



ENTWICKLUNGEN IN DER SCHIFFSTECHNIK UND IHRE ANWENDUNG IN DER WASSER- UND SCHIFFFAHRTSVERWALTUNG (WSV)

Dipl.-Ing. Siebeneicher, Bundesanstalt für Wasserbau

1 Einleitung

Die WSV hat sich in den vergangenen rund 50 Jahren schiffstechnische Entwicklungen beim Aufbau und bei der Modernisierung ihrer Flotte nicht nur zu Nutze gemacht, sondern sie hat auch Forschung und Entwicklung maßgeblich unterstützt. Es waren bis in die heutige Zeit immer wieder WSV-Schiffe, die für Versuche und Erprobungen zur Verfügung gestellt wurden.

Viele Entwicklungen gingen aber auch von der WSV aus, so z.B. in der Eisbrechtechnik, da durch die besondere Aufgabenstellung auf und an den Wasserstraßen auch vielfältige Spezialschiffe benötigt wurden.

Besonders intensiv war diese Entwicklung in den ersten Jahren nach dem 2. Weltkrieg. Bedingt durch die Verbote der Alliierten gab es in der Bundesrepublik kaum nennenswerten Schiffbau. Die WSV war durch derartige Beschränkungen allerdings weniger betroffen.

Die WSV-Flotte war durch Kriegsverluste und Reparationen stark dezimiert. Hinzu kam eine technische Überalterung, da seit Anfang der 30er Jahre der zivile Schiffbau immer mehr zum Erliegen kam. Dies bedeutete, daß nach dem Krieg nur die WSV (in bescheidenem Maße) die von der Kriegsmarine betriebene Entwicklung teilweise übernehmen und fortsetzen konnte. Allerdings waren die Möglichkeiten noch beschränkt.

Die Grundlage für viele technische Neuerungen an Bord unserer Schiffe wurde in den 50er und 60er Jahren geschaffen. Man trifft hier immer wieder auf den Namen Waas¹, von dem die Erneuerung und Modernisierung der WSV-Flotte nachhaltig geprägt wurde.

Von den vielen technischen Entwicklungen sollen nur einige wenige aus den Bereichen

▲ Propulsions- und Manövriertechnik

¹ Dr.-Ing. Heinrich Waas (1906 - 1991):
1951 - 1962 Leiter des Referates Maschinenwesen im Bundesministerium für Verkehr
1962 - 1970 Unterabteilungsleiter „Wehrtechnik See“ im Bundesministerium der Verteidigung

▲ Geräuschbekämpfung

▲ Eisbrechtechnik

vorgestellt werden.

2 Propulsions- und manövriertechnische Anlagen

Das am bekanntesten und am häufigsten eingesetzte Vortriebsmittel ist die Schiffsschraube oder der Schiffs-



Bild 1: Verstellpropelleranlage des Eisbrechers „Fürstenberg“ (Umbau 1997)

propeller, der, als mehrflügeliger Propeller hinter dem Schiffskörper angeordnet und von einer Dieselmotorenanlage angetrieben, dem Schiff den gewünschten Vortrieb bzw. Geschwindigkeit gibt.

Daneben haben sich im Laufe der Zeit aufgrund spezieller Anforderungen Sonderformen entwickelt, die auch auf den hochspezialisierten Schiffen der WSV eingesetzt werden.

2.1 Verstellpropeller

Die Idee, die Flügel eines Schiffpropellers verstellbar auszuführen, um den Propeller auf diese Weise besser den Betriebsanforderungen anzupassen, kam schon in der Mitte des 19. Jahrhunderts auf. Eine Realisierung scheiterte jedoch daran, betriebssichere technische Lösungen für den Verstellmechanismus zu finden. Erst in den 30er Jahren führten Erfahrungen aus dem Turbinenbau zu ersten Erfolgen.

Der Durchbruch kam dann nach 1950, allerdings nur zögerlich.



Auch hier war es die WSV, die die Vorteile des Verstellpropellers sehr früh erkannte und Verwaltungsschiffe mit diesen Anlagen ausrüstete.

Durch die Drehung der in der Propellernabe angeordneten Flügel, und damit Veränderung der Propellersteigung während der Fahrt des Schiffes, läßt sich jede beliebige Fahrtstufe von „voll voraus“ über „Null“ auf „voll zurück“ einstellen, ohne daß der Motor umgesteuert werden muß bzw. ein Wendegetriebe erforderlich ist. Dadurch sind eine gute Langsamfahrt, kurze Stoppzeiten und schnelles Umsteuern möglich.

Neben den betrieblichen Vorteilen ergeben sich auch Vorteile bei der technischen Ausführung der Antriebsanlage: keine Umsteuereinrichtung für Fahrtrichtungswechsel, konstante Motordrehzahl, d.h. Hilfsmaschinen wie Pumpen und Generatoren lassen sich direkt von der Hauptmaschine antreiben und es kann auf ein zusätzliches Hilfsaggregat verzichtet werden (Bild 1).

Der Verstellpropeller wird immer dort eingesetzt, wo es zu häufigen Fahrtstufenwechseln und auf feinfühliges Manövrieren ankommt z.B.

- ▲ bei der Bearbeitung von schwimmenden Seezeichen, wo das Schiff unter Einfluß von Sturm und Wind genau auf Position gehalten werden muß; so sind nahezu alle Tonnenleger in Nord- und Ostsee mit Verstellpropelleranlagen ausgestattet.
- ▲ bei der Eisbekämpfung auf freifließenden Gewässern, wo der Betrieb z.B. bei Bekämpfung von Eisversetzungen ein häufiges Stoppen und Beschleunigen des Schiffes erfordert.

2.2 Ruderpropeller

Eine Sonderausführung eines Schiffsantriebes ist der seit rund 40 Jahren bewährte Ruderpropeller, der, wie der Name sagt, eine Kombination von Vortriebs- und Steuerorgan ist. Dieser Antrieb bietet die Möglichkeit, durch Drehung des Unterwasserteils um 360° den Propellerschub in jede beliebige Richtung zu lenken. Damit kann der Propeller für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt sowie zum Manövrieren eingesetzt werden, ohne daß die Drehrichtung des Antriebsmotors umgekehrt werden muß. Auch das bei herkömmlichen Antrieben erforderliche Ruder kann entfallen.

Der Einsatz von Ruderpropellern bietet sich immer dort an, wo es auf gute Manöviereigenschaften ankommt.

In der WSV hat diese Art des Antriebes bei den unterschied-

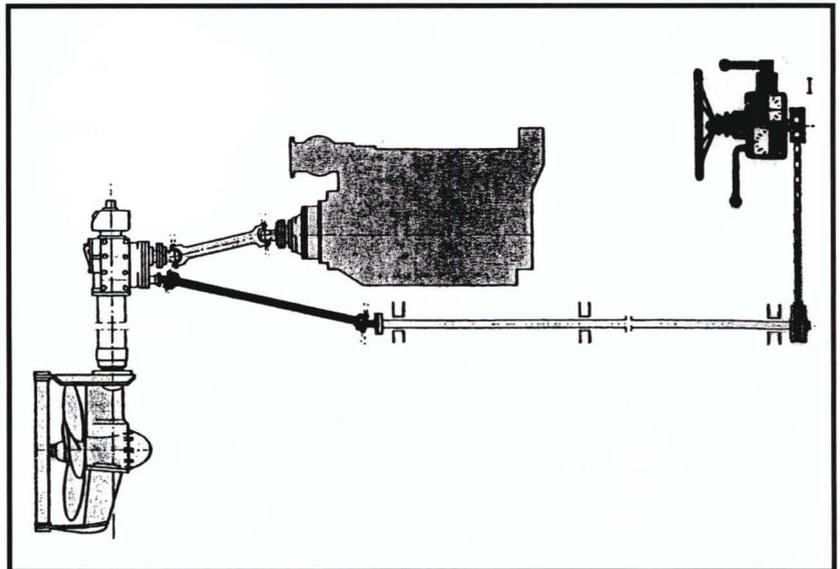


Bild 2: Prinzipdarstellung eines Ruderpropellers

lichen überwiegend auf den Binnenwasserstraßen eingesetzten Wasserfahrzeugen wie Meßschiffen („Rheinland“), Verkehrssicherungsschiffen („Köln“, „Bonn“ und „Homburg“), Schwimmgreifern („Lurch“), in der Uferunterhaltung eingesetzten Notstandsfähren („Minden“, „Hoya“) und Transportschuten („Wümme“) eine vielfältige Anwendung gefunden (Bilder 2 und 3).

Das kürzlich in Dienst gestellte Schadstoffunfall-Bekämpfungsschiff „Neuwerk“ wurde mit Schottel-Ruderpropellern mit 2 x 2900 kW Antriebsleistung ausgerüstet. Mit diesem Antrieb lassen sich die hohen Anforderungen an die Manöviereigenschaften dieses u.a. auch für die Seezeichenbearbeitung, das Notschleppen und Eisbrechen eingesetzten Mehrzweckschiffes erfüllen. Modellversuche sowie Erfahrungen mit vergleichbaren finnischen Schiffen im Eis haben gezeigt, daß auch diese Antriebsart die Manövrierfahrt im Eis erheblich verbessern wird.

2.3 Flügelradpropeller

Die bekannteste Konstruktion unter den Flügelradpropellern ist der von der Fa. Voith entwickelte und unter diesem Namen bekannte Voith-Schneider-Propeller (VSP).

Auf einem kreisförmigen Radkörper, der um eine senkrechte Achse mit konstanter Drehzahl rotiert, sind drehbare Propellerschaufeln angeordnet. Durch ein Steuergetriebe werden diese gezwungen, schwingende Bewegungen um ihre eigene Achse auszuführen, so daß ein Schub, je nach Flügelstellung, in jede Richtung erzeugt werden kann.

Wie beim Verstellpropeller können die Fahrtstufen von „voll voraus“ über „Null“ bis „rückwärts voll“ bei gleichbleiben-

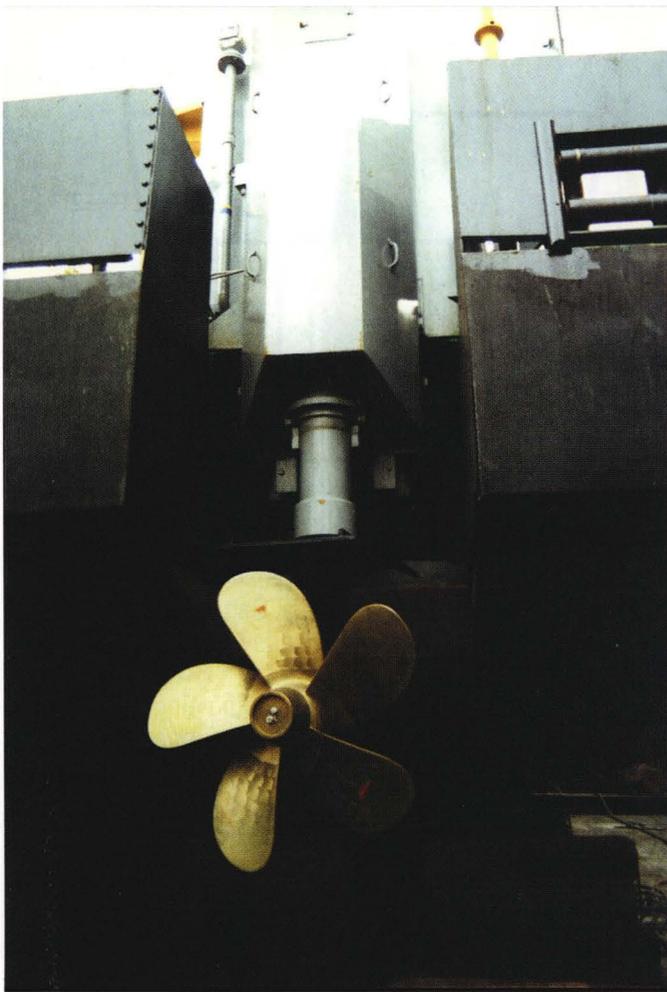


Bild 3: Arbeitsgerät „Franzius Plate“

der Drehzahl und unverändertem Drehsinn der Antriebsmaschine gefahren werden. Ein Ruder ist wie beim herkömmlichen Propellerantrieb nicht erforderlich. In der Regel werden Doppelanlagen eingebaut.

Der VSP verfügt über ausgezeichnete Manövrier-eigenschaften. Man kann „auf dem Teller“ drehen, traversieren und auch kurze Stoppmanöver sind problemlos möglich. Bevorzugte Anwendungsgebiete sind daher Fähren, Schlepper und Fahrzeuge, die feinfühlig und auf engen Revieren operieren müssen (Bild 4).

Die WSV hat die in den 50er Jahren gebauten (Watt)Tonnenleger „Norden“ und „Barsemeister Brehme“, sowie 1967 das Seezeichenfahrzeug „Solthörn“ mit VSP-Antrieben ausgerüstet. Auch der kürzlich in Dienst gestellte Tonnenleger „Norden“ ist wiederum mit diesem Antriebssystem ausgerüstet worden.

Nahezu alle Fähren am NOK verfügen über zwei VSP-Antriebe. Von diesen Fähren wird, da sie dem öffentlichen Straßenverkehr dienen, und das ganze Jahr - auch im Winter bei Eisgang - im Einsatz sind, ein hohes Maß an Betriebssicherheit verlangt. Probleme, die es mit den kleinen Standardfähren in der Vergangenheit bei Einsatz im Eis gegeben hat, sind durch geeignete Abhilfemaßnahmen weitgehend gelöst. Erwähnenswert ist auch, daß die Entwicklung des bekannten Voith-Wassertreckers in enger Zusammenarbeit mit der WSV erfolgte, und zwar 1953 u.a. mit dem Bau des Bugsierschleppers „Flemhude“ (Bild 5).

2.4 Querstrahlruder

Schiffe, die ausschließlich mit Heckrudern ausgestattet sind, sind bei geringen Fahrtstufen steuerschwach oder sogar steuerlos, weil das vom Ruder aufzubringende Moment wegen der zu geringen Anströmung nicht ausreicht, das Schiff zu steuern.

Als Manövrierhilfen werden sogenannte Querstrahlruder eingebaut, mit deren Hilfe Fahrtrichtungsänderungen oder erforderliche Kurskorrekturen infolge von Wind und Strömung bei niedrigen Schiffsgeschwindigkeiten vorgenommen werden können.

Heute hat sich die folgende Bauform durchgesetzt: In einem querschiffs angeordneten Tunnel, in der Regel im Vorschiff, sind ein oder auch zwei umsteuerbare Fest- oder Verstellpropeller angeordnet, die einen Querschub und damit ein Steuermoment erzeugen (Bild 6).

Auch hier stammt die Idee des „Bugstrahlruders“ aus der Zeit vor der Jahrhundertwende.

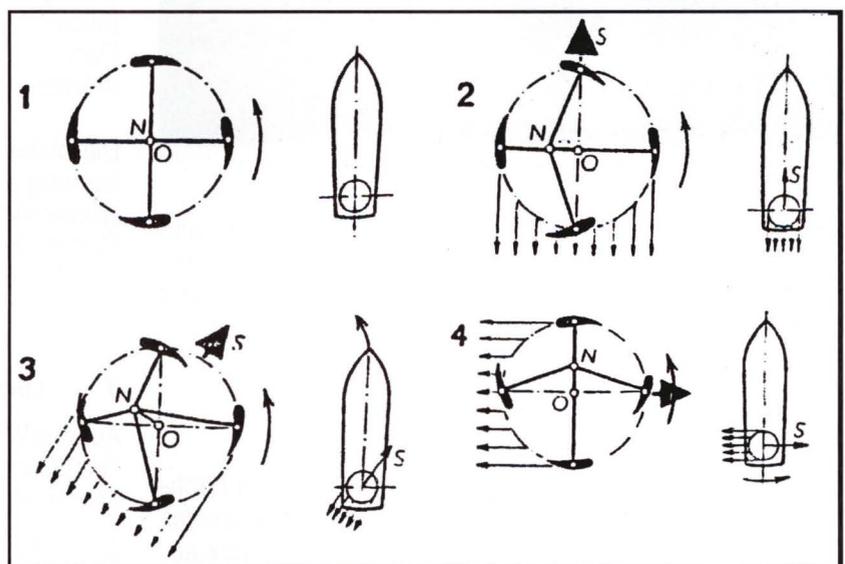


Bild 4: Wirkungsweise des Flügelradpropellers am Beispiel des Voith-Schneider-Propellers

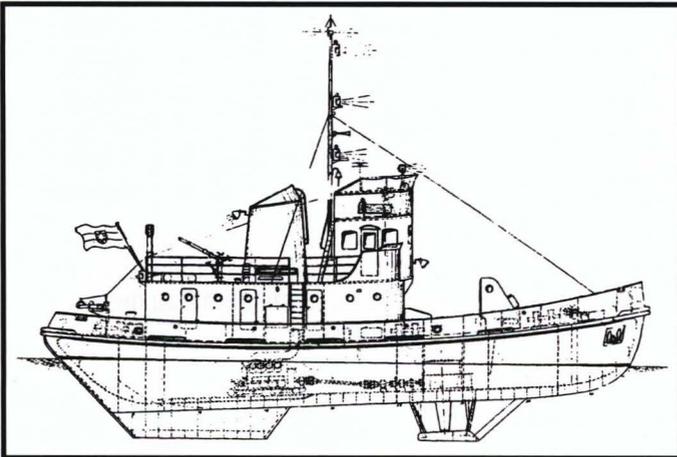


Bild 5: Voith-Wassertrecker „Flemhude“

Eine intensive Entwicklung trat jedoch auch hier erst ab etwa 1950 ein, da dann erst die erforderliche Antriebstechnik technisch ausgereift war.

Die Entwicklung des Querstrahlruders wurde ebenfalls in starkem Maße vom Bundesverkehrsministerium unterstützt.

Das Bereisungsschiff „Leo Sypher“ erhielt 1953 das erste Bugstrahlruder. Es folgten 1957 der Tonnenleger „Walter

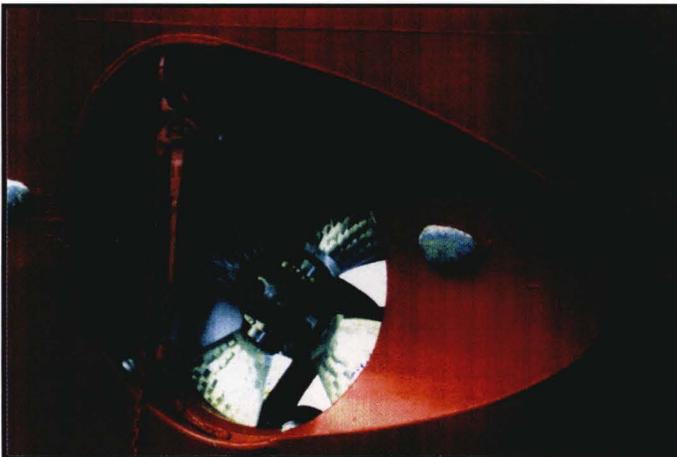


Bild 7: Ausführungsbeispiel eines Querstrahlruders

Körte“, die großen Hopperbagger „Schmidt“, „Gähns“ und „Franzius“. Heute sind fast alle Fahrzeuge, an die hohe Anforderungen an die Manövrierfähigkeit gestellt werden, mit derartigen Anlagen ausgerüstet (Bild 7).

2.5 Pumpenantriebe

Das unter 2.4 beschriebene Querstrahlruder hat den Nachteil, daß die volle Schubkraft nur bei geringer Fahrt des Schiffes (2 - 3 kn) voll wirksam wird, darüber hinaus aber stark abnimmt.

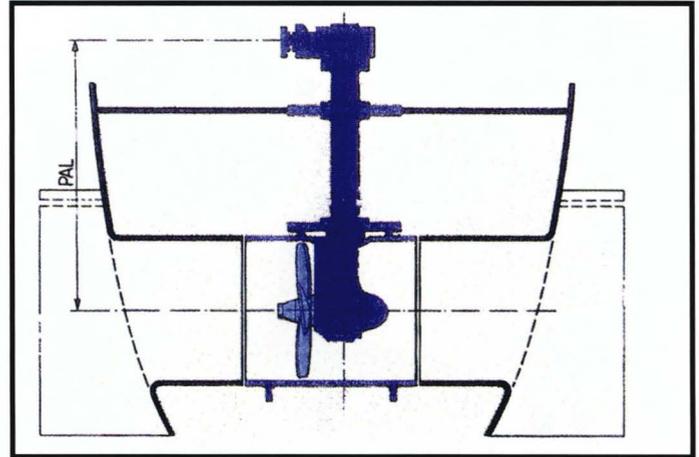


Bild 6: Anordnung eines Bugstrahlruders im Vorschiff

Heute verwendet man daher zunehmend Wasserstrahlantriebe. Am bekanntesten ist der in der WSV ausschließlich eingesetzte Pumpjet, der von der Fa. Schottel als Manövrierhilfe und als Hauptantrieb entwickelte wurde (Bild 8).

Diese Anlage, die im Schiffsboden bündig eingebaut ist, besteht im wesentlichen aus einer Kreiselpumpe. Diese saugt das Wasser unter dem Schiff an und stößt es über eine Düse wieder aus. Infolge des Rückstoßprinzips entsteht ein Schub, der um 360° steuerbar ist. Somit ist auch hier Steuerung und Vortrieb in einem Aggregat zusammengefaßt.

Der Steinstrürzer „Granit“ (1986) und das Arbeitsgerät „Franzius Plate“ (1987) erhielten als zusätzliche Manövrierhilfe einen Kegeljet (Vorläufer des o.g. Pumpjets, Bild 9).

Der u.a. für extremen Flachwassereinsatz bewährte Pumpjetantrieb wurde auf den Mehrzweckgeräten „Oberweser“ (1988) und „Muräne“ (1993) als Hauptantrieb eingebaut. Beide Geräte werden auf der Oberweser bzw. dem Main in Flachwasserbereichen eingesetzt, die mit herkömmlichen Antrieben nicht, oder zeitweise nicht, zu befahren sind.

Die bisher in der WSV größte Anlage mit einer Antriebsleistung von 2.600 kW wurde auf dem Mehrzweckschiff „Neuwerk“ als Manövrierhilfe und zusätzliche Vortriebsanlage eingebaut. Allein mit dem Pumpjet erreicht das 15 kn schnelle Schiff eine Geschwindigkeit von 7 - 8 kn.

3 Lärmbekämpfung

Auf den WSV-Schiffen zeichnete sich durch den technischen Fortschritt - wie in der Schifffahrt allgemein - eine zunehmende Lärmbelästigung des Bordpersonals ab, so daß der Bekämpfung von Lärm und Vibrationen eine besondere Bedeutung zukam. Durch einschlägige Arbeitsschutzbestimmungen wurden zunächst Richt- und später Grenz-

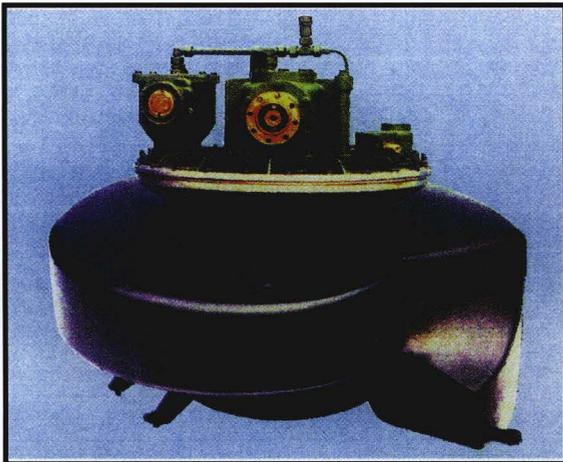


Bild 8: Beispiel eines Pumpjets

werte von Lärmbelastungen an Bord von Schiffen vorgegeben.

So dürfen nach den Unfallverhütungsvorschriften der Seberufsgenossenschaft (SeeBG) auf Seeschiffen folgende Schallpegel nicht überschritten werden:

Maschinenräume	110 dB (A)
Wohn- und Schlafräume	60 dB (A)
Brücke	65 dB (A)

Weiter werden wirksame Lärminderungsmaßnahmen empfohlen bzw. vorgeschrieben, wie z.B. Anordnung von Unterkunftsräumen soweit wie möglich entfernt von Hauptlärm-erzeugern wie Propeller, Maschinenanlage oder Querstrahl-anlagen.

Für Binnenschiffe gibt es vergleichbare Schutzbestimmungen.

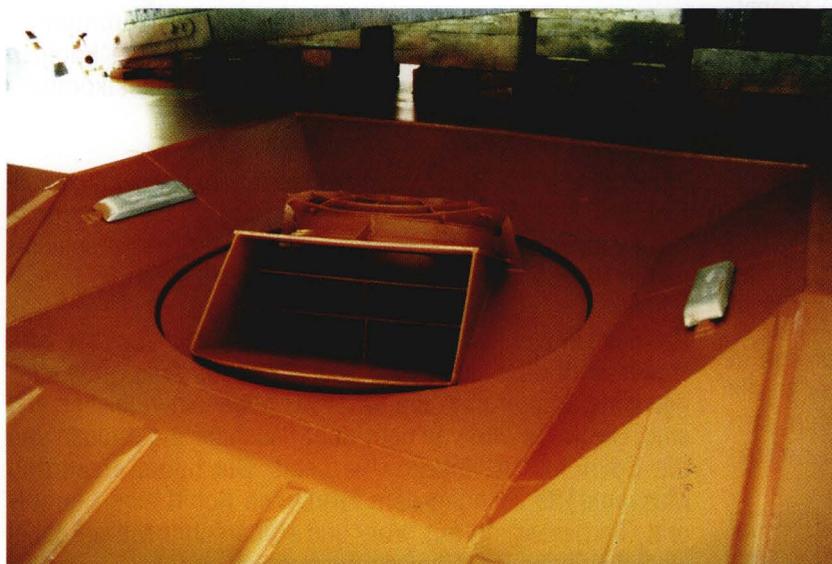


Bild 9: Kegeljetanlage auf dem Arbeitsgerät „Franzius Plate“

3.1 Elastische Lagerungen von Maschinen

Der Lärmschutz im Maschinenbereich konzentriert sich auf die Dieselmotoren, da diese die stärksten Lärmerzeuger sind.

Der in einem Verbrennungsmotor systembedingt erzeugte Körperschall wird bei starr gelagerten Motoren nahezu unvermindert in das Fundament und von dort in den Schiffskörper eingeleitet und breitet sich in der gesamten Schiffsstruktur aus.

An geeigneten Stellen, z.B. im Wohnbereich an Decken und Wänden, wird der Körperschall in Luftschall umgewandelt, den der Mensch dann als Lärm empfindet.

Grundsätzliche Ergebnisse der Schall- und Schwingungsforschung führten zur Entwicklung von schwingungsarmen Motoraufstellungen. Zu den wichtigsten Maßnahmen zur Unterbrechung bzw. Herabsetzung des Körperschalls gehört die sogenannte elastische Lagerung; d.h. zwischen Motor und Fundament wird in Form von sogenannten Federelementen (d.s. Gummischwingmetalle) eine elastische Trennschicht gelegt. Federelemente gibt es für alle Anwendungsfälle in unterschiedlichster Form und Elastizität.

Häufig führt eine einfach-elastische Lagerung nicht zu der erforderlichen Lärmreduzierung, so daß zwischen Motor und Fundament ein Zwischenrahmen angeordnet wird, der gegenüber dem Fundament ebenfalls elastisch gelagert ist; man spricht dann von einer doppelt-elastischen Lagerung.

Auf den Neubauten der WSV sind heute nahezu alle (schnelllaufenden) Motoren elastisch gelagert.

3.2 Grim'sche Welle

Der Propeller ist neben der Motorenanlage der wichtigste Schwingungserreger. Dadurch, daß der Propeller in einer ungleichförmigen Zuströmung (zeitlich und räumlich veränderlich) arbeitet, entstehen u.a. periodische hydrodynamische Kräfte (Druckschwankungen), die auf die Außenhaut des Schiffes wirken und damit Schiffsvibrationen erzeugen.

Die Idee von Grim² war, das letzte Wellenlager elastisch mit dem Schiffskörper zu verbinden. Als elastisches Glied wird das Stevenrohr benutzt, das wie ein Kragarm freitragend ausgeführt ist.

Die auf das Schiff wirkenden Kräfte werden dabei klein gehalten, wenn die Propellerwelle im überkritischen Bereich läuft. (Eigenfrequenz des elastischen Lagers ist sehr viel größer als die Frequenz der erzeugten Propellerkräfte, Bild 10)

² Prof. Dr.-Ing. Otto Grimm (1911-1994)
1972 - 1978 Ordinarius für Schiffstheorie am Institut für Schiffbau der Universität Hamburg
1969 - 1974 Leiter der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt

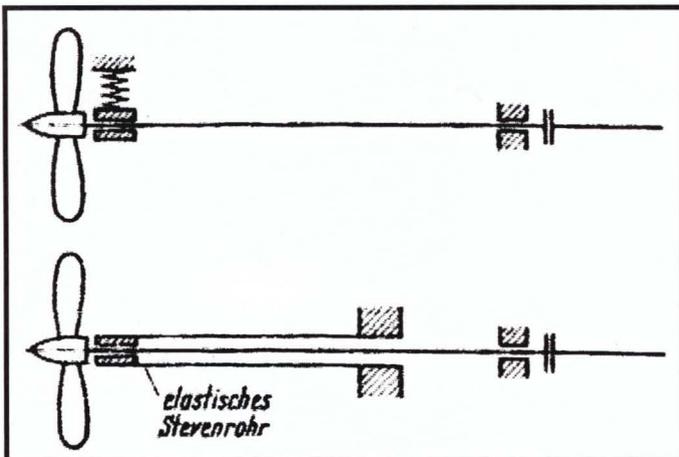


Bild 10: Schema der elastischen Lagerung der Propellerwelle

Der Vorschlag von Grim konnte in kurzer Zeit erfolgreich in die Praxis umgesetzt werden. Der Prototyp, der erstmals mit einer elastischen Stevenrohr Lagerung ausgerüstet wurde, war 1955 das Peilschiff „Nord“ (Bild 11).

Die Ergebnisse waren so ausgezeichnet, daß inzwischen viele Schiffe der WSV mit der sogenannten Grim'schen Welle gebaut wurden, u.a. auch die Hopperbagger „Schmidt“, „Gähns“ und „Franziskus“.

3.3 Querstrahlruderbelüftung

Querstrahlruderanlagen (vgl. 2.4) gehören ebenso wie die Dieselmotoren und die Antriebspropeller zu den großen Lärm-erzeugern an Bord. Diese erzeugten Geräusche werden vom Bordpersonal als besonders unangenehm empfunden, weil sie nur gelegentlich bei Einschaltung der Anlage und in der Intensität sehr unregelmäßig auftreten.

Ursache für die Geräuscherzeugung sind Kavitationserscheinungen an den in der Regel hochbelasteten Propellern. Herkömmliche Maßnahmen zur Geräuschminderung, z. B. durch Isolierung, sind aufwendig und bringen keine befriedigenden Ergebnisse.

Durch Einblasen von Luft in den Propellerzustrom können die Kavitationsauswirkungen reduziert werden und gleichzeitig wird durch das Luft-Wasser-Gemisch die Schallübertragung zwischen Propeller und Querrohr gedämpft.

1987 wurden u. a. mit dem MzS „Scharhörn“ Großversuche mit einer vom BMFT geförderten und von der Fa. Jastram - Forschung entwickelten Belüftungsanlage durchgeführt.

Die Ergebnisse haben gezeigt, daß durch Lufteinblasen in den Querkanal mit vertretbarem technischem Aufwand die Geräuschpegel im Schiff wirksam vermindert werden können. Es wurden Schallpegelreduzierungen bis zu 12 dB(A) erreicht.

Die Anlage wurde nach Abschluß des Forschungsvorhabens von der WSV übernommen.

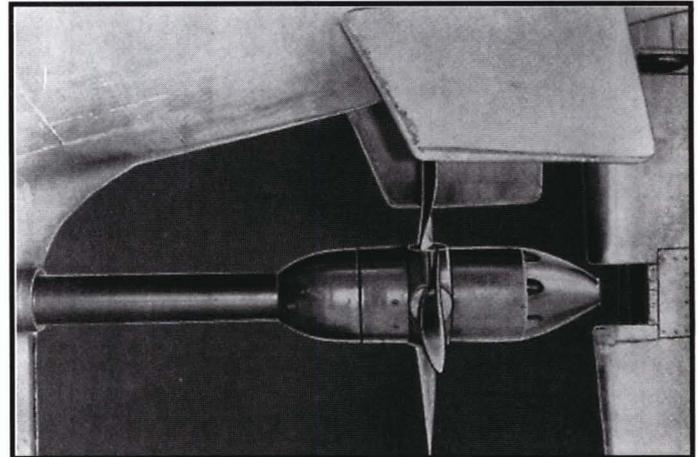


Bild 11: Peilschiff „Nord“

4 Eisbrechtechnik

Bis in die 50er Jahre unterschieden sich die auf den Binnenwasserstraßen für den Eisaufbruch eingesetzten Eisbrecher kaum von leistungsstarken Schleppern (als solche wurden sie auch während der eisfreien Zeit eingesetzt). Systematische Untersuchungen in Form von Modell- und Naturversuchen setzten erst danach ein, nachdem bei der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt entsprechend moderne Versuchseinrichtungen zur Verfügung standen. Die Ideen für leistungsverbessernde Einrichtungen kamen vielfach aus der WSV (Waas). Vorrangiges Ziel war es dabei, die Eisbrechleistung des Schiffes zu verbessern.

4.1 Stampf- und Umwuchtanlagen

In der Eisbekämpfung auf den Binnenwasserstraßen können die eingesetzten Eisbrecher das Eis, besonders auf frei-fließenden Gewässern wie Elbe, Oder, Donau, nicht in kontinuierlicher Fahrt brechen. Durch Eisversetzungen und Eisstaus auf den Flüssen, aber auch durch zusammengesobenes und -gefrorenes Scholleneis auf den Kanälen kommt es immer wieder vor, daß Eisbrecher festkommen und ohne fremde Hilfe nicht mehr freikommen.

Waas konnte die Gefahr des Festkommens wesentlich verringern, indem er das Schiff durch eine sogenannte Umwucht- oder durch eine Stampfanlage in eine schwingende Bewegung versetzt.

Bei der Umwuchtanlage sind auf einer vom Vor- bis zum Hinterschiff durchlaufenden Welle am Ende zwei Umwuchtgewichte angeordnet, die um 180° gegeneinander versetzt sind. Die Welle wird von der Hauptmaschine angetrieben und die Gewichte in Rotation versetzt. Die dabei erzeugten Massenkräfte zwingen dem fahrenden Schiff eine Stampf- und Gierbewegung auf. Vor- und Hinterschiff führen dabei eine elliptische Spiralbewegung aus.

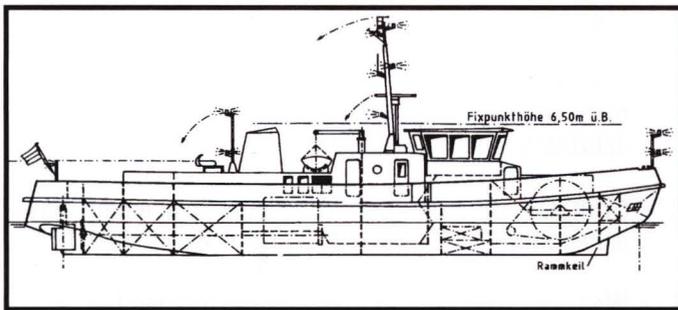


Bild 12: Eisbrecher „Büffel“ mit Stampfanlage

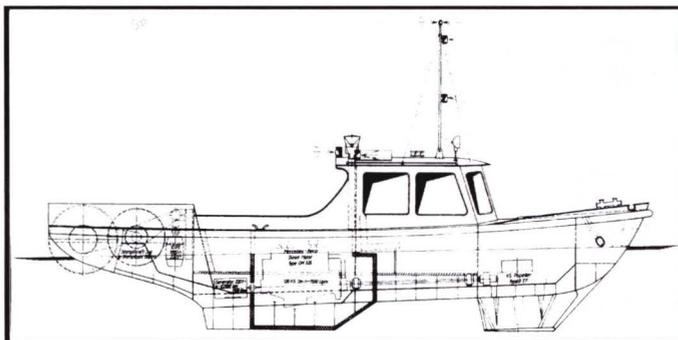


Bild 13: Versuchseisbrecher „Haltern“

Die Stampfanlage arbeitet nach dem gleichen Prinzip.

Auf einer Querschiffs im Vorschiff angeordneten Achse sind zwei Umwuchtgewichte auf Schwungrädern untergebracht. Durch die gegenläufige Drehrichtung der Schwungräder wird der Eisbrecher in eine schwingende Vertikalbewegung gebracht (stampfen).

Neben der Verringerung der Gefahr des Festkommens ergibt sich beim Brechen geschlossener ebener Eisdecken eine höhere Brechleistung. Die beste Wirkung mit einer Stampfanlage wird bei Fahrt durch dickes Eis erzielt, das ohne Stampfanlage sonst kaum durchfahren werden kann. In dünnerem Eis ist dagegen keine nennenswerte Verbesserung der Eisbrechleistung zu verzeichnen.

Der erste Eisbrecher, der mit einer Umwuchtanlage gebaut wurde, war der 1952 auf der Oberelbe in Dienst gestellte Eisbrecher „Wisent“. 1957 wurde dann die erste Stampfanlage auf dem Eisbrecher „Eisfuchs“ installiert.

Beide Systeme wurden auf den nachfolgenden Eisbrecherneubauten für Elbe, Donau und Küstengebiet eingebaut.

Heute werden, wegen der baulichen Nachteile bei Umwuchtanlagen (längs durch das gesamte Schiff laufende Welle), nur noch Stampfanlagen eingebaut, so zuletzt 1987 bei dem neuen Oberelbeisbrecher „Büffel“ (Bild 12).

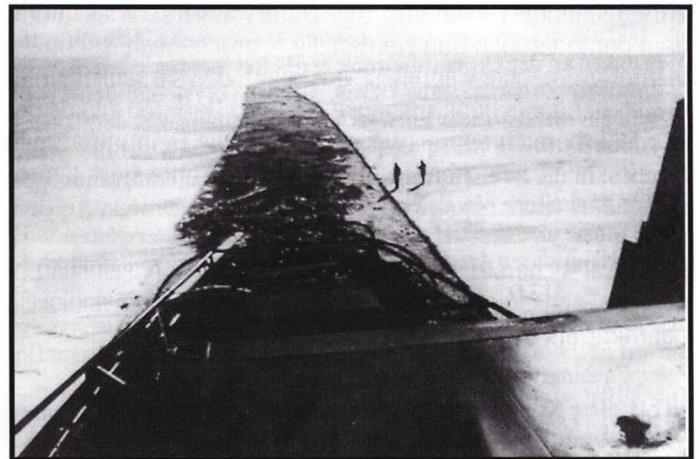


Bild 14: Eisfreie Rinne hinter dem Schiff

4.2 Treibrad

Der Propellerwirkungsgrad eines mit geringer Geschwindigkeit durch das Eis fahrenden Schiffes ist außerordentlich klein.

Diese Tatsache brachte Waas auf die Idee, durch ein sogenanntes Treibrad eine zusätzliche Vortriebskraft zu erzeugen, um damit die Eisbrechgeschwindigkeit zu erhöhen. Dieses am Bug oder Heck angeordnete Rad greift in das Eis und unterstützt damit den Hauptantrieb des Eisbrechers. Um ein Rutschen am Eis zu verhindern, sind auf dem Radumfang senkrecht stehende Flacheisen angebracht.

Durch Naturversuche konnte nachgewiesen werden, daß die Eisbrechgeschwindigkeit durch das Treibrad vergrößert werden kann; die besten Ergebnisse wurden in Verbindung mit einer Stampfanlage erzielt, und zwar eine 2 - 3fach höhere Eisbrechgeschwindigkeit gegenüber Fahrten nur mit Stampfanlage.

Die WSV entschloß sich daraufhin, die beiden neuen VSP-Eisbrecher „Bison“ (für die Staustufe Geesthacht) und „Eltz“ (für den Einsatz auf der Mosel) mit im Hinterschiff angeordneter Stampfanlage und Treibrad zu bauen (1962).

Das Eisbrechen erfolgt dabei über das Hinterschiff. Beide Eisbrecher versehen heute noch - allerdings ohne Treibrad - ihren Dienst (Bild 13).

4.3 Thyssen-Waas-Bug

Bei der heute unter dem Namen Thyssen-Waas-Bug bekannten Vorschiffsform für See-Eisbrecher und eisbrechende Handelsschiffe handelt es sich um einen pontonförmigen Bug mit an der Unterseite scharfkantigen Außenseiten. Beim Durchfahren der Eisdecke entsteht eine scharfkantige eisfreie Rinne. Hierbei wird die Tatsache ausgenutzt, daß die Scherfestigkeit des Eises wesentlich kleiner ist als die Biegefestigkeit. Durch



entsprechende Gestaltung des Unterwasserschiffes hinter dem pontonartigen Bug werden die gebrochenen Eisschollen in ihrer Auftriebsbewegung so gesteuert, daß sie seitlich unter die stehengebliebene Eisdecke treiben. Dadurch bleibt der Propellerbereich eisfrei; weiterhin wird die Reibung an den Schiffsseiten zwischen Bordwand und Eiskante stark herabgemindert (Bild 14).

Modellversuche ergaben ganz erhebliche Leistungseinsparungen, die, abhängig von der Eisdicke und der Geschwindigkeit, bei mehr als 50 % lagen.

Die WSV stellte 1980 den in Rendsburg stationierten Eisbrecher „Max Waldeck“ für eine Umrüstung zum Prototypschiff mit Thyssen-Waas-Bug zur Verfügung.

Die in der Theorie und im Eistank der HSVA gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse wurden durch zwei Forschungsfahrten 1981 (durch einen Brand an Bord unterbrochen) und 1982 im Bottnischen Meerbusen überprüft und bestätigt.

Inzwischen sind eine Reihe russischer Arktiseisbrecher mit Vorschiffen nach dem inzwischen verbesserten Thyssen-Waas-Prinzip umgebaut worden.

Ebenso versieht der Prototyp „Max Waldeck“ heute noch seinen Dienst als Eisbrecher in der Kieler Bucht.

5 Schlußbemerkung

Bis in die jüngste Zeit erfolgte eine kontinuierliche Weiterentwicklung auf allen Gebieten der Schiffstechnik. Es waren keine großen und revolutionären Neuerungen mehr, sondern die Entwicklung vollzog sich wegen hoher Kosten und hoher Risiken mehr oder weniger in kleinen Schritten.

Ein Schwerpunkt der Schiffbauforschung war und ist die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Schiffsbetriebes. Ausgelöst durch die Ölkrisen in den 70er Jahren wurden z.B. erhebliche Anstrengungen unternommen, durch verbesserte Verfahren und Reduzierung schiffsbedingter Verluste den Treibstoffverbrauch zu senken.

Nicht alle Neuentwicklungen konnten sich allerdings auch erfolgreich auf dem Markt durchsetzen.

Literatur

- 1 Cremer, L.: Erfahrungen hinsichtlich der Einführung geräuschbekämpfender Maßnahmen im Schiffbau. STG Jahrbuch 52, Band 1958, S. 55
- 2 Grim, O.: Lagerung der Propellerwelle in einem elastischen Stevenrohr. STG-Jahrbuch 54, Band 1960, S. 106
- 3 Waas, H.: Die Wirkung von Stampfanlagen bei Eisbrechern. STG Jahrbuch 52, Band 1958, S. 251
- 4 HSVA: Eisbrechversuche auf dem Königssee. Bericht Nr. 1242, 4/1961.
- 5 Schwarz, J.; Wilkens, H.; Freitas, A.: Entwicklungsarbeiten an dem Thyssen-Waas-Eisbrecherkonzept in Modell und in Großausführung. STG-Jahrbuch 76, Band 1982, S. 517
- 6 Handbuch der Werften Bd. XIII, XIX
- 7 Henschke, W.: Schiffbautechnisches Handbuch
- 8 Schneekluth, H.: Vorlesungen: Hydromechanik zur Schiffsentwicklung
- 9 Hoogen, N.: Lärminderung an Bugstrahlrudern durch Belüftung. ZS „HANSA“ 15/1990, S. 816