

Inhalt

Vorwort	5
Hinweis für Schülerinnen und Schüler an Fachschulen	8
-1 Mathematik ? Ist gar nicht so schwierig!	
-0.2 Integrieren ist einfach!	10
-0.1 Differenzieren auch!	25
0 und Physik ?	
0.1 Schwerpunktkoordinaten	36
0.2 Schwerpunktverschiebung	49
0.3 Trägheitsmoment	53
1 Grundlagen der Stabilität	
1.1 Stabilität: Begriffe und physikalische Probleme	62
1.2 Gewichtsschwerpunkt und Auftriebsmittelpunkt	66
1.3 Koordinatensysteme am Schiff	69
1.4 Berechnung des Schwerpunktkoordinaten („Momentenrechnung“)	72
1.5 Schwimmfähigkeit	77
1.6 Berechnung des verdrängten Volumens	80
2 Querstabilität	
2.1 Stabilität bei kleinen Krängungen („Anfangsstabilität“)	85
2.1.1 Bestimmung der aufrichtenden Momente und Einführung des Begriffes <i>Metazentrum</i>	87
2.1.2 Berechnung mit Hilfe der Werftunterlagen	95
2.1.3 „Anfangsstabilität“ und „Hebelarmkurve“	98

2.2	Berechnung der Hebelarmkurve für größere Krängungswinkel	100
2.2.1	Ansatz: Scheinbare Metazentren	101
2.2.2	Berechnung der aufrichtenden Hebel	105
2.3	Interpretation der Hebelarmkurve	112
2.4	Experimentelle Bestimmung der Stabilität	114
2.4.1	Betriebskrängungsversuch	116
2.4.2	Bestimmung der Rollperiode und Rollversuch	118
2.4.3	Korrektur der berechneten Hebelarmkurve	123
2.5	Vorschriften zur statischen Querstabilität	125
2.6	Dynamische Stabilität	129
2.7	Vorschriften zur dynamischen Querstabilität	135
3	Stabilitätsbelastungen	
3.1	Anheben schwerer Lasten	136
3.2	Übergehen von Ladung	142
3.3	Negative Anfangsstabilität	158
3.4	Freie Oberflächen	165
3.5	Docken und Grundberührung	169
3.6	Krängung im Drehkreis	176
3.7	Belastung durch Wind	178
3.7.1	Statischer Ansatz	178
3.7.2	Dynamischer Ansatz	184
3.7.3	Wetterkriterium der IMO	186
3.8	Stabilität im Seegang	193
4	Längsstabilität	
4.1	Grundlagen	195
4.2	Trimmrechnung	201
4.3	Trimmänderung	211
4.4	Draught Survey	221
	Anhang	
1	Notation und Formelsammlung	237
2	Werftunterlagen M/S „S“	253
3	Lösungen und Lösungshinweise	256

Vorwort

Im deutschen Sprachraum ist Literatur zur Ausbildung in der Berufsschiffahrt kaum zu finden; dies gilt insbesondere für die früher mit „Seemannschaft“ bezeichneten Fächer, die die Themenbereiche Stabilitäts- und Trimmrechnung, Beladungsplanung und Manövrieren abdecken. Die Erfahrung in der Lehre zeigt, dass nur unter Benutzung englischsprachiger Literatur in diesen Themenbereichen das Verständnis der physikalischen Hintergründe zu kurz kommt. Wir hoffen, mit dem vorliegenden Lehrbuch diese Lücke zu schließen.

Die Bezeichnung *Schiffstheorie* wird für diesen Themenbereich zwar zunehmend aus dem Englischen übernommen, die Verwendung des Begriffes ist allerdings nicht einheitlich. Im Rahmen dieses Lehrbuches werden die Probleme der Stabilität, (Quer- und Längsstabilität) von (intakten) Seeschiffen behandelt und die notwendigen Hintergründe aus der Physik bereitgestellt. Ziel dieses ersten Bandes ist es, das Thema in dem Umfang, in dem es als Hintergrundwissen zum Verständnis der Probleme bei der Beladungsplanung bei Nautikern vorhanden sein muss, umfassend aufzuarbeiten. Die Themen Leckstabilität, Festigkeit und Manövrieren werden in einem zweiten Band ergänzt werden. Grundlegende Begriffe und Formulierungen aus dem Schiffbau und Schiffsbetrieb werden vorausgesetzt.

Das Buch entstand aus Vorlesungen zur Schiffstheorie und einem Skript am Fachbereich Seefahrt der *Fachhochschule Oldenburg, Ostfriesland und Wilhelmshaven* in Elsfleth und richtet sich zunächst an Studierende im Studiengang Nautik. Bei der Entstehung des Buches wurde angeregt, dieses auch für die Nutzung an Fachschulen zu konzipieren, den Inhalt am STCW-Standard auszurichten und den „Hochschulanteil“ gesondert auszuweisen. Eine solche Trennung der Inhalte ist aus verschiedenen Gründen nicht konsequent durchzuhalten. Wir gehen daher einen anderen Weg

und versuchen in zwei einführenden Kapiteln die notwendigen mathematischen und physikalischen Aussagen zusammenzustellen und verständlich zu machen. Diese Abschnitte können auch der Wiederholung dienen und sollten ein Bearbeiten der Themen auch an Bord ohne Zugang zu weiterer Literatur ermöglichen.

Dem Leser werden zunächst die physikalischen Ansätze und Ideen zur Stabilitäts- und Trimmrechnung vorgestellt. Die formale Ausführung der Herleitungen wird dabei an einigen Stellen den Studierenden als Aufgabe überlassen. Hinweise zu den Lösungen finden sich im Anhang. Im Anschluss an einzelne Kapitel werden Aufgaben gestellt, wie sie in der Berufspraxis vorkommen. Auch wenn heute die eigentlichen Rechnungen üblicherweise mit Ladungsrechnern durchgeführt werden, sind manche Aufgaben doch mit einem Taschenrechner oder mit Plänen schneller und zielgerichteter zu lösen. Insbesondere sollen aber die Aufgaben den Nautiker in die Lage versetzen, Lösungen abschätzen und am Ladungsrechner gefundene Ergebnisse verstehen und beurteilen zu können.

Auf eine dem Leser vielleicht hilfreich erscheinende Zusammenfassung der Richtlinien der SeeBG oder des IMO-Codes zur Stabilität wird bewusst verzichtet. Die Studierenden sollen sich möglichst früh an die Arbeit mit Originalunterlagen gewöhnen, da üblicherweise nur diese an Bord zu finden sind. Auch die Tatsache, dass sowohl die nationalen als auch die internationalen Vorschriften einem stetigen Wandel unterliegen, macht es wenig sinnvoll, die Vorschriften im Detail in einem Lehrbuch aufzulisten. Hinweise zur Nutzung der Vorschriften werden an den entsprechenden Stellen gegeben.

Die Notation richtet sich nach der in den Richtlinien der SeeBG; andere häufig im Schiffsbetrieb anzutreffende Abkürzungen werden erklärt. Wichtige anwendungsbezogene Gleichungen werden durchlaufend nummeriert. Dem Leser wird empfohlen, sich diese mit entsprechenden Hinweisen zu notieren.

Ein Abkürzungsverzeichnis, eine Formelsammlung, Auszüge aus Wertunterlagen für die Bearbeitung der Aufgaben und Lösungshinweise zu den Aufgaben finden sich im Anhang.

Für die Durchsicht des Entwurfes danke ich den Kollegen Becker-Heins, Nafzger und Wandelt.

Elsfleth, März 2004

Christoph Wand

Hinweis für Schülerinnen und Schüler an Fachschulen:

1. Prüfungsvorbereitung

Sie lernen zwar „fürs Leben“ - aber zunächst natürlich auch für die Prüfung. Es wurde vorgeschlagen, das Buch zweigliedrig aufzubauen und in einen praxisorientierten Teil und einen „Hochschulteil“ zu trennen. Diese Gliederung ist aus verschiedenen Gründen, die hier nicht weiter diskutiert werden sollen, nicht sinnvoll durchzuhalten.

Zur Vorbereitung auf die Prüfung im Fach Stabilitäts- und Trimmrechnung werden Sie in erster Linie eine Reihe von Übungsaufgaben lösen müssen, die Sie von Ihren Lehrern erhalten. Dies Buch wird dann vor allem als Nachschlagewerk oder zur Wiederholung vor dem Bearbeiten der Aufgaben helfen.

Es sollte nicht schwer fallen (z.B. anhand der Zeichnungen und Formeln), die Themenbereiche, die für Sie nicht prüfungsrelevant sind, auszusortieren. Sie sollten sich beim Lesen von dem Ziel leiten lassen, die **Aussagen** der Ergebnisse zu verstehen; die Herleitungen sind für die Prüfungsvorbereitung nicht entscheidend.

2. Weitergehendes Selbststudium

Wenn Sie die Hintergründe der Aussagen besser verstehen wollen,¹ sollten Sie unbedingt zuerst das vorgeschaltete „Kapitel -1“ bearbeiten, in dem wir versuchen, die mathematischen Voraussetzungen zu vermitteln. Das Ziel dieses Kapitels ist, die Bedeutung der notwendigen Aussagen klar zu machen.

Dementsprechend verzichten wir dabei bewusst auf mathematische Strenge. Vor den für Sie neuen „Werkzeugen“ (und als solche

¹ Z.B., wenn bei der Lektüre von Aufsätzen in Fachzeitschriften Verständnisprobleme auftreten.

können Sie das betrachten) $\int dx$ und $\frac{d}{dx}$ brauchen Sie keine Scheu zu haben; der Umgang mit ihnen ist weder gefährlich noch schwierig. (Nicht gefährlich aber schwieriger wird es, wenn Sie die Aussagen beweisen wollen – das machen wir aber hier nicht).

Das Kapitel „0“ stellt anschließend einige notwendige Aussagen aus der Physik zusammen.

Wenn Sie sich weitere Hintergründe zur Physik oder Mathematik erarbeiten wollen, gibt es dazu auf dem Markt neben umfangreicher Literatur auch recht anschauliche und günstige Programme zum Eigenstudium („CBT“, computer based training).