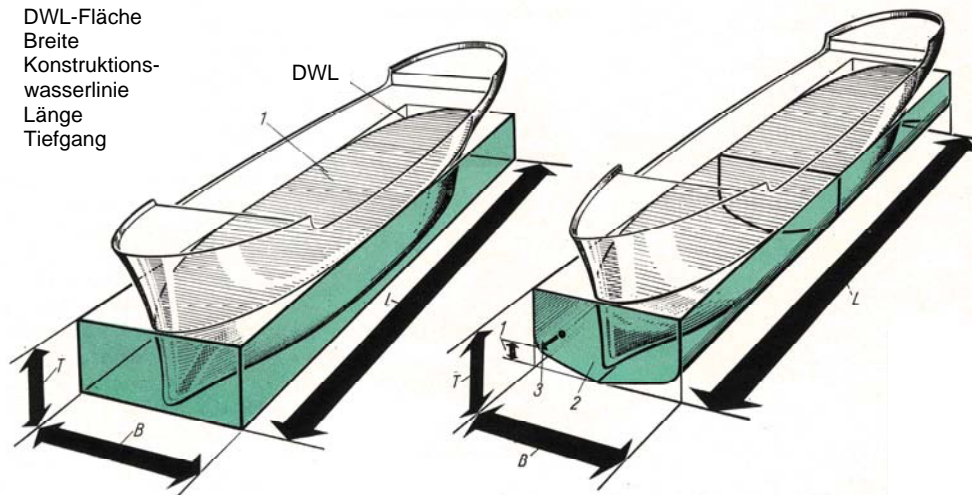


1.1 Schiffsgröße und Darstellung der Schiffsform

1.1.3 Verhältniswerte und Völligkeitsgrade

Die Verhältniswerte der Hauptabmessungen und der Völligkeitsgrade charakterisieren die Schiffsform durch Kennzahlen. Während des Entwurfs wird immer wieder auf diese Werte zurückgegriffen.

- 1 DWL-Fläche
- B Breite
- DWL Konstruktionswasserlinie
- L Länge
- T Tiefgang



- 1 Aufkimmung
- 2 Hauptspantfläche
- 3 Kimmradius
- B Breite
- L Länge
- T Tiefgang

Bild 1.1: Hauptabmessungen und Völligkeitsgrade¹

Verhältniswerte der Hauptabmessungen		
Zeichen	Bezeichnung	Erläuterung
$\frac{L}{B}$	Längen-Breiten-Verhältnis Schlankheitsgrad der DWL -	Ein großes L/B bringt die Vorteile großer Geschwindigkeit und guter Kursstabilität, jedoch schlechte Manövrierfähigkeit. Ein kleines L/B erhöht die Längsfestigkeit, spart also Baukosten, denn „Länge ist teuer“.
$\frac{L}{D}$	Länge-Höhen-Verhältnis	Die Größe L/D beeinflusst den Festigkeitsverband des Schiffes. Die Längsfestigkeit ist bei niedrigem L/D-Verhältnis leichter zu gewährleisten als bei hohem L/D. Die Klassifikationsvorschriften gehen davon aus, dass die Seitenhöhe üblicherweise nicht kleiner ist als L/16 für unbeschränkte und für mittlere Fahrt, L/18 für Küstenfahrt und L/19 für Wattfahrt.
$\frac{B}{T}$	Breiten-Tiefgang-Verhältnis	Das Verhältnis B/T beeinflusst die Stabilität des Schiffes. Ein kleiner Wert verringert die Stabilität, ein größerer Wert vergrößert diese. Bei einem zu großen Wert neigt das Schiff zu heftigen, harten Bewegungen im Seegang.
$\frac{T}{D}$	Tiefgang-Höhen-Verhältnis	Dieses Verhältnis gibt Aufschluss über die vorhandene Reserveverdrängung eines Schiffes.

¹ Quelle: Reinhold Dopotka/Andrzej Perepecko: Das Buch vom Schiff; Stuttgart: Motorbuch Verlag, 1978; ISBN 3-87943-613-4, S 66



Anm.:

Aus Festigkeitsgründen sind, abhängig vom Fahrtbereich, folgende Verhältnisse als Höchstwerte üblich:

Unbegrenzte Fahrt	L/D = 14
Große Küstenfahrt	L/D = 15
Nordsee	L/D = 16
Ostsee	L/D = 17
Kleine Küstenfahrt	L/D = 18

Für Fahrzeuge auf Binnengewässern, die keinen nennenswerten Beanspruchungen durch See- gang ausgesetzt sind, werden wesentlich größere L/D-Werte (bis 30) gewählt.

Völligkeitsgrade

Verhältnis von Schiffskörpervolumen oder einer Schiffsfläche (Schnittfläche durch den Rumpf) zum entsprechend umschreibenden Quader beziehungsweise Rechteck. Man unterscheidet den Völligkeitsgrad der Verdrängung (bezogen auf das Unterwasserschiff), den Völligkeitsgrad der Wasserlinie (bezogen auf den Wasserlinienriss) und den Völligkeitsgrad des Hauptspants (bezogen auf den Spantenriss). Die Völligkeitsgrade sind untereinander abhängig und haben großen Einfluss auf Stabilität und Fahrtwiderstand.

Zeichen Gleichung	Bezeichnung	Erläuterung
$C_{WP} = \frac{A_W}{L \cdot B}$	Völligkeitsgrad der Wasserlinienfläche	Verhältnis der auf Mallkante bezogenen Wasserlinienfläche zum umschreibenden Rechteck
$C_M = \frac{A_M}{B \cdot T}$	Völligkeitsgrad der Hauptspantfläche (früher: β)	Verhältnis der auf Mallkante bezogenen Hauptspantfläche zum umschreibenden Rechteck aus Breite und Tiefgang
$C_B = \frac{\nabla}{L \cdot B \cdot T}$	Blockkoeffizient (früher: Verdrängungsvölligkeitsgrad ϑ)	Verhältnis des Volumens des Unterwasserschiffes zum umschriebenen Quader; kennzeichnet Wasserverdrängung und damit die Tragfähigkeit
$C_P = \frac{\nabla}{A_M \cdot L}$	Schärfegrad (auch: Zylinderkoeffizient, prismatischer Koeffizient, Φ)	Verhältnis des Volumens des Unterwasserschiffes zum Volumen des aus Hauptspantfläche und Länge gebildeten Körpers.

Die folgende Tabelle enthält konkrete Zahlen. Allerdings ist die Tabelle aus einem Buch von 1978, d.h. sie müssten einmal überprüft werden.



Tabelle: Verhältniswerte und Völligkeitsgrade und Gewichtsanteile von Schiffen²

Schiffstyp	Verhältniswerte der Hauptabmessungen				Völligkeitsgrad				Froudesche Zahl	Gewichtsanteile vom Displacement in %			
	L/B	L/D	B/T	D/T	der DWL C_{WP}	des Hauptspantes C_M	der Verdrängung C_B	des Hauptspantzyllinders C_P	F_n	Schiffseigen-gewicht W_{Schiff}	Maschi-nenanlage $W_{Masch.}$	Schiffs-körper $W_{Körper}$	Trag-fähig-keit
Fahrgastschiffe													
kleine, mittlere	6,5-8,0	8,0-14,0	3,0-2,4	1,30-1,60	0,76-0,86	0,930-0,980	0,62-0,75	0,66-0,80	0,22-0,28	50-70	10-20	40-50	50-30
größere	7,0-8,5	9,0-14,0	3,2-2,5	1,50-1,80	0,76-0,86	0,940-0,980	0,62-0,75	0,65-0,80	0,24-0,34	47-70	7-15	40-55	53-30
schnelle	7,5-9,0	10,0-14,0	3,3-2,6	1,60-2,00	0,70-0,78	0,920-0,960	0,55-0,65	0,60-0,73	0,24-0,31	55-75	10-15	45-60	45-25
Frachtschiffe													
kleine	6,0-7,0	10,0-16,0	3,2-2,2	1,05-1,40	0,80-0,87	0,930-0,980	0,65-0,80	0,68-0,84	0,19-0,22	30-42	4 – 8	26-34	70-58
mittlere	6,5-7,5	10,0-14,0	2,8-2,1	1,15-1,45	0,78-0,87	0,940-0,980	0,65-0,80	0,68-0,82	0,19-0,25	25-40	4 – 8	21-32	75-60
große	7,0-8,0	11,0-14,0	2,5-2,0	1,25-1,50	0,76-0,86	0,960-0,990	0,68-0,82	0,69-0,83	0,18-0,24	20-35	3 – 7	17-28	80-65
Tankschiffe													
kleine, mittlere	7,0-8,0	13,0-16,0	2,8-2,2	1,25-1,30	0,75-0,85	0,980-0,990	0,70-0,80	0,71-0,82	0,18-0,25	30-45	4 – 8	26.37	70-55
große	6,5-7,5	13,0-14,0	2,7-2,5	1,30-1,35	0,78-0,87	0,985-0,995	0,78-0,82	0,79-0,83	0,16-0,19	17-30	3 – 7	14-23	83-70
Großtanker > 100 000 tdw	6,0-6,5	12,0-13,0	2,7-2,5	1,30-1,35	0,80-0,90	0,990-0,995	0,82-0,85	0,83-0,86	0,14-0,22	13-17	1 – 3	12-14	87-83
Schlepper													
kleine	3,2-4,5	6,5 - 8,5	3,2-2,4	1,20-1,50	0,70-0,80	0,750-0,850	0,42-0,52	0,56-0,65	-	70-95	20-35	50-60	30- 5
größere	4,0-5,0	7,7-10,0	2,6-2,1	1,10-1,30	0,75-0,83	0,770-0,880	0,45-0,60	0,58-0,71	-	65-85	20-30	45-55	35-15
Eisbrecher													
kleine	3,5-4,5	6,0 - 9,0	2,8-2,2	1,30-1,40	0,70-0,80	0,750-0,850	0,45-0,50	0,55-0,66	-	75-90	20-30	55-60	25-10
größere	4,0-5,5	6,5-10,0	3,5-2,4	1,30-1,60	0,65-0,80	0,800-0,850	0,48-0,60	0,58-0,71	-	70-88	20-32	50-56	30-12
Trawler	5,0-6,5	8,0-12,0	2,6-2,0	1,30-1,80	0,74-0,84	0,780-0,900	0,50-0,60	0,58-0,64	0,25-0,34	49-62	7-10	42-52	51-38

² Quelle: Reinhold Dopotka/Andrzej Perepecko: Das Buch vom Schiff; Stuttgart: Motorbuch Verlag, 1978; ISBN 3-87943-613-4, S 64

Für den Entwurf sehr aufschlussreich ist die Spantarealkurve. Sie ist eine Kurve, die die Fläche des Rumpfqerschnitts bis zur Konstruktionswasserlinie an jedem Punkt der Schiffslänge angibt. Die Fläche unter der Kurve entspricht dem Unterwasservolumen des Schiffes. Ihr Verlauf gibt nützliche Hinweise auf die hydrodynamischen Eigenschaften des Schiffes.

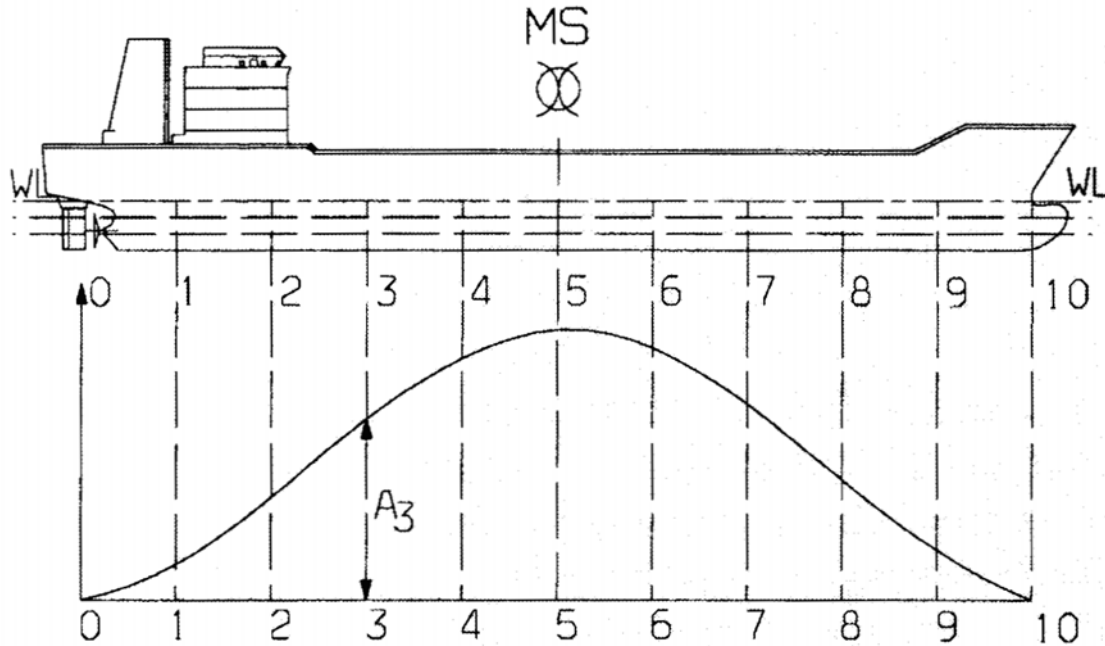


Bild 4.1: Typische Spantarealkurve³

1.1.4 Fahrwiderstand⁴ – Froudesche⁵ Zahl



Bei einem fahrenden Schiff entstehen an Bug und Heck Wellen, die mit zunehmender Schiffsgeschwindigkeit größer werden. Die Ursache dafür ist die Bewegung des Fahrzeugs durch das Wasser, das aufgrund des Oberdrucks am Bug ausweicht und am Heck durch den dortigen Unterdruck zusammenschlägt. Die durch die Wellenbildung verbrauchte Energie ist der Wellenwiderstand, dessen Größe durch die Schiffsgeschwindigkeit und die Schiffslänge bestimmt wird. Der Kennwert für den Wellenwiderstand des Schiffes ist das Geschwindigkeits-Längen-Verhältnis, das als Froudesche Zahl

$$F_n = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L}} \text{ bezeichnet wird.}$$

³ Quelle: Verband für Schiffbau und Meerestechnik e. V. (Hrsg.): Schiffstechnik und Schiffbautechnologie; Hamburg: Seehafen Verlag GmbH, 1998, ISBN 3-87743-800-8, S. 5

⁴ Quelle: Reinhold Dopotka/Andrzej Perepecko: Das Buch vom Schiff; Stuttgart: Motorbuch Verlag, 1978; ISBN 3-87943-613-4, S 67

⁵ William Froude (IPA: [frud]) (November 28, 1810, to May 4, 1879) was an engineer, hydrodynamicist and naval architect. He was the first to formulate reliable laws for the resistance that water offers to ships (such as the hull speed equation) and for predicting their stability.



Dieser Kennwert macht Schiffe unterschiedlicher Größe miteinander vergleichbar, woraus sich die Möglichkeit ergibt, den Widerstand und damit die erforderliche Antriebsleistung eines zu bauenden Schiffs durch Modellschleppversuche zu ermitteln. Dabei verhalten sich die Geschwindigkeiten von Schiff und Modell wie die Quadratwurzeln ihrer linearen Abmessungen:

$$\frac{v_{Schiff}}{\sqrt{g \cdot L_{Schiff}}} = \frac{v_{Modell}}{\sqrt{g \cdot L_{Modell}}} = F_n$$

Das bedeutet beispielweise, dass einem zu bauenden Schiff von 130 m Länge, 14 m Breite, 6,6 m Tiefgang, einem Displacement von 5 900 t und einer Geschwindigkeit von 25 kn = 12,86 m/s bei einem Modell von 5,2 m Länge eine Modellschleppgeschwindigkeit von 2,572 m/s entspricht. Bei dieser Geschwindigkeit entstehen am Modell Wellenbilder, die denen des Schiffs geometrisch ähnlich sind. Der dabei gemessene Widerstand enthält aber nicht nur den Wellenwiderstand, sondern auch noch eine zweite Komponente - den Reibungswiderstand -, der durch die hemmende Wirkung des unmittelbar am Rumpf vorbei strömenden Wassers entsteht. Der Reibungswiderstand hängt ab von der benetzten Oberfläche des Körpers, dessen Beschaffenheit (Glätte) und der Geschwindigkeit. Er kann mit genügender Genauigkeit nach Erfahrungswerten sowohl für das Modell als auch für das Schiff berechnet werden. Vermindert man den Gesamtwiderstand des Modells um den errechneten Reibungswiderstand, so erhält man den Wellenwiderstand des Modells. Bei der Umrechnung gilt, dass sich der Wellenwiderstand zweier geometrisch ähnlicher Körper - Modell und Schiff - wie ihre Verdrängungen verhalten. Diese einfache Beziehung ist aber nur dann richtig, wenn sich Modell und Schiff mit vergleichbaren Geschwindigkeiten fortbewegen, so dass geometrisch ähnliche Wellenbilder entstehen. Wird zum (durch Modellversuche ermittelten) Wellenwiderstand des Schiffs der errechnete Reibungswiderstand addiert, so erhält man den Gesamtwiderstand des Schiffs. In unserem Beispiel wurde durch Modellversuche ein Wellenwiderstand von 311 MN und durch Berechnung ein Reibungswiderstand von 351,2 MN ermittelt. Der Gesamtwiderstand des Schiffs beträgt somit 662,2 MN. Natürlich muss bei der endgültigen Bestimmung der erforderlichen Maschinenleistung auch der Windwiderstand berücksichtigt werden.

Der Anteil von Wellen- und Reibungswiderstand am Gesamtwiderstand ist von der Schiffsform und der Geschwindigkeit abhängig. Bei großen, langsam fahrenden Schiffen macht der Wellenwiderstand nur etwa 20 % und bei sehr schnellen Schiffen bis zu 70 % des Gesamtwiderstandes aus.



1.1.5 Verhältnis der Gewichtgruppen zum Displacement⁶

Das Displacement eines Schiffs ist Gewicht des vom Schiffskörper bis zulässigen Tiefadellinie verdrängten Wasservolumens in Tonnen das nach dem Archimedischen Prinzip gleich dem Schiffsgewicht ist. Das Schiffsgewicht setzt sich zusammen aus dem Eigengewicht des Schiffs und der Tragfähigkeit (Summe der Zuladung).

Zum Schiffseigengewicht gehören:

- der mit Inventar und Reserveteilen ausgerüstete Schiffskörper; die triebklare Maschinenanlage mit Inventar und Reserveteilen; Wasser, den Kesseln, Rohrleitungen, Pumpen, Kondensatoren, Kühlern;
- Brennstoff in allen Betriebsleitung; - Kohlensäure und Sole oder und Betriebsstoffe in Kühleinrichtung und Feuerlöschanlagen;
- Restwasser in Bilgen und Tanks, das durch Pumpen nicht entfernt werden kann, sowie Schmutz und Feuchtigkeit.

Die *Tragfähigkeit* - in metrischen Tonnen zu 1000 kg oder in englischen Tonnen (lang ton) zu 1016 kg - ist neben dem Laderaumvolumen und der Reisegeschwindigkeit die wichtigste ökonomische Kenngröße eines Schiffs und muss, da ihre Unterschreitung häufig mit Vertragsstrafe belegt wird, von der Bauwerft eingehalten werden. Die Tragfähigkeit - Dead weight all told, abgekürzt tdw - eines Schiffs umfasst alle Gewichte, die nicht zum Schiffseigengewicht gehören, wie:

- die Nutzladung (Fracht) einschließlich Post;
- Besatzung und Fahrgäste mit Gepäck;
- alle Betriebsstoffe (Brennstoffvorräte, Schmierstoffe, Fette, Kesselspeisewasser) in den Vorrattanks;
- Schiffsvorräte, wie Farben, Petroleum, Holz, Teer, Tauwerk;
- Vorräte für die Besatzung und Fahrgäste (Trinkwasser, Waschwasser ~ Proviant);
- Staugeräte wie Stauhölzer, Persenninge und Matten, Getreideschotte;
- Spezialausrüstung bei besonderen Fahrzeugtypen wie z. B. Fischereiausrüstung (Netze, Trossen, Scherbretter).

Zwischen den wichtigsten Gewichtgruppen bestehen, bezogen auf das Displacement, folgende Verhältniswerte, die auch die Wirtschaftlichkeit des Schiffsbetriebes beeinflussen (vgl. Tab. auf den Seiten 64,65).

Das Verhältnis von Schiffseigengewicht zum Displacement hängt hauptsächlich von Schiffstyp, Einsatzgebiet, der Fahrtgeschwindigkeit und der Konstruktion des Schiffskörpers ab. So ist z. B. das Schiffseigengewicht eines Frachters mit normaler Reisegeschwindigkeit (14 bis 16 kn) und ohne Eisverstärkung des Schiffskörpers mit etwa 25 % des Displacements wesentlich geringer als das eines Eisbrechers, der aufgrund seiner Aufgabe - Eis zu brechen - eine starke Antriebsanlage und einen besonders verstärkten Schiffskörper haben muss, und dessen Schiffseigengewicht etwa 75 % des Displacements beträgt. Hat ein solcher Frachter ein Displacement von 10000 t, so betragen sein Schiffseigengewicht rund 2500 t und seine Tragfähigkeit etwa 7500 t, während ein großer Eisbrecher mit dem gleichen Displacement ein Schiffseigengewicht von etwa 7 500 und eine Tragfähigkeit von 2500 t hat.

Das Verhältnis des Gewichts der Maschinenanlage zum Displacement wird von der Geschwindigkeit des Schiffs, dem Typ der Antriebsanlage (Dieselmotor, Dampfturbinen, Diesel-

⁶ *Quelle:* Reinhold Dopotka/Andrzej Perepecko: Das Buch vom Schiff; Stuttgart: Motorbuch Verlag, 1978; ISBN 3-87943-613-4, S 67f; vgl. Tabelle S. 3



Elektroanlagen usw.) sowie durch den Schiffstyp bestimmt. Eine Erhöhung der Schiffsgeschwindigkeit hat bei gleichem Maschinentyp immer eine Vergrößerung der Antriebsleistung und damit auch eine Erhöhung des genannten Verhältnisse zur Folge. Bei Schiffen mit Dieselmotor ist

das Gewicht der Antriebsanlage geringer als bei den anderen genannten Anlagen. Da zur Maschinenanlage auch die Hilfsmaschinen zur Erzeugung elektrischer Energie und Kühlmaschinen gehören, ist das Gewicht der Maschinenanlagen von Fahrgastschiffen, Kühlfrachtschiffen und Fischereifahrzeugen größer als bei normalen Frachtschiffen mit gleichem Displacement. So beträgt das Gewicht der Maschinenanlage bei Frachtschiffen 5 bis 10, bei Fahrgastschiffen 10 bis 15, bei Fischereifahrzeugen etwa 15 bis 20 und bei Schleppern und Eisbrechern in der Regel sogar 20 bis 30 % des Displacements.

Das Verhältnis des Schiffskörpergewichts zum Displacement ist durch das Gewicht des Schiffskörpers sowie dessen Einrichtung und Ausrüstung bestimmt. Alle diese Gewichte sind abhängig vom Schiffstyp und damit von seinen Aufgaben. Das Gewicht des Schiffskörpers wird nicht nur von seinen Hauptabmessungen und Verhältniswerten beeinflusst, sondern auch vom Umfang der Aufbauten und der Eisverstärkung. Daneben spielen das Verbandsystem und die Verwendung von Baustählen mit höherer Festigkeit, insbesondere bei Schiffen ab 160 m Länge, eine wesentliche Rolle.

Die Einrichtung hängt vom Verwendungszweck des Schiffs ab und ist z. B. bei Fahrgastschiffen durch Fahrgastkabinen, Gesellschafts- und Wirtschaftsräume usw. oder bei Fischereifahrzeugen (Fang- und Verarbeitungsschiffen) durch Besatzungskabinen, Fischereiverarbeitungsmaschinen und Einrichtung der Kühlräume erheblich größer als bei normalen Fracht- und Tankschiffen. Der Anteil der Ausrüstung am Gewicht des Schiffskörpers ist bei Fischerei- und technischen Fahrzeugen (Hilfs- und Bergungsschiffen, Feuerlöschbooten) wesentlich größer als bei anderen Schiffen. Fahrgastschiffe verfügen über umfangreiche Ausrüstung mit Rettungsmitteln, wie Rettungsboote, aufblasbare Rettungsflöße, Rettungswesten. Daneben können Frachtschiffe umfangreiche Hebezeuge - Ladegeschrirre - haben. Wie in der Tabelle angegeben, haben Eisbrecher und Fahrgastschiffe das größte, Frachtschiffe das kleinste Schiffsgewicht, bezogen auf das Displacement. Das Verhältnis der Tragfähigkeit zum Displacement charakterisiert, wenn man von der Schiffsgeschwindigkeit absieht, am besten die Wirtschaftlichkeit von Frachtschiffen. Bei Schleppern und Eisbrechern bezeichnet die Tragfähigkeit in erster Linie den Aktionsradius (Reisedauer), da bei diesen Schiffstypen die Tragfähigkeit hauptsächlich durch das Gewicht der Betriebsstoffe und Vorräte in Anspruch genommen wird.

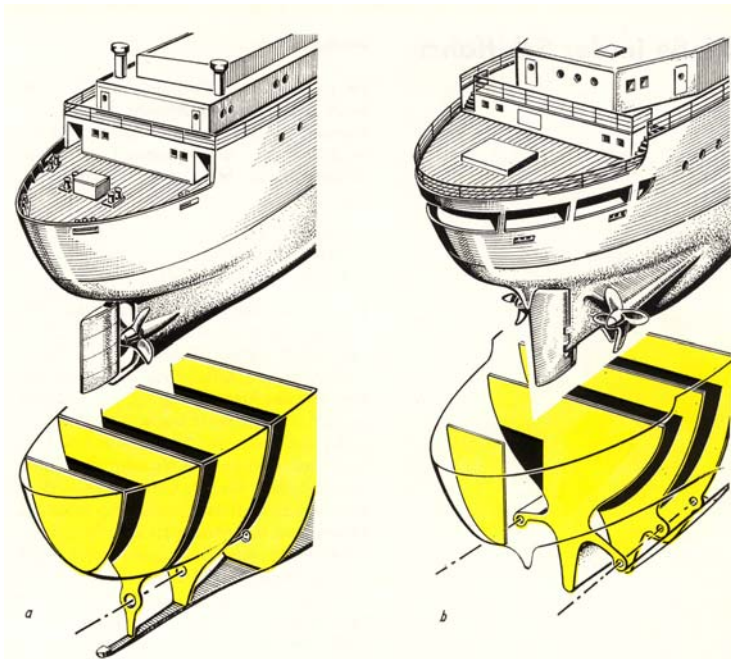
Die Tragfähigkeit ist, bezogen auf das Displacement, bei Frachtschiffen und Tankern mit 60 bis 75 % am größten und bei Schleppern und Eisbrechern mit 10 bis 30 % am kleinsten.

Neben diesen Verhältniswerten sind auch andere üblich, z. B. solche, die sich nicht auf das Displacement, sondern auf die Tragfähigkeit des Schiffs beziehen. Die in der Tabelle angegebenen Werte sind Mittelwerte und können durchaus von einzelnen Schiffen über oder unterschritten werden, da besondere technische oder ökonomische Forderungen (z. B. Tiefgangs- oder Längenbeschränkung, besonders hohe Geschwindigkeit, Betriebskosten) zu anderen Werten führen.

1.1.6 Unterschiede in der Schiffsform⁷

Die Gestaltung der Schiffsform wird vom Schiffstyp und den damit im Zusammenhang stehenden Aufgaben des Schiffs bestimmt. Einen wesentlichen Einfluss auf die Schiffsform haben die Tragfähigkeit, das erforderliche Laderaumvolumen bzw. die Anzahl der Decks, die Geschwindigkeit und die Querstabilität. Daneben kann die Schiffsform beeinflusst werden durch Längen-, Höhen- und Tiefgangsbeschränkungen resultierend aus Schleusenabmessungen, Brückendurchfahrten und Wassertiefen sowie spezielle Aufgaben wie Schleppen und Eisbrechen. Die Form des Unterwasserschiffsteiles bis zum Konstruktionstiefgang ist durch die bereits genannten Verhältniswerte der Hauptabmessungen und Völligkeitsgrade bestimmt, die einen mehr oder weniger großen Kompromiss enthalten. So haben z. B. Frachtschiffe im allgemeinen nicht die Völligkeitsgrade, die bei geforderter Geschwindigkeit vom Standpunkt einer niedrigen Antriebsleistung und damit eines geringen Brennstoffbedarfes erforderlich sind, vielmehr weisen sie höhere Völligkeitsgrade auf, um eine größere Tragfähigkeit zu erreichen. Nur besonders schnelle Frachtschiffe (Kühlschiffe) haben vom Standpunkt der Geschwindigkeit kleine, d. h., günstige Völligkeitsgrade.

Im allgemeinen ist die Schiffsform wie folgt gestaltet:



**Bild: Kreuzerheck
 a Einschrauber
 b Zweischrauber**

Die Konstruktionswasserlinie bildet am Bug zur Symmetrieebene des Schiffs einen Winkel, dessen Größe - je nach Völligkeit des Schiffs - zwischen 10° und 25° liegt. Im Hinterschiff beträgt dieser Winkel, um Wirbelablösungen zu vermeiden, 18 bis 20°. Im Hinterschiff sind unterhalb des Konstruktionstiefgangs bei Zweischraubern die Spanten V-förmig und bei Einschraubern U-förmig gestaltet, um möglichst günstige Strömungsverhältnisse im Propellerbereich zu erzielen. Im Bereich eines Kreuzerhecks sind

die Spanten so gestaltet, dass sie die Konstruktionswasserlinie nicht zu flach schneiden, damit nicht schon bei kleiner Tiefgangsvergrößerung (achterlicher Trimm) die Wasserlinie zu völlig und der Fahrtwiderstand zu sehr vergrößert sind. Oberhalb der Tiefladelinie sind die Spanten an den Schiffsenden im allgemeinen ausfallend ausgeführt, damit das Schiff einen möglichst großen Reserveauftrieb erhält, um die Stumpfbewegungen zu mildern, überkommene Seen (Wellen) abzuweisen und an den Schiffsenden eine große Decksfläche zu erhalten.

Die Formen des Vor- und Hinterstevens sind mitbestimmend für den Gesamteindruck eines Schiffs. Dennoch werden die Schiffsenden nicht nur nach ästhetischen Gesichtspunkten gewählt, sondern auch nach den Widerstandseigenschaften des Schiffs (Bugwulst). Daneben spielen

⁷ Quelle: Reinhold Dopotka/Andrzej Perepecko: Das Buch vom Schiff; Stuttgart: Motorbuch Verlag, 1978; ISBN 3-87943-613-4, S 68f



Fachbereich: MS - Maschinen- und Schiffbau

Ausb.-Beruf: **KonstruktionsmechanikerIn - Schiffbau**

Gewerbliche Lehranstalten Bremerhaven, Georg-Büchner-Str. 7, 27574 Bremerhaven

auch bestimmte Aufgaben eine Rolle, wie das Brechen von Eis; hierfür haben sich spezielle Eisbrechersteven herausgebildet, durch die sich das Schiff mit dem ganzen Gewicht des Vorschiffs auf die Eisdecke legt, von oben her das Eis brechen kann und so eine Fahrrinne schafft. Dazu ist es erforderlich, dass der Vorsteven spitzkantig ist, die Wasserlinien keinen zu großen Eintrittswinkel haben und konvex verlaufen, damit die Eisschollen ungehindert nach hinten abfließen können. Wellenhosen Zweischraubenschiffe sind so gestaltet, dass die Strömung in den Propeller entgegen seiner Drehrichtung eintritt, sind daher nicht senkrecht zu den Spanten gestellt, sondern beginnen unter einem Winkel von 90° zum Spant und laufen zum Ende hin unter etwa 25° gegen die Horizontale aus. Im Laufe der Entwicklung haben sich durch praktische Erfahrungen und Modellversuche einige Spantformen heraus gebildet, die die Anforderungen an Tragfähigkeit, Geschwindigkeit, Stabilität und Seeverhalten gut erfüllen. Für größere Schiffe und Serienbauten werden, um die Antriebsleistung auf die geforderte Geschwindigkeit abzustimmen, im allgemeinen Modellversuche durchgeführt

- Testarbeit

1 Bruttoreaumzahl (BRZ), Bruttonettozahl (NRZ)

Bruttoregistertonne (BRT) und Nettoregistertonne (NRT) wurden ersetzt durch die dimensionslosen Zahlen Bruttoreaumzahl (BRZ) und Nettoreaumzahl (NRZ).

Nach der BRZ und NRZ berechnen sich weiterhin die tonnagedues, die Gebühren für Hafennutzung (Hafenabgaben), Kanal- oder Schleusendurchfahrt und Lotsen.

Die genaue Berechnung der BRZ erfolgt durch die Vermessungsregel 3 (Internationale Schiffsvermessungskonferenz London 1969): $BRZ = K_1 \cdot V$. Dabei ist V der Zahlenwert des in Kubikmeter gemessenen Inhalts aller geschlossenen Räume des Schiffes und K_1 ein Umrechnungsfaktor, der dazu dient, dass die zu erwartenden Bruttoreaumzahlen in der Nähe der Zahlen für die früher üblichen Bruttoregistertonnen liegen. Für diesen Umrechnungsfaktor gilt: $K_1 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} V$. Diese Werte werden im amtlichen Internationalen Schifftmessbrief (*International Tonnage Certificate*) erfasst, der bei der Indienststellung eines Schiffes in Deutschland vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie ausgestellt wird.



Aufgabe:
 Welcher Wert ergibt sich für das Volumen aller geschlossenen Räume, wenn für die Bruttoreaumzahl eines Schiffes der Wert 75.077 BRZ („Color Magic“) angegeben wird?

Lösung:

Aus der Formel zur Berechnung der BRZ ergibt sich der Lösungsansatz

$$\begin{aligned}
 BRZ &= K_1 \cdot V \\
 &= 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10}(V) \cdot V \\
 V \cdot \log_{10}(V) &= \frac{BRZ - 0,2}{0,02} \\
 &= 50 \cdot BRZ - 10
 \end{aligned}$$

Selbst wenn man auf der rechten Seite den Wert -10 vernachlässigen kann ist diese Funktion ist nicht ohne weiteres nach V aufzulösen. Deshalb wählen wir ein grafisches Lösungsfahren und verwenden Excel.

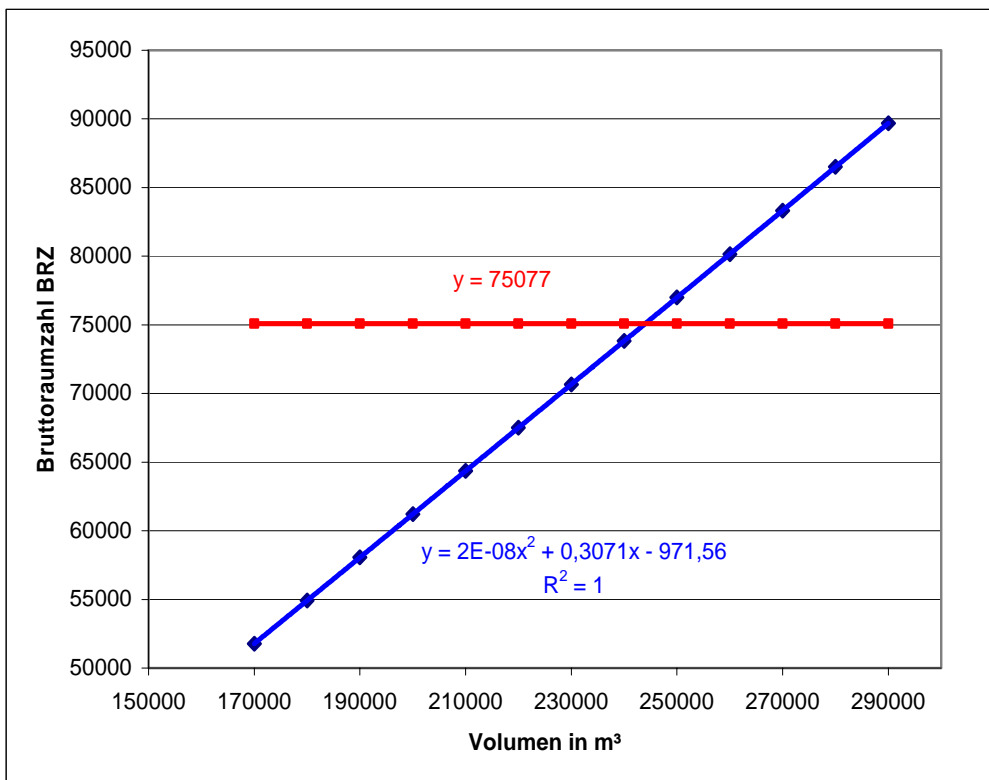
Wir bestimmen den Schnittpunkt zweier Funktionen

$$\text{Gerade } y_1 = BRZ = 75077 \quad \text{und} \quad y_2 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10}(V) \cdot V \quad (V > 0)$$

Auf der senkrechten Achse wird die Bruttoreaumzahl y in BRZ und auf der waagerechten Achse das Volumen V in m^3 abgetragen.



V	log V	$K1 = 0,2 + 0,02 * \log V$	$BRZ = K1 * V$	BRZ_Schiff
170000,00	5,2304	0,3046	51783,53	75077
180000,00	5,2553	0,3051	54918,98	75077
190000,00	5,2788	0,3056	58059,26	75077
200000,00	5,3010	0,3060	61204,12	75077
210000,00	5,3222	0,3064	64353,32	75077
220000,00	5,3424	0,3068	67506,66	75077
230000,00	5,3617	0,3072	70663,95	75077
240000,00	5,3802	0,3076	73825,01	75077
250000,00	5,3979	0,3080	76989,70	75077
260000,00	5,4150	0,3083	80157,86	75077
270000,00	5,4314	0,3086	83329,36	75077
280000,00	5,4472	0,3089	86504,08	75077
290000,00	5,4624	0,3092	89681,91	75077



Lösung:

- Schnittpunkt aus der Excel-Grafik ablesen
- Interpolation Tabellenwerte

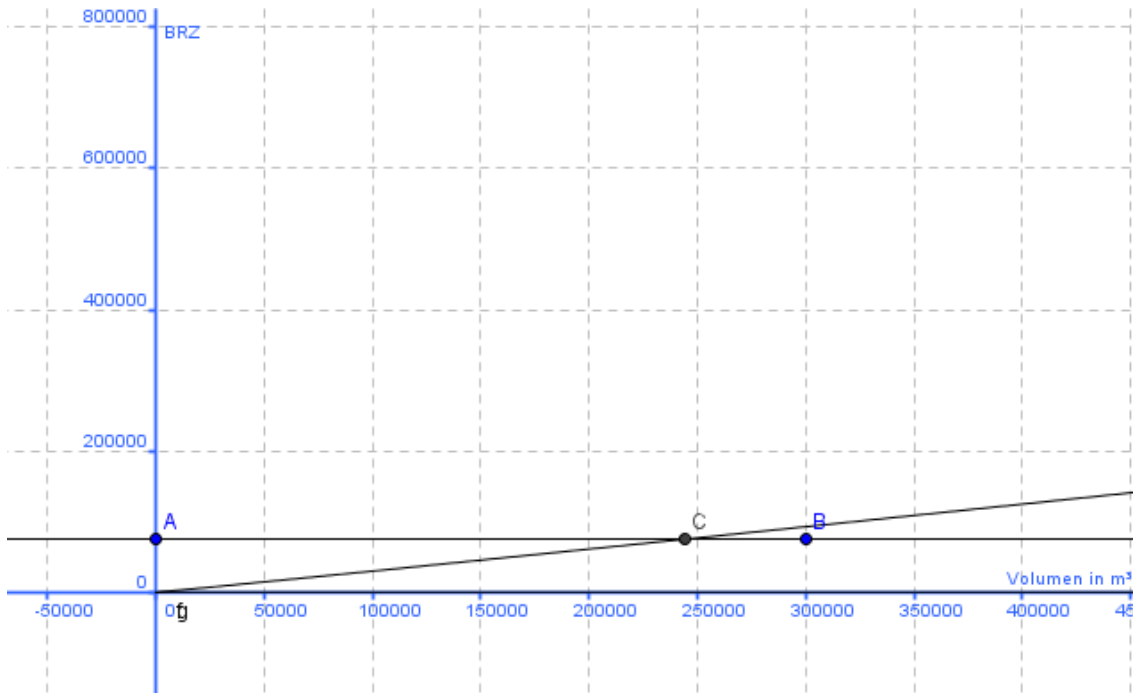
$$\frac{250000 - 240000}{76989,70 - 73825,01} \cdot (75044 - 73825,01) + 240000 = 243956,12 \text{ m}^3$$

- Lösung der quadratischen Gleichung (ABC-Formel, ...)

Auf der folgenden Seite Lösung mit GeoGebra

Lösung mit GeoGebra

http://www.chip.de/downloads/c1_downloads_20747798.html



- Freie Objekte
 - A = (0, 75077)
 - B = (300000, 75077)
 - f(x) = 0.2 + 0.02 lg(x)
- Abhängige Objekte
 - C = (243957.46, 75077)
 - a: y = 75077
 - g(x) = x (0.2 + 0.02 lg(x))

Zuordnung:

- x Volumen in m³
- f(x) K1 = 0,2 + 0,02 · log₁₀(V) (für den ermittelten V-Wert ist K1 = 0,307746...)
- g(x) BRZ = K1 · V

Der Schnittpunkt C gibt den Wert 243957,46 m³ für das Volumen.

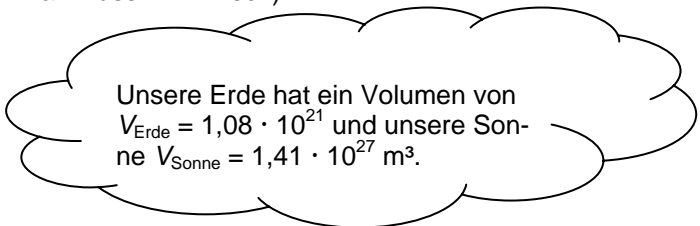
Der K1-Wert liegt zwischen 0,3076 und 0,3080 für zugehörige Volumina 240000 m³ und 250000 m³ (vgl. Anhang 2 Internationales Schiffsvermessungs-Übereinkommen von 1969 – die K1-Werte steigen von 0,22 für V = 10 m³ auf 0,32 für V = 1.000.000 m³).

Und noch eine Zusatzfrage: Bei welchem Volumen in m³ wäre die BRZ gleich dem Betrag des Volumens? (Lösungshinweis: in diesem Fall muss K1 = 1 sei!)

$$K1 = 1 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10}(V)$$

$$\log_{10}(V) = \frac{1 - 0,2}{0,02} = 40$$

$$V = 10^{40} \text{ m}^3$$



Ergänzung:

Neben der Bruttoreaumzahl regelt der Anhang 2 des Internationales Schiffsvermessungs-Übereinkommen von 1969 die Berechnung der Nettoraumzahl (Regel 4).

Die Nettoraumzahl (NRZ) eines Schiffes errechnet sich nach der Formel

$$NRZ = K_2 \cdot V_C \cdot \left(\frac{4 \cdot T}{3 \cdot H} \right)^2 + K_3 \cdot \left(N_1 + \frac{N_2}{10} \right)$$

In der Formel bedeuten:

- V_C = Zahlenwert des in Kubikmeter gemessenen Inhalts V_C aller Laderäume
- K_2 = $0,2 + 0,02 \log_{10}(V_C)$
- K_3 = $1,25 \cdot \frac{BRZ + 10000}{10000}$
- H = Seitenhöhe mittschiffs gemäß Regel 2 Abs. 2 (in Meter)
- T = Seitenhöhe mittschiffs gemäß vorliegender Regel 4 (in Meter)
- N_1 = Anzahl der Fahrgäste in Kabinen mit nicht mehr als 8 Betten
- N_2 = Anzahl der sonstigen Fahrgäste
- $N_1 + N_2$ = Gesamtzahl der nach dem Fahrgastzeugnis zulässigen Fahrgäste; falls die Summe kleiner als 13 ist, bleibt sie unberücksichtigt.

Diese Formel besteht aus 2 Teilen, die zu addieren sind:

Grundlage des 1. Teiles der Netto-Formel ist der Zahlenwert des in Kubikmeter gemessenen Inhalts V_C aller Laderäume. Der Umrechnungsfaktor K_2 dient (ähnlich wie beim Brutto) dazu, die Nettoraumzahlen im Mittel in die Nähe der Zahlen für die Netto-Registertonnen zu bringen.

Dieses Produkt $K_2 \cdot V_C$ ist noch mit einem zweiten Faktor $\left(\frac{4 \cdot T}{3 \cdot H} \right)^2$ zu multiplizieren, der niemals größer als „eins“ sein darf und solange gleich „eins“ ist, solange der zulässige Tiefgang des Schiffes wenigstens $\frac{3}{4}$ der Seitenhöhe des Schiffes ausmacht. Ist der Tiefgang weniger als $\frac{3}{4}$ der Seitenhöhe, so wird dieser Faktor kleiner als „eins“ und der Netto-Wert entsprechend geringer.

Der Ausdruck $K_2 \cdot V_C \cdot \left(\frac{4 \cdot T}{3 \cdot H} \right)^2$ darf niemals kleiner als 0,25 BRT sein.

Der 2. Teil der Netto-Formel findet nur bei Passagierschiffen Anwendung. Er berücksichtigt den bei diesem Schiffstyp fehlenden Laderaum, der dort in Form entsprechender Passagier-räume vorhanden ist, was in der Formel berücksichtigt werden musste, um auch für Passagier-schiffe angemessene und entsprechende Nettoraumzahlen zu erhalten.

Wichtig in der Formel zur Ermittlung der NRZ ist noch die Bestimmung, dass diese niemals geringer als 30 % der BRZ sein soll.