

FORSCHUNGSBERICHT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN

Nr. 2589/Fachgruppe Verkehr

Herausgegeben im Auftrage des Ministerpräsidenten Heinz Kühn
vom Minister für Wissenschaft und Forschung Johannes Rau

Prof. Dr. -Ing. Hans-Georg Schultz

Dr. -Ing. Eckart von Schulz

Lehrstuhl für Schiffbau, Konstruktion und Statik
der Rhein. -Westf. Techn. Hochschule Aachen

Zur Spannungsanalyse von Schiffen
im Seegang
über die Methode finiter Elemente
(FEMPA)



Westdeutscher Verlag 1976

© 1976 by Westdeutscher Verlag GmbH, Opladen
Gesamtherstellung: Westdeutscher Verlag

ISBN-13: 978-3-531-02589-6 e-ISBN-13: 978-3-322-88357-5
DOI: 10.1007/978-3-322-88357-5

Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur	V
1. Einleitung	1
2. Beschreibung des Lösungsweges zur Ermittlung statischer Größen im natürlichen Seegang	2
2.1 Bewegungen und Belastungen im regelmäßigen Seegang	
2.2 Statisches Berechnungsverfahren	11
2.3 Statistische Konzepte	14
2.3.1 Kurzzeitstatistik	14
2.3.2 Langzeitstatistik	20
3. Berechnung statischer Größen im regelmäßigen Seegang	24
3.1 Einflußfunktionen für Formänderungen und Spannungen	24
3.1.1 Ermittlung der Einflußmatrizen der Formänderungen	27
3.1.2 Ermittlung der Einflußmatrizen der Spannungen	30
3.1.3 Belastung der Rechenmodelle im regelmäßigen Seegang	33
3.1.4 Bestimmung der Übertragungsfunktionen der Formänderungen	37
3.1.5 Bestimmung der Übertragungsfunktionen der Spannungen	41
3.2 Das große dreidimensionale Tragwerk	45
3.2.1 Die "Substructure"-Methode	45
3.2.2 Einflußmatrizen nach der erweiterten Substructure-Methode	49

3.2.3 Übertragungsfunktionen	62
3.2.4 Randbedingungen und Gleichgewichtsbetrachtungen	62
4. Aufbau des Programmsystems	
4.1 Komponente I: Finite Element Programm FEMPA	67
4.2 Komponente II: Bewegungen und Belastungen: Programm HEAPIT	67
4.3 Komponente III: Übertragungsfunktionen und statistische Analyse für Deformationen: Programm UEBFUD	68
4.4 Komponente IV: Übertragungsfunktionen und statistische Analyse für Spannungen: Programm UEBFUS	68
4.5 Abschätzung zu erwartender Rechenzeiten	71
4.5.1 Einflußmatrizen (Komponente I)	71
4.5.2 Übertragungsfunktionen und statistische Analyse (Komponente IV)	75
5. Anwendung des entwickelten Programmsystems	76
5.1 Auswahl der untersuchten Beispiele	76
5.2 Kurzzeitantwort des Schiffes im quasi-statischen Seegang	77
5.2.1 Bestimmung der Übertragungsfunktionen aus der Längsfestigkeitsrechnung	77
5.2.2 Ergebnisse	79
5.3 Dynamische Längsfestigkeit. Entwurfswerte	81
6. Zusammenfassung	82
7. Literatur	84
8. Bildanhang	87

Nomenklatur

{ }	Vektor oder Spaltenmatrix
[]	Matrix
[] ^T	Transponierte Matrix
[] ⁻¹	Inverse Matrix
[*]	Komplexe Matrix
a	hydrodynamische Masse
b	Dämpfungskoeffizient (Potentialdämpfung)
B	Breite
[b]	Dehnungsmatrix (differenzierter Deformationsansatz)
[D]	Elastizitätsmatrix
E	Elastizitätsmodul
E	Einflußfunktion
{e}	Vektor des Dehnungszustandes
[E _U]	Einflußmatrix der Deformationen
[E _σ]	Einflußmatrix der Spannungen
\bar{f}	mittlere Frequenz
f(μ)	Richtungsfunktion
F	generalisierte Kraftgröße
{f}	Kraftkomponenten am Element
{F}	Systemknotenkräfte
[F _r]	Matrix der Knotenkräfte (Realteil)
[F _i]	Matrix der Knotenkräfte (Imaginärteil)
g	Erdbeschleunigung
G	Gleitmodul
{g}	Vektor der Deformationsgrößen, für die ein Ansatz gemacht wird
h _w	wirksame Wellenhöhe
H _v	visuelle Wellenhöhe
H _{1/3}	signifikante Wellenhöhe
I	Trägheitsmoment
I _T	Torsionskonstante
I _ω	sektorielles Trägheitsmoment
[I]	Einheitsmatrix

[k]	Steifigkeitsmatrix des Elementes
[K]	Systemsteifigkeitsmatrix
L	Länge
m_D	verteilttes Torsionsmoment
m_n	n-tes Moment eines Spektrums
M	Moment
[M]	Spannungsmatrix
[N]	Matrix der Shapefunctions
p	Druck
p	Wahrscheinlichkeitsdichte
P	Wahrscheinlichkeit
s	generalisierter Bewegungsfreiheitsgrad
S	Fläche
S	Seegangsspektrum
S_y	Antwortspektrum
\bar{T}	signifikante Wellenperiode
T_v	visuelle Wellenperiode
[T]	Transformationsmatrix
{u}	Vektor der Verschiebungsfreiheitsgrade am Element
{U}	Systemverschiebungen
V	Volumen
V	Schiffsgeschwindigkeit
w	Verschiebungskomponente in z-Richtung
W	Widerstandsmoment
δW_1	virtuelle Arbeit der äußeren Kräfte
δW_2	virtuelle Arbeit der Elementknotenkräfte
Y	Übertragungsfunktion
[Y_U]	Matrix der Verschiebungsübertragungsfunktionen
[Y_σ]	Matrix der Spannungsübertragungsfunktionen
γ	spez. Gewicht
ϵ	Phasenverschiebung
ϵ	Breite des Spektrums
λ	Wellenlänge

μ	Begegnungswinkel
ϕ	Drehwinkel
ρ	Dichte
ω	Kreisfrequenz
ω_e	Begegnungsfrequenz
ϕ_s	Störpotential
ϕ_w	Geschwindigkeitspotential der Welle
σ	Spannung
σ_v	Vergleichsspannung nach Huber, v. Mises, Hencky
$\{\sigma\}$	Spannungskomponenten
ζ	Seegangsamplitude