

Die Entwicklung moderner Hochsee-Fischereifahrzeuge

Von Ing. HORST ZEMKE, Berlin

DK 629.124.72

(Fortsetzung aus Heft 1/53, S. 12)

Einbau von Kortdüsen bei Trawlern?

Bei einer Reihe von Fischereifahrzeugen sind Kortdüsen eingebaut worden. Die Anwendung derselben ist dann gegeben, wenn die Schraubenbelastung $\frac{WPS}{F_p \cdot v^3}$ eine hohe ist und der Wirkungsgrad η' der frei fahrenden Schraube kleine Werte annehmen würde. Die Kurve in Bild 5 gibt den Bereich der durch Modell- und Probefahrtsmessungen erhärteten möglichen Verbesserung des Schraubenwirkungsgrades in Prozent wieder. Fischereifahrzeuge haben normalerweise verhältnismäßig gering belastete Schrauben. Im Seegang steigt jedoch der Fahrwiderstand gerade dieser Fahrzeuge oftmals bedeutend an, wobei sich ein starkes Anwachsen

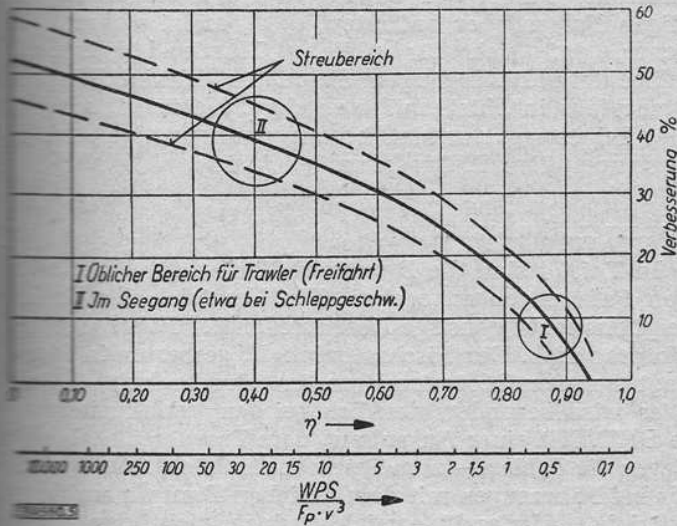


Bild 5. Schraubenwirkungsgrad und Schraubenbelastung bei Trawlern und die mögliche Verbesserung bei Anwendung von Kort-Düsen

der Schraubenbelastung verbunden mit geringem Fortschrittsgrad einstellt. Zum anderen kommt es beim Fischereifahrzeug ganz allgemein auf gute Schleppleistung an. Die angestellten Überlegungen ließen also zwar in Ruhigwasser bei Freifahrt kaum eine Verbesserung der Fahrgeschwindigkeit erwarten, andererseits stand eine Leistungssteigerung bei Seegang und beim Schleppen des Netzes in Aussicht. Durchgeführte Untersuchungen an einem Modell des im Jahre 1929 erbauten und bereits erwähnten Trawlers „Volkswohl“ bestätigten diese Gedankengänge. 1935 wurden daraufhin der Fischdampfer „Kassel“, ein Fahrzeug mit einer Maschinenleistung von 400 PSi, und später weitere Trawler entsprechend umgebaut, deren Erprobung die Erwartungen bestätigte. Bei Freifahrt (10,5 kn) ergab sich eine Leistungsersparnis von lediglich 2%, der Trossenzug stieg um etwa 30 bis 35%. Die Zunahme der Schleppgeschwindigkeit errechnete sich zu 0,4 bis 0,5 kn und wurde im Seegang noch übertroffen. Ein Lufteinbruch in die Propellerebene wurde durch den Einbau der Kortdüse weitgehend vermieden.

Die Anwendung der Kortdüse wirkt sich also in ähnlichem Sinne günstig aus, wie die oben erwähnte Maierform. Untersucht man die nach dem Kriege fertiggestellten Neubauten, so stellt man nun fest, daß zwar die Maierform in ganz erheblichem Maße Verwendung findet, die Kortdüse ihren Platz jedoch nicht behaupten konnte. Der Grund mag darin zu suchen sein, daß Zahl und Umfang der mit der Maierform erzielbaren Vorteile

die bei Anwendung der Kortdüse erreichbaren Vorzüge überwiegen. Andererseits liegt der normale Trawlertyp mit seiner Schraubenbelastung an der unteren Grenze, bei der Verbesserungen bei Freifahrt eben noch erzielbar sind. Der Wert $\frac{WPS}{F_p \cdot v^3}$ lag bei den ersten umgebauten Trawlern bei etwa 0,38, bei der „Volkswohl“ erreichte er etwa 0,64. Die Nachrechnung bei einem neuen schnellen Trawler, „Thorkell Mani“, ergibt eine Schraubenbelastung von etwa 0,37 bei 13,6 kn. Als Vorteil der Kortdüse wird bisweilen angeführt, daß die Eigenart der Düsen-schraube eine größere Schluckfähigkeit und damit eine mögliche Steigerung der Schraubendrehzahl ohne größeren Abfall des Propulsions-Wirkungsgrades η_p mit sich bringt. Dieser Vorteil kommt aber hauptsächlich bei Motortrawlern zur Geltung, da hier unter Umständen auf ein Untersetzungsgetriebe verzichtet werden kann bzw. bei direktem Antrieb eine Verringerung des Motorgewichtes ermöglicht wird.

Bild 6 gibt Propulsionsmessungen an einem Fischdampfermodell nach Unterlagen der Hamburgischen Schiffbauversuchsanstalt wieder. Neben dem Einfluß der Kortdüse ist aus diesem Beispiel auch die starke Abhängigkeit des Trawlers von den Wetterbedingungen, insbesondere des Seegangs, ersichtlich. Bei einem Verhältniswert k von Wellenlänge λ zu Schiffslänge $L = 1$ ergibt sich demnach ein Abfall der Schiffsgeschwindigkeit V auf weniger als ein Drittel des Normalwertes. Es muß erwähnt werden, daß diese Werte nur bei einer normalen Schiffsförmigkeit haben. Bei Anwendung der Maierform oder einer ähnlichen Rumpfgestaltung (z. B. Seebeckentwürfe) ergeben sich erwiesenermaßen geringere Fahrtverluste.

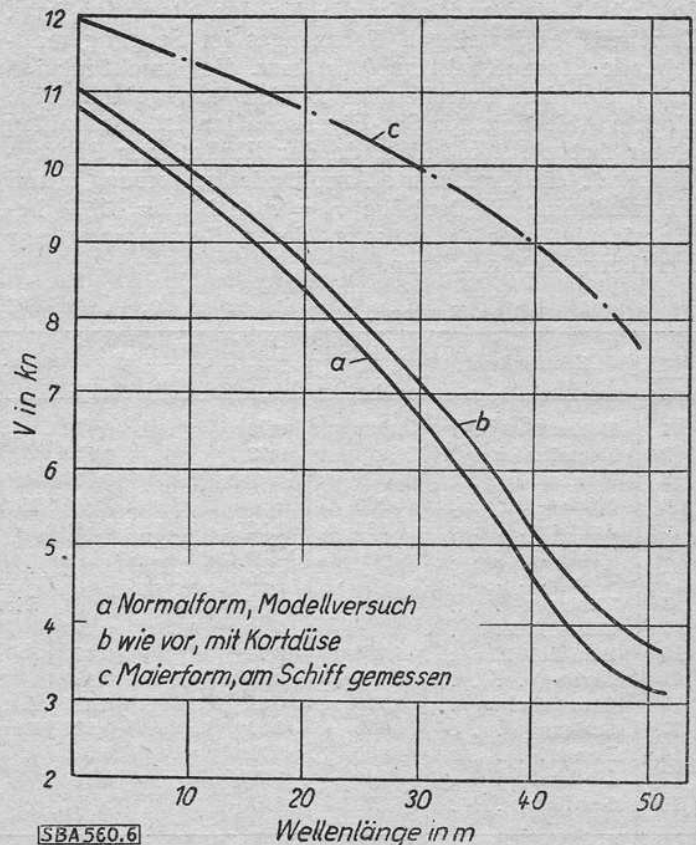


Bild 6. Propulsionsverhältnisse bei Trawlern verschiedener Bauart

Verhalten des Trawlers im Seegang

Das vorgenannte Verhältnis $k = \lambda/L = 1$ wird allgemein bei der Betrachtung ungünstiger Fälle herangezogen; jedoch hat Weinblum in einer früheren Arbeit gezeigt, daß auch bei anderen Wellenlängen die Tauch- und Stampf-schwingungen, die den Fortschrittsgrad bzw. Fahrtverlust in erster Linie beeinflussen, große Werte annehmen können, wenn nämlich die Lage des Schiffes zur Wellenrichtung bestimmt durch den Winkel α Wellenlängen ergibt, die, relativ auf die Schiffslänge bezogen, ebenfalls den Wert 1 errechnen lassen. In der genannten Arbeit wird der Faktor $k_1 = \lambda_1/L$ eingeführt, wobei $\lambda_1 = \lambda/\cos \alpha$ ist. Der Fall, daß ein Fahrzeug sich parallel zur Fortschrittsrichtung der Wellen, also mit einem Winkel $\alpha = 0^\circ$ bewegt, dürfte der seltene sein. Auf den Auslauf- und Heimreisekursen zu den bekannten Fanggründen werden je nach den Wetterbedingungen und dem gefahrenen Kurs entsprechende Abweichungen und somit sich ändernde tatsächliche Wellenlängen λ_1 auftreten.

Auf dem Nordatlantik wurde eine mittlere wahrnehmbare Wellenlänge λ von etwa 84 m gemessen. Legt man diese Länge vorerst zu runde, so erhält man für verschiedene ausgeführte Trawler k -Werte, wie sie in der Tafel 3 angegeben sind.

Die Mehrzahl aller Trawler üblicher Größe liegt demnach im Bereich von $k \sim 1,60$ bis 1,90. Auch der in der DDR entwickelte Typ der ROS-Reihe gehört hierher und entspricht in seinem k -Wert etwa der „Möretal 1“.

Tafel 3

	$k = \lambda/L$ bei $\lambda = 84$ m	Stampffunktion $\phi(k)^*$	Tauchfunktion $\varepsilon(k)^*$
Arktis	2,18	0,18	0,60
Berlin	1,94	0,21	0,53
Volkswohl	1,71	0,22	0,49
Möretal 1	1,62	0,23	0,46
Finlande	1,18	0,23	0,30

* Werte für $\phi(k)$ und $\varepsilon(k)$ annähernd an Hand geschätzter Werte für α_{KWL} .

In Tafel 3 sind weiterhin die für das Stampfen bzw. Tauchen des jeweiligen Fahrzeuges im Seegang maßgebende Stampffunktion $\phi(k)$ bzw. die Tauchfunktion $\varepsilon(k)$ für den betreffenden k -Wert angegeben. Eine direkte Ablesung der See-Eigenschaften ist aus Zahlen dieser Art nicht möglich, da der Einfluß der Phasenwinkel ε' , die sogenannte Amplitudenverzerrung μ und die wirksame Wellenhöhe $r_0 = r$ (1 bis $2\pi \cdot T/\lambda$) berücksichtigt werden müssen, deren Bestimmung nur annähernd erfolgen kann.

Tafel 4. Raumverhältnisse verschiedener Fischereifahrzeuge

Lfd. Nr.	Schiffsname	Korb je t Deplacem.	Korb je BRT	NRT BRT	BRT t Depl.
1	Bahrenfeld . .	4,688	9,90		0,472
2	Neumünster . .	4,926	9,73		0,506
3	Möretal 1 . . .			0,426	0,555
4	ROS — 201 . . .	4,286			
5	Arktis	6,343	11,33	0,394	0,56
6	Tern		13,80	0,335	
7	Tide		9,35	0,331	
8	Tübingen . . .			0,40	
9	Claus Ebeling .			0,381	0,473
10	Paul J. Müller .	4,088*)	8,70*)		0,47
11	Berlin	4,045*)	8,27*)	0,363	0,49
12	Otto Schubert .	4,107	8,81		0,475
13	Schleswig . . .	4,630	8,80		0,526
14	Buxta	4,920	8,22		0,598
15	Alteland	4,390	9,78		0,448
16	Straßburg . . .	4,390	9,02		0,487

*) Vom Nettoräum berechnet. Bei Zugrundelegung des nicht bekannten Bruttoreumes ergeben sich etwas höhere Werte.

Aus den Untersuchungen von Weinblum und Kent lassen sich jedoch eine Reihe von Schlußfolgerungen für Trawler üblicher Größe ziehen:

1. Unter Zugrundelegung der bei Trawlern üblichen Volligkeitsgrade α_{KWL} erreicht die Stampffunktion $\phi(k)$ ihren Höchstwert bei etwa $k \sim 1,25$;

2. da die Schiffslänge L bei Fischereifahrzeugen vielfach kleiner als die angetroffene Wellenlänge λ ist, wird $k > 1$, und es ergeben sich bei schräger Lage des Fahrzeuges zur Fortschrittsrichtung ($\neq \alpha$) der Wellen steigende Werte $k = \lambda/L$. Hieraus folgt, daß in solchen Fällen

3. die Stampffunktion fallende Werte und

4. die Tauchfunktion verhältnismäßig stark steigende Werte annimmt.

Nach Weinblum, dessen Untersuchungen in dieser Hinsicht sich auf grundlegende Arbeiten Kryloffs aufbauen, geht $\phi(k)$ bei sehr großen k gegen Null, während $\varepsilon(k)$ ihr Maximum bei $k = \infty$ erreicht.

In engen Seegebieten und in Küstennähe treten kürzere Wellenlängen als auf freiem Meere auf. Hier kann der Fall $k = 1$ bzw. $k_1 = 1$ mit seinen ungünstigen Folgen eher auftreten, d. h., es ist wahrscheinlicher, daß sich für übliche Trawler-Längenwerte schlechtere Bedingungen besonders hinsichtlich des Stampfens in Küstennähe ergeben. Natürlich schließt dies keineswegs aus, daß besonders ungünstige Verhältnisse auch über Tiefwasser möglich sind.

Raumverhältniswerte

In Tafel 4 sind die Raumverhältnisse für eine Reihe von Fahrzeugen angegeben. Ein Vergleich der Zahlen zeigt das recht günstige Abschneiden der Fahrzeuge mit Motorantrieb. Der Fischrauminhalt, gemessen in Korb, liegt bei den Motortrawlern im Durchschnitt höher. Dies wird besonders deutlich bei den Verhältniszahlen je BRT. Mit einer Ausnahme, dem Trawler „Alteland“, liegen die Zahlen — zum Teil sogar beträchtlich — höher als bei Fahrzeugen mit dem üblichen Dampfmaschinenantrieb. „Alteland“ erreicht jedoch nicht den hohen Verhältniszahlenwert mancher Motortrawler, wenn man den Fischrauminhalt auf die t Deplacement bezieht. Bemerkenswert ist das gute Ergebnis des kleinen Motorfahrzeuges „Arktis“. Das Schiff weicht in seiner Bauweise in einer Reihe von Punkten von den großen Trawlern ab. Das verhältnismäßig geringe Deplacement beruht u. a. auf der gewählten Antriebsmaschine, dem Leichtmetall-Deckhaus usw. Bemerkenswert ist auch, daß die außergewöhnliche Antriebsform der Trawler der „Tübingen“-Klasse nicht zu einer Verschlechterung der Raumverhältnisse, sondern zu einer Verbesserung derselben geführt hat. Die Verdrängung dieser Elektrotrawler ist leider im Augenblick nicht genau bekannt und deshalb in der Tafel 4 zur Errechnung des Wertes Korb/t Depl. nicht herangezogen; man kann ihn jedoch auf etwa 5,5 Korb/t Depl. schätzen; ein für Fahrzeuge dieser Größenordnung außergewöhnlich guter Wert.

Maßnahmen zur Verbesserung der Steuer- und Manövriereigenschaften

Die Steuereigenschaften eines Schiffes werden von der Ausbildung des Schiffskörpers sowohl unterhalb wie oberhalb der KWL einschließlich der Aufbauten beeinflusst. Um gute Steuereigenschaften im Seegang zu erhalten, ist es notwendig, daß der Angriffspunkt der Windkräfte möglichst in der Nähe des Wider-

standszentrums des Schiffskörpers zu liegen kommt. Dies kann in der Regel durch entsprechenden Trimm und gegebenenfalls auch angemessenen Ruderausschlag erreicht werden. Beobachtungen auf verschiedenen Schiffen lassen den Schluß zu, daß die Lage und das Wandern des Widerstandszentrums von der Ausbildung des Hinterschiffs und der Menge des sich einstellenden Totwassers bestimmt werden. Nach Angaben von Kent soll deshalb der Winkel zwischen Schiffslängsachse und den auslaufenden Schiffslinien am Heck nicht größer als 18° sein. Dies läßt sich bei Trawlern normaler Größe oft durchführen; es bereitet jedoch Schwierigkeiten bei kleinen, völligen Fahrzeugen oder solchen, bei denen ein sehr geringes Verhältnis L/B mit entsprechender Schiffsbreite zugrundegelegt wurde. Auch bei letzteren muß angestrebt werden, den Anteil der Schiffslänge mit Tangentenwinkeln über 18° so gering wie möglich zu halten.

Die Ruderfläche und die Leistung der Rudermaschine sollten reichlich bemessen werden. Schmale und hohe Ruderblätter haben sich besser bewährt als lange und weniger hohe Blattformen gleicher Fläche. Nicht balancierte Ruder werden zweckmäßig durch Einbau einer kleinen, starren Leitfläche vor diesem in ihrer Wirkung verbessert und übertreffen dann meist die sogenannten Halbbalanceruder. Schiffe mit vor dem Ruder liegendem Totholz drehen im allgemeinen etwas schneller an als Schiffe mit Balancerudern ohne Totholz, sofern es sich um Kurskorrekturen mit kleinen Ruderwinkeln handelt. Vom Einfluß der Querschnittsform auf die Ruderwirkung ist seit langem bekannt, daß dicke Stromlinienprofile den relativ höchsten Seitentrieb bei geringem Widerstandswert ergeben. Dies bezieht sich aber ebenfalls nur auf Schiffe, bei denen es vorwiegend auf die Korrektur des Kurses bei möglichst kleinen Ruderwinkeln und gleichzeitig geringem Fahrtverlust ankommt. Viele Trawler sind heute mit Oertzrudern oder neuerdings mit aus diesem System abgewandelten ähnlichen Rudertypen ausgerüstet. Sie weisen in der Regel das vorerwähnte und als günstig erkannte dicke Stromlinienprofil auf.

Die Verteilung der Gewichtgruppen bei Trawlern

Die Verteilung der einzelnen Gewichtgruppen, bezogen auf das Deplacement der Fahrzeuge beim Auslaufen, ist je nach Bauart, verwendeter Antriebsmaschine und Inhalt der Bunker sehr unterschiedlich. Verhältnismäßig stark schwankt z. B. der Anteil des Leergewichts an der Gesamtverdrängung. Bei dem älteren Trawler „Claus Ebeling“ (1933, genietet) beträgt derselbe z. B. 61,1%; bei einem neuen Fahrzeug, „Otto Schubert“ (1950, teilgeschweißt), dagegen nur etwa 51% einschl. Fangausrüstung. Beim Übergang vom genieteten zum geschweißten Schiffskörper kann mit einer Materialersparnis von mindestens 4 bis 5% bezogen auf das Deplacement gerechnet werden. Bezieht man diese Ersparnis auf die Tragfähigkeit, so kommt man zu noch besseren Ergebnissen. Gleichfalls stark schwankend, besonders bei Fahrzeugen mit Dampftrieb, ist der Anteil des mitgeführten Wassergewichts für alle Zwecke, abhängig in besonderem Maße von der erforderlichen Speisewassermenge. Der Anteil am Deplacement schwankt etwa zwischen 6 und 12%. Bei Motortrawlern sinkt dieser Prozentsatz u. U. auf etwa 3%. Die mitgeführte Eismenge liegt gewichtsmäßig meist zwischen 6 und 9%.

Einschneidend in bezug auf den Fassungsraum und damit auf die anteiligen Gewichte ist die Wahl des Brennstoffs. Man kann eindeutig zwei scharf getrennte Gruppen unterscheiden, die in sich, auf Prozentsätze vom Deplacement bezogen, verhältnismäßig wenig

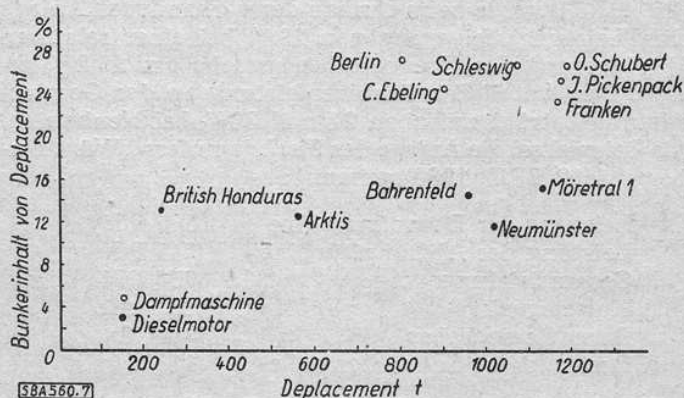


Bild 7. Anteil des Bunkereinhaltes am Deplacement bei verschiedenen Fischereifahrzeugen und Einfluß der Antriebsart

variieren. Bild 7 zeigt dies mit großer Deutlichkeit. Die angegebenen Fahrzeuge benötigen bei Dampftrieb etwa 23 bis 28% des gesamten Deplacements für den Bunkereinhalt; in einigen seltenen Fällen kann der Prozentsatz noch größer werden. Die zweite Gruppe der Motortrawler schwankt in sich noch weniger. Auch eine Reihe weiterer untersuchter Motortrawler der nord-europäischen Länder liegt in dem aus Bild 7 ersichtlichen Bereich von etwa 11 bis 15% der Gesamtverdrängung. Bei einer Reihe außereuropäischer Motortrawlern schwankt der Anteil der Bunkereinhalte in etwas stärkerem Maße. Der Grund für die ziemliche Einheitlichkeit der erstgenannten Gruppen ist wohl u. a. darin zu suchen, daß trotz gewisser Unterschiede in der Maschinenleistung bzw. der Werte PS/t und damit verbundener Unterschiede im Brennstoffverbrauch gleiche Seegebiete für die Fangreisen der einzelnen Fahrzeuge angenommen wurden und man deshalb zu relativ ähnlichen Entwurfsbedingungen für die Bemessung der Fahrtstrecken gelangt.

Antriebsanlagen

Über die verschiedenen Antriebsarten, ob Dampfmaschine (mit oder ohne Abdampfturbine) oder Dieselmotor, soll an dieser Stelle nicht allzuviel gesagt werden, da genügend Fachliteratur vorliegt. Die Anhänger des letzteren haben gewichtige Argumente ins Feld zu führen, so daß sich der Übergang zum Dieselmotor in immer schnellerem Maße vollzieht. Ausländische Neubauten werden heute vielfach mit Dieselmotoren, meist in Viertaktausführung, z. T. auch mit Aufladung, ausgerüstet. In Westdeutschland tritt man an die Übernahme des Motorantriebes sehr viel zögernder heran, wie viele Neubauten beweisen, doch ist auch hier die Schwenkung unverkennbar. Es ist begrüßenswert, daß beim Neuaufbau der Trawlerflotte der DDR der entschlossene Schritt zum Dieselmotor getan wurde, denn zweifellos gehört dieser Antriebsart die Zukunft. Abgesehen von der Brennstoffseite, deren Vorteile bei Verwendung von Treiböl augenfällig sind (s. auch Bild 7), beeinflussen Anlagekosten, Liefermöglichkeit und eine Reihe anderer Faktoren die Wahl der Antriebsart.

Beim Dampftrieb wird fast durchweg der Dreifach-Expansionsmaschine der Vorzug gegeben. Je nach Leistungsgröße, Füllung und Drehzahl wiegt eine derartige Anlage ohne Kessel und Hilfsgeräte mindestens 30 bis 40 t, teilweise bis 50 t. Einen bedeutenden Schritt vorwärts bildete die Einführung der Abdampfturbine nach Bauer-Wach. Ihre Anwendung bringt zwar in der Regel keine besondere Gewichtseinsparung mit sich, doch ist eine sehr merkbare Verbesserung des Brennstoff- bzw. Dampfverbrauches zu verzeichnen. Der Dampfverbrauch ist im Durchschnitt etwa 20 bis 25% geringer. Auf dem älteren Fischdampfer „Carl Bergh“

(251 BRT) wurde beim Umbau der vorhandenen Anlage eine Leistungssteigerung von 29% bei einer relativen Verringerung des Brennstoffverbrauchs um 19,2% erzielt. Der Anteil der Turbinenleistung an der Gesamtleistung beträgt zwischen 24 und 33% bei Neubauten. Als Beispiel sei die Anlage des Fischdampfers „Württemberg“ (412 BRT, 1930) genannt:

Leistung der Dampfmaschine	505 PSi
Leistung der Abdampfturbine	245 PSi
Gesamtleistung	750 PSi
Kesseldruck	15,5 atü
Dampftemperatur	300° C
Drehzahl der Schraubenwelle	118 U/min

Eine Abart der normalen Abdampfturbinenanlage stellt die Turbocompoundanlage dar. Bei dieser wird der ND-Zylinder der Dampfmaschine entbehrlich und die entsprechende Druckstufe in die Turbine verlegt. Auch mit diesem Anlagentyp sind viele Fahrzeuge ausgerüstet worden, z. B. in großer Zahl die Trawler der britischen „Kingston“-Klasse. Der Aufbau dieser Maschinen ist sehr gedrängt, so daß die Baulänge kaum diejenige einer normalen Dreifach-Expansionsdampfmaschine übersteigt.

Untersuchungen an Bord haben ergeben, daß bei Einbau einer Abdampfturbine die Drehmomentschwankungen wesentlich verringert werden und daß die Lage der kritischen Drehschwingungszahlen in günstigere Bereiche verschoben wird. Die zusätzlichen Schwungmassen des Turbinenrotors, der Flüssigkeitskupplung und des Getriebes bewirken außerdem im Seegang beim Austauschen der Schraube eine Gleichhaltung der Schraubenwellendrehzahl. Beim Ausfall der Kolbendampfmaschine durch Havarie auf See besteht ferner die Möglichkeit, durch direkte Aufschaltung der Frischdampfleitung auf die Turbine mit verringerter Leistung, etwa 30 bis 40% der Gesamtleistung, weiterhin Fahrt zu halten. Die verhältnismäßig hohen Kosten einer Abdampfturbinen-Anlage stehen bisweilen, trotz der genannten Vorteile, einer Auftragserteilung im Wege, da erst im Laufe mehrerer Jahre die Einsparungen im Betrieb die Anlagekosten ausgleichen.

Neben Kolbendampfmaschinen-Anlagen normaler Bauart sind nach dem Kriege auch vereinzelt sogenannte Hamburg-Maschinen mit größerer Schnellläufigkeit und geringeren Abmessungen, ähnlich den an Land üblichen Kapseldampfmaschinen, eingebaut worden. Hierzu gehört z. B. der in Tafel 1 genannte Fischdampfer „Paul J. Müller“. Die Anlage arbeitet ebenfalls mit einer Abdampfturbine zusammen und ermöglicht erhebliche Einsparungen an der Maschinenraumgröße. Der etwas komplizierte Aufbau und das vorhandene Mißtrauen mancher Auftraggeber gegen schnelllaufende Maschineneinheiten standen der weitergehenden Einführung bisher wohl im Wege.

Der Dampferzeugung dient fast ausschließlich der bekannte Einenderzylinderkessel mit etwa 200 bis 250 m² Heizfläche. Es hat nicht an Versuchen gefehlt, die erheblichen Kosten und das große Gewicht des Kessels — etwa 50 bis 55 t — zu verringern. Moderne Wasserrohrkessel haben sich jedoch noch nicht einführen können, mit Ausnahme einiger weniger Capuskessel, die eine Zwischenstellung zwischen den beiden Hauptgruppen einnehmen (F. D. „Straßburg“ u. a.). Das Gewicht läßt sich beim Wasserrohrkessel um etwa 40% reduzieren. Ob allerdings eine Verbilligung entsprechend dem geringeren Materialaufwand erzielt werden kann, wie es bisweilen behauptet wird, erscheint fraglich. Z. Zt. fährt in Westdeutschland der Trawler „Remscheid“ mit einem Wasserrohrkessel, der sich nach anfänglichen Störungen gut bewährt haben soll. Die Haupteinwände der Auftraggeber richten sich gegen die nach ihrer Meinung schwierigeren Betriebsbedingungen, die eine

sorgfältigere Bedienung und Wartung der Kessel erforderlich machen.

Die Antriebsanlagen der Motortrawler bestehen in der Regel aus Viertaktmotoren mit meist 6, seltener 8 Zylindern. Hin und wieder findet man auch einfach wirkende Zweitaktmotoren. Gewichtsmäßig sind alle Motoren den Dampfanlagen weit überlegen. Ein Antriebsmotor üblicher Leistung (750 bis 900 PS) wiegt etwa 25 bis 30 t. Die Kesselanlage mit ihrem großen Gewicht kommt ganz in Fortfall, abgesehen von einem eventuell einzubauenden kleinen Hilfskessel. Das hinzutretende Getriebe, auf dessen Einbau bei den üblichen Drehzahlen nicht verzichtet werden kann, wiegt nur einen Bruchteil der entfallenden Kesselanlage, nämlich etwa 6 bis 7 t.

Vereinzelt wurden auch Vulcangetriebe, d. h. normale Getriebe mit zusätzlicher hydraulischer Kupplung eingebaut. Als Beispiel diene das portugiesische Fischereifahrzeug „Santa Joana“. Die Antriebsanlage besteht aus zwei Dieselmotoren von je 450 PSe bei 320 U/min, die über das genannte Getriebe auf eine gemeinsame Schraubenwelle (860 WPS) mit 115 U/min arbeiten. Die Anlage gestattet auch das Fahren mit nur einem Dieselmotor, der zu diesem Zweck durch Aufladung auf eine Leistung von 540 PSe gebracht werden kann. Die Aufladung erfolgt durch ein besonderes Gebläse, dessen Antriebs-E-Motor von einem der beiden vorhandenen, auch für den Netzwindenantrieb bestimmten Dieseleratorsätze erfolgt. Anlagen dieser Art haben wiederum den Nachteil des verhältnismäßig großen Kostenaufwandes. Als Vorteil muß die Vermeidung der Drehmomentschwankungen und Torsionsschwingungen erwähnt werden sowie als Folge hiervon die mögliche Gewichtseinsparung bei der Bemessung der Propellerwelle. Diese kann nach den für Turbinenantrieb geltenden Formeln schwächer ausgeführt werden.

In einigen Trawlern wurden bereits Dieselmotoren mit Aufladung eingebaut. Unter Umständen kann man, um eine höhere Leistungsstufe mit Hilfe der Aufladung zu erzielen, sogar auf einen kleineren Motor übergehen, wenn dieser mit einem entsprechenden Gebläse versehen ist. Dies zeigt z. B. der Vergleich der beiden nachstehend aufgeführten Motoren:

	Type	Zyl.	Aufladung	Lstg. PS	Drehz. U/min	Gew. t	Länge m
Werkspoor	TMAS 337	7	ohne	755	325	26,5	4,85
Werkspoor	TMABS 336	6	mit	940	325	24,5	4,30

Die Einbauhöhe der für Trawler in Frage kommenden Motortypen schwankt etwa zwischen 2,20 und 2,50 m, gemessen ab OK. Fundament (Mitte Kurbelwelle); bei den vorgenannten Werkspoormotoren beträgt sie 2,48 m. Eine weitere Verringerung des Motorgewichtes und der Einbaumaße wäre möglich beim Übergang zum hochaufgeladenen Motor. Versuchsmotoren dieser Art mit mehrstufigen Gebläsen laufen bereits seit längerer Zeit zur Zufriedenheit, so daß mit einem Einbau in nicht allzu ferner Zeit gerechnet werden kann. Genannt sei hier der neue MAN-Motor der Type K 6 V 30/45, der etwa 1360 PS bei 428 U/min entwickelt, ohne die oben genannten Gewichte zu überschreiten.

Diese kurze Darstellung der Antriebsanlagen kann nicht abgeschlossen werden, ohne daß kurz auf zwei Neuentwicklungen eingegangen wird, nämlich auf die sogenannte „Vater-und-Sohn“-Anlage des neuen Trawlers „Bahnenfeld“ und auf die dieselektrische Anlage des Trawlers „Tübingen“. Die erstere besteht aus zwei Antriebsmotoren, wie der Name bereits besagt, einem größeren und einem kleineren, wobei der Motor geringerer Leistung auch von der Schraubenwelle abgekuppelt und zum Antrieb der Netzwinde benutzt werden

kann. Diese geschickte Anordnung dürfte voraussichtlich weitere Freunde finden. Aus Wartungs- und Ersatzgründen sind beide Motoren von gleicher Grundtype, jedoch verschiedener Zylinderzahl. Um die nötige Leistungsstufe zu erzielen, wurde der stärkere der beiden Motoren mit Aufladung, der kleinere dagegen ohne eine solche ausgerüstet, so daß sich mit einem Zylinderzahlverhältnis von 2:1 ein Leistungssprung von etwa 2,9:1, nämlich $720 + 250$ PS ergibt.

Die Anlage des Elektrotrawlers „Tübingen“ und seiner Schwesterschiffe ist in der Fachpresse eingehend behandelt worden, so daß sich eine nähere Beschreibung erübrigt. Mit einem höheren Aufwand als sonst üblich werden eine Reihe von Vorteilen erzielt, die sich insbesondere auf die Belastung und den Verbrauch der Dieselmotoren, die Drehzahlstufung, das Manövrieren und auf günstiges Schleppverhalten beziehen. Hervorgehoben muß weiter werden, daß es gelang, durch Unterbringung der Antriebsanlage in zwei übereinanderliegenden Decks trotz des erhöhten Aufwandes zusätzlichen Fischraum zu gewinnen; genannt wurden 69% gegenüber Trawlern vergleichbarer Abmessungen. Der Verfasser ist trotz der Vorzüge der Anlage in technischer Hinsicht der Meinung, daß Antrieben dieses Umfanges und der genannten Bauart beim Bau von Trawlern keine weite Verbreitung beschieden sein wird. Neben gesteigerten Anforderungen bei der Wartung und Indiensthaltung sind bei einer relativ größeren Zahl von möglichen Havariestellen (die allerdings durch die Aufteilung in mehrere Aggregate kaum zu größeren Auswirkungen kommen würden) auch die weit höheren Beschaffungskosten zu berücksichtigen. Hiermit soll kein Werturteil in bezug auf den dieselektrischen Antrieb im allgemeinen ausgesprochen werden; der Verfasser ist im Gegenteil der Meinung, daß bei größeren Schiffen diese Antriebsart durchaus befürwortet werden kann. Beim Bau von Trawlern muß jedoch das Schergewicht auf besonders einfache und robuste und dabei nicht zu kostenaufwendige Antriebe gelegt werden. Es sollte möglich sein, die Raumaussnutzung der Fahrzeuge mit normalen Antriebsanlagen noch weiter zu verbessern und an Hand des Beispiels der „Tübingen“ weitere Wege zu einer geschickten Raumverteilung unserer Trawler zu finden.

Einflüsse der Antriebsanlage auf Brennstoffverbrauch und -kosten

Der Übergang zum Dieselmotor wird in der Hauptsache neben dem Gesichtspunkt der besseren Raumaussnutzung und Gewichtersparnis von der Brennstoffseite her bestimmt. Die Unterbringung des Treiböls, vor allem im Doppelboden, ermöglicht den Wegfall der Kohlebunker und die Gewinnung zusätzlichen Fischraumes. Die Trimmverhältnisse werden ebenfalls verbessert, da ein Umpumpen innerhalb der einzelnen Zellen möglich ist. Beim derzeitigen Preisstand der verschiedenen Treibstoffe schneidet die Dieselanlage zweifellos günstiger ab; die sich errechnende Betriebskostendifferenz ist jedoch je nach den örtlichen Verhältnissen sehr verschieden. Eine britische Trawler-Reederei stellte nach Inbetriebnahme ihres ersten Motortrawlers vor einiger Zeit fest, daß sich die Kosten um ca. 50% verminderten. Ersparnisse in dieser Höhe dürften jedoch selten sein. Legt man eine Preisdifferenz zwischen Gasöl und Steinkohle von 2:1 zugrunde, dann ergibt sich bei einem geschätzten Verbrauch für Dieselantrieb von etwa 0,18 kg/PS/h und für Dampftrieb mit Abdampfturbine von etwa 0,48 kg/PS/h eine Preisdifferenz für den reinen Brennstoffverbrauch von etwa 25%. Diese Zahl verschiebt sich unter dem Einfluß der unterschiedlichen Schmierstoffkosten, Löhne usw. Die Kostensenkung muß ferner unter Berücksichtigung der verringerten Schiffsabmessungen bzw. bei gleicher Schiffs-

größe, des vergrößerten Fischraumes bei Anwendung des Dieselmotors betrachtet werden. Im Hinblick hierauf können Gesamtersparnisse in Höhe der obengenannten 50% in Einzelfällen erzielt werden.

Eine weitere Senkung der Betriebskosten wäre möglich, wenn ein Übergang zum Betrieb der Motoren mit Bunker-C-Öl erfolgen würde. Die bei Trawlern eingebauten Viertaktmotoren üblicher Leistungsstufe und Drehzahl eignen sich jedoch leider, dem derzeitigen Stand der Technik entsprechend, noch nicht zur Anwendung dieses Systems. Selbst wenn dies in absehbarer Zeit möglich sein sollte, würden sich beim Trawler mit seinen begrenzten Raumverhältnissen der Anwendung größere Schwierigkeiten als beim normalen Frachtschiff entgegenstellen. Die vermehrten Störungsquellen infolge Einbaues zusätzlicher Hilfsgeräte (Separatoren, Vorwärmer usw.) und die erhöhten Anforderungen an ein entsprechend qualifiziertes Personal werden sicher nicht dazu beitragen, die Einführung zu beschleunigen, obwohl mit einer Kosteneinsparung für den Brennstoff von etwa 20% gegenüber normalem Dieselmotor zu rechnen ist.

Ein aussichtsreicher Weg zur Verminderung des Brennstoffverbrauches und der Betriebskosten ist die im Versuchsstadium befindliche und bereits erwähnte Hochaufladung der Motoren mittels mehrstufiger Turbogebläse. Der genannte MAN-Versuchsmotor erreicht einen Brennstoffverbrauch von nur 0,14 kg/PS/h. Sollte es möglich sein, diesen Motorentyp absolut dauerhaft betriebssicher zu machen, so würden sich zweifellos viele Auftraggeber für den Einbau in Trawlern entschließen, und es könnte eine schnellere Einführung vorausgesagt werden als im Falle des Bunker-C-Öl-Betriebes, da die zusätzlichen Einbauten und sonstigen Nachteile fortfallen. Die Ersparnis an Brennstoffkosten liegt etwa auf gleicher Höhe.

Der Schleppwindenantrieb

Nächst der Antriebsmaschine des Trawlers ist dessen Schleppwindenaggregat der wichtigste maschinelle Teil der Ausrüstung. Fahrzeuge mit Dampfmaschinenantrieb haben in der Regel auch eine dampfbetriebene Schleppwinde, deren Charakteristik und Überlastungsfähigkeit den Schleppbedingungen besonders gut gerecht wird. Bei Motortrawlern muß das Antriebsproblem für die Schleppwinde auf andere Art und Weise gelöst werden. Ein direkter Dieselmotorenantrieb scheidet aus, da die erforderliche Überlastungsfähigkeit hier nicht gegeben ist. Als Übertragungselement haben sich sowohl zwischengeschaltete Flüssigkeitskupplungen wie auch elektrische Hilfsmittel als zweckmäßig erwiesen. Bei den letzteren ist vor allem die Ward-Leonard-Schaltung gebräuchlich. Selbst bei kleinsten Drehzahlen kann der Schleppwinden-E-Motor in dieser Schaltung sein volles Drehmoment entwickeln. In Tafel 5 sind für eine Reihe von Motortrawlern die Schleppwindenantriebe näher gekennzeichnet. Von den beiden vorgenannten Möglichkeiten zum Antrieb der Winden wird auf die verschiedenste Art und Weise Gebrauch gemacht. Aus Tafel 5 ist gleichfalls zu ersehen, daß die Leistung der Antriebe sehr unterschiedlich ist. Das erforderliche Leistungsminimum dürfte für die nordeuropäischen Fanggebiete etwa der Leistungsstufe entsprechen, wie sie auf der „Arktis“ vorgesehen ist, also etwa 150 PS. Die in der Tafel zum Vergleich aufgeführten ehemaligen amerikanischen Motortrawler weisen geringere Leistungswerte auf, die zwar für Küstengewässer ausreichend sein mögen, aber für ihre jetzigen Fanggebiete wohl zu schwach sein dürften.

Bemerkenswert starke Anlagen, die auch den schwersten Ansprüchen gewachsen sein sollten, weisen die neuen Trawler der DDR, der Baureihe ROS 201, auf. Um die Leistungsfähigkeit von Windenantrieben be-

Tafel 5. Schleppwinden-Antriebe für Motortrawler

Lfd. Nr.	Schiffsname	Bauart des Schleppwinden-Antriebs	Leistung PS	Schleppwindenleistung in % der Schiffs-Antriebsleistung
1	ROS—201 . . .	Diselelektrischer Antrieb mit getrenntem Dieselmotor	DM ¹⁾ 300	32,6
2	Thorkell Mani . .	Elektro-Motor in Ward-Leonard-Schaltung, wahlweise auf verschiedene Bordnetzgeneratoren aufschaltbar	EM ²⁾ 270	16,7
3	Möretal 1 . . .	Getrennter Dieselmotor m. hydr. Voith-Turbowende-Kupplung	DM 180	18,0
4	Bahrenfeld . . .	Leistungsübertragung v. d. kleineren d. beiden Schiffsantriebsmotoren (sog. Vater-Sohn-Anlage) auf Leonard-Generator 162 kW	DM 250 Gen. ³⁾ 220	25,8 22,7
5	Tübingen	Antrieb d. Netzwinden-E-Motors wahlweise von einem der drei Schiffsantriebs-Generatoren, Leonardschaltung	EM 190	27,1
6	Arktis	Dieselmotor mit zwischengeschalteter Voith-Turbokupplung	DM 150	25,0
7	Tide	Diselelektrischer Antrieb mit getrenntem Dieselmotor	EM 109	16,8
8	John	Antrieb vom Schiffsantriebsdieselmotor über hydr. Kupplung (Neptune-Anlage)	variabel	variabel
9	British Honduras	Diselelektrischer Antrieb mit getrenntem Dieselmotor	DM 100	26,3
10	Squall	Diselelektrischer Antrieb mit getrenntem Dieselmotor	EM 98	13,1
11	Josephine Ess . .	Diselelektrischer Antrieb mit getrenntem Dieselmotor	EM 81,5	13,0
12	Hildina	Diselelektrischer Antrieb	EM 126	18,0

¹⁾ DM = Dieselmotor, ²⁾ EM = Elektromotor, ³⁾ Gen. = Generator.

urteilen zu können, sei erwähnt, daß bei einer Antriebsleistung von 100 PS ein Leinenzug von etwa 5,5 t dem Drehmoment des Windenantriebsmotors die Waage hält. Bei 4,5 t Zug ist langsames, bei 3,5 t Zug schnelleres Aufholen mit etwa 60 m/min möglich. Bei 6,5 t Zug läuft die Leine unter Überwindung des Antriebsdrehmoments langsam ab.

In der Tafel 5 ist neben den Leistungswerten auch der Prozentsatz derselben in bezug auf die Leistung der eigentlichen Schiffsantriebsanlage vermerkt. Hieraus ist ersichtlich, welchen Umfang die eingebauten Schleppwindenanlagen einnehmen und welche Bedeutung ihnen im Rahmen des Trawlerbaues zukommt. Die Leistungswerte der Tafel sind mit einem Index versehen, aus dem ersichtlich ist, auf welchen Teil der Anlage sich die Leistungsangabe bezieht.

Die Besatzung und ihre Unterbringung an Bord

Die Mehrzahl der Trawler normaler Größe weist eine Besatzung von etwa 20 bis 24 Mann auf. Dies entspricht umgerechnet etwa 20 bis 25 BRT je Kopf der Besatzung. Bezogen auf das Displacement ergeben sich etwas größere Unterschiede, nämlich etwa 42 bis 53 t je Kopf. Diese Zahlen umfassen sowohl Fahrzeuge mit Dampfmaschinenantrieb wie auch Motortrawler, so daß hier kein merkbarer Unterschied nach der Antriebsart gemacht werden kann. Bei kleinen Fahrzeugen fällt naturgemäß der Vergleich etwas ungünstiger aus, da eine gewisse Besatzungsstärke zur Erfüllung der an Bord notwendigen Aufgaben nun einmal erforderlich ist. 11 bis 12 Mann stellen etwa das Minimum auch bei den kleinsten Trawlern ab etwa 250 t Displacement dar.

Es ist bemerkenswert, daß einige, insbesondere ausländische Fahrzeuge eine vergleichsweise größere Besatzung fahren. Der Abstand zu der obengenannten Mehrzahl der Fahrzeuge ist sogar ziemlich deutlich. So sind auf den norwegischen Trawlern der „Möretal“-Klasse 34 Mann untergebracht und auf vielen britischen Trawlern etwa 30 Mann. Zu dieser Gruppe von Fahrzeugen gehört auch der Trawler ROS-201 mit 32 Köpfen, entsprechend etwa 32,8 t Displacement je Mann der Besatzung.

Eine Erhöhung der Besatzungsstärke vermehrt zweifellos die Unterhaltungskosten, obwohl hier nicht nur die Größe der Fahrzeuge, gemessen in BRT oder t Displacement, als Vergleichsmaßstab allein herangezogen werden können, sondern u. a. auch die Fangleistung bzw. überhaupt die gegebene Aufnahmefähigkeit der Fahrzeuge in Korb mitbestimmend sind. Gewisse Zu-

satzeinrichtungen zur Verarbeitung des Fischfanges an Bord erhöhen die Besatzungszahl u. U. ebenfalls.

Die erwähnten Trawler mit größerer Besatzung weisen im Durchschnitt keinen höheren Tonnengehalt auf als die anfangs genannte Gruppe von Fahrzeugen. Eine Vergrößerung der Besatzungszahl wird sich deshalb in bezug auf die erforderliche physische Leistung des einzelnen günstig auswirken und ist aus diesem Grunde zu begrüßen, zumal die Anforderungen gerade auf Fischereifahrzeugen alles andere als leicht sind.

Für die Unterbringung der Besatzung stehen neben den Räumlichkeiten unter dem Backdeck vor allem solche im Achterschiff zur Verfügung. Verbessert werden die Unterbringungsverhältnisse insbesondere bei Anwendung des heute vielfach üblichen vergrößerten Heckhauses, vor allem dann, wenn vom Auftraggeber einer Verbreiterung dieses Heckhauses auf die volle zur Verfügung stehende Schiffsbreite zugestimmt wird. Diese Zustimmung ist nicht in allen Fällen zu erhalten, da bisweilen ein Ablaufen der mittschiffs überkommenen Seen um die Heckaufbauten herum verlangt wird, um zu große Beanspruchungen zu vermeiden. Andererseits erscheint eine Verstärkung der Verbände an den gefährdeten Stellen durchaus möglich. Vergrößert man die Zahl der Besatzungsmitglieder wie oben angegeben, dann wird die Anwendung des verbreiterten Heckhauses unter Berücksichtigung der gestiegenen Anforderungen an eine einigermaßen bequeme Unterbringung besonders dringlich. Kann man sich trotzdem zu derartigen baulichen Maßnahmen nicht entschließen, dann wird, will man der Besatzung nicht rückschrittliche Raumbeschränkungen zumuten, eine anteilmäßige Verringerung des Fischraumes nicht zu umgehen sein.

Da die Raumbedingungen an Bord von Trawlern wegen der geringen Größe derselben besonders beengt sind, lassen die in- und ausländischen Vorschriften z. T. geringere Lufträume je Kopf der Besatzung als bei normalen Frachtschiffen zu. Bei letzteren sind die Unterbringungsverhältnisse im Laufe der letzten Jahrzehnte bedeutend verbessert worden, und es ist deshalb besonders wünschenswert, daß man dieser Entwicklung gerade bei Fischereifahrzeugen ebenfalls Rechnung trägt. Es sei erwähnt, daß bereits in den dreißiger Jahren im Auslande eine Anzahl der dort für die Sowjetunion gebauten Fahrzeuge im Hinblick auf die guten Unterbringungsmöglichkeiten der Besatzung viel beachtet wurde. Da die Trawlerbesatzungen einen bedeutenden Teil ihrer Zeit an Bord verbringen, muß gerade hier alles getan werden, um die Unterbringungsverhältnisse zu verbessern, auch wenn dies einen zusätzlichen Material- und Kostenaufwand erfordert.

Zusammenfassung

Die vorhergegangenen Ausführungen lassen erkennen, daß es bei der Konstruktion von Trawlern, genau wie bei jedem anderen Schiffstyp, auf die Beachtung und Auswertung einer Vielzahl von Einzeleinflüssen ankommt, wenn man ein in jeder Hinsicht den heutigen Erfordernissen entsprechendes Fahrzeug schaffen will. Man ist gezwungen, Kompromisse zwischen sich teilweise widersprechenden Forderungen einzugehen und gleichzeitig nach neuen Wegen zu suchen, um die bisherigen Ergebnisse zu verbessern. Die Hauptansatzpunkte einer solchen Weiterentwicklung müßte sich vor allem erstrecken:

1. Auf die weitere systematische Erforschung der Zusammenhänge bei der Entwicklung der Schiffformen. Daß hier noch sehr viel Arbeit zu tun bleibt, wurde bei der Behandlung einzelner Einflußgrößen angedeutet.

2. Auf die Weiterentwicklung der Schiffsantriebsanlagen im Sinne einer entsprechenden Gewichtseinsparung, verringerten Brennstoffverbrauchs und der damit zusammenhängenden Verringerung des Tankraumes bei gleichzeitiger Vergrößerung des Fischraumes.

3. Auf die Verbesserung der Unterbringung der Besatzungsmitglieder.

4. Auf die zweckmäßige Ausbildung des Fischraumes, der Isolierung und der Einlagerungsmethoden der Fische.

5. Auf die Verbesserung der Methoden zur Frischhaltung der eingebrachten Fischmengen an Bord einschließlich des Studiums der Frage der Kühlmaschinenanlagen für Trawler.

6. Auf die zweckmäßige Ausbildung der Netzwinden und ihrer Antriebe im Sinne einer Verminderung des Aufwandes an Raum, Gewicht und Kosten. SBA 560

Literatur

- [1] Traug, J. O.: Konstruktive Verbesserung von Fischereifahrzeugen. Schiffbautechnik 2. Jg. (1952) Nr. 1, S. 10 bis 16, Nr. 2, S. 47 bis 49 oder FAO Fisheries Bulletin, Bd. 4 (1951) Nr. 1/2, S. 3 bis 27.
- [2] Boie, C., u. Müller, R.: Deutscher Fischdampferbau 1949/50 Hansa Bd. 87 (1950) Nr. 46/47, S. 1452 bis 1458.
- [3] Völker: Der mittlere Einfluß der Schiffsförm auf den Widerstand seegehender Handelsschiffe. Werft, Reederei, Hafen, Bd. 16 (1935) Nr. 4, S. 56 bis 59.
- [4] Kempf, G.: Schiffsförm und Maschinenleistung. Werft, Reederei, Hafen, Bd. 9 (1928) Nr. 15, S. 309 bis 310.
- [5] Kloeß, H. K.: Über die Maier-Schiffsförm. Werft, Reederei, Hafen, Bd. 9 (1928) Nr. 17, S. 347 bis 351.
- [6] Kempf, G.: Einfluß von Stampfbewegungen auf den Fahrtwiderstand von Schiffen und den Antriebsgütegrad von Schrauben. Werft, Reederei, Hafen, Bd. 16 (1935) Nr. 1, S. 1 bis 4.
- [7] Weinblum, G.: Schwingungen von Schiffen im Seegang. Z. VDI, Bd. 78 (1934) Nr. 47, S. 1373 bis 1379.
- [8] Helm, K.: Über den Einfluß der Kort-Düse bei seegehenden Fahrzeugen. Werft, Reederei, Hafen, Bd. 16 (1935) Nr. 17, S. 274 bis 278.
- [9] Kort, L.: Antriebsverbesserungen durch Düsen. Werft, Reederei, Hafen, Bd. 23 (1942) Nr. 6, S. 88 bis 89.
- [10] Kent, J. L.: The Design of Seakindly Ships. Transact. of the N. E. Coast Inst. of Eng. and Shipb. Bd. 66 (1950) S. 417 bis 442 und Shipb. a. Shipp. Rec., Okt. 1950, S. 437 bis 441.
- [11] Marschewski, B.: Maschinenanlagen auf Fischdampfern. Die Technik 2. Jg. (1947) Nr. 10, S. 431 bis 434.
- [12] Weser, A. G.: (Deschimag) Werkschrift 1939: Abdampf-Turbinen, System Bauer-Wach.
- [13] Schneider: Motorantrieb für Trawler. Hansa Bd. 87 (1950) S. 644 bis 645.
- [14] Weser, A. G. (Deschimag) Werkschrift 1939: Vulcan-Getriebe und hydraulische Kupplungen.
- [15] Scheidler, Leo, H., und Elischal, A.: Die dieselelektrischen Trawler „Freiburg i. Br.“ und „Tübingen“. Hansa Bd. 88 (1951) Nr. 7/8