

Modellversuche mit dem Kaufer-Düsensystem

197. Mitteilung der Versuchsanstalt für Binnenschiffbau e. V., Duisburg,
Institut an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule, Aachen.

Dr.-Ing. E. Schäle, Ing. (grad.) Nerlich

Die Mittel zur Durchführung dieser Untersuchung stellte dankenswerterweise
die Reederei Kaufer über den Verein für Binnenschifffahrt und Wasserstraßen zur Verfügung.



Sonderdruck aus der Zeitschrift für Binnenschifffahrt und Wasserstraßen Heft 6/1981

Modellversuche mit dem Kaufer-Düsensystem

1. Aufgabenstellung

Eine von Kaufer (Würzburg) entwickelte Propellerummantelung (Düsensystem) verspricht bei sinnvoller Auslegung und Anpassung an die Bedingungen des jeweiligen Schiffes Energie-Einsparungen bis zu 20%. Dies wurde in einem praktischen Fall von der VBD nachgewiesen und ist dem Bericht 847 zu entnehmen.

Bei Anwendung desselben Systems für mehrere andere Schiffe zeigte sich jedoch, daß nicht nur positive, sondern auch negative Werte gemessen werden. So brachte das Düsensystem z. B. auf dem TMS „Volkach“ eine Ersparnis von 28% und auf dem GMS „Hiltrud“ nach Aussage des Reeders zwar eine Einsparung von Energie, dafür aber einen Geschwindigkeitsverlust von 1,5 km/h, so daß sich die Energieeinsparung mit dem Geschwindigkeitsverlust aufwog.

Um die Zusammenhänge zu klären und vor allem die Bemessung des Düsensystems weitgehend festlegen zu können, wurde die VBD vom Präsidium des Vereins für Binnenschifffahrt und Wasserstraßen gebeten, hier im Rahmen eines Forschungsvorhabens klärend mitzuwirken.

Die Aufgabe lautete demgemäß, durch sinnvolle Variation der Hauptmaße des Düsensystems an dem Modell eines herkömmlichen Binnenmotorschiffes, soweit versuchstechnisch möglich, das Optimum zu finden. Die Maße für das Ausgangssystem sind der Patentzeichnung zu entnehmen. Darüber hinaus wäre ein Vergleich zum frei laufenden Propeller sowie zum gleichen Propeller mit VBD-Düse empfehlenswert.

2. Versuchsvorbereitung

Die Aufgabe war zwar klar gestellt, doch mußte der Umfang systematisch gestufter Maßänderungen auf die wesentlichsten Merkmale eines Düsensystems, das sind

a) Düsenlänge, hier durch Verlängerung des Einläuftrichters

b) Düsenlage, hier durch Verschiebung in Schiffslängsrichtung nach achtern

c) Propellerlage, hier innerhalb des Düsenrundkegels

reduziert werden, was allein schon zu 9 Versuchsreihen führte.

Darüber hinaus wurde die Propellerbelastung noch durch sog. Trossenzugmessungen variiert, um Werte über das Verhalten bei Belastungsänderungen zu gewinnen.

Die VBD besitzt ein GFK-Modell eines herkömmlichen Gütermotorschiffes mit den Maßen 10,5x1,1x0,3 m. Dieses Modell besteht aus 3 Teilen, dem Hinter-, Mittel- und Vorschiff.

Auf Abmessungen an Düsensystemen, letztlich also Systemen, die nur am Achterschiff arbeiten bzw. nur von der Umströmung des Achterschiffes beeinflusst werden, übt das Mittelschiff geringfügigen Einfluß aus. Demzufolge wurden nur Hinter- und Vorschiff miteinander verschraubt.

Im vorliegenden Fall ist das Modell im Grunde genommen nur „Versuchsträger“. Es sorgt also lediglich für das praxiserprobte Strömungsfeld im Propellerbereich und bestimmt durch seine Hinterschiffsform zugleich den peripheren Wirkungsbereich des konstruktiv rotationssymmetrischen Düsensystems. Außerdem liefert das Modell die Maße für den Propellerdurchmesser und damit auch für den Aus-

Bilder von oben nach unten.

Modell ohne Düse

Modell mit VBD-Düse

Modell mit Grundkörper der Kauferdüse

Modell mit Kauferdüse Variante A

Modell mit Kauferdüse Variante B

Modell mit Kauferdüse Variante C

samtlänge der Düse verändert wurde, und zwar in 4 Stufen:

1. Grundkörper allein
2. Grundkörper + Trichter nach Patentsskizze
3. Grundkörper + 1,5x Trichterlänge
4. Grundkörper + 2,0x Trichterlänge

(Siehe hierzu die 3 Figuren des Bildes 2 d.h. die Düsenmodellzeichnung sowie die zahlreichen Fotos mit unterschiedlicher Düsenlänge aus verschiedenen Positionen aufgenommen.)

Die Lage des Düsengrundkörpers, auch als Düsenbasis bezeichnet, auf der

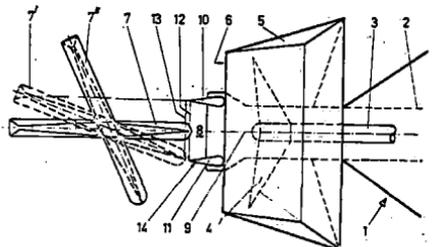


Fig. 1

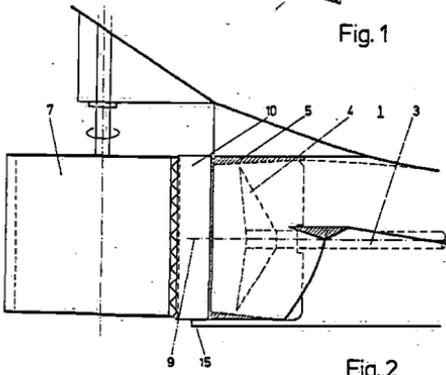


Fig. 2

Zeichnerische Anlage der Patentschrift

Bild 1

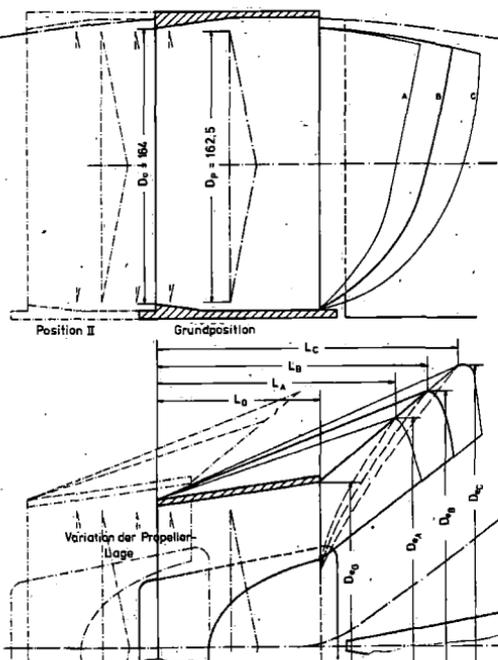


Bild 2

Rotationsachse ergab sich aus einem Kompromiß zwischen den Hinterschiffslinien, der Propeller- und Ruderanordnung des vorhandenen Modells sowie der fixierten Lage der bereits geprüften VBD-Düse und der Patentzeichnung.

In Bild 2 ist diese Lage durch Schraffur des Grundkörpers gekennzeichnet.

Nach Abschluß der Messungen und Gegenüberstellung der Ergebnisse ist das Düsen-system um ca. 75 mm so nach achtern verschoben worden, daß die Tunnelschürzenunterkante nahe an den Außenmantel der Düse heranreichte. In dieser Lage wurde dann zum Schluß noch die Rotationsebene des Propellers verändert, und zwar 1x bis 15 mm nach achtern und 2x20 mm nach vorn. Auch diese Änderungen können Bild 2 entnommen werden. Sie sind durch Strich- und Strichpunktierung gekennzeichnet.

3. Versuchsdurchführung

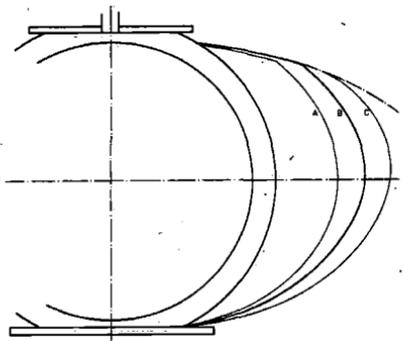
Die Prüfung der Düsenwirkung erfolgte durch routinemäßig durchgeführte Propulsions- und Trossenzugmessungen.

Die Messungen selbst wurden im stehenden, glatten Wasser vorgenommen. Dabei blieben, auf die Großausführung umgerechnet, konstant:

Wasserhöhe
 $h = 6,00 \text{ m}$

Schiffstiefgang
 $T = 2,75 \text{ m}$

Geschwindigkeitsbereich
10–16 km/h



Kaufer-Düsen-Varianten (gemäß Modellversuchsprogramm 1978)				
	L	D _c	L/D _c	L/D _p
Grundkörper	96	192	0,500	0,590
Variante A	140	268	0,522	0,861
Variante B	158	300	0,526	0,972
Variante C	176	328	0,536	1,080

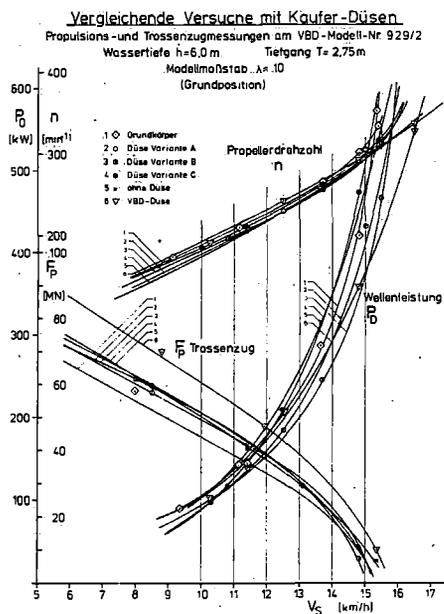


Bild 3

Propellerdrehzahlbereich
 100–340 U/min

Leistungsbereich
 100–550 kW

sowie der Modellpropeller (P 134) mit folgenden Abmessungen:

Abmessungen (in Großausführung):

Typ Wageningen B 4.55

$D_p = 1625$ mm

$H_m = 1739$ mm

$H_m/D = 1,07$

Die für Vergleichszwecke verwendete VBD-Düse (D 147) hat folgende Grundmaße:

$D_i = 1649$ mm

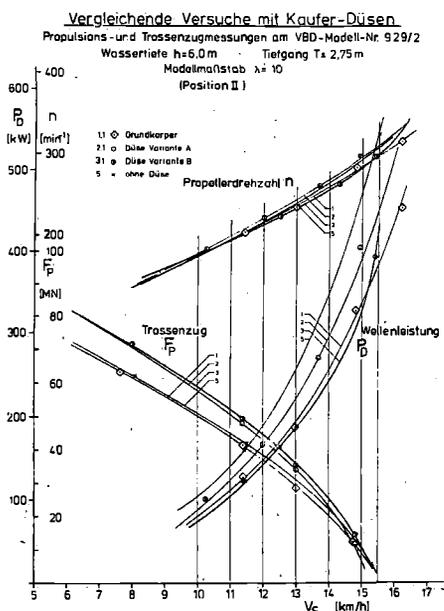


Bild 4

$L = 1056$ mm

$L/D_p = 0,65$

(siehe auch die Fotos).

Die Ergebnisse der Propulsions- und Trossenzugversuche zeigen die Bilder 3 und 4, wobei in Bild 3 außer der Käufer-Düse auch noch die Meßwerte der VBD-Düse und diejenigen des allein, ohne Düsen-systeme arbeitenden Propellers eingetragen sind.

Bild 4 dagegen zeigt ausschließlich die Ergebnisse des nach achtern verschobenen Systems (Pos. II).

Vergleichende Versuche mit Käufer-Düsen

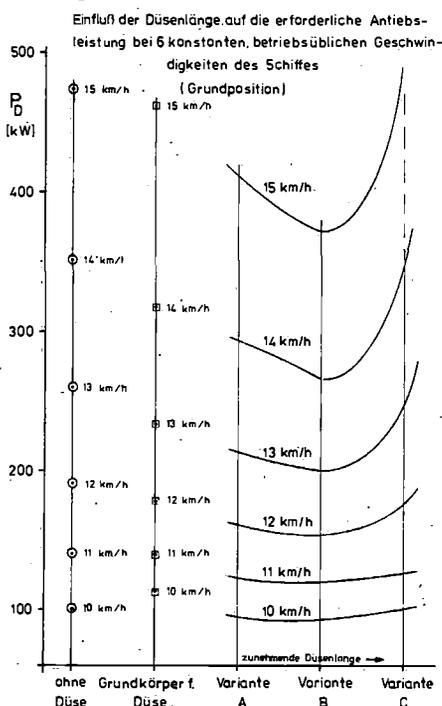


Bild 5

Vergleichende Versuche mit Käufer-Düsen

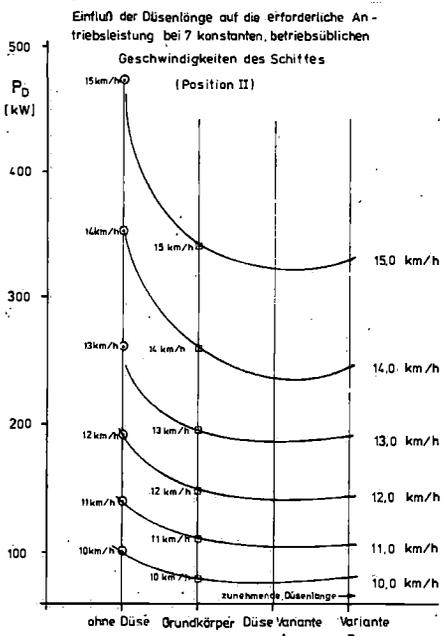


Bild 6

4. Vergleich der Meßwerte

Schon aus der Auftragung der Propulsions- und Trossenzugversuche ist zu ersehen, welchen Effekt bezüglich des Leistungs- und Zugkraft-Verhaltens die einzelnen Düsen-systeme (Varianten) erzielen. Markanter wird dies jedoch, wenn die gemessene Antriebsleistung bei jeweils konstanter Geschwindigkeit gegenübergestellt wird. So zeigt Bild 5 den Leistungsverlauf von 6 Geschwindigkeitsparametern in Abhängigkeit von der jeweiligen Düsenform (Düsenlänge) unter Einschluß der Messungen ohne Düse. In Bild 6 wiederholt sich diese Darstellungweise für Position II (System um 75 mm nach achtern verschoben), wobei jetzt das Minimum bei Variante A liegt. Allerdings gibt es keine direkten Vergleiche für die Meßwerte des frei laufenden Propellers an diesem Ort – es wurden die Werte der Grundposition verwendet.

Zum Schluß folgt mit Bild 7 ein Diagramm, das das Leistungsverhalten des Propellers an verschiedenen Orten innerhalb der Käuferdüse zeigt und zugleich den Nachweis liefert, daß die ursprüngliche Festlegung des Ortes keineswegs falsch war. Der Bezugspunkt 0 (siehe Propellerlage in der Zeichnung) führte zum relativen Leistungsminimum. Sowohl davor als auch dahinter steigt die Leistung an!

5. Bewertung der Käuferdüse

Unter den gegebenen und für alle durchgeführten Messungen als konstant anzusehenden Voraussetzungen

praxisnahes Schiffsmodell,

dazu gehörender Propeller,

reale Grundkonstruktion

Vergleichende Versuche mit Käufer-Düsen

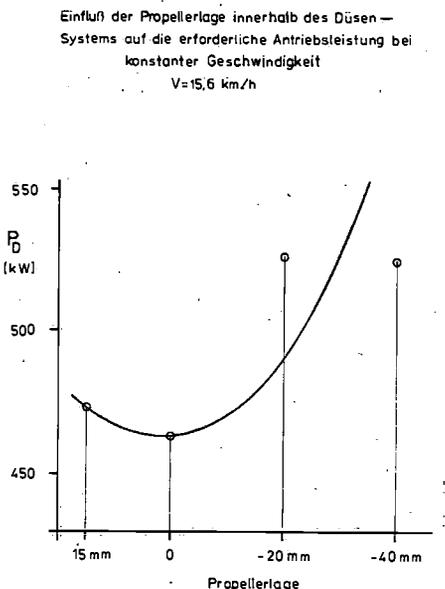


Bild 7

zeigen die Meßergebnisse, daß bei einer Anordnung gemäß Bild 2 (Grundposition) innerhalb des Geschwindigkeitsbereichs zwischen etwa 12 und 15 km/h mit Käufer-Düsen eine Entlastung des Propellers eintritt. Diese Entlastung macht sich dadurch bemerkbar, daß die Antriebsleistung bei gleicher Fahrgeschwindigkeit sinkt bzw. die Fahrgeschwindigkeit bei gleicher Antriebsleistung steigt.

Der maximale Gewinn ist gemäß Bild 5 mit der Käufer-Düse Variante B zu erzielen, er beträgt hier nominell 21,5%. Das Diagramm zeigt aber zugleich nicht nur den Einfluß der systematischen Düsenverlängerung, sondern auch, daß mit der Variante B die größte sinnvolle Länge der Düse erreicht sein dürfte. Selbst der dickwandige Grundkörper ohne „Trichter“ läßt typische Merkmale von Propellerdüsen erkennen. Insbesondere bei achterlicher Verlagerung des Systems zeigen die mit dem Düsengrundkörper erzielten Meßwerte gegenüber dem freien Propeller einen bemerkenswerten Effekt. Aber auch in dieser Position ist die Variante B wiederum diejenige Düse, bei der die Leistungsersparnis ihr Maximum aufweist.

Die noch besseren Ergebnisse sind zweifellos auf die günstigeren Anströmbedingungen zurückzuführen, die in der weiter achterlichen Anordnung vorherrschen dürften.

Alles in allem zeigen die Meßergebnisse, daß das Käufer-Düsen-System unter Arbeitsbedingungen, wie sie herkömmliche Schiffe bieten, ein geeignetes Mittel zur Leistungsersparnis und damit zur Energieeinsparung darstellt. Allerdings beschränken sich die positiven Ergebnisse auf den Geschwindigkeitsbereich zwischen 10 und 15,5 km/h. Betrachtet man hierzu vergleichsweise die VBD-Düse (Bild 3), dann sieht man, daß deren Effekt innerhalb des untersuchten Leistungsereichs mit steigender Geschwindigkeit zunimmt.

Die Ergebnisse unterstreichen die Propeller-Düsen-Theorie, wonach kurze Düsen für höhere und lange Düsen für geringere Geschwindigkeiten geeigneter sind.

Es muß betont werden, daß die zum Vergleich herangezogene VBD-Düse nicht – wie die Käufer-Düse – zur Auffindung eines Optimums in ihrer Auslegung modifiziert worden ist. Somit ist eine weitere Tendenz zugunsten der VBD-Düse durchaus möglich.

Das durchgeführte Versuchsprogramm sah zunächst vor, den Einfluß der Düsenlänge zu untersuchen und die Längenänderung lediglich auf den Einlauftrichter zu beziehen. Man könnte weitere Variationen vornehmen, beispielsweise durch Änderung der Anstellwinkel, durch enger gestufte Längs-

verschiebung des Systems oder durch Einbau der in der Patentzeichnung angegebenen achterlichen Leitprofile und Ruderanordnung usw. Zu prüfen wäre natürlich auch die Frage, ob der an herkömmlichen Schiffen verwendete Propeller optimal ist bzw. ob ggf. der durch die Düse eingenommene Platz nicht von einem Propeller mit vergrößertem Durchmesser genutzt und dadurch eine Erhöhung des Propulsionswirkungsgrades erreichbar ist.

Dieser Meinung sind die Verfasser jedoch nicht, weil es sich bei genauer Messung der mitwirkenden Komponenten bisher stets gezeigt hat, daß Propellerdüsen – nach den Grundprinzipien konstruiert – eine positive Wirkung auf den Vortrieb ausüben. Aus betriebspraktischer Sicht gibt es möglicherweise nur eine Einschränkung. Diese beruht auf Verschleißerscheinungen bei Niedrigwasser, insbesondere im Oberrheingebiet, bedingt durch den von der Flußsohle abgelösten Platz, den der Propeller durch das Düsen-System treibt.

Diesen Verschleißerscheinungen wäre jedoch beizukommen, wenn der Innenmantel der Düse aus Chromvanadiumstahl und der Propeller aus CuNiAl gefertigt würde.

Die nachgewiesenen Treibstoffeinsparungen sollten den letztgenannten möglichen Nachteil zusammen mit den Materialmehrkosten jedoch bei weitem aufheben.