

1.2 Schwimmfähigkeit und Stabilität

Dieser Abschnitt befasst sich mit der Hydrostatik des Schiffes, d. h. dem Verhalten eines Schiffes, das sich im ruhigen Wasser im Gleichgewicht befindet. Dieses Thema ist von außerordentlicher Bedeutung für die Schiffssicherheit im Hafen (Laden, Entladen, Docken) und auf See. Auch wenn auf See die Annahme von statischen Bedingungen kaum zutreffen, sind die hier vorgenommenen Fragestellungen doch von Wert für ein Verständnis des Verhaltens des Schiffes auf See – es sei denn, es handelt sich um extreme Bedingungen.

Die grundsätzlichen Bewegungen des Schiffes auf See werden eingeteilt in

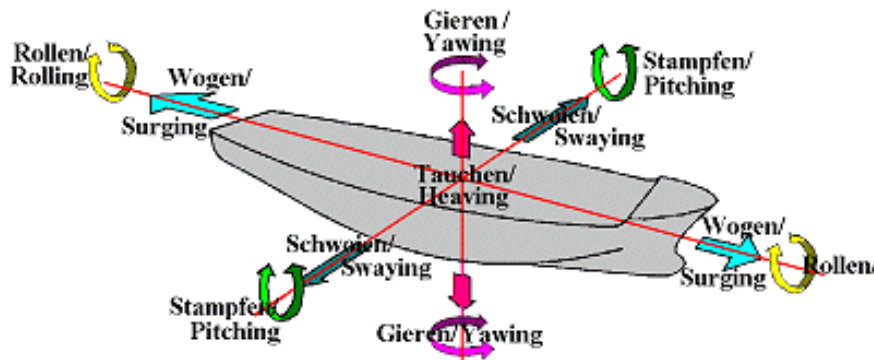


Bild 1.1: Bewegung eines Schiffes im Seegang¹

Geradlinige Bewegungen:

Wogen	<i>Surging</i>	Wogen ist die Bewegung entlang der Längsachse: translatorisch x-Achse
Schwoien	<i>Swaying</i>	Schwoien ist die Bewegung entlang der Querachse: translatorisch y-Achse
Tauchen	<i>Heaving</i>	Tauchen ist die Bewegung entlang der Hochachse: translatorisch z-Achse

Rotationsbewegungen:

Rollen	<i>Rolling</i>	Rollen ist die Bewegung um die Längsachse: rotatorisch x-Achse.
Stampfen	<i>Pitching</i>	Stampfen oder Nicken bezeichnet die Bewegung eines Wasser- oder Luftfahrzeugs um sein Querachse (Transversalachse): rotatorisch y-Achse
Gieren	<i>Yawing</i>	Gieren ist die Bewegung um die Hochachse: rotatorisch z-Achse



Bild 1.2:
 Beim Slamming erfährt ein Schiff hydrodynamische Stöße²

¹ Quelle: http://www.containerhandbuch.de/chb/stra/index.html?chb/stra/stra_02_03_03.html

² Quelle: dto

Als **Slamming** werden hydrodynamische Stöße bezeichnet, die durch Auf- und Abbewegungen des Schiffskörpers, das Hineinfahren in Wellenberge und das dadurch bewirkte harte Einsetzen des Schiffes in die See entstehen

Die Forderungen nach Schwimmfähigkeit und angemessener Stabilität wirken sich unter Beachtung des Schiffstyps unmittelbar auf den Schiffsentwurf aus.

1.2.1 Schwimmfähigkeit

Die Swimmfähigkeit eines Schiffes beruht auf dem archimedischen Prinzip (statischer Auftrieb)³ und dem senkrechten Übereinanderliegen von Gewichtsschwerpunkt und Auftriebsschwerpunkt.

Bild 2.1 zeigt den Rumpf eines Schiffes in den drei Ansichten Querschnitt, Seitenansicht und Draufsicht:

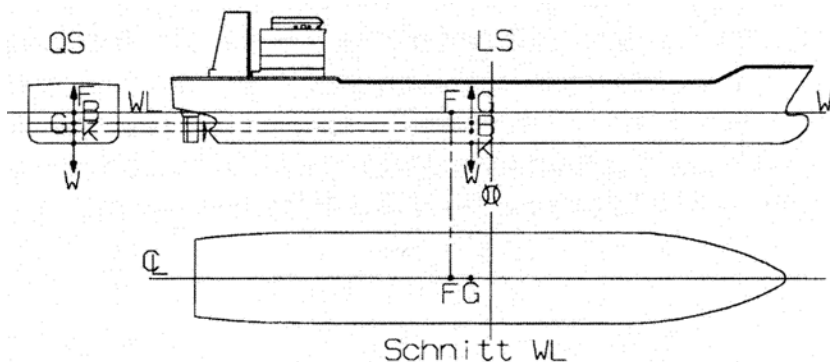


Bild 2.1:
Swimmfähigkeit⁴

B: Schwerpunkt des verdrängten Wassers
 G: Schwerpunkt des Schiffes
 F: Schwerpunkt der Wasserlinie

Der Vektor der Gesamtgewicht des Schiffes F_{g_Schiff} (im Bild W) wirkt senkrecht zur Wasserlinie durch den Gewichtsschwerpunkt G des Schiffes. Das vom Schiffskörper verdrängte Wasser (Verdrängungsvolumen) hat die Gewichtskraft $F_{g_Wasser,verdrängt}$. Das vom Schiffskörper verdrängte Wasser erzeugt entsprechend dem archimedischen Prinzip eine Auftriebskraft $F_{Auftrieb}$, die gleich der Gewichtskraft des verdrängten Wassers ist. Für ein schwimmendes Schiff gilt (auch bei tauchenden Schiffen - U-Boot) gilt:

$$F_{g_Schiff} = F_{Auftrieb}$$

$$F_{Auftrieb} = F_{g_Wasser,verdrängt}$$

$$F_{g_Schiff} = V_{Wasser,verdrängt} \cdot \rho_{Wasser} \cdot g$$

Im Schiffbau werden folgende Formelzeichen verwendet:

Unteraservolumen (Verdrängungsvolumen) des Schiffskörpers	∇	$V_{Wasser,verdrängt}$
Gesamtgewicht (Verdrängungsgewicht) des Schiffes	Δ_F	F_{g_Schiff}
Außenhautfaktor (Shell Plating Coefficient)	a_H	

³ **Statischer Auftrieb:** eine der Gewichtskraft eines Körpers entgegenwirkende Kraft, die dieser aufgrund der senkrecht zu seiner Oberfläche gerichteten Druckkräfte einer ruhenden umgebenden Flüssigkeit (hydrostatischer Auftrieb) oder eines ruhenden Gases (aerostatischer Auftrieb) erfährt. Ihr Betrag ist gleich der Gewichtskraft der von dem Körper verdrängten Gas- oder Flüssigkeitsmenge (**archimedisches Prinzip**).

⁴ *Quelle:* Verband für Schiffbau und Meerestechnik e. V. (Hrsg.): Schiffstechnik und Schiffbautechnologie; Hamburg: Seehafen Verlag GmbH, 1998, ISBN 3-87743-800-8, S. 5

Damit ergibt sich für die Berechnung des Verdrängungsgewichts die Formel

$$\Delta_F \text{ (N)} = \nabla \text{ (m}^3\text{)} \cdot \varphi_W \text{ (kg/m}^3\text{)} \cdot g \text{ (m/s}^2\text{)}.$$

Beim Entwurf wird auch mit der Masse des verdrängten Wassers (= Gesamtmasse des Schiffes) gearbeitet:

Entwurfsgleichung:

$$\Delta = \text{Light Ship Weight} + \text{Deadweight} = L \cdot B \cdot T \cdot C_B \cdot \varphi_W \cdot (1 + a_H)$$

Tabelle: Werte für die Dichte von Seewasser

Wasser	Dichte φ in kg/m^3
Süßwasser	$\approx 1\ 000$
Ostseewasser	bis zu 1 015
Nordseewasser	bis zu 1 025
Rotes-Meer-Wasser	bis zu 1 044
Kaspisches-Meer-Wasser	bis zu 1 060
Großer Salzsee (USA)	bis zu 1 230
Totes-Meer-Wasser	bis zu 1 278

Die spezifische Dichte des Seewassers der einzelnen Meere ist für die Schifffahrt von Bedeutung, da es die Tragfähigkeit und damit den Tiefgang eines Schiffes direkt beeinflusst.

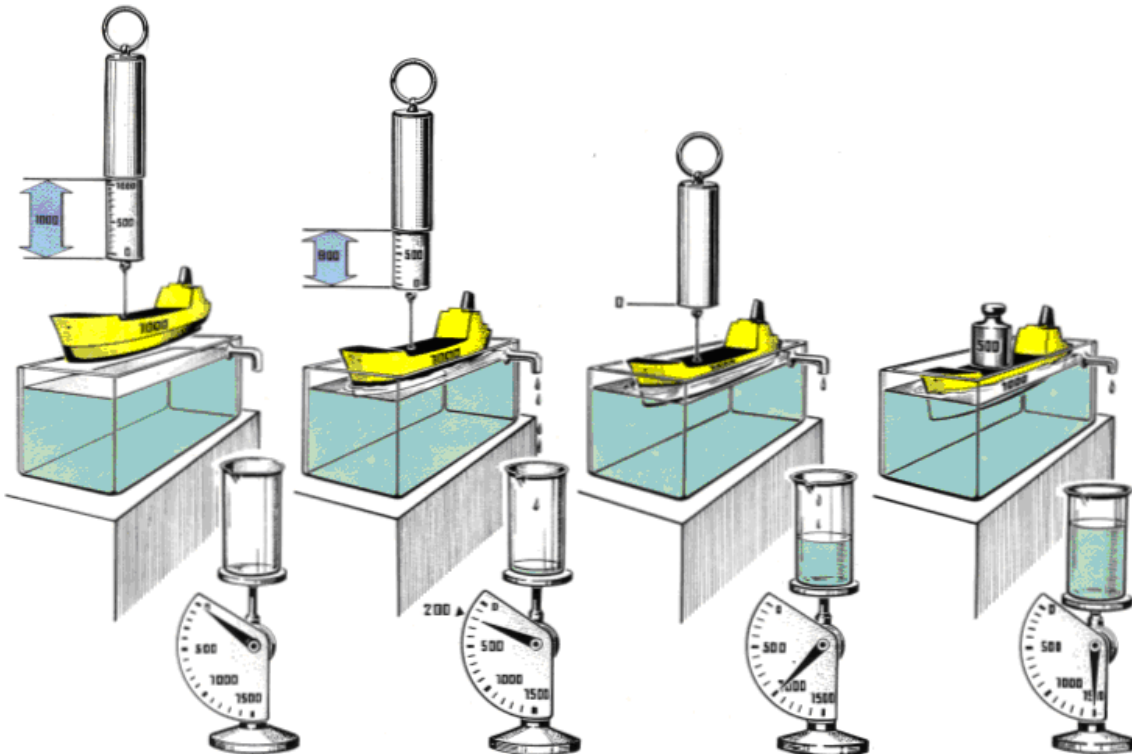


Bild 3.1: Schwimmen eines Schiffes⁵

⁵ Quelle: Reinhold Dopotka/Andrzej Perepecko: Das Buch vom Schiff; Stuttgart: Motorbuch Verlag, 1978; ISBN 3-87943-613-4, S 45



Fachbereich: MS - Maschinen- und Schiffbau

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

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

Im Bild 2.1 ist auch der Wasserlinienschwerpunkt F enthalten. Dies ist der Flächenschwerpunkt der Wasserlinienfläche. Um diesen Punkt neigt sich das Schiff quer oder längs, wenn es aus dem Gleichgewicht gebracht wird, z. B. beim Aufbringen einer Last. F liegt in der Regel auf der CL-Linie, da Schiffe nach Back- und Steuerbord symmetrisch gebaut sind.

Außer in einfachen Fällen (z. B. Ponton) besitzt das Unterwasservolumen eines Schiffes keine prismatische regelmäßige Form. Nach vorn und Hinten besteht keine Symmetrie. Die Berechnung von Flächen und Volumen und die Lage von geometrischen Schwerpunkten (z. B. B und F) ist nicht einfach. Es gibt für die Berechnung Näherungsmethoden, z. B. die Simpson-Regel. Heute ist eine leichtere und genauere Berechnung mit Hilfe des Computers möglich.



1.2.1 Schwimmfähigkeit – Testarbeit

1 Ordnen Sie den Ziffern die Schiffsbewegungen zu.	
	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9

2 Welche Aussage zum archimedischen Prinzip ist <i>falsch</i> ?	
①	Mit Auftrieb wird eine Kraft bezeichnet, die eine Flüssigkeit oder ein Gas auf einen Körper (oder auf ein Gasvolumen) ausübt.
②	Auf ein sinkendes Schiff wirkt keine Auftriebskraft.
③	Der Betrag der statischen Auftriebskraft ist gleich der Gewichtskraft der von dem Körper verdrängten Gas- oder Flüssigkeitsmenge.
④	Die Berechnung der statischen Auftriebskraft in Wasser erfolgt nach der Formel $F_{\text{Auftr.-Kraft}} = V_{\text{Wasser, verdrängt}} \cdot \rho_{\text{Wasser}} \cdot g$
⑤	Ein Schiff schwimmt, weil das Gesamtgewicht des Schiffes gleich der Gewichtskraft des vom Unterwasserschiff verdrängten Wassers ist.

3 Wie tief sinkt ein prismatischer Holzbalken ($L = 5 \text{ m}$, $B = 3 \text{ dm}$, $H = 50 \text{ mm}$; Dichte $\varphi_H = 0,8$) in Wasser (Dichte $\varphi_W = 1$) ein?	

7 In den Entwurfsunterlagen für einen Motor-Fischkutter sind die folgenden Aufmaße für die Wasserlinie WL 4 angegeben (s. Tabelle).
 7.1 Berechnen Sie die Fläche der Wasserlinie in m² mit der Simpsonregel.
 7.2 Berechnen Sie das Verhältnis C_w .
 7.3 Zeichnen Sie die Fläche (mit AutoCAD). Maßstäbe: M_L 1 : 100, M_y 1 : 50
 7.4 Entwickeln Sie zu 7.1 und 7.2 ein Excel-Programm.

Aufmaße WL 4 (½ WL-Breiten); L = 18,60 m			
Spt.	y in m	Faktor	Produkt
0	0,020		
1	1,610		
2	2,295		
3	2,580		
4	2,710		
5	2,740		
6	2,720		
7	2,520		
8	2,020		
9	1,155		
10	0,020		
Σ			

8 Übersetzen Sie den folgenden Text in die deutsche Sprache:
PFS "Polarstern" – a large-scale floating laboratory¹
The most important tool in Germany's polar research program is the Polarstern, a research and supply vessel. Since she was first commissioned in 1982, the Polarstern has completed a total of more than thirty expeditions to the Arctic and Antarctic. She was specially designed for working in the polar seas and is currently the most sophisticated polar research vessel in the world.
The Polarstern spends almost 320 days a year at sea. Between November and March she usually sails to and around the waters of the Antarctic, while the northern summer months are spent in Arctic waters.
¹⁾ Quelle: <http://www.awi.de/en/infrastructure/ships/polarstern/>

