

Inhaltsverzeichnis

1 Meeresforschung – Meerestechnik	1
1.1 Einordnung und Aufgaben der Meerestechnik	2
1.2 Offshore-Regionen zur Gewinnung von Erdöl und Erdgas	7
1.3 Konzeption meerestechnischer Konstruktionen	17
2 Besonderheiten meerestechnischer Konstruktionen	21
2.1 Bohr- und Produktionstechnik	21
2.2 Konstruktionstypen	26
2.3 Feststehende Konstruktionen	33
2.3.1 Hubinseln	34
2.3.2 Pfahlgegründete Stahlplattformen	37
2.3.3 Schwerkraftgegründete Plattformen	44
2.4 Schwimmende Konstruktionen	49
2.4.1 Bohrschiffe	49
2.4.2 Halbtaucher	53
2.4.3 Ladebojen und Speichertanks	59
2.5 Nachgiebige Konstruktionen	60
2.5.1 Zugspannungsverankerter Halbtaucher (tension leg platform)	60
2.5.2 Seilabgespannte Turmplattformen (guyed tower)	64
2.5.3 Zugspannungsverankerte Bojen und Gelenktürme (articulated tower)	67
2.6 Mehrkörpersysteme	68
2.6.1 Einpunktverankerungen	69
2.6.2 Schwimmende Produktionssysteme	74
2.7 Vergleich unterschiedlicher Konzeptionen von Produktionsplattformen	84
3 Hydromechanische Analyse meerestechnischer Konstruktionen	91
3.1 Ausgewählte Grundlagen der Hydromechanik	92
3.1.1 Kontinuitätsgleichung	92
3.1.2 Laplace-Differentialgleichung	93
3.1.3 Euler- Differentialgleichung	94
3.1.4 Instationäre Bernoulli-Gleichung	95
3.1.5 Navier-Stokes-Differentialgleichung	95
3.1.6 Dimensionslose Kennzahlen	96

3.1.7	Ebene Potentialströmungen inkompressibler Fluide	98
3.1.8	Räumliche Potentialströmungen inkompressibler Fluide	105
3.2	Wellentheorien	106
3.2.1	Lineare Wellentheorie	108
3.2.2	Stokes-Wellentheorien höherer Ordnung	123
3.3	Hydrostatische Analyse	133
3.3.1	Auftrieb und Schwimmfähigkeit	133
3.3.2	Stabilität schwimmender meerestechnischer Konstruktionen	135
3.3.3	Stabilität nachgiebiger meerestechnischer Konstruktionen	151
3.4	Hydrodynamische Analyse	153
3.4.1	Wellenkräfte auf hydrodynamisch transparente Konstruktionen	155
3.4.1.1	Froude-Krylov-Kraft	155
3.4.1.2	Hydrodynamische Massenkraft	156
3.4.1.3	Trägheitskräfte im Wellenfeld	160
3.4.1.4	Morison-Gleichung	163
3.4.1.5	Beiwerte von hydrodynamischer Masse und Widerstand	180
3.4.2	Bewegung hydrodynamisch transparenter Konstruktionen im Seegang	188
3.4.2.1	Tauchbewegung einer Boje	189
3.4.2.2	Bewegungen von Halbtauchern	192
3.4.2.3	Bewegungen von Gelenktürmen	204
3.4.3	Kräfte und Bewegungen hydrodynamisch kompakter Konstruktionen im Seegang	206
3.4.3.1	Froude-Krylov-Kraft	206
3.4.3.2	Hydrodynamische Massen und Kräfte bei harmonischer Bewegung in Oberflächennähe	206
3.4.3.3	Trägheitskräfte im Wellenfeld	210
3.4.3.4	Bewegungen hydrodynamisch kompakter Konstruktionen	217
3.4.4	Wellendriftkräfte	222
3.5	Symbolverzeichnis	229
4	Festigkeitsanalyse meerestechnischer Konstruktionen	236
4.1	Zeitunabhängige elastische Probleme	237
4.1.1	Balkentragwerke	238
4.1.2	Scheibentragwerke	248
4.1.3	Plattentragwerke	255
4.1.4	Zylinderschale	262
4.2	Stabilität und Spannungstheorie 2. Ordnung	270
4.3	Zeitabhängige elastische Probleme	294
4.3.1	Eigenfrequenzen von Balken und Platten	294
4.3.2	Erzwungene Schwingungen	303

4.4	Grenztragfähigkeit	311
4.4.1	Der vollplastische Querschnitt von Balken	312
4.4.2	Die Grenztragfähigkeit einfacher Tragwerke	316
4.5	Numerische Lösungen (Finite-Element-Methode)	321
4.5.1	Finite-Element-Methode	322
4.5.2	Strukturmodellierung mit Finiten Elementen	344
4.6	Symbolverzeichnis	354
5	Bewertung der besonderen Umweltbedingungen meerestechnischer Konstruktionen	357
5.1	Bewertung stochastischer Prozesse	358
5.1.1	Stationäre Zufallsprozesse	358
5.1.2	Stationäre Gaußsche Zufallsprozesse	361
5.1.3	Stationäre Poisson-Zufallsprozesse und Markoff-Ketten	363
5.1.3.1	Poisson-Zufallsprozesse	364
5.1.3.2	Markoff-Ketten	365
5.1.4	Lineare Systeme mit einem Freiheitsgrad	366
5.2	Bewertung stochastischer Prozesse der marinen Umwelt	371
5.2.1	Probabilistische Beschreibung des stationären Seegangs	372
5.2.1.1	Das Superpositionsmodell des Seegangs	372
5.2.1.2	Das Zustandsmodell des Seegangs	377
5.2.1.3	Probabilistische Kenngrößen des Seegangs	379
5.2.2	Statistische Beschreibung des Seegangs	381
5.2.2.1	Kurzzeitstatistik	381
5.2.2.2	Langzeitstatistik	387
5.2.3	Wind und Meeresströmungen	396
5.2.3.1	Wind	396
5.2.3.2	Meeresströmungen	401
5.3	Symbolverzeichnis	403
6	Bewertung meerestechnischer Konstruktionen	407
6.1	Klassische Methoden der Kurzzeitbewertung	408
6.1.1	Schwimmende Konstruktionen	408
6.1.2	Nachgiebige Verankerungen	413
6.1.3	Feststehende Konstruktionen	423
6.1.3.1	Monopod-Plattformen im stationären Seegang	424
6.1.3.2	Linear elastische Konstruktionen mit mehr als einem Freiheitsgrad	428
6.2	Klassische Methoden der Langzeitbewertung	430
6.2.1	Bemessungswerte der Umweltlasten	431
6.2.1.1	Bemessungswert einer einzelnen Seegangslast	432
6.2.1.2	Vergleichende Bewertung von Seegangslasten	433
6.2.1.3	Überlagerung von Belastungsprozessen	437
6.2.2	Betriebsfestigkeitsmodelle	442
6.2.2.1	Ermüdungsmodell	443

6.2.2.2	Rißfortschrittsmodell	446
6.2.2.3	Stochastische Bewertung der Betriebsfestigkeit	447
6.2.3	Betriebsfestigkeit unter Seegangslasten	451
6.2.3.1	Deterministische Betrachtungsweise	452
6.2.3.2	Spektrale Betrachtungsweise	453
6.2.3.3	Simulation	455
6.2.3.4	Entwurf auf Betriebsfestigkeit	457
6.3	Moderne Methoden der Zuverlässigkeitstechnik	461
6.3.1	Zuverlässigkeit tragender Konstruktionselemente	462
6.3.2	Zuverlässigkeit tragender Konstruktionen	473
6.3.2.1	Konstruktionen mit Serien- und Parallelstruktur	475
6.3.2.2	Konstruktionen mit redundanter Struktur	478
6.4	Symbolverzeichnis	485
7	Bemessungspraxis für meerestechnische Stahlkonstruktionen	491
7.1	Fertigung und Werkstoffe	492
7.2	Statische Bemessung nach Vorschriften	494
7.2.1	Bemessung schlanker, unter Druck stehender Aussteifungen von Platten	494
7.2.2	Bemessung kreiszylindrischer Konstruktionen	496
7.2.3	Rohrknoten	502
7.3	Betriebsfestigkeitsbewertung nach Vorschriften	504
7.3.1	Entwurf auf Betriebsfestigkeit nach GL-Vorschriften	504
7.3.2	Entwurf auf Betriebsfestigkeit nach Empfehlungen der API-RP2A	505
7.3.3	Betriebsfestigkeitsnachweis nach Empfehlungen der API-RP2A	507
7.4	Entwicklung moderner Vorschriften	510
7.4.1	Entwicklung von Vorschriften auf der Grundlage der Zuverlässigkeitstechnik	511
7.4.2	Prinzipien der Qualitätssicherung und Klassifikation	516
7.5	Symbolverzeichnis	518
Anhang		521
A1	Ausgewählte Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie	521
A2	Ausgewählte Grundlagen der Matrizenrechnung	527
Literaturverzeichnis		534
Sachverzeichnis		551