

Zur Wahl des B/T -Verhältnisses für zwei Katamaranspantformen

Aus dem Institut für Entwerfen von Schiffen an der Universität Rostock

Direktor: Prof. Dipl.-Ing. A. Krause

Mitteilung Reihe B Nr. 36

Von Dipl.-Ing. A. Schimke

1. JUNI 1936

1. Einleitung

Beim Entwurf von Katamaranen erhebt sich u. a. die Frage nach dem günstigsten zu wählenden B/T -Verhältnis der Rumpfe. Bei der Festlegung dieser Rumpffproportionen braucht hier im Gegensatz zum Entwurf von Einrumpfschiffen keine Rücksicht auf die Querstabilität genommen zu werden. Hauptgesichtspunkt bei der Wahl des B/T -Verhältnisses ist beim Katamaran der Widerstand. Von untergeordneter Bedeutung — jedoch nicht außer acht zu lassen — sind in diesem Zusammenhang Fragen des Raumes und des Seeverhaltens. Grundsätzliche Überlegungen zum Problem Widerstand—Rumpffproportionen sind u. a. in [1] zu finden. Es sollen hier die Ergebnisse von Untersuchungen über den Einfluß des B/T -Verhältnisses auf die Oberfläche des Unterwasserschiffskörpers an zwei für Doppelturmschiffe in Betracht zu ziehende Spantformen dargestellt werden, siehe auch [2] u. [3]. Dabei sind mehrere Teilfragen zu erörtern:

1. Welches ist das optimale B/T -Verhältnis, gemessen an dem Kriterium „minimale Oberfläche bei konstanter Verdrängung“ für die in Betracht gezogenen Spantformen?
2. Wie ändert sich die Oberfläche bei Abweichung vom optimalen B/T -Wert?
3. Was zeigt ein Vergleich dieser beiden Spantformen?
4. Welchen Einfluß haben die Einzelspantformen auf das im obigen Sinne als optimal definierte B/T -Verhältnis?

2. Einfluß des B/T auf die Oberfläche

Die hier betrachteten Spantformen sind in den Bildern 1 und 2 dargestellt. Es handelt sich hierbei um eine extreme U-Spantform und um eine sich für das Katamaranprinzip anbietende S-Spantform [1]. Die Beantwortung der Fragen 1 bis 3 macht eine relativ genaue Bestimmung der Unterwasseroberfläche der Katamaranrümpfe bei verschiedenen B/T -Verhältnissen erforderlich. Durch affine Verzerrung von B und T wurde eine Variation von B/T bei für jede der betrachteten Spantformen konstanter Verdrängung und Schiffslänge durchgeführt. Bei der S-Spantform kann die affine Verzerrung nicht beliebig weit getrieben werden, da sonst der typische (kreisförmige) Spantcharakter verloren geht. Es ist notwendig, nach einer affinen Verzerrung von etwa $\pm 20\%$ wieder einen neuen Spantenriß zu entwerfen, um die S-Spantform im ursprünglichen Sinne wieder herzustellen. Es kann bei einer derartigen Verfahrensweise also nicht von einer streng affinen Verzerrung gesprochen werden.

Im Bild 3 ist die dimensionslose Kennzahl $\Omega/\nabla^{2/3}$ als Funktion vom B/T -Verhältnis für beide Spantformen aufgetragen. Es ist folgendes festzustellen:

1. Das Minimum der Kennzahl $\Omega/\nabla^{2/3}$ liegt für die U-Spantform bei $B/T = 2.64$, für die S-Spantform bei $B/T = 2.50$.
2. Von besonderer Bedeutung für die Katamaranbauweise ist der relativ flache Kurvenverlauf im Bereich der Minima sowie der starke Anstieg bei kleineren B/T -Werten. So ruft eine 40%ige Verkleinerung des B/T -

Verhältnisses von 2.64 auf 1.6 bei der U-Spantform eine Vergrößerung der Kennzahl $\Omega/\nabla^{2/3}$ um $\approx 3.6\%$ hervor, während eine weitere 19%ige Verkleinerung des B/T -Wertes von 1.6 auf 1.3 ein Anwachsen von $\Omega/\nabla^{2/3}$ um $\approx 4\%$ bewirkt. Bei der S-Spantform liegen die Werte etwa in der gleichen Größenordnung. Vom Gesichtspunkt des Reibungswiderstandes her würde sich somit bei Anwendung der vorliegenden oder ähnlicher Spantformen ein $B/T \geq 1.6$ empfehlen.

Dabei ist immer im Blickfeld zu behalten, daß jede Vergrößerung des B/T -Verhältnisses über ≈ 1.6 hinaus eine bezüglich des Wellenwiderstandes unerwünschte Verbreiterung der Katamaranrümpfe bei nur geringfügiger Abnahme an Oberfläche zur Folge hat.

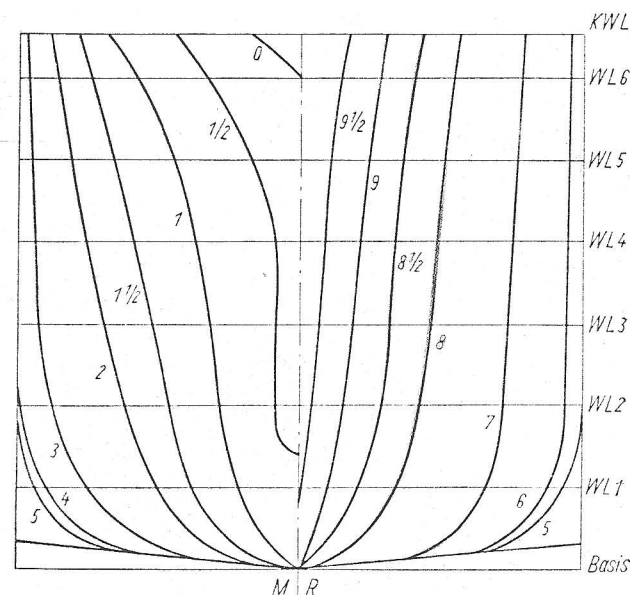
3. Ein Vergleich der im Bild 3 dargestellten Kurvenzüge zeigt einen relativ geringen Unterschied zwischen beiden. Der Wert der Kennzahl für die S-Spantform liegt im Bereich des Minimums $\approx 3.2\%$ über dem für die U-Spantform. Für kleinere B/T -Verhältnisse wird dieser Unterschied kleiner; er beträgt bei $B/T = 1.6$ nur noch $\approx 1.2\%$. Es muß hier jedoch darauf hingewiesen werden, daß die Aussagekraft der Kennzahl $\Omega/\nabla^{2/3}$ beschränkt ist. Deshalb und aus anderen Gründen [1] läßt ein derartiger Vergleich keineswegs ein endgültiges Urteil über die hier angeführte S-Spantform zu.

3. Einfluß der Einzelspantformen

Im Zusammenhang mit der Frage nach dem günstigsten B/T -Verhältnis eines Schiffes bezüglich der Größe der benetzten Oberfläche ist es interessant, den Einfluß der Einzelspantformen zu studieren.

Prinzipiell lassen sich bei der Beurteilung eines Einzelspantes in dem hier diskutierten Sinne zwei Teilfragen stellen:

Bild 1. U-Spantform



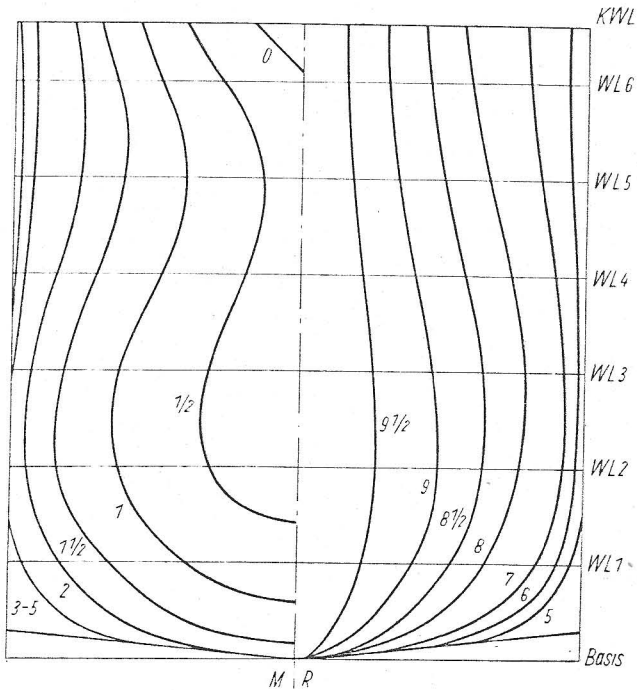
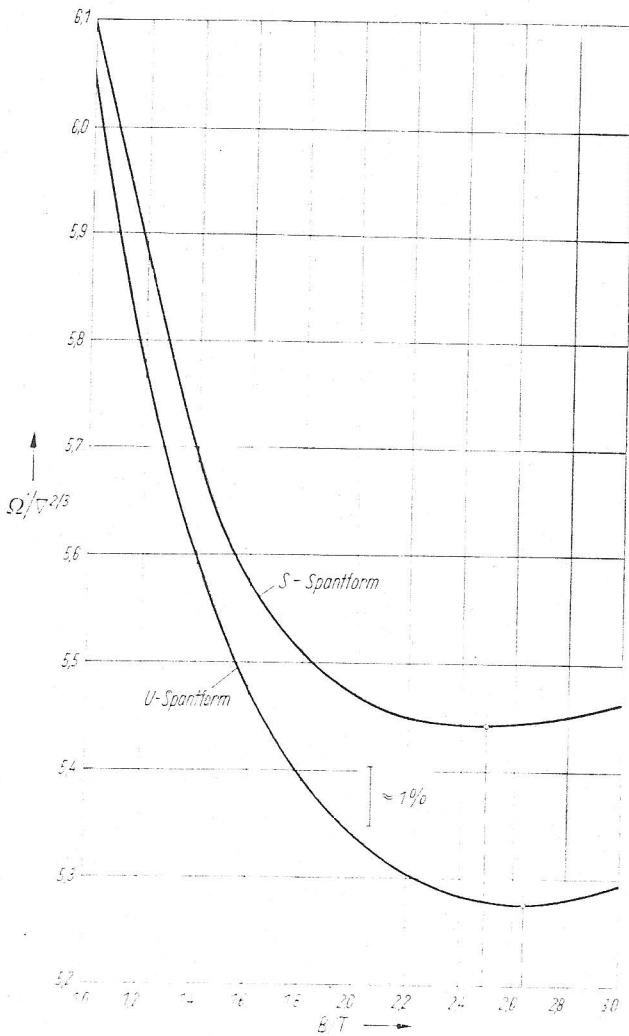


Bild 2. S-Spantform

Bild 3. Oberflächenkennzahlen



Tafel 1		Ersatzspantformen	
	Ersatzspantform	Geometrische Figur	$(B/T)^2_{opt}$
1		Rechteck	2,00
2		Dreieck	2,00
3		Trapez $\alpha = 30^\circ$	2,31
4		Halbellipse und Rechteck $\frac{b}{T} = 0,2$	1,83
5		Parabel	2,00
6		Kreisabschnitt	1,23
7		Ellipsenabschnitt (affine Verzerrung aus 6.)	1,72
8		Cassinische Kurve	1,335
9		Kreisabschnitt nach Punkt 6 mit aufgesetztem Trapez	1,48

1. Inwieweit läßt die geometrische Grundform selbst (z. B. Rechteck oder Kreis) zu, ein günstiges Verhältnis U/F zu erreichen?

2. Bei welchem $(B/T)^*$ -Verhältnis wird bei der bestimmten Grundform der günstigste Wert U/F erreicht?

Im allgemeinen wird beim praktischen Schiffsliniene-ntwurf weder die günstigste geometrische Grundform noch das von diesem Gesichtspunkt her zweckmäßigste $(B/T)^*$ -Verhältnis zu verwirklichen sein. Die Frage nach der geometrischen Grundform der Spanten wird sowohl beim Einrumpfschiff als auch beim Katamaran in Abhängigkeit von verschiedenen Problemen (See-gangsverhalten, Gesamtwiderstand, Raumproportionen, Fertigungstechnologie u. a.) entschieden und soll hier nicht betrachtet werden. Das B/T -Verhältnis wird bei Einrumpfschiffen hauptsächlich durch die Erforder-nisse der Querstabilität festgelegt, wobei natürlich auch eine Reihe anderer Gesichtspunkte mit zu berücksiehtigen sind. Bei Doppelrumpfschiffen tritt die Frage der Querstabilität in diesem Zusammenhang völlig in den Hintergrund, während vorwiegend Widerstandspro-bleme an Bedeutung gewinnen. Dem Konstrukteur ist hierbei die Möglichkeit gegeben, das B/T -Verhältnis der Katamaranrümpfe weitestgehend nur unter dem Ge-sichtspunkt des geringsten Gesamtwiderstandes fest-

Tafel 2. Erforderliches $(B/T)_1$ -Verhältnis des Schiffes

Spt	Idealisierung (nach Tafel 1)	$(B/T)^*$	$(B/T)_{opt.}^*$	$k_{(x)}$	$(B/T)_1$ nach Gl. (3)
Typ U					
0	Dreieck	—	—	—	—
1/2	Parabel	—	—	—	—
1		0,72	2,0	1,49	2,98
1 1/2		0,84	2,0	1,28	2,56
2		0,96	2,0	1,12	2,24
3	Halbellipse und Rechteck	1,04	1,83	1,03	1,89
4		1,07	1,83	1,00	1,83
5		1,07	1,83	1,00	1,83
6		1,03	1,83	1,04	1,90
7	Parabel	0,86	1,83	1,25	2,28
8		0,60	2,0	1,79	3,58
8 1/2		0,46	2,0	2,34	4,68
9		0,32	2,0	3,35	6,70
9 1/2	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—
Typ S					
0	Dreieck	—	—	—	—
1/2	Kreisabschnitt mit Trapez	0,33	1,48	2,76	4,09
1		0,60	1,48	1,52	2,25
1 1/2		0,76	1,48	1,20	1,78
2		0,87	1,48	1,05	1,55
3	Halbellipse und Rechteck	0,91	1,83	1,00	1,83
4		0,91	1,83	1,00	1,83
5		0,91	1,83	1,00	1,83
6		0,89	1,83	1,02	1,87
7	Cassinische Kurve	0,85	1,34	1,07	1,43
8		0,72	1,34	1,26	1,69
8 1/2		0,59	1,34	1,54	2,06
9		0,45	1,34	2,02	2,70
9 1/2	0,24	1,34	3,79	5,07	
10	—	—	—	—	—

zulegen. Dabei spielt die Größe der benetzten Oberfläche eine wichtige Rolle.

Tafel 1 enthält einige auf einfache geometrische Figuren zurückgeführte Spantformen, für die das $(B/T)^*$ -Verhältnis angegeben ist, bei dem die Kennzahl „benetzter Umfang zu eintauchender Fläche“ (U/F) ein Minimum wird.

In diesem Zusammenhang ist zu beachten, daß zwischen dem $(B/T)^*$ -Verhältnis des Einzelspantes und dem B/T -Verhältnis des Schiffes, d. h. des Hauptspantes, unterschieden werden muß. Wenn z. B. ein parabelförmiger Spant das günstigste U/F -Verhältnis bei $(B/T)^* = 2,0$ erreicht, dann ist damit noch nichts über das B/T -Verhältnis des Schiffes ausgesagt, in dem er als Einzelspant an einer bestimmten Stelle x angeordnet ist.

Der Zusammenhang zwischen $(B/T)^*$ des Einzelspantes und B/T des Schiffes läßt sich für jede Schiffslinienform zu

$$\frac{B/T}{(B/T)^*} = k_{(x)} \quad (1)$$

angeben. Dieser durch den Linienverlauf festgelegte Zusammenhang ist für affine Verzerrungen des Schiffes konstant, wie einfach zu zeigen ist:

$$(B/T)_1 = (B/T) \frac{\lambda_y}{\lambda_z}$$

$$(B/T)_1^* = (B/T)^* \frac{\lambda_y^*}{\lambda_z^*}$$

Da bei affiner Verzerrung $\lambda_y = \lambda_y^*$ und $\lambda_z = \lambda_z^*$ ist, folgt

$$(B/T)_1 = \frac{B/T}{(B/T)^*} (B/T)_1^* \quad (2)$$

Mit der Beziehung (1) läßt sich (2) auch schreiben

$$(B/T)_1 = k_{(x)} (B/T)_1^* \quad (2a)$$

Soll nun festgestellt werden, bei welchem B/T -Verhältnis des Schiffes ein beliebiger Spant x sein $(B/T)_{opt.}^*$

erreicht, kann von der Beziehung (2a) Gebrauch gemacht werden, indem als Gedankenmodell eine affine Verzerrung verwendet wird:

$$(B/T)_1^* \rightarrow (B/T)_{opt.}^*$$

Dann muß B/T des Schiffes nach (2a) den Wert

$$(B/T)_1 = k_{(x)} (B/T)_{opt.}^* \quad (3)$$

annehmen.

Die Spantkonstante k ist für den Hauptspant gleich Eins und wächst nach den Schiffsenden hin an.

In Tafel 2 sind die sich bei Beachtung des nach Gleichung (3) feststehenden Zusammenhanges ergebenden $(B/T)_1$ -Werte für die beiden hier betrachteten Spantformen dargestellt, wobei in der Spalte $(B/T)_{opt.}^*$ die Werte der idealisierten Spanten in Annäherung an die tatsächlich vorhandenen angenommen wurden. Daraus ist ersichtlich, daß besonders die Endspanten — sollen sie auf ihr $(B/T)_{opt.}^*$ kommen — nicht zu realisierende $(B/T)_1$ -Werte des Schiffes erfordern.

Diese Abschätzung gibt nicht nur eine gewisse Erklärung für den Verlauf der Kurven im Bild 3, sondern ist auch dazu angetan, dem Entwerfenden eines Schiffslinienrisses den Einfluß der Einzelspantformen und der Lage der Spanten in Schiffslängsrichtung vor Augen zu führen, was besonders dann an Bedeutung gewinnt, wenn wie beim Entwurf von Katamaranen ungewöhnliche Spantformen und Rumpfproportionen verwendet werden sollen.

4. Zusammenfassung

An zwei für Katamaranrümpfe geeigneten Spantformen wird der Einfluß des B/T -Verhältnisses auf die Größe der benetzten Oberfläche untersucht. Im Ergebnis dieser Untersuchung wird von diesem Gesichtspunkt her ein $B/T \geq 1,6$ für Katamaranrümpfe mit den etwa Bild 1 oder Bild 2 entsprechenden oder ähnlichen Spanten empfohlen. Anschließend wird eine Analyse von Einzelspantformen gebracht.

Symbole

B	[m]	Rumpfbreite oder Schiffsbreite
∇	[m ³]	Verdrängung
F	[m ²]	Spantfläche
k	[—]	Spantkonstante
λ	[—]	Affines Verzerrungsverhältnis des Schiffes oder Katamaranrumpfes
λ^*	[—]	Affines Verzerrungsverhältnis eines Einzelspantes
Ω	[m ²]	Oberfläche
T	[m]	Tiefgang
U	[m]	Spantumfang
x	[m]	Koordinate in Richtung der Schiffslängsachse
y	[m]	Koordinate in Richtung der Schiffsquersachse
z	[m]	Koordinate senkrecht zu x und y
B/T	[—]	Breiten-Tiefgangs-Verhältnis des Katamaranrumpfes oder Schiffes
$(B/T)^*$	[—]	Breiten-Tiefgangs-Verhältnis eines Einzelspantes
$(B/T)_{opt.}^*$	[—]	Breiten-Tiefgangs-Verhältnis eines Einzelspantes, bei dem das Verhältnis „Spantumfang zu Spantfläche“ ein Minimum ist
$(B/T)_1$	[—]	Breiten-Tiefgangs-Verhältnis des Katamaranrumpfes oder Schiffes nach affiner Verzerrung
$(B/T)_1^*$	[—]	Breiten-Tiefgangs-Verhältnis des Einzelspantes nach affiner Verzerrung

Literatur

- [1] Schimke, A., u. Puchstein, K.: Ausführlicher Abschlußbericht zur F/E-Arbeit „Fischereikatamaran“. Institut für Entwerfen von Schiffen, Universität Rostock und Institut für Schiffbau, Rostock (1965), unveröffentlicht.
- [2] Fröhlich, G.: Einfluß des B/T -Verhältnisses auf die Schiffsoberfläche für eine U-Spantform. Große Studienarbeit am Institut für Entwerfen von Schiffen, Universität Rostock (1965), unveröffentlicht.
- [3] Schramm, J.: Einfluß des B/T -Verhältnisses auf die Schiffsoberfläche für eine S-Spantform. Große Studienarbeit am Institut für Entwerfen von Schiffen, Universität Rostock (1965), unveröffentlicht.

SbA 5271