

## 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

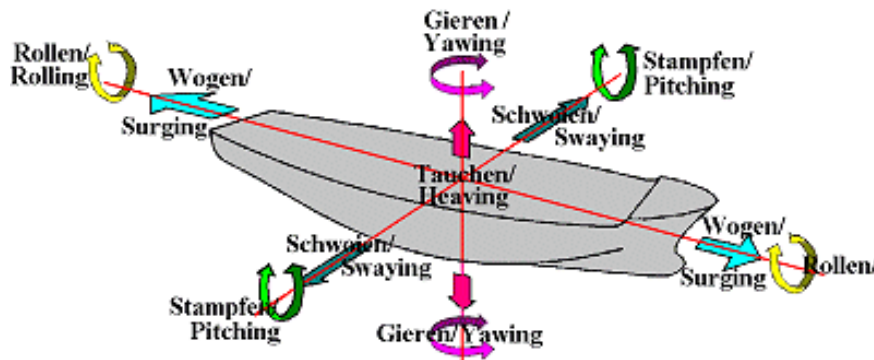


Bild 1.1: Bewegung eines Schiffes im Seegang<sup>1</sup>

### 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 Stöße<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Quelle: [http://www.containerhandbuch.de/chb/stra/index.html?chb/stra/stra\\_02\\_03\\_03.html](http://www.containerhandbuch.de/chb/stra/index.html?chb/stra/stra_02_03_03.html)

<sup>2</sup> Quelle: dto

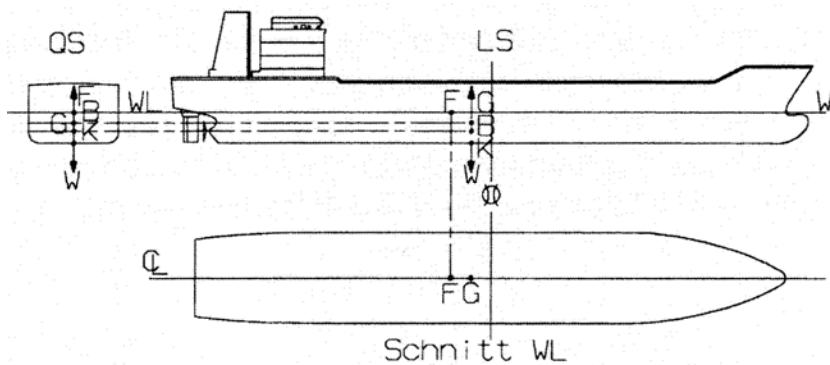
Als **Slamming** werden hydrodynamische Stöße bezeichnet, die durch Auf- und Abbewegungen des Schiffskörpers, das Hineinfahren in Wellenberge und das dadurch bewirkte harte Einsetzen des Schiffes in die See entstehen

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)<sup>3</sup> 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:**  
**Swimmfähigkeit<sup>4</sup>**

- 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:

Unterwasservolumen (Verdrängungsvolumen) des Schiffskörpers	$\nabla$	$V_{Wasser,verdrängt}$
Gesamtgewicht (Verdrängungsgewicht) des Schiffes	$\Delta_F$	$F_{g\_Schiff}$
Außenhautfaktor (Shell Plating Coefficient)	$a_H$	

<sup>3</sup> **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**).

<sup>4</sup> *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:

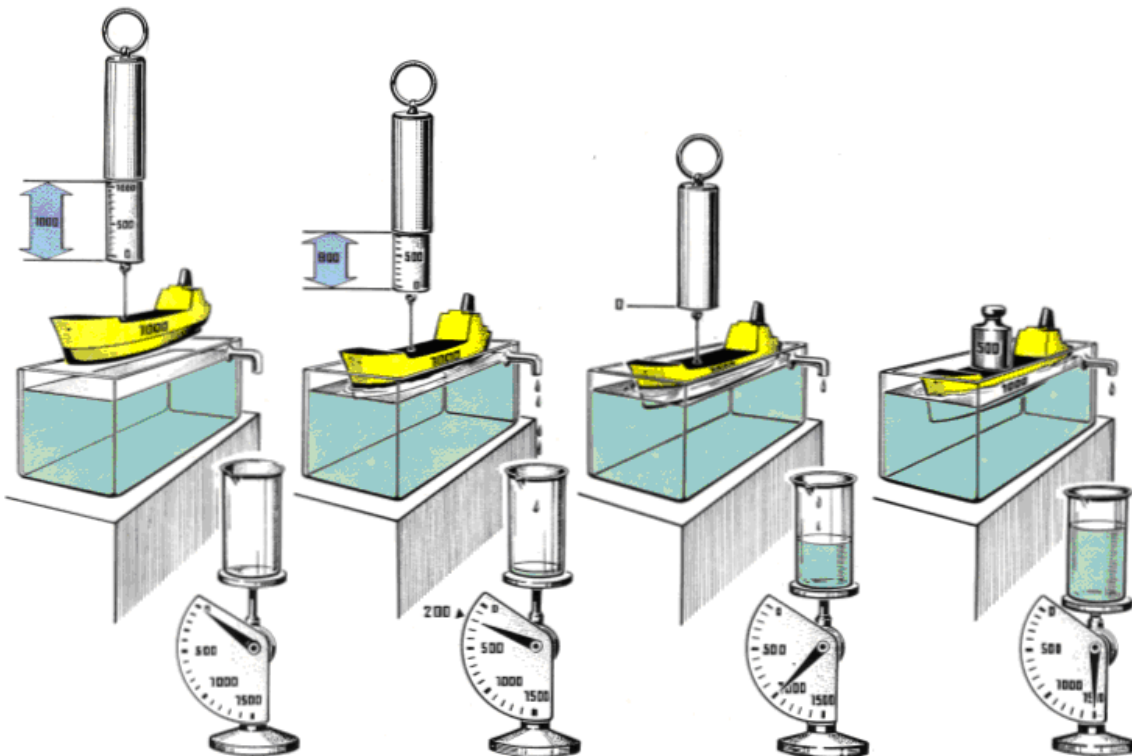
Entwurfsgleichung:

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

**Tabelle: Werte für die Dichte von Seewasser**

Wasser	Dichte $\varphi$ in $\text{kg/m}^3$
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 Schiffes<sup>5</sup>**

<sup>5</sup> 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.











