

EUR 504.d

REPRINT

EUROPÄISCHE ATOMGEMEINSCHAFT - EURATOM

ÜBER DIE GRÖSSE DER TORSIONSMOMENTE
IM SEEGANG

von

G. WOISIN
(G.K.S.S.)

1964



Bericht agbefasst in Rahmen des Euratom Vertrages
Nr. 002-61-1 PNID

Sonderdruck aus
HANSA
100. Jahrg. - 1963

HINWEIS

Das vorliegende Dokument ist im Rahmen des Forschungsprogramms der Kommission der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) ausgearbeitet worden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Euratomkommission, ihre Vertragspartner und alle in deren Namen handelnden Personen:

- 1^o — keine Gewähr dafür übernehmen, dass die in diesem Dokument enthaltenen Informationen richtig und vollständig sind oder dass die Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden und Verfahren nicht gegen gewerbliche Schutzrechte verstößt;
- 2^o — keine Haftung für die Schäden übernehmen, die infolge der Verwendung der in diesem Dokument enthaltenen Informationen oder der in diesem Dokument beschriebenen technischen Anordnungen, Methoden oder Verfahren entstehen könnten.

This reprint is intended for restricted distribution only. It reproduces, by kind permission of the publisher, an article from "HANSA", 100. Vol. - 1963, 755-756. For further copies please apply to Hansa - Schiffahrtsverlag C. Schroedter u. Co. — Stubbenhuk 10 Hamburg 11 (Deutschland).

Dieser Sonderdruck ist für eine beschränkte Verteilung bestimmt. Die Wiedergabe des vorliegenden in „HANSA“, 100. Vol. - 1963, 755-756 erschienenen Aufsatzes erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Herausgebers. Bestellungen weiterer Exemplare sind an Hansa — Schiffahrtsverlag C. Schroedter u. Co. - Stubbenhuk 10 Hamburg 11 (Deutschland), zu richten.

Ce tiré-à-part est exclusivement destiné à une diffusion restreinte. Il reprend, avec l'aimable autorisation de l'éditeur, un article publié dans le « HANSA », 100. Vol. - 1963, 755-756. Tout autre exemplaire de cet article doit être demandé à Hansa — Schiffahrtsverlag C. Schroedter u. Co. - Stubbenhuk 10 Hamburg 11 (Deutschland).

Questo estratto è destinato esclusivamente ad una diffusione limitata. Esso è stato riprodotto per gentile concessione dell'Editore, da « HANSA », 100. Vol. - 1963, 755-756. Ulteriori copie dell'articolo debbono essere richieste a Hansa — Schiffahrtsverlag C. Schroedter u. Co. - Stubbenhuk 10 Hamburg 11 (Deutschland).

Deze overdruk is slechts voor beperkte verspreiding bestemd. Het artikel is met welwillende toestemming van de uitgever overgenomen uit „HANSA“, 100. Vol. - 1963, 755-756. Meer exemplaren kunnen besteld worden bij Hansa — Schiffahrtsverlag C. Schroedter u. Co. - Stubbenhuk 10 Hamburg 11 (Deutschland).

EUR 504.d

REPRINT

ÜBER DIE GRÖSSE DER TORSIONSMOMENTE IN SEEGANG von G. WOISON (G.K.S.S.).

Europäische Atomgemeinschaft - EURATOM.

Bericht abgefasst in Rahmen des Euratom Vertrages Nr. 002-61-1 PNID. Sonderdruck aus „HANSA“, 100. Jahrg. - 1963, seite 755-756.

Die Torsionsbeanspruchung eines Schiffes in schräg zu ihm laufenden Seegang hat sich in Modellversuchen viel kleiner ergeben als nach den Berechnungen in der üblichen „statischen“ Weise, wie für Längsfestigkeitsrechnungen üblich. Diese Berechnung ist auf Vedeler's Behauptung zurückzuführen, daß Gieren keinen Einfluß auf das Torsionsmoment hat. In Wirklichkeit hat es aber große Auswirkung, wie in diesem Artikel erklärt wird. Er erörtert den Einfluß, den die Schwerpunkthöhe des Gewichts G und jener der Gesamtmasse (einschließlich mitgerissener Wassermassen) \mathcal{M} , den der Schubmittelpunkt S , das Anfangsmetazentrum M_0 , der Verdrängungsschwerpunkt F_0 und schließlich der Druckpunkt am Ruder R auf die Torsion ausüben. Es ergibt sich insbesondere, daß je geringer die metazentrische Höhe, desto geringer ist auch die Torsionsbeanspruchung. Ergebnisse der Modellversuche konnten auf diese Weise zufriedenstellend geklärt werden.

EUR 504.d

REPRINT

ON THE MAGNITUDE OF THE TORSIONAL MOMENTS BY WAVES by G. WOISON (G.K.S.S.).

European Atomic Energy Community - EURATOM.

Work performed under the Euratom contract No. 002-61-1 PNID.

Reprinted from "HANSA", Vol. 100 - 1963, pages 755-756.

The torsion in ships at oblique headings to waves had been found by model experiments much lower than calculated in the usual "static" way like those for the longitudinal strength. The calculation depend on Vedeler's statement that yawing has no influence on the torque. Actually there is a great effect as explained in this article, which discusses the influence on torsion by the heights of the centre of weight G , of the total mass (including the effect of the seawater) \mathcal{M} , of the "turning centre" S , of the initial transverse metacentre M_0 , of the centre of buoyancy F_0 and finally of the centre of pressure on the rudder R . It is especially derived, that the smaller the metacentric height the smaller the torsional stress. The data of the model experiments could thus be satisfactorily explained.

EUR 504.d

REPRINT

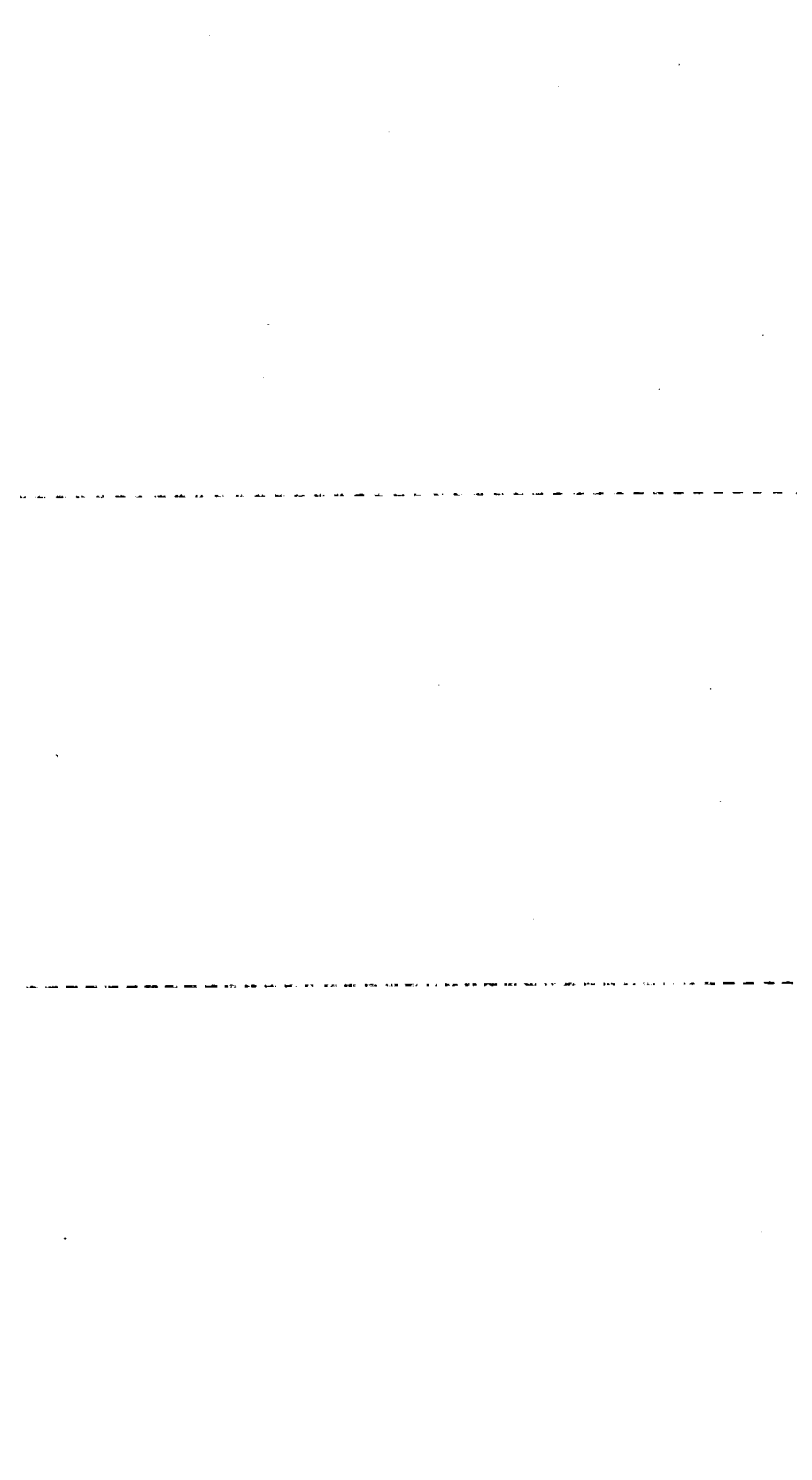
ON THE MAGNITUDE OF THE TORSIONAL MOMENTS BY WAVES by G. WOISON (G.K.S.S.).

European Atomic Energy Community - EURATOM.

Work performed under the Euratom contract No. 002-61-1 PNID.

Reprinted from "HANSA", Vol. 100 - 1963, pages 755-756.

The torsion in ships at oblique headings to waves had been found by model experiments much lower than calculated in the usual "static" way like those for the longitudinal strength. The calculation depend on Vedeler's statement that yawing has no influence on the torque. Actually there is a great effect as explained in this article, which discusses the influence on torsion by the heights of the centre of weight G , of the total mass (including the effect of the seawater) \mathcal{M} , of the "turning centre" S , of the initial transverse metacentre M_0 , of the centre of buoyancy F_0 and finally of the centre of pressure on the rudder R . It is especially derived, that the smaller the metacentric height the smaller the torsional stress. The data of the model experiments could thus be satisfactorily explained.



Über die Größe der Torsionsmomente im Seegang

G. Woisin¹⁾

Nachdem vor kurzer Zeit erstmalig eine Schrägwellenerzeugungsanlage in einem Modellversuchstank des Davidson Laboratory in USA eingebaut wurde, war es möglich, Torsionsmomente an Schiffmodellen zu messen [1]. Die Versuche brachten Ergebnisse, die sehr im Unterschied standen zu entsprechenden „statischen“ Berechnungen der Torsionsmomente unter Vernachlässigung des Smith-Effektes. Es ergaben sich für einen T-2-Tanker bei einem Winkel zwischen Wellenfortschritts- und Schiffsrichtung von 120° und $H/L = 0,4$ die folgenden Vergleichszahlen:

Tabelle 1

	Statische Berechnung	Modellversuch	Verhältnis
Längsbiegung	15,20	0,75	1,74
Torsion	2,10	0,62	3,52

Der Unterschied ist bei der Torsion doppelt so groß wie bei der Längsbiegung. Bei letzterer stimmt das Verhältnis zwischen gerechnetem und gemessenem Wert mit entsprechenden Erfahrungen bei einem Winkel zwischen Wellenrichtung und Schiff von 130° überein und ist auch — unter anderem mit dem Smith-Effekt — ausreichend erklärbar. Bezüglich der Torsionsmomente heißt es in [1] dagegen: Es gibt keine fertige Erklärung dafür, warum der Unterschied beim Torsionsmoment so viel größer als beim Längsbiegemoment ist.

In diesem Aufsatz wird der Versuch unternommen, diese Erscheinung zu erklären. In Bild 1 ist in einen Schiffsquerschnitt, wie er an den Schiffsenden gegeben ist, eine schräge Wasserlinie eingezeichnet. Bei der Lage des Schiffes schräg zu den Wellen haben alle Spantquerschnitte verschieden geneigte Wasserlinien. Eigentlich sind diese Wasserlinien auch noch etwas gekrümmt, das kann aber vernachlässigt werden. Die Wasserauftriebskräfte sind jeweils senkrecht zur Wasseroberfläche gerichtet. Ihre (bezogen auf den tat-

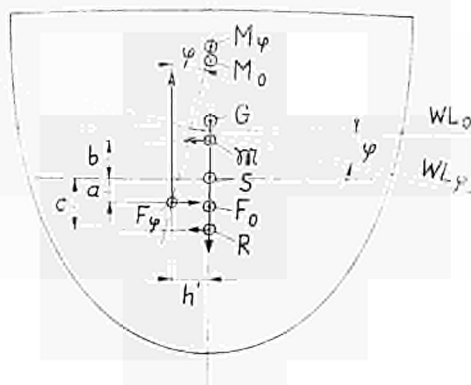


Bild 1

sächlichen Horizont) vertikalen Komponenten stehen mit dem Schiffseigengewicht im Gleichgewicht, ihre quer- und längsgerichteten horizontalen Komponenten bedingen entsprechende Beschleunigungen, so daß sie mit den so erzeugten Massenträgheitskräften (und der Ruderwirkung) im Gleichgewicht sind. Das Schiff taucht übrigens nach dieser Betrachtungsweise etwas tiefer ein, als wenn die Auftriebskräfte schlechthin dem Eigengewicht gleichgesetzt würden. Für die Ermittlung des Torsionsmoments interessieren die

längsgerichteten Auftriebskomponenten nicht. Die senkrechte Komponente in Bild 1 erzeugt durch ihren außermittigen Angriff ein rechtsdrehendes Torsionsmoment, die quergerichtete Komponente dagegen durch ihren Abstand zum Schubmittelpunkt des Schiffes ein linksdrehendes Torsionsmoment. Die herkömmliche „statische Berechnung“ berücksichtigt nur den Torsionsmomentenanteil durch die senkrechte Komponente und kommt damit, wie im folgenden gezeigt werden soll, zu wesentlich zu großen Werten.

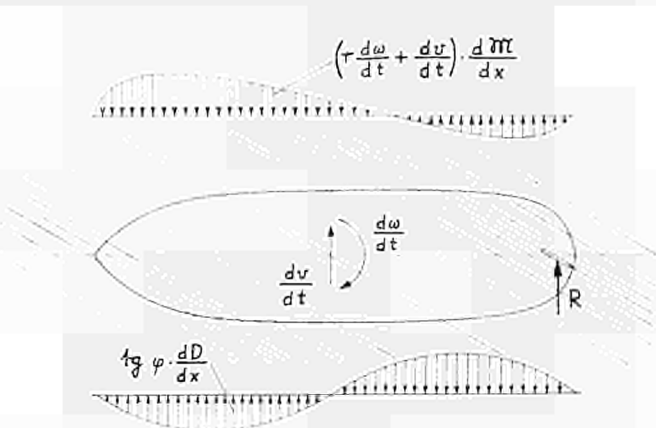


Bild 2

Es muß hierzu das Gleichgewicht der quer zum Schiff gerichteten Kräfte betrachtet werden (Bild 2). Die quergerichteten Komponenten der Auftriebskräfte erzeugen am im schrägen Winkel zu der Wellenfortschrittsrichtung liegenden Schiff ein Giermoment. Dieses Moment wird im Gleichgewicht gehalten durch die Ruderwirkung und die Massenkräfte aus der Gierbeschleunigung. Weiterhin wirkt eine Kraftresultierende, die das Schiff in der Querrichtung beschleunigt. Die daraus entstehende Schwingungserscheinung, sie ist besonders ausgeprägt bei einem breitseits zu den Wellen liegenden Schiff, wird im Englischen als „surging“ bezeichnet.

Der Schiffskörper wird auf Torsion beansprucht, erstens als längs- und querbelteter Biegeträger durch nicht durch den Schubmittelpunkt gehende Schubkräfte und zweitens durch die Kräftepaare in den Querschnittsebenen. Das Torsionsmoment beträgt damit (unter Vernachlässigung des Smith-Effektes etc.) am Punkt x der Schiffslänge (rechtsdrehend nach Bild 1 mit positivem Vorzeichen):

$$M_T(x) = \int_0^x (h' - \text{tg } \varphi \cdot a) \frac{dD}{dx} dx - \int_0^x \left(r \cdot \frac{d\omega}{dt} + \frac{dv}{dt} \right) b \cdot \frac{dM}{dx} dx + R \cdot c \quad (1)$$

Am größten ist offenbar der Teil des Torsionsmoments aus

$$\text{dem Kräftepaar Eigengewicht und Displacement} \int_0^x h' \cdot \frac{dD}{dx} dx.$$

1) Diese Untersuchung wurde im Rahmen eines Vertrages der Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH, Hamburg und Geesthacht, mit der EURATOM-Kommission, Brüssel, durchgeführt.

Da das Ruder erst verzögert (nämlich reagierend) zum Kurshalten eingesetzt wird (dies gilt auch bei einer Selbststeueranlage), wird das Glied mit der Ruderkraft R im folgenden zur Vereinfachung weggelassen. Bei einem normalen Schiff mit zueinander angenähert symmetrischen Vor- und Hinterschiffslinien, das gerade in einem Wellental oder auf einem Wellenberg schwimmt, ergibt sich ferner keine erhebliche Querkraftresultierende. Im Vor- und Hinterschiff müssen sich gleich große, aber einander entgegengerichtete Torsionsmomente ergeben. Aus dieser Bedingung ergibt sich die Krängungslage des Schiffes. Im Mittelschiff ist jedenfalls das Torsionsmoment am größten. Da es sich hier nur um die Maximalwerte handelt, können Vor- und Hinterschiff jeweils als Ganzes betrachtet werden. Für die beiden Teile wird — wie in dem Modellversuch [1] — angenommen, daß der Gewichts- und Verdrängungsschwerpunkt sowie das Anfangsmetazentrum so hoch wie beim gesamten Schiff liegen.

Der Massenschwerpunkt \bar{M} liegt normalerweise wegen hydrodynamischer Wirkungen etwas unterhalb des Schiffsgewichtsschwerpunktes G . Nimmt man nun noch an, die Massenträgheitskräfte haben eine zu den Querkraften ähnliche Verteilung über die Schiffslänge (was wegen des Einflusses der hydrodynamischen Zusatzmassen berechtigt erscheint), so sind sie auch entgegengesetzt gleich groß. Für die halbe Schiffslänge — die Lage von \bar{M} , S , F sei im Vor- und Hinterschiff gleich — kann die Größe des Torsionsmoments dann angenähert werden zu (s. Bild 1)

$$M_T(L/2) \approx \frac{D}{2} [h' - \operatorname{tg} \varphi \cdot (a + b)] \quad (2)$$

Um wieviel anders als nach der „statischen Methode“ von Vedeler [2] ergeben sich mit obigen Beziehungen nun die Seegangstorsionsmomente? Sie betragen nach dem herkömmlichen Verfahren

$$M_T^*(x) = \int_0^x h' \frac{dD}{dx} \cdot dx \quad (3)$$

oder

$$M_T^*(L/2) \approx \frac{D}{2} \cdot h' \quad (4)$$

Damit ist jeweils nur das erste Glied der obigen Gleichungen (1) und (2) erfaßt. Es wird die Gleichung (2) durch (4) dividiert:

$$\frac{M_T(L/2)}{M_T^*(L/2)} \approx \frac{h' - \operatorname{tg} \varphi \cdot (a + b)}{h'} \quad (5)$$

Für einen kleinen Winkel φ — und das ist vorauszusetzen — werden sich (s. Bild 1) F_φ und M_φ praktisch in der gleichen Höhe wie F_0 und M_0 befinden, so daß nach bekannten Lehrsätzen der euklidischen Geometrie gesetzt wird:

$$\frac{h' - \operatorname{tg} \varphi \cdot (a + b)}{h'} \approx \frac{F_0 M_0 - F_0 \bar{M}}{F_0 M_0} = \frac{M_0 \bar{M}}{F_0 M_0} \quad (6)$$

Dies ist der Reduktionsfaktor, mit dem ein in herkömmlicher Weise nur aus den senkrechten Kräften ermitteltes Torsionsmoment multipliziert werden muß, um den Ein-

fluß der querverrichteten, horizontalen Auftriebskomponenten ungefähr zu erfassen. Die Gierschwingungen eines Schiffes in schräg zu ihm laufenden Wellen offenbaren damit also einen wesentlichen Einfluß auf die Torsion²⁾.

Für das in [1] untersuchte Tankermodell wird dort mitgeteilt: $\bar{M}_0 G = 1,6$ m, $T = 9,2$ m und $H = 12,0$ m. Mit den Annahmen $\overline{KF}_0 \approx 4,9$ m und $\overline{KG} \approx 7,0$ m ergibt sich $\bar{M}_0 F_0 \approx 3,7$ m. Die hydrodynamischen Zusatzmassen für Gierschwingungen von ca. 33 % mögen 6,0 m über Basis angreifen, so daß $\bar{M}_0 \bar{M} = 1,6$ m + 0,25 m = 1,85 m anzusetzen wäre. Der Reduktionsfaktor beträgt also $\bar{M}_0 \bar{M} / F_0 M_0 \approx 1,85/3,7 = 0,50$. In Tabelle 1 treten damit in der Zeile Torsion die Zahlen $1,09/0,62 = 1,76$ an die Stelle von $2,18/0,62 = 3,52$. Das korrigierte Verhältnis des gerechneten zum gemessenen Wert liegt somit in der gleichen Größenordnung wie für die Längsbiegung. (Die sehr gute Übereinstimmung ist als zufällig zu betrachten.) Damit ist der große Unterschied zwischen gerechnetem und gemessenem Torsionsmoment praktisch in seinem vollen Betrag erklärt.

Die Größe des maximalen Torsionsmoments, dem ein Schiff im Seegang ausgesetzt ist, hängt wesentlich von seiner metazentrischen Höhe ab. Bei dem Projekt eines atomgetriebenen Erzschiffes ergab sich zum Beispiel für den Fall beladen mit Schwererz bei $\bar{M}_0 G = 2,03$ m ein Reduktionsfaktor für die Torsionsbeanspruchung von

$$\frac{\bar{M}_0 \bar{M}}{F_0 M_0} = \frac{2,66}{4,61} = 0,577;$$

dagegen im „Erprobungszustand“ mit Wasserballast auf Konstruktionstiefgang ($M_G = 0,96$ m) nur

$$\frac{\bar{M}_0 \bar{M}}{F_0 M_0} = \frac{1,33}{4,59} = 0,289.$$

Es ist noch auf den Einfluß des Seegangs auf die Querstabilität des Schiffes hinzuweisen, die aus bekannten Gründen dazu führt, daß $\bar{M}_0 G$ für das Schiff auf Wellenberg gegenüber Glattwasserzustand verkleinert und für das Schiff im Wellental vergrößert wird. Aus diesem Grunde wäre auch das Torsionsmoment tatsächlich für den Wellenberg etwas kleiner und für das Wellental etwas größer als oben ermittelt anzusetzen.

Schrifttum:

- [1] N u m a t a, Edward: Longitudinal Bending and Torsional Moments Acting on a Ship at Oblique Headings to Waves. Journal of Ship Research, June 1960, pp. 35—48.
- [2] V e d e l e r, George: On the Torsion of Ships. Vortrag gehalten am 11. 4. 1924 vor der Institution of Naval Architects. Trans. INA, 1924, S. 164/187.

2) Vedeler hatte in seinem bekannten Vortrag [2] einen Einfluß des Gierens auf das Torsionsmoment für das Schiff im Seegang ausdrücklich verneint. Darauf, daß die Querkomponenten der Verdrängungskräfte nicht vernachlässigt werden dürfen und daß sie die Torsion erheblich verringern, wies dagegen Bruhn in der Diskussion zu diesem Vortrag bereits hin.

CDNA00504DEC