

Geschwindigkeitssteigerung eines Hecktrawlers durch Bugwulst

Aus dem Institut für Schiffbau, Rostock, Direktor: Dipl.-Ing. S. Kruppa

49. Mitteilung der Schiffbau-Versuchsanstalt

Leiter: Dr.-Ing. e. h. W. Henschke

Von Dipl.-Ing. K. Lau, KDT, Berlin, und Dipl.-Ing. H. Mißbach, Wolgast

MAYIS 1936

1. Allgemeines

Der Bugwulst als Mittel zur Verminderung des Schiffswiderstandes ist bereits seit mehreren Jahrzehnten recht gut bekannt. Eine große Zahl systematischer Modelluntersuchungen sowie gebauter Schiffe hat über die Wirksamkeit des Bugwulstes zu wichtigen Erkenntnissen geführt. Trotzdem ist der Bugwulst zeitweise recht stark in Vergessenheit geraten. Erst in neuerer Zeit wurde das Bugwulstschiff wieder sehr aktuell, nicht zuletzt durch die beachtlichen Erfolge bei schnellen Frachtschiffen sowie völligen Tankschiffen und Massengutfrachtschiffen mit relativ kleinen Froudezahlen, d. h. zum Teil unter Bedingungen, für die ein positiver Bugwulsteffekt nicht ohne weiteres zu erwarten war.

Es besteht Grund zur Annahme, daß neben der bisher als Ursache des Bugwulsteffektes angesehenen günstigen Beeinflussung des Bugwellensystems des Schiffes durch Superposition mit dem vom Wulst erzeugten Wellensystem noch andere Einflußfaktoren durch den Bugwulst gegeben sind. Brard erwähnt in diesem Zusammenhang Veränderungen in der Grenzschicht und der Ablösungserscheinungen von Wirbeln durch den Bugwulst [1].

Derartige Zähigkeitseinflüsse können bei Modell und Schiff zu in dieser Hinsicht ungleichem Verhalten führen. Es ist daher von großer Wichtigkeit, die durch Modellversuche ausgewiesene Wirksamkeit des Bugwulstes durch Untersuchungen am Schiff zu bestätigen.

Nachdem in der Schlepprinne der Schiffbau-Versuchsanstalt Berlin-Potsdam (Länge 280 m, Breite 9 m, Tiefe 4,5 m) des Instituts für Schiffbau, Rostock, der Wulstbugeffekt bereits an verschiedenen Modellen systematisch untersucht wurde, konnten nunmehr die Modellversuchsergebnisse für einen Hecktrawler auch im Großversuch überprüft werden. Es handelt sich dabei um das Schiff einer im VEB Peene-Werft Wolgast gebauten Hecktrawlerserie [2], das als bisher einziges Schiff dieser Serie unter Beibehaltung aller Schiffslinien mit einem zusätzlichen Bugwulst ausgerüstet wurde. Damit ist auch der seltene und wertvolle Vergleich von Schwesterschiffen mit und ohne Bugwulst gegeben.

2. Modellversuche

Umfangreiche Untersuchungen mit Holzmodellen des wulstlosen Serientrawlers (u. a. Widerstands-, Propulsions- und Seegangversuche) wurden durch Widerstandsversuche in glattem Wasser mit einem Paraffinmodell ohne und mit Bugwulst ergänzt. Im folgenden sollen nur die wichtigsten Ergebnisse der letztgenannten vergleichenden Versuchsserie betrachtet werden. Insgesamt wurden die vier Bugwulstvarianten I, Ia, II und III untersucht (Bild 1). Alle Wulstformen haben einen kreisförmigen Hauptspant mit einem Durchmesser $D \cong 2,20$ m (Bild 2).

Die Wülste I, II und III sind zylindrisch und erstrecken sich nach hinten bis zum Konstruktionsspant 16 (Spantenteilung $L_{PP}/20$). Der Wulst Ia dagegen hat zwar am vorderen Lot noch kreisförmigen Querschnitt, verjüngt sich jedoch dann nach hinten in Form elliptischer Querschnitte. Dieser nach hinten eingeschnürte Wulst ist damit gegenüber den anderen Varianten beträchtlich kürzer. Die Bugwulstkörper setzen am Schiffsrumpf scharf ab. Strakende Übergangsformen wurden lediglich zusätzlich für eine Variante untersucht.

Der vordere Teil aller Bugwülste wird von einer Halbkugel mit dem Durchmesser $D \cong 2,20$ m gebildet. Alle Wülste ragen nach vorn weit über das vordere Lot hinaus, die Wülste I und Ia um den Betrag $D/2$, Wulst II um $3/4 D$ und Wulst III um den Betrag D . Die Wulstachse folgt nicht der Kielschräge ($\cong 1$ m), sondern läuft parallel zur Schiffsbasis.

Die Modelle mit Wulst wurden bei derselben Verdrängung geschleppt wie die Modelle ohne Wulst. Infolge des Auftriebes durch den Bugwulst entstanden bei den einzelnen Ausführungen u. a. geringfügig unterschiedliche Tiefgangs- und Völligkeitswerte. Damit ergeben sich für die beiden besonders interessierenden untersuchten Fahrtzustände (gleichlastige Probefahrtverdrängung und gleichlastige Konstruktionsverdrängung) die in Tafel I zusammengestellten Daten für die wulstlose Serienausführung sowie für das Schiff mit Wulst III.

Der Spantcharakter des Unterwasserschiffes ist aus Bild 2 ersichtlich.

Das Paraffinmodell war im Maßstab $\lambda = 13$ gefertigt, kann also mit seiner Länge $L_{PP} = 4,154$ m zu den mittelgroßen Schiffmodellen gerechnet werden. Es wies keine zusätzlichen Anhänge auf. Die unlackierte Modelloberfläche war glatt. Als Turbulenzerreger wurde

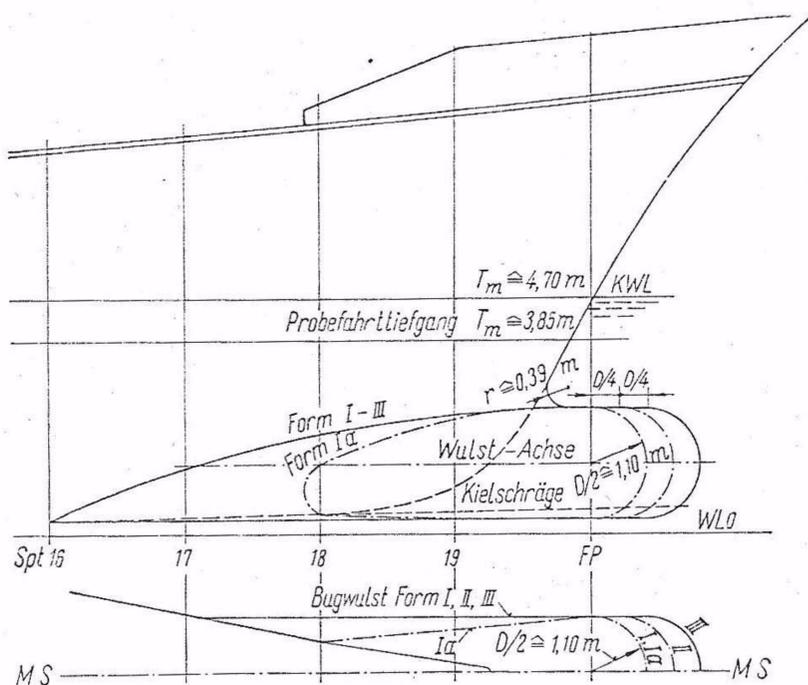


Bild 1. Vorschiff mit Wulstvarianten. Seitenansicht und Horizontalschnitt in Höhe der Wulst-Achse

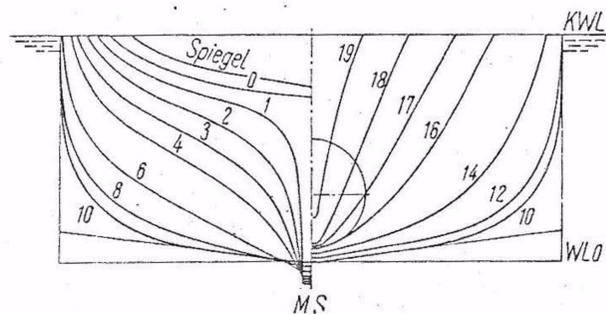


Bild 2. Spantenriß des Schiffes mit Wulsthauptspant

Tafel 1. Hauptdaten des Schiffes

| Bezeichnung | | Probefahrtzustand | Konstruktionszustand |
|---|-------------|---------------------|----------------------|
| Länge zwischen den Loten | L_{PP} | 54,00 m | |
| Breite | B | 10,60 m | |
| Verdrängung auf Spanten | ∇ | 1099 m ³ | 1518 m ³ |
| Schiff ohne Wulst | | | |
| Tiefgang auf $L_{PP}/2$ | T_m | 3,85 m | 4,70 m |
| Volligkeitsgrad der Verdrängung | C_B | 0,499 | 0,564 |
| Volligkeitsgrad des Hauptspants | C_M | 0,847 | 0,874 |
| Schiff mit Wulst III | | | |
| Tiefgang auf $L_{PP}/2$ | T_m | 3,80 m | 4,65 m |
| Volligkeitsgrad der Verdrängung | C_B | 0,504 | 0,571 |
| Volligkeitsgrad des Hauptspants | C_M | 0,840 | 0,869 |
| Verhältnis der Hauptspantflächen von Wulst und Schiff | A_{B/A_M} | 0,112 | 0,089 |

ein Draht mit einem Durchmesser von 1,2 mm auf Konstruktionsspannt 19 befestigt.

Die gemessenen Modell-Widerstandswerte wurden nach dem Verfahren von Froude auf das Schiff umgerechnet. Wie die in Bild 3 bis 5 auszugsweise dargestellten Ergebnisse zeigen, konnten durch den Wulstanbau im Bereich höherer Froudezahlen teilweise beträchtliche Leistungsgewinne erzielt werden, besonders im Probefahrtzustand, was unter Berücksichtigung besonderer Forderungen auch in erster Linie beabsichtigt war.

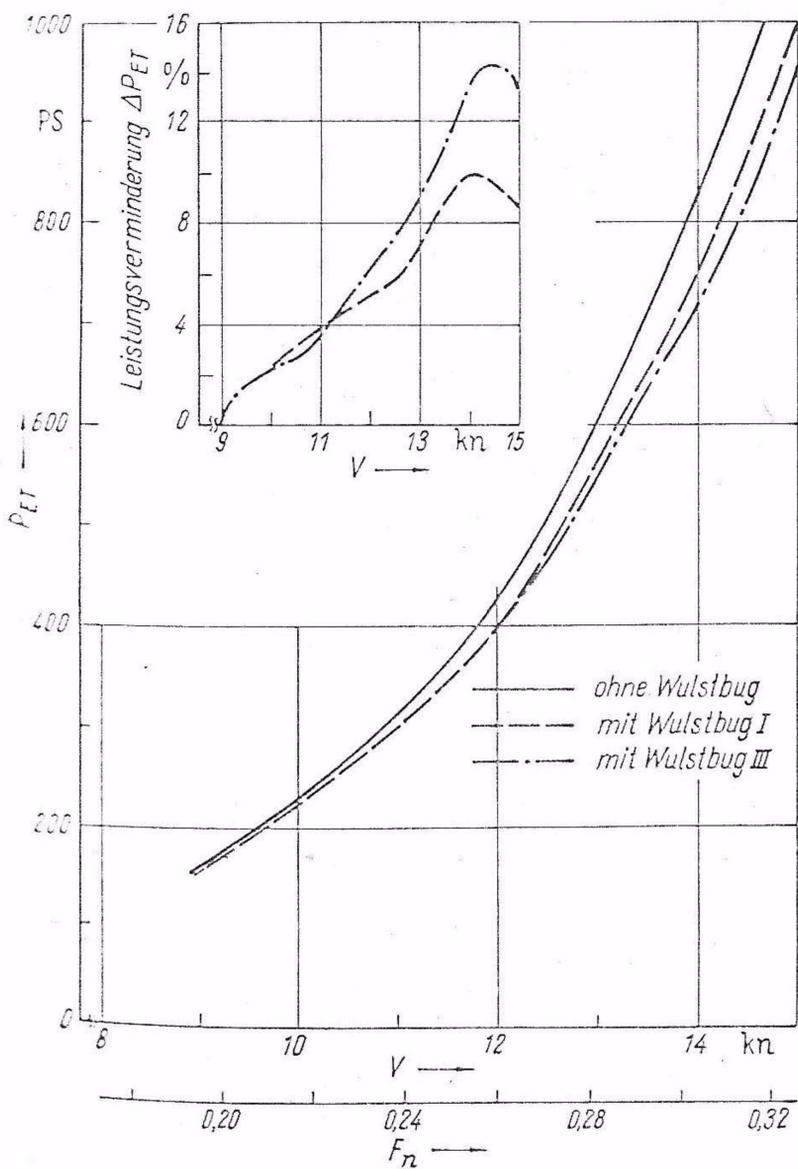


Bild 3. Leistung P_{ET} des Hecktrawlers ohne und mit Bugwulst. Leistungsverminderung durch Bugwulst. Wulst Form I und III, Verdrängung $\nabla = 1099 \text{ m}^3$, gleichlastig

Der längste Wulst (Form III) wirkt sich bei Probefahrtverdrängung (Bild 3) im gesamten interessierenden Geschwindigkeitsbereich am günstigsten aus, bei Konstruktionsverdrängung (Bild 4) erst bei sehr hohen Schiffsgeschwindigkeiten ($V \geq 13,5 \text{ kn}$). Bei Probefahrttiefgang ergibt sich für die Schiffsgeschwindigkeit $V = 14,35 \text{ kn}$ eine Leistungsverminderung ΔP_{ET} in der beachtlichen Höhe von rd. 14 % gegenüber der wulstlosen Ausführung, bzw. bei gleicher Leistung müßte sich die Schiffsgeschwindigkeit von $V = 14,35 \text{ kn}$ auf $V = 14,86 \text{ kn}$ steigern lassen, d. h. um $\Delta V = 0,51 \text{ kn} \cong 3,6 \%$. Bei vollem Tiefgang entsteht durch den Wulst III bei z. B. $V = 12,75 \text{ kn}$ eine Leistungsverminderung von etwa 3 % bzw. bei konstanter Leistung ein Geschwindigkeitsgewinn von etwa 0,1 kn.

Der verkürzte und eingeschnürte Wulst Ia, der allerdings nur für den Probefahrttiefgang untersucht wurde, hat die kleinsten Leistungsgewinne bewirkt (Bild 5).

Der in einem Fall (Wulst I, Probefahrtzustand) vorgenommene allmählich strakende Übergang zwischen Bugwulstzylinder und Modellrumpf führte zu einer merklichen Erhöhung des Modellwiderstandes. Es gilt jedoch als unsicher, ob gerade diese vom Grenzschicht-

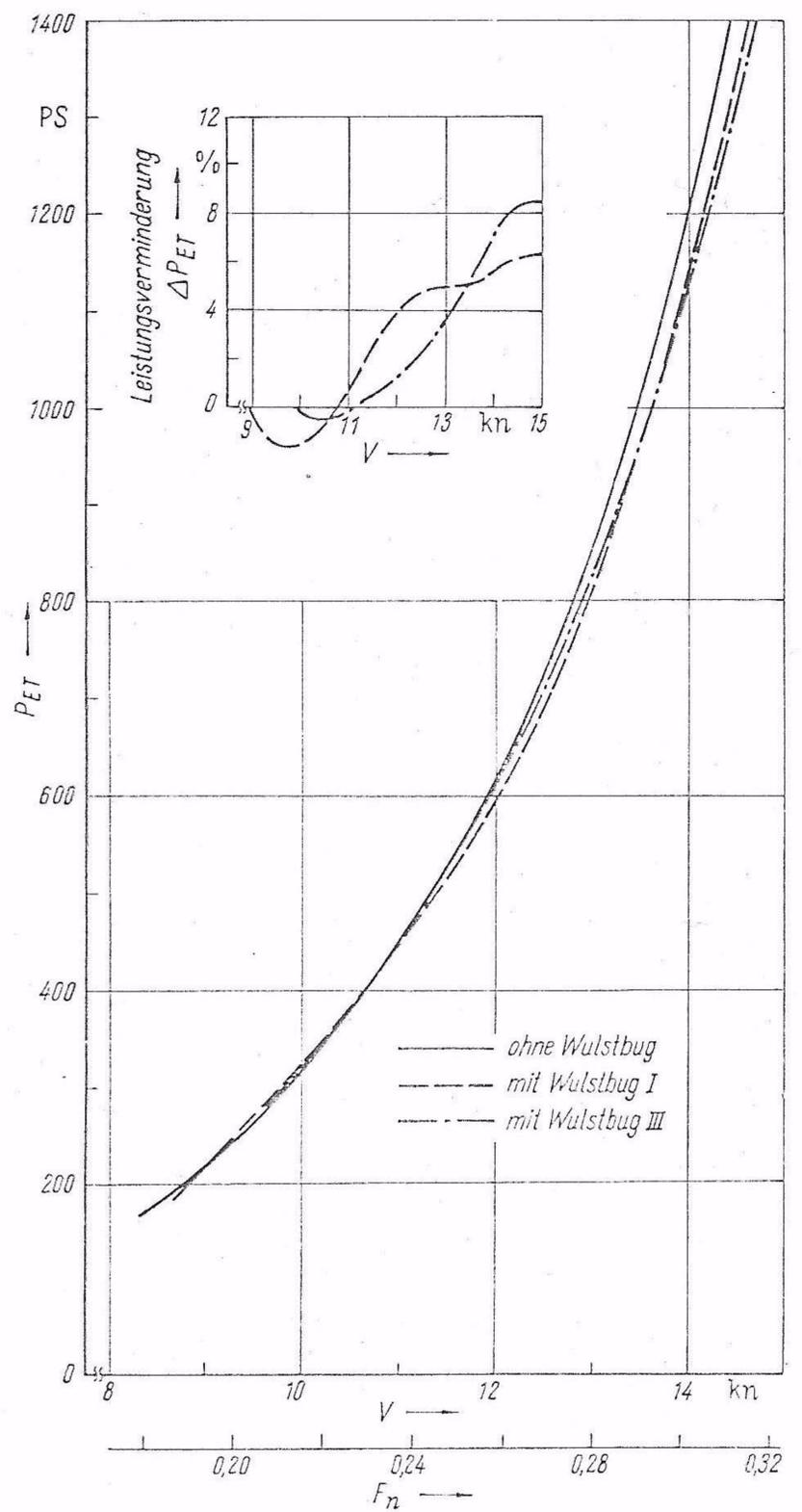


Bild 4. Leistung P_{ET} des Hecktrawlers ohne und mit Bugwulst. Leistungsverminderung durch Bugwulst. Wulst Form I und III, Verdrängung $\nabla = 1518 \text{ m}^3$, gleichlastig

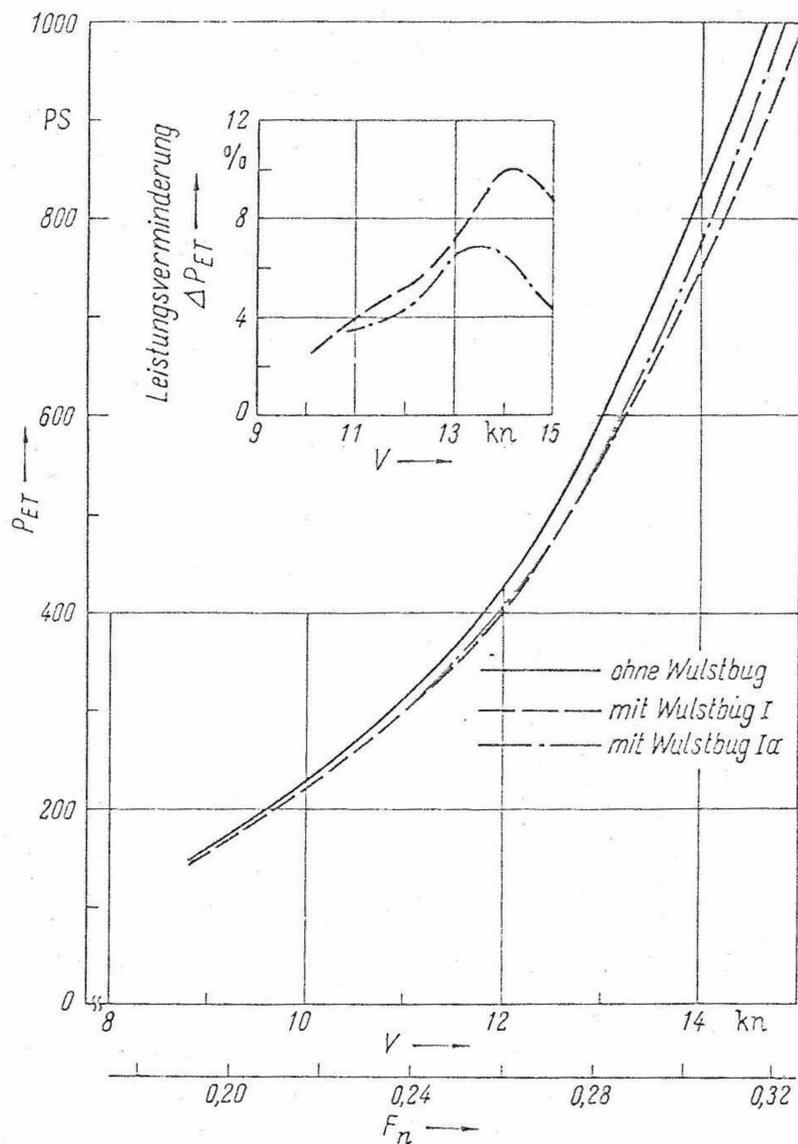


Bild 5. Leistung P_{ET} des Hecktrawlers ohne und mit Bugwulst.
Leistungsverminderung durch Bugwulst, Wulst I und Ia, Verdrängung $\nabla = 1099 \text{ m}^3$, gleichlastig

verhalten stark abhängigen Charakteristika auf die Großausführung übertragbar sind.

Auf Grund des beim Modellversuch vor allem in Nähe des Probefahrttiefgangs ermittelten stark leistungsmindernden Bugwulsteffektes wurde von der Schiffbau-Versuchsanstalt Berlin-Potsdam der Anbau eines Bugwulstes entsprechend der Variante III für zunächst ein Schiff empfohlen.

3. Vergleichsmessungen mit dem Schiff

Im Juni 1967 wurde der empfohlene Bugwulst am 16. Hecktrawler (Baubjekt Nr. 416) der im VEB Peene-Werft Wolgast laufenden Serie angebaut. Der vollgeschweißte Bugwulstzylinder wurde auf das werftneue Serien-Vorschiff aufgesetzt und angeschweißt (Bild 6). Abrundungen zwischen Wulstzylinder und Schiffsrumpf wurden entsprechend den für diese Wulstvariante durchgeführten Modellversuchen nicht vorgenommen (Bild 7).

Nach endgültiger Fertigstellung des Schiffes war die Möglichkeit eines Vergleiches des allgemeinen hydrodynamischen Verhaltens des Wulsttrawlers mit den wulstlosen Schiffen derselben Serie gegeben.

Ein erster Vergleich ist nunmehr nach erfolgter Meilenfahrt mit dem Wulstschiff möglich. In Tafel 2 sind die Fahrtbedingungen und Ergebnisse der Meilenfahrt denen anderer Trawler derselben Serie gegenübergestellt. Dabei wurden nur die mit gleichen Propulsionsorganen ausgerüsteten Serienschiffe berücksichtigt. Alle in Tafel 2 angegebenen Fahrten wurden in der Tromper Wiek (mittlere Wassertiefe 21 bis 24 m) unter Leitung der Werft durchgeführt. Die zur Verfügung stehende Maschinenleistung wurde durch volle Regelanstellung am Hauptmotor und volle Steigungseinstellung des in einer Ruderdüse arbeitenden Verstellpropellers zu 100% ausgenutzt. Die Leistungsabnahme am Wellengenerator schwankte ständig durch

| Baubjekt Nr. | Windrichtung | Tiefgang T_{gh} [m] | Trium [m] | Schiffskurs | Schiffsgeschwindigkeit [kn] | |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------|-----------------------------|-------------------------|
| | | | | | je Durchgang | mittlere in der Meile |
| Datum | Windstärke [Bft] | Tiefgang T_{gv} [m] | Wasserliegezeit t_W [Tage] | | V_1 | V_m |
| Länge der Meßstrecke [sm] | Stärke des Seegangs [Bft] | Tiefgang T_m [m] | Generatorleistung [kW] | [°] | V_2 | Vergleichsgeschw. V_v |
| 407 | W | 4,39 | 0,01; hl. | 270 | 13,83 | 13,92 |
| 11. 11. 66 | 3 | 3,38 | 176 ÷ 45 | 90 | 14,04 | |
| 1 | 1-2 | 3,88 | 130 | 270 | 13,76 | 14,28 |
| 411 | SW | 4,36 | 0,01; kfl. | 270 | 14,34 | 13,96 |
| 29. 12. 66 | 2-3 | 3,37 | 74 | 90 | 13,64 | |
| 1 | 1-2 | 3,86 | 130 | 270 | 14,23 | 14,20 |
| 412 | SW | 4,36 | 0,29; kfl. | 90 | 13,43 | 13,89 |
| 27. 2. 67 | 2 | 3,65 | 116 | 270 | 14,26 | |
| 1 | 1 | 3,98 | 130 | 90 | 13,61 | 14,37 |
| 413 | SE | 4,35 | 0 | 90 | 13,55 | 13,93 |
| 9. 4. 67 | 2 | 3,35 | 125 | 270 | 14,29 | |
| 1 | 1-2 | 3,85 | 135 | 90 | 13,58 | 14,30 |
| 414 | NW | 4,40 | 0,04; hl. | 90 | 13,98 | 13,95 |
| 30. 8. 67 | 4-5 | 3,36 | 138 | 270 | 13,92 | |
| 2 | 4 | 3,88 | 135 | 90 | 13,96 | 14,42 |
| 415 | WSW | 4,40 | 0 | 90 | 14,10 | 13,85 |
| 22. 6. 67 | 3 | 3,40 | 132 | 270 | 13,56 | |
| 2 | 1-2 | 3,89 | 130 | 90 | 14,18 | 14,31 |
| 416 | SSW | 4,36 | 0,04; kfl. | 90 | 14,29 | 14,40 |
| 27. 10. 67 | 2-3 | 3,40 | 114 | 270 | 14,48 | |
| 2 | 0-1 | 3,88 | 135 | 90 | 14,34 | 14,85 |
| 417 | W | 4,50 | 0,05; hl. | 90 | 14,06 | 13,91 |
| 1. 10. 67 | 4 | 3,45 | 120 | 270 | 13,72 | |
| 2 | 3 | 3,97 | 130 | 90 | 14,12 | 14,46 |
| 418 | SW | 4,30 | 0,10; kfl. | 270 | 14,26 | 14,22 |
| 21. 11. 67 | 2-3 | 3,40 | 89 | 90 | 14,18 | |
| 2 | 1-2 | 3,85 | 130 | 270 | 14,26 | 14,45 |

Tafel 2
Fahrtbedingungen und Ergebnisse der Meilenfahrten

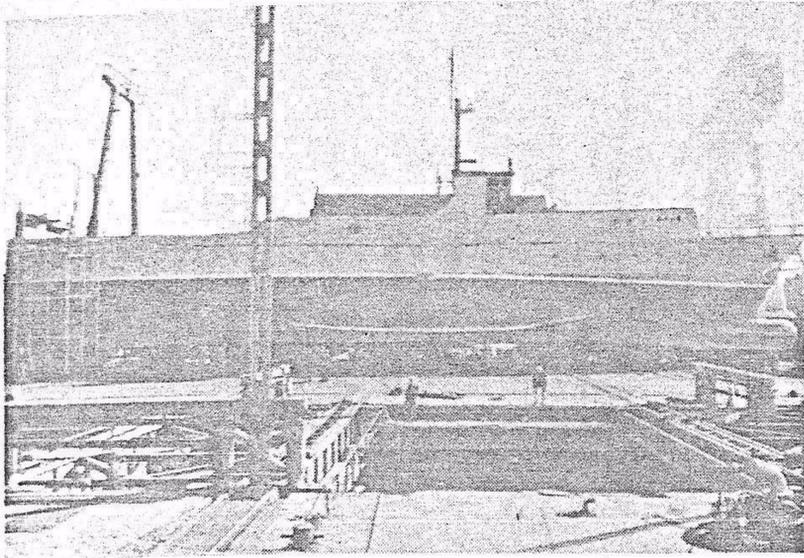


Bild 6. Gesamtseitenansicht des Hecktrawlers mit Bugwulst auf der Helling

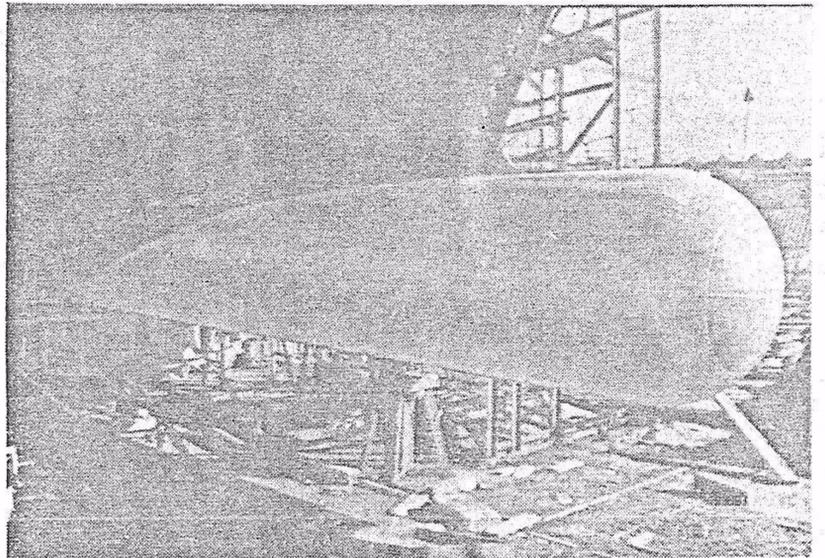


Bild 7. Bugwulst am Schiff, schräg von vorn gesehen

Zu- bzw. Abschalten von Verbrauchern. Durchschnittlich wurde der Wellengenerator mit 130 bis 135 kW belastet.

Eine zusätzliche Kontrolle der Antriebsleistung erfolgte bei zwei Schiffen (Trawler 407 und Wulsttrawler 416) durch eine Leistungsmessung (Maihak-Torsionsmeßgeräte). Die Meßergebnisse bestätigten eine hohe Konstanz der Maschinenbefastung und die vereinbarte Propellerleistung von 1500 PS.

Die Meilenstrecke wurde mit jedem Schiff dreimal durchfahren. Aus den Geschwindigkeitswerten V_1, V_2, V_3 je Durchgang wurde die mittlere Schiffsgeschwindigkeit V_m bestimmt.

$$V_m = \frac{V_1 + 2V_2 + V_3}{4}$$

4. Ergebnisvergleich

Die Geschwindigkeitswerte V_m lassen noch keinen gültigen Vergleich zu, da Einflüsse unterschiedlicher Tiefgänge, Wasserliegezeiten und Trimmverhältnisse enthalten sind.

Beim Tiefgang waren nur verhältnismäßig geringe Differenzen vorhanden ($T_m = 3,85$ m bis 3,98 m). Auch der Trimm war recht konstant. Es wurde eine gleichlastige Schwimmlage des Schiffes angestrebt. Nur in zwei Fällen (Schiff 412 und 418) wurde mit stärkerem kopflastigem Trimm gefahren.

Größere Unterschiede treten dagegen in den Wasserliegezeiten der Schiffe bis zur Meilenfahrt auf ($t_W = 74$ bis 221 Tage, im allgemeinen 114 bis 138 Tage).

Mit Hilfe von überschläglichen Korrekturfaktoren wurden die Geschwindigkeitswerte V_m auf ein bewuchsfreies Schiff in gleichlastiger Schwimmlage mit Probefahrttiefgang ($T_m = 3,85$ m bzw. für Wulstschiff $T_m = 3,80$ m) umgerechnet. Die derart erhaltenen Vergleichsgeschwindigkeiten V_V sind in Tafel 2 enthalten.

Folgende Korrekturfaktoren wurden verwendet:

| | |
|---------------------|---------------------------------------|
| für Tiefertauchung: | $k_1 = 0,015$ kn/cm. |
| für Bewuchs: | $k_2 = 0,003$ kn/Tag Wasserliegezeit. |
| für Trimm: | $k_3 = 0,002$ kn/cm. |

Bei Schiff 418, wo der Heckspiegel bereits stärker ausgetaucht, wurde mit dem Faktor $k_3 = 0,004$ kn/cm gerechnet. Die Faktoren k_1 und k_3 wurden nach Modellversuchsergebnissen der Schiffbau-Versuchsanstalt Berlin-Potsdam festgelegt, der Faktor k_2 nach langjährigen Erfahrungswerten.

Zu beachten ist, daß das Schiff 407 nach einer Wasserliegezeit von 176 Tagen aufgeslipt und mittels Wasserstrahles vom Außenhautbewuchs annähernd gereinigt wurde. Auf Grund dieser Teilreinigung wurde diese Wasserliegezeit nur mit einer Restrauhigkeit in Höhe eines Drittels vom normalen Wert in Rechnung gesetzt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Großversuche für die genannten Probefahrtbedingungen für den Wulsttrawler eine um 0,39 bis 0,65 kn, im Mittel 0,50 kn höhere Geschwindigkeit gegenüber den wulstlosen Schwesterschiffen ergeben haben. Der Mittelwert steht in ausgezeichneter Übereinstimmung mit dem Modellversuchsergebnis, wo ein Geschwindigkeitszuwachs $\Delta V = 0,51$ kn ausgewiesen wird. Ein endgültiger Vergleich kann allerdings erst erfolgen, wenn, wie beabsichtigt ist, Trawler 416 auch ohne Bugwulst auf der Meilenstrecke unter möglichst gleichen Bedingungen getestet wurde.

Ergänzend soll erwähnt werden, daß bisher durchgeführte Schiffsproben keine nachteiligen Veränderungen des Verhaltens des Wulsttrawlers gegenüber den wulstlosen Serienschiffen in der Drehkreisfahrt und beim Standard-Manövierversuch ergeben haben. Während des Einsatzes des Wulsttrawlers im Atlantik soll die Wirksamkeit des Wulstbuges bezüglich der Freifahrtgeschwindigkeit bei größeren Tiefgängen und bezüglich des Verhaltens des Schiffes im Seegang durch Messungen und Beobachtungen geprüft werden.

Literatur

- [1] *Byard, R.*: Research in Ship Hydrodynamics. Schiffstechnik 14 (1967) 70, S. 3 bis 10.
- [2] ... Entwicklung eines neuen Fischereifahrzeugtyps „Zubringer-Trawler“ für die Flottillenfischerei. Schiffbautechnik 17 (1967) 1, S. 9 bis 15. SBA 5760



Eine gute Informationsmöglichkeit

über die für Ihren Fachbereich wichtige lieferbare und kommende Technikk-literatur bietet unser Messestand auf der

Leipziger Frühjahrsmesse 1968

im Messehaus am Markt, Stand 155 — 157 — 159.

Es ladet ein



VEB VERLAG TECHNIK