

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Published Version

Mühlhaus, Werner

Vergleichende Untersuchungen von Antriebsanlagen für die Schubschiffahrt

Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schiffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Schiffahrt

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/105800>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Mühlhaus, Werner (1963): Vergleichende Untersuchungen von Antriebsanlagen für die Schubschiffahrt. In: Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schiffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Schiffahrt 3. Berlin: Forschungsanstalt für Schiffahrt, Wasser- und Grundbau. S. 206-252.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Vergleichende Untersuchungen von Antriebsanlagen
für die Schubschiffahrt

Ing. Werner Mühlhaus

In einem anderen Zusammenhang ist schon gezeigt worden, welche Gründe zur Einführung der Schubschiffahrt bei uns bestimmend sind, welche Vorteile für die Binnenschiffahrt daraus erwachsen, aber auch welche Grenzen dieser neuen Methode durch die bei uns gegebenen schwankenden Wassertiefen, die Güterströme, die Relationen, die Krümmungen und nutzbaren Breiten der Kanäle, Flüsse und Schleusen gesteckt sind. Diese Gegebenheiten sind selbstverständlich auch bei der Art und der Auswahl der Antriebsorgane zu berücksichtigen.

Dort, wo der Wasserweg eine verhältnismäßig große Tiefe und Breite hat, Begegnungen wegen der Breite des Fahrwassers kein Problem darstellen und die Manövrierfähigkeit lediglich für das Halten eines stabilen Kurses von Bedeutung ist, können die Antriebs- und Steuerorgane so ausgelegt werden, wie es die jeweiligen Schub- und Vortriebsverhältnisse optimal zulassen (z.B. auf den großen Flüssen und Seen der UdSSR und der USA). Anders liegen die Dinge jedoch, wenn der Schubbetrieb auf Kanälen und Strömen vor sich gehen muß, die sehr verkehrsreich, in der Breite und Tiefe beschränkt und mit mehr oder weniger engen Krümmungen ausgestattet sind.

Wegen der sich aus diesen Bedingungen ergebenden Gefahren sind Vortrieb und Schub nicht mehr allein ausschlaggebend für die Funktion und den Aufbau der Antriebsanlage, mindestens gleichwertig sind geringer Tiefgang des Propulsionsorgans, maximale Steuerfähigkeit bei Vor- und Rückwärtsfahrt, Drehfähigkeit des Schubbootes und des -verbandes auf der Stelle und andere Forderungen, auf die ich bei anderer Gelegenheit noch zu sprechen komme.

Betrachtet man die Lösungen für die Ausgestaltung der Antriebsanlagen der Schubboote, die seit einigen Jahren auf dem Rheinfahren, so findet man, daß sie im Prinzip den bewährten Vorbildern folgen.

Die Schubboote "Wasserbüffel" und "Washorn", die für Verbände mit 5 bis 6000 t Zuladung eingesetzt werden, besitzen eine Antriebsanlage normaler Anordnung. Zwei Zweitakt-Dieselmotoren vom Typ EBTSM 233 mit je 630 PS bei 500 Um/min treiben zwei Schrauben mit konstanter Steigung an, die in zwei feststehen-

den Düsen arbeiten. Die Steuerung bei der Vorwärtsfahrt wird von drei Hauptrudern ausgeübt, wovon zwei direkt hinter den Düsen im Schraubenstrahl, das dritte in der Mitte zwischen den Düsen als Balanceruder arbeiten. Damit die Manövrierfähigkeit auch bei der Rückwärtsfahrt gewährleistet ist, sind vor den Düsen sogenannte Flankenruder angeordnet.

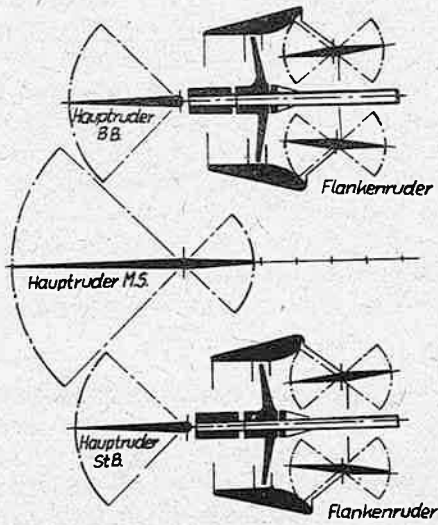
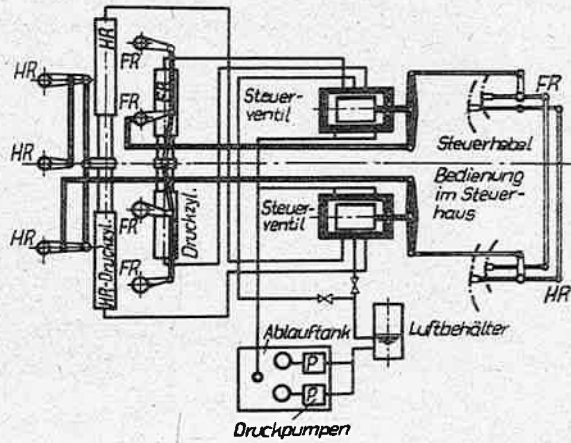


Bild 1 Düsen- und Steueranordnung der Schubboote "Wasserbüffel" und "Nashorn"

Anlassen, Abstellen und Einregulierung der Fahrstufe der Motoren sowie die Betätigung der Ruderanlage erfolgt von der Brücke aus mit einer elektro-hydraulischen Einrichtung, die so angeordnet ist, daß die Betätigungshebel für die Haupttruder und die für die Flankenruder jeweils miteinander gekoppelt sind, so daß die Ruderbewegung getrennt mit beiden Händen gleichzeitig vorgenommen werden kann (Bild 2 und 3).



HR - Haupttruder
FR - Flankentruder

Bild 2 Schema der elektro-hydraulischen Ruder

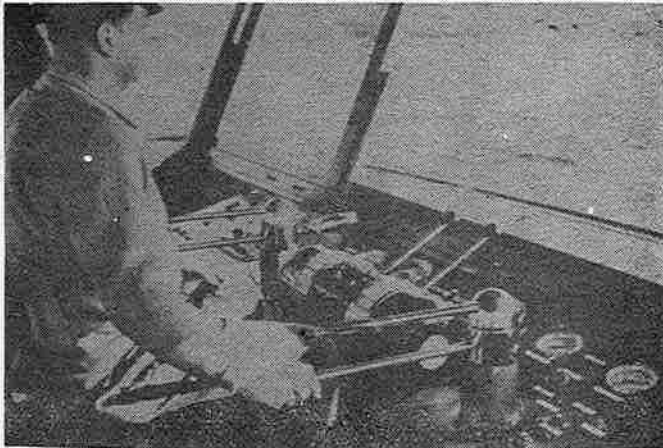


Bild 3 Steuerstand für die Motoren- und Ruderanlage

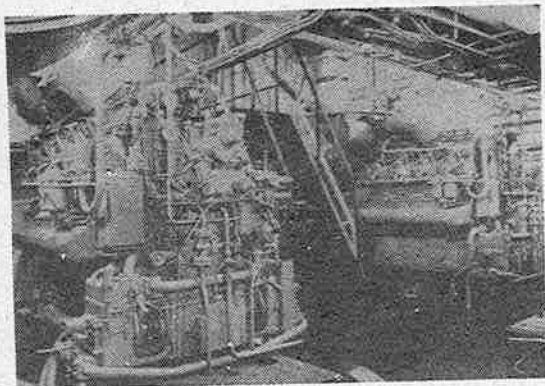


Bild 4 Motorenraum des Schubbootes "Wasserbüffel" mit den beiden aufgeladenen Zweitakt-Dieselmotoren (Deutz) RBTSM 233

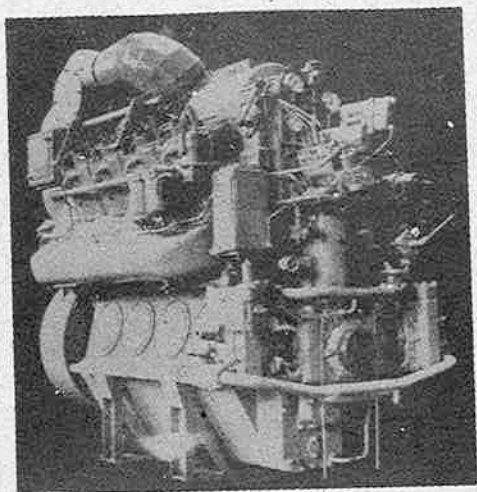


Bild 5 Ansicht des aufgeladenen 8-Zylinder-Zweitakt-Dieselmotors (Deutz) Typ RBTSM 233; 630 PS bei 500 Um . min⁻¹

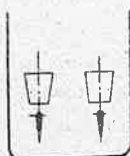
Durch den Einbau der Flankenruder weicht die Lagerung der Propellerwelle von der bisherigen Art insofern ab, als eine stromlinienförmige Leitfläche am Ende der Düse das Lager aufnimmt. Ein Untersetzungsgetriebe verringert die Motordrehzahl im Verhältnis 2 : 1, so daß die Propeller in den Düsen mit der für sie günstigsten Drehzahl von 250 Um/min laufen können. Bei Vorwärtslauf der einen Schraube, Rückwärtslauf der anderen Schraube und entsprechender Anstellung der Haupt- und Flankenruder ist eine Traversierbewegung des Bootes, d.h. ein Querversetzen zur Längsachse des Verbandes möglich. Die Antriebsanlage arbeitet zufriedenstellend (Bild 4 und 5).

Nachträgliche Modelluntersuchungen der Versuchsanstalt für Binnenschiffbau Duisburg haben gezeigt, daß die Verwendung von schwenkbaren Düsen eine gewisse Verbesserung der Steuerfähigkeit erbringt, die Verwendung einer sogenannten "Schuschkindüse" den Aufbau dieses Organs vereinfacht, Propulsionsgewinne aber nicht zu erwarten sind. Stabilisierungsflächen vor, hinter und an den Seiten der Düsen sollen die Steuerfähigkeit des Verbandes vor allem bei der Rückwärtsfahrt erhöhen (Bild 6).

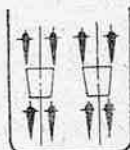
Als Beispiel einer Antriebsanlage für kleinere Verbände mit einer Zuladung von 500 bis 600 t soll die Anlage in einem umgebauten Schlepper gezeigt werden, die aus einem bereits eingebauten Mak-Diesel Type M 536 mit 250 PS bei 500 Um/min und einer nicht ummantelten Schraube besteht. Zur Verbesserung der Manöviereigenschaften wurde ein Hitzler-Dreiflächenruder angebaut (Bild 7).

Beide Antriebsanlagen arbeiten einwandfrei und entsprechen den Anforderungen, die im Hinblick auf den erreichbaren Wirkungsgrad, die Steuerfähigkeit bei Vor- und Rückwärtsfahrt und das Stoppvermögen gestellt worden sind.

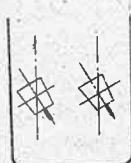
Wie eingangs erwähnt, sind die Vorbedingungen für die Schubschiffahrt in der DDR mit den geschilderten Verhältnissen auf dem Rhein nicht ohne weiteres vergleichbar, da hier der Tiefgang des Schubschiffes und die beschränkte Länge des Schubverbandes besonders zu beachten sind, ganz abgesehen davon, daß die pro Verband zu befördernde Ladungsmasse geringer ist. Des weiteren ist für uns der Schubetrieb Neuland, so daß es gilt, erst einmal Erfahrungen zu sammeln, um darauf aufzubauen und bessere Methoden zu entwickeln.



2 feste Düsen
Prof. NACA 4415
2-Flächenrudder
Ruderfläche 5,64 m²

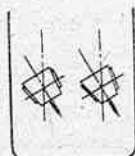


2 feste Düsen
Prof. NACA 4415
4-Flächenrudder
4 Flächenrudder
h. Düse 4,98 m²
v. Düse 5,02 m²



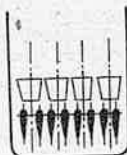
2 Drehdüsen
Prof. NACA 4415
2 Stabilisatoren
am Düsenende

a. Düse 2,632 m²



2 Drehdüsen
Prof. V8D
2 Stabilisatoren
am Düsenende
Je 2 Stabilisierungsenden
an Düsenseite

a. Düse 6,221 m²



4 feste Düsen
Prof. NACA 4415
8 Flächenrudder

9,94 m²

Ruderanlagen der Schubboote

Bild 6 Ruderanordnungen für Schubboote mit festen und schwenkbaren Düsen (Profil NACA und Schuschkin)

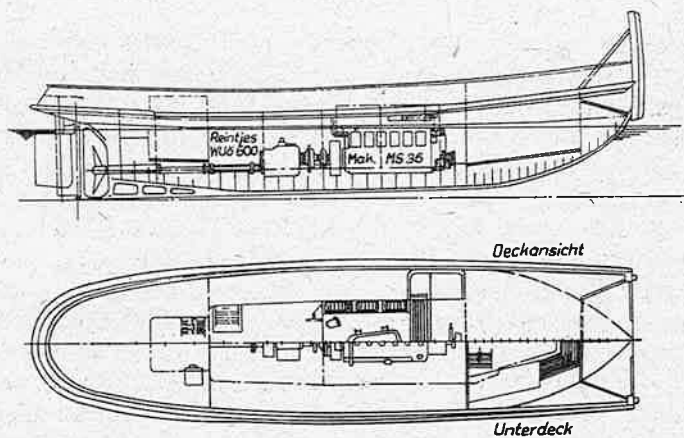


Bild 7 Zum Schubboot umgebauter Schlepper mit unveränderter Maschinenanlage; zur Verbesserung der Steuerfähigkeit mit Hitzler-Dreiflächenruder ausgestattet.

Der Entwicklung liegen zwei Varianten zugrunde: der Kanal- und der Stromschubverband.

Für beide liegen auf Grund der Überlegungen und Versuche bestimmte Abmessungen, Tragfähigkeiten und Fahrtgeschwindigkeiten vor, die für die Antriebsanlage, ihre Anordnung und ihre Größe bestimmend sind. Auch die Abmessungen des Schubbootes sind für die Antriebsanlage von Einfluß.

Unter normalen Umständen (tiefes Wasser, nicht eingeschränkte Breite, richtige Absenkung der Propellerwelle) kann je nach der Stromgeschwindigkeit der Kennwert PS/t 0,18 bis 0,5 betragen.

Die Widerstandsmessungen mit dem Kanalverband lassen erkennen, daß unter Berücksichtigung einer gewissen Reserve eine Leistung von 200 PS im Schubboot investiert werden muß. Beim Stromschubverband rechnet man unter Beachtung der örtlichen Stromverhältnisse mit einer erforderlichen Leistung von 400 bis 600 PS. An Geschwindigkeit sollen im Kanal 9 km/h, im Strom mindestens 4 km/h gegenüber Grund, das sind mindestens 10 km/h im freien Wasser erreicht werden. Um auch bei niedrigem Wasserstand den Schubbetrieb aufrechtzuerhalten, soll das Propulsionsorgan einen möglichst geringen Tiefgang haben. Diese drei Bedingungen, die bei der Gestaltung der Antriebsanlage berücksichtigt werden sollen, werden durch eine vierte vervollständigt, die lautet, daß die zum Einsatz kommenden Antriebsmotoren aus den Typenreihen unserer DDR-Produktion zu entnehmen sind.

Die Frage, ob Ein- oder Mehrmotorenanlagen einzubauen sind, dürfte zugunsten der Mehrmotorenanlage entschieden sein, da

1. bei Verwendung einer Einmotorenanlage wegen der Größe des erforderlichen Propellerdurchmessers die Tiefgangsbeschränkung nicht eingehalten werden kann;
2. bei unterschiedlichen Wasser- und Ladungsverhältnissen (die im allgemeinen nicht auftreten sollten) die 2. Anlage zu- und abgeschaltet werden kann, die einerseits Einsparung von Brennstoff und andererseits durch höhere Belastung des allein arbeitenden Motors einen günstigeren spezifischen Verbrauch bringt und den Verschleiß der Motorteile durch höhere Temperaturen vermindert;

3. bei Ausfall eines Aggregats durch Havarie eine Unterbrechung der Fahrt des Verbandes verhindert.

Nach welchen Gesichtspunkten sind nun die Motoren auszuwählen?

Der Konservatismus der Schifffahrt, der in Zeiten langsamer Entwicklung teilweise berechtigt war, ist auch bei der Entscheidung in dieser Frage im Schwinden begriffen, wie ja die Einführung der Schubschifffahrt in Gewässern beweist, auf denen man vor nicht allzulanger Zeit die Schubschifffahrt für unwirtschaftlich und technisch unmöglich hielt. Waren früher Leistung, Zuverlässigkeit, lange Nutzungsdauer und Brennstoffverbrauch ausschlaggebend für die Verwendung eines Motors, so sind heute mitentscheidend für die Auswahl: Gewicht, Raumbedarf, Wartungsarmut, Austauschbarkeit, derzeitige Greifbarkeit und Preis. Damit haben die vier erstgenannten Merkmale ihre Bedeutung keineswegs eingebüßt.

Ausgehend von der Leistung von 2 x 100 PS für das Kanalschubboot und 2 x 200 bzw. 3 x 200 oder 2 x 300 PS für das Stromschubboot stehen folgende Antriebsmotoren zur Wahl, von denen die eingesetzt werden sollen, die den genannten Forderungen am ehesten entsprechen:

- a) der 4 NVD 21-SRW mit einer Leistung von 90 PS bei 1000 Um/min, einer Masse von 1500 kg, einer spezifischen Masse von 16,7 kg/PS und einem spez. Brennstoffverbrauch von 185 g/PS_h und bei 1250 Um/min mit einer Leistung von 112 PS, wobei die Masse/Leistungseinheit auf 13,4 kg/PS_h absinkt. Die Gesamtlänge beträgt 1356 mm, die Gesamthöhe 1342 mm, Breite 680 mm

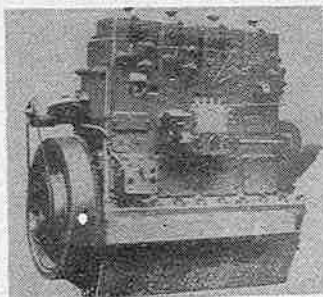


Bild 8 Wassergekühlter Dieselmotor 4 NVD 21
112 PS bei 1250 Um · min⁻¹

- b) der 4 NVD 26-SRW mit einer Leistung von 80 PS bei 500 Um/min bzw. 120 PS bei 750 Um/min, einer Masse von 2400 kg, einem spez. Brennstoffverbrauch von 172 g/PSh und einem spez. Leistungsgewicht von 30 bzw. 20 kg/PS. Die Hauptabmessungen nach Länge und Gesamthöhe betragen 1825 mm bzw. 1610 mm, Breite 850 mm;
- c) der 6 KVD 14,5-SRW und SRL mit einer Leistung von 96 PS bei 1500 Um/min, einer Masse von 770 bzw. 710 kg, einem spez. Verbrauch von 180 g/PSH bzw. 190 g/PSH, einem spez. Leistungsgewicht von 8 und 7,4 kg/PS und den Hauptabmessungen Gesamtlänge 1305 bzw. 1335 mm und einer Breite von 685 bzw. 805 mm und einer Höhe von 1120 bzw. 980 mm (Bild 9, 10, 11, 12).

Für den Bereich der geforderten Leistung von 200 bis 300 PS stehen zur Verfügung:

- d) der 6 NVD 21-SRW mit 168 PS bei 1250 Um/min, einer Masse von 1900 kg, spezifisch 11,3 kg/PS, einem spez. Brennstoffverbrauch von 185 g/PSH und den Hauptabmessungen L = 1836, H = 1352 und B = 680 mm;
- e) der 6 NVD 26-SRW mit 180 PS bei 750 Um/min, einer Masse von 3200 kg, spezifisch 17,8 kg/PS und den Abmessungen L = 2420 und H = 1610 mm, spez. Brennstoffverbrauch von 172 g/PSH, B = 850 mm (Bild 13);
- f) der 4 NVD 36-SRW mit 200 PS bei 500 Um/min, einer Masse von 6150 kg, spez. 30,7 kg/PS, einem spez. Verbrauch von 160 g/PSH und den Hauptabmessungen L = 2505 mm, H = 2090 mm und B = 1070 mm (evtl. 5 NVD-SRW mit 250 PS) - (Bild 14);
- g) der 6 NVD 36-SRW mit 300 PS bei 500 Um/min, einer Masse von 8400 kg, spez. 28 kg/PS, einem spez. Verbrauch von 160 g/PSH und den Hauptabmessungen L = 3245, B = 1070 mm und H = 2090 mm;
- h) der 12 KVD 14,5-SYL mit 204 PS bei 1500 Um/min, einer Masse von 1420 kg, spez. 7,1 kg/PS, einem spez. Verbrauch von 195 g/PSH und den Abmessungen L = 1680, B = 1110 und H = 1250 mm. Dieser Motor steht in absehbarer Zeit auch als wassergekühlter Motor zur Verfügung. Erhöhung des mittleren

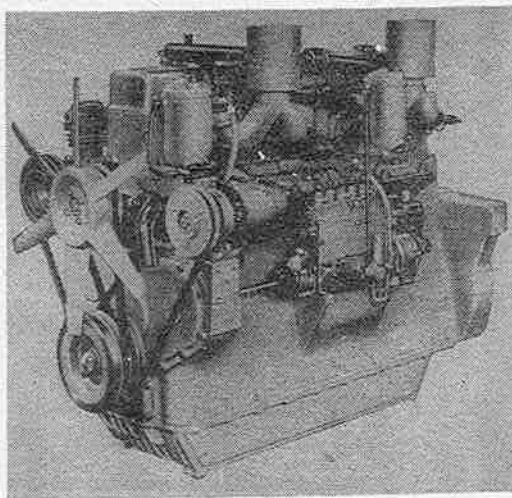
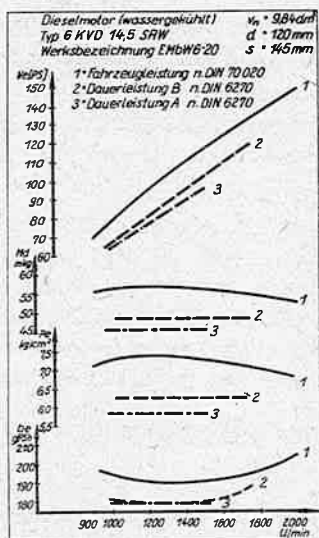


Bild 9 u. 10 Wassergekühlter Dieselmotor 6 KVD 14,5-SRW,
 102 PS bei 1500 Um · min⁻¹ und dessen Kennlinien

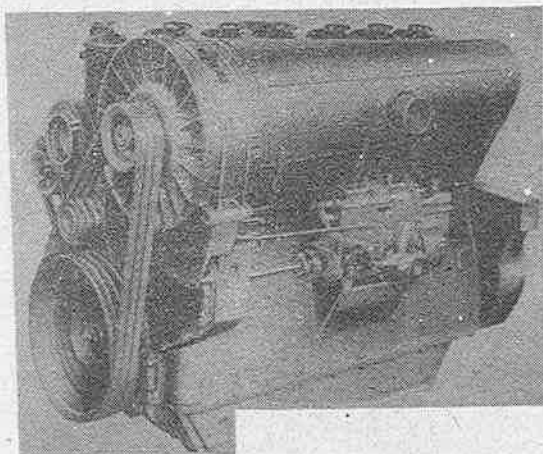
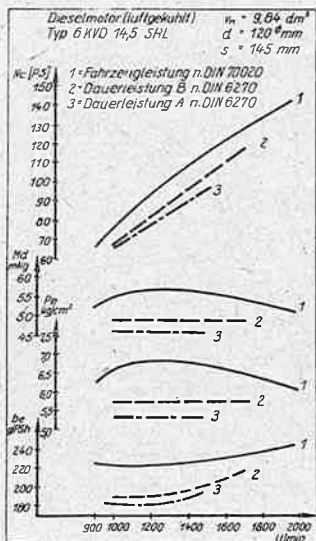


Bild 11 und 12 Luftgekühlter Dieselmotor 6 KVD 14,5-SRL,
 102 PS bei $1500 \text{ Um} \cdot \text{min}^{-1}$ und dessen
 Kennlinien

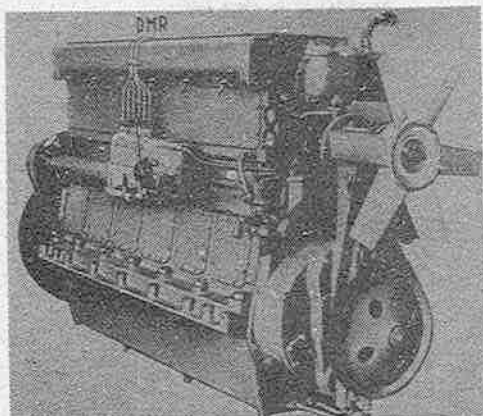


Bild 13 Wassergekühlter Dieselmotor 6 NVD 26-SRW
180 PS bei $1500 \text{ Um} \cdot \text{min}^{-1}$

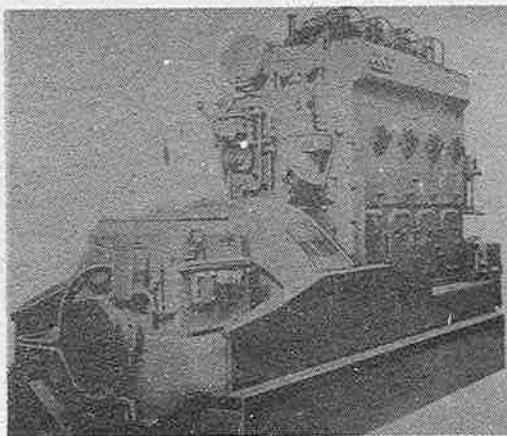


Bild 14 Wassergekühlter Dieselmotor 4 NVD 36-SRW
200 PS bei $500 \text{ Um} \cdot \text{min}^{-1}$

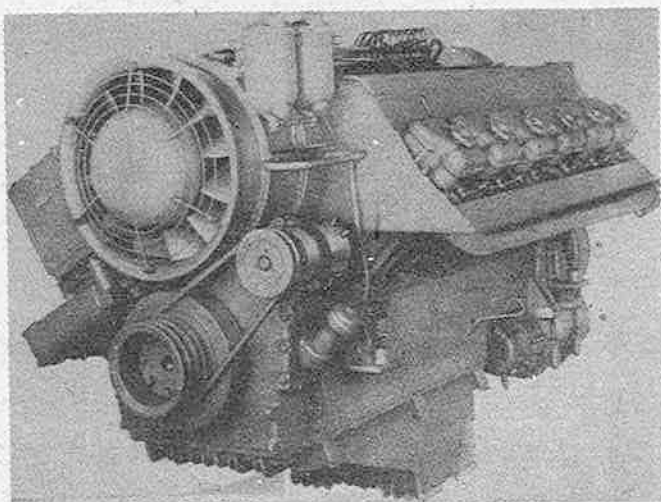
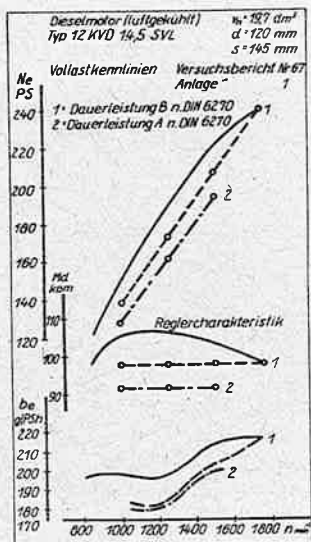


Bild 15 u. 16 Luftgekühlter Dieselmotor 12 KVD 14,5-SVL
200 PS bei $1500 \text{ Um} \cdot \text{min}^{-1}$
und dessen Kennlinien

spez. Druckes durch Verbesserung des Einspritzsystems und der damit zu erreichenden Leistung sind in Entwicklung;(Bild 15 u.16)

- 1) der 6 KVD 18-SRW, Leistung 180 PS bei 1500 Um/min, einer Masse von 1340 kg, spez. 7,45 kg/PS, spez. Verbrauch 190 g/PSH,

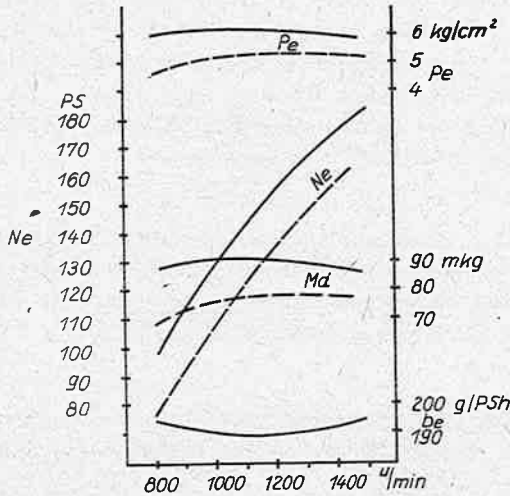


Bild 17 Wassergekühlter Dieselmotor 6 KVD 18-SRW, 180 PS bei 1500 Um · min⁻¹; Kennlinien.

Ob in Zukunft noch Motoren mit größeren Leistungen zur Verwendung kommen werden, hängt von den gesammelten Erfahrungen mit der Schiffsahrt und den sich daraus ergebenden Entwicklungstendenzen ab.

Wegen des geforderten geringen Tiefganges, der wiederum eine Schraube mit kleinem Durchmesser und verhältnismäßig großer Drehzahl verlangt, scheidet die Motoren mit Drehzahlen unter 750 Umdr. aus, ganz abgesehen von den Massen und Hauptabmessungen, die diese Motoren haben.

Bei der Leistung bis 100 PS konkurrieren der 4 NVD 21-SRW und der 6 KVD 14,5-SRW miteinander. Die Vorteile des NVD 21 sind zu sehen in seiner Zuverlässigkeit, seiner längeren Nutzungsdauer und im

geringeren spezifischen Verbrauch. Seine Nachteile sind die große Masse, die Kosten und die Notwendigkeit des Zwischenschaltens eines Getriebes, wodurch Masse und Abmessungen sich noch vergrößern.

Die Vorteile des 6 KVD 14,5-SRW - geringe Masse, geringer Raumbedarf, größere Bauserien und der sich daraus ergebende geringere Preis - überwiegen die vermeintlichen Nachteile wie kürzere Nutzungsdauer und größeren Verschleiß. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß der Verschleiß an den gleitenden Flächen bei einem Schnellläufer keineswegs höher zu sein braucht als bei einem Langsamläufer, wenn das Schmieresystem in Ordnung, die Betriebstemperatur auf der richtigen Höhe gehalten und einwandfreier Bräunstoff verwendet wird.

Als Motoren für den größeren Schubverband scheiden ebenfalls die Motoren der mittelstarken NVD36-Reihe wegen der niedrigen Drehzahl und der großen Masse aus dem Wettbewerb aus. Es verbleiben also die Motoren der NVD21-, NVD26- und wiederum der KVD14,5-Reihe zur Auswahl.

Der 6 NVD 26 liegt in der Drehzahl richtig, braucht demnach keine Getriebe, hat aber den Nachteil der großen Masse und der großen Abmessungen.

Der 6 NVD 21 ist in der Masse günstiger, auch sind die Abmessungen geringer als beim 6 NVD 26, er reicht aber bei einem 2-Wellenantrieb in der Leistung nicht aus. Beiden Typen ist aber der höhere Preis gegenüber dem 12 KVD 14,5 eigen. Die Preise verhalten sich in der 100PS-Gruppe in der genannten Reihenfolge wie 2,5:2,5:1, in der 200PS-Gruppe im gleichen Verhältnis.

Der ideale Antriebsmotor für einen 2- bzw. 3-Wellenantrieb ist also im Hinblick auf Leistung, Masse, Raumbedarf und Preis der 12 KVD 14,5-Motor, der Schnellläufer.

Nun gibt es zwar den 12 KVD 14,5-SVW erst zu einem späteren Zeitpunkt. Vorhanden ist der 12 KVD 14,5-SVL. Es erhebt sich die Frage, ob man nicht noch den zweiten Schritt tut, nachdem man den ersten zum Schnellläufer in der Schifffahrt getan hat und anstelle eines wassergekühlten Motors einen luftgekühlten wählt. In anderen

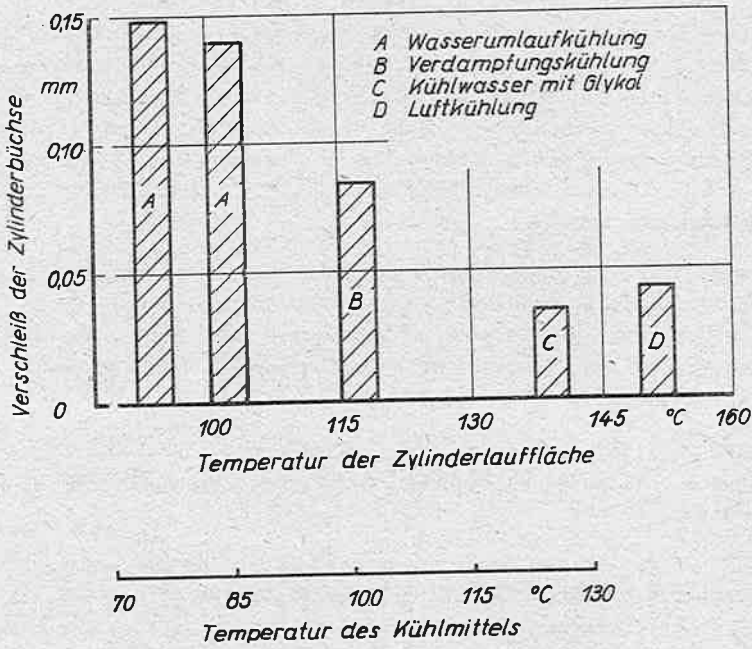


Bild 18 Zylinderbüchsenverschleiß in Abhängigkeit von der Kühlungsart

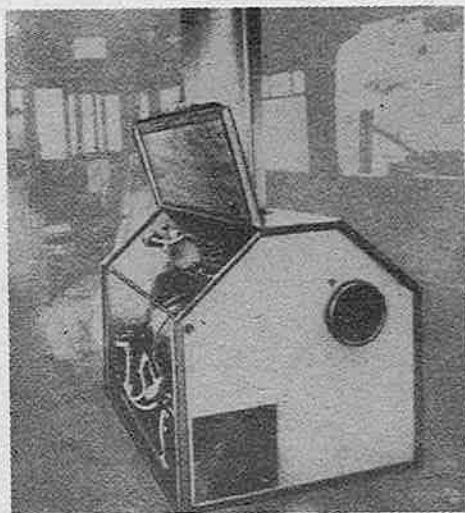


Bild 19 Beispiel einer Motorverkleidung eines luftgekühlten Motors zur Abdämmung der Lärmbelastigung

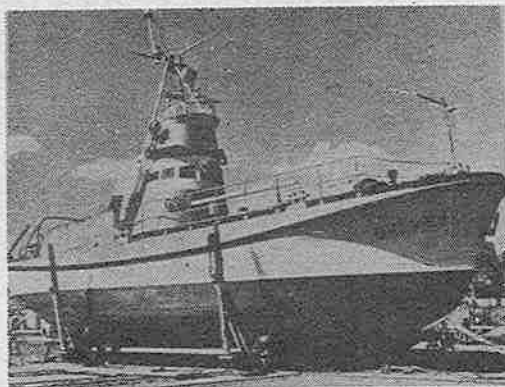


Bild 20

Seenotkreuzer "Bremen"
ausgestattet mit zwei luftgekühlten
Antriebsmotoren

Industrielländern, so auch in Westdeutschland, ist die Verwendung von luftgekühlten Motoren mit Leistungen bis 250 PS ständig im Steigen begriffen. Den immer wieder herausgestellten Nachteilen: große Lärmerzeugung, höherer Verschleiß, Schwierigkeiten in der Kühlluftzuführung und geringe Nutzungsdauer, die bei entsprechender Entwicklung auch verbessert werden können, stehen auch erhebliche Vorteile gegenüber wie einfacherer Aufbau, geringere Masse, geringere Wartung (keine Pumpenschäden, kein Absatz von Kesselstein) und gleichmäßigere Zylinderwandtemperaturen auch bei Teillasten. Hohe Laufzeiten von 8-10000 Stunden bis zur Grundüberholung sind mit luftgekühlten Motoren - aus der Literatur entnommen - auch in der Schifffahrt bereits erreicht worden. Wegen der höheren gleichmäßigen Zylinderwandtemperatur sind das Verschleißverhalten und die Unempfindlichkeit des luftgekühlten Motors eher besser als beim wassergekühlten.

Den Einfluß der Kühlungsart auf den Verschleiß demonstriert Bild 18, Lärmschutzmaßnahmen Bild 19 und ein Einbaubeispiel von luftgekühlten Motoren Bild 20.

Vorteile für den schnelllaufenden Motor, das gilt sowohl für den wassergekühlten wie für den luftgekühlten Motor, bietet die elastische Lagerung des Motors bzw. der gesamten Antriebsanlage, die bei größeren Einheiten sich auf die elastische Motorlagerung beschränkt, während sie bei kleinen Einheiten sowohl den Motor, das Getriebe und die Propellerwelle umfaßt, wie es im Bild 21 schematisch angedeutet ist.

Allgemein ist man der Ansicht, daß der Langsamläufer bezüglich der Geräuschbelastigung von geringerer Stärke ist als der Schnellläufer. Auch dieses Argument wird heute bestritten. Eigene Geräuschmessungen am 6 NVD 26 haben ergeben, daß der Schallpegel ebenso groß war wie beim Schnellläufer, ca. 107 Dezibel im Abstand von 1 m. Verbesserungen sind hier noch zu erreichen durch Einbau von Isolierwandungen mit Basaltwolle gefüllt, die ein geringes Gewicht haben und leicht montierbar und demontierbar sind. Auch haben sich Auftragungen von schallschluckenden Massen auf die Umkleidungsbleche bewährt. Diese erfolgversprechenden Methoden werden noch zu wenig angewandt. Die Schifffahrt muß von sich aus mehr darauf drängen.

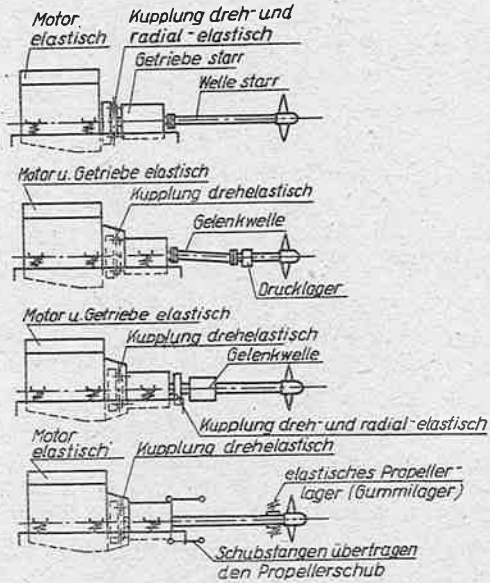


Bild 21 Möglichkeiten der elastischen Lagerung von Antriebsanlagen kleiner bis mittlerer Leistungen

Da es sich bei unserem Schubtrieb um keine allzugroßen Leistungen handelt, wird die Schubschiffahrt dazu beitragen können, daß zumindest in der Binnenschiffahrt der schnellaufende Motor oder gar der luftgekühlte Motor sich als Antriebsorgan durchsetzen wird. Weitere Vorteile für deren Verwendung, die besonders bei der erwünschten Vermeidung von Ausfallzeiten ins Gewicht fallen, sind der schnelle Aus- und Einbau von Verschleißteilen und bei Grundüberholungen der Austausch der Motoren, der nur eine kurze Liegezeit erfordert. Austauschmotoren können in Spezialwerkstätten dann ohne Terminhast ordnungsgemäß überholt werden. Natürlich muß der Pflege und Wartung und der unterschiedlichen Betriebsweise besondere Beachtung geschenkt werden. Da die schnellaufenden Motoren keine Umsteuereinrichtung besitzen, sind also in jedem Falle Wende- und meistens Untersetzungswendetriebe erforderlich, die es gestatten, im Gefahrenfalle eine Rückwärtsbewegung des Bootes oder Verbandes in möglichst kurzer Zeit zuzulassen. Derartige Getriebe, deren Untersetzungsverhältnis für unsere Belange von der Größenordnung um 2 : 1 und höher sein müssen, sollten hydraulisch oder pneumatisch steuerbar sein, weiches Anfahren zulassen und nach kürzester Zeit voll belastbar sein, womit eine gesonderte Kupplung entfallen kann.

Da auf dem Getriebesektor noch manche Lücken vorhanden sind, muß die Getriebeindustrie auf die kommende Entwicklung hingewiesen werden. Vor allem kommt es darauf an, über Getriebe zu verfügen, die bei der Verwendung von möglichst vielen gleichen Einzelteilen Untersetzungsvariationen zulassen.

Die Frage, ob es günstiger ist, den Antrieb auf eine Einschraubenanlage zu beschränken oder ob Zwei- oder Mehrschraubenantriebe günstiger sind, ist m.E. dahingehend zu beantworten, daß dem Zweischraubenantrieb der Vorzug gegeben werden sollte. Die Gründe dafür ergeben sich daraus, daß der beschränkte Tiefgang schon eine Aufteilung verlangt, bei Teillast eine Anlage abgeschaltet werden kann, die Manövrierfähigkeit bei Vor- und Rückwärtsfahrt besser und der Propellerwirkungsgrad infolge der geringeren Belastung günstiger ist. Ob man dagegen Drei- oder Vier-Schraubenantrieb wählt, ist nicht so einfach zu entscheiden, da die eben angeführten Momente nicht mehr so ins Gewicht fallen. Hier entscheiden Fragen der Raumaufteilung, der zum Einsatz zur Verfügung stehen-

den Motoren und wiederum der Propellergütegrad. Die Drei-Motoren-anlage hat unter Umständen den Vorzug, daß man ohne große Beeinträchtigung des Steuerungsverhaltens des Verbandes je nach Zuladung und Wasserverhältnissen mit einem, mit zwei und mit drei Motoren fahren kann.

Welcher Kombination der Antriebsanlage des Schubbootes ist nun der Vorzug zu geben:

der Anlage mit starrer Welle, bei der der Motor innerhalb des Schiffskörpers in einem gesonderten Maschinenraum untergebracht ist, dem Z-Antrieb, wie er nach Überwindung einiger Kinderkrankheiten für die motorisierten Lastkähne verwendet wird, der dieselelektrischen Anlage, die es gestattet, das Dieselaggregat an einem beliebigen Ort einzubauen oder einer Flügelradpropelleranlage, die die Eigenschaften eines Verstellpropellers besitzt?

Alle angeführten Anlagen haben ihre Vor- und Nachteile. Auszuwählen ist die, die den gestellten Anforderungen des Schubbetriebes am besten, am billigsten und mit dem geringsten Aufwand an Investitions-, Wartungs- und Reparaturkosten nachkommt.

Wichtigster Teil der Antriebsanlage neben dem Motor als Energieerzeuger ist für die drei erstgenannten Anlagen der Propeller als Energiewandler. Die Form des Propellers der vierten Anlage weicht von der sonst üblichen Form ab; ich komme darauf noch zu sprechen.

Dem Propeller, der zur Verbesserung des Propulsionswirkungsgrades in einer Düse arbeiten soll, sind durch die Verhältnisse auf unseren Gewässern, die einzuhaltenden Abmessungen des Schubbootes und des Verbandes, den Motor mit seiner vorgegebenen Leistung und Drehzahl Bedingungen gesetzt, wovon der zulässige Tiefgang, die Vortriebsgeschwindigkeit und die Drehzahl die einschneidendsten sind. Der Berechnung sind diese Bedingungen zugrunde zu legen. Bei einem geforderten höchsten Tiefgang von 90 cm kann der Durchmesser des Propellers in der Düse nur etwa 70 cm betragen und eine geringste Drehzahl von etwa 710 Um/min haben, wenn eine Leistung von 100 PS übertragen werden soll. Unter diesen Umständen kann auch kein überragender Propulsionswirkungsgrad erwartet werden. Der neu entworfene Propeller weist daher mit 0,223 für das System Pro-

Tafel 1

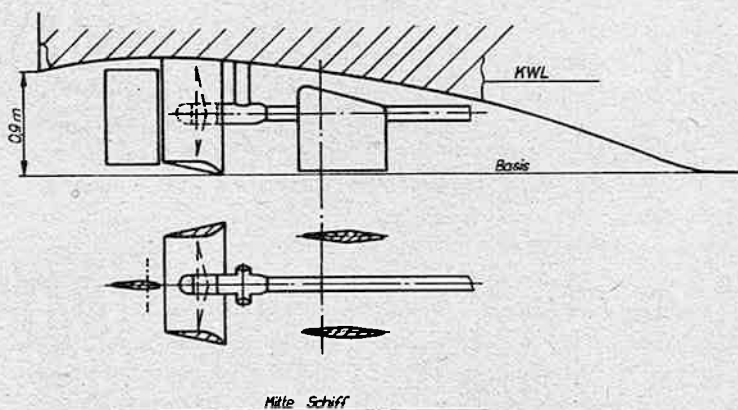
	Neue Bauart	Alte Bauart
Antriebsleistung N_e	102 PS	90 PS
Leistung N_w bei $v = 9$ km/h	95 PS	72 PS
Motordrehzahl	1500 $Um \cdot s^{-1}$	1500 $Um \cdot s^{-1}$
Propellerdrehzahl	711 $Um \cdot s^{-1}$	710 $Um \cdot s^{-1}$
Schub S	1210 kp	980 kp
Düsentyp	Schuschkin	NACA 4415
Spez. Schub S/N_e	11,9 kp/PS	10,9 kp/PS
" " S/N_w	12,7 kp/PS	13,6 kp/PS
Max. ϕ der Düse	1,0 m	1,04 m
Propeller ϕ	0,7 m	0,7 m
Propellertyp	ähnl. Gawn 52	ähnl. B 3.65
Steigungsverhältnis H/D	0,92	0,80
Flächenverhältnis F_a/F	0,80	0,65
Flügelzahl	3	3
Länge der Düse	0,64 m	0,645 m
Öffnungsverhältnis F_e/F_d	1,7	1,9
Längenverhältnis l/D	0,915	0,922

Daten des Schubbootpropellers,
berechnet unter Berücksichtigung der vorgegebenen
Bedingungen

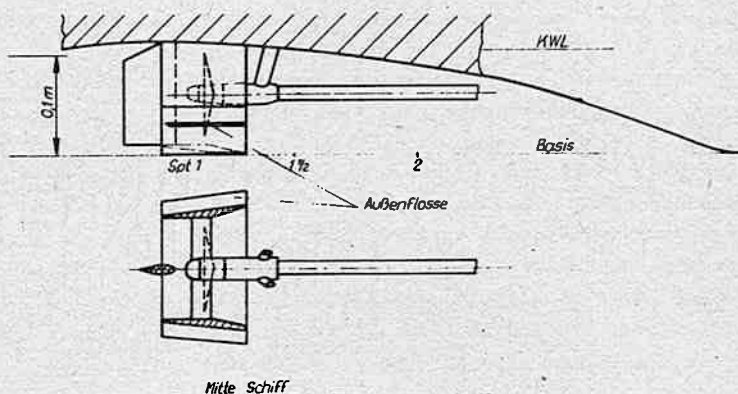
PELLER + DÜSE KEINE ÜBERRAGENDE HÖHE AUS. MIT VERGRÖßERUNG DES DURCHMESSERS UND VERMINDERUNG DER DREHZAHl WÄREN DIE VERHÄLTNISS-
E ZU VERBESSERN. BEI GLEICHER GESCHWINDIGKEIT WÜRD-
E SICH DER LEISTUNGS-AUFWAND VERMINDERN BZW. BEI GLEICHER LEISTUNG DIE GES-
CHWINDIGKEIT VERGRÖßERN. EINE VERGLEICHSRECHNUNG ZEIGT, DAß ZUR
ERZUGUNG DES GLEICHEN SCHUBES EIN PROPPELLER OHNE DÜSE VON MINDE-
STENS 0,85 m DURCHMESSER NÖTIG IST; DEM ENTSPRICHT EIN NOTWENDIGER
TIEFGANG VON 1,2 m (TAFEL 1). BEI ANWENDUNG EINER SCHWENK-
DÜSE MIT STABILISATORFLÄCHEN KÖNNTE UNTER UMSTÄNDEN EINE RUDERANLAGE
ENTBEHRT WERDEN. DES WEITEREN IST ES RATSAM, ANSTELLE EINER NACA-
PROFILDÜSE EINE SOGENANNT-
E "SCHUSCHKINDÜSE" ZU VERWENDEN, DIE DIE
HERSTELLUNG DER DÜSE DURCH ANWENDUNG ZYLINDRISCHER UND KEGELFÖR-
MIGER FLÄCHEN VEREINFACHT. WEDER EINE VERBESSERUNG NOCH EINE VER-
SCHLECHTERUNG TRIT-
T DURCH VERWENDUNG EINER DERARTIG GEFORMTEN DÜSE
EIN, WAS DURCH VERSUCHE ERMITTELT WURDE. DA DER DÜSENDURCH-
MESSER 1,0 m BETRÄGT, MUß DAS HINTERSCHIFF AUF JEDEN FALL MIT
EINEM TUNNEL AUSGESTATTET SEIN, GANZ GLEICH, OB EIN STARRER AN-
TRIEB ODER EIN Z-ANTRIEB VORGEGEHEN WIRD (BILD 22, 23, 24).

DER STARRE ANTRIEB HAT GEGENÜBER DEM Z-ANTRIEB DEN VORZUG, DAß
SEIN EINBAU ERPROBT UND VON JEDER WERFT IN KONSTRUKTION UND EIN-
BAU BEHERRSCHT WIRD. DIE LEISTUNGSVERLUSTE SIND SOWOHL IN DER WEL-
LENANLAGE WIE IN DER DÜSE GERINGER, SO DAß DER PROPULSIONSWIR-
KUNGS-GRAD BESSER SEIN WIRD. DAGEGEN BENÖTIGT DER STARRE ANTRIEB
UNBEDINGT EINE EINWANDFREI ARBEITENDE RUDERANLAGE, DIE NICHT NUR
BEI DER VORWÄRTSFAHRT, SONDERN AUCH BEI DER RÜCKWÄRTSFAHRT SICHE-
RES STEuern UND MANÖVRIEREN GESTATTET. SIE KOMMT ALSO MIT EINER
EINFACHEN RUDERANLAGE NICHT AUS, ES MÜSSEN FÜR DIE RÜCKWÄRTSFAHRT
FLANKENRUDER VORGEGEHEN WERDEN, DIE UNABHÄNGIG VONEINANDER ZU BE-
DIENEN SIND. WENN AUCH DIE STOPPFÄHIGKEIT BEI DER RECHNERISCHEN
UND KONSTRUKTIVEN BEARBEITUNG BERÜCKSICHTIGUNG FINDET, SO DÜRFTE
SIE DOCH GERINGER SEIN ALS BEI EINER SCHRAUBE, DIE BEI DER RÜCK-
WÄRTSFAHRT MIT DEN GLEICHEN FLÜGELPROFILEN ARBEITET WIE BEI DER
VORWÄRTSFAHRT. HINSICHTLICH DER KOSTEN DÜRFTE BEI GLEICHEN MOTOR-
KOSTEN DER ERFORDERLICHE AUFWAND AM GERINGSTEN SEIN.

DIE BELÄSTIGUNG DER BESATZUNG UND ANDERER PERSONEN DURCH DEN MO-
TORENLÄRM IST DURCH ENTSPRECHENDE KONSTRUKTIVE GESTALTUNG DER LA-
GERUNG UND DES MASCHINENRAUMS ZU BEHERRSCHEN.



**Bild 22 Antrieb für 2 S-Schubboot mit starren Düsen
und Ruderanlage**



**Bild 23 Antrieb für 2 S-Schubboot mit schwenkbaren
Schuchkin-Düsen**

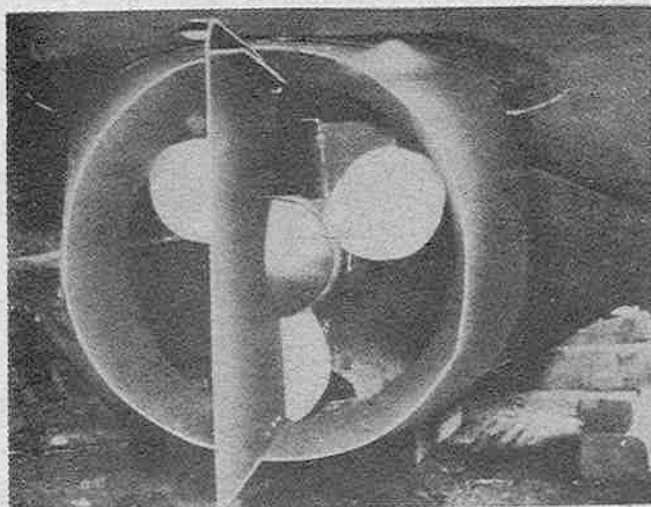


Bild 24 Eingebaute schwenkbare Düse mit Stabilisierungsfläche

Anbauen einer Fernbedienung von Hand oder automatisch und einer Fernüberwachung der Betriebswerte vom Steuerstand ist in allen Fällen zu gewährleisten, um der Forderung nach Personaleinsparung gerecht zu werden.

Sollte bei langen Verbänden und sehr scharfen Krümmungen eine Vergrößerung der Ruderwirkung notwendig sein, so ist ein Bugruder zusätzlich anzubringen oder eine flexible Kopplung der Prähme anzuraten. Darüber werden Ergebnisse gesondert durchgeführter Versuche Auskunft geben.

Der Einbau der Motoren kann innerhalb des Schiffes so vorgenommen werden, daß eine Trimmung des Schubbootes durch Ballast unnötig wird. Bei Verwendung schnelllaufender Motoren kann der Maschinenraum klein gehalten werden, so daß die Gesamtlänge des Schubbootes das vorgesehene geringste Maß nicht überschreitet.

Der Z-Antrieb hat seinen Namen erhalten durch die besondere Art der Wellenanordnung, die im Gegensatz zur üblichen geraden Wellenführung zweimal um 90° umgelenkt wird. Der ursprüngliche Sinn dieses Antriebes lag darin, die unmotorisierte Kahnflotte durch nachträglichen Aufbau einer Antriebsanlage eigenbeweglich zu machen und damit den Umlauf gegenüber einem Schleppzug zu beschleunigen. Um sich den verschiedenen Abladungen anpassen zu können, ist die senkrechte Welle einschließlich der unten angeordneten Düse mit Propeller absenkbar (Bild 25).

Die bisherigen Erfahrungen mit dieser neuartigen Antriebsanlage haben die Unvollkommenheiten des Triebes aufgedeckt und eine neue Konstruktion entstehen lassen, die zur Zeit gebaut wird. Trotz der Fehler, die der ersten Konstruktion noch anhafteten, hat diese Anlage bestimmte Vorzüge, die es ratsam erscheinen lassen, den Antrieb auch für die Schubboote zu wählen.

Als Hauptvorteil dieses Antriebes ist der Umstand zu werten, daß die Düse durch die Anordnung des Triebes um 360° drehbar ist. Damit fällt die Notwendigkeit des Einbaues einer gesonderten Ruderanlage weg, weil der Antrieb selbst als Aktivruder wirkt. Bei Drehung um 180° arbeitet die Anlage in Rückwärtsfahrt mit vollem Schub, was eine gute Stoppfähigkeit garantiert. Die Steuer- und Manövrierfähigkeit dieses Antriebes ist also ausgezeichnet, so

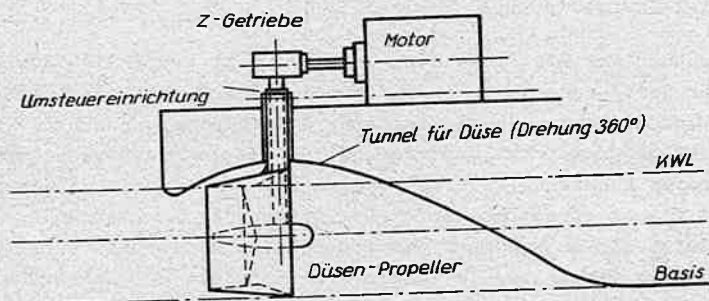


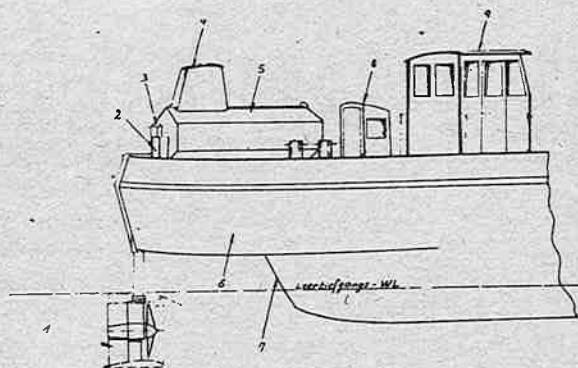
Bild 25 Anordnung des Z-Antriebes in einem Schubboot

daß sich die Anordnung eines Bugruders bei normalem Tiefgang wahrscheinlich erübrigt, bei Leerfahrt dagegen nicht. Die Eigenart des Antriebes läßt zu, daß der Motor mit Kupplung und der ersten Antriebswelle keines besonderen Maschinenraumes bedarf und daher auf Deck montiert wird. Für die Montage und Demontage und Wartung bedeutet dies eine erhebliche Vereinfachung. Auch für die Austauschbarkeit der Motoren ergeben sich daraus Vorteile. Wird die Konstruktion so gestaltet, daß die Düse ausschwenkbar ist, so braucht bei Überholungen am Propeller oder Nachprüfungen das Schubboot nicht auf Slip genommen zu werden. Ein Beispiel dafür zeigen das Schema (Bild 26) und die praktische Ausführung des Einbaues am Heck eines umgebauten Lastkahnes mit Schottel-Navigator (Bild 27).

Der Propulsionsgütegrad dieses Antriebes ist zweifellos geringer als der des geraden Antriebes, einmal deshalb, weil der mechanische Verlust in der komplizierteren Wellenleitung durch die zwei Kegeltriebe größer ist und zum anderen die Antriebswelle durch den freien Düsenraum geleitet werden muß und dadurch die freie Durchströmung etwas behindert. Der Aufbau der Antriebsanlage auf Deck setzt die Anlage mehr den wechselnden Witterungsverhältnissen aus als die Anlage im Innern des Schiffes. Bei Wasserkühlung ist im Winter besondere Wartung erforderlich. Außerdem sind die Besatzung und die Anlieger weit mehr einer Lärmbelästigung ausgesetzt als bei Einbau der Anlage innerhalb des Bootes. Hier erweist sich eindeutig, welche Vereinfachung eine luftgekühlt betriebene Anlage bringen könnte. Selbstverständlich muß hierbei für eine einwandfreie Luftstromführung und eine vollständige Isolierung gesorgt werden.

Während es durch den Einbau eines Wendegetriebes bei der starren Anlage mit zwei Wellen möglich ist, den Verband traversieren zu lassen, d.h. den Verband quer zu versetzen, ist das mit der Z-Anlage nur möglich, wenn die Drehbewegung der Düsen ebenfalls getrennt vorgenommen werden kann. Man sollte diese Lösung untersuchen und evtl. vorsehen.

Ausschlaggebender Vorteil der Z-Anlage ist der, daß die immerhin nicht einfache und teilweise auch gefährdete Ruderanlage entfallen, das Boot dadurch in der Länge kürzer gehalten, die Montage,



- 1 | Schottel-Ruderpropeller mit Ruderzie (Dürz gesteuert abwärts)
- 2 | Hebevorrichtung zur Tiefenverstellung des Ruderpropellers
- 3 | Schwenkbochsen für Ruderpropeller
- 4 | Sternstein zur Abgas- und Wärmeabfuhrung
- 5 | Holzbochsen mit luftgeköhltem Driveshafter
- 6 | Achsenstützvorrichtung, deren Brennstoffbehälter, Frischwasser- und Salzwasserbehälter
- 7 | Steuerung für Ruderpropeller

Ordnung	Name		Schottel-Werft JOSEF BECKER KG Cherbury am Rhein
Bestandteil	12. 1. 12		
Material			DEUTSCHLANDER MASCHINEN-UNTERNEHMEN AG AGGS-SCHOTTEN Mühlgraben, Mühlacker a. M.
			AGGS-SCHOTTEN (Königsplatz - AGGS)

Bild 26 Schema der Anordnung einer absenk- und ausschwenkbaren Z-Antriebsanlage im Heck eines Schiffes (Schottel-Navigator)

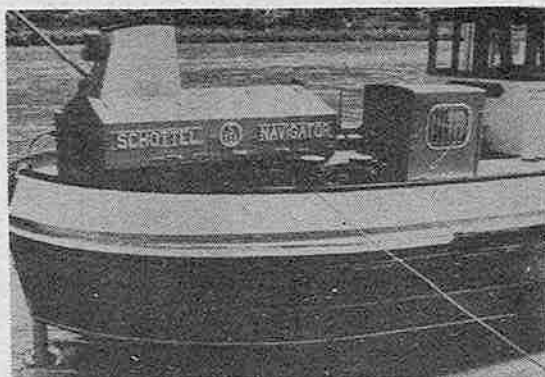


Bild 27 Ausführung des als Schema gezeigten Z-Antriebes

Demontage und Wartung vereinfacht werden und der nicht erforderliche Raum im Innern des Schiffes für andere Zwecke nutzbar gemacht werden kann. Hier muß allerdings einschränkend vermerkt werden, daß die zwangsweise erforderliche Anordnung der Gesamtanlage am Heck des Bootes Ballast im Vorschiff notwendig macht, der diesen Vorteil zum Teil aufhebt. Trotzdem bleibt die außergewöhnlich gute Steuer- und Manövrierfähigkeit ein entscheidendes Moment für die Auswahl dieses Antriebes. Bei gleicher investierter Leistung dürfte die Z-Antriebsanlage kostenmäßig in der Anschaffung etwas aufwendiger sein als die normale starre Wellenanlage. Genaueres darüber zu sagen ist zur Zeit noch nicht möglich, da die Kosten für die neue Z-Anlage noch nicht vorliegen.

Wenn man wegen der besonderen Steuerfähigkeit dem Z-Antrieb für die Kanal-Schubeinheit mit zwei Anlagen von je 100 PS den Vorzug gibt, dann sollte man auch untersuchen, ob man diesen Trieb mit einer Leistung von ca. 200 PS nicht auch entwickeln und zum Einbau vorsehen kann. Eine derartige Lösung könnte entscheidend im Hinblick auf eine spätere Standardisierung der Schubverbände sein.

Bei der Überlegung, welche Antriebsanlage für eine neuentwickelte Anlage zu wählen ist, darf auch die dieselelektrische Antriebsanlage nicht außer acht gelassen werden. Ihre Vorzüge, unabhängiger Aufbau des dieselelektrischen Aggregats, gleichmäßige Drehzahl des Motors bei allen Belastungen, feinfühliges Steuern der Antriebsmotoren für den Propeller, werden leider immer von solchen Argumenten aufgewogen wie die Notwendigkeit der Investierung einer 15 bis 20%igen höheren Leistung infolge des zusätzlichen elektrischen Verlustes, der hohen Anlagekosten und der besonderen Ausbildung, die die Besatzung für den Betrieb und die Wartung haben muß. Sie scheidet daher vorläufig als Antriebsanlage aus. Besondere Trimm tanks sind bei der dieselelektrischen Anlage nicht erforderlich.

Da ein geringer Tiefgang eine besondere Forderung für die Konstruktion des Schubbootes ist, ist für den Betrieb auch der Einbau einer Antriebsanlage mit Flügelradpropeller von Interesse.

Der Flügelradpropeller ist ein Propulsionsorgan, bei dem sich zur Erzeugung des Schubes der Propeller nicht wie beim normalen Propeller um eine horizontale Achse, sondern um eine vertikale Achse

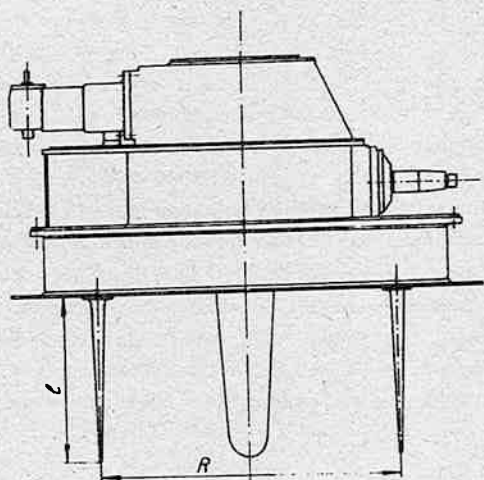


Bild 28 Schema des Flügelradpropellers

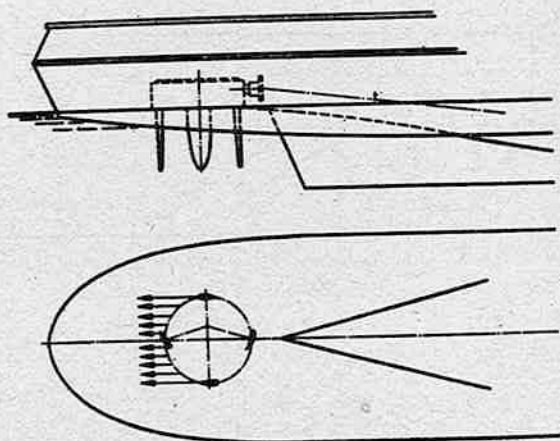


Bild 29 Schema des Einbaues im Heck eines Schiffes mit Großraumbrauntunnel

dreht (Bild 28, 29, 30). Der Schub wird dadurch erzeugt, daß die Flügel bei ihrer Drehbewegung um die Achse des Propellers Relativbewegungen um ihre eigene Achse vollführen und durch die dabei erzeugte Anstellung den zur Fortbewegung erforderlichen Schub erzeugen. In jeder Stellung ist der erzeugte Schub nach Größe und Richtung verschieden und wächst bis zu einem Maximum an, geht dann auf 0 zurück, um sich nach einem bestimmten weiteren durchlaufenen Drehwinkel in der entgegengesetzten Richtung anzustellen. Jeder Flügel durchläuft diese Wechselanstellung bei einer Umdrehung einmal. Der resultierende Schub des Propellers ergibt sich aus der geometrischen Summe der Einzelschübe der Flügel. Vier bzw. sechs Flügel erzeugen den Schub. Bei Verwendung von vier Flügeln wird der Wirkungsgrad, nach Versuchsergebnissen beurteilt, besser, da die gegenseitige Beeinflussung der Teilschübe günstiger ist.

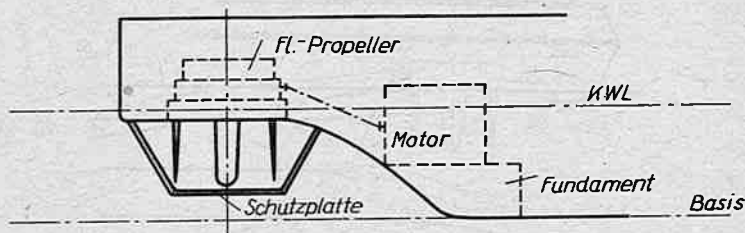


Bild 30 Anordnung Fl.-Propeller im Heck eines Schubbootes

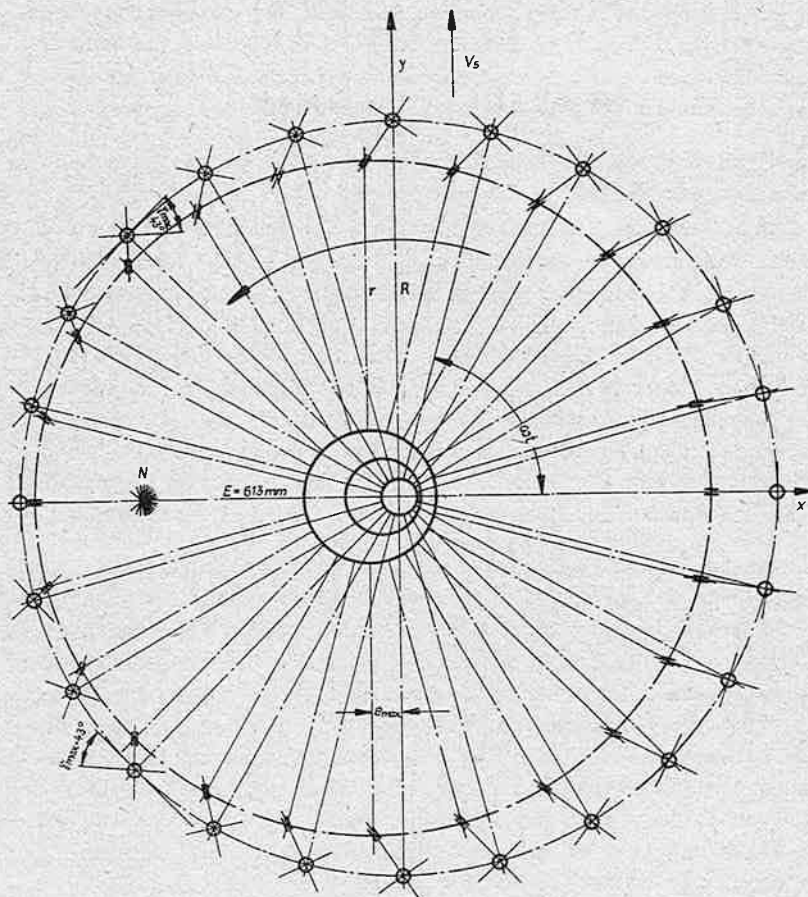
Die Relativbewegung der Flügel wird hervorgerufen durch ein im Innern des Propellers angeordnetes Steuersystem, das durch exzentrische Verstellung einer Scheibe oder eines Kreuzes von außen eingestellt wird. Bild 31 und 32 demonstrieren den Einfluß des Steuerungssystems auf die Anstellung der Flügel bei einem Umlauf.

Je nach Einstellung der Exzentrizität von Null mm bis zu einem Maximum ist ein maximaler Anstellwinkel von 0° bis zu ca. 55° erreichbar. Erfolgt die Anstellung der Exzentrizität in der Richtung des Durchmessers der Nullanstellung, so ergibt sich ein Gesamtschub in Richtung der Senkrechten auf diese Verbindungslinie. Man nennt diesen Punkt den Steuerpunkt, weil alle Normalen, die Senkrechten auf den Flügelsehnen, sich in diesem Punkte treffen. Verlegt man diesen Punkt E außerhalb dieser Linie, so ändert sich die Schubrichtung entsprechend. Auf diese Weise kann durch Verschieben des Steuerpunktes durch das Steuerungssystem die Strahlrichtung und damit die Vortriebsrichtung des Schiffes in kürzester Zeit nach Belieben um 0 bis 360° verändert werden. (Bild 33)

Theoretische Untersuchungen zur Bestimmung der hydraulischen Kräfte an den Flügeln nach Größe, Richtung und Angriffspunkt sind von verschiedenen Experten durchgeführt worden, haben aber noch nicht zur vollen Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Praxis geführt und ergeben einen Unterschied der Werte von 20 - 30 %. Die Ursache dafür liegt bei den verschiedenen Annahmen, die der Rechnung zugrunde gelegt werden müssen. Eine Methode der Berechnung zur Bestimmung der Einzelkräfte in jeder Stellung ist von Prof. Isay veröffentlicht worden. Auch Dr. Taniguchi von der japanischen Universität Osaka hat sich eingehend theoretisch und durch Versuch mit der Klärung der hydraulischen Beziehungen der Kräfte und Geschwindigkeiten an den Flügeln befaßt. Bei einer anderen Gelegenheit werden wir näher darauf eingehen.

Dipl.-Ing. W. Just hat unter Berücksichtigung der erweiterten Strahl- und Flügelblatttheorie Beziehungen aufgestellt, die ermöglichen, Leistung, Schub, Anstellwinkel und Abmessungen des Flügelradpropellers konstruktiv festzulegen und mit praktischen Messungen zu vergleichen. Dazu gehören folgende Beziehungen:

1. Die Größe des Anstellwinkels aus $\operatorname{tg} \delta = \frac{r_0'}{R} \cdot \omega t$

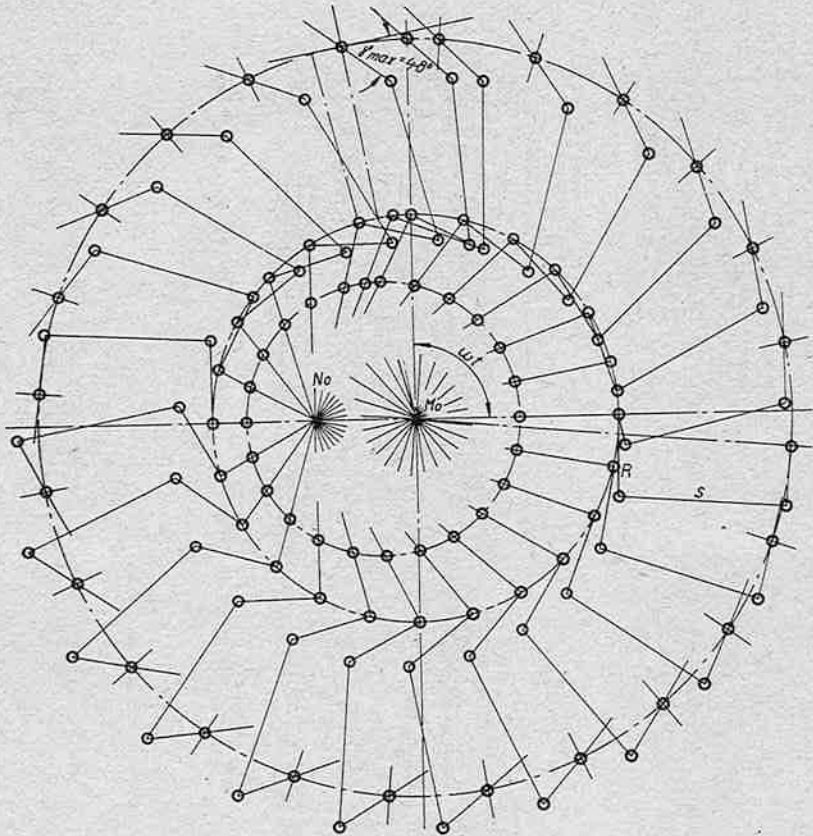


Veränderung des Anstellwinkels i und der Flügelstellung während eines Umlaufes des Flügelradpropellers bei der maximalen Exzentrizität $e_{max} = 60 \text{ mm}$.

i verändert sich

von 0° bis $+43^\circ$	bei ωt von 0° bis 135°
von $+43^\circ$ bis 0°	bei ωt von 135° bis 180°
von 0° bis -43°	bei ωt von 180° bis 225°
von -43° bis 0°	bei ωt von 225° bis 360°

Bild 31 Flügelanstellung während eines Umlaufes in Abhängigkeit von der Exzentrizität (bei Exzentersteuerung)



Flügelstellung und Anstellwinkel δ^* während eines Umlaufes bei Anwendung der Winkelhebelkinematik $e = 80 \text{ mm}$

Es ändert sich bei

ωt von 0° bis 110°	δ^* von 0° bis $+48^\circ$
ωt von 110° bis 180°	δ^* von $+48^\circ$ bis 0°
ωt von 180° bis 270°	δ^* von 0° bis -48°
ωt von 270° bis 360°	δ^* von -48° bis 0°

Bild 32 Flügelanstellung während eines Umlaufes in Abhängigkeit von der Exzentrizität (Winkelhebelsteuerung)

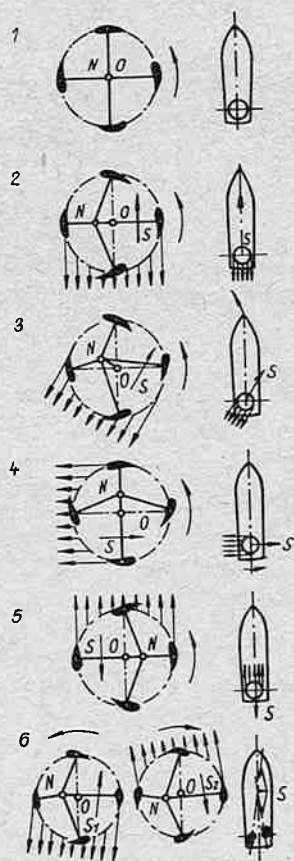


Bild 33 Wirkungsweise des Flügelradpropellers auf die Bewegungsrichtung des Schiffes in Abhängigkeit von der Lage des Steuerpunktes

2. der Schubbelastungsgrad aus $c_s = \frac{S}{\sum c_e \cdot v_e^2 \cdot F}$

3. der Strahlwirkungsgrad des Propellers aus $\eta_{str} = \frac{2}{1 + \sqrt{1 + 1,5 \cdot c_s}}$

4. der Gütegrad des Propellers aus $\xi = \frac{1}{1 + \frac{1,33 \cdot \epsilon \cdot \eta_{str}}{\lambda}}$

5. der Gesamtwirkungsgrad aus $\eta_{ges} = \eta_{str} \cdot \xi$

6. erforderliche Leistung aus $N_w = \frac{S \cdot v_e}{75 \cdot \eta_{ges}}$

7. der Standschub aus $S = 0,745 \cdot \sqrt[3]{2 \cdot \epsilon \cdot F \cdot N^2}$

8. die Lage des Steuerpunktes (Exzentrizität) aus $\lambda_0 = \frac{c_s \cdot h}{0,92 \cdot F \cdot z \cdot \frac{t}{D} \cdot \eta_{QW}}$

Der erreichbare Schub bzw. die aufzunehmende Leistung und der Gesamtwirkungsgrad hängen neben dem Anstellwinkel im besonderen von den Abmessungen des Propellers (ϕ x Höhe) und der Umfangsgeschwindigkeit ab, die um 15 m/s liegen soll. Man hat es daher in der Hand, die Flügellänge entsprechend festzulegen.

Um bei einer Vortriebsgeschwindigkeit von 10 km/h einen Schub von 1800 kp zu erzeugen, benötigt man bei einem Propellerdurchmesser von 1,2 m und einer Flügellänge von 0,75 m eine Leistung von 185 PS an der Antriebswelle; der Gesamtwirkungsgrad beträgt

$$\eta_{ges} = 0,32.$$

Für 2000 kp Schub bei gleichen Abmaßen benötigt man 212 PS bei einem η_{ges} von 0,31.

Der höchst erreichbare Wirkungsgrad liegt etwa bei dem Wert 0,6. Propulsionsmäßig ist der Flügelradpropeller dem Normalpropeller etwa gleichzusetzen.

Die Ursache dafür ist die Tatsache, daß der mechanische Verlust, der im Steuersystem auftritt, und die Profilreibungsverluste bei der Bewegung im Wasser je nach Drehzahl und Anstellung 5 bis 25% betragen können (Bild 34).

Aus Versuchen im Trockenen ergaben sich bei einer Drehzahl von 105 Um/min mechanische Verluste, die 2,5 bis 6 % der Nennleistung betragen. Beim Lauf im Wasser und Drehzahlen bis zur vollen Drehzahl, aber Anstellung 0, wurden Verlustleistungen von 15 bis 20 % festgestellt (Bild 35).

Bei Standversuchen und Anstellungen bis 36° konnte mit einer Wellenleistung von 179 PS ein Standschub von 2600 kp erreicht werden. Das entspricht einem spezifischen Schub von $\sim 14,5$ kp/PS (Bild 36).

Ein Propulsionsgewinn gegenüber dem Düsenantrieb ist also nicht zu verzeichnen.

Dagegen ist mit dem Propeller die Forderung, einen Tiefgang von 0,8 bis 0,9 m auch bei Leistungen bis 300 PS einzuhalten, ohne weiteres zu erfüllen.

Ein weiterer Vorteil dieses Antriebsorgans ist es, eine Umsteuerung der Schubrichtung von voll voraus auf voll zurück in Sekundenschnelle nur durch Veränderung der Anstellung stoßfrei einzustellen und damit eine kurze Stoppzeit zu erreichen. Volle Manövrierfähigkeit und Steuerung ist gewährleistet, da der gesamte Schub zur Drehbewegung zur Verfügung steht. Bei zwei Anlagen ist die Ausführung eines Traversiermanövers sicher.

Ein weiterer Vorteil der Anlage ist die Tatsache, daß durch die Veränderung der Anstellung die Wirkung eines normalen Verstellpropellers gegeben ist. Überlastungen des Motors, die einen Drehzahlabfall des Motors zur Folge haben, werden dadurch vermieden, daß die Anstellung zurückgenommen wird. Bei Teillast kann durch Vergrößerung der Anstellung der Motor mit höherem p_e und damit höherer Temperatur gefahren werden, so daß auch hierdurch eine Schonung der Verschleißteile erreicht wird (Bild 37).

Die Steuerung der Anstellung erfolgt elektrisch durch Druckknopfschaltung vom Steuerstand aus. Je nach dem System (Winkelhebel-

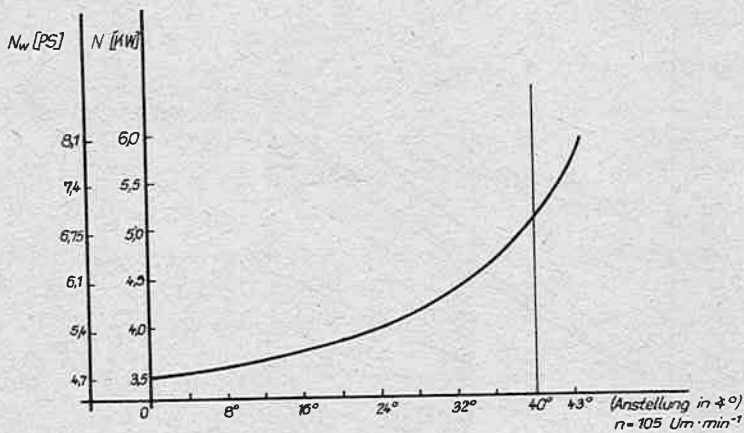


Bild 34a: Leistungsaufnahme des FL-Propellers im Leerlauf (in Luft)

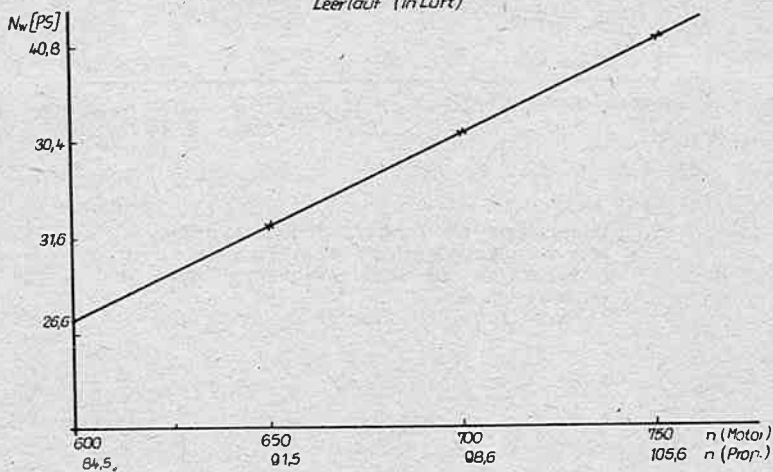
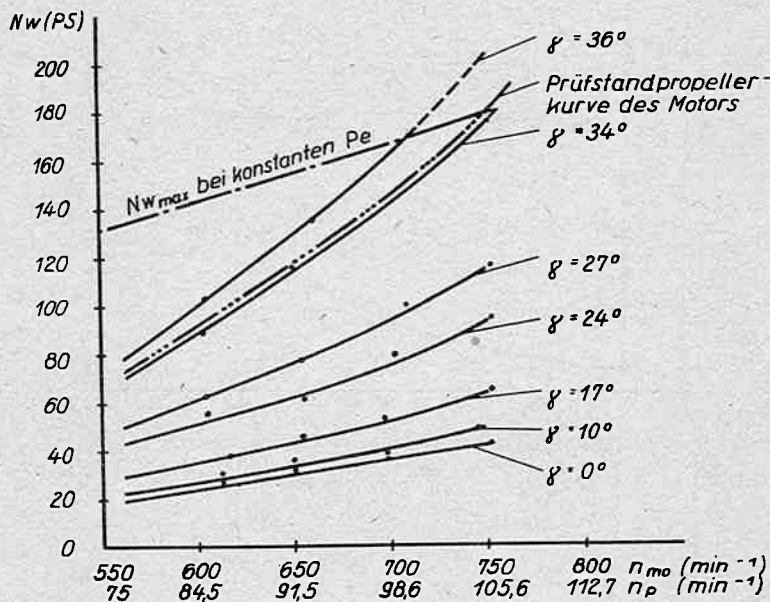
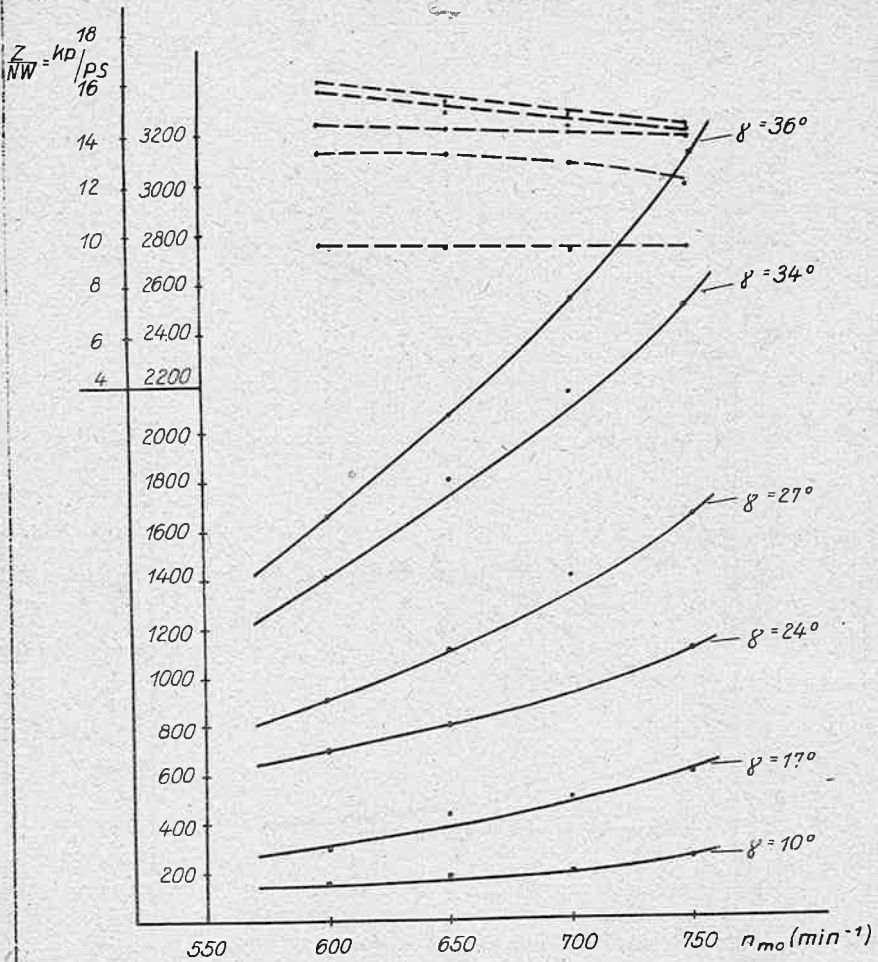


Bild 34b: Leistungsaufnahmen an FL-Propellern bei 0-Anstellung (Standversuch im Wasser)



Gemessene Leistungen in Abhängigkeit von der Motordrehzahl bzw. Propellerdrehzahl bei den Anstellwinkeln „ γ “ von 0 bis 36°.

Motor: 6 NVD 26; FL.R.-Propeller 18|43.



Zugkraft (Z) am Pfahl in Abhängigkeit von der Motordrehzahl und dem Anstellwinkel γ als Parameter (10° - 36°) und die daraus ermittelte spezifische Zugkraft.

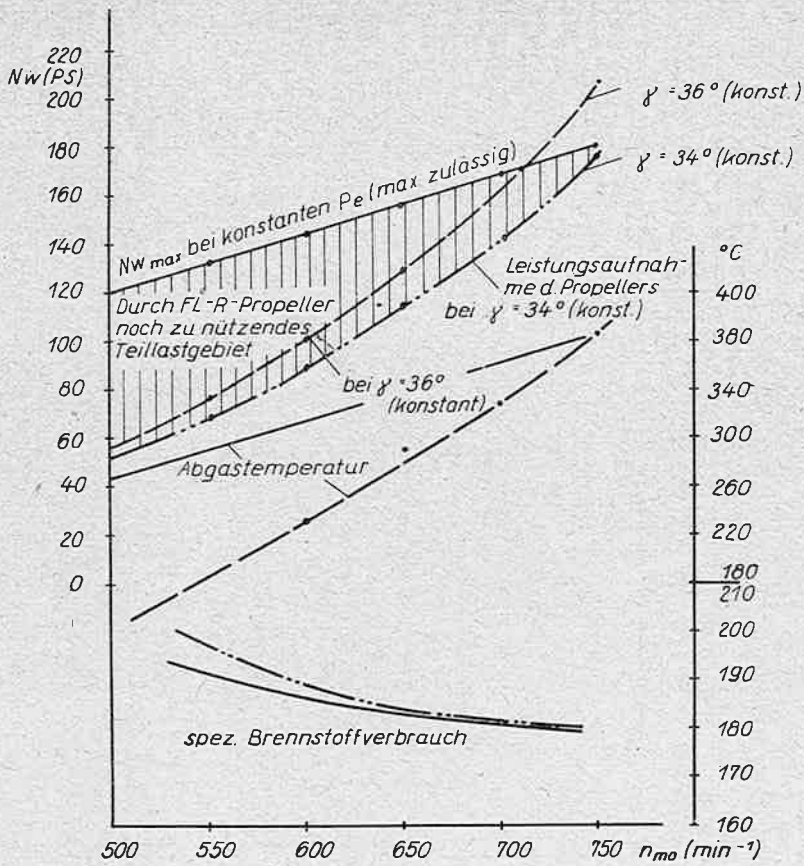


Bild 37: Darstellung der besseren Nutzung der investierten Leistung im Teillastgebiet und bei Überlast beim FL.R.-Propeller

system oder Exzentrersystem) werden die Verstellungen durch hydraulische Anlagen oder Schneckentriebe vorgenommen.

Anforderungen an einfache Montage- und Demontagemöglichkeiten werden von der Flügelradpropelleranlage in jedem Falle erfüllt, da kein Dock und kein Slip benötigt wird. Der Propeller ist einfach herauszuheben und einzusetzen, während das Schiff im Wasser bleibt.

Motor und Propeller brauchen nicht in einer Ebene zu stehen, da man Gelenkwellen verwenden kann. Elastische Lagerung des Motors ist also durchaus möglich.

Im Bild 38 wird ein Schubboot mit Fl-Propellerantrieb gezeigt, das bereits über 2 Jahre auf der Donau ohne Beanstandung im Einsatz ist

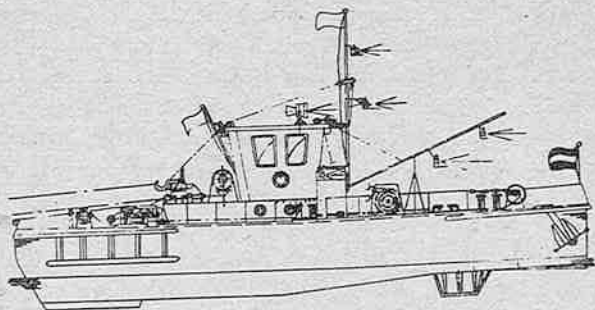


Bild 38 Schubboot "Gnom"
mit VSP im Vorschiff montiert

Der Flügelradpropeller erfüllt also in vielfacher Hinsicht die gestellten Bedingungen: geringer Tiefgang, gute Manövrierfähigkeit, erträglicher Wirkungsgrad, verhältnismäßig unabhängig von der Motordrehzahl, gutes Stoppvermögen und einfache Steuerung.

Als Nachteile sind zu verzeichnen: nicht ganz einfacher konstruktiver Aufbau des Steuermechanismus und der Konstruktion, z.B. sind ein besonders durchgearbeitetes Schmiersystem und einwandfreie Dichtungen gegen Wasser und Öl erforderlich. Der Propeller ist auch noch etwas zu schwer und zu teuer. Das Steuersystem, das nach Patenten der Warnowwerft verwendet wurde, ist noch nicht serienreif

und auch der Winkelhebelsteuerung noch nicht gleichwertig.

Keine der vorgeführten Varianten kann für sich in Anspruch nehmen, einer anderen in jedem Falle überlegen zu sein, dafür sind die zu beachtenden Bedingungen zuviel an der Zahl. Es gilt, diese Bedingungen auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen, der den günstigsten Effekt für die Rentabilität und die Umschlagsgeschwindigkeit in der Binnenschifffahrt auszuüben vermag.

Berücksichtigt man den in Betracht kommenden Leistungsbereich der Antriebe von 100 - 250 PS, dann scheint der Z-Antrieb für den Beginn der Schubschifffahrt insgesamt ein Plus vor den anderen Antriebsarten zu haben.

Ganz gleich, welche Lösung man wählt, eines sollte man nicht versäumen, Untersuchungen der Antriebsanlage nach jeder Richtung hin durchzuführen, um durch Versuch und Erfassung statistischer Werte die Erfahrung über das Verhalten der Anlage zu stärken. Aus dieser Erfahrung in Verbindung mit der Theorie und der Rührigkeit und dem Ideenreichtum technisch begabter, mit dem erreichten Stand unzufriedener Mitarbeiter und Neuerer wächst der Fortschritt der Technik im allgemeinen und der Binnenschifffahrt im besonderen.

Erhöhung der Rentabilität, Beschleunigung der Fahrleistung und des Umschlages sind nicht die alleinigen Initiatoren der Schubschifffahrt, auch der Besatzungsmangel spricht ein erhebliches Wort mit. Man darf deshalb die Steuerung und Überwachung der Antriebsanlage nicht unberücksichtigt lassen und muß danach streben, dem Ruf nach Automatisierung bzw. Halbautomatisierung gerecht zu werden. Es ist alles zu tun, daß der gesamte Betrieb vom Steuerstand überwacht, in Gang gebracht und stillgesetzt werden kann. Ob die Steuerung mechanisch, elektrisch, pneumatisch, hydraulisch oder kombiniert zu betätigen ist, muß eingehend geprüft werden. Bei den kleinen Anlagen mit kurzen Wegen ist die Verwendung mechanischer bzw. elektrisch-mechanischer Regeleinrichtungen vorzuziehen.

Es wurden entnommen:

- Bild 1, 2, 3 Hansa Nr. 39/40, 1960, S. 1979
" 6 " " 47/48, 1960, S. 2283
" 7 " " 43/44, 1960, S. 2227
" 4,5,26,27 Zeitschrift für Binnenschifffahrt Heft 11, 1957,
S. 453/454 u. 456/458
" 19, 20 Jahrbuch der Schiffbautechn. Gesellschaft
Bd. 47, 1953, S.170 u.172
" 24, 29 " " " " 48, 1954, S.162
" 21 MTZ-Jg. 24; 1963, Heft 7, S. 228
" 18 ATZ Heft 3/4, 1952.

Inhaltsverzeichnis der bisher erschienenen Hefte

Heft 1

- | | |
|-----------------------------|---|
| OMANN, J. | Einleitung zur 6. Wissenschaftlichen Fachtagung |
| HEISE, G./
SCHNEIDER, M. | Widerstandsmessungen an Schubprahm-Modellen |
| BABST, G. | Über das Kriterium und die Bedingungen bei der Ermittlung der Entwurfs-terminanten optimaler Seefrachtschiffe |
| RÖBKE, H. | Weiterentwicklung auf dem Gebiete des Bewuchs- und Korrosionsschutzes an Schiffsanlagen |
| LIEPE, F. | Betriebserfahrungen mit HD-Ölen auf den Prüfständen der Forschungsanstalt für Schifffahrt |
| MÜHLHAUS, W. | Erprobung eines Mehrgang-Getriebes MS 150/2,81-1 für den Schiffsantrieb |
| HAASE, F. | Schadensfälle an Schiffshauptmotoren |
| VORWERK, D. | Lagerversuche auf der Lagerprüfmaschine |
| OMANN, J. | Schlusswort |

Heft 2

- | | |
|-------------------------------|--|
| UNVERRICHT, G./
STOOF, A. | Untersuchungen über die Zweckmäßigkeit des Einsatzes von Stetigförderern im Massenstückgutumschlag |
| UNVERRICHT, G. | Möglichkeiten des staubfreien Umschlags von pulverförmigen Schüttgütern |
| REICHMANN, H. | Zur Frage der Fortführung der Kühlkette beim Fleischumschlag im Seehafen der DDR |
| LIEPE, F. | Über den Einsatz verschiedener Motoren-schmieröle im Motor 8 DV 136 auf dem Prüfstand der FAS |
| VORWERK, D./
REICHMANN, H. | Zur Instandhaltung unserer neuen Motor-güterschiffsflotte |