

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Published Version

Zöllner, Joachim

Schiffbauliche Maßnahmen zur Reduzierung der Sohlbeanspruchung

Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102686>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Zöllner, Joachim (2000): Schiffbauliche Maßnahmen zur Reduzierung der Sohlbeanspruchung. In: Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau 82. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 23-25.

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.



Schiffbauliche Maßnahmen zur Reduzierung der Sohlbeanspruchung

DIPL.-ING. JOACHIM ZÖLLNER, VERSUCHSANSTALT FÜR BINNENSCHIFFBAU

1 Einleitung

Im Jahr 1957 wurde eine Arbeit von Helm („Stand der technischen Entwicklung im Binnenschiffbau“, HANSA, Heft 27/28, 1957) in der Fachzeitschrift HANSA veröffentlicht. Darin heißt es: *„Wenn man die Entwicklung der Binnenschifffahrt betrachtet und feststellt, in welchem Maße die Größe der Antriebsleistungen und die Schiffsabmessungen seither zugenommen haben, dann muss man berücksichtigen, dass diese Entwicklung nicht allein durch die technischen Fortschritte im Schiffs- und Maschinenbau und durch die wirtschaftliche Entwicklung des Transportwesens ermöglicht wurde, sondern dass erst der Ausbau der Wasserstraßen eine Schifffahrt mit den heute gebräuchlichen Schiffstypen ermöglicht hat“.*

Die damaligen Schiffstypen waren in Klassen eingeteilt:

Klasse I Peniche

L x B x T = 38,5 m x 5,0 m x 2,2 m
Zuladung 300 t

Klasse II Kempenaar

L x B x T = 50,0 m x 6,6 m x 2,5 m
Zuladung 600 t

Klasse III Dortmund-Ems-Kanal-Kahn

L x B x T = 67,0 m x 8,2 m x 2,5 m
Zuladung 1000 t

Klasse IV Rhein-Herne-Kanal-Kahn

L x B x T = 80,0 m x 9,5 m x 2,5 m
Zuladung 1350 t

Klasse IV Rheinkahn

L x B x T = 95,0 m x 11,5 m x 2,7 m
Zuladung 2000 t

Der ladungsspezifische Widerstand (Widerstand pro Ladungstonne) stellte sich im Verhältnis zum Rheinkahn wie folgt dar:

Typ	L/B	Widerstand/Ladungstonne [%]
Rheinkahn	8,25	100
Rhein-Herne-Kanal-Kahn	8,40	105
Dortmund-Ems-Kanal-Kahn	8,20	120
Kempenaar	7,60	215
Peniche	7,70	360

Es ist zu erkennen, dass das größere Schiff einen kleineren ladungsspezifischen Widerstand aufweist.

Bis zur heutigen Zeit haben sich die Schiffe nochmals vergrößert. Das wird auch durch die Betrachtung der im Mittel pro deutschem Schiff in Deutschland beförderten Ladungstonnen verdeutlicht (aus „Binnenschifffahrt in Zahlen 1998“, BdB und BdS).

Jahr	Ladungsmenge pro Jahr Mio [t]	Ladungsmenge pro Schiff und Jahr [t]	Transportleistung pro Schiff und Jahr Mio [tkm]
1960	103,4	13434	3,6
1970	137,4	20310	5,2
1980	126,4	30996	8,8
1990	102,7	34348	10,7
1996	92,8	29786	9,4

2 Wechselwirkung Schiff - Wasserstraße

Auf Grund des Wasserstraßenausbaus wurde die Binnenschifffahrt in die Lage versetzt, mit größeren Schiffen schneller zu fahren als vor den Ausbaumaßnahmen. Die Stabilisierung der Wassertiefen z. B. schuf eine Grundlage, um die Schiffe länger, d. h. an mehr Tagen im Jahr, zu betreiben. Ein weiterer Faktor war die Umschlagbeschleunigung, die auch heute ein aktuelles Thema ist. Schlussendlich haben auch schiffbauliche Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz des Schifftransports beigetragen.

Bis auf die Umschlagbeschleunigung üben die oben genannten Maßnahmen einen Einfluss auf die Wechselwirkung zwischen Schiff und Wasserstraße aus. Die Verdrängungsströmung um ein Schiff wächst mit der Vergrößerung der Hauptabmessungen und mit der Annäherung des Schiffsbodens an die Flusssohle.

In der Ansicht von oben stellt sich die Schiffsumströmung so dar, dass im Bugbereich ein Stau beobachtet wird, im Bereich des parallelen Mittelschiffs Übergeschwindigkeiten herrschen und am Achterschiff der Heckstau sowie Strömungsablösung wirken.

3 Welche schiffbaulichen Maßnahmen gibt es?

Die Einflüsse auf die Flusssohle werden reduziert, wenn der Verlauf der Schiffsumströmung gleichmäßig wird. Das heißt, es sollten schmale Schiffsenden und weiche Übergänge zum Hauptspant gewählt werden. Dieses ist gleichzeitig verbunden mit einer Verbesserung des Leistungs-Geschwindigkeitsverhaltens (Propulsionsverhalten).

3.1 Bugbereich

Im Jahr 1937 wurde bei dem Motorschiff „Rhenus 92“ der Antrieb mit zwei Bugschrauben, die in Kortdüsen liefen, realisiert. Ziel war, die Bugwellenhöhe (Bugstau)

zu reduzieren, was auch erreicht wurde. Nachteilig war offensichtlich das Schadenspotenzial durch Treibgut, denn diese Entwicklung wurde nicht weitergeführt.

Schlanke Bugformen wurden in den 50er-Jahren häufig gebaut. In den 60er- und 70er-Jahren wurden zunehmend volligere Bugformen eingesetzt, da diese eine größere Tragfähigkeit ermöglichten. Beispielhaft seien die Pontonbugformen wie beim Schubleichter zu erwähnen. Nach den Ölkrisen der 70er-Jahre wurde in den 80er-Jahren die Bugform wieder in der üblichen Stevenform ausgeführt.

Bugwülste wurden zu Ende der 80er-Jahre hinsichtlich ihres widerstandsmindernden Einflusses bei Binnenschiffen im Modellversuch überprüft. Es gab dabei auch positive Ergebnisse, jedoch bei engefassten Wassertiefen-Tiefgangsrelationen. Grundsätzlich hilft der Bugwulst nur bei konstanten Wassertiefen, Tiefgängen und Geschwindigkeiten. Die genannten Variablen ändern sich in der Binnenschiffahrt jedoch dauernd.

Fazit:

Schlanke Bugformen weisen eine harmonische Schiffsumströmung auf. Nachteilig ist die geringere Verdrängung und Tragfähigkeit. Die von fast allen neuen Schiffen geforderte Containertauglichkeit führt zu einem Laderaum, der in Abhängigkeit der Container-Stauung weit in den Bug hineinreicht. Nur unter Verzicht der beiden unteren äußeren Containerstellplätze im Vorschiff kann eine schlanke Bugform realisiert werden.

Formveränderungen im Vorschiff können zwar wirksam sein, sind aber stets unter dem Blickwinkel unterschiedlichen Schiffseinsatzes - alleinfahrend oder mit vorgeetzten Leichtern - zu sehen. Dabei gilt generell, dass ein für die Alleinfahrt gut ausgebildeter Bug erhebliche Nachteile beim Schieben eines Leichters infolge besonders hoher Übergangswiderstände mit sich bringt.

3.2 Hinterschiff

Der Einfluss der Hinterschiffslänge auf die Schiffsumströmung ist noch wichtiger als der des Vorschiffs. Der Propeller muss genügend Wasser zugeführt bekommen, um einen günstigen Wirkungsgrad zu erzielen.

Unter Flachwasserbedingungen wird diese Wasserzufuhr durch kleine Restquerschnitte unter dem Schiff zusätzlich erschwert, so dass das Wasser zum größten Teil seitlich zuströmen muss.

Weiterhin muss sichergestellt sein, dass keine Luft in den Propellerzustrom gelangt, da sonst der Schub drastisch abnimmt. Deshalb sind Flachwasserschiffe fast durchweg getunnelt, um mit den seitlich angeordneten Tunnelschürzen den Lufteinbruch zu verhindern. Die Größe des Propellerdurchmessers und die Höhe der seitlichen Schürzen sind abhängig von dem kleinsten

zu fahrenden Tiefgang. Dieser wiederum ist abhängig vom Einsatzgebiet.

Auf dem Rhein z.B. liegt der kleinste Tiefgang bei ungefähr 1,6 m und die Propellerdurchmesser der Güterschiffe liegen in einer Größenordnung von ca. 1,3 m bis 1,9 m.

Die für gute Propulsionseigenschaften erforderliche Tunnelänge vor dem Propeller ist so zu wählen, dass schlanke weiche Schiffslinien entstehen. Beim Einschrauber beträgt diese Länge ca. 1,85 Schiffsbreiten. Hinter dem Propeller muss noch genügend Platz für die Ruderanlage bereitgestellt werden.

Bedeutende Erfolge bezüglich Senkung des Energiebedarfs wurden erzielt durch Forschung und Entwicklung im Bereich der Propellerummantelung durch Düsen. Im Prinzip sind Düsen durch die Erfindung von Ludwig Kort seit den 20er-Jahren bekannt und wurden in verschiedenen Abwandlungen auch genutzt. Der Durchbruch zu breiter Anwendung in Verbindung mit hochbelasteten Binnenschiffspropellern gelang jedoch erst unter dem Druck der Verknappung und/oder exorbitanten Verteuerung des Dieselmotorkraftstoffes während der Ölkrisen.

Durch neu entwickelte Profilformen und verminderte Anfälligkeit gegen Einsaugen und Durchsatz von Fremdkörpern konnten gleichermaßen hydrodynamische Fortschritte erzielt und praxisgerechte Ausführungen bereitgestellt werden. Energieeinsparungen von 15 % bis 25 % durch Düsen im Vergleich zum düsenlosen Propeller mit gleichem Durchmesser je nach den herrschenden Randbedingungen von Schiff und Fahrwasser sind eindeutig nachweisbar.

In der Praxis besonders erfolgreich erwies sich diese Energiesparmöglichkeit dadurch, dass auch die nachträgliche Ausrüstung vorhandener Schiffe mit Düsen technisch möglich und in den meisten Fällen auch wirtschaftlich sinnvoll ist.

Überschreitet die Schubanforderung die Maximalbelastung des Propellers, muss ein Mehrschraubenschiff gewählt werden.

4 Schubschiffahrt

Bei der seit 1957 eingeführten Schubschiffahrt sieht die Bilanz nicht ganz so positiv aus. Zunächst ist der Widerstand je Tonne Ladung eines Verbandes aus zwei oder mehr Fahrzeugreihen nebeneinander ohnehin deutlich größer als der eines Motorgüterschiffes, das mit gleicher Geschwindigkeit fährt. Hinzu kommt der Einfluss einer zwangsläufig ungünstigeren Formgebung des Leichterverbandes im Vergleich zum Schiff. Schließlich wirken sich Verbesserungen am Schubboot nur teilweise aus, da ein Leichterverband mit wechselnden Tief-

gängen vor dem Boot mit nahezu konstantem Tiefgang angeordnet ist. So muss ein Schubverband, als Einheit betrachtet, ständig Veränderungen seiner „Hinterschiffsform“ hinnehmen. Dennoch sind die Vorteile von Schiffsverbänden in den Punkten Personalbedarf, Konzentration der Ladungsmengen und Ausnutzung des investierten Kapitals so groß, dass dieses Transportsystem bei der regelmäßigen Beförderung großer Ladungsmengen zwischen festen Endpunkten allen anderen Systemen weit überlegen ist.

Die letzten Entwicklungen bei Streckenschubbooten führten zum Fortfall der Flankenruder. Diese Neubauten konnten auf diese für Rückwärtsmanövrieren und beim Stoppen bisher notwendigen Ruder verzichten, da ihre Hinterschiffsform das Steuern rückwärts mit den Hauptpropellern erleichtert und weil die Boote im Vorschiff über ein Querstrahlsteuer verfügen.

Für die normale Streckenfahrt bedeutet der Verzicht auf die Flankenruder eine Leistungseinsparung von mindestens 6 % bis 8 %.

5 Motorschiffsverbände

Obgleich Vergrößerungen des L/B über 10 hinaus auf begrenzter Wassertiefe und auf flachem Wasser nur noch kleiner werdende Vorteile im spezifischen Widerstand bringen, lohnt das Vorsetzen eines Schubleichters und damit ein Sprung im totalen Längen-Breiten-Verhältnis von 10 auf ca. 16,5 hydrodynamisch durchaus noch.

Solche sogenannten „einspurigen“ Verbände erweisen sich auch bei der klassischen Schubschiffahrt mit Schubboot und Leichtern als außerordentlich energiesparend.

Die hohen Übergangswiderstände an der Koppelstelle können durch konstruktive Maßnahmen reduziert werden. Es gibt zum Beispiel die Möglichkeit, den Bug des schiebenden Fahrzeugs so zu gestalten, dass er als Kastenbug das gespiegelte Gegenstück zum Schubleichterheck darstellt. Hierbei ist die Alleinfahrt des beladenen Einzelfahrers auf Grund des großen Widerstandes des Kastenbuges wirtschaftlich nicht vertretbar.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Stevenbug des Motorschiffes beizubehalten und das Schubleichterheck passgenau als Gegenstück auszubilden. Das hat den Nachteil, dass der so veränderte Schubleichter nicht mehr universell, sondern nur mit dem entsprechenden Bug im Schubbetrieb eingesetzt werden kann.

Mit einer flexiblen Auffüllung der Koppelstelle ist es möglich, die Wirbelbildung zu vermindern, ohne den Einsatz des schiebenden Motorschiffes oder des Schubleichters einzuschränken, d.h. der universelle Einsatz bleibt möglich.

6 Propulsionssysteme

Neben dem klassischen Propeller gibt es mehrere andere Propulsionssysteme. Als erstes sei der Ruderpropeller genannt, der von mehreren Herstellern angeboten wird. Der Ruderpropeller ist ein sogenannter Z-Antrieb. Mit diesem Antrieb ist es möglich, den Propeller in jede Richtung rundum zu schwenken. Damit wird das Hauptruder ersetzt und der Ruderwiderstand entfällt. Die Konstruktion des Unterwasserteils mit der mechanischen Übertragung ist jedoch so groß, dass der Gesamtwirkungsgrad wieder etwas abfällt.

In der jüngsten Vergangenheit wurden mehrere Z-Antriebe mit zwei Propellern hintereinander angeordnet entwickelt. Es gibt dabei gegenläufige und gleichlaufende Propeller. Sie haben den Effekt, dass die Schubbelastung auf mehr Propellerfläche verteilt wird.

Ein weiteres Antriebsorgan ist der Flügelrad- oder Zykloidalpropeller, der ähnlich wie der Ruderpropeller steuerfähig ist und bei hohen Manövrieranforderungen gewählt wird.

Eine weitere Alternative ist das Schaufelrad, das besonders gut bei extremem Flachwasser wirkt.