

90 | 1962

SCHRIFTENREIHE SCHIFFBAU

S. Weiß

Die Festigkeitsversuchsarbeiten im
Institut für Schiffbau an der
Universität Hamburg

TUHH

Technische Universität Hamburg-Harburg

Die Festigkeitsversuchsarbeiten im Institut für Schiffbau an der Universität Hamburg

S. Weiß, Hamburg, Technische Universität Hamburg-Harburg, 1962

© Technische Universität Hamburg-Harburg

Schriftenreihe Schiffbau

Schwarzenbergstraße 95c

D-21073 Hamburg

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

Die Festigkeitsversuchsarbeiten im Institut für Schiffbau an der Universität Hamburg

Dr.-Ing. S. Weiß

Im Rahmen des Neubaus des Institutes für Schiffbau in Hamburg wurde in enger Zusammenarbeit zwischen der Universitätsbehörde, der Baubehörde, dem Bundesverkehrsministerium, der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Germanischen Lloyd unter besonderer Initiative von Prof. Schnadel und Prof. Weinblum eine Festigkeits-Versuchsabteilung aufgebaut, die mit ihren Versuchseinrichtungen Festigkeitsuntersuchungen an großen Schiffbauelementen gestattet. Das Kernstück der Abteilung ist die Festigkeitsprüfanlage. Bei der Festlegung der Abmessungen und des Aufbauprinzips dieser Anlage wurden die Erfahrungen mit ähnlichen, im Ausland bestehenden Anlagen berücksichtigt. Entscheidend für die Wahl der Hauptabmessungen war die zu erwartende Größe der Prüf- und Modellkörper. Bei der Untersuchung des Verhaltens von Konstruktionsteilen im elastisch-plastischen Bereich sind zuverlässige Ergebnisse nur an naturgroßen Prüfkörpern zu erwarten; dasselbe gilt für die Erfassung der Eigenspannungen in Schweißkonstruktionen. Bei der experimentellen Untersuchung von Quer- oder Längsfestigkeitsproblemen des Schiffes ist andererseits die Darstellung des Schiffkörpers durch einen schiffsähnlichen Kastenträger in kleinerem Maßstab unvermeidlich, wenn der Versuchsaufwand nicht zu groß werden soll; dies trifft auch für Schiffssektionen, Doppelböden usw. zu. Bei derartigen Untersuchungen dürfen jedoch die Modellkörper nicht zu klein gewählt werden, da bei Blechstärken unter 2 mm die Beanspruchungs- und Steifigkeitsverhältnisse durch den Einfluß von Vorbeulen und Fertigungsungenauigkeiten stark verfälscht werden können. Auf Grund dieser Erwägungen wurde von Dr. Voigt und Dr. Strewinski beim Entwurf der 1. Ausbaustufe der in Bild 1 gezeigte Aufbau mit den eingetragenen Hauptabmessungen gewählt.

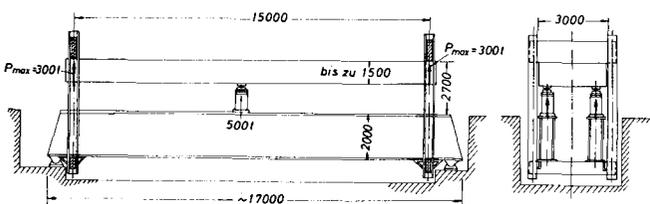


Bild 1 Erste Ausbaustufe

Die 1. Ausbaustufe der Festigkeitsprüfanlage besteht aus den beiden in einer Grube angeordneten, 2 m hohen und ca. 17 m langen, kastenförmigen Biegeträgern und 2 verschiebbaren Portalen mit einer lichten Weite von 3 m und einer maximalen lichten Höhe von 2,7 m über den Biegeträgern. Um zu verhindern, daß bei dem Bruch eines Versuchskörpers infolge der plötzlichen Entlastung der Versuchseinrichtung unzulässig hohe Auflagerkräfte auftreten, sind die Biegeträger auf Schwingmetall elastisch gelagert. Auf der skizzierten Anlage können Prüfkörper mit Abmessungen bis zu einer Länge von 15 m, einer Breite von 3 m und einer Höhe von 1,5 m durch Querkräfte belastet werden. Die Biegeträger sind so ausgelegt, daß bei reiner Biegung oder bei Querkraftbiegung ein maximales Gesamtmoment von 2000 mt aufgenommen wird, d. h. daß bei einem 15 m langen Versuchs-

körper noch eine Einzelquerlast von 530 t in Trägermitte aufgebracht werden kann. Bei gleichmäßig verteilter Last bzw. bei Einzellasten und kleineren Versuchskörperlängen ist die größte Querlast durch die zulässige Belastung der Portale von 2×300 t gegeben. Ein Vorteil der Anlage besteht darin, daß die durch hydraulische Druckzylinder aufgebrachten Lasten zusammen mit den Portal- und Auflagerkräften eine innere Gleichgewichtsgruppe der Prüfanlage bilden, so daß keine Kräfte in den Boden der Versuchshalle kommen. Die im Sommer 1959 fertig gestellte 1. Ausbaustufe der Festigkeitsprüfanlage hat sich bei mehreren Untersuchungen gut bewährt; erforderlich wurde lediglich ein geringfügiger Umbau, durch den ein Schrägstellen der Portale und gleichzeitiges Auftreten von horizontalen Kraftkomponenten vermieden wird. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß die Mittel für die erste Ausbaustufe der Festigkeitsprüfanlage durch den Germanischen Lloyd zur Verfügung gestellt wurden.

Die in Bild 2 gezeigte 2. Ausbaustufe, die vom Bundesverkehrsministerium finanziert und von Prof. Reckling entworfen wurde, besteht aus 2 Widerlagern, von denen das eine verschiebbar ist. Mit Hilfe dieser Widerlager ist es u. a. möglich, das Versuchsstück an den Enden praktisch voll einzuspannen oder gleichzeitig Quer- und Längslasten sowie Endmomente aufzubringen. Die Widerlager und ihre Befestigung auf den Biegeträgern sind so ausgelegt, daß eine maximale Querlast von 2×300 t und eine Längslast von 500 bis 900 t je nach Höhe der Krafteinleitung über den Biegeträgern aufgenommen werden kann. Soll der Versuchskörper nur durch reine Biegung belastet werden, so kann maximal ein Biegemoment von 600 mt aufgebracht werden. Die bei gleichzeitiger Wirkung von Längs- und Querkräften sowie Endmomenten zu-

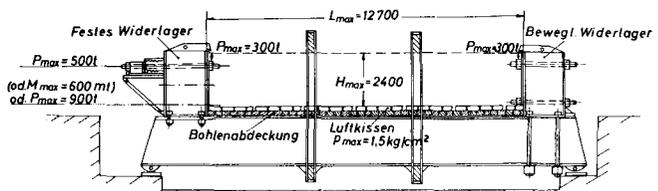


Bild 2 Zweite Ausbaustufe

lässigen Lastgrößen sind von dem Verhältnis der Kraft- und Momentenanteile sowie von der Lastverteilung und der Länge des Versuchskörpers abhängig. Die geschilderte 2. Ausbaustufe wurde Ende 1960 fertiggestellt.

Die Belastung der Versuchskörper erfolgt durch eine hydraulische Mehrzylinderanlage; sie besteht aus 3 Einzeldruckzylindern mit je 300 t Prüfkraft speziell für die Belastung in Längsrichtung, sowie aus 3 Einzeldruckzylindern mit je 100 t und 6 mit je 60 t Prüfkraft. Die 100- und 60-t-Zylinder können stehend, hängend oder liegend angeordnet werden. Für die Erzeugung, Steuerung und Messung des Druckes sind zwei Steuerpulte vorhanden, so daß Quer- und Längsbelastung des Versuchskörpers unabhängig voneinander gesteuert werden können. Die Steuerpulte haben Vorrichtungen für langsame Lastwechsel und für die Konstanthaltung

der Last. An eines der Steuerpulte ist ein Pulsator angeschlossen, der in Verbindung mit dem Pumpenaggregat der hydraulischen Kraftmeßeinrichtung in den Druckzylindern periodisch veränderliche Drücke erzeugt. Neben der geschilderten Belastung durch hydraulische Druckzylinder ist eine Flächenbelastung mit Hilfe von Luftkissen möglich.

Für die Durchführung von Dehnungs- und Verschiebungsmessungen an den Versuchskörpern wurde aus Mitteln des Bundesverkehrsministeriums und der Deutschen Forschungsgemeinschaft eine größere Anzahl geeigneter Meßgeräte und Meßwertgeber beschafft. Für statische Dehnungsmessungen sind über 100 Maihak-Saiten verschiedener Meßlängen sowie ein Maihak-Empfangsgerät vorhanden. Ferner steht eine 80fach Meßeinrichtung für den Anschluß von Dehnungsmeßstreifen zur Verfügung; sie besteht aus einem Meßstellenumschalter und einem Präzisionskompensationsgerät mit einer Trägerfrequenz von 1 kHz. Eine Besonderheit dieser Meßeinrichtung ist die ständige Beheizung aller angeschlossenen Dehnungsmeßstreifen mit der gewählten Meßspannung. Für vorzugsweise dynamische Dehnungs- oder Verschiebungsmessungen wurden 14 Verstärkermeßbrücken (Trägerfrequenz 1 kHz) für den Anschluß von Dehnungsmeßstreifen und Induktivgebern sowie eine Meßeinrichtung von 16 verstärkerlosen Meßbrücken (Trägerfrequenz 5 kHz) für den Anschluß hochempfindlicher Induktivgeber und induktiver Dehnungsgeber größerer Meßlänge beschafft. Die Aufzeichnung zeitlich veränderlicher Dehnungen oder Verschiebungen kann durch einen Fischer-Oszillographen erfolgen, der mit 16 Galvanometern ausgerüstet ist. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß in der Festigkeits-Versuchsabteilung des Instituts für Schiffbau außer der geschilderten Festigkeitsprüfanlage noch eine 70-t-Universalprüfmaschine sowie eine Schwingungs-erregeranlage vorhanden sind.

Nach Erprobung und Eichung der Belastungseinrichtung wurden zunächst durch den Germanischen Lloyd vergleichende Festigkeits-Untersuchungen an Lukenabdeckungen aus genieteten Schiebebalken und hölzernen Lukendeckeln sowie an einem stählernen Lukendeckel für eine Lukenbreite von ~ 6,0 m durchgeführt. Bild 3 zeigt den Versuchsaufbau. Die Ergebnisse der Untersuchungen lassen erkennen, daß sich die Schiebebalken über die hölzernen Lukendeckel gegenseitig stützen und infolgedessen nicht auskippen. Sie zeigen ferner, daß bei Querbelastung häufig zum Einbau kommender verbogener Schiebebalken hohe, durch Verdrehbeanspruchung bedingte Zusatzspannungen entstehen. Theoretische Untersuchungen der Spannungs- und Verformungsverhältnisse eines horizontal vorgekrümmten, querbelasteten Stabes haben die Versuchsergebnisse bestätigt. Für einen in Spannweitenmitte um 1,5 cm ausgebogenen ca. 6 m langen Schiebebalken üblicher Bauart ergab sich unter Berücksichtigung der Wölbkrafttorsion infolge der zusätzlichen Verdrehbeanspruchung eine Erhöhung der maximalen Spannung um 40 %. Derartige Spannungserhöhungen haben zur Folge, daß die Flächenbelastung, die eine nach den Freibordvorschriften dimensionierte Schiebebalken-Lukenabdeckung ohne plastische Verformungen tragen kann, u. U. geringer ist als die Flächenbelastung, die ein nach GL-Regeln bemessener stählerner

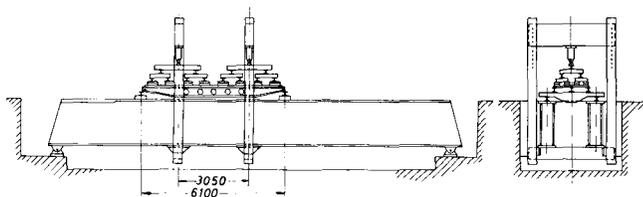


Bild 3 Versuchsaufbau zur Belastung einer Lukenabdeckung mit Schiebebalken

Lukendeckel ohne plastische Verformungen aufnimmt, obwohl sein Widerstandsmoment bis zu 40% kleiner sein kann als das Widerstandsmoment des entsprechenden Schiebebalkens.

Eine weitere Festigkeitsuntersuchung wurde im Rahmen der Probelastung einer über 15 m langen und 1,5 m hohen Schwergut-Leichtmetall-Traverse für einen 165-t-Baum durchgeführt. Dehnungs- und Durchbiegungsmessungen gaben Aufschluß über die Beanspruchungs-Verhältnisse im Krafteinleitungsbereich des Traversen-Auges, über die Spannungsverteilung im Obergurt und in den Stegen in der Nachbarschaft von Schweißnähten und Ausschnitten sowie über die Spannungen in der Anschlußlasche des Verlängerungsstückes.

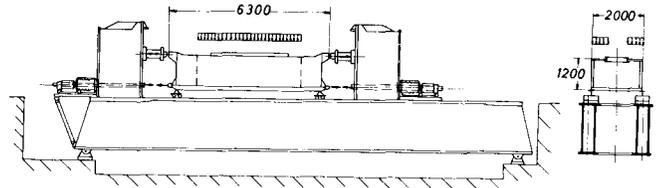


Bild 4 Versuchsanordnung zur Untersuchung der Beulsteifigkeit und Tragfähigkeit querversteifter Decks

Ähnliche Untersuchungen an einer stählernen Schwergut-traverse brachten wichtige Erkenntnisse über die Deformations- und Beanspruchungsverhältnisse in den hochbeanspruchten Konstruktionsteilen. Eine weitere Versuchsreihe hatte vergleichende Steifigkeits- und Beanspruchungsmessungen zwischen Aluminium-Kornschottplanken und bisher üblichen Holzplanken zum Inhalt.

Während der Zeit, in der die Festigkeitsprüfanlage wegen des Umbaus der Portale und der Montage der Widerlager nicht zur Verfügung stand, wurden die oben aufgeführten Meßgeräte des Institutes durch die Forschungsabteilung des Germanischen Lloyd bei umfangreichen Längsfestigkeitsmessungen an einem 65 000-t-Tanker sowie bei Dehnungs- und Verschiebungsmessungen an einer Reihe großer ringversteifter Zylinder und Kegelförper unter hydrostatischem Außendruck eingesetzt. Dehnungs- und Beschleunigungsmessungen an einem Tragflügelboot gaben Aufschluß über die auftretenden Lasten und Beanspruchungen im Seegang.

Zur Zeit werden in der Festigkeitsversuchsabteilung in enger Zusammenarbeit mit dem Germanischen Lloyd im Rahmen eines Forschungsauftrages der Deutschen Forschungsgemeinschaft Dehnungs- und Verschiebungsmessungen an mehreren größeren Modellkörpern durchgeführt, die im Maßstab 1 : 6 verschiedene typische Motorfundamente darstellen. Die Versuche sollen zusammen mit theoretischen Untersuchungen einen Beitrag zur Klärung des elastischen Zusammenwirkens von Schiff und Maschine liefern. Eine weitere vom Bundesverkehrsministerium unterstützte Versuchsreihe hat die Untersuchung der Beulsteifigkeit und Tragfähigkeit von querversteiften Decks zum Inhalt. Bild 4 zeigt die Anordnung des kastenförmigen Versuchskörpers auf der Festigkeitsprüfanlage. Wie aus dem Querschnitt zu erkennen ist, wurde aus konstruktiven und wirtschaftlichen Gründen auf die schiffsähnliche Darstellung des Bodens verzichtet. Es kann angenommen werden, daß diese Abweichung praktisch ohne Einfluß auf die Festigkeitsverhältnisse im Deck ist. Ergänzend sollen experimentelle und theoretische Festigkeits- und Stabilitäts-Untersuchungen an querversteiften Platten mit elastisch eingespannten Rändern durchgeführt werden.

(Eingegangen am 4. Dezember 1961)