schiffbaulaboratoriums übernommen hatte, stellt am 11.11.1982 fest: *Eine Ersatzlösung muß den Mindestanforderungen eines am technischen Wissensstand orientierten Schiffbaustudium genügen.* Die Modernisierung der am Berliner Tor vorhandenen Versuchsanlage sei zweckmäßig, da der Tank des IfS wegen seines kleinen Querschnitts als Ersatz

ausscheide. Auch wenn eine Konzentration der Schiffbauausbildung am IfS wünschenswert sei, so könne die Qualität der Ausbildung diesem Gesichtspunkt nicht untergeordnet werden. Der konkrete Vorschlag sah eine Verlängerung des Schlepptanks um 10m im Bereich des Trimm-tanks sowie eine Modernisierung des Schleppwagens vor. Der Fachbereich Fahrzeugtechnik schloß sich dem Vorschlag an und versuchte die Realisierung durchzusetzen. Dennoch wird vom Hochschulamt immer noch die Anmietung bei der HSVA als kostengünstigere Alternative angesehen. Durch eine Reihe glücklicher Umstände kommt es schließlich doch zur Anmietung bei der HSVA. Auf der Sitzung der Gemeinsamen Kommission für den Hochschulübergreifenden Studiengang Schiffbau am 30.5.1986 teilt Prof.Krappinger, seinerzeit Direktor der HSVA, mit, daß von der HSVA ein neuer großer Kavitationstank geplant werde. In etwa 3 1/2 Jahren würde das alte Kavitationsgebäude frei, ein Teil der Räume dort könne dann dem Schlepptank als Büro zugeschlagen werden.

Wieder wird eine Kommission gebildet. Die Professoren Krappinger HSVA/IfS, sowie Sternel und Kloppenburg, der zum WS 83/84 die Leitung des Schiffbaulaboratoriums übernommen hatte, von der Fh, sollen die neue Situation prüfen. Es stellt sich heraus, daß die von einem Labor immer benötigten Nebenräume bei der HSVA nicht genügend vorhanden sind. Da aber inzwischen das IfS die alte Volksschule Lämmersieth 72 übernommen hat und dort im 4.Stock noch Platz ist, stellt das IfS dem LSH mit Schreiben vom 7.6.1988 dort Räume zur Verfügung. Damit sind alle praktischen Erfordernisse unter den gegebenen Möglichkeiten zufriedenstellend geklärt. Ein Mietvertrag zwischen der HSVA und der Freien und Hansestadt Hamburg wird zum 1.9.88 abgeschlossen. Für einen jährlichen Mietpreis von DM 55.000,- steht dem LSH der kleine Schlepptank für Lehr- und Forschungszwecke zur Verfügung. Eine kommerzielle Nutzung wird ausgeschlossen. Die HSVA hat dagegen das Recht, den Tank ihrerseits bei Bedarf bis zu 25% des Jahres zu nutzen. Schlepptank und -wagen wurden zunächst auf Kosten der HSVA grundlegend überholt. Der Tank hat die Abmessungen $L \cdot B \cdot T = 80m \cdot 5m \cdot 3m$ (Abb.61). Der Schleppwagen kann Geschwindigkeiten von 0,5m/s bis 3m/s bei drei verschiedenen Beschleunigungen fahren.

Der kleine Kavitationstunnel, der in seiner Größe etwa dem am Berliner Tor entspricht, kann stundenweise für Laborpraktika angemietet werden und wird nach Aufwand abgerechnet. Außerdem erhielt das LSH Büroräume zunächst in einem Pavillon auf dem HSVA-Gelände, seit Dezember 1990 sind es die Büroräume des 3.Stocks des alten Kavitationsgebäudes.

Der Umzug fand Anfang Dezember 1988 statt. Seit dem SS89 finden die Laborübungen am neuen Platz statt. Damit war nach genau 65 Jahren das Ende des Schiffbaulaboratoriums am Berliner Tor endgültig gekommen.

Ergänzende Bemerkungen

Die Wellenkamp'sche Schleppeinrichtung hat das Schiffbaulaboratorium geprägt. Diese Schleppmethode hat jedoch keine weite Verbreitung erfahren. Dennoch gab und gibt es einige solcher Einrichtungen.

Die Idee, Gewichte zum Schleppen von Schiffsmodellen einzusetzen, war nicht neu und taucht vor Wellenkamp - besonders im 18.Jahrhundert in Frankreich - schon mehrfach auf [130]. Man spricht dann auch allgemeiner vom Schwerkraftdynamometer. Als Beispiel werde hier die Versuchsanlage angeführt, über die Chapman in seinem berühmten Werk *Architectura Navalis Mercatoria* [131], erschienen im Jahr 1768 berichtet. Diese Anlage zeigt bereits wesentliche Merkmale der späteren Wellenkampschen Einrichtung. Größter Unterschied ist, daß anstelle von Gewichtsbrunnen mit hohen Masten gearbeitet wird, an denen die Schleppgewichte abrollen (Abb.62). Obwohl er sich darum bemühte, hat Wellenkamp nie ein Patent für seine Anlage erhalten.

Neben der Hamburger Anlage haben weitere bis zum Ende des 2. Weltkrieges an der Ingenieurschule in Bremen und Kiel bestanden [132,133]. Eine weitere wurde 1951 am Massachusetts Institut of Technology (MIT), USA, errichtet [134]. Ähnlich sind auch die Anlagen der polnischen Technischen Hochschule in Danzig aus dem Jahre 1955 und die in Nantes, Frankreich [135]. An der Universität in Rostock war ebenfalls eine Drahtschleppanlage installiert [136] (Abb.63). Diese ist inzwischen verschrottet. Eine weitere kleine Anlage, die auch nicht mit Gewichtsbrunnen, sondern mit einem Mast arbeitet, von dem das Schleppgewicht abrollt, ist an der Hochschule Bremen noch in Betrieb [137] (Abb.64).

Jarosz [135] schätzt, daß Ende der 60-ziger Jahre etwa 20% der kleinen Schlepptanks mit Gravitationsdynamometern ausgerüstet waren, teils als Haupt- teils als Nebenausstattung. Er betont, daß die Gravitationsmethode allgemein zu didaktischen Zwecken, selten nur industriell genutzt werde. Das bestätigt auch die Überlegungen der Väter der Wellenkamp-Anlage im Schiffbaulaboratorium, die eine preiswerte aber dennoch brauchbare Versuchseinrichtung für den Lehrbetrieb suchten.

Quellen

- [1] A. Stuhlmann
Das staatliche Gewerbeschulwesen zu Hamburg bis zum Jahre 1902.
- [2] H. Matthaei
Die Hamburgische Gesellschaft zur Beförderung der Künste und nützlichen Gewerbe und ihr Haus im Zentrum der Stadt als Ausdruck selbstbewußten Bürgertums
Patriotische Gesellschaft, 1988
- [3]
Staatsarchiv Hamburg: 361-8I Berufsschulbehörde I
B377 Schiffbauschule 1895 -1910
- [4]
Staatsarchiv Hamburg: 361-8II Berufsschulbehörde II
FXV g1 Berechtigungen der Schüler sowie Anerkennung der Zeugnisse der Technischen Staatslehranstalten
1886 - 1927
- [5]
Staatsarchiv Hamburg: 361-8I Berufsschulbehörde I
B343 Jahresbericht des Technikums 1905/06
- [6]
Staatsarchiv Hamburg: 361-8I Berufsschulbehörde I
F90 Neubau für das staatliche Technikum 1901 - 1906
- [7]
Staatsarchiv Hamburg: 361-8I Berufsschulbehörde I
F91 Planung eines Neubaus für das staatliche Technikum 1903 - 1907
- [8]
Staatsarchiv Hamburg: 361-8I Berufsschulbehörde I
F92 Neubaus des staatlichen Technikums -
Lübeckerthor - 1907 - 1908
- [9] O. Schlick
Gutachten vom 20. Januar 1910, betr. das Schiffbaulaboratorium
Staatsarchiv Hamburg: Cl.VII Lit He No.7 Vol.72 Fasc.2c
- [10]
Staatsarchiv Hamburg: 361-8I Berufsschulbehörde I
F93 Neubau des staatlichen Technikums 1909
- [11] K. Schaefer
Hamburger Staatsbauten von Fritz Schumacher
1. Band 1919
Der Zirkel, Architekturverlag, GmbH, Berlin W
- [12] F. Lößler
Geschichte der Planung eines Neubaus für das Staatliche Technikum zu Hamburg bis zur Genehmigung durch Senat und Bürgerschaft im Jahre 1919
unveröffentlicht, 1952
- [13] E. Foerster
Denkschrift betreffend die Errichtung einer Versuchsanstalt für Schiffbau in Hamburg
Staatsarchiv Hamburg: Cl.VII Lit K a No.5 Vol.23
Fasc.4
- [14]
Staatsarchiv Hamburg: Cl VII lit H e No.7 Vol.72
Fasc.2a
Kommission für das Technikum 1903 - 1909
- [15] E. Foerster
Die Hamburgische Schiffbau-Versuchsanstalt
Werft und Reederei 2.Jg. 1921, Heft 23
- [16]
Staatsarchiv Hamburg: 361-8I Berufsschulbehörde I
B344 Jahresbericht für das Technikum 1906/1907
- [17] H. Wellenkamp
Eine neue Modellschleppmethode
Jahrbuch der STG 1908, 9.Band
- [18]
Staatsarchiv Hamburg: 361-8I Berufsschulbehörde I
E128 Erwerbung der neuen Wellenkampschen Modell=Schleppmethode
- [19] O. Schlichting
Die Marineversuchsanstalt in Lichtenrade
VDI-Zeitschrift 1923, Bd.67
- [20]
Staatsarchiv Hamburg: 361-8I Berufsschulbehörde I
B348 Jahresbericht 1911/12 der Technischen Staatslehranstalten zu Hamburg
- [21]
Staatsarchiv Hamburg: 361-8I Berufsschulbehörde I
F95 Errichtung eines Neubaus für das Technikum 1913 - 1914
- [22] E. Bauer; W. Noakes
Lehrgebäude für den kunstgewerblichen, technischen und nautischen Unterricht
Hamburg und seine Bauten 1. Band 1914
Architekten- und Ingenieur-Verein zu Hamburg
Selbstverlag des Vereins
- [23] H. Blasius
Erinnerungen an meine Tätigkeit an der Ingenieurschule Hamburg
unveröffentlicht, 1956
- [24]
Staatsarchiv Hamburg: 361-8I Berufsschulbehörde I
B649 Kommission für die Technischen Staatslehranstalten, Bd.2 1913 - 1919
- [25]
Staatsarchiv Hamburg: 361-8I Berufsschulbehörde I
B649 Kommission für die Technischen Staatslehranstalten, Bd.3 1920 - 1922
- [26]
Mitteilung des Senats an die Bürgerschaft, Nr.278 vom 7.5.1920
Staatsarchiv Hamburg: Technische Staatslehranstalten
Cl.VII Lit.He No.7 Vol.72 Fasc.10
- [27]
Gesuch des Oberlehrers Dr. Günther Kempf um Beurlaubung auf 5 Jahre v. 18.3.1922
Hamburger Staatsarchiv: Technische Staatslehranstalten
Cl.VII Lit.He No.7 Vol.38 Fasc.28
- [28] C. v.d.Steinen
Das Schiffbaulaboratorium der Technischen Staatslehranstalten in Hamburg
Jahrbuch der STG 1929, 30.Band
- [29] C. v.d.Steinen
Das Schiffbaulaboratorium der Ingenieurschule der Hansestadt Hamburg
Hansische Hochschulzeitung
22.Jahrg. Sonderheft Februar 1941

- [30] C. v.d.Steinen
Erörterung zum Vortrag von Weber: Das allgemeine Ähnlichkeitsprinzip der Physik
Jahrbuch der STG 1930 31.Band
- [31]
Technische Staatslehranstalten zu Hamburg
Festschrift zur Eröffnung des Laboratoriumsneubaus 1931
- [32]
Ingenieurschule der Freien und Hansestadt Hamburg
Festschrift zur 50-Jahrfeier 1955
- [33]
Programm der Höheren Schule für Maschinenbau, Schiffsmaschinenbau, Elektrotechnik und Schiffbau zu Hamburg, 1925
- [34] G. Kempf
Ein Stabilitätsindikator
Schiffbau 14.Jahrg. 1912/13 Heft 7
- [35] G. Kempf
Einige neue Geräte zur mechanischen Ermittlung der Schiffsform und ihrer Quer- und Längsstabilität für Büro- und Bordgebrauch
Jahrbuch der STG 1923, 24.Band
- [36] C. v.d.Steinen
Über die Notwendigkeit der Versuchsforschung für den Ausbau der Stabilitätstheorie
Jahrbuch der STG 1940, 41.Band
- [37] M. Popp
Die Meßapparate und Methoden der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt
Werft, Reederei und Hafen, 1922
- [38] E. Bischoff
Schiffbau-Laboratorium
Ingenieurschule der Freien und Hansestadt Hamburg
Jahresbericht 1962/63
- [39] F. Ahlborn
Hydrodynamische Experimentaluntersuchungen
Jahrbuch der STG 1904, 5.Band
- [40] F. Ahlborn
Die Wirbelbildung im Widerstandsmechanismus des Wassers
Jahrbuch der STG 1905, 6.Band
- [41] F. Ahlborn
Die Wirkung der Schiffsschraube auf das Wasser
Jahrbuch der STG 1905, 6.Band
- [42] F. Ahlborn
Die Widerstandsvorgänge im Wasser an Platten und Schiffskörpern.
Die Entstehung der Wellen
Jahrbuch der STG 1909, 10.Band
- [43]
Staatsarchiv Hamburg: Cl.VII Lit K a Nr.5 Vol.23
Fasc.4, Nr.6
- [44]
Staatsarchiv Hamburg: Cl.VII Lit K a Nr.5 Vol.23
Fasc.4, Nr.1
- [45]
Staatsarchiv Hamburg: Berufsschulbehörde I
F100 Aufstellung des sogen. Ahlborntanks im Dachgeschoß der Technischen Staatslehranstalten
- [46] C. v.d.Steinen
Das Schiffbaulaboratorium der Technischen Staatslehranstalten zu Hamburg im Dienste der Stabilitätsforschung
Jahrbuch der STG 1935, 36.Band
- [47] C. v.d.Steinen
Die statische Stabilität als stereokinematisches Problem
Werft, Reederei und Hafen 7.Jg. 1926, Heft 22
- [48] C. v.d.Steinen
Beiträge zur kinematischen Stabilitätstheorie
Werft, Reederei und Hafen 8.Jg. 1927, Heft 22
- [49] C. v.d.Steinen
Ebene Stabilitätskurven
Werft, Reederei und Hafen 8.Jg. 1927, Heft 16 und 9.Jg. 1928, Heft 3.
- [50] C. v.d.Steinen
Stabilitätsbeziehungen bei trapezförmigen Spanten
Schiffbau 30.Jg. Heft 22 und 23.
- [51] C. v.d.Steinen
Die räumliche statische Gleichgewichtstheorie schwimmender Körper
Schiffbau 32.Jg. 1931 Heft 3 und 11.
- [52] C. v.d.Steinen
Über die Zeitintegrale ungedämpfter Schiffsschwingungen bei parabolischer Auftriebskurve
Werft, Reederei und Hafen 15.Jg. 1934, Heft 10
- [53] C. v.d.Steinen
Über die aktive Stabilisierung von Schiffen
Schiffbau, Schifffahrt und Hafenbau 36.Jg. 1935, Nr.17
- [54] C. v.d.Steinen
Die Arbeitskurve als Hilfsmittel zur Schwingungsberechnung
Werft, Reederei und Hafen 16.Jg. 1935, Heft 17
- [55] C. v.d.Steinen
Schlingerkiel-Dämpfungsversuche an einem nicht fahrenden Schiffsmodell
Jahrbuch der STG 1936, 37.Band
- [56] C. v.d.Steinen
Einigung über bestimmte Kenngrößen bei Widerstandsberechnungen
Jahrbuch der STG 1930, 31.Band
- [57] C. v.d.Steinen
Programm für Versuche über dynamische Stabilität in den Hamburgischen Staatslehranstalten
Jahrbuch der STG 1930, 31.Band
- [58] C. v.d.Steinen
Potential-theoretische Berechnungsmethode; Gleichgewichtsrechnung schwimmender Körper als Aufgabe der Elastizitätstheorie (Hookesches Gesetz)
Jahrbuch der STG 1931, 32.Band
- [59]
Jahrbuch der STG 1933, 34.Band
Bericht über das Geschäftsjahr 1932 d) Fachausschüsse
- [60]
Jahrbuch der STG 1934, 35.Band
Tätigkeit der Gesellschaft im 35. Geschäftsjahr 1933
a) Allgemeines

- [61] W. Süchting
Die Stabilität beim Schiffsentwurf und an Bord
in: Erkenntnisse und Erfahrungen auf dem Gebiet der
Schiffsstabilität
Herausgegeben von der STG 1953
- [62] C. v.d.Steinen
Berechnungsunterlagen für Stabilitätsuntersuchungen in
der Praxis
Jahrbuch der STG 1934, 35.Band
- [63] F. Horn
Diskussionsbeitrag zu [62]
- [64] C. v.d.Steinen
Beitrag aus der Stabilitätszentrale
Jahrbuch der STG 1936, 37.Band
- [65]
Neunte ordentliche Hauptversammlung der Gesellschaft
der Freunde und Förderer der
Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt
Werft, Reederei und Hafen 11.Jg. 1930, Heft 13
- [66] H. Schimank
25 Jahre Technisches Vorlesungswesen zu Hamburg
Schiffbau, Schifffahrt und Hafenaufbau 36.Jg. 1935, Nr.17
- [67]
Technisches Vorlesungswesen zu Hamburg
Verzeichnis der Vorlesungen und Übungen Winterhalb-
jahr 1926/27 bis 1930/31
- [68] G. Wrobbel
Weltfahrt eines Schiffbauers
Wolfgang Krüger Verlag Hamburg 1951
- [69] G. Kempf
Die Organisation der Schiffbauforschung in Hamburg
Werft, Reederei und Hafen 1936 S.312
- [70] C. v.d.Steinen
Das Scheinlot
Schiffbau, Schifffahrt und Hafenaufbau 1937, Heft 13.
- [71] G. Kempf
Geschichte der Hamburgischen Schiffbau-Versuchs-
anstalt 1910 - 1945
Herausgeber: Gesellschaft der Freunde und Förderer der
HSVA 1955
- [72] H. Baumann
Das Navipendulum als Gerät für Modellschlingerver-
suche
Werft, Reederei, Hafen 22.Jg. 1941, Heft 7
- [73]
Der Feuerschiff=Neubau ELBE I
Hansa 76.Jg. 1939
- [74]
Gesellschaft der Freunde und Förderer der Hamburgi-
schen Schiffbau-Versuchsanstalt
19. Jahresversammlung
Werft, Reederei, Hafen 21.Jg. 1940, Heft 16
- [75] H. Baumann
Schlingerversuche mit einem Kreiszyylinder
Schiffbau, Schifffahrt und Hafenaufbau 38.Jg. 1937,
- [76] C. v.d.Steinen
Über eine exacte Steuerung für die aktive Schiffsstabil-
isierung
Werft, Reederei, Hafen 1937, Heft 13
- [77] L. Rellstab
Theorie und Erfahrung bei der Schlingerdämpfung von
Seeschiffen
Jahrbuch der STG 1938, 39.Band
- [78] C. v.d. Steinen
Der MG-Variator
Schiff und Hafen 1955, Heft 6
- [79] C. v.d.Steinen
Feuerschiff ELBE I im Seegang
Hansa 76.Jg. 1939
- [80] W. Langmaak
Häufigkeitsverteilung der Schwingungsperioden und -
amplituden eines Schiffes im Seegang
Werft, Reederei und Hafen 22.Jg. 1941, Heft 13
- [81] W. Langmaak
Vorläufige Ergebnisse der Messungen auf dem Feuer-
schiff *Norderney I* auf Station *Elbe I* in den Winter-
halbjahren 1937/38 und 1938/39
Jahrbuch der STG 1940, 41.Band
- [82] R. Kiene
Das KdF-Flaggschiff *Robert Ley*
Schiffbau, Schifffahrt und Hafenaufbau 40.Jg. 1939
- [83] Meisel, Franke
Das neue Feuerschiff ELBE I
Schiff und Hafen, 1949, Heft 4
- [84] K. Gerdau
ELBE 1, Feuerschiff der Stürme
Koehlers Verlagsgesellschaft Herford, 1988
- [85] C. v.d.Steinen
Über Versuche zur Messung der scheinbaren Masse von
Schiffsmodellen
Werft, Reederei und Hafen 14.Jg. 1933, Heft 7
- [86] U. Werckmeister
Stabilitätsuntersuchungen mit dem Modell eines Küsten-
Motorfrachtschiffes
Schiff und Werft 1944
- [87] U. Werckmeister
Die untere $M_{\circ}G$ -Grenze bei Holzdecklast
Schiff und Werft Juni 1944
- [88] W. Henschke
Persönliche Mitteilung 1991
- [89]
Ingenieurschule der Hansestadt Hamburg
Lehrplan für Maschinenbau, Elektrotechnik, Schiffbau,
8.Nov.1945
- [90]
Technisches Vorlesungswesen der Hansestadt Hamburg
Verzeichnis der Vorlesungen und Übungen
Sommerhalbjahr 1947 - Wintersemester 1951/52
- [91] C. Boie
Schiffbau in Deutschland 1945 - 1952
Gert Uwe Detlefsen. Edition DF 1993
- [92] H.G. Hattendorff
Geschichte der HSVA aus Fakten und Erinnerungen,
1989
unveröffentlicht
- [93] G. Kempf, K. Karhan
Zur Oberflächenreibung des Schiffes
Jahrbuch der STG 1951, 45.Band
- [94] G. Kempf
Betrachtungen zu den Widerstandsmessungen der B.S.R.A.
mit LUCY ASHTON
und sechs Geosim-Modellen
Schiffstechnik 1952, Heft 3

- [95] O. Grim
Das Schiff in achttern auflaufender See
Jahrbuch der STG 1951, 45.Band
- [96] H.G. Hattendorff
Persönliche Mitteilung 1991
- [97] O. Grim
Seegangversuche mit 3 verschiedenen Bootsformen für ein Wachboot
HSVA Bericht Nr.983, Nov.1951
- [98] O. Grim
Untersuchung der Rolleigenschaften von 3 verschiedenen Bootsformen für ein Wachboot
HSVA Bericht Nr.985, Dez.1951
- [99]
Die ersten Patrouillenboote für den Bundesküstengrenzschutz
Hansa 1953
- [100] O. Grim
Rollschwingungen, Stabilität und Sicherheit im Seegang
Schiffstechnik Bd.1, 1952, Heft 1
- [101] H. Thieme
Schrägschleppversuche mit einem geraden und einem gekrümmtem Barkassenmodell
Schiff und Hafen, 1956, Heft 4
- [102]
Festschrift zur 125-Jahrfeier der Technischen Hochschule-Hannover
1831 - 1956
- [103]
Denkschrift über die Errichtung eines Instituts für Strömungsmechanik und Schiffskunde
an der Universität Hamburg, 1949
- [104]
Staatsarchiv Hamburg: K20.1.429
Das Institut für Schiffbau der Universität
- [105]
Gründung der Abteilung für Schiffstechnik in Hannover und Hamburg
Hansa 1952
- [106]
Vereinbarung zwischen der Hochschulabteilung - Institut für Schiffbau - und der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt vom 28.01.1953.
- [107] H. Baumann
Ein Wellentilger für Modellseegangsversuche
Jahrbuch der STG 1954, 48.Band
- [108] F. Abels
Druckverteilung an einem festgehaltenen Schiffsmodell im regelmäßigen Seegang
Jahrbuch der STG 1959, 53.Band
- [109] K. Eggers
Über Widerstandsverhältnisse von Zweikörperschiffen
Jahrbuch der STG 1955, 49.Band
- [110] K. Wieghardt
Der Windkanal des Instituts für Schiffbau der Universität Hamburg
Schiff und Hafen 1955, Heft 2
- [111] K. Wieghardt
Einige Grenzschichtmessungen an Rotationskörpern
Schiffstechnik Bd.3, 1955/56
- [112] K. Wieghardt
Messungen im Strömungsfeld an zwei Hinterschiffsmodellen
Schiffstechnik Bd.4, 1957, Heft 20
- [113] H. Thiemann, H. Thieme
Windkanaluntersuchungen von Rechteckplattenrudern
Schiff und Hafen 1959, Heft 12
- [114] H. Thiemann
Windkanaluntersuchungen von Rechteckrudern mit Staukeilen und Profilkürzungen
Schiff und Hafen 1962, Heft 1
- [115] H. Thieme
Das Institut der Universität Hamburg
Schiff und Hafen 1962, Heft 1
- [116] H.W. Deneke
Aerodynamik- und Strömungslaboratorium
Jahresbericht 1962/63 der Ingenieurschule der Freien und Hansestadt Hamburg
- [117]
50 Jahre Technisches Vorlesungswesen der Freien und Hansestadt Hamburg
1910 - 1960
- [118] E. Bischoff
Schiffbau-Laboratorium
Jahresberichte 1963/65 der Ingenieurschule der Freien und Hansestadt Hamburg
- [119] K. Wendel, C. Boie
Experimentelle Bestimmung der hydrodynamischen Masse an ganz und teilweise getauchten Körpern
Hansa 1951
- [120] E. Bischoff, H.-G. Heyer
Beitrag zum Einfluß der Heckform auf den Sog des Schiffes
Schiff und Hafen, Heft 12, 1964
- [121] E. Bischoff
Jahresbericht 1962/63 der Ingenieurschule der Freien und Hansestadt Hamburg
- [122] C. v.d.Steinen
Die Schiffsstabilisierung als meßtechnisches Problem
Schiffstechnik Bd.3, 1955/56
- [123] C. v.d.Steinen
Kritische Betrachtungen über Stabilisatoren
Schiff und Hafen 1955, Heft 3
- [124] C. v.d.Steinen
Kritische Betrachtungen über Stabilisator-Steuerungen
Schiff und Hafen 1955, Heft 4
- [125] C. v.d.Steinen
Der MG-Variator
Schiff und Hafen 1955, Heft 6
- [126] C. v.d.Steinen
Die natürliche Stabilisierung
Schiff und Hafen 1957, Heft 11
- [127] C. v.d.Steinen
Systematische Meßreihen am Orbitalrad für die natürliche Stabilisierung
Schiff und Hafen 1960, Heft 9
- [128] W. Kallmorgen
Gutachten Ingenieurschule Hamburg, 1962
- [129]
Dokumentation einer Fachhochschule
Fachbereich Fahrzeugtechnik, 1972

- [130] W.F. Stoot
Some Aspect of Naval Architecture in the Eighteenth Century
The Institute of Naval Architects Vol.101, 1959
- [131] F. af Chapman
Architectura Navalis Mercatoria
Reprint Delius, Klasing % Co., Bielefeld 1987
- [132]
H. Beyer Nachruf in Jahrbuch der STG 1991 85.Band
- [133]
Der neue Schiffbauversuchstank der Technischen Staat-
slehreanstalten Bremen
Schiffbau, 30.Jahrg. 1929
- [134] M.A. Abkowitz, J.R. Paulling
The Ship Model Towing Tank at M.I.T.
Proceedings of SNAME 1953
- [135] A. Jarosz
Okretowe baseny modelowe.
Wydawnictwo Marskie. Gdańsk 1977
- [136] H. Gatzer
Die schiffbauliche Schleppversuchsanlage am Institut
für Theorie des Schiffes der Schiffbaulichen Fakultät,
Universität Rostock
Schiffbautechnik 12 1/1962
- [137] S. Kastner
persönliche Mitteilung 1991

Verzeichnis der Abbildungen

Abb.1 aus [8]

Plan für den Neubau des Staatlichen Technikums am Lübeckerthor, heute Berliner Tor 21.

Abb.2 aus [15]

Schiffbau-Versuchsanstalten bis zum Jahr 1921

Abb.3 aus [17]

Prinzip der Schleppversuchseinrichtung nach dem System Wellenkamp

Abb.4 aus [17]

Ablauf des Schleppversuchs nach dem System Wellenkamp

Abb.5 aus [17]

Entwurf einer Modell-Schleppversuchsanstalt nach dem System Wellenkamp

Abb.6 aus [22]

Von Dr.Kempf ausgearbeiteter Entwurf des Schiffbaulaboratoriums (1914), der nach dem Kriege aus Sparsamkeitsgründen geändert wurde.

Abb.7 aus [28]

Größenvergleich zwischen dem Vorkriegsentwurf und der Nachkriegsausführung des Schiffbaulaboratoriums mit der HSVA.

Abb.8 aus [28]

Grundriß und Querschnitt des Schiffbaulaboratoriums der Technischen Staatslehranstalten.

Abb.9 aus [28]

Blick in das Schiffbaulaboratorium

Abb.10 aus [28]

Leichter aufgehängter Froude-Schleppwagen

Abb.11 aus [28]

Trimmtank mit Ahlbornbrücke, links Wellenkamp-Meßapparatur, unter dem Tisch Wellenkamp-Brunnen.

Abb.12 aus [28]

Konstruktion des Strandes

Abb.13 aus [28]

Meßverfahren für freifahrende Propeller nach dem System Wellenkamp.

Abb.14 aus [28]

Geplante Vergrößerung des Schiffbaulaboratoriums unter Nutzung des Raumes des Verbrennungskraftmaschinenlaboratoriums.

Abb.15a

Zusammensetzung des Lehrkörpers des Schiffbaufachs der Technischen Staatslehranstalten im Jahr 1925

Abb.15b

Lehrplan 1925 für das Schiffbaufach

Abb.16 aus [28]

Versuchsanordnung für vier gleichzeitige Stabilitätsversuche.

Abb.17 aus [28]
Geometrische Schiffsmodelle für Stabilitätsversuche

Abb.18 aus [28]
Spiegelapparat zur Messung des Krängungswinkels

Abb.19
Meßprotokoll aus dem Jahre 1937

Abb.20 aus [34]
Schema des Stabilitätsindikators

Abb.21 aus [36]
Momentenindikator mit neuer Kardangelenkupplung zur Messung von Trimmänderungen, die durch Krängungen hervorgerufen werden.

Abb.22
Kompakte Stabilitätswaage der Fa. Kempf&Remmers, wie sie noch heute in der Ausbildung benutzt wird.

Abb.23
Aufbau für den Widerstandsschleppversuch

Abb.24 aus [37]
Modelldynamometer

Abb.25 aus [28]
Bestand des Schiffbaulaboratoriums im Jahre 1928

Abb.26 aus [39]
Apparat zur Photographie der Widerstandsströmungen um eingetauchte Hindernisse

Abb.27 aus [42]
Schiffswellen an einem Bootsmodell

Abb.28 aus [39]
Versuchsvorrichtung zur selbsttätigen Aufzeichnung der Staungen an eingetauchten Körpern

Abb.29 aus [64]
Kartenraum auf der SAN FRANCISCO während der Hochseemeßfahrt 1934

Abb.30 aus [70]
Scheinlotrichtung als Resultierende aus Erdbeschleunigung und Zentrifugalbeschleunigung der Orbitalbewegung

Abb.31 aus [85]
Scheinlotvektormesser: Schematische Skizze der Nachführungsvorrichtung und gebaute Ausführung für zwei Scheinlotwinkelkomponenten.

Abb.32 aus [72]
Konstruktion zur Nachbildung der Orbitalbewegung

Abb.33
Das Orbitalrad

Abb.34 aus [74]
Reduktion der Rollamplitude durch Schlingertanks nach Messungen mit dem Orbitalrad

Abb.35 aus [78]
Horizontalisiertes bzw. stabilisiertes Schiff auf Welle

Abb.36 aus [78]
Unterscheidung zwischen Horizontalisierung und Stabilisierung

Abb.37 aus [36]
Orbitalwagen

Abb.38 aus [36]
Floß in einer Welle

Abb.39 aus [36]
Zylinder in einer Welle

Abb.40 aus [85]
Versuchsanordnung zur Bestimmung der scheinbaren Masse von Schiffsmodellen

Abb.41 aus [86]
Krängungsversuche mit Holzdecksladung

Abb.42
Seilzugschleppvorrichtung mit Winde

Abb.43 aus [93]
13,4m langes Pontonmodell

Abb.44 aus [94]
Doppelmodell der LUCY ASHTON

Abb.45 aus [95]
Schiffsmodell in von achtern auflaufendem Seegang

Abb.46 aus [100]
**Versuchsanordnung zur Stabilitätsuntersuchung
eines Schiffes in achterlichem Seegang
und Resonanzkurven eines Schiffes in achterlichem Seegang**

Abb.47 aus [101]
**Wasserlinien des für Manövrieruntersuchungen
gekrümmt gebauten Modells einer Hafenbarkasse**

Abb.48 aus [107]
Prinzip einer Anordnung zur Absorption von Wasserwellen

Abb.49 aus [108]
Wellenerzeuger und Wellentilger im Trimm-tank

Abb.50 aus [108]
Messung der Druckverteilung an einem Schiffsmodell in regelmäßigen Seegang

Abb.51 aus [109]
Gesamtwiderstand zweier Modelle bei verschiedenen Anordnungen

Abb.52 aus [110]
Der Windkanal des Instituts für Schiffbau

Abb.53 aus [112]
Doppelmodell und Strömungsrichtungen des runden Schiffes

Abb.54 aus [112]

Doppelmodell und Strömungsrichtungen des kantigen Schiffes

Abb.55 aus [112]

Sekundärströmung hinter dem kantigen Schiff

Abb.56 aus [119]

Biegeschwingungen teilweise eingetauchter Balken

Abb.56a

Ordensfest der *Heylige Frawe Latte* im Schiffbaulaboratorium

Abb.57

Schleppwagen mit Ausleger während eines Widerstandsversuchs

Abb.58

Der 1957 beschaffte Kavitationstunnel des Schiffbaulaboratoriums

Abb.59

Aufbau für einen Schleppversuch mit einem Yachtmodell

Abb.60

Geplanter, aber nicht ausgeführter Neubau eines Schlepptanks, Berliner Tor 3.

Abb.61

Der kleine Schlepptank der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt

Abb.62 aus [131]

Testapparatur von F.af Chapman

Abb.63 aus [135]

Drahtschleppanlage der Universität Rostock

Abb.64

Seilzugschleppanlage der Hochschule Bremen

Staatliches Technikum Hamburg

Bauprogramm

Lageplan

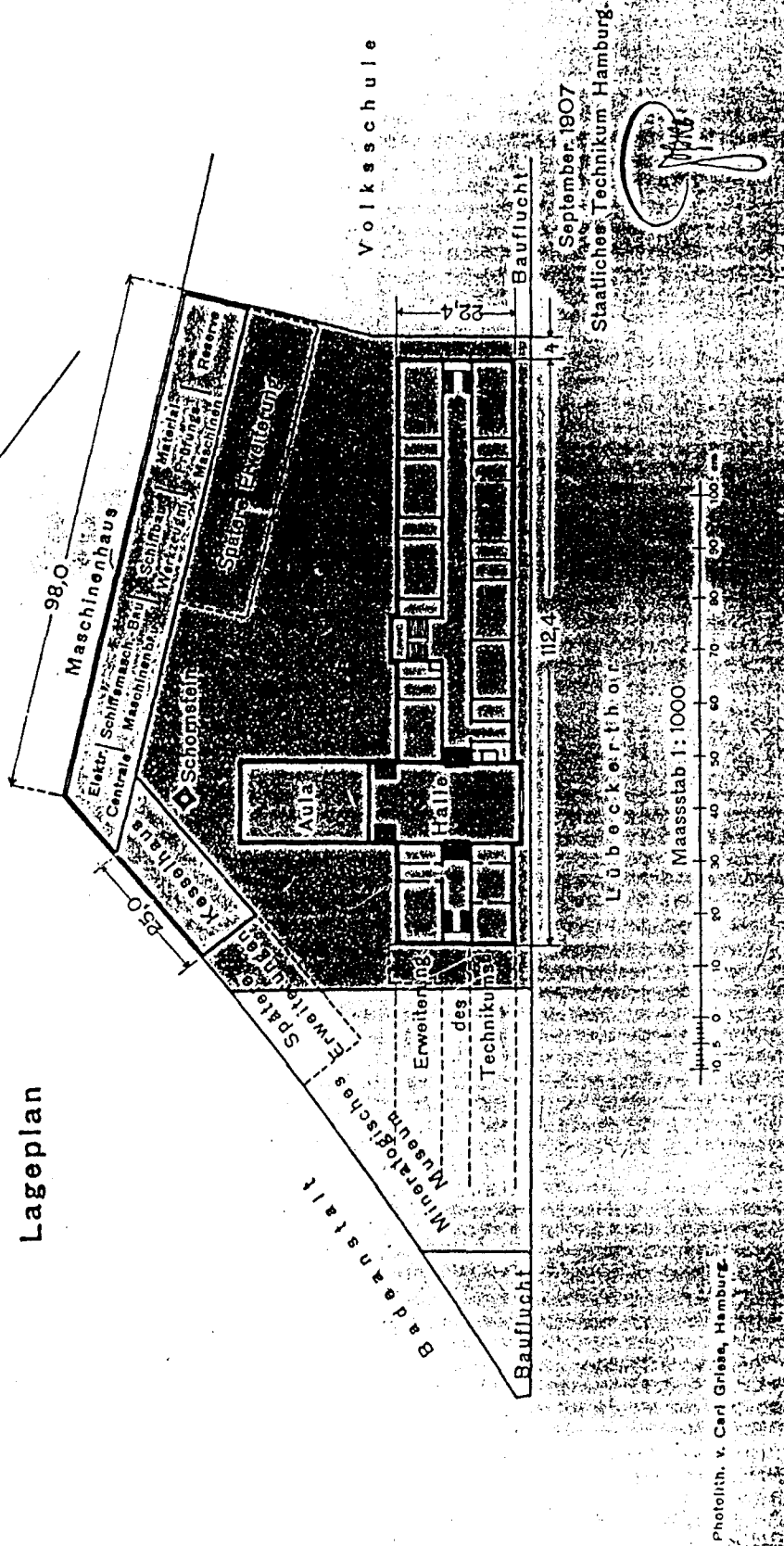


Abb.1 aus [8]
 Plan für den Neubau des Staatlichen Technikums am Lübeckerthor,
 heute Berliner Tor 21.

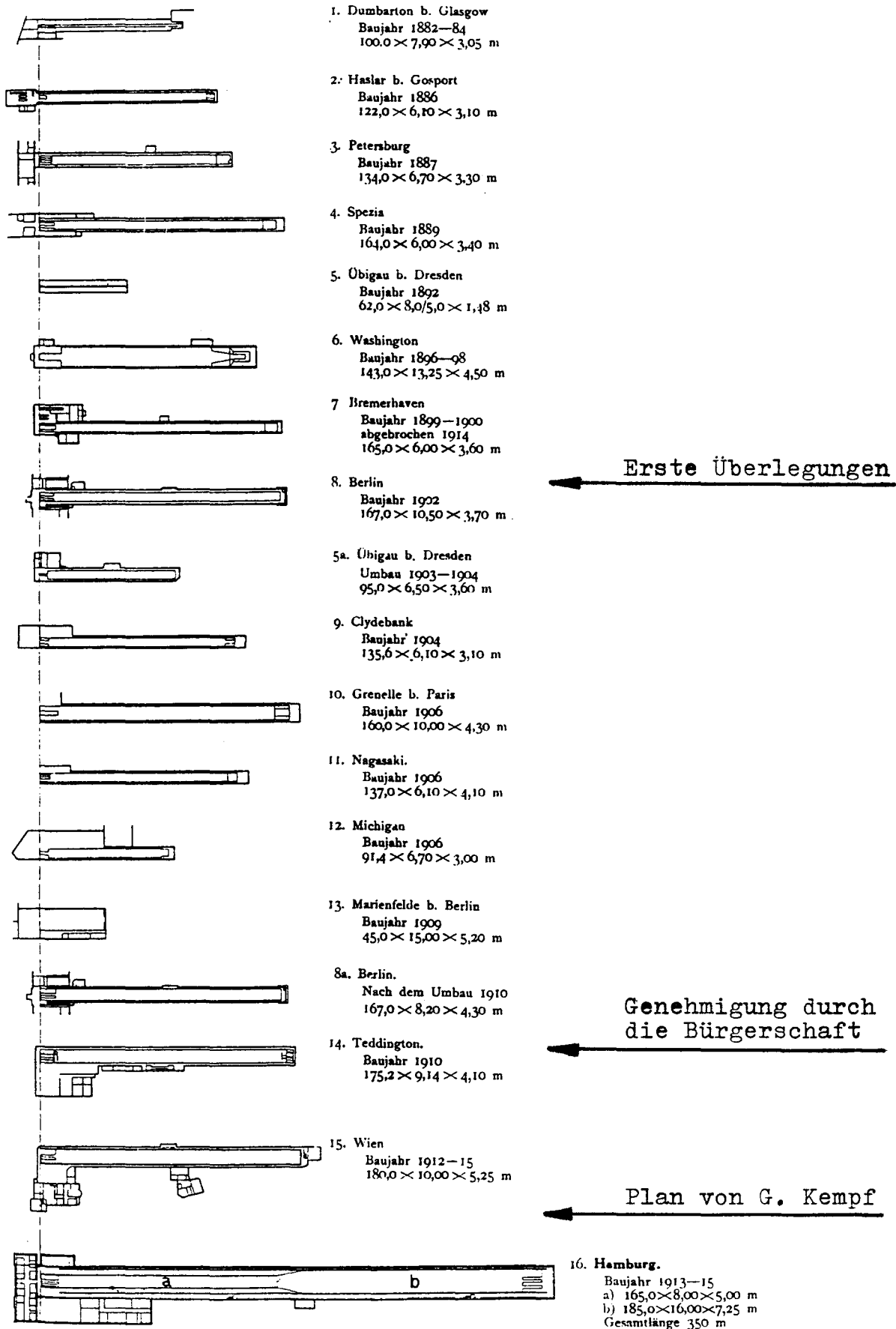


Abb.2 aus [15]
Schiffbau-Versuchsanstalten bis zum Jahr 1921

1923 Bau des SBL

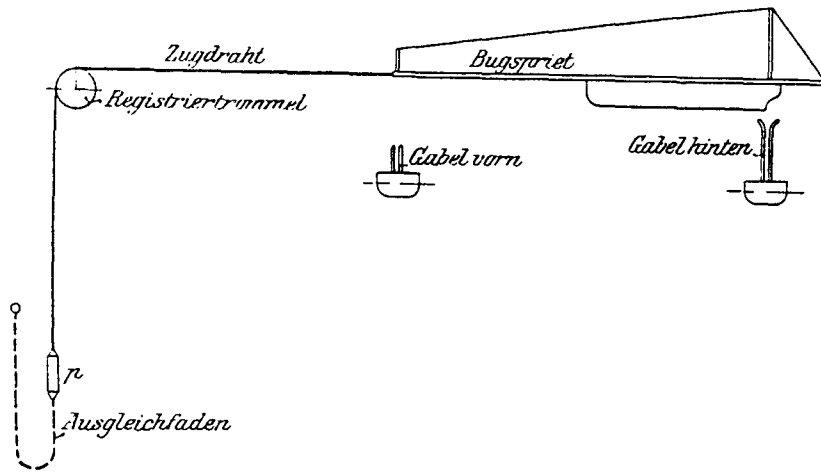


Abb.3 aus [17]
Prinzip der Schleppversuchseinrichtung nach dem System Wellenkamp

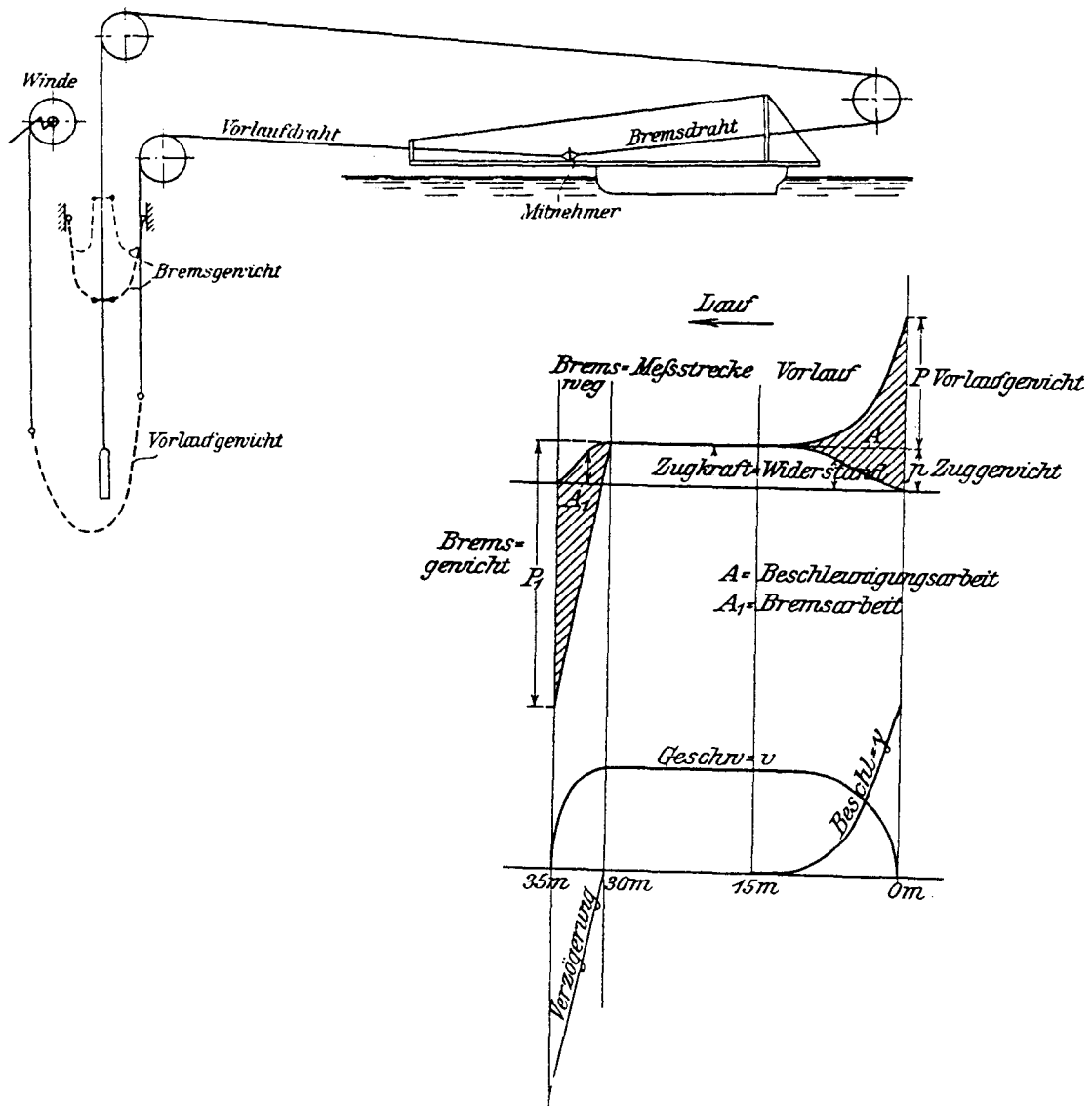


Abb.4 aus [17]
Ablauf des Schleppversuchs nach dem System Wellenkamp

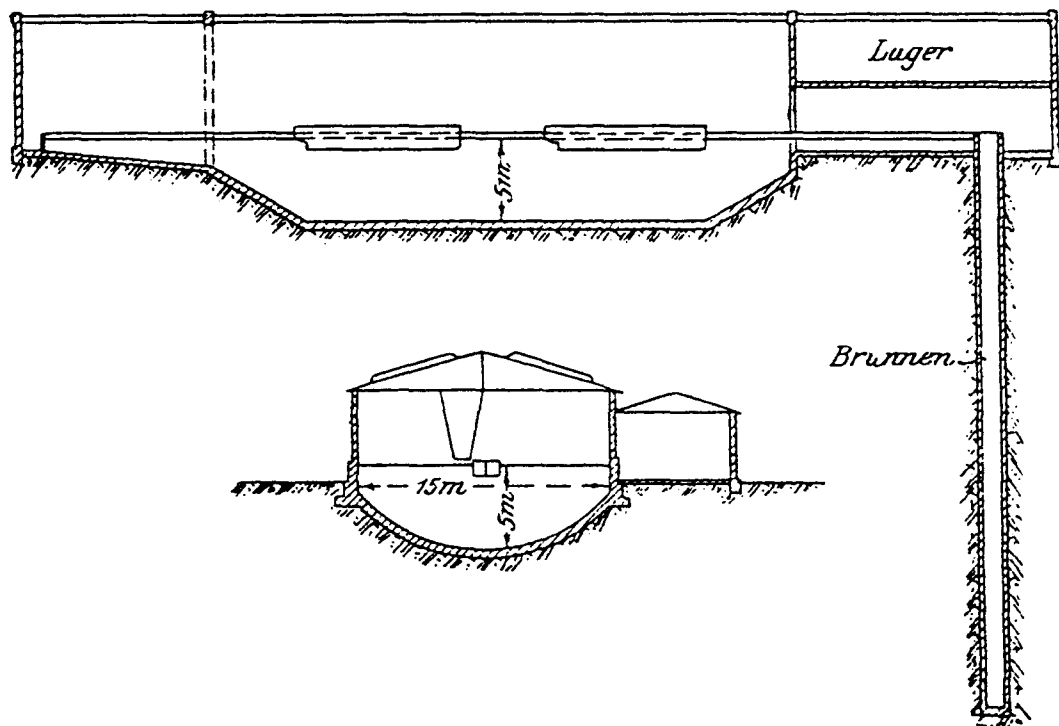
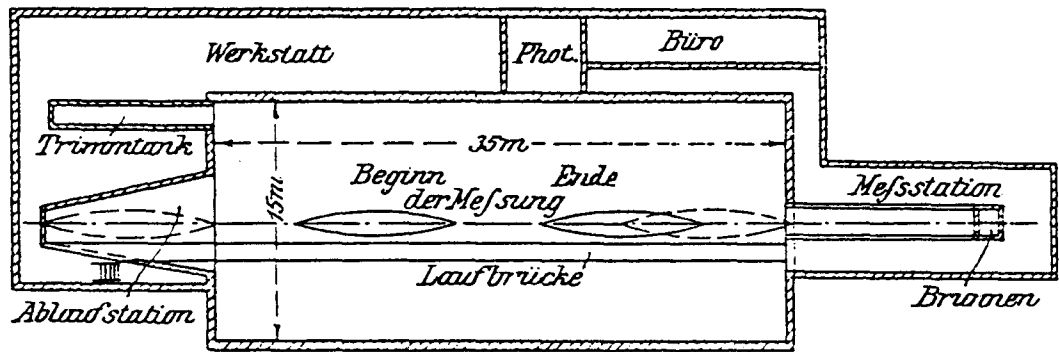
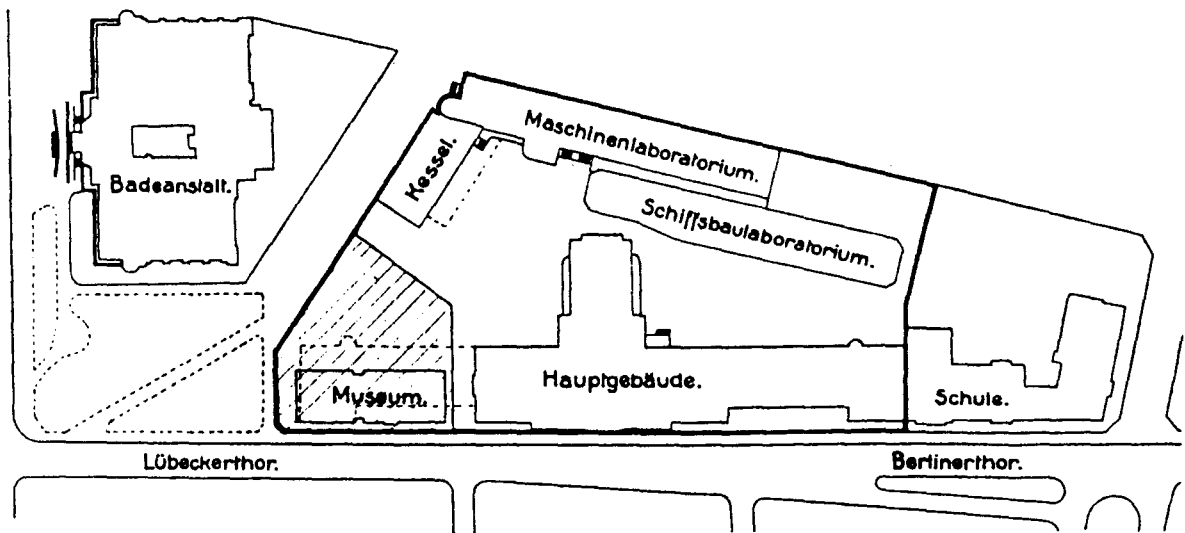
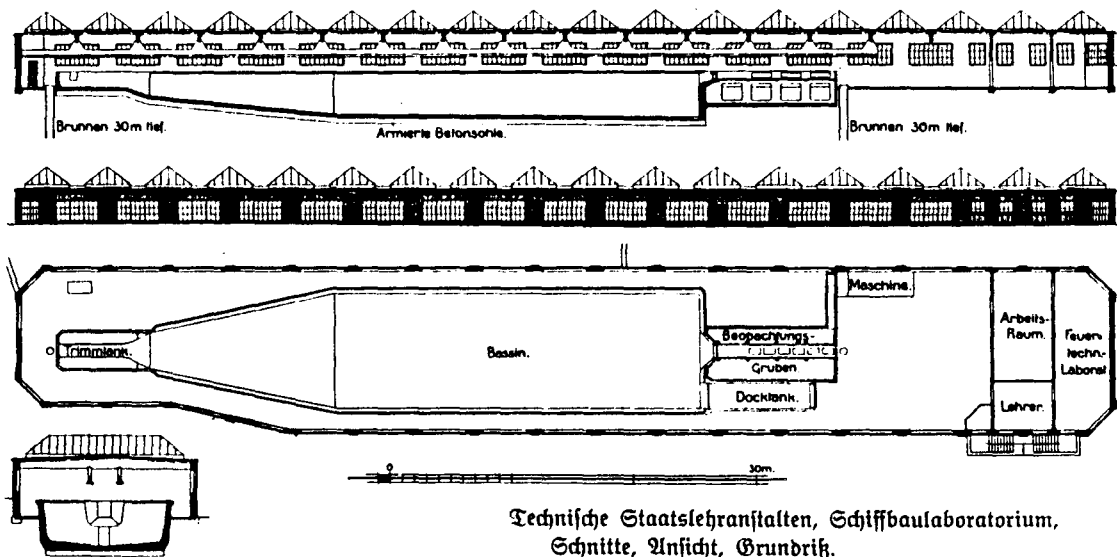


Abb.5 aus [17]
 Entwurf einer Modell-Schleppversuchsanstalt nach dem System Wellenkamp



Lageplan der Technischen Staatslehranstalten.
 Entwurf: Baudirektor Schumacher. Ausführung: Baurat Bauer.



Technische Staatslehranstalten, Schiffsbaulaboratorium.
 Schnitt, Ansicht, Grundriß.

Abb.6 aus [22]
 Von Dr.Kempf ausgearbeiteter Entwurf des Schiffsbaulaboratoriums (1914),
 der nach dem Kriege aus Sparsamkeitsgründen geändert wurde.

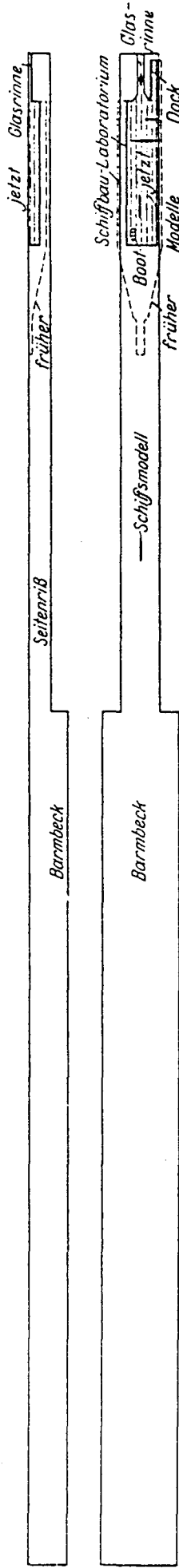


Abb. 4 b.

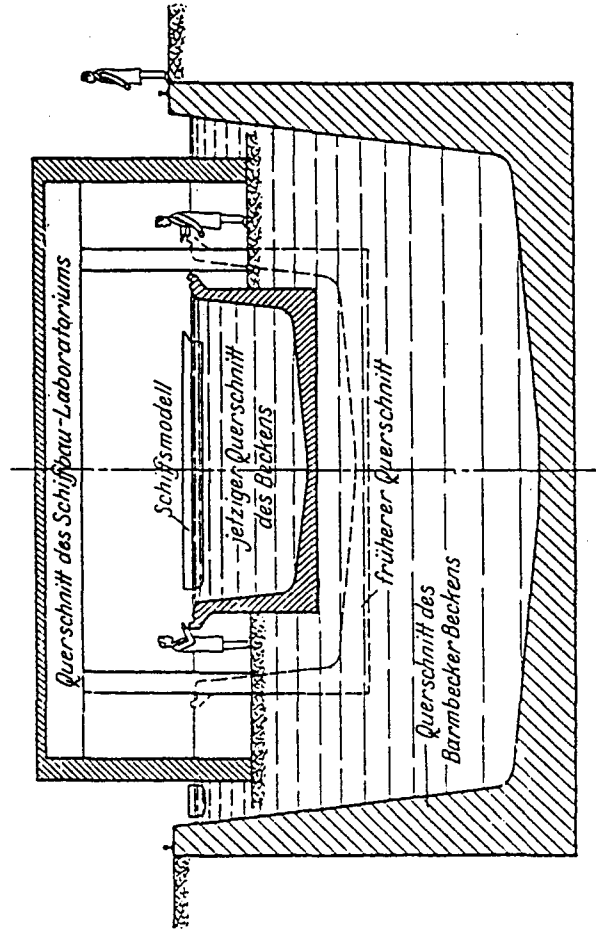


Abb.7 aus [28]
 Größenvergleich zwischen dem Vorkriegsentwurf und der
 Nachkriegsausführung des Schiffbaulaboratoriums mit der HSVA.

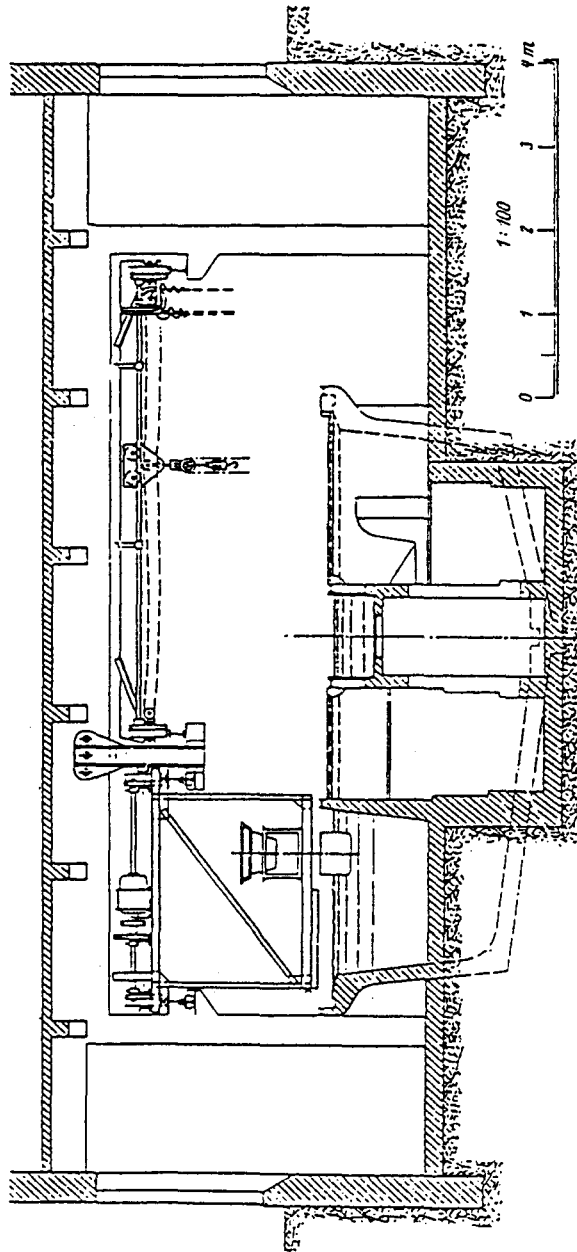
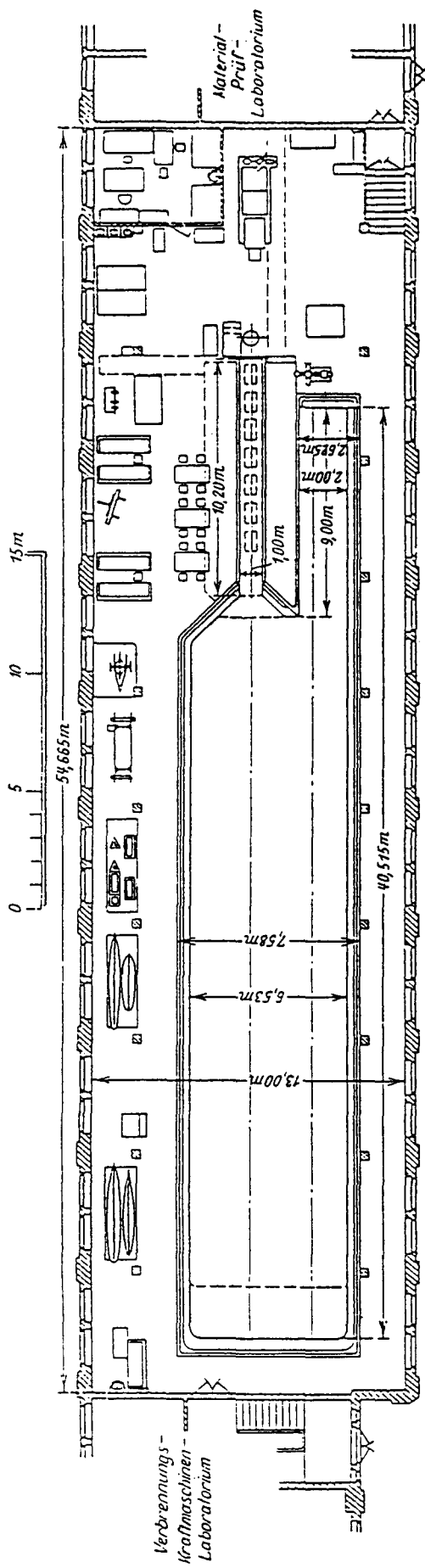


Abb.8 aus [28]
 Grundriß und Querschnitt des Schiffbaulaboratoriums der
 Technischen Staatslehranstalten.



Abb.9 aus [28]
Blick in das Schiffbaulaboratorium

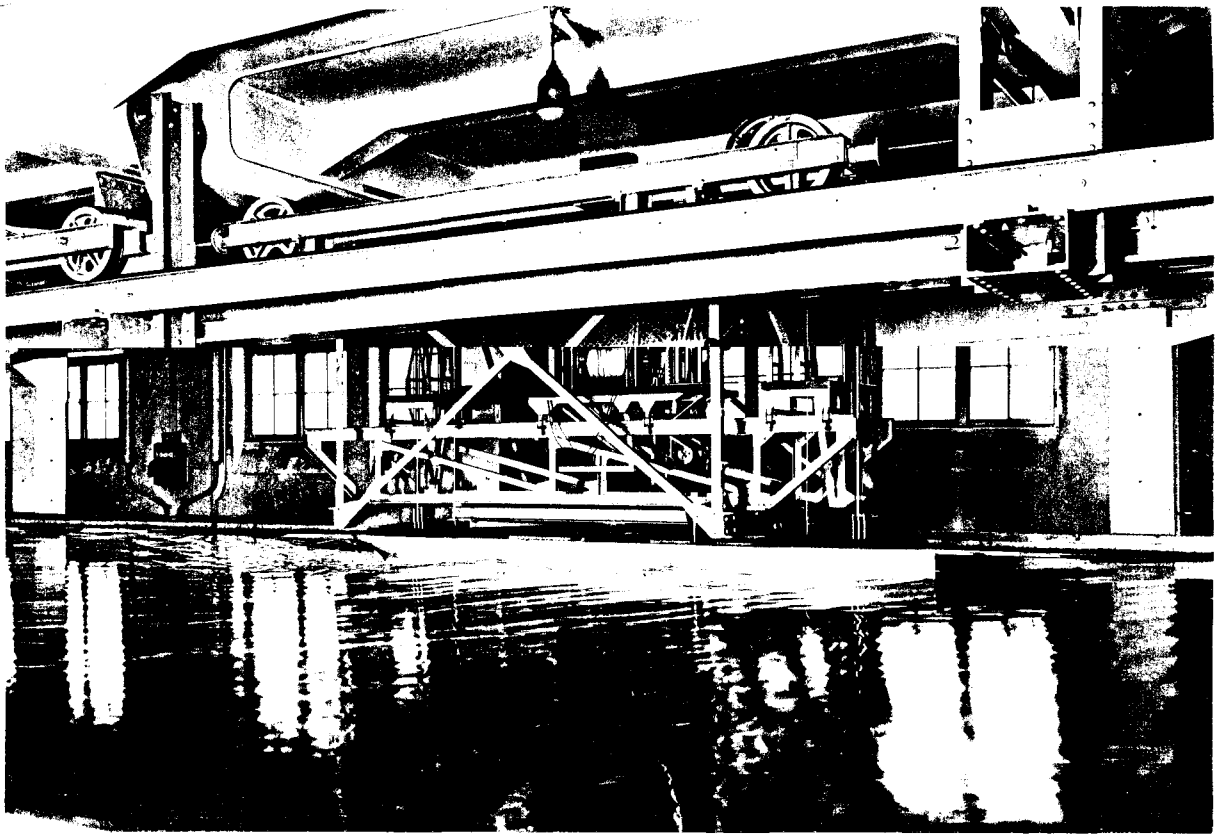
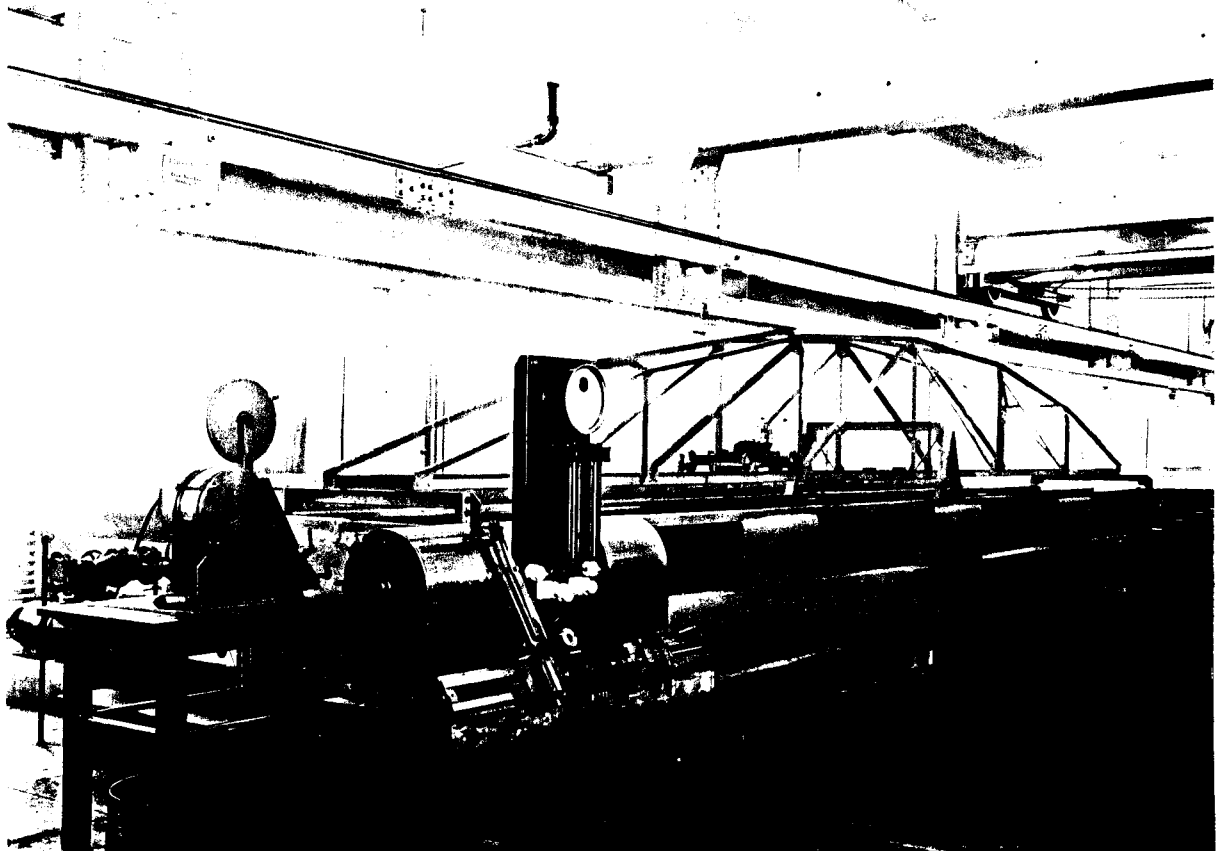


Abb.10 aus [28]
Leichter aufgehängter Froude-Schleppwagen



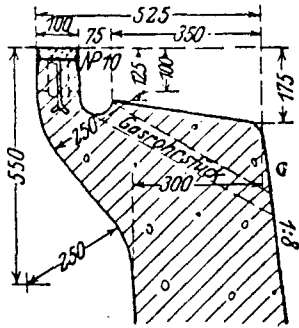


Abb.12 aus [28]
Konstruktion des Strandes

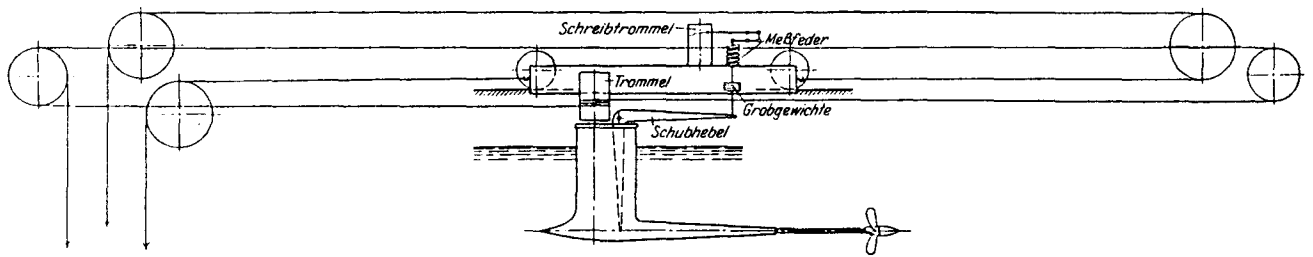


Abb.13 aus [28]
Meßverfahren für freifahrende Propeller nach dem System Wellenkamp.

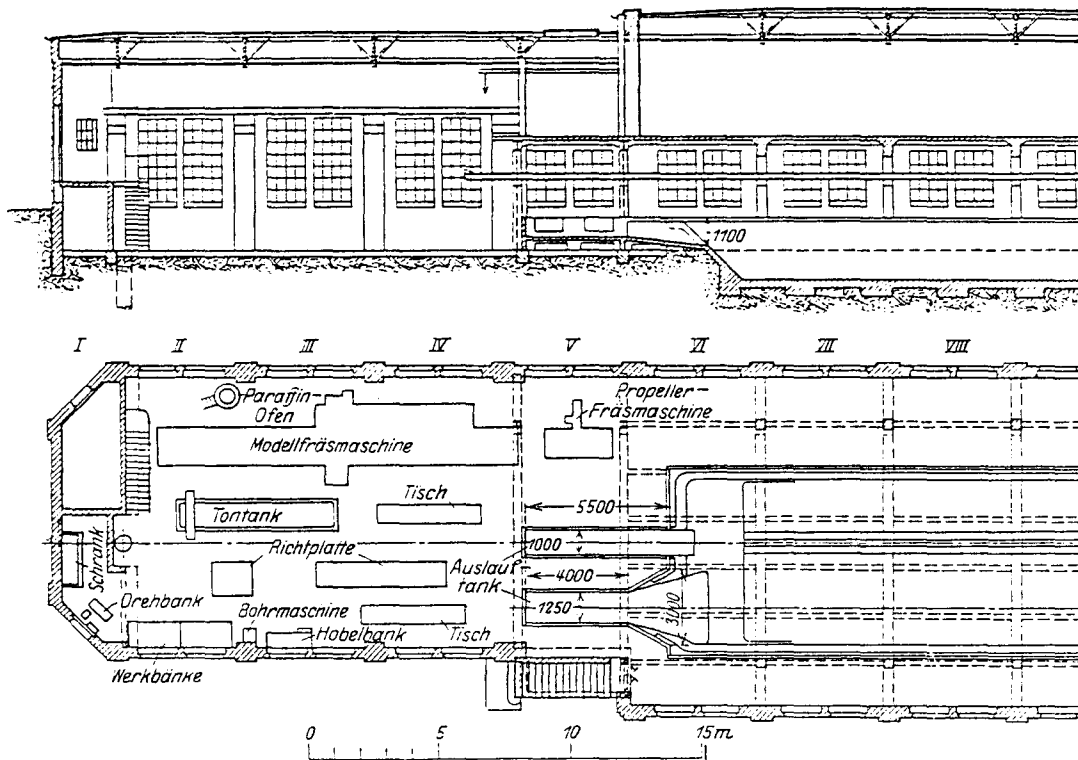


Abb.14 aus [28]
Geplante Vergrößerung des Schiffbaulaboratoriums unter Nutzung des Raumes des Verbrennungskraftmaschinenlaboratoriums.



Zusammensetzung

des Lehrkörpers, des Schulbeirats und der Prüfungsausschüsse
der Höheren Schule für Maschinenbau, Schiffsmaschinenbau,
Elektrotechnik und Schiffbau.

Lehrkörper.

Schulleiter: Professor J. Sieffen.

Schiffbaufach.

Cleppien, M., Professor, Marinebaurat a. D.:	Kriegsschiffbau, Linienriffe.
Coulmann, W., Marinebaurat a. D.:	Kriegsschiffbau, Technologie.
Dahlmann, W., Dr.-Ing.:	Theorie des Schiffes, Mechanik.
Wrobbel, G., Dr.-Ing.:	Entwerfen und Einrichtung.
Rempf, G., Dr.-Ing.:	Schiffbaulaboratorium.
Lorenz, P., Dipl.-Ing.:	Eisenschiffbau, Schnürrboden.
Waldmann, E., Dr.-Ing.:	Handelschiffbau, Entwerfen und Einrich- tung.

Schiffsmaschinenbaufach.

Clasen, E., Dipl.-Ing.:	Verbrennungskraftmaschinen, Maschinen- kunde.
Hasi, H., Professor, Dipl.-Ing.:	Schiffskessel, Verbrennungskraftmaschinen
Hildebrandt, W., Dipl.-Ing.:	Schiffshilfsmaschinen.
Neugebhorn, R., Dr.-Ing.:	Schiffsturbinen, Verbrennungskraft- maschinen.
Sieffen, J., Professor:	Schiffsmaschinen, Schiffskessel.
von den Steinen, R., Dr.-Ing., Marinebaurat a. D.:	Schiffbaulaboratorium.
Tapp, D., Dipl.-Ing.:	Schiffsmaschinen, Schiffskessel.

Abb.15a

Zusammensetzung des Lehrkörpers des Schiffbaufachs der
Technischen Staatslehranstalten im Jahr 1925

4. Schiffbau.

Lehrfach	Halbjahr					Insgesamt
	1.	2.	3.	4.	5.	
1. Mathematik	10	6	4	—	—	20
2. Mechanik	10	8	4	—	—	22
3. Akustik und Optik	—	2	—	—	—	2
4. Wärmelehre	—	2	—	—	—	2
5. Chemie	4	—	—	—	—	4
6. Technologie	2	4	4	4	2	16
7. Elektrotechnik	—	—	6	—	—	6
8. Staatsbürgerkunde und Wirtschaftskunde	—	—	—	4	6	10
9. Medizinischer Unterricht und Gewerbehygiene	2	—	—	—	—	2
10. Allgemeine Wahlfächer	—	—	—	2	2	4
11. Projektionslehre	6	—	—	—	—	6
12. Maschinenteile	4	6	—	—	—	10
13. Maschinenteile	—	—	4	4	4	12
14. Holzschiffbau	4	4	—	—	—	8
15. Eisenschiffbau	2	4	6	6	6	24
16. Entwerfen und Einrichtung von Handelsschiffen	—	2	6	6	8	22
17. Kriegsschiffbau	—	—	4	4	6	14
18. Theorie und Linienrisse	—	6	6	8	8	28
19. Schmirboden	—	—	—	2	—	2
20. Schiffbaulaboratorium	—	—	—	4	4	8
Wochenstunden:	44	44	44	44	46	222
Wahlfächer:						
21. Chemisches Praktikum						
22. Autogene Metallbearbeitung						

Schiffbaulaboratorium. 4 Stunden. Lehrstoff für das 4. und 5. Halbjahr.
 Ausflussziffern. Strömungen in Wasser und Luft; Lüftungsanlagen; —
 Statische und dynamische Stabilität und Trimm bei geometrischen Körpern
 und Schiffmodellen. — Rollschwingungen und ihre Dämpfung, Waden
 und Aufschleppen, Stapellauf. — Schleppversuche, Ruherdruck und Ruher-
 moment. — Drehkurs, Rad- und Schraubenpropeller; Nachstrom.

Abb.15b
 Lehrplan 1925 für das Schiffbaufach

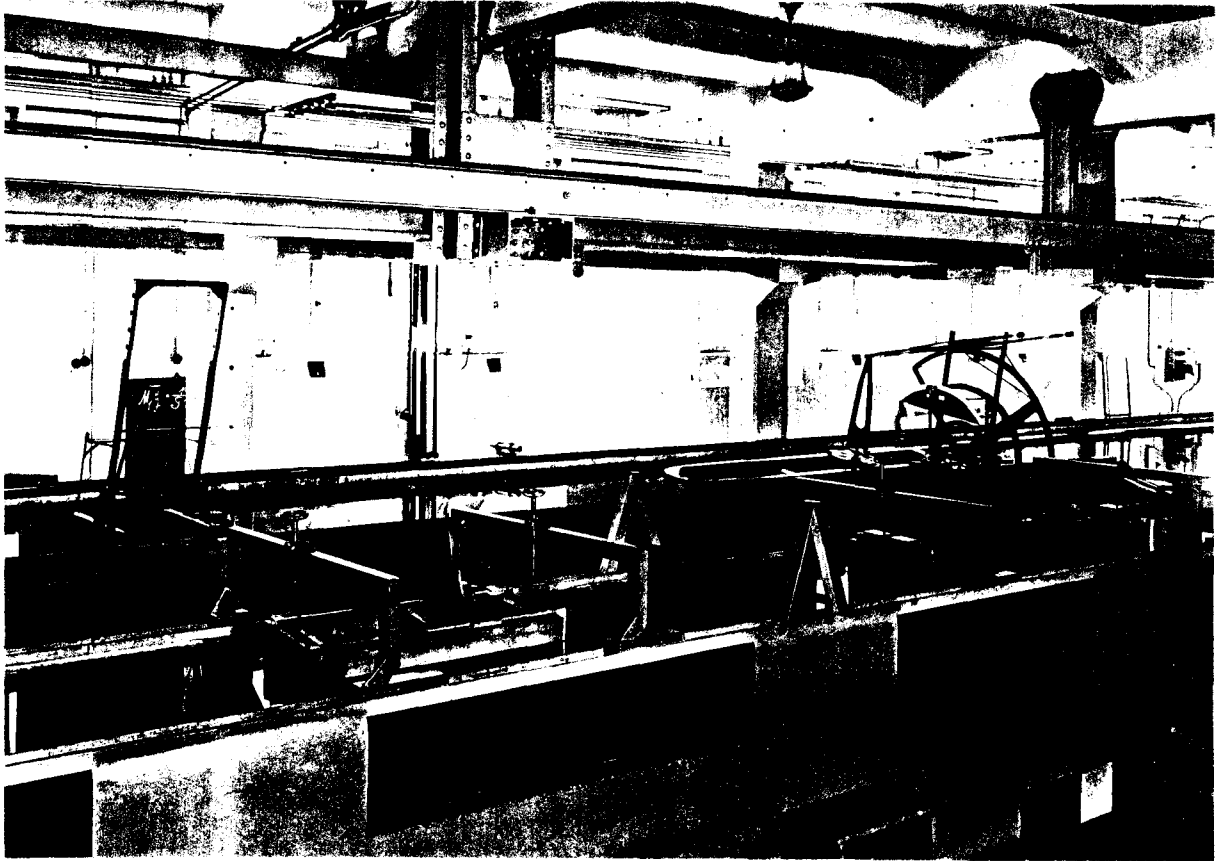
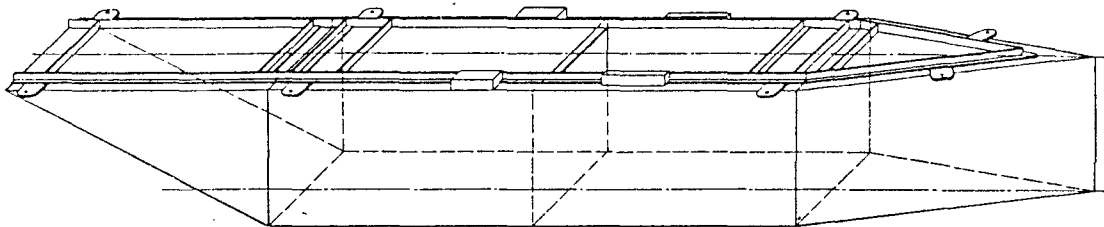
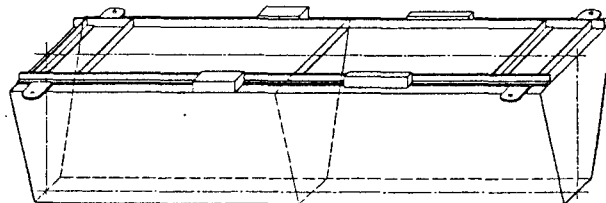


Abb.16 aus [28]
 Versuchsanordnung für vier gleichzeitige Stabilitätsversuche.

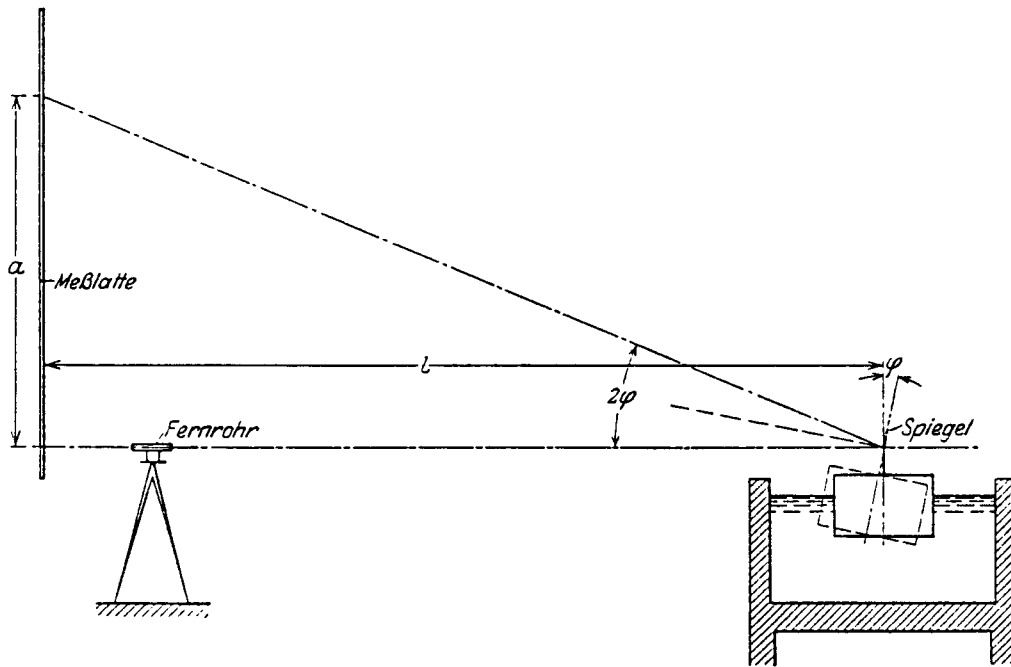


Modell: Geometrisches Schiff, aus 3 Einzelmodellen zusammengeschaubt. Das parallele Mittelschiff ist Modell MI, welches für sich allein zu den meisten Einführungsversuchen Verwendung findet.

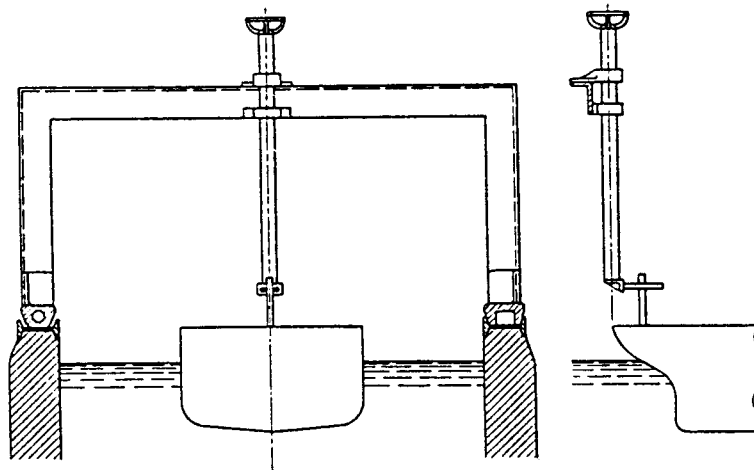


Modell III mit trapezförmigem Spantquerschnitt.

Abb.17 aus [28]
 Geometrische Schiffsmodelle für Stabilitätsversuche.



Spiegelapparat: Fernrohr, Spiegel, Meßlatte, Ablesegenauigkeit je nach optischer Vergrößerung und Meßentfernung l .



Mittelführung für Krängungsversuche mit dem Spiegelapparat usw.

Abb.18 aus [28]
Spiegelapparat zur Messung des Krängungswinkels

Technische Staatslehranstalten Hamburg	Aufgabe <u>1</u> Blatt
<p><u>Protokoll</u></p> <p><u>Abf. f. Bau - Laboratorium</u></p> <p><u>Brückengleichlauf mit Sprungapparat I</u></p>	
<p>7. III. 37</p> <p>3 + 1/2</p>	
Hamburg, den <u>28. 10. 37</u> Bearbeiter: <u>F. Sommerlag</u> S. 4.	

Abb.19
 Meßprotokoll aus dem Jahre 1937

Spezialkalkulation - Brückengleichlauf

$P \cdot N_p G \cdot \sin \varphi = G_r \cdot y_r \cdot \cos \varphi$
 $N_p G = \frac{G_r \cdot y_r}{P \cdot \sin \varphi}$
 $M_G = N_G - N_p M ; N_p M = \frac{7}{12} p \cdot b \cdot y ; p = \frac{N_p M}{b}$

$M_G = \frac{G_r \cdot y_r}{P \cdot \sin \varphi} - b \cdot p$

über Brücke:
 $G_D = d \cdot \frac{G_r}{P} \cdot y_r$
 $N_G = \frac{d}{\sin \varphi} - \frac{d}{y_r}$

$M_G = \frac{d}{y_r} - b \cdot p$

$O_G = O_P - M_G + N_p F$
 $O_G = \frac{P \cdot O_G - Q \cdot z}{P}$
 über Montrollen I:

$b = \frac{7}{12} \cdot \frac{B^2}{12 \cdot T}$
 $O_P = \frac{T}{z}$
 $p = \frac{z \cdot y_r^2 \cdot y}{N_p F} = \frac{N_p M}{N_p F}$

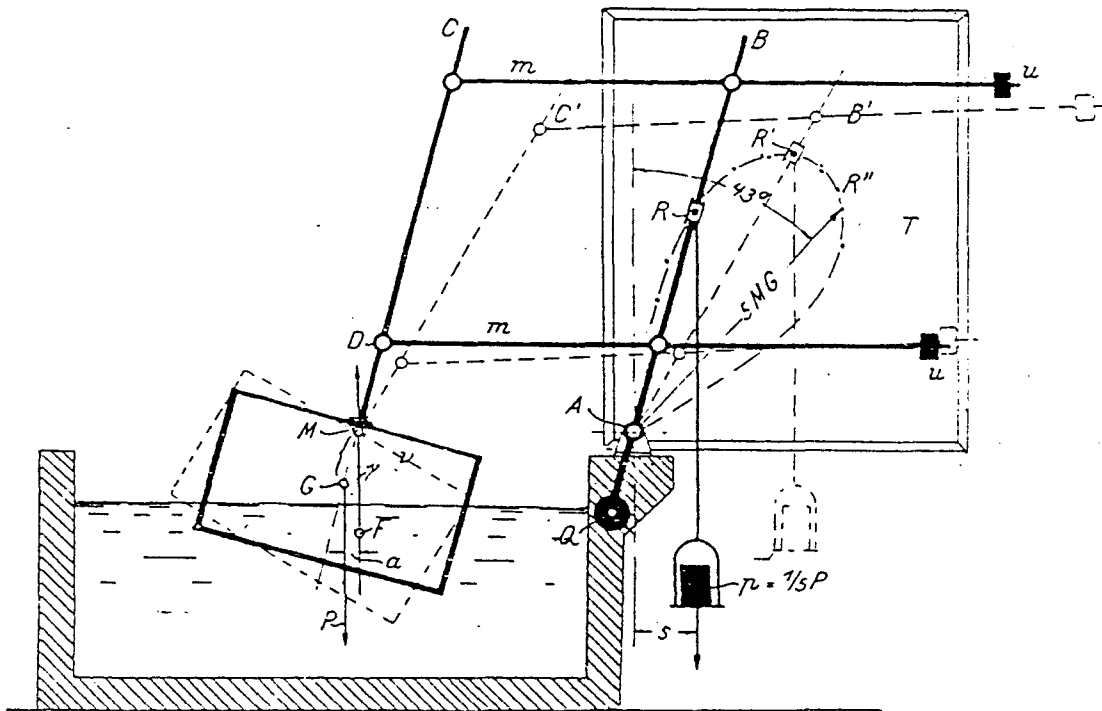


Abb.20 aus [34]
 Schema des Stabilitätsindikators

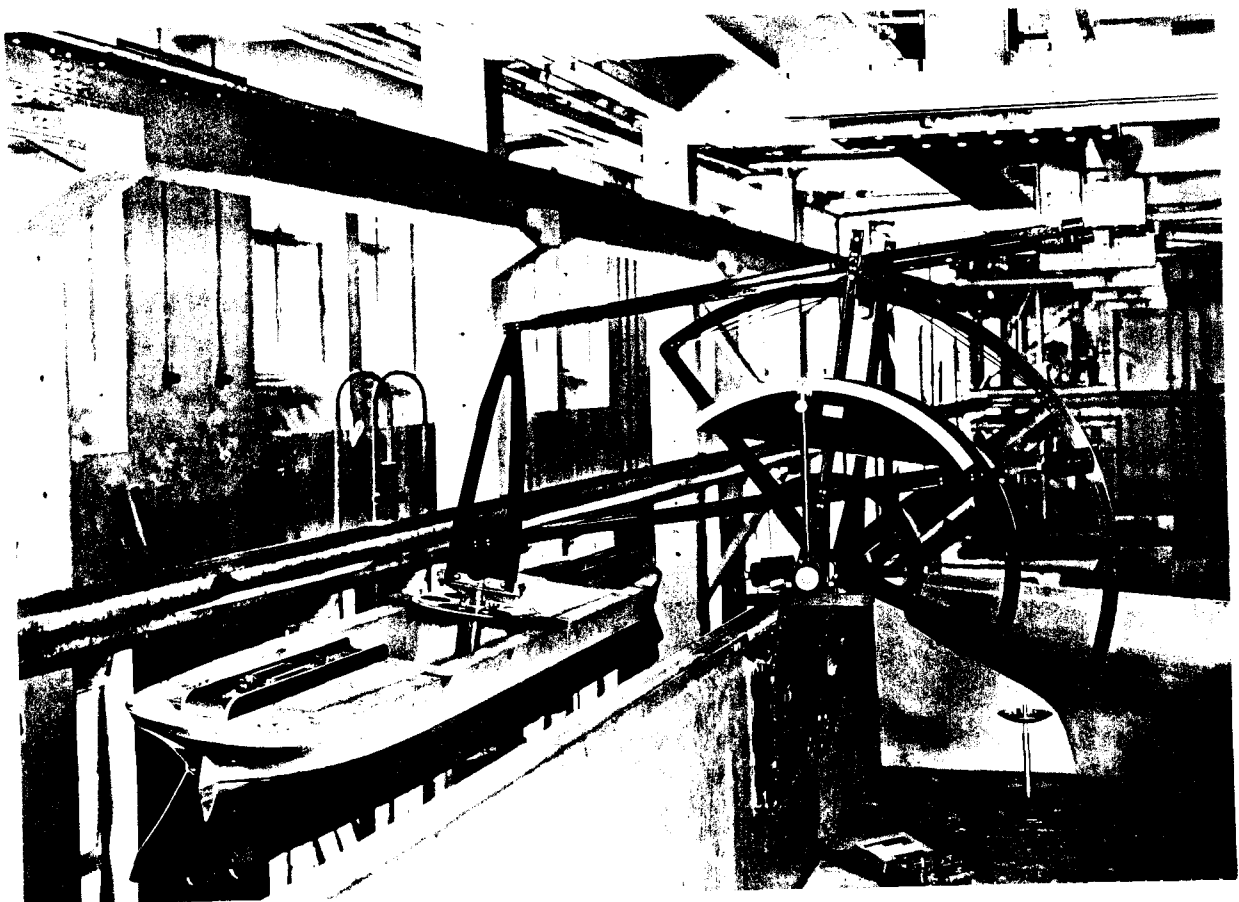


Abb.21 aus [36]
 Momentenindikator mit neuer Kardangelenkkupplung zur Messung von Trimmänderungen, die durch Krängungen hervorgerufen werden.



Abb.22
Kompakte Stabilitätswaage der Fa. Kempf&Remmers,
wie sie noch heute in der Ausbildung benutzt wird.

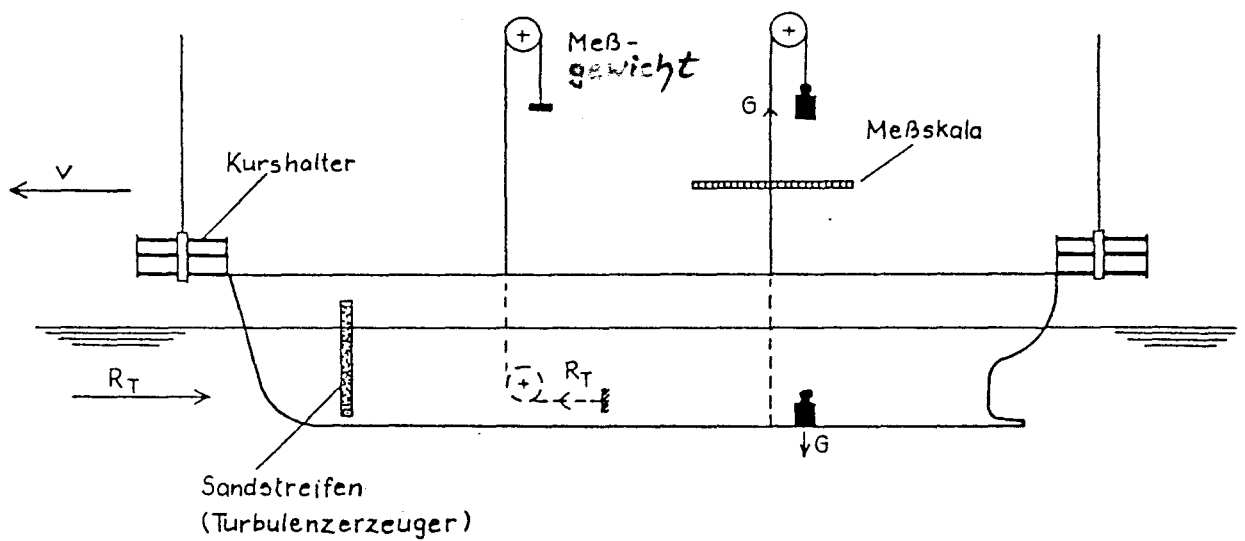
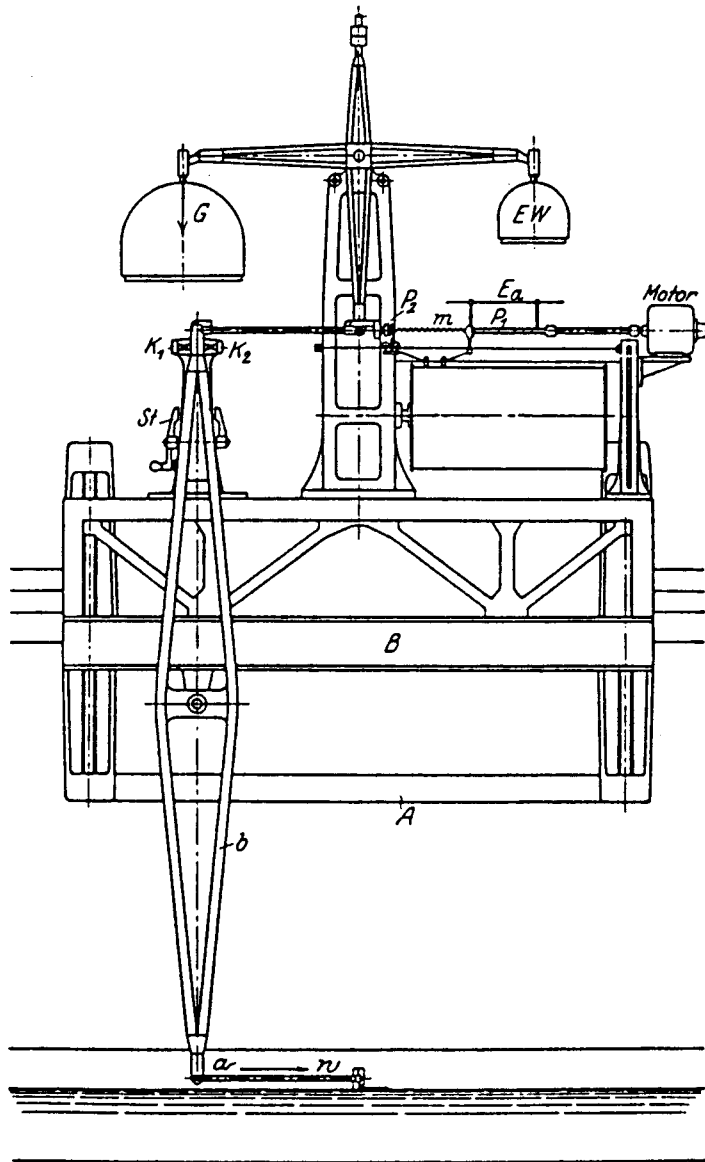
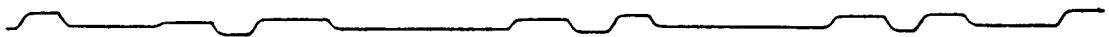


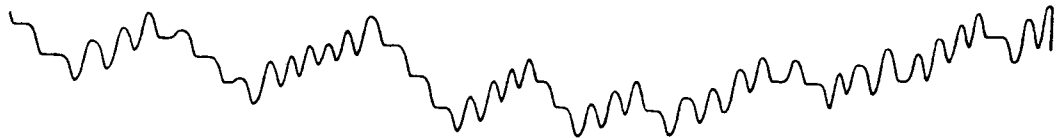
Abb.23
Aufbau für den Widerstandsschleppversuch



Modell dynamometer. Schematische Skizze.



a) bei stetiger Fahrtgeschwindigkeit.



b) bei unstetiger Fahrtgeschwindigkeit.

Widerstandsdiagramme, aufgenommen mit zwischen den Kontakten spielendem Hebel.

Die Versuchseinrichtung.

Der Bestand des Schiffbaulaboratoriums an Apparaten und Versuchsvorrichtungen umfaßt gegenwärtig:

I. Tankraum.

a) Apparate für statische Versuche.

1. 6 geometrische Modelle
- 1 Leckponton
- 1 Schiffmodell (Frachtdampfertyp),
- 2 Schiffmodelle (Frachtdampfertyp, sehr klein).
- 1 Schiffmodell (Schnelldampfertyp),
- 1 Schiffmodell (Fischdampfertyp),
- 1 Schiffmodell (Kreuzertyp),
- 1 Schiffmodell (Schleppertyp).
2. Metallballastgewichte, Schrotballastgewichte.
3. Pendelapparat
4. Spiegelapparat (9): Spiegel, Fernrohr, Meßlatte
5. 2 Satz Mittenführungen
6. 2 Satz Hülsentrimmnadeln
- 1 Satz Harkentrimmnadeln
- 2 Satz Aufmeßtrimmnadeln
- 1 Satz Schublehren f. Trimmnadeln.
7. Ansatzhölzer (kreisförmig und rechteckig).
8. Vorrichtungen für flüssige Ladung: Tanks, feste Gewichte, Holzunterlagen.
9. Lochplatte für exzentrische Belastung (projektiert).
10. Deplazementsindikator.
11. Metazentrumindikator (10).
12. Momentenindikator (11).

b) Apparate für dynamische Versuche.

1. Charlottenburger Schlinger- und Krängungsapparat (4).
2. Strahlruckmeßapparat (12).
3. Ein Geigeruhrwerk mit Zeitregistrierung und 5 Kontakten.
4. Zirkulationspumpe für den Glastank.
5. Oszilloskop (13).

c) Schleppapparatur.

1. 1 Schleppwagen mit Schaltpult.
2. 1 Modelldynamometer (3).
3. 1 Schraubendynamometer (3).
4. 2 Innenantriebsapparate nach Froude.
5. 2 Geschwindigkeitsmeßvorrichtungen nach Wellenkamp (2)
6. Modellschleppeinrichtung nach Wellenkamp (2).
7. Beschleunigungsapparat (bewilligt)
8. Schienenbrücke für Glastank
9. Propellerwagen hierzu (in Bearbeitung)
10. Apparate für Innenantrieb nach Wellenkamp (2).

d) Sonstige Ausrüstungsgegenstände:

1. 1 Dezimalwaage.
2. 1 Feinwaage.
3. 2 Schotte für Glastank.
4. Wasserstrahlpumpe für Glastank.
5. 6 fahrbare Ablegetische für Modelle.
6. 5 Schauschränke.
7. 1 Modelltransportwagen.
8. 2 Modelltransporttraversen.
9. 2 Werkbänke.
10. 1 Feinmechanikerdrehbank.
11. 1 kleine Bohrmaschine.
12. 1 Hallenkran für 1000 kg.
13. 1 Stahlschlangenzug für 1000 kg.
14. Tafeln, Tische, Böcke für Vortragszwecke.

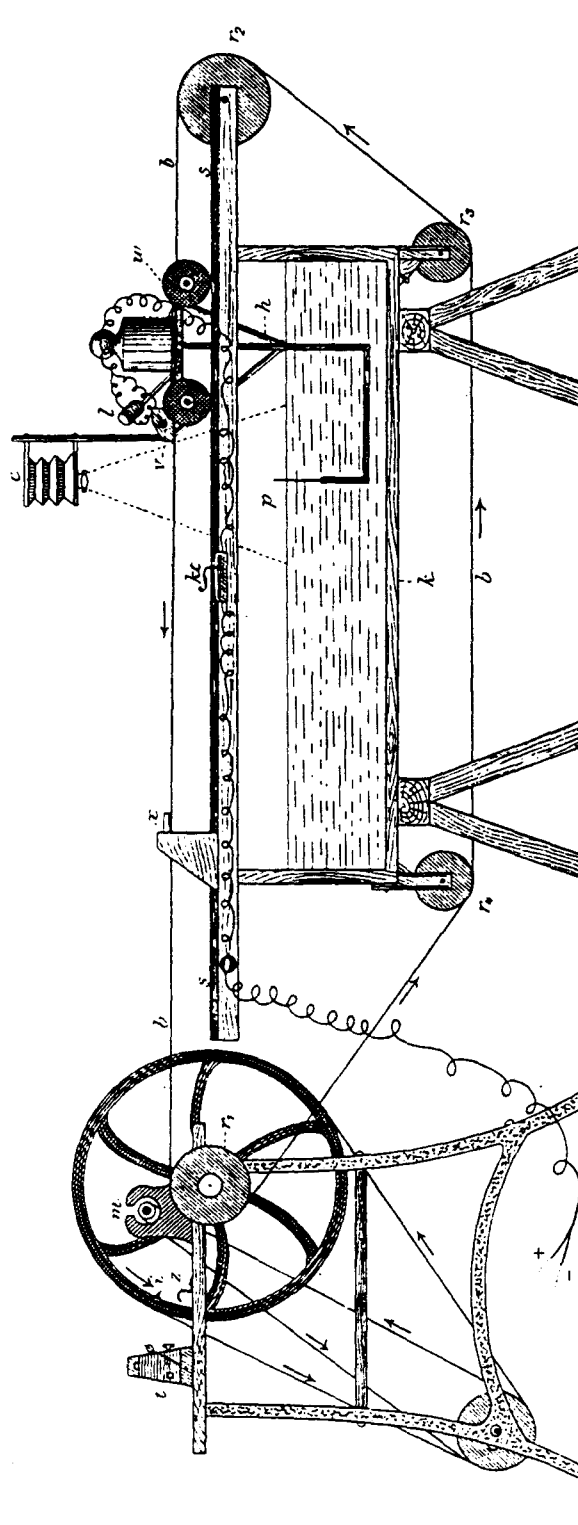
II. Modellwerkstatt.

1. 1 Paraffinofen.
2. 1 Tontank $6 \cdot 1 \cdot 0,63 \text{ m}^3$.
3. 1 Randfräsmaschine.
4. 1 Modellfräsmaschine (Lloydanstalt Bremerhaven).
5. 1 Propellerfräsmaschine.
6. 2 gußeiserne Aufreißtische $5 \cdot 1 \text{ m}^2$ und $1,6 \cdot 1,35 \text{ m}^2$.
7. 2 Bearbeitungstische (beantragt).
8. 1 Hobelbank (beantragt).
9. Modellregale (beantragt).
10. Propellerformerei und Gießerei.
11. 2 Propelleraufmeßapparate.

Abb.25 aus [28]

Bestand des Schiffbaulaboratoriums im Jahre 1928

Apparat zur Photographie der Widerstandsströmungen im Wasserspiegel um eingetauchte Hindernisse.

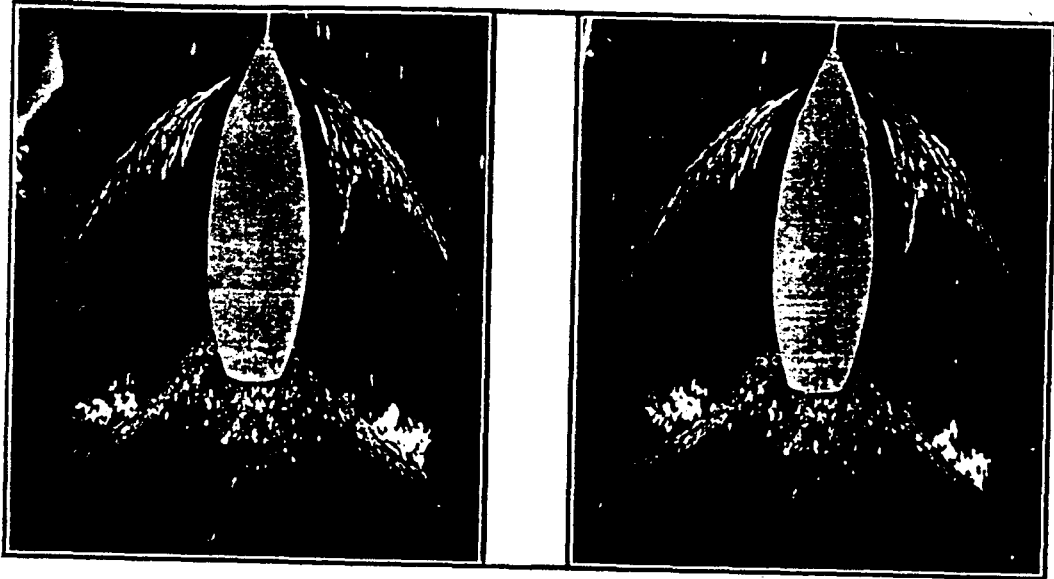


Über dem Wasserkasten k liegen die Schienen s, über welche der Wagen w mittels Treibband b durch den Motor m bewegt wird. Metronom t und Taktvorrichtung i, z zur Regelung der Geschwindigkeit. Die Versuchsplatte p ist durch den Halter h am Wagen befestigt. Der Wagen schließt im Vorbeifahren den Kontakt kt und entzündet dadurch die beiden Blitzlampen l, die das Momentbild des mit Backpulver bestreuten, bewegten Wasserspiegels in der Kamera c hervorrufen.

Abb.26 aus [39]

Apparat zur Photographie der Widerstandsströmungen um eingetauchte Hindernisse

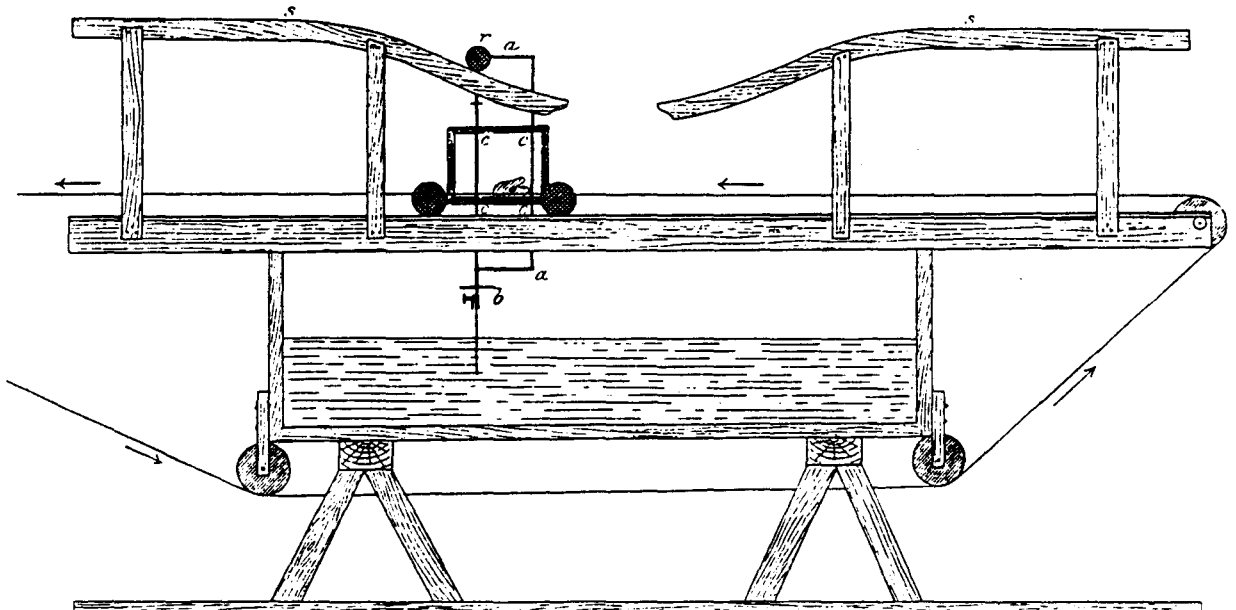
Schiffswellen an einem Bootsmodell von 460 mm Länge.



Stereoskopbild der Wellen und Stromlinien im Wasserspiegel bei $v = 92$ cm/sek.

Abb.27 aus [42]
Schiffswellen an einem Bootsmodell

Versuchsvorrichtung zur selbsttätigen Aufzeichnung der Stauungen an eingetauchten und bewegten Körpern.



Die Tafel b wird vermittels des am Wagen c angebrachten Rahmens a während der Fahrt eingetaucht und gehoben, indem das Rädchen r auf den ab- und aufsteigenden Schienen s fortschreitet.

Abb.28 aus [39]
Versuchsvorrichtung zur selbsttätigen Aufzeichnung der Stauungen an eingetauchten Körpern

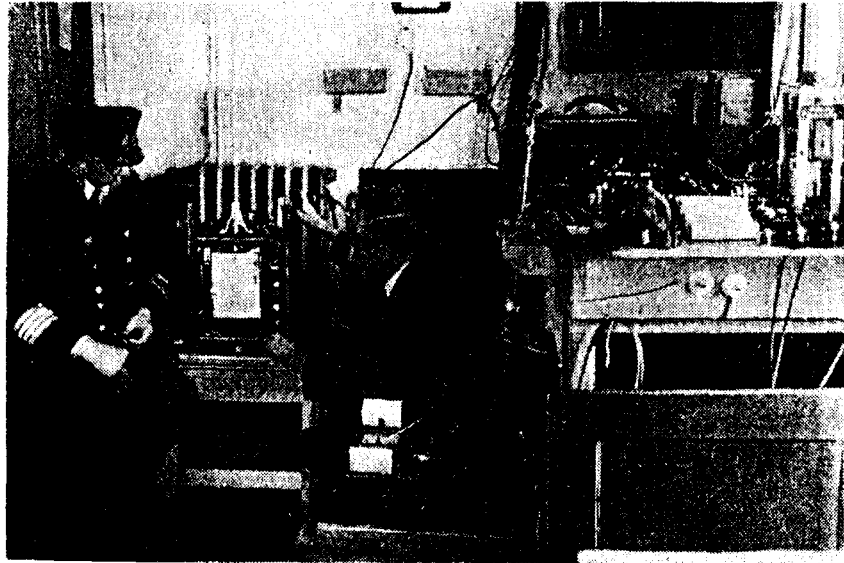


Abb.29 aus [64]
Kartenraum auf der SAN FRANSISKO während der Hochseemeßfahrt 1934

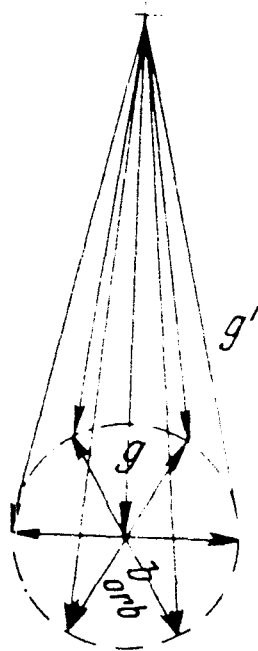


Abb.30 aus [70]
Scheinlotrichtung als Resultierende aus Erdbeschleunigung und Zentrifugalbeschleunigung der Orbitalbewegung

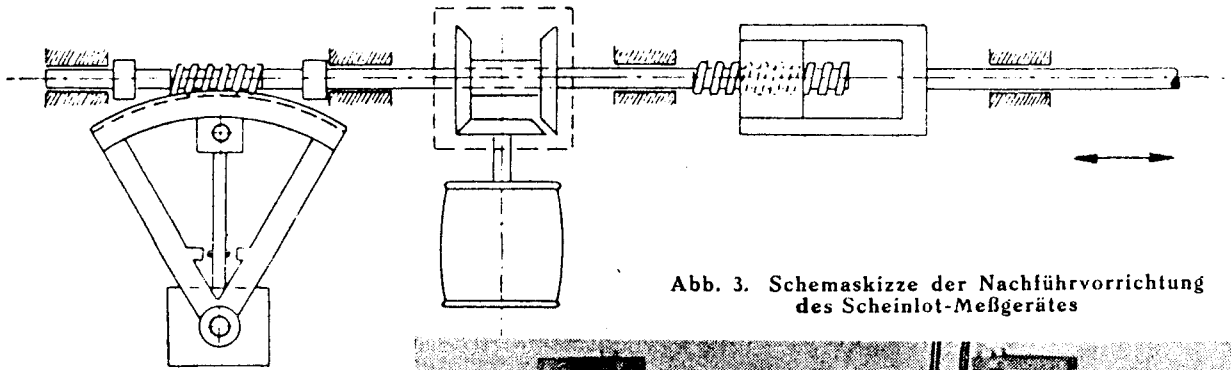
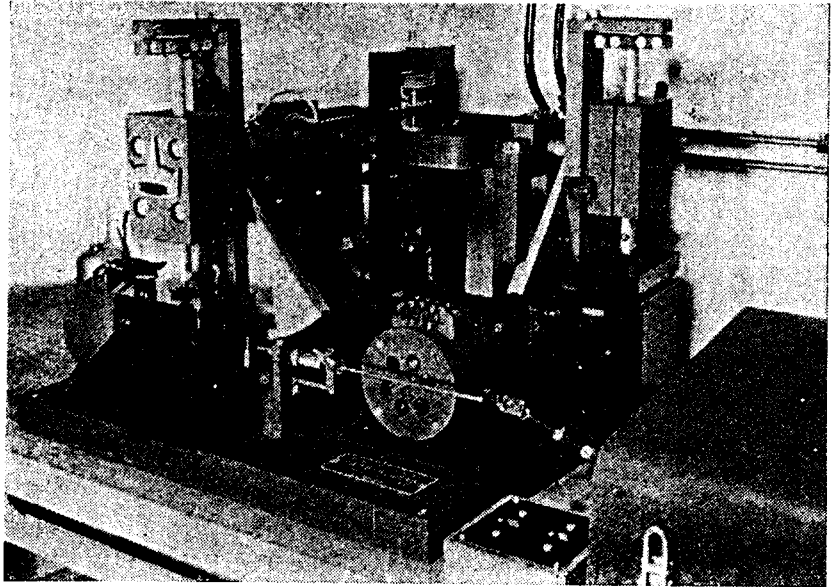


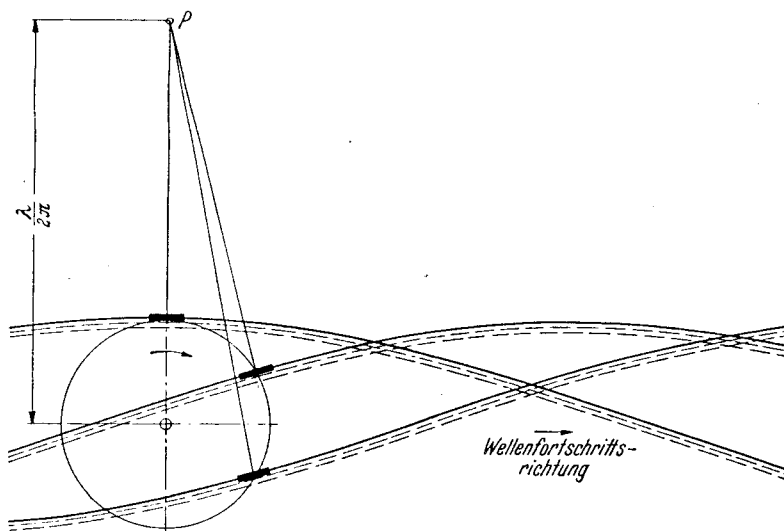
Abb. 3. Schemaskizze der Nachführvorrichtung des Scheinlot-Meßgerätes



Scheinlotvektormesser von Dr. von den Steinen.

Abb.31 aus [85]

Scheinlotvektormesser: Schematische Skizze der Nachführvorrichtung und gebaute Ausführung für zwei Scheinlotwinkelkomponenten.



Drei Phasen einer Wasserwelle. Die Wellennormale am Ort eines auf einem Kreise umlaufenden Teilchens geht stets durch den Punkt P.

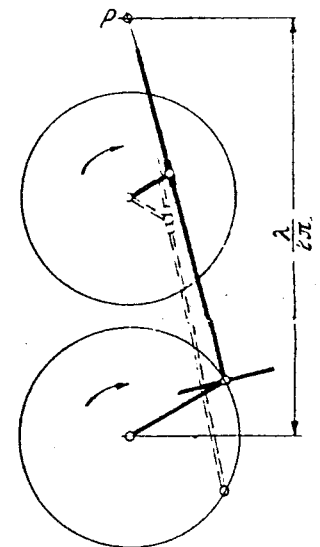
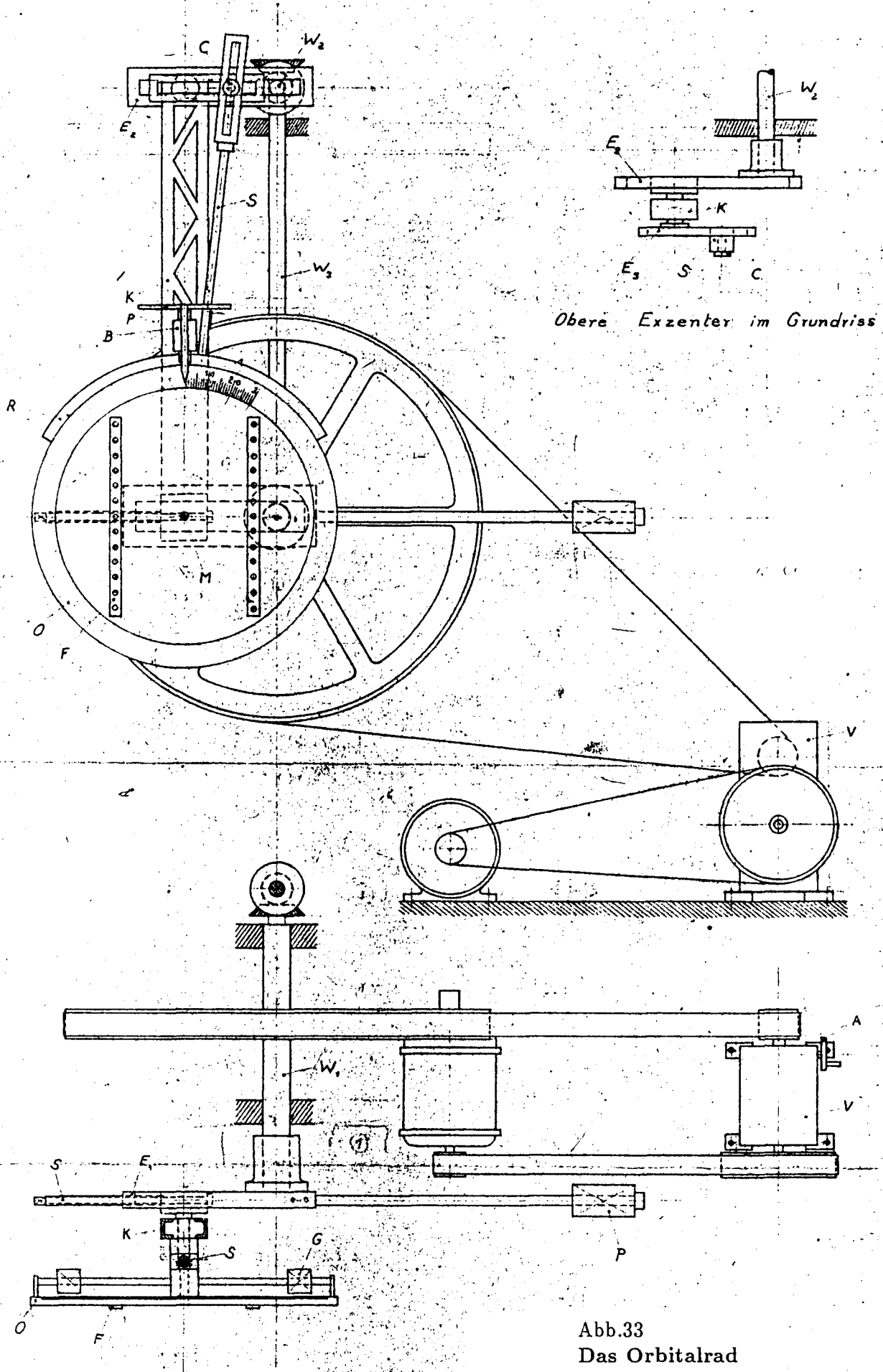


Abb. 2. Konstruktion zur Nachbildung der Orbitalbewegung.

Abb.32 aus [72]

Konstruktion zur Nachbildung der Orbitalbewegung



Obere Exzenter im Grundriss

Abb.33
Das Orbitalrad

Das Orbitalrad

1. Das Pendel

Das Massenpendel, dessen Aufhängepunkt in kreisförmige Bewegung versetzt wird, dient dazu das Verhalten schwingungsfähiger Systeme zu untersuchen.

In der Darstellung (Abb.33) ist das Pendel mit O bezeichnet. Auf dem äußeren Rand befindet sich eine Skala, welche $\pm 180^\circ$ umfaßt. Auf der Rückseite befinden sich, auf ein Stangenkreuz angeordnet, festziehbare Verschiebengewichte G . Die Gewichte haben den Zweck, allen Anforderungen in Bezug auf Gewicht, Schwerpunktslage und Massenträgheitsmoment zu entsprechen. An der stets senkrechten Kuppelstange K befindet sich die Plattform P . Diese bewegt sich stets kreisförmig mit demselben Radius wie Punkt M . Von ihr aus wird auch der Rand R durch die Wirbelstrombremse B willkürlich regelbar gebremst. Der Rand R befindet sich zwischen den Polen eines Elektromagneten. Auf der Plattform P ist auch ein Zeiger befestigt, der den Ausschlagwinkel des Pendels von der Skala abzulesen gestattet.

2. Der Exzenter

Die kreisförmige Bewegung der Kuppelstange K wird erzwungen durch die Exzenter E_1 und E_2 . E_1 ist durch die Spindel S verstellbar. Die Exzenter mit Kuppelstange K und Pendel O sind durch das Gewicht P ausgewuchtet. Der synchrone Lauf beider Wellen W_1 und W_2 wird durch die senkrechte Welle W_3 mit Kegelrädern bewirkt.

Vergleicht man die kreisförmige Bewegung des Punktes M mit der Bewegung der Wasserteilchen in der Wasserwelle, so wird die Senkrechte auf der Wasseroberfläche durch die Stange S dargestellt. Diese soll mit der Raumsenkrechten einstellbar den Winkel 0 bis $+10^\circ$ bilden können. An den Exzenter E_2 ist der Exzenter E_3 von K an gerechnet in entgegengesetzter Richtung angebracht. Die Stange S endet oben in einer Schlitzführung, deren Bolzen C im Exzenter E_3 verschiebbar und festziehbar ist.

E_3 ist mit dem Bolzen, der mit K ein Gelenk bildet und in E_2 verschiebbar und festziehbar ist, starr verbunden. Die Plattform P erhält einen Ausschnitt, der so bemessen ist, daß die Stange S den Winkel $\pm 10^\circ$ zurücklegen kann. An S befindet sich noch ein Zeiger, durch welchen der Winkel der Wellen *schräge* abgelesen werden kann. Für einen gegebenen Exzenterradius E_1 und E_2 und eine bestimmte Drehzahl gibt die Richtung der Stange S nur dann die Richtung der Wellenschräge an, wenn der Exzenterradius E_3 einen ganz bestimmten Wert hat.

3. Der Antrieb

Der Antrieb erfolgt durch Treibriemen. Ein Gleichstrommotor überträgt sein Moment auf einen Flender-Variator V . Als Riemenscheibe auf der Antriebswelle W_1 dient ein Schwungrad.

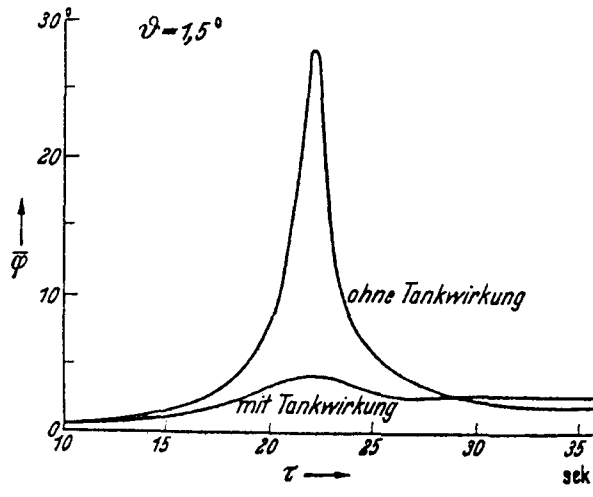


Abb.34 aus [74]
Reduktion der Rollamplitude durch Schlingertanks nach Messungen mit dem Orbitalrad

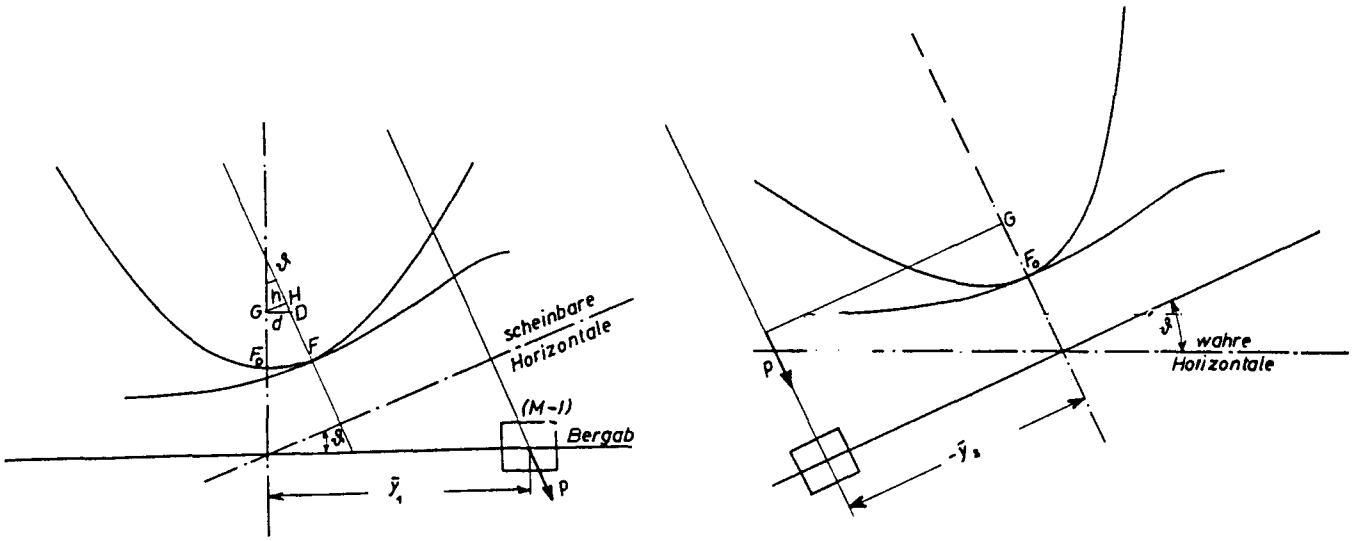


Abb.35 aus [78] Horizontalisiertes Schiff auf Welle

Stabilisiertes Schiff auf Welle

Bewegungssystem genannt Hochachse des Systems zugehöriges Meßgerät Winkel zwischen Schiffsmast und Systemhochachse Kopplungsmoment zugehöriges Meßgerät Elementar-Schwimmkörper Kennzeichnung	S I Trägheitssystem Erdradius Kreiselpendel φ_1 $M_1 = f(\varphi_1)$ φ_1 -Messer homogener Zylinder $\frac{P \cdot MG}{J'} = 0$	S II Stabilitätssystem Ersatzwellen-Normale Scheinlot φ_2 $M_2 = f(\varphi_2)$ Scheinlot Floß $\frac{P \cdot MG}{J'} = \infty$
	Schema 1	 2

Abb.36 aus [78]
Unterscheidung zwischen Horizontalisierung und Stabilisierung

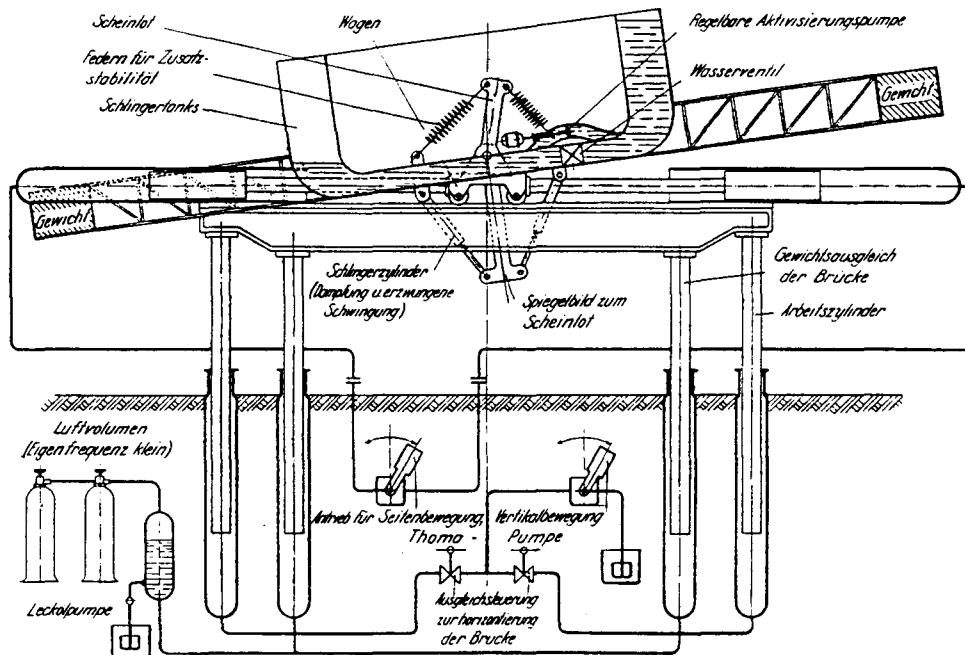
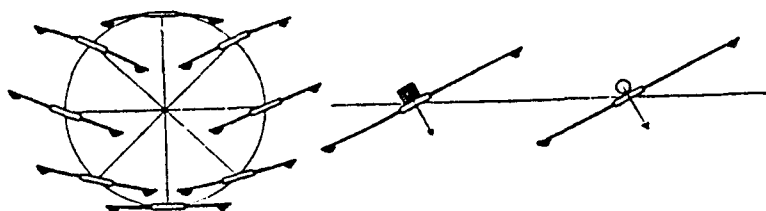
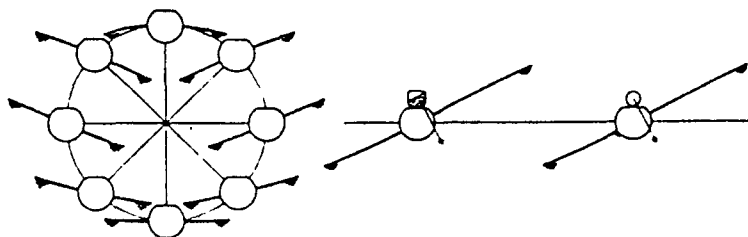


Abb.37 aus [36]
Orbitalwagen



Links: Der Schwerpunkt eines Floßes beschreibt eine Orbitalkurve. Rechts: Floß auf der Wellenschräge mit Wassergefäß und Ball. Floß-Elementarschwimmkörper E 2.

Abb.38 aus [36]
Floß in einer Welle



Links: Der Schwerpunkt eines Zylinders beschreibt eine Orbitalkurve. Rechts: Zylinder auf der Wellenschräge mit Wassergefäß und Ball. Zylinder-Elementarschwimmkörper E 1.

Abb.39 aus [36]
Zylinder in einer Welle

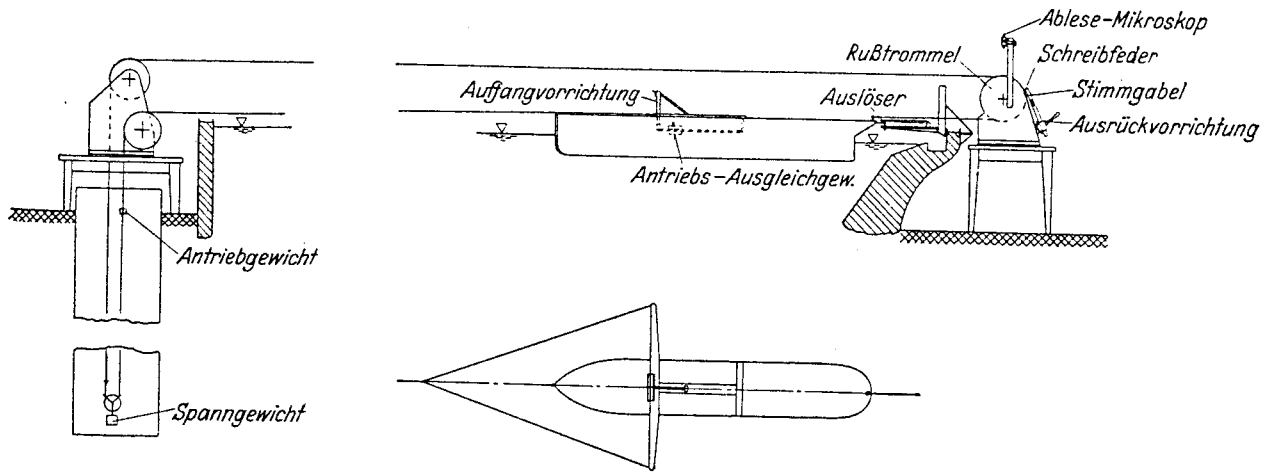


Fig. 1. Versuchsanordnung für Anfahrversuche.

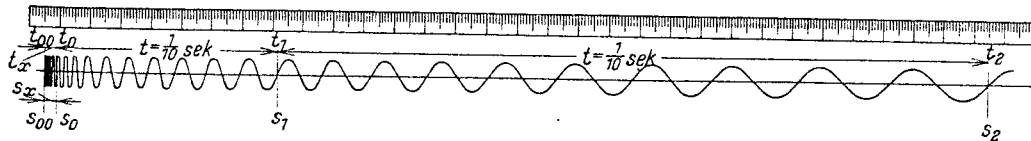


Fig. 2. Rußkurve für Anfahrversuche.

Abb.40 aus [85]

Versuchsanordnung zur Bestimmung der scheinbaren Masse von Schiffsmodellen

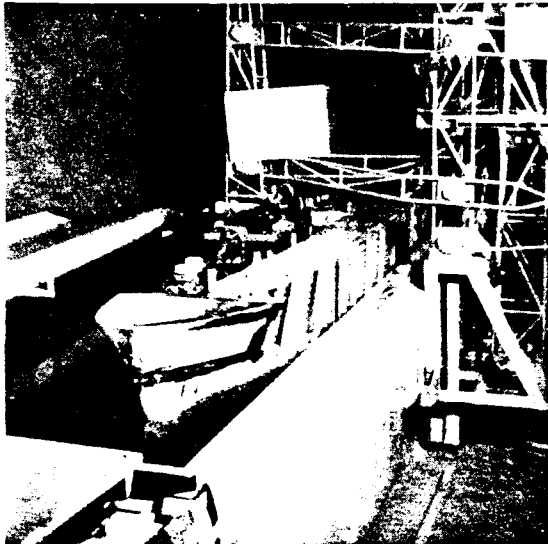


Abb. 47. $\varphi = 0^\circ$

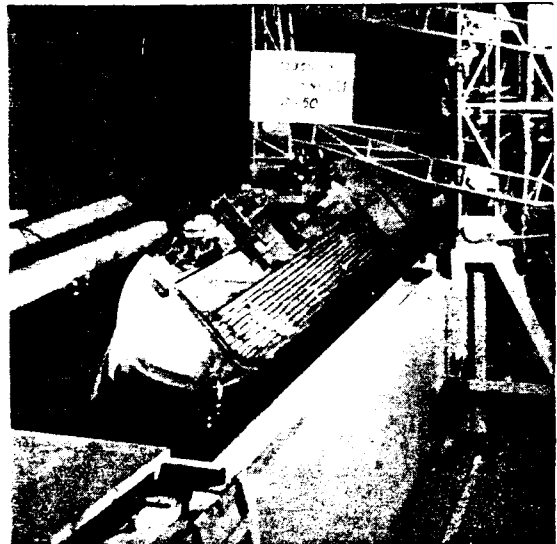


Abb. 48. $\varphi = 50^\circ$

Modell 14 (2214) am Momentenindikator

$V = 740 \text{ m}^3$; $T = 3,246 \text{ m}$; $\psi_0 = 0^\circ$; Deckslasthöhe = 2,8 m

Abb.41 aus [86]

Krängungsversuche mit Holzdecksladung

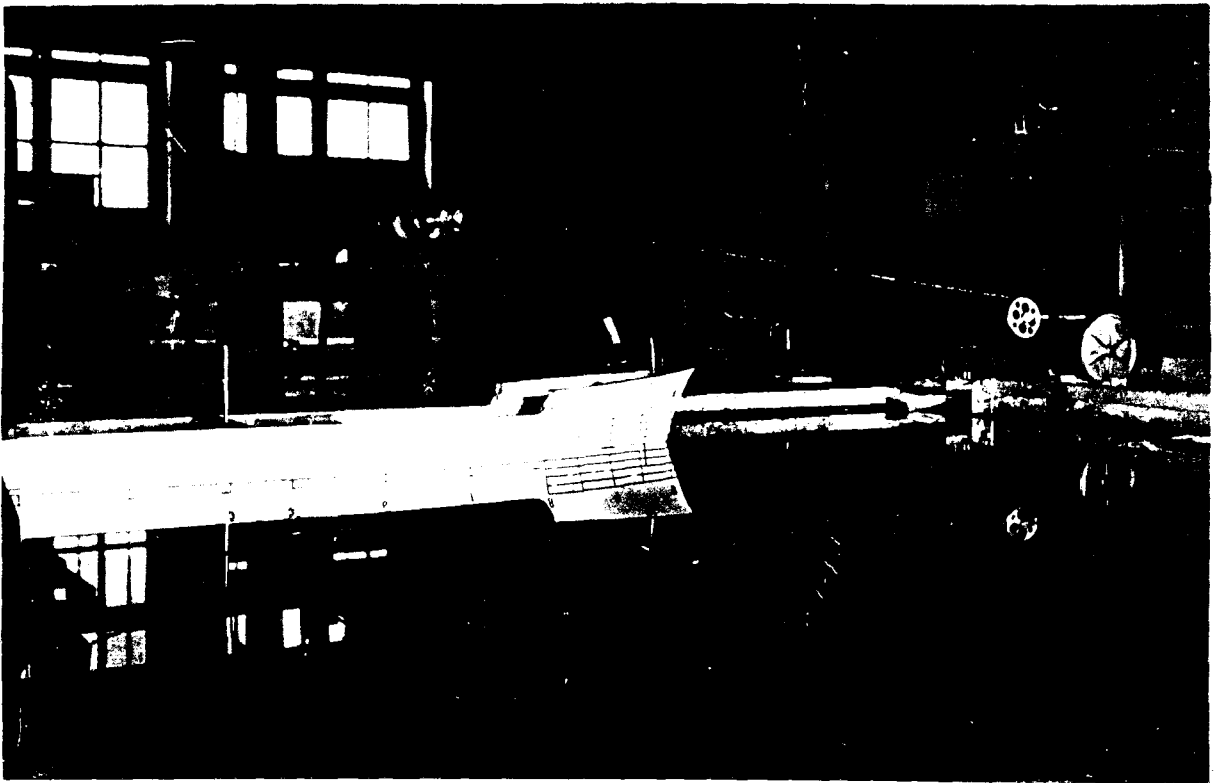
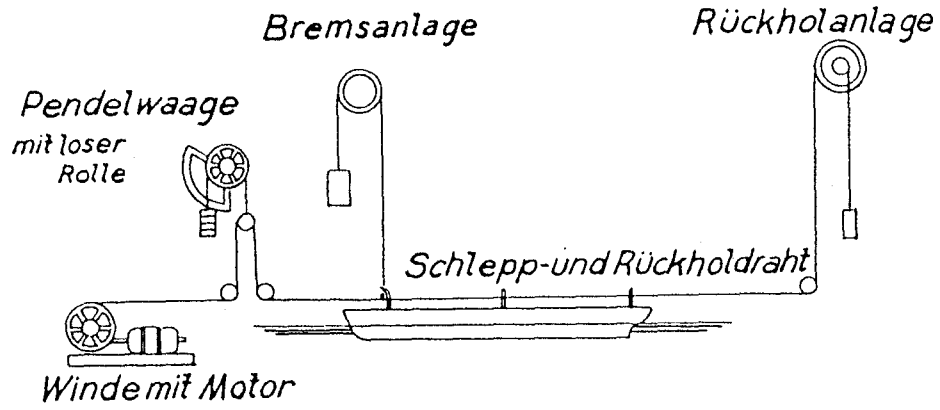


Abb.42
Seilzugschleppvorrichtung mit Winde

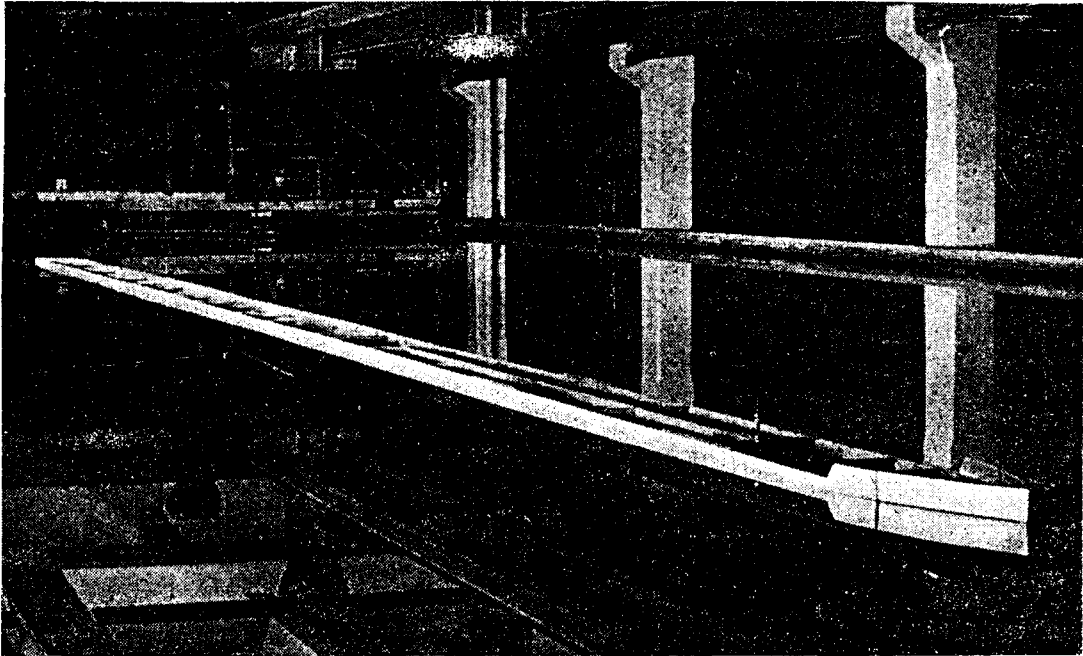
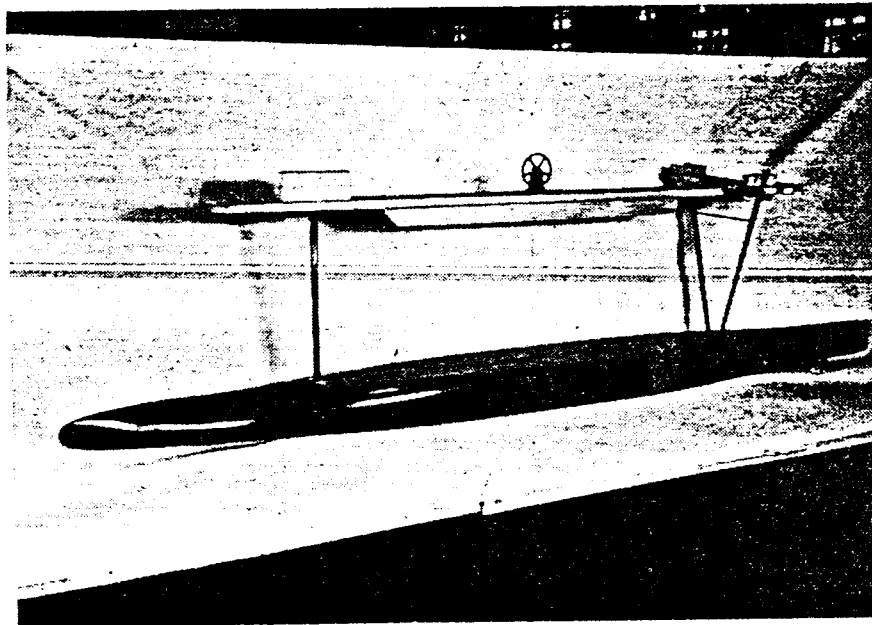


Abb.43 aus [93]
13,4m langes Pontonmodell

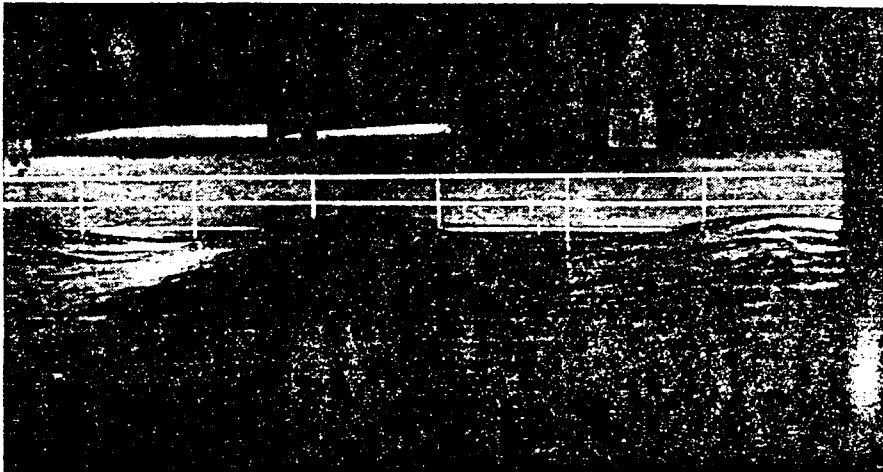
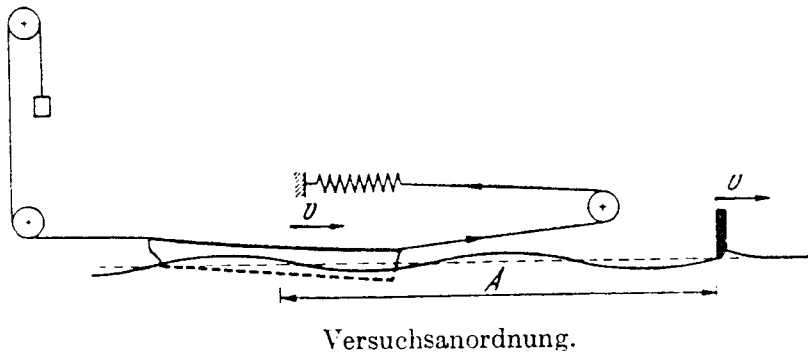


Doppelmodell der „Lucy Ashton“
am Pendelrahmen

Bug

Heck

Abb.44 aus [94]
Doppelmodell der LUCY ASHTON



Geschwindigkeit 1,19 m/sek.

Abb.45 aus [95]
Schiffsmodell in von achtern auflaufendem Seegang

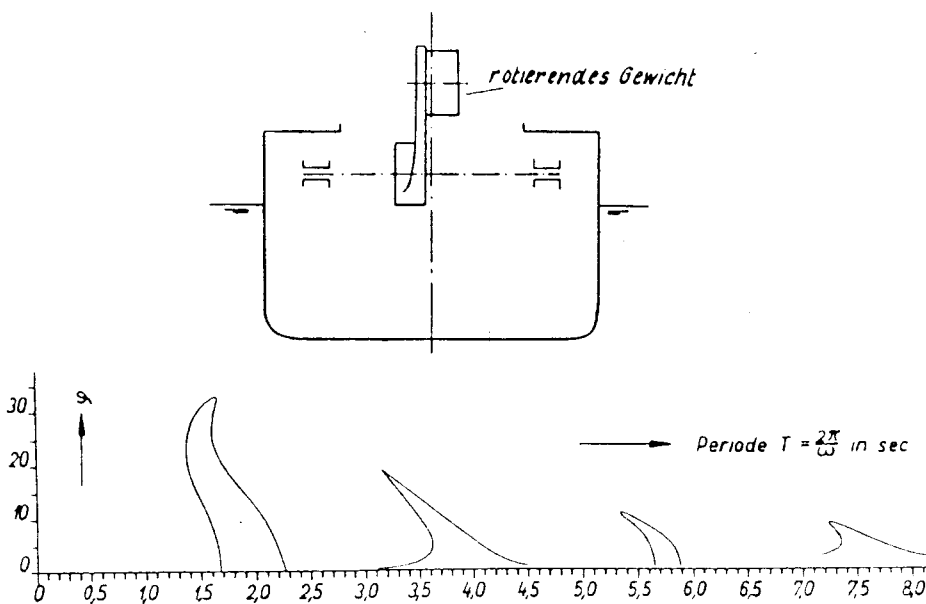


Abb.46 aus [100]
Versuchsanordnung zur Stabilitätsuntersuchung
eines Schiffes in achterlichem Seegang
und Resonanzkurven eines Schiffes in achterlichem Seegang

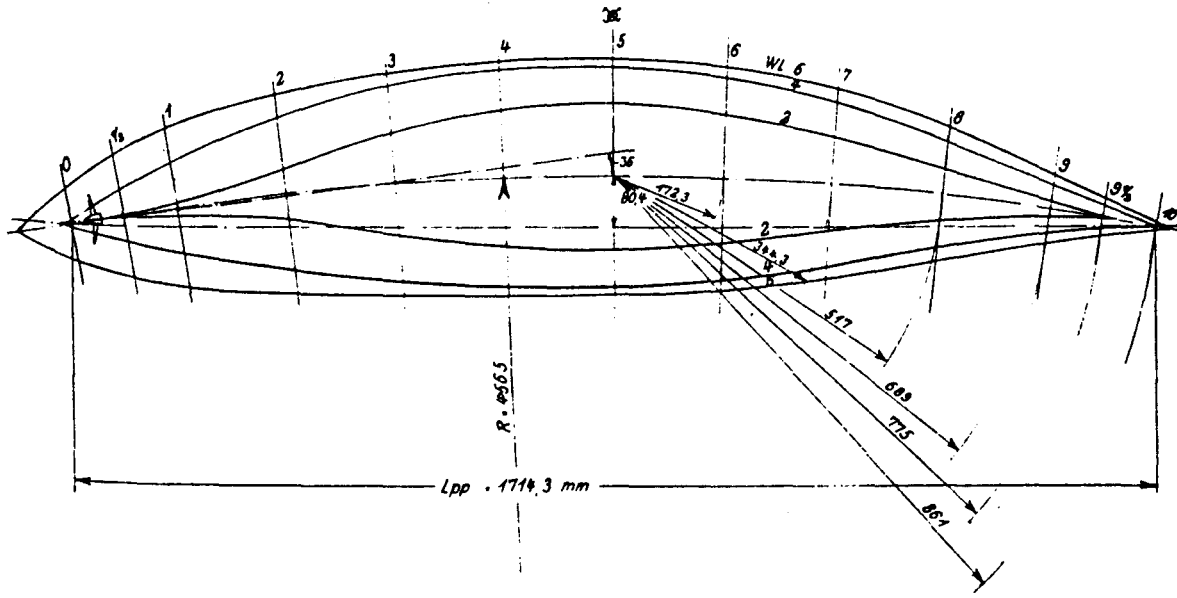


Abb.47 aus [101]
 Wasserlinien des für Manövrieruntersuchungen
 gekrümmt gebauten Modells einer Hafenbarkasse

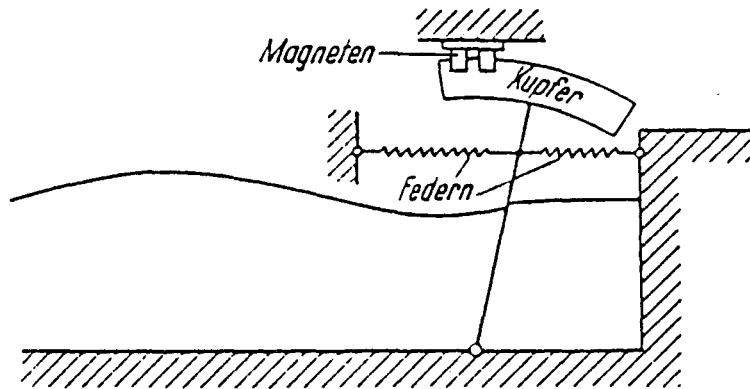
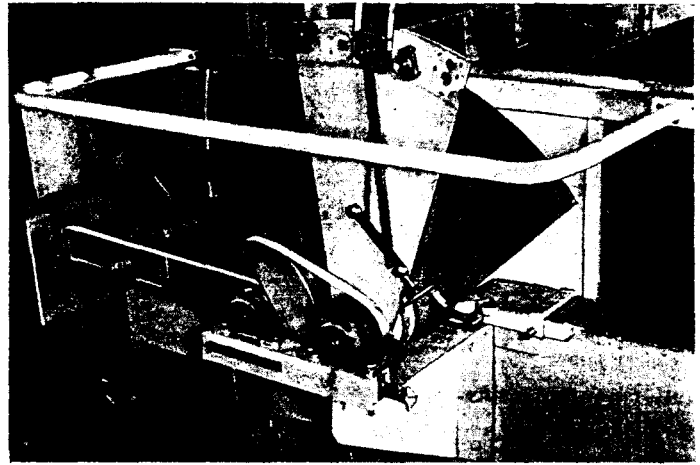
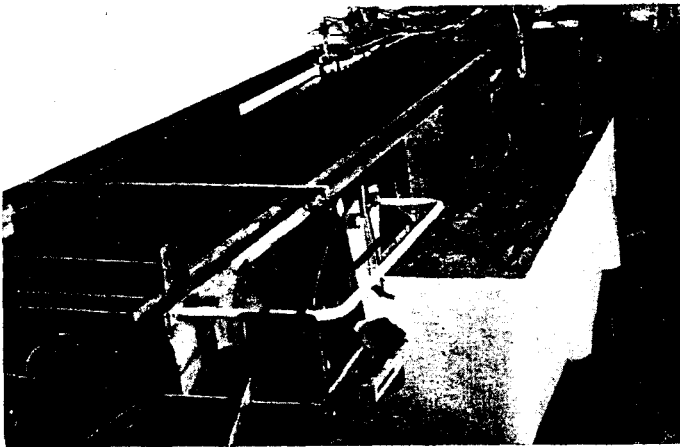


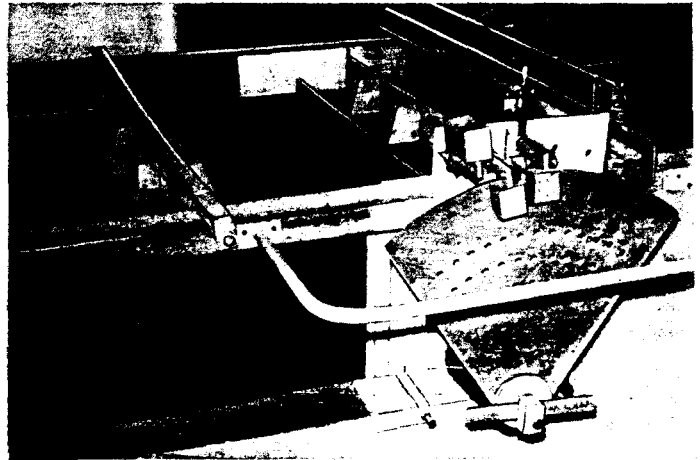
Abb.48 aus [107]
 Prinzip einer Anordnung zur Absorption von Wasserwellen



Wellenerzeuger, gleichzeitig Tilger

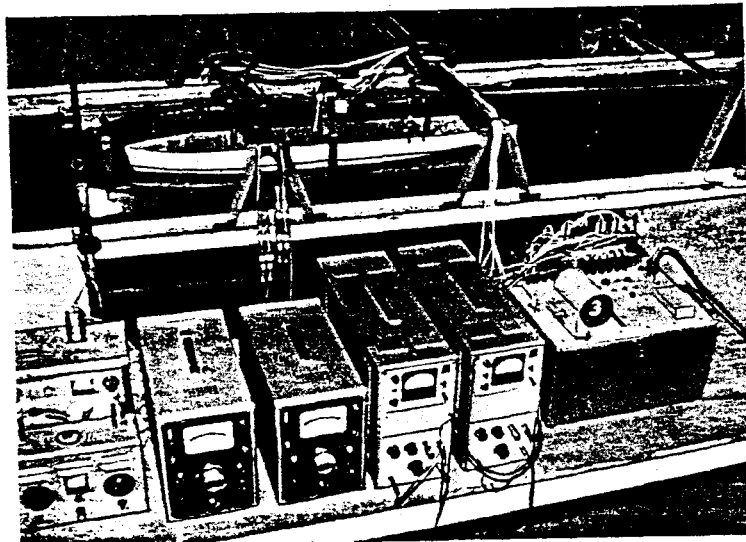


Versuchsrinne, im Vordergrund Wellenerzeuger



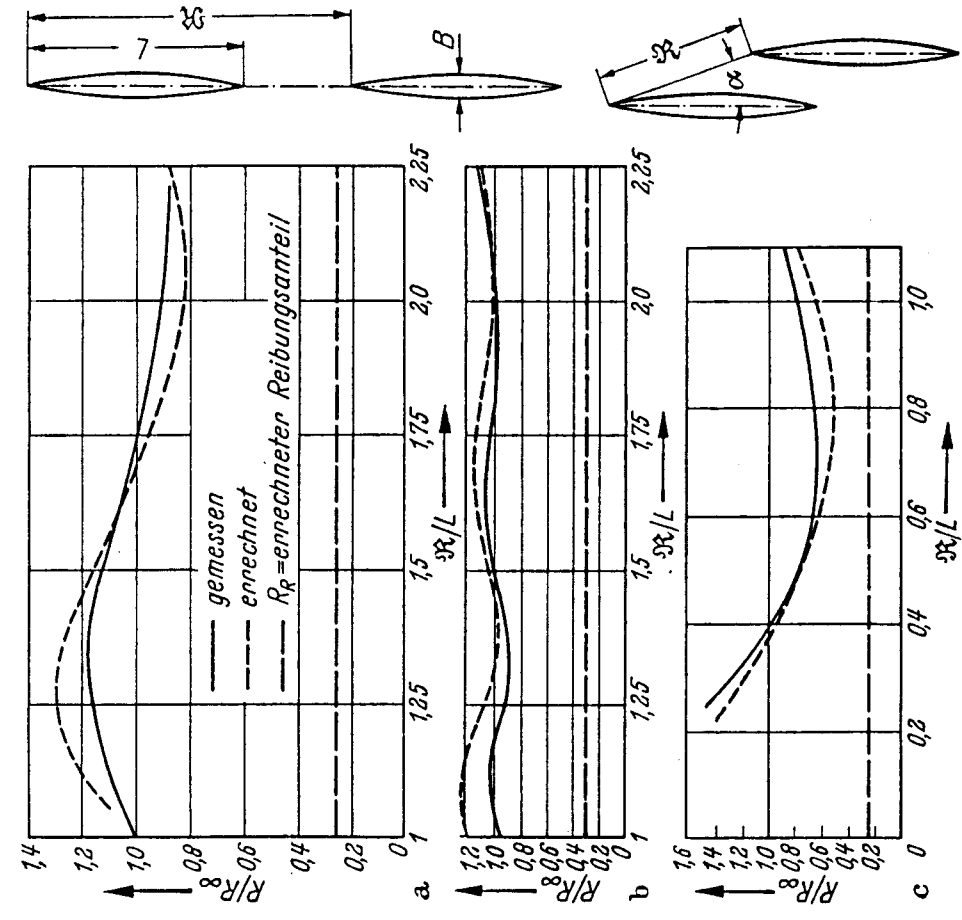
Wellentilger

Abb.49 aus [108]
Wellenerzeuger und Wellentilger im Trimmtank

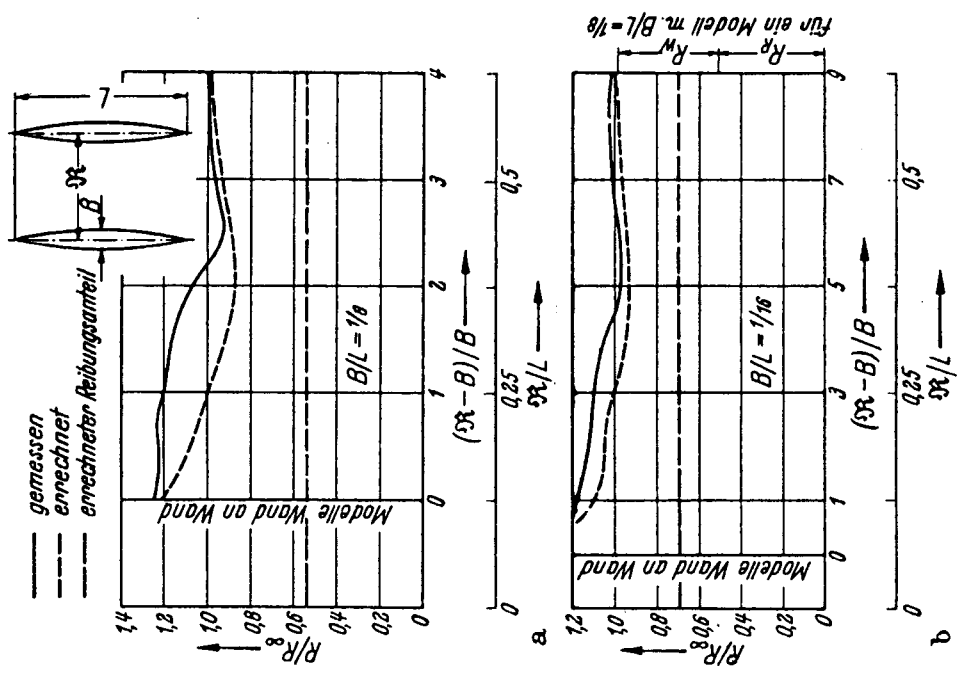


Versuchsanordnung

Abb.50 aus [108]
Messung der Druckverteilung an einem Schiffsmodell in regelmäßigen Seegang



Gesamtwiderstand zweier Modelle mit $B/L = 1/8$ (bezogen auf den Widerstand ohne Wechselwirkung R_∞).
 a) Tandemanordnung; $\gamma_0 = 2$; $F = 0,5$
 b) Tandemanordnung; $\gamma_0 = 5$; $F = 0,316$
 c) Staffelung im Kelvinischen Winkel $\alpha = 19^\circ 28'$; $\gamma_0 = 2$.



Gesamtwiderstand zweier Modelle mit $B/L = 1/8$ bzw. $1/16$ bei Fahrt nebeneinander. $\gamma_0 = 5$; $F = 0,316$ (bezogen auf den Widerstand ohne Wechselwirkung R_∞).

Abb.51 aus [109]
 Gesamtwiderstand zweier Modelle bei verschiedenen Anordnungen

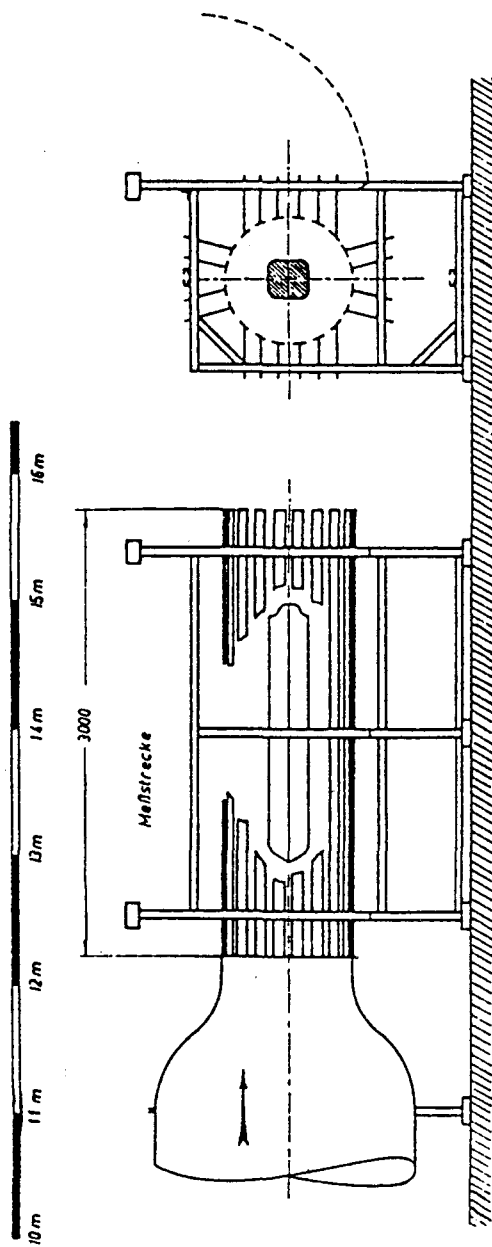
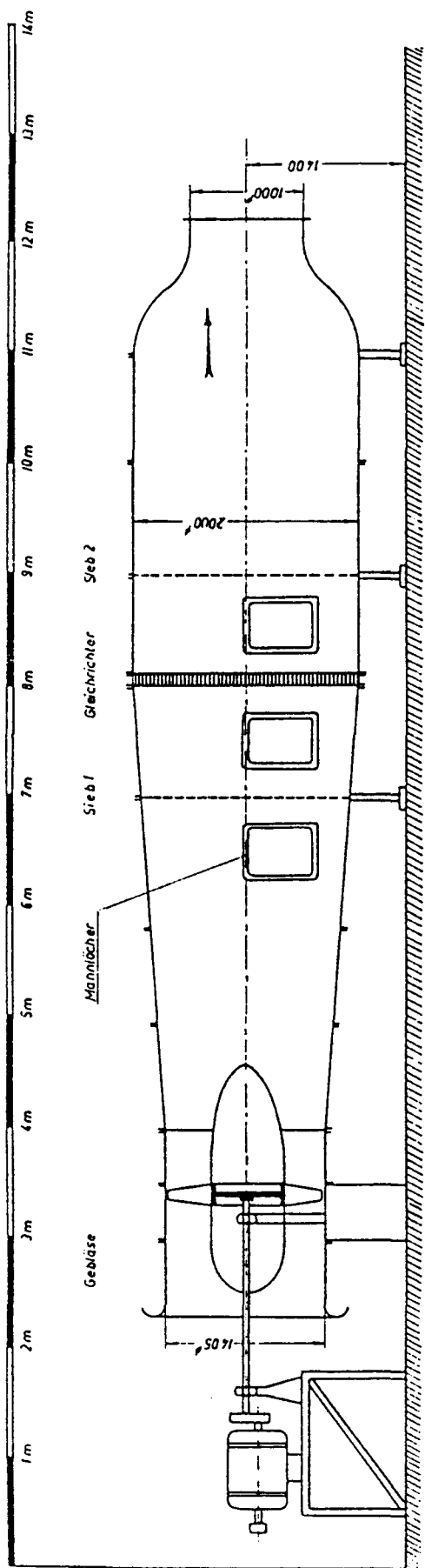


Abb.52 aus [110]
 Der Windkanal des Instituts für Schiffbau

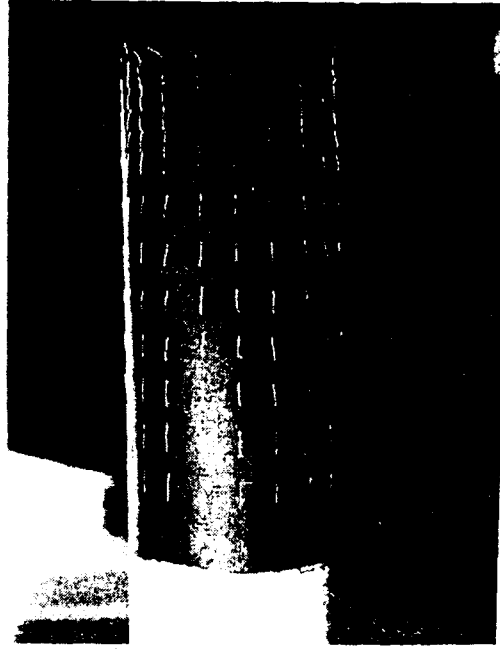
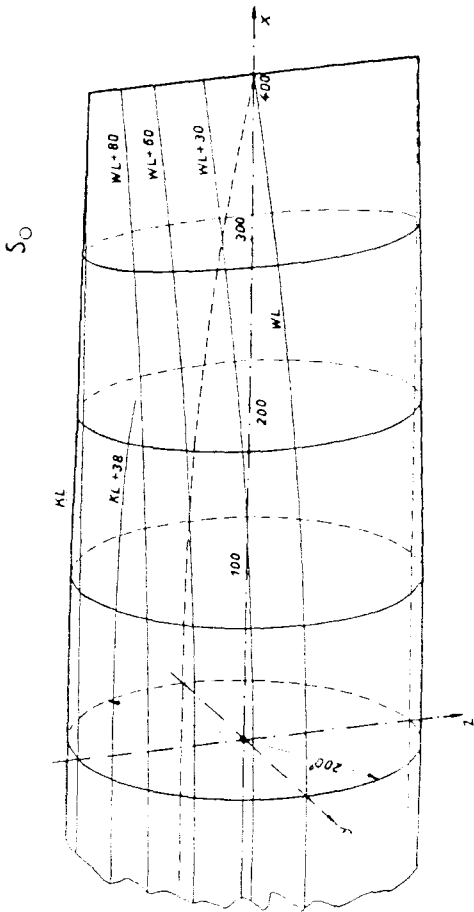


Abb.53 aus [112]
Doppelmodell und Strömungsrichtungen des runden Schiffes

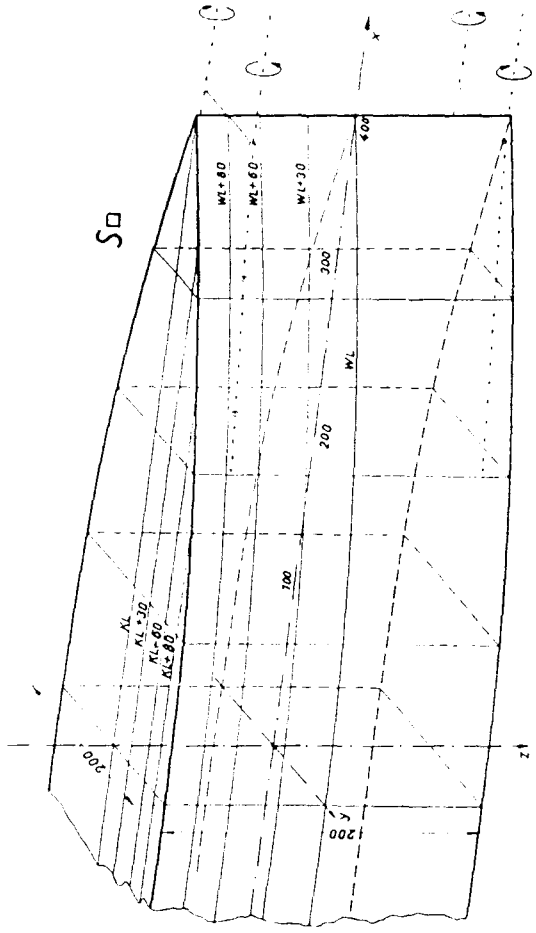
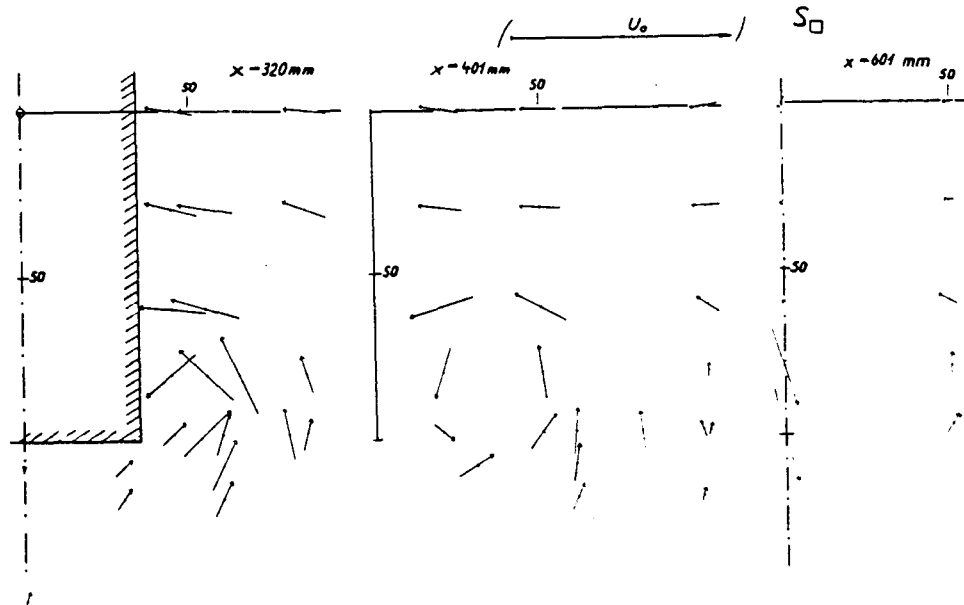
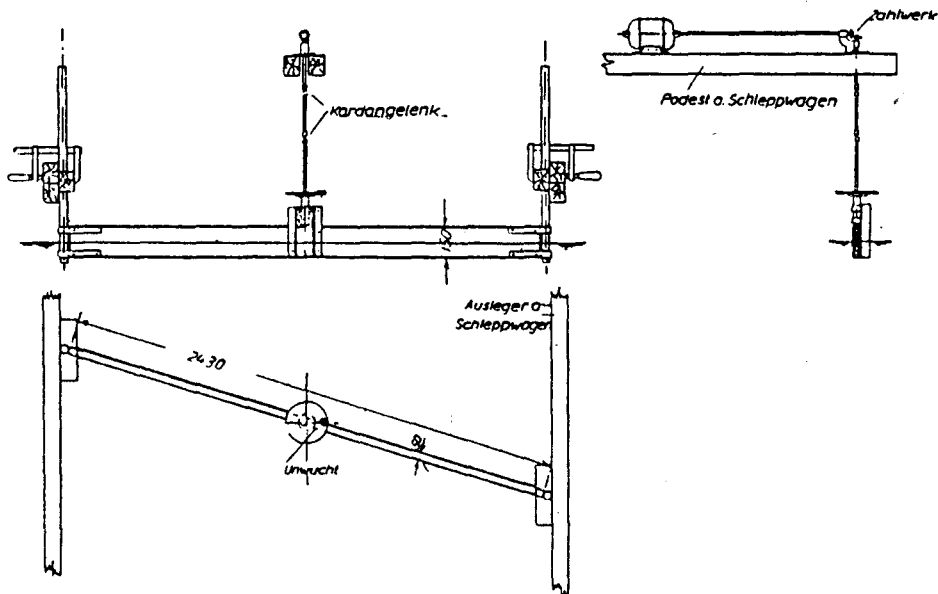


Abb.54 aus [112]
Doppelmodell und Strömungsrichtungen des kantigen Schiffes



S_0 : Sekundärströmung in drei Spantebenen bei $x = 320$, 401 und 601 mm . (Die Länge des Pfeils für die Anströmgeschwindigkeit U_0 gibt den Maßstab für die Quergeschwindigkeiten.)

Abb.55 aus [112]
Sekundärströmung hinter dem kantigen Schiff



Versuchsanordnung bei in Richtung der Wasseroberfläche schwingendem Balken

Abb.56 aus [119]
Biegeschwingungen teilweise eingetauchter Balken

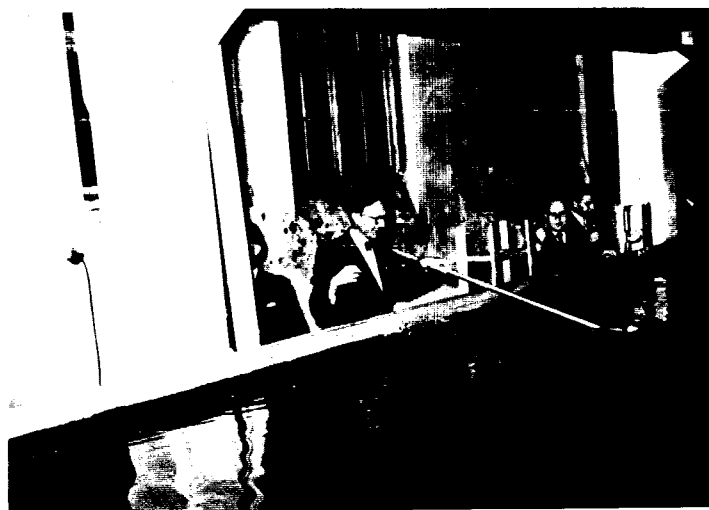
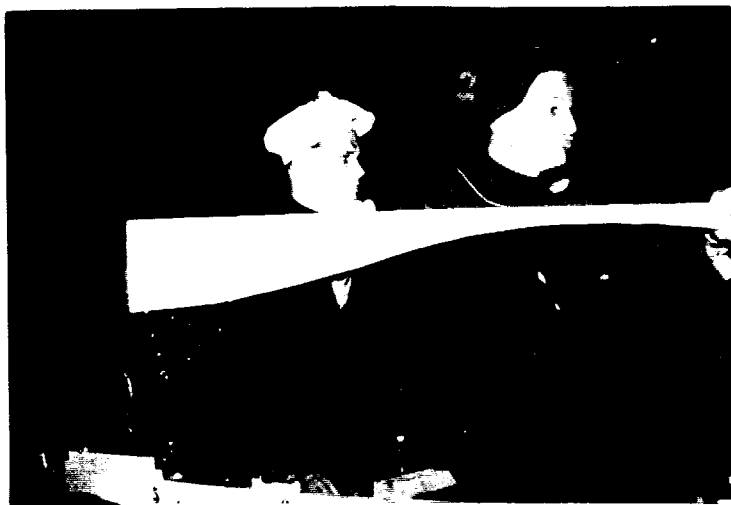


Abb.56a
Ordensfest der *Heylige Frawe Latte* im Schiffbaulaboratorium

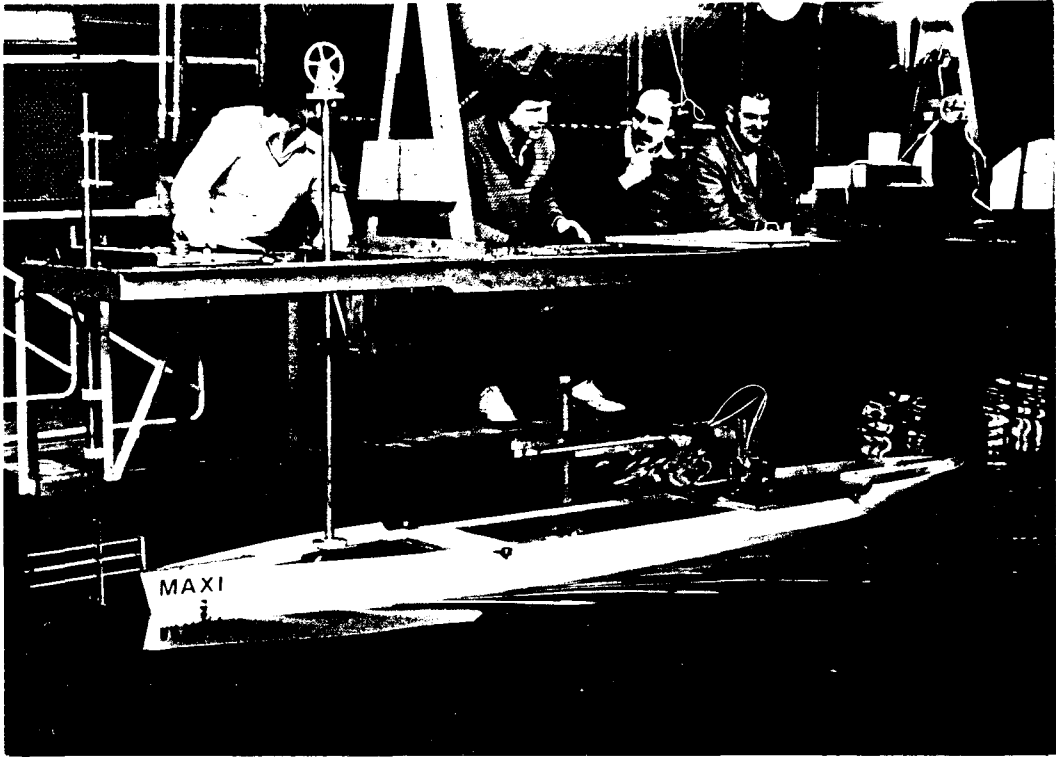


Abb.57
Schleppwagen mit Ausleger während eines Widerstandsversuchs

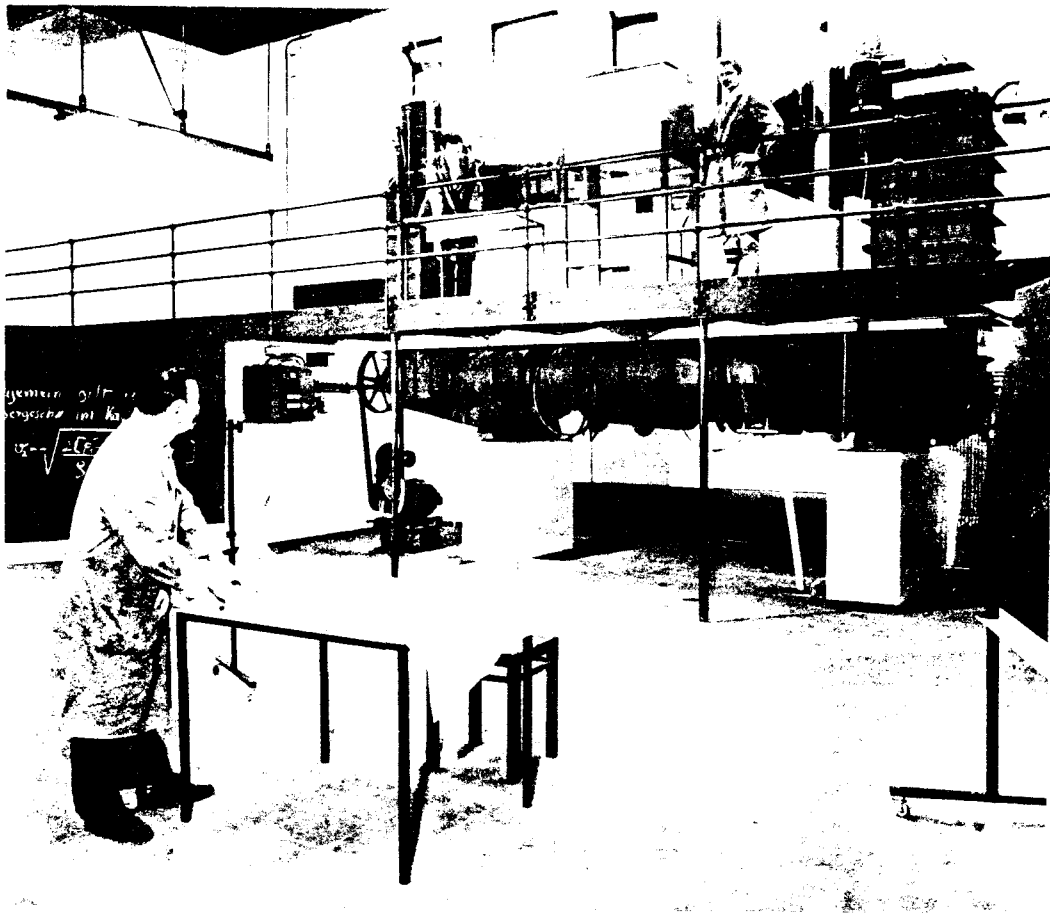
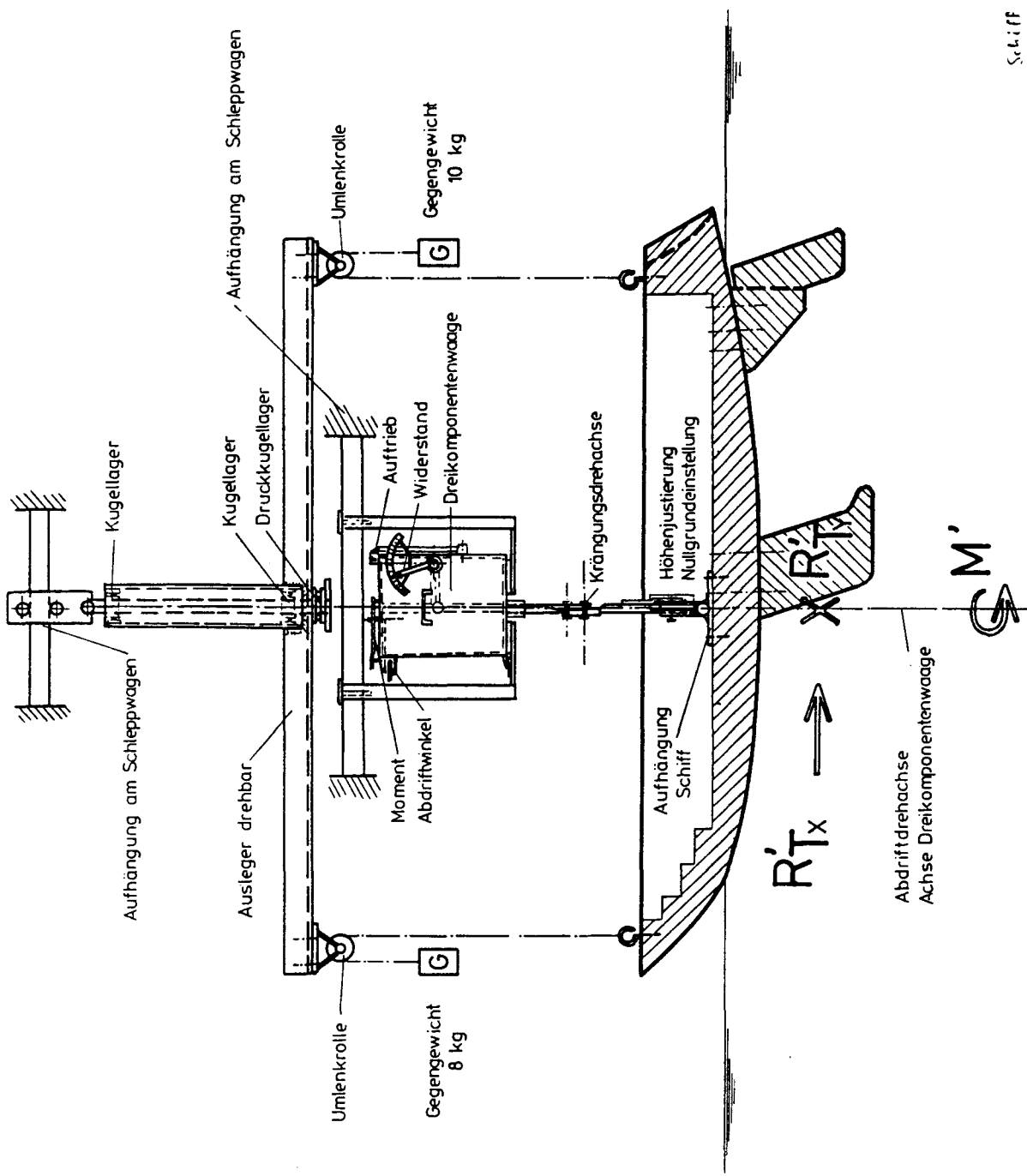


Abb.58
Der 1957 beschaffte Kavitationstunnel des Schiffbaulaboratoriums



Schiff "ALPTRAUM"
3.12.74 06.05.75

Abb.59
Aufbau für einen Schleppversuch mit einem Yachtmodell

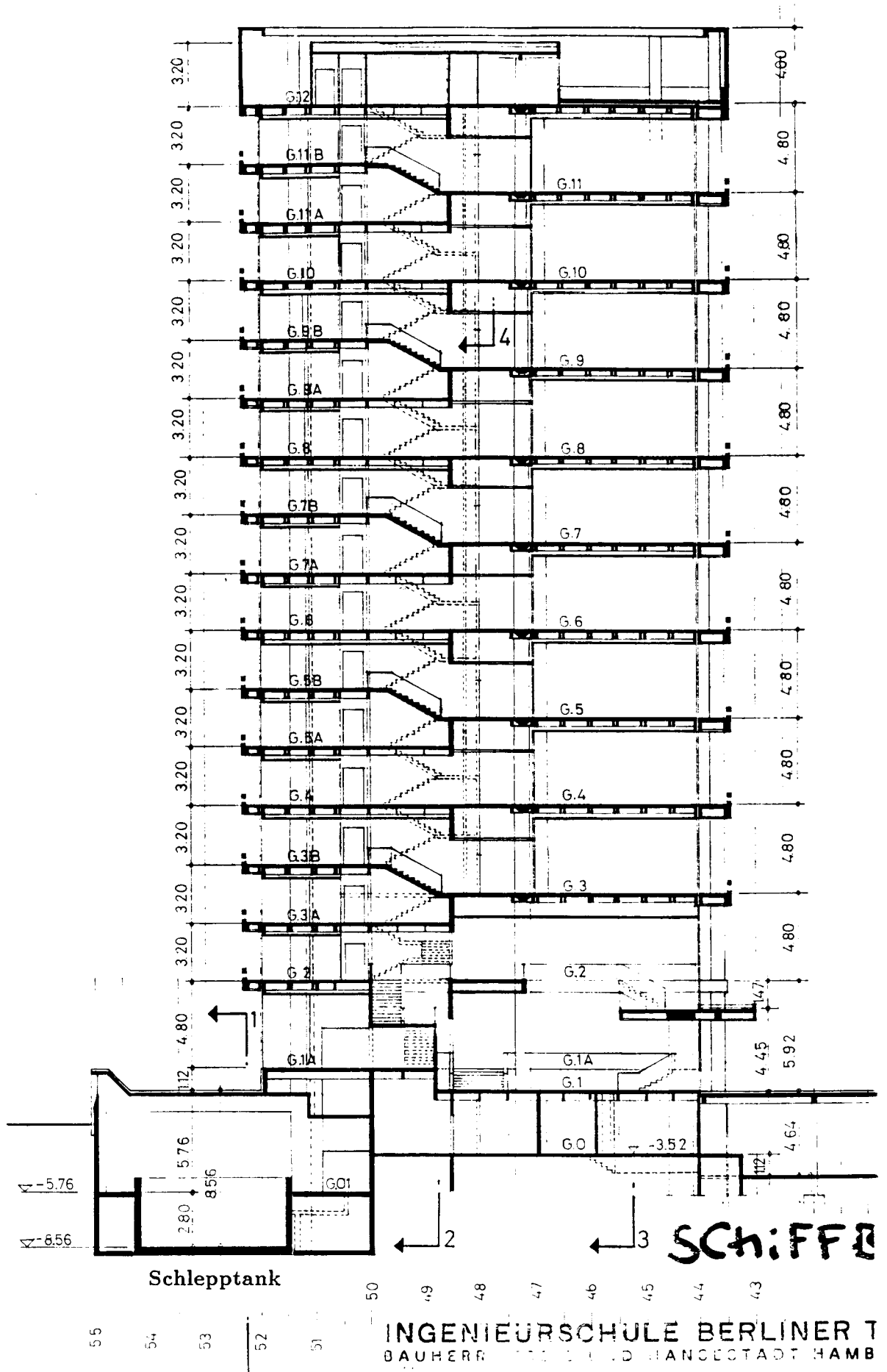
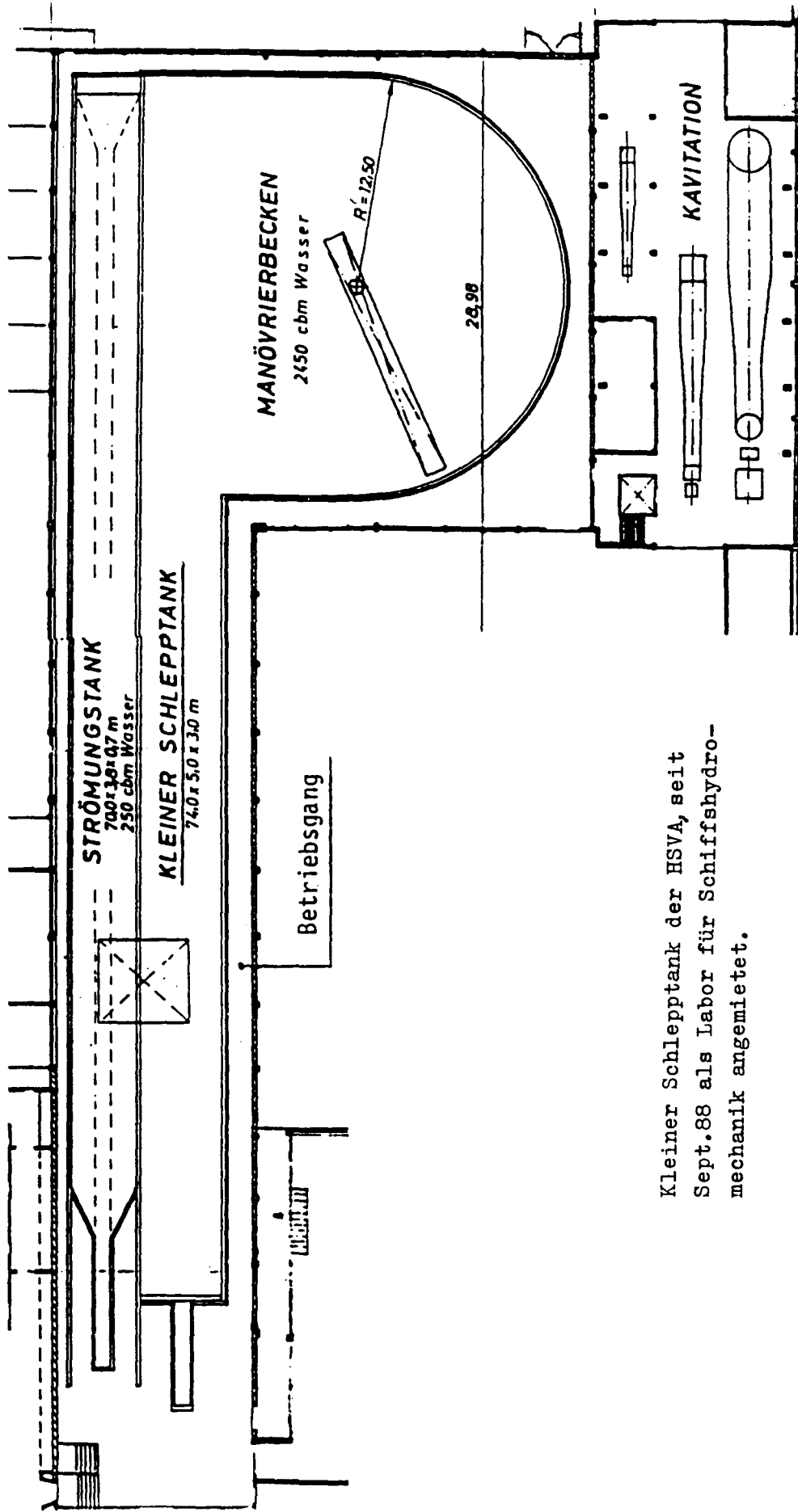


Abb.60
Geplanter, aber nicht ausgeführter Neubau eines Schlepptanks, Berliner Tor 3.



Kleiner Schlepptank der HSVA, seit Sept. 88 als Labor für Schiffshydro-
mechanik angemietet.

Abb. 61
Der kleine Schlepptank der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt

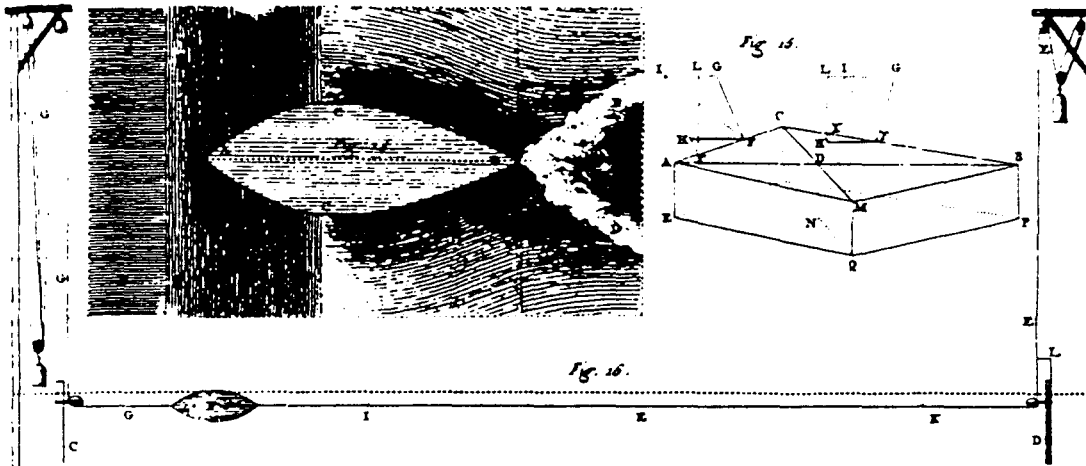


Abb.62 aus [131]
Testapparatur von F.af Chapman

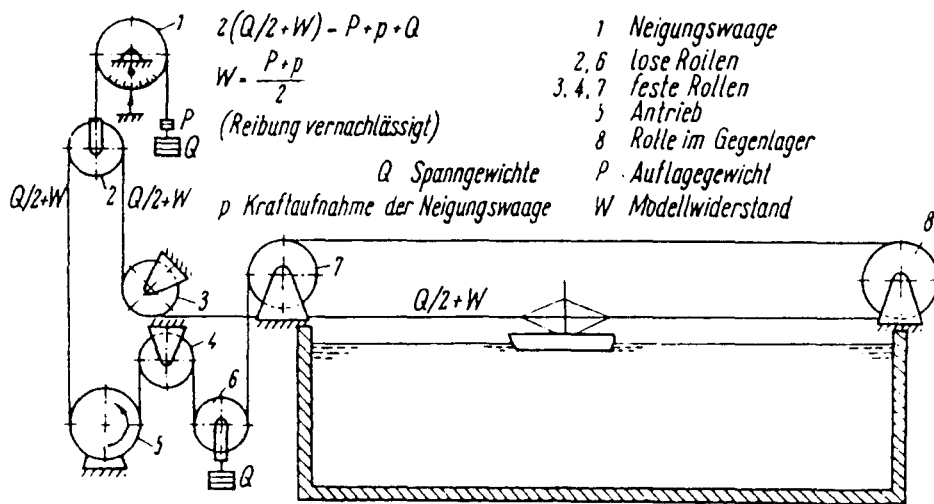


Abb.63 aus [135]
Drahtschleppanlage der Universität Rostock

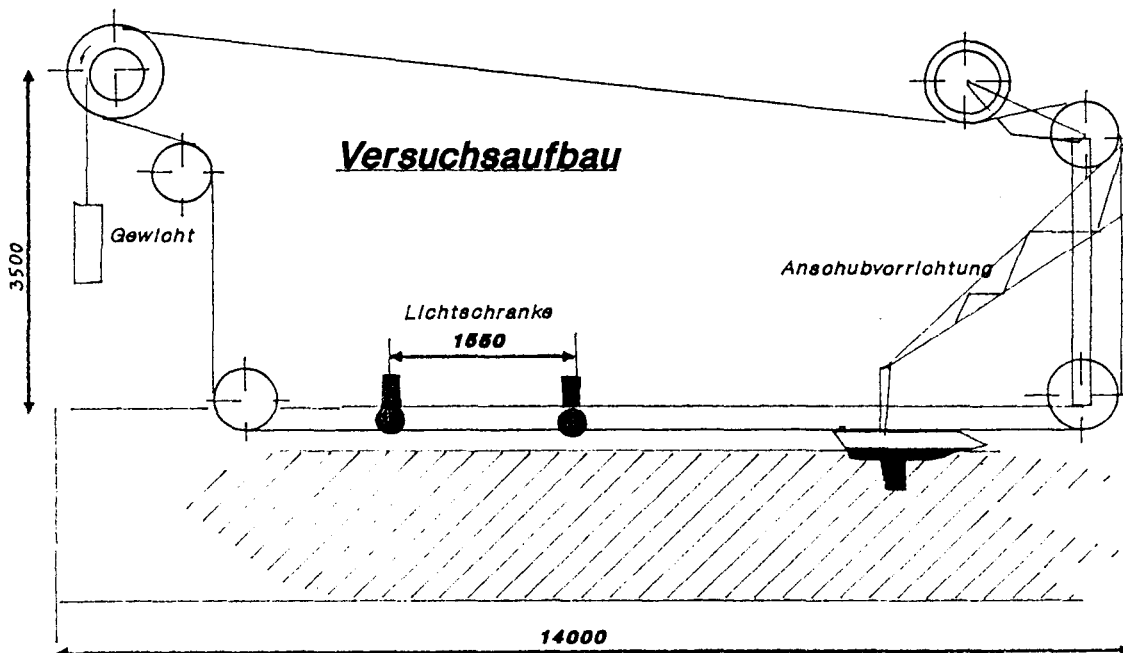


Abb.64
Seilzugschleppanlage der Hochschule Bremen