

Bild 2. Vertikal angeordnete Behälter

kann die Temperatur des von der Bunkerstation übernommenen Kraftstoffs energiesparend gehalten und Temperaturverluste können ausgeglichen werden.

Die Vielzahl der im Tankbereich angeordneten separaten Tanks unterschiedlicher Größe ermöglicht eine kombinierte Nutzung als Vorrats- und auch als Setztank und garantiert, daß in keinem Fall Kraftstoff verschiedener Bunkerstationen vermischt zu werden braucht. Diese Tankkonzeption schafft gute Bedingungen für die Vorreinigung der hochviskosen Kraftstoffe in den Absetztanks und optimale Voraussetzungen für den nachfolgenden Separierprozeß in den Zentrifugalseparatoren.

Erprobung der großen Meßstrecke des Kavitationstunnels K 15 A der Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam

Dipl.-Ing. Wolfgang Selke, Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam

Der im Oktober 1971 in Betrieb genommene Kavitationstunnel der SVA Potsdam [1] kann wahlweise mit zwei Meßstrecken unterschiedlichen Querschnitts ausgerüstet werden.

- Kleine Meßstrecke: Querschnitt \square 600; erreichbare max. Wassergeschwindigkeit 12,0 m/s;
- Große Meßstrecke: Querschnitt \square 850, erreichbare max. Wassergeschwindigkeit 6,3 m/s.

Bisher wurden alle Untersuchungen im kleinen Meßstreckenquerschnitt durchgeführt. Eine Übersicht über die üblichen Versuchsarten wurde in [2] gegeben. Um die Einsatzmöglichkeit der zweiten Meßstrecke zu testen, ihre verlusttechnischen Grenzen und Möglichkeiten kennenzulernen, fand im Rahmen des F/F-Themas „Propeller und

Eine effektive Tankreinigung ist dann möglich, wenn die Vorrats- und Setztanks als vertikal im Schiff stehende Zylinder ausgeführt sind. Verschlossen durch mechanisch zu betätigende Deckel, kann eine mechanische und/oder chemische Reinigung der Tanks gewährleistet werden. Dabei erscheint es vorteilhaft, über dem Hochtankbereich unter dem Hauptdeck ein Arbeitsbühnendeck zu schaffen, von dem die Tanks jederzeit, auch während der Fahrt des Schiffes, begehbar sind. Eine solche Lösung trennt den Kraftstoffvorratsbereich vorteilhaft von anderen Funktionsbereichen des Schiffes, die auf dem Hauptdeck als Decksaufbauten, Umschlag-ausrüstungen (Ladebäume, Krane), Lukendeckelstauplätze, Ladefläche für Container u. a. angeordnet sind. Beheizte Rohrleitungen in Rohrkä-nälen im in Minimalhöhe ausgebildeten Doppelboden gewährleisten die Verbindung zwischen den Lagertanks und den Endvorwärmern der Separatoren im Maschinenraum.

Technisch ist damit die Entwicklungsrichtung zur Lagerung hochviskoser Schweröle an Bord eigentlich klar. Unklar bleibt vorerst, inwieweit es wirtschaftlich vertretbar ist, den erhöhten Aufwand für völlig wärmeisolierte Schweröltanks zu realisieren. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die Preisabnahme des Schweröls mit zunehmender Viskosität immer geringer wird, der schiffbauliche und maschinenbauliche Aufwand aber spürbar steigt.

Wo das gesamtwirtschaftliche Optimum hinsichtlich der eingesetzten Viskosität liegt und in der Zukunft liegen wird, ist derzeit noch unklar. Der Einsatz von Schweröl mit etwa 380 cSt/50 °C kann gegenwärtig als fortgeschrittener internationaler Stand betrachtet werden. Schweröl mit 600 cSt/50 °C ist heute schätzungsweise nur etwa 4% billiger als Schweröl mit 380 cSt. Dieser Vorteil verringert sich noch effektiv durch vorhandene größere Reinigungsverluste und einen geringeren Heizwert für das höherviskose Öl.

Es bleibt also abzuwarten, wie die Preisentwicklung des Erdöls die ölverarbeitende Industrie zwingt, ihre Raffinationsmethoden zu verbessern und wie daraus resultierend ein für die Schifffahrt ökonomisch interessanter, hochviskoser Kraftstoff als Bunkeröl für moderne Seetransportschiffe zur Verfügung gestellt werden kann. SWTA 4757

Kavitation“ eine eingehende Erprobung statt [3]. Im folgenden soll ein Überblick über die durchgeführten Untersuchungen gegeben werden, aus denen Schlußfolgerungen über die Einsatzmöglichkeiten abgeleitet wurden.

1. Grundlegende Ausführungen zu den Geschwindigkeits- und Druckmessungen am Kavitationstunnel

Der Kavitationstunnel ist für die Bestimmung der Wassergeschwindigkeit aus dem Druckgefälle in der Venturidüse konzipiert, d. h., die Geschwindigkeit wird am Beginn der Meßstrecke vor dem Propeller gemessen. Eine zweite Möglichkeit der Geschwindigkeitsmessung ist durch eine Prandtl-Sonde gegeben, die eine Messung in der Ebene des Propellers zwischen Propellerkreisfläche und Tunnelwand erlaubt. Für beide Messungen wird der zugehörige Druck in der Meßstrecke durch eine Bohrung am Meßstreckenbeginn gegenüber der Atmosphäre gemessen (Bild 1).

Die Berechnung der Wassergeschwindigkeit aus dem gemessenen Druckgefälle basiert auf der Bernoulli-Gleichung für eine Leitung ohne Niveauunterschied und der Kontinuitätsgleichung. Die Größe der sogenannten Tunnelkonstanten C wird durch das Einschnürungsverhältnis der Venturidüse und das Medium des verwendeten Manometers bestimmt. Die Geschwindigkeit berechnet sich aus

$$v_v = K_v \cdot C \cdot \sqrt{\Delta h_{1,2}} \quad [\text{m/s}]$$

Die Venturikonstante K_v ist dabei das Verhältnis der in der Propellerebene mittels Prandtl-Sonde zu der am Meß-

streckenbeginn gemessenen Geschwindigkeit. Für den Kavitationstunnel K 15 A ergeben sich für die beiden Meßstrecken die in Tafel 1 angegebenen Werte.

Zu den o. g. Geschwindigkeits- und Druckanbohrungen wurden zusätzliche Bohrungen in der Ebene des Propellers angebracht. Aus der Druckdifferenz wird die Geschwindigkeit wie folgt berechnet:

$$V_0 = C \cdot \sqrt{\Delta h_{1,0}} \cdot [m/s].$$

Der Venturifaktor entfällt also, die Tunnelkonstante ist identisch mit der in o. g. Tafel angegebenen.

Über die Ergebnisse mit beiden Arten der Geschwindigkeitsmessungen bei Propellerversuchen wird in den entsprechenden Abschnitten berichtet. Grundsätzlich sei jedoch vorangestellt, daß durch den arbeitenden Propeller jede Art der Geschwindigkeitsmessung in einem begrenzten Tunnelquerschnitt beeinflusst wird. *Glauert* [4] und *Lerbs* [5] haben sich mit diesem Problem bei Propellerversuchen befaßt und Korrekturverfahren zur Berücksichtigung des Wandinflusses erarbeitet, mit Hilfe derer die Versuchsergebnisse auf einen unendlich ausgedehnten Wasserquerschnitt umgerechnet werden können. Sie berücksichtigen darin den Effekt, daß der Propeller durch seinen Schub und den damit entstehenden Sog die Wassergeschwindigkeit vor sich beschleunigt und daß aus Kontinuitätsgründen andererseits mit steigender Durchsatzmenge durch den Propeller die Fließgeschwindigkeit in dem den Propeller umgrenzenden Querschnitt immer kleiner werden muß. Daraus resultiert, daß die venturimetrische Geschwindigkeitsmessung am Meßstreckenbeginn zu große und die Geschwindigkeitsmessung in der Propellerebene mit einer Prandtl-Sonde zu kleine Geschwindigkeiten gegenüber dem im unendlich ausgedehnten Querschnitt arbeitenden Propeller ergibt. Im schublosen Zustand des Propellers verlaufen jedoch beide Kurven durch einen Punkt, der mit dem Meßwert aus Schlepprinneversuchen identisch ist, so daß sich der im Bild 2 dargestellte typische Kurvenverlauf ergibt.

Wie die Geschwindigkeitsmessung wird auch die Druckmessung durch den arbeitenden Propeller beeinflusst. Da am Meßstreckenbeginn unter Versuchsbedingungen größere Geschwindigkeiten als in der Propellerebene vorliegen, wird dort ein etwas geringerer Druck angezeigt. Dieser Wert wird bisher unkorrigiert zur Bildung der Kavitationszahl und zur Berechnung der Schubkorrektur übernommen. Die entstehenden Fehler sind allerdings gering [6].

2. Grunderprobung der großen Meßstrecke

2.1. Geschwindigkeitsmessungen

Die Geschwindigkeitsmessung erfolgte in den Ebenen E 2 und EO - 440 venturimetrisch, in den Ebenen EO - 440 und EO - 558 mittels Prandtl-Rechen und in der Ebene EO - 440 außerdem noch mit einer Prandtl-Sonde. Im Ergebnis der Messungen zeigte sich (Bild 3), daß die Geschwindigkeiten in den Ebenen 2 und 0 identisch sind, so daß der Venturifaktor $K_V = 1,0$ wird. Die Messung mit dem Prandtl-Rechen wurde für drei konstante venturimetrisch gemessene Geschwindigkeiten $V_V = 2,0; 3,5; 5,0$ m/s durchgeführt. Mit dem Rechen wurde die Geschwindigkeitsverteilung über die gesamte Querschnittsfläche in Schritten von 15° aufgemessen und mit der venturimetrisch gemessenen Geschwindigkeit dimensionslos gemacht. Die Verhältniswerte wurden in Form von Isothachen im Bild 4 dargestellt. Die Ergebnisse lassen erkennen, daß sich in den Winkelstellungen $90^\circ, 180^\circ$ und 270° die Nachstromschleppen der drei Haltestreben des Propellerstervenrohrs abzeichnen und daß das Stervenrohr selbst eine starke Strömungsverzögerung in seiner Nähe verursacht. Im Vergleich zur kleinen Meßstrecke erscheint das Strömungsbild etwas turbulenter, wobei aber eingeschätzt werden muß, daß die Bedingungen für die Durchführung von Propelleruntersuchungen ausreichend sind.

Mit der Prandtl-Sonde wurden die Geschwindigkeiten in

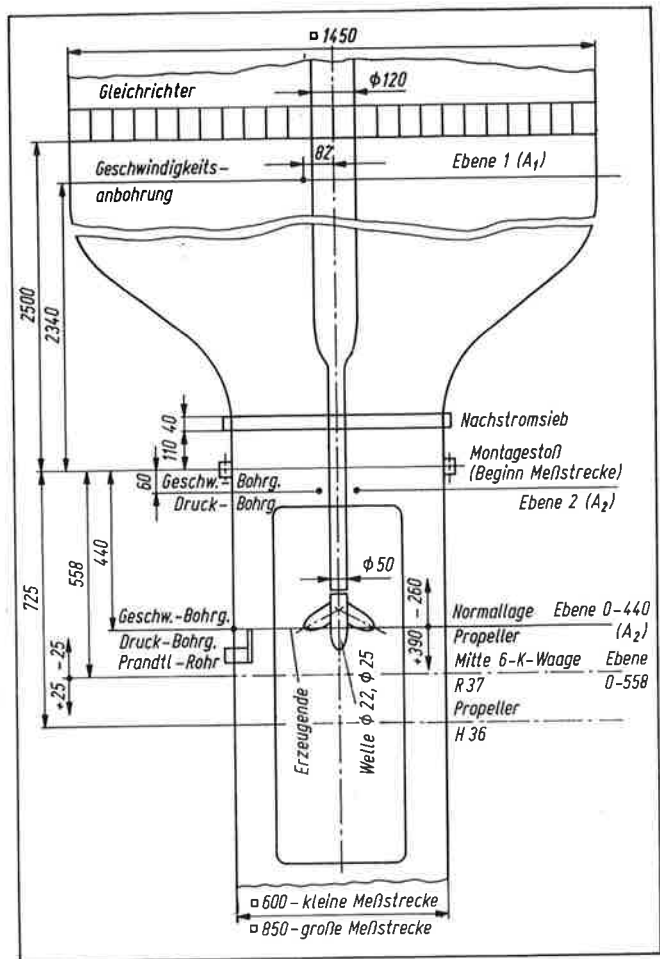


Bild 1. Kavitationstunnel K 15 A Hauptdaten Meßstrecke

Tafel 1. Tunnelparameter für beide Meßstreckenquerschnitte

Meßstrecke	Querschnittsverhältnis der Venturidüse $A_2/A_1/-/$	Tunnelkonstante C		Venturikonstante K_V
		Hg-Manometer	H ₂ O-Manometer	
□ 600	1:6	0,504	0,142	0,985
□ 850	1:3	0,529	0,149	1,00

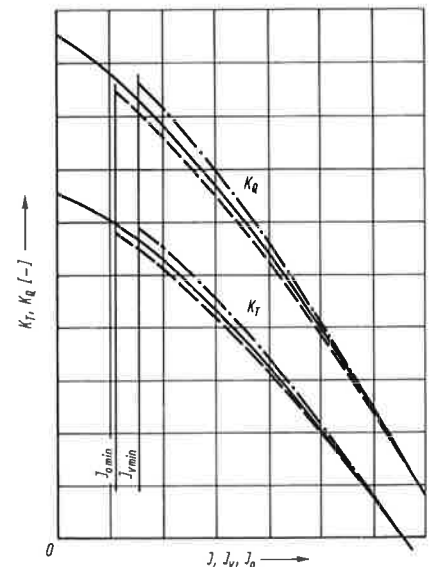


Bild 2. Einfluß der Geschwindigkeitsmessung auf die Propellerbeiwertkurven
 ————— Beiwerte nach Messungen im unendlich ausgedehnten Wasserquerschnitt (Schlepprinne)
 - - - - - Beiwerte nach Messungen im Kavitationstunnel:
 - - - - - bei venturimetrischer Geschwindigkeitsmessung am Meßstreckenbeginn;
 - · - · - bei Geschwindigkeitsmessung mit Prandtl-Sonde in der Propellerebene

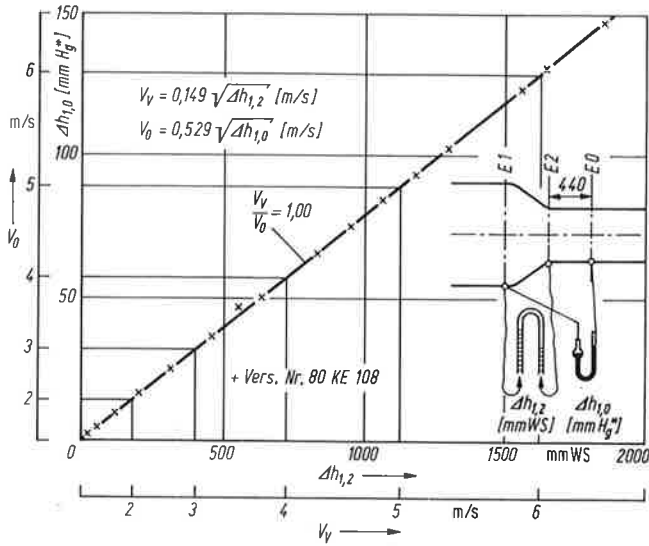


Bild 3. Messung der Druckdifferenzen am Venturidüsenaustritt und in der Propellerebene

den Winkelebenen 0° , 180° und 270° von Wandnähe bis 300 mm in den Querschnitt hinein aufgemessen.

Die relative Geschwindigkeitsverteilung $\frac{V}{V_{z=50}}$ zeigt Bild 5.

Man erkennt, daß ab etwa 40 mm von der Tunnelwand entfernt eine konstante Verteilung vorliegt, bzw. anders ausgedrückt, sich eine etwa 40 mm dicke Grenzschicht in der Meßstrecke ausbildete. Dieser Wert deckt sich auch mit Messungen in der kleinen Meßstrecke. Nach der Formel von Prandtl für die Grenzschichtdicke bei turbulenter Strömung

$$\delta(x) = 0,37 \cdot \left(\frac{V_0 \cdot x}{\nu} \right)^{-0,2} \cdot x [\text{m}]$$

ergeben sich für die Versuchsbedingungen und eine Lauflänge $x = 2,94 \text{ m}$ (Abstand vom Leitgitter bis zur Meßebene) folgende rechnerische Grenzschichtdicken:

V_0 [m/s]	1	2	3	4	5	6
$\delta(x)$ [m]	0,055	0,048	0,044	0,042	0,040	0,038
$\nu = 0,972 \cdot 10^{-6}$ ($t_w = 21,2^\circ \text{C}$)						

Rechnung und Experiment führen also zu annähernd gleichen Ergebnissen.

2.2. Bestimmung des Turbulenzfaktors

Die Bestimmung des Turbulenzfaktors erfolgte nach dem Verfahren der Kugelmessung [7]. Ein entsprechendes Gerät stand von der Erprobung der kleinen Meßstrecke noch zur Verfügung. Gemessen wurden die Drücke auf der Kugelstirnfläche (p_1) und auf der Kugelrückseite (p_2) in Nähe der Stielaufhängung. Die Druckdifferenz $\Delta h_p = p_1 - p_2$ wurde auf den ungestörten Staudruck der Anströmgeschwindigkeit bezogen und über der mit dem Kugeldurchmesser gebildeten Reynoldszahl aufgetragen.

Der Verlauf des Widerstandsbeiwertes C_w einer Kugel, aufgetragen über der Reynoldszahl, ist sehr stark von der Turbulenz der Strömung abhängig. Aus Messungen in Luft ist bekannt, daß die kritische Reynoldszahl dem Widerstandsbeiwert $C_w = 0,3$ zuzuordnen ist. Der entsprechende Beiwert für den Druck auf der Kugelrückseite ist dann $p_2/q = -0,22$, so daß

$$\left(\frac{\Delta h_p}{q} \right)_{\text{krit}} = \left(\frac{p_1 - p_2}{q} \right)_{\text{krit}} = 1,22$$

wird. Der Schnittpunkt des gemessenen Druckbeiwertes mit dem kritischen Druckbeiwert liefert dann die kritische Reynoldszahl, mit Hilfe derer der Turbulenzfaktor aus der Beziehung

$$TF = \frac{R_{n \text{ krit}} (\text{ruhende Luft})}{R_{n \text{ krit}} (\text{Tunnel})}$$

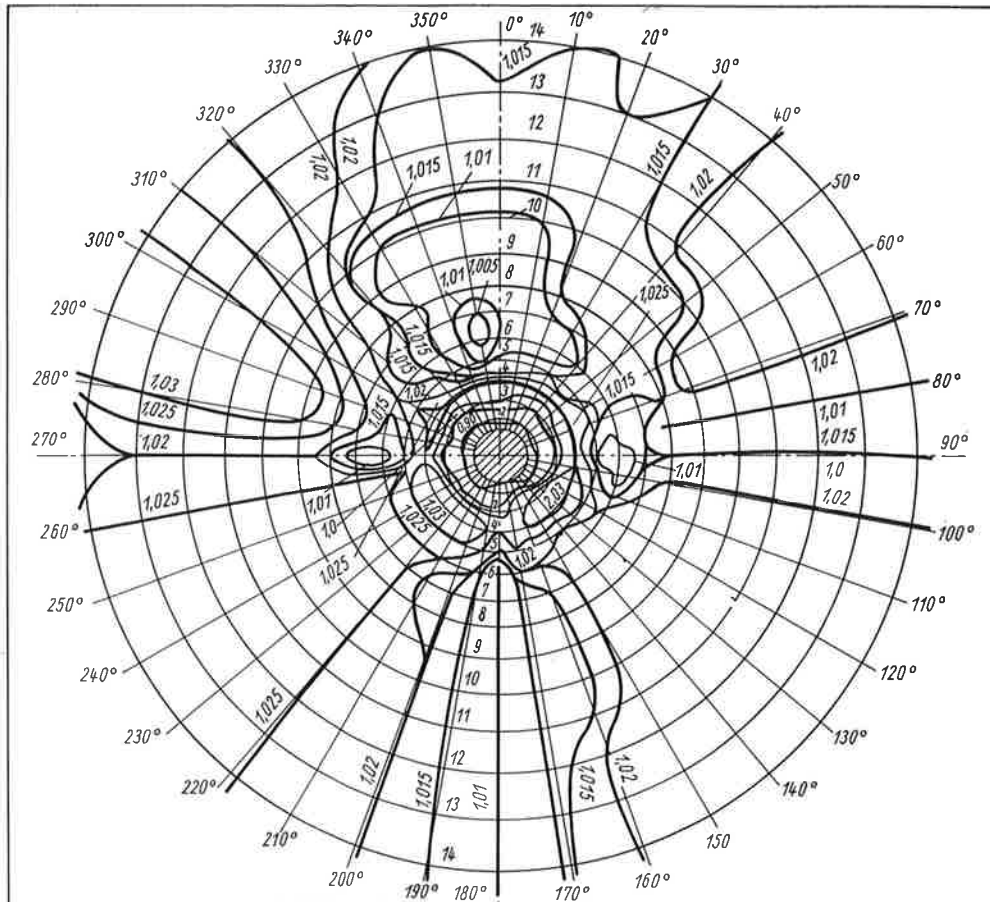


Bild 4. Isotachen der Geschwindigkeitsverteilung EO-440

Bild 5. Geschwindigkeitsverteilung über dem Meßstreckenquerschnitt

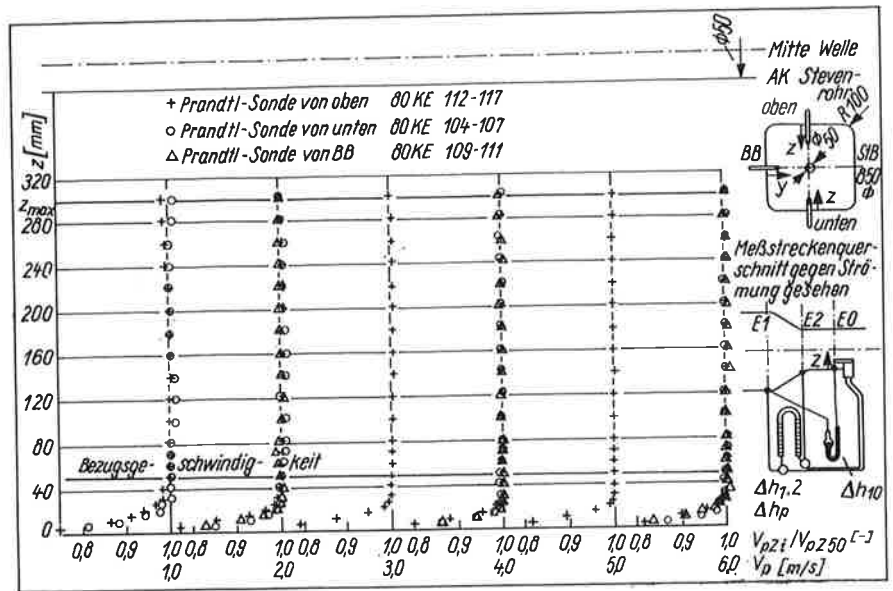
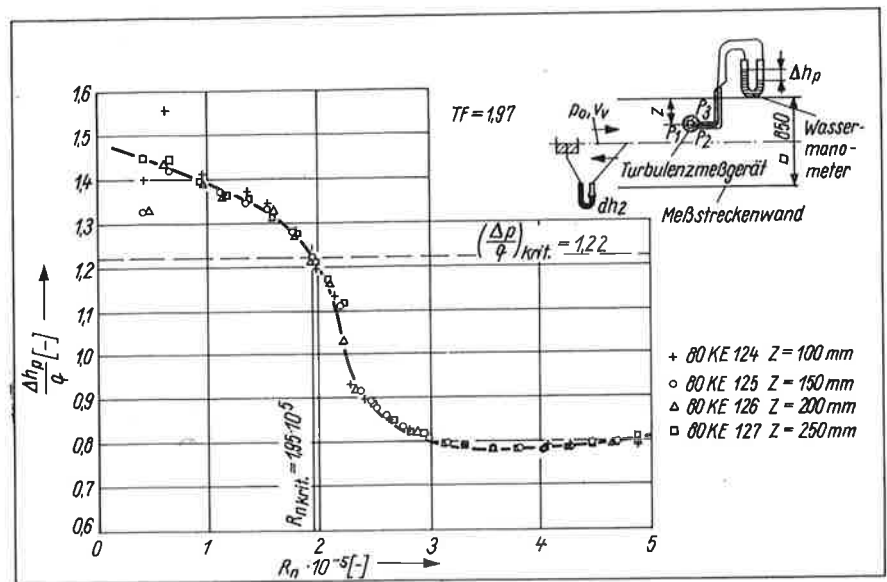


Bild 6. Turbulenzfaktorbestimmung



berechnet wurde. Die kritische Reynoldszahl der ruhenden Luft ist praktisch unabhängig von der Turbulenzstruktur der Atmosphäre und kann deshalb als konstant angenommen werden. Ihr Wert beträgt $R_{n \text{ krit. (ruh. Luft)}} = 3,85 \cdot 10^5 [-]$.

Die Meßergebnisse und die grundsätzliche Anordnung des Meßgerätes sind im Bild 6 dargestellt. Gemessen wurde in vier Höhenlagen. Es ergab sich eine kritische Reynoldszahl für den Tunnel von $1,95 \cdot 10^5$, so daß sich der Turbulenzfaktor zu

$$TF_{\square 850} = 1,97$$

ergab. Vergleichsweise hierzu beträgt der Wert für die kleine Meßstrecke

$$TF_{\square 600} = 1,62.$$

2.3. Propelleruntersuchungen

2.3.1. Propeller ohne Düse

Ausgewählt wurden ein Wageningen B-Propeller, der über Jahre hinaus als Testpropeller in der kleinen Meßstrecke eingesetzt worden war und drei Geosimpeller, die als Düsenpropeller konzipiert sind.

Technische Daten:

Modell-Propeller-Nr.	P 1190	P 1205	P 1206	P 1207	
Propeller-Typ	Wageningen B-Serie NACA 16				
Durchmesser [mm]	D	240	200	250	300
Steigungsverhältnis	P_K/D	0,927		1,479	
Flächenverhältnis	A_B/A_0	0,553		0,585	
Naben-Durchmesser-Verhältnis	d_n/D	0,23		0,3	
ideelles Blattdicken-Verhältnis	t_i/D	0,05		0,045	
Flügelzahl	Z	4		4	
Neigung der Erzeugenden		8°		0	
Drehsinn		rechts		links	

Untersucht wurden die Freifahrteigenschaften und für P 1190 das Kavitationsverhalten und die Kavitationsgrenzen. Die Messungen wurden in beiden Meßstreckenquerschnitten entsprechend den Darlegungen im Abschnitt 1 so durchgeführt, daß zu den Werten Schub, Drehmoment und Drehzahl die Geschwindigkeiten und Meßstreckendrucke in den Ebenen 2 und 0 gemessen wurden. Für den aus der Meßebe 2 berechneten Fortschrittsgrad J_v wurde der Schub mit dem Meßstreckendruck dieser Ebene ($\Delta T = 12,6 \cdot \frac{\pi d^2 w}{4} \cdot dh_2 [kp]$) und der Fortschrittsgrad J_v nach dem Verfahren von Glauert korrigiert ($J_v \text{ korr.}$) Für die Ergebnisse der Meßebe 0 wurde der Schub mit dem Meßstreckendruck dieser Ebene korrigiert. Der Fort-

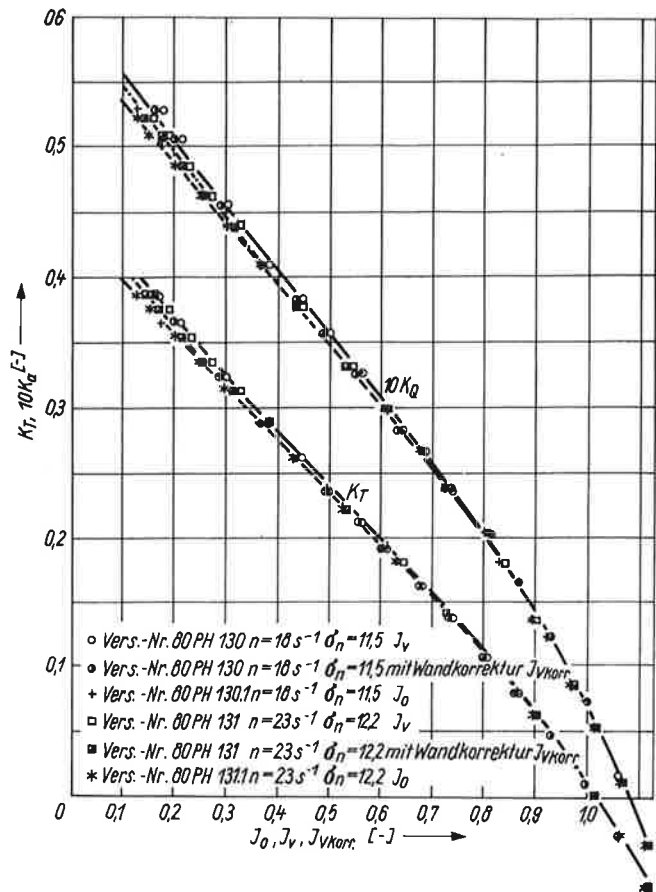


Bild 7a. Propellerfreifahrtkurven P 1190 Meßstrecke □ 850

schrittsgrad J_0 wurde direkt aus dem Geschwindigkeitsgefälle ohne weitere Korrekturen berechnet. Die Versuchsergebnisse sind in den Bildern 7a, 7b, 8a und 8b zusammengestellt, wobei für die Geosimpropeller auf die Darstellung der Momentenbeiwerte verzichtet wurde. Den Bildern ist folgendes zu entnehmen: Die in der Ebene 0 bestimmten

Bild 8a. Propellerschubbeiwerte P 1205/1206/1207 Meßstrecke □ 850

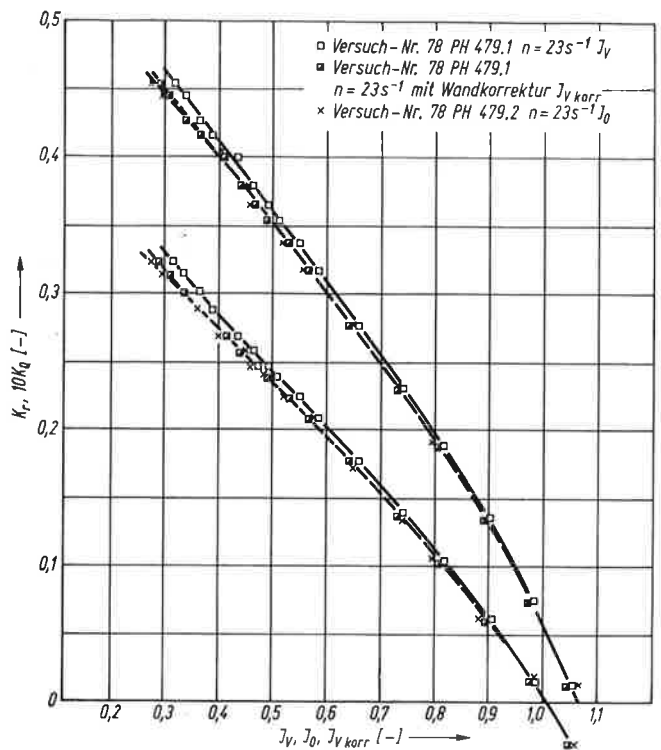
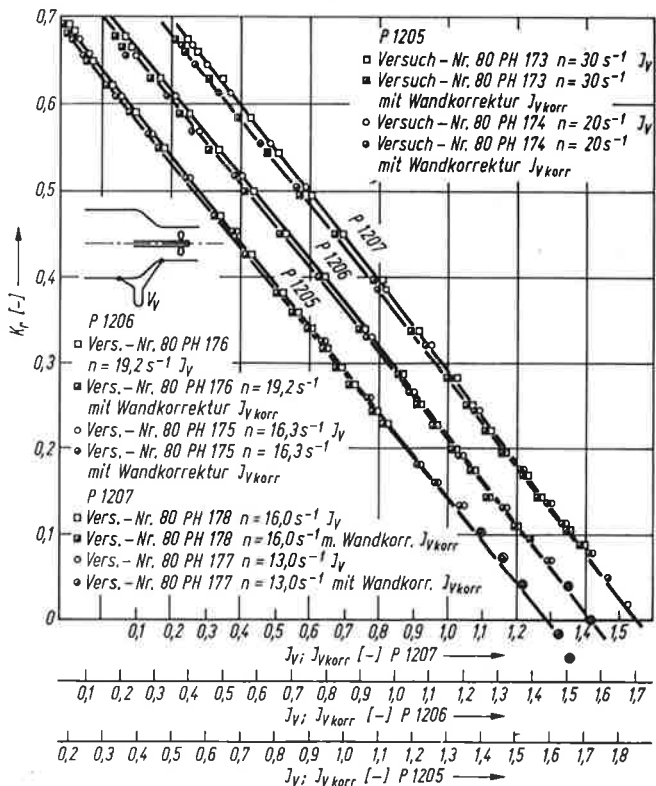
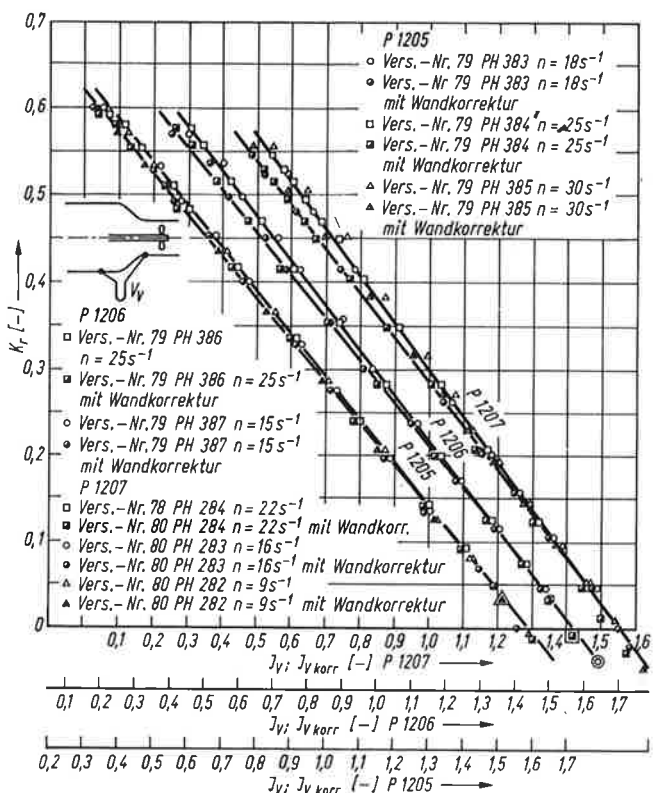


Bild 7b. Propellerfreifahrtkurven P 1190 Meßstrecke □ 600

Fortschrittsgrade decken sich in einem weiten Bereich mit denen, die sich nach Korrektur aus den Meßwerten der Ebene 2 ergeben. Differenzen treten zu kleineren Fortschrittsgraden hin auf, wo die Werte der Ebene 2 über denen der Ebene 0 liegen. Diese Tendenz des Anstiegs der Beiwertkurven wurde bisher bei allen Propellerversuchen im Kavitationstunnel beobachtet. Sie ist durch die starke Beeinflussung der Geschwindigkeitsanzeige infolge hohen Schubbelastungsgrades bedingt. Eine diesbezügliche Analyse der Ergebnisse hat gezeigt, daß etwa ab Schubbelastungsgraden $C_{Th} = 4 \dots 5$ dieser Effekt eintritt, das Ver-

Bild 8b. Propellerschubbeiwerte P 1205/1206/1207 Meßstrecke □ 600



fahren nach *Glauert* also offenbar — da es nur für leicht-belastete Propeller gilt — nicht mehr anwendbar ist.

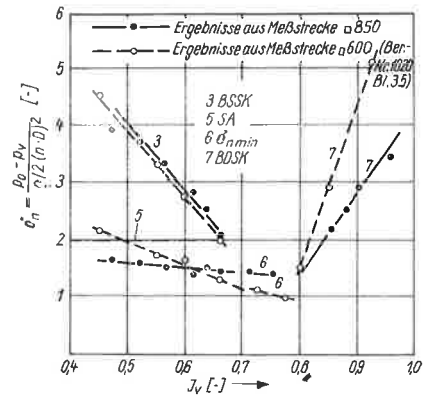
Die Darstellungen in den Bildern 8a und 8b machen weiterhin den Einfluß des Verhältnisses von Propellerdurchmesser zu Meßstreckenquerschnitt auf die Geschwindigkeitsanzeige deutlich. Vergleicht man darüber hinaus die Meßwerte jedes einzelnen Propellers in großer und kleiner Meßstrecke, so zeigt sich, daß die Beiwertkurven nach Messungen in der Ebene 0 identisch sind, nach Messungen in der Ebene 2 aber voneinander abweichen. Das begründet sich durch die für gleichen Schubbelastungsgrad unterschiedliche Beeinflussung der Geschwindigkeitsanzeige, die beim kleinen Querschnitt größer ist und damit zu höheren Fortschrittsgraden führt.

Die Übereinstimmung der Meßwerte aus der Ebene 0 untereinander und mit den korrigierten Werten aus der Ebene 2 läßt die Schlußfolgerung zu, daß mit diesem Meßverfahren sofort die Freifahrtkurven für unendlich ausgedehnten Wasserquerschnitt gewonnen werden. Ein derartiges Verfahren bietet neben der Vereinfachung in der Versuchsauswertung versuchstechnisch insofern Vorteile, als es offenbar auch noch für höhere Schubbelastungsgrade übertragbare Beiwerte liefert und im Bereich des Schubabfalls die Vorgabe konkreter Versuchsparameter ermöglicht.

Die eingangs erwähnte Beeinflussung jeder Geschwindigkeitsmessung durch den arbeitenden Propeller trifft für diese Meßart offensichtlich nicht zu, obwohl es hierfür keine mathematische Begründung gibt. Das Verfahren wurde empirisch aus einer Vielzahl von Versuchen entwickelt. Nähere Untersuchungen wandnaher Geschwindigkeiten und Drücke, für die allerdings erst meßtechnische Voraussetzungen zu schaffen wären, könnten zur Klärung beitragen. Die Versuchsergebnisse zeigen, daß die große Meßstrecke generell einsetzbar ist und daß das Korrekturverfahren nach *Glauert* zur Berücksichtigung des Wandinflusses bei freien Propellern angewendet werden kann.

Die Ergebnisse der Bestimmung der Kavitationsgrenzkurven für den Propeller 1190 in beiden Meßstreckenquerschnitten sind im Bild 9 wiedergegeben. Die Messungen

Bild 9. Kavitationsgrenzen P 1190



basieren auf visuellen Beobachtungen, für die bestimmte Kriterien vorgegeben sind. Damit sind Fehler subjektiver Natur nicht auszuschließen. Betrachtet man unter diesen Aspekten die erzielten Ergebnisse, so können sie insgesamt als zufriedenstellend eingeschätzt werden. Sie führen ebenfalls zu dem Schluß, daß die große Meßstrecke auch für diese Versuchsart geeignet ist.

2.3.2. Propeller in Düse

Für die Versuchsdurchführung wurden die unter 2.3.1. erwähnten drei Geosimpropeller in geometrisch ähnlichen Düsen folgender Daten untersucht [9].

Düsen-Nr.	126.1	119.1	127.1
Düsen-Form	OST — 0,55		
Innendurchmesser [mm] Di	203	253,75	304,5
Düsenlänge [mm] C	101,5	139,56	152,25
Lage des Propellers ab VK Düse [mm] E	0,37 × Düsenlänge		
Eintrittsflächenverhältnis A_E/A_1	1,32		
Austrittsflächenverhältnis A_A/A_1	1,14		

Bild 10a. Düsenpropellerfreifahrtkurven DP 119.1 — 1206 Meßstrecke □ 850

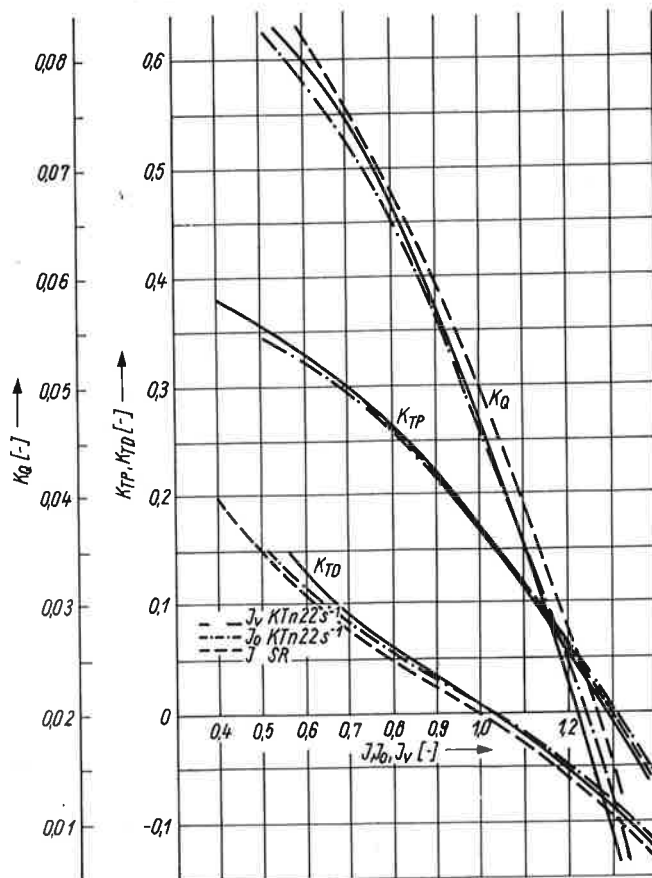
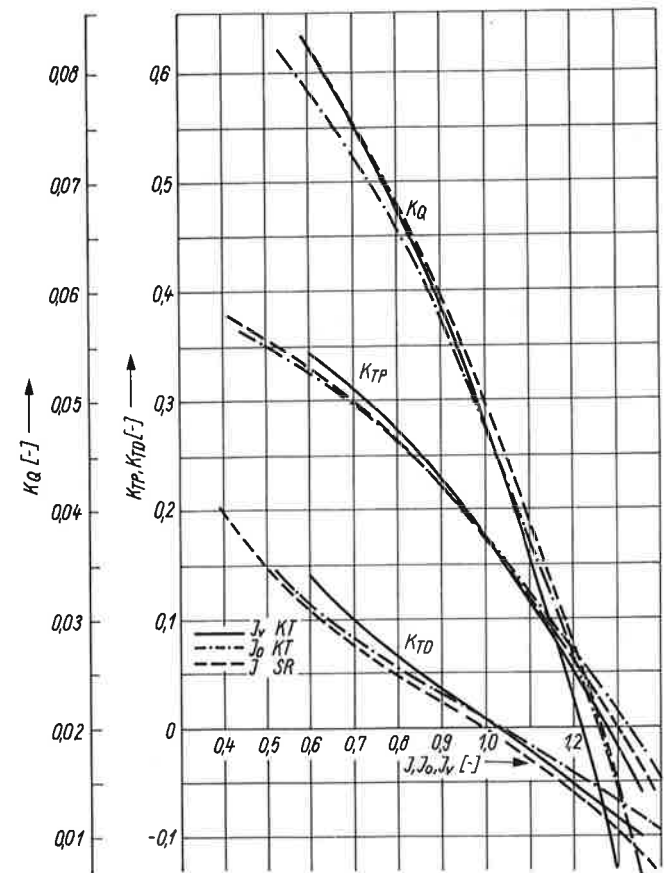


Bild 10b. Düsenpropellerfreifahrtkurven DP 119.1 — 1206 Meßstrecke □ 600



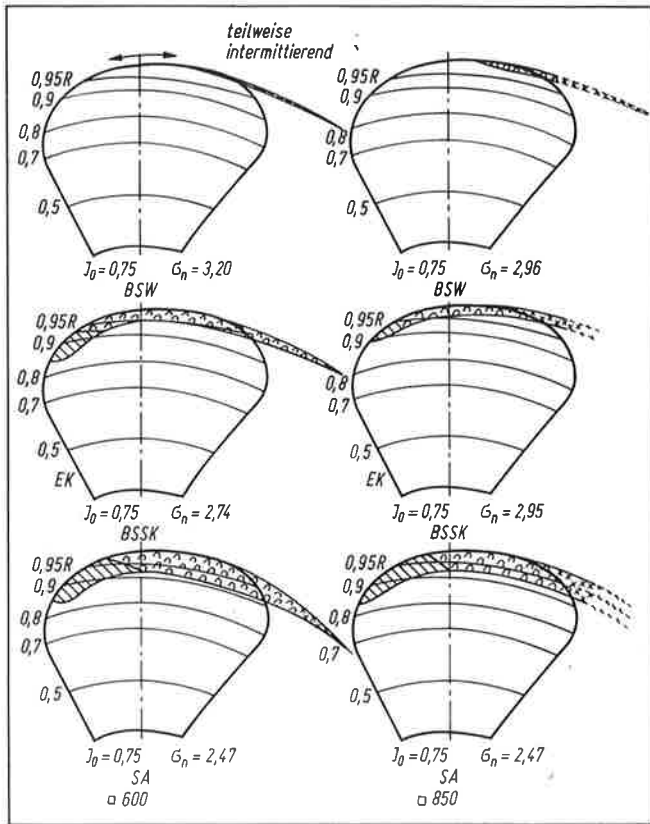
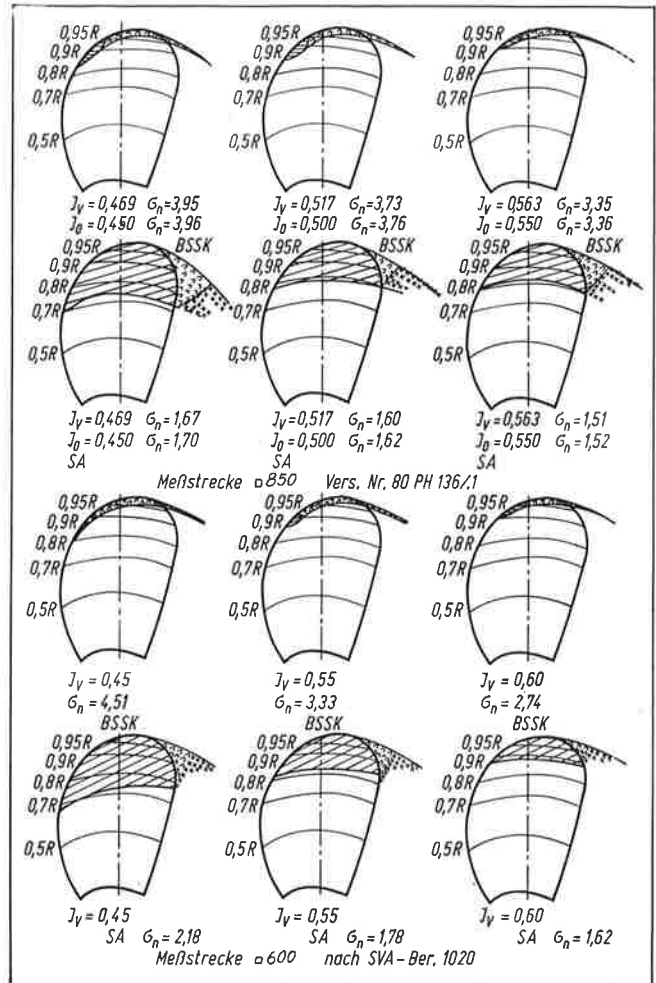


Bild 11. Kavitationserscheinungen P 1190, DP 119.1 — 1206

Das Versuchsprogramm umfaßte Freifahrtversuche mit und ohne Kavitation, die Bestimmung der Kavitationsgrenzen und Kavitationsbeobachtungen in beiden Meßstreckenquerschnitten. Die Geschwindigkeits- und Druckmessungen erfolgten analog zu 2.3.1. in den Ebenen 2 und 0. Es ergaben sich aber bei weitem nicht so klare und übersichtliche Ergebnisse wie mit den freien Propellern. Durch die Düse bzw. ihre notwendige Befestigung an einem Schaft und dessen Verkleidung bedingt, entstehen am Ort des



Meßobjektes Querschnittsverengungen, die zu einem Rückstau vor dem Meßobjekt und zu Übergeschwindigkeiten in der Ebene der Düse führen. Dadurch weichen die nach beiden Meßarten ermittelten Nullschubfortschrittsgrade voneinander ab. Die Bilder 10a und 10b zeigen die Ergebnisse für den 250-mm-Propeller, in denen vergleichsweise auch die Schlepprinneergebnisse eingetragen sind. Deutlich wird, daß die Propellerschubbeiwerte im kleinen Meßstreckenquerschnitt stärker voneinander abweichen

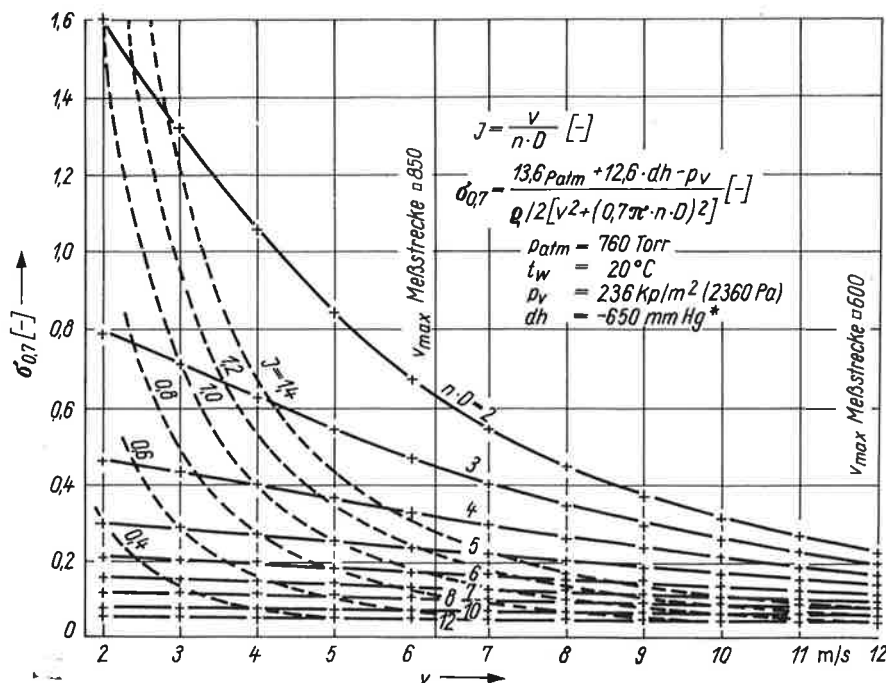


Bild 12. $\sigma_{0,7}$ -V-Diagramm zur Abschätzung der Versuchsparameter

als im großen und daß sich die Beiwertkurven nach beiden Geschwindigkeitsmeßarten etwa beim Düsennullschub schneiden. Hier kreuzen sich auch die nach beiden Methoden ermittelten Düsen Schubbeiwertkurven, die darüber hinaus aber generell über den Werten der Schlepprinne liegen. Letzteres wird darauf zurückgeführt, daß infolge der Kontinuitätsbedingungen am Außenmantel der Düse kleinere Geschwindigkeiten als vergleichsweise bei unendlich ausgedehntem Wasserquerschnitt vorliegen, so daß sich erhöhte Auftriebswerte, also höhere Düsen schübe, ergeben. Der vom Propellerschubbeiwert abweichende Verlauf des Drehmomentenbeiwertes wird auf reynoldszahlbedingte Einflüsse bei den Schlepprinnenversuchen zurückgeführt.

Die Meßergebnisse machen also deutlich, daß ohne spezielle Korrekturverfahren ein Vergleich der Ergebnisse aus unterschiedlichen Meßstreckenquerschnitten bzw. mit Schlepprinnenresultaten nicht möglich ist. Aus diesem Grund sind auch die gewonnenen Kavitationsgrenzkurven nicht direkt miteinander vergleichbar. Jedoch haben die sich ausbildenden Kavitationserscheinungen an den Propellern gezeigt, daß praktisch gleiche Bilder in beiden Meßstreckenquerschnitten entstanden (Bild 11).

3. Zusammenfassung

Die große Meßstrecke des Kavitationstunnels K 15 A der Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam wurde erstmals in Betrieb genommen und erprobt. Nach der Bestimmung der grundsätzlichen Parameter wurden Versuche mit freien und ummantelten Propellern durchgeführt und mit Ergebnissen der kleinen Meßstrecke und der Schlepprinne verglichen. Im Endresultat hat sich ergeben, daß Versuche mit freien Propellern unkompliziert durchführbar sind, daß sich allerdings aufgrund der erreichbaren Wassergeschwindigkeit von maximal 6,3 m/s versuchstechnische Einschränkungen hinsichtlich der Wahl der Propellerdrehzahl und damit der zu realisierenden Kavitationszahl (vgl. Bild 12) ergeben können. Hinsichtlich der Durchführung von Versuchen mit ummantelten Propellern bleibt zu beachten, daß der Meßstreckenquerschnitt direkten Einfluß auf die Geschwindigkeitsanzeige und den Düsen schub ausübt, so daß die gewonnenen Meßergebnisse nur nach Entwicklung geeigneter Korrekturverfahren miteinander vergleichbar sind.

Die Kavitationsbeobachtungen haben ergeben, daß sich in beiden Meßstrecken bei analogen Meßstreckendrücken auch gleiche Kavitationsbilder einstellen. Der Kavitationstunnel steht somit dem Industriezweig Schiffbau mit beiden Meßstrecken für Routineversuche zur Verfügung.

Verwendete Symbole

A	Fläche
C	Tunnelkonstante, Profillänge
$C_{Th} = \frac{8}{\pi} \cdot \frac{K_T}{J^2}$	Schubbelastungsgrad
C_W	Widerstandsbeiwert
D	Durchmesser
dh_0	Meßstreckendruck in der Propellerebene
dh_2	Meßstreckendruck am Meßstreckenbeginn
dw	Propellerwellendurchmesser an der letzten Lagerstelle im Stevenrohr
E	Lage des Propellers von VK Düse
K_Q	Drehmomentenbeiwert
K_T	Schubbeiwert, gesamt
K_{TP}	Schubbeiwert Propeller
K_{TD}	Schubbeiwert Düse
K_V	Venturifaktor
p	Druck
p_V	Dampfdruck
$q = \frac{\rho}{2} \cdot v^2$	Staudruck
$V_0 = C/\Delta h_{1,0}$	Geschwindigkeit in der Propellerebene
$V_V = C \cdot K_V/\Delta h_{1,2}$	Geschwindigkeit am Meßstreckenbeginn
X	Lauflänge
$\delta(x)$	Grenzschichtdicke
$\Delta h_{1,0}$	Druckgefälle großer Querschnitt der Venturidüse zur Propellerebene
$\Delta h_{1,2}$	Druckgefälle großer Querschnitt der Venturidüse zum Meßstreckenbeginn
ν	kinematische Zähigkeit
$\sigma_{0,7} = \frac{p - p_V}{\frac{\rho}{2} [v^2 + (0,7\pi \cdot n \cdot D)^2]}$	Kavitationsziffer bezogen auf die Anströmgeschwindigkeit des Profils bei 0,7 R
$\sigma_n = \frac{p - p_V}{\rho/2 \cdot (n \cdot D)^2}$	Kavitationsziffer bezogen auf die Drehzahl

Literatur

- [1] Henschke, W.: Kapazitätserweiterung im hydrodynamischen Versuchswesen durch einen neuen Kavitationstank. Seewirtschaft 1 (1969) H. 10, S. 773—776.
- [2] Selke, W.: Untersuchungsmöglichkeiten für Propulsionsanlagen. Schiffbau-Information 11 (1979) H. 9, S. 15—21.
- [3] Selke, W.: Einsatz der großen Meßstrecke am Kavitationstunnel K 15 A der SVA Potsdam. SVA-Bericht Nr. 1301, 1980, unveröffentlicht.
- [4] Glauert, H.: Wind Tunnel Interference, in W. F. Durand: „Aerodynamik Theorie“ Vol. IV, Berlin 1935, S. 293—306.
- [5] Lerbs, H.: Untersuchung der Kavitation an Schraubenpropellern. 131. Mitteilung der HSWA, Hamburg 1936.
- [6] Selke, W.: Propelleruntersuchungen im Kavitationskanal mit in der Propellerebene liegender Druckanbohrung zur Bestimmung des Meßstreckendrücken. SVA-Bericht Nr. 1204, 1979, unveröffentlicht.
- [7] Wuest, W.: Strömungsmeßtechnik. Braunschweig: Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, 1969, S. 145.
- [8] Selke, W.: Freifahrt- und Kavitationsversuche mit dem Wageninger B-Propeller P 1190 in der großen Meßstrecke des Kavitationstunnels K 15 A. SVA-Bericht Nr. 1303, 1980 unveröffentlicht.
- [9] Selke, W.: Freifahrt- und Kavitationsversuche mit drei Geosimpropellern in der kleinen und großen Meßstrecke des Kavitationstunnels K 15 A und in der Schlepprinne. SVA-Bericht -Nr. 1302. 1981, unveröffentlicht.

SWTA 4418

Schiffbauproduktion

Planung, Vorbereitung, Organisation

Von Prof. Dr. sc. oec. Karl-Heinz Gustmann und Prof. Dr. sc. oec. Hans-Peter Wolff
184 Seiten, 39 Bilder, 55 Tafeln,
Pappband, EVP 18,— Mark

Aus dem Inhalt

Merkmale der Schiffbauproduktion · Planung des Produktionsprogrammes · Konstruktive, technologische und organisatorische Vorbereitung der Produktion · Planung und Organisation der Produktionsdurchführung · Innerbetriebliche wirtschaftliche Rechnungsführung

Erhältlich im Fachbuchhandel

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN