

11 | 1955

SCHRIFTENREIHE SCHIFFBAU

H. Thieme

Über Hilfsmittel zur Untersuchung der Stabilitätseigenschaften von Seeschiffen

TUHH

Technische Universität Hamburg-Harburg

Über Hilfsmittel zur Untersuchung der
Stabilitätseigenschaften von Seeschiffen

VON
von H. Thieme

Vorbericht des Instituts für Schiffbau
der Universität Hamburg

Ueber Hilfsmittel zur Untersuchung der Stabilitätseigenschaften
von Seeschiffen.

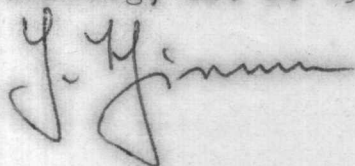
von H. Thieme

Vorbericht des Instituts für Schiffbau
der Universität Hamburg.

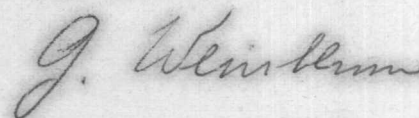
Durch die großzügige Unterstützung des Bundesministeriums für Verkehr Abteilung Seeverkehr hat das Institut für Schiffbau in diesem Rechnungsjahr die sachlichen Voraussetzungen gewährt erhalten, um das für die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Seeschifffahrt in gleicher Weise bezeichnende Problem der Stabilität der Seeschiffe in praktisch bedeutsamer Weise angreifen zu können. Es wird gezeigt, zu welchen Beschaffungen das dem gesamten Vorhaben zu Grunde liegende Programm geführt hat und welche Erfahrungen bei Erstellung der Einrichtungen und Geräte sowie bei deren Anwendung gemacht wurden. So ergeben sich einerseits bereits gewisse Nutzenwendungen aus diesen Untersuchungen; andererseits kann Art und Umfang der weiteren und eigentlichen Durchführung des Programms schärfer profiliert werden.

- I. Die speziellen Ziele des Programms im Rahmen des gesamten Stabilitätsproblems.
- II. Modellversuche.
- III. Bordmessungen.
- IV. Auswertung und Rechnung.
- V. Zusammenfassung der Folgerung.
- VI. Schrifttum.

Hamburg, 22. 2. 1955



gesehen:



I. Die speziellen Ziele des Programms im Rahmen des gesamten Stabilitätsproblems.

Der Anlass für die Stabilitätsuntersuchungen des Instituts für Schiffbau ist durch die auch auf diesem Gebiet leider immer noch bestehenden Erkenntnislücken gegeben. Solche Lücke bestehen zwar auch auf anderen Gebieten des Schiffbaus. Jedoch hat sich gezeigt, daß mangelhafte Fähigkeiten zur Beurteilung der Schiffsstabilität nicht nur die Wirtschaftlichkeit der Schifffahrt sondern auch die Sicherheit des Schiffes selbst bedrohen. Es erübrigt sich wohl, in diesem Zusammenhang nochmal auf die leider nicht geringe Anzahl der Stabilitätsunfälle und Totalverluste der deutschen wie der internationalen Schifffahrt in den letzten Jahren hinzuweisen.

Es ergibt sich so die Aufgabe, die durch den Schiffsentwurf bedingten Stabilitätseigenschaften eines Schiffes in vollem Umfange und mit ausreichender Genauigkeit bestimmen zu können. Weiter sind die Kenntnisse über die verschiedenartige Stabilitätsbeanspruchungen bei glattem Wasser und im Seegang so zu vertiefen, daß aus dem Vergleich dieser Beanspruchungen mit den Stabilitätseigenschaften des Schiffes Unterlagen und Richtlinien gewonnen werden können, deren Nutzen unmittelbar den Werften, Reedereien, Schiffsführungen und Sicherheitsgesellschaften zugute kommen kann. Die Koordinierungsstelle für alle derartigen Bemühungen in Deutschland ist der Fachausschuß für Schiffssicherheit der Schiffbautechnischen Gesellschaft. Durch diese Kontaktstelle ist in erhöhtem Maße dafür Sorge getragen, daß das Stabilitätsvorhaben des Instituts für Schiffbau keine überflüssigen Doppelarbeiten enthält und daß man seine Ergebnisse an die Fachinteressenten schnell und vollständig weiterleiten kann.

Das hier in Rede stehende Programm Untersuchungen zum Stabilitätsproblem ist charakterisiert durch die einzelnen durch das Bundesministerium für Verkehr gewährten Mittel-Bewilligungen. Dabei ist der Zweck der Bewilligungen in folgende 9 Posten aufgegliedert:

- | | | |
|-----|-----------------------|---------|
| (1) | Für Schiffsmo-delle | DM 2000 |
| (2) | Für Momentenindikator | DM 5500 |

(3)	Krängungs- und Trimmanzeiger für Modellversuche	DM 2500
(4)	Schiffsneigungsmesser Navictin AG 3	DM 4230
(5)	Stabilitäts - Sextant	DM 550
(6)	Für die Aufnahme- und Wiedergabegeräte der Foto- und Film-Messungen	DM 2100
(7)	Drei-Rollen-Integrator	DM 4300
(8)	Harmonischer Analysator	DM 2350
(9)	Technische Hilfskraft für 7 Monate	DM 2450

Durch diese Mittel wird eine bedeutende Verstärkung insbesondere der instrumentellen Voraussetzungen zur Durchführung eines derartigen Programmes beim Institut für Schiffbau erzielt. Auf die einzelnen Posten wird im Rahmen der in den Abschnitten II bis IV gegebenen Uebersichten näher eingegangen.

II. Modellversuche.

Stabilitäts-Modellversuche für das in glattem Wasser ruhende Schiff konkurrenzieren mit den für den gleichen Fall sonst allgemein üblichen Rechenverfahren auf Grund des Schiffstlinienrisses. Da die Brauchbarkeit und Treffsicherheit dieser verschiedenen Rechenverfahren nicht einheitlich beurteilt wird - um nicht zu sagen umstritten ist - , kommt dem Modellversuch auch die Bedeutung einer Kontrolle zu. Interessant ist ferner, daß der Aufwand für einen Modellversuch mit dem für eine genaue Stabilitätsrechnung durchaus vergleichbar ist. Unterstellt man, daß in sehr vielen Fällen für einen Schiffsneubau ein Widerstands-Modellversuch gemacht wird und man damit auf ein vorhandenes Modell zurückgreifen kann, so beschränkt sich der Aufwand für das Modell auf relativ geringe Ergänzungen hinsichtlich der Aufbauten. In dem Falle wird der Modellversuch ganz sicher billiger als die numerische Rechnung werden; besonders dann, wenn die Rechnung die gleiche

Genauigkeit wie der Versuch haben soll.

Für die Theorie und die Durchführung derartiger Stabilitätsversuche sind die Arbeiten von Kempf und v.d. Steinen (vgl. [1] des Schrifttumsverzeichnisses mit weiteren zahlreichen Schrifttumsangaben) grundlegend geworden. Eine allgemeine Anwendung im Schiffbauversuchswesen haben diese Versuche jedoch nicht gefunden. Brauchbare Einrichtungen standen bei Beginn dieses Programms nicht mehr zur Verfügung. Es wurde daher hierfür ein von der Fa. Kempf u. Remmers neu entwickelter Momentenindikator beschafft entspr. Punkt (2) des Bewilligungsprogrammes; vgl. [2] des Schrifttumsverzeichnisses. Dieses Gerät mißt das Krängungsmoment und den abhängig von der vorgegebenen Krängung sich frei einstellenden Trimm. Das zu Beginn des Jahres 1955 gelieferte Gerät ist zunächst mit einem beim Institut vorhandenen kleinen Modell benutzt worden. Hierbei konnte die Brauchbarkeit des Gerätes im Sinne dieses Programmes nachgewiesen werden. Zum einfacheren und schnelleren arbeiten insbesondere mit kleinen Modellen wird noch ein besonders leichter Modellanschluß (Modellkopf) beschafft, dessen Lieferung entspr. Punkt (1) für März 1955 vorgesehen ist. Zum gleichen Punkt (1) und Termin ist die Beschaffung eines größeren Modelles vorgesehen. Hier ist eine für das Stabilitätsproblem besonders aktuelle Form ausgewählt worden. Eine solche Form ist durch den Typ des großen Küstenmotorschiffes gegeben. Um Einzeleinflüsse bequem untersuchen zu können, wird das Modell in sechs Teilen gebaut, sodaß Variationen von Vorschiff, Hinterschiff, parallelem Mittelschiff und den Aufbauten untersucht werden können. Das Modell kann später durch weitere Teile leicht ergänzt werden, da ein 'Baukastenprinzip' von vornherein vorgesehen ist. Ebenso ist es für den Einbau eines Innenantriebes vorgesehen, um Stabilitätsuntersuchungen auch am frei fahrenden Schiffsmodell ausführen zu können.

Für Stabilitätsmessungen mit beliebiger Lage des Momentvektors, also gleichzeitig wirkendes Krängungsmoment und Trimmmoment, kann der Momentenindikator nach (2) natürlich nicht verwendet werden. Hierfür wird eine Einrichtung nach Punkt (3) beschafft. Es handelt sich dabei um einen dreifachen Lichtstrahlwerfer, der an

beliebiger Stelle des Modells angebracht wird und unter Verwendung eines Spiegels und einer Projektionswand die Koordinaten des Lichtwerfers im Raum und den Neigungswinkel anzuzeigen gestattet. Diese Einrichtung kann in doppelter Ausführung gleichzeitig für Krängung und Trimm angewendet werden. Spiegel und Projektionswand können raumfest oder fest am Schleppwagen angebracht werden. In dieser Art ist die Einrichtung auch für Messungen am geschleppten oder mit Eigenantrieb frei fahrendem Modell zu verwenden. Im Hinblick auf die letzte Anwendungsart und mit Rücksicht auf den einfacheren Aufbau ist von der komplizierten Anordnung einer für Fahrt geeigneten Stabilitätswaage abgesehen worden. Statt dessen wird auf das Modell ein 'Trimmkreuz' aufgesetzt, das aus einem vertikal verschieblichen Stangenkreuz besteht; auf den Stangen dieses Kreuzes laufen die Verschiebege-
wichte für Krängungsmoment und Trimmmoment. Es kann also eine beliebige Schwerpunktslage und damit Anfangsstabilität eingestellt werden und Neigungsmomente beliebiger Richtung können aufgebracht werden. Allerdings ist die Messung auf den stabilen Teil der Momentenkurve beschränkt, da bei Ueberschreiten des Maximalwertes das Modell kentern würde. Die Lieferungen des Punktes (3) sind für den März dieses Jahres angezeigt, doch daß mit dieser Methode bisher keine Erprobungen vorliegen.

Der Frage der Registrierung insbesondere bei instationär bewegtem Modell, also etwa im Seegang, ist besondere Beachtung gewidmet worden. Eine Foto- bzw. Filmregistrierung hat den Vorzug der Universalität und ist nicht mit den Problemen mechanischer oder elektrischer Uebertragungen belastet. Die Gewährung der Bewilligung zu Punkt (6) hat daher in recht erfreulicher Weise dem Institut die Vorbereitung derartiger Messungen gestattet. Wegen der Billigkeit der Verbrauchsmaterialien und der einfacheren und vor allem auch schnelleren Entwicklung und damit Auswertung wird, soweit die Frequenz der Vorgänge dies gestattet das System mit Robotaufnahmen verwendet. Durch das neue Robot-Zeitschaltwerk, das beliebige Bildfrequenzen bis zu 6 Aufnahmen pro Sekunde gestattet, und die neue 10 Meter-Kamera, die über 300 Aufnahmen auf einen Film ermöglicht, ist die Möglichkeit gegeben, Lichtpunktlagen, allgemeine Instrumentenanzeigen, Zeituhren, Zähl-

werke und Wellenbilder synchronisiert festzuhalten. Bei den Robotaufnahmen ist dabei noch immer - im Gegenteil zur Filmaufnahme - die Möglichkeit gegeben, aus den Meßaufnahmen saubere fotografische Vergrößerungen zur Berichtswiedergabe zu gewinnen. Bei höher frequenten Vorgängen, also z.B. das Verhalten kleiner Modelle im steilen Seegang, oder um allgemein eine Modellbewegung anschaulich zu machen, wird die Filmkamera verwendet, die aus einer früheren Zuwendung des BMV dem Institut zur Verfügung steht. Für die Filmaufnahmen wurde jedoch eine Ergänzung des Materials durch Stativ und Teleobjektiv notwendig.

III. Bordmessungen.

Die Stabilität des Schiffes ist nicht allein ein Problem für die Theorie und das Experiment im Labor. Auch für die Schiffsführung gelten ähnliche Aufgaben. Hier handelt es sich um die Kontrolle der Stabilität des Schiffes während und nach der Be- bzw. Entladung. Der Werftkrängungsversuch stellt den Ausgangspunkt für diese Arbeit der Schiffsführung dar. Die alte und noch weit verbreitete Methode, die Schiffsneigung durch lange Pendel im Laderaum zu bestimmen, hat schon frühzeitig zur Kritik geführt. Bereits vor dem Kriege ist z.B. von Hebecker und Möckel der Sextant zur Neigungsmessung beim Krängungsversuch und beim Rollversuch herangezogen worden [3]. Nach dem letzten Kriege ist dann durch das Naviclin ein konkurrierendes Gerät entstanden [4], das zugleich aber die Bedeutung eines zuverlässigen Neigungsmesser überhaupt wieder stark unterstrichen hat. So hat sich mit steigender Anwendung des Naviclin auch die Anwendung des Stabilitätssextanten vermehrt. Durch die Punkte (4) und (5) war die Beschaffung dieser beiden Geräte für vergleichende Untersuchungen und Beteiligung an Werft- und Reedereimessungen dem Institut für Schiffbau ermöglicht worden, Hinsichtlich der Technik und der besonderen Eigenschaften dieser Geräte kann auf die angegebenen Veröffentlichungen verwiesen werden. [3] und [4]. Aus den bisherigen Erfahrungen des Instituts mit diesen beiden Geräten können folgende Vergleiche gezogen werden v

Das Naviclin ist im Gegensatz zum Sextanten nicht durch die Voraussetzung freier Fernsicht in seiner Anwendung beschränkt.

Bei beiden Geräten ist eine steife Aufstellung wichtig. Vibrationen sind nur beim Sextanten störend, da das Naviclin hierfür ausreichend gedämpft ist. Die Ablesgenauigkeit und der Meßbereich sind von 'Natur' aus zwar beim Sextanten größer. Sie sind jedoch beim Naviclin für Krängungsversuche durchaus ausreichend.

Bei beiden Geräten ist die Winkelmessung im Prinzip subjektiv beeinflussbar, was allerdings beim Sextanten wegen der höheren Genauigkeit der Einstellung und Ablesung etwas unwesentlicher ist. Bei beiden Geräten ist der Winkel nicht unmittelbar angezeigt sondern erst nach Handverstellung ablesbar.

Mit dieser Handverstellung ist beim Naviclin eine sehr solide Schreibvorrichtung verbunden. Der Wachspapirschrieb ist mit einiger Sorgfalt unmittelbar auswertbar (in mit größerer Bequemlichkeit erzielbarer Genauigkeit durch Epiprojektion) und gestattet damit ein sicheres Verfolgen des Einschwingvorganges beim Krängungsversuch. Daraus ergibt sich erstens die Möglichkeit, die Rollzeit zu erfassen, zweitens der Vorteil einer kleineren Versuchszeit gegenüber dem Sextanten, bei dem wegen der fehlenden Schreibvorrichtung der Einschwingvorgang bis zur Ableseung abgewartet werden muß. Die Ausführung eines Schriebes mit dem Naviclin erfordert während der Meßzeit eine vollständige Konzentration des Beobachters. Will man eine Art Schrieb mit dem Sextant erzielen, so braucht man drei Beobachter mit ebenfalls konzentrierter Aufmerksamkeit; einer zum Verfolgen und Nachstellen der Richtmarke, einer zum Ablesen und einer zum Aufschreiben. Es soll hierbei erwähnt werden, daß inzwischen von Thode eine Schreibvorrichtung zum Sextanten entwickelt worden ist, die ebenfalls durch Handverstellung ausgeklippt werden muß, also prinzipiell keinen Fortschritt gegenüber der Schreibeinrichtung des Naviclin darstellt.

Aus dem Prinzip der Neigungsmessung ergibt sich, daß der Sextant von Beschleunigungen unbeeinflusste Messungen ergibt und so auch für Neigungsmessungen bei beschleunigten Fahrtzuständen verwen-

det werden kann.

Beide Geräte sind nützlich und gegenüber dem Pendel vorteilhaft für gute Krängungsversuche. Das Naviclin erkaufte den Vorteil der Wetterunabhängigkeit, der Schreibvorrichtung und der unabhängigeren und handigeren Aufstellung an irgendeiner Stelle des Schiffes mit dem Nachteil des höheren Preises (4230 gegenüber 745 DM beim Stabilitätssextant). Bei beiden Geräten scheint jedoch kein befriedigender Entwicklungsabschluß vorzuliegen. Wünschenswert erscheint ein Gerät in der Art des Naviclin jedoch mit automatischer Anzeige und Schreibeinrichtung, die keine fortlaufende Bedienung nötig hat. Eine verstellbare Dämpfung wäre ebenso wie ein veränderlicher Meßbereich ein noch weiter gehender, höherer Anspruch an ein solches Gerät. Die so skizzierten Wünsche erscheinen bei geringerem Preis dann realisierbar, wenn man ^{z.B.} das Prinzip der kommunizierenden Röhren so anwendet, daß man die Flüssigkeitssäulenablesung auf eine Differenzdruckmessung zurückführt. Durch ein Drosselventil kann dann die Dämpfung geregelt werden. Verschiedene Meßbereiche sind durch entsprechende Auswahl von Luft-Feindruckmessern und Feindruckschreibern zu erreichen (Barographen).

IV. Auswertung und Rechnung.

Die letzten drei Punkte der Bewilligung (7) bis (9) dienen vorzugsweise der Auswertung und den Rechnungen. Die Benutzung eines Drei-Rollen-Integrators für die Stabilitätsrechnungen bedeutet eine wesentliche Vereinfachung des Aufwandes gegenüber numerischen Methoden, die gleichzeitig auf ihre angezweifelte Genauigkeit geprüft werden sollen. Darum gehört ein derartiges Gerät unbedingt zur notwendigen Ausrüstung eines leistungsfähigen Schiffbaubüros. So kommt auch den Integratorarbeiten im Rahmen des Stabilitätsprogrammes des Institutes eine wesentliche Bedeutung zu. Während diese Arbeiten des Institutes so auch rein äußerlich der Büropraxis sehr weit entsprechen, ver-

5] []

hält es sich etwas anders mit dem Einsatz des harmonischen Analysators. Hier sind es im Rahmen des Stabilitätsprogrammes vornehmlich drei spezielle Anwendungsgebiete, die beim Fehlen des Gerätes nur in äusserst mühseliger Kleinarbeit vollständig zu bearbeiten wären. Es handelt sich da um die Analyse aller periodischen Meßschriebe oder Fotoregistrierungen aus den Seegangversuchen, um die genaue Untersuchung des in den Naviclin-Schrieben enthaltenen Einschwingungsvorganges beim Krängungsversuch, insbesondere für den Vergleich von verschiedenen Dämpfungen, und schließlich für die Analyse der trigonometrischen Parameter der statischen Stabilitätskurven im vollen Winkelbereich, wie sie auf die interessanten Untersuchungen von Prohaska zurückgehen [5] u. [6]. Prohaska schlägt hier eine Annäherung der Hebelarmkurven durch Fourier-Ansatz vor; die Zuverlässigkeit seines rechnerisch sehr handlichen Verfahrens soll überprüft werden.

Wie bereits erwähnt, kommt im Rahmen der Auswertung der Vorbereitung und Auswertung der fotografischen Messungen eine besondere Bedeutung zu und bedarf eines entsprechenden Arbeitsaufwandes, sodaß die Fortsetzung der Bewilligung (9) für das kommende Rechnungsjahr erbeten worden ist.

V. Zusammenfassung der Folgerungen.

Das Stabilitätsproblem ist von einer befriedigenden Erkenntnis leider noch immer entfernt. Die Modellversuchstechnik könnte eine Entlastung für die durch genaue Stabilitätsrechnungen beanspruchten Schiffbaubüros der Werften bedeuten. Ein für Krängungsversuche geeignetes Bordgerät ist durch das Naviclin und mit geringer Einschränkung auch durch den Sextanten gegeben. Beide Geräte lassen jedoch noch Wünsche hinsichtlich der Bequemlichkeit der Benutzung und der Registrierung der Meßwerte offen. Eine Weiterentwicklung eines entsprechenden Gerätes erscheint erforderlich insbesondere hinsichtlich des Wunsches, alle Seeschiffe zur Stabilitätsüberwachung besser ausrüsten zu

können. Die instrumentelle Ausrüstung für das Stabilitätsprogramm des Instituts für Schiffbau aufgrund der dankbar begrüßten Hilfe des Bundesverkehrsministeriums ist zur Zeit zwar noch nicht ganz abgeschlossen, läßt aber bereits eine erfolgreiche und sinnvolle Anwendung der Mittel deutlich werden. Die vollständige Durchführung des Programms wird sich sicherlich noch über einen längeren Zeitraum erstrecken.

VI. Schrifttum.

- [1] U. Werkmeister: Stabilitätsuntersuchungen mit dem Modell eines Küsten-Motorfrachtschiffes. Schiff und Werft 1944, Heft 7/8, 9/10 und 11/12.
In [1] finden sich zahlreiche weitere Literaturangaben über Messung der statischen Querstabilität.
- [2] Hattendorf: Stabilitätswaage F 02. Montage- und Bedienungsanweisung der Fa. Kempf und Remmers. Jan. 1954.
- [3] O. Hebecker: Stabilitätsüberwachung mit dem Plath'schen Stabilitätssextanten. Hansa 1949, Nr. 41.
- [4] J. Rosenhagen: The stability level. European Shipbuilding 1952, No. 3.
- [5] C. Prohaska: Residuary stability. T.I.N.A. 1947.
- [6] C. Prohaska: Influence of shipform on transverse stability. T.I.N.A. 1951.