

Birgitt Brinkmann

Seehäfen

Planung und Entwurf

Mit 323 Abbildungen

 Springer

Inhaltsverzeichnis

Symbol- und Abkürzungsverzeichnis	XVI
---	-----

1 Einführung	1
--------------------	---

2 Grundlagen der Hafenplanung	5
-------------------------------------	---

2.1 Standortwahl	5
------------------------	---

2.2 Randbedingungen, Einflussgrößen und Belastungen	7
---	---

2.3 Ozeanografisch-seebauliche Aspekte der Hafenplanung	8
---	---

2.3.1 Einführung in die Problemstellungen	8
---	---

2.3.2 Probleme der Wellendämpfung	10
---	----

2.3.3 Konstruktive Gesichtspunkte	11
---	----

2.3.4 Fragen der Verlandung und Verschlickung	12
---	----

2.3.5 Betriebliche und wirtschaftliche Gesichtspunkte	13
---	----

2.4 Ozeanografisch-seebauliche Einflussgrößen der Hafenplanung	15
--	----

2.4.1 Wind	15
------------------	----

2.4.2 Wasserstände	17
--------------------------	----

2.4.2.1 Ursachen veränderlicher Wasserstände	17
--	----

2.4.2.2 Tiden (Gezeiten)	17
--------------------------------	----

2.4.2.3 Windstau, Oberwasserabfluss, Fernwellen, Beckenschwingungen und säk. Meeresspiegelanstieg	22
--	----

2.4.2.4 Entwurfswasserstände	24
------------------------------------	----

2.4.3 Wellen und Seegang	24
--------------------------------	----

2.4.3.1 Einführung	24
--------------------------	----

2.4.3.2 Strömungen unter Wellen	26
---------------------------------------	----

2.4.3.3 Wellenaufzeichnung - und auswertung	28
---	----

2.4.3.4 Wellenvorhersage	32
--------------------------------	----

2.4.3.5 Wellentheorien	32
------------------------------	----

2.4.3.6 Flachwassereffekte	35
----------------------------------	----

2.4.3.7 Wechselwirkungen zwischen Seegang und Bauwerken (Bauwerksbedingte Einflüsse)	44
---	----

2.4.3.8 Bemessungsseegang und Bemessungswelle	45
---	----

2.4.3.9 Belastungsansätze	47
---------------------------------	----

2.4.4	Strömungen	47
2.4.4.1	Einführung	47
2.4.4.2	Tideströmungen	48
2.4.4.3	Dichteströmungen	49
2.4.4.4	Seegangserzeugte Strömungen.....	49
2.4.4.5	Driftströmungen.....	51
2.4.5	Küstennaher Sedimenttransport.....	51
2.4.5.1	Einführung	51
2.4.5.2	Mobilisierung der Sedimente	52
2.4.5.3	Sedimenttransportberechnungen	53
2.4.5.4	Küstenquertransport	53
2.4.5.5	Küstenlängstransport.....	54
2.4.6	Eis.....	55
2.5	Belastungen aus dem Hafenbetrieb.....	58
2.5.1	Belastungen durch Schiffe.....	58
2.5.1.1	Belastungen beim Anlegen des Schiffes	58
2.5.1.2	Belastungen aus dem festgemachten Schiff.....	58
2.5.2	Belastungen durch Krane und andere Umschlaggeräte	59
2.5.3	Belastungen durch Lagergut und Landverkehrsmittel.....	59
3	Schiffe	61
3.1	Einführung	61
3.2	Massengutfrachter.....	63
3.2.1	Tanker.....	63
3.2.1.1	Rohöltanker.....	63
3.2.1.2	Produktentanker	63
3.2.1.3	Chemikalientanker	64
3.2.1.4	Gastanker	64
3.2.2	Trockengutfrachter	65
3.3	Containerschiffe.....	66
3.4	Stückgutfrachter.....	69
3.5	Ro/Ro-Schiffe	70
3.6	Sonstige Schiffstypen	72
3.7	Schiffsabmessungen.....	72
3.7.1	Vorbemerkung.....	72
3.7.2	Tabellarische Zusammenstellung	72
3.7.2.1	Massengutfrachter (Tanker).....	74

3.7.2.2	Containerschiffe	75
3.7.2.3	Konventionelle Stückgutfrachter	75
3.7.2.4	Fähr- und Ro/Ro- Schiffe	76
4	Hafenzufahrt	77
4.1	Einführung	77
4.2	Rechtliche Grundlagen und erforderliche Untersuchungen	78
4.2.1	Rechtliche Grundlagen in der Bundesrepublik Deutschland	78
4.2.2	Umweltverträglichkeit und Landschaftspflegerischer Begleitplan	80
4.2.3	Hydrologische und morphologische Untersuchungen	82
4.3	Entwurf der Seehafenzufahrt	83
4.3.1	Einführung	83
4.3.2	Begriffserläuterungen	84
4.3.3	Bemessung der Seehafenzufahrt gemäß PIANC, 1997	85
4.3.3.1	Wahl des Bemessungsschiffes	85
4.3.3.2	Linienführung	86
4.3.3.3	Ausbaubreite einer geraden Strecke	86
4.3.3.4	Radien und Breiten in Kurven	97
4.3.3.5	Einflussfaktoren auf die Ausbautiefe	98
4.3.3.6	Anlege- und Schwojflächen	106
4.3.4	Detailuntersuchung	106
4.3.4.1	Einführung	106
4.3.4.2	Echtzeitsimulation	107
4.3.4.3	Zeitraffersimulation	108
4.3.5	Zusammenfassung des Gesamtbemessungsablaufes	108
4.4	Verkehrssicherungsmaßnahmen	108
4.4.1	Schifffahrtszeichen	108
4.4.2	Verkehrssicherungssystem (VTS = Vessel Traffic Service)	110
4.4.3	Betriebsvorschriften	110
5	Wasserseitige Hafenflächen	111
5.1	Hafeneinfahrten	111
5.1.1	Generelle Anforderungen	111
5.1.2	Abmessungen	115
5.2	Bedarf an Wasserflächen	117
5.2.1	Gesamtbedarf	117
5.2.2	Liegeplätze	123
5.2.2.1	Anordnung und Abmessungen von Liegeplätzen	123

5.2.2.2	Liegeplätze parallel zum Flussufer bzw. zur Küste	126
5.2.2.3	Hafenbecken	129
5.2.2.4	Pieranlagen.....	131
5.2.2.5	Umschlag auf dem Wasser.....	134
6	Terminalgestaltung	137
6.1	Einführung	137
6.2	Grundlagen und Randbedingungen.....	138
6.2.1	Allgemeine Anforderungen an die Terminalflächen	138
6.2.2	Liegeplätze	139
6.2.3	Zulässige Schiffsbewegungen am Liegeplatz.....	141
6.3	Konventionelle Massengutterminals	143
6.3.1	Einführung.....	143
6.3.2	Ölterminals	145
6.3.2.1	Transport von der Lagerstätte zum Exporthafen	145
6.3.2.2	Terminalgestaltung	147
6.3.2.3	Transport vom Importhafen zur Raffinerie	153
6.3.2.4	Terminalbemessung	154
6.3.2.5	Beispiel Wilhelmshaven	157
6.3.2.6	Beispiel Rotterdam.....	158
6.3.3	LNG/LPG-Terminals.....	159
6.3.3.1	Allgemeines	159
6.3.3.2	Terminalgestaltung	159
6.3.3.3	Beispiel LNG-Terminal Bonny Island, Nigeria	160
6.3.4	Kohle- und Erzterminals.....	161
6.3.4.1	Transport vom Gewinnungsort zu den Exporthäfen	162
6.3.4.2	Gestaltung der Exportterminals.....	165
6.3.4.3	Gestaltung der Importterminals.....	178
6.3.4.4	Terminalbemessung	184
6.3.5	Terminals für Getreide-, Dünge- und Futtermittel.....	194
6.3.5.1	Exporthäfen.....	194
6.3.5.2	Importhäfen.....	196
6.4	Offshore - Terminals	201
6.4.1	Einführung.....	201
6.4.2	Pieranlagen und künstliche Inseln	202
6.4.3	Schwimmende Tiefwasserterminals	204
6.4.3.1	Single Point Mooring (SPM) Terminals	204
6.4.3.2	Turret Moorings	214
6.4.3.3	FSO- und FPSO-Terminals	214

6.5 Containerterminals.....	218
6.5.1 Einführung.....	218
6.5.1.1 Entwicklung der Containerschifffahrt.....	218
6.5.1.2 Begriffserläuterungen.....	221
6.5.1.3 Entwicklung der Liniendienste	223
6.5.1.4 Containerliniendienste am Beispiel der Hapag-Lloyd Container Line.....	228
6.5.1.5 Entwicklung des Containerumschlags	229
6.5.2 Rund um die Box.....	233
6.5.3 Aufbau eines Containerterminals	238
6.5.3.1 Schematischer Aufbau (Funktionsbereiche)	238
6.5.3.2 Betriebssysteme	242
6.5.3.3 Reach-Stacker in Verbindung mit Zugmaschine/Chassis	251
6.5.3.4 Zusammenstellung der Hauptdaten der Grundsysteme ...	252
6.5.4 Umschlag- und Flurfördergeräte.....	254
6.5.4.1 Geräte für den Umschlag zwischen Schiff und Kai	254
6.5.4.2 Flurfördergeräte	259
6.5.4.3 Geräte für den Einsatz im Zwischenlager	275
6.5.4.4 Be- und Entladung von LKW und Bahnwaggons	278
6.5.5 Terminalbemessung am Beispiel des CT 4 in Bremerhaven	279
6.5.5.1 Vorgehensweise	279
6.5.5.2 Eingangsdaten	282
6.5.5.3 Auswertung der Simulationsergebnisse	292
6.5.5.4 Berechnung des Gesamtflächenbedarfs	294
6.5.5.5 Zusammenfassung.....	300
6.5.6 Beispiele für Containerterminals	301
6.5.6.1 Containerterminal Bremerhaven	301
6.5.6.2 Containerterminal Altenwerder (CTA) in Hamburg.....	302
6.5.6.3 JadeWeserPort.....	306
6.5.6.4 HIT-Terminals Hongkong.....	308
6.5.6.5 Ceres Paragon Terminal in Amsterdam	308
6.5.6.6 Suez Canal Containerterminal (SCCT).....	311
6.5.6.7 Zusammenstellung der technischen Daten	312
6.5.7 Organisation und Information	313
6.6 Stückgutterminals.....	314
6.6.1 Begriffsbestimmung Massenstückgut und klassisches Stückgut..	314
6.6.1.1 Massenstückgut.....	314
6.6.1.2 Klassisches Stückgut.....	315
6.6.2 Aufbau eines Stückgutterminals	316
6.6.2.1 Einführung	316
6.6.2.2 Allgemeiner Güterfluss (Umschlag- und Lagerzonen) ...	317
6.6.3 Umschlag- und Flurfördergeräte für Stückgut.....	321
6.6.3.1 Vorbemerkung	321
6.6.3.2 Schiffseigene Hebezeuge	321
6.6.3.3 Kaikrane.....	322
6.6.3.4 Hafenmobilkran.....	324

6.6.3.5 Schwimmkrane	325
6.6.3.6 Flurfördergeräte	325
6.6.4 Terminalbemessung.....	326
6.6.4.1 Massenstückgut.....	326
6.6.4.2 Konventionelles Stückgut	328
6.6.5 Beispiele Massenstückgutterminals.....	331
6.6.5.1 Der HHLA-Fruchtterminal	331
6.6.5.2 J. Müller Breakbulk Terminal in Brake	335
6.7 Ro/Ro - Terminals	337
6.7.1 Einführung.....	337
6.7.2 Hafenanlagen für den Ro/Ro-Umschlag.....	338
6.7.3 Aufbau eines Ro/Ro-Terminals	339
6.7.4 Ro/Ro-Umschlag.....	340
6.7.4.1 Selbstrollendes Stückgut.....	340
6.7.4.2 Rollbar gemachtes Stückgut.....	340
6.7.4.3 Fahrzeugsysteme für den Ro/Ro Verkehr	341
6.7.5 Terminalbemessung.....	342
6.7.6 Beispiel für Ro/Ro-Terminals	345
6.7.6.1 Skandinavienkai in Lübeck.....	345
6.7.6.2 Auto-Terminal Bremerhaven	346
7 Kaimauern und Pieranlagen.....	349
7.1 Einführung.....	349
7.2 Belastungen von Kaimauern und Pieranlagen.....	349
7.3 Festlegung des Geländesprungs.....	350
7.4 Kaimauerbauweisen	351
7.4.1 Übersicht der häufigsten Bauweisen	351
7.4.2 Schwergewichtskonstruktionen.....	356
7.4.2.1 Schwimmkastenbauweise	356
7.4.2.2 Senkkastenbauweisen.....	363
7.4.2.3 Blockbauweise.....	368
7.4.2.4 Fangedämme	376
7.4.2.5 Winkel- und Rippenstützwände	384
7.4.3 Spundwandbauweise	388
7.4.3.1 Einführung	388
7.4.3.2 Wellenförmige Spundwände aus U- und Z-Profilen	389
7.4.3.3 Verbundwände.....	390
7.4.3.4 Kombinierte = gemischte Stahlspundwände.....	391
7.4.3.5 Verankerungen.....	393
7.4.3.6 Ausführungsbeispiel Nordpier Nordenham	395
7.4.4 Pfahlrostkonstruktionen.....	396
7.4.4.1 Einführung	396
7.4.4.2 Pfahlrostkonstruktionen mit wasserseitiger/vorderer Spundwand.....	399

7.4.4.3	Pfahlroste mit landseitiger Spundwand.....	416
7.4.4.4	Überbaute Böschungen	417
7.4.5	Schlitzwände im Kaimauerbau	420
7.4.5.1	Einführung	420
7.4.5.2	Ausführungsbeispiele	422
7.4.6	Kranbahngründungen	428
7.5	Pierkonstruktionen	429
7.5.1	Einführung.....	429
7.5.2	Schwergewichtskonstruktionen	429
7.5.2.1	Ausführungsbeispiel Fährhafen Sassnitz-Mukran.....	429
7.5.3	Pfahlrostkonstruktionen.....	431
7.5.3.1	Ausführungsbeispiel Fährhafen Sassnitz-Mukran.....	431
7.6	Dalben und Plattformen.....	432
7.6.1	Dalben	432
7.6.1.1	Berechnungsgrundsätze für elastische Bündel- und Einpahldalben.....	435
7.6.2	Plattformen	435
7.7	Ausrüstung der Liegeplätze	437
7.7.1	Einführung.....	437
7.7.2	Vertäuen der Schiffe.....	437
7.7.2.1	Leinen	438
7.7.3	Poller und Sliphaken.....	439
7.7.4	Fender und Fenderpfähle (Reibpfähle)	441
7.7.4.1	Allgemeines	441
7.7.4.2	Entwurfsablauf.....	442
7.7.4.3	Rundfender	443
7.7.4.4	Trapezfender	443
7.7.4.5	Luftgefüllte und schaumgefüllte Schwimmfender	444
7.7.4.6	Technische Fender	445
7.7.4.7	Torsionsfender	446
7.7.4.8	Holzfender	446
7.7.4.9	Fenderpfähle (Reibpfähle).....	448
7.7.5	Weitere Ausrüstungselemente (Steigeleitern, Treppen Versorgungsleitungen und Kantenschutz)	448
7.8	Kolkbildung und Kolkschutz.....	449
7.8.1	Ursachen der Kolkbildung.....	449
7.8.2	Kolkschutz.....	452
7.8.2.1	Überblick	452
7.8.2.2	Passiver Kolkchutz	452
7.8.2.3	Steinschüttungen	453
7.8.2.4	Verbundsysteme.....	455
7.8.2.5	Monolithische Betonplatten	456

8 Molen und Wellenbrecher.....	457
8.1 Einführung	457
8.2 Bauweisen von Wellenbrechern	459
8.3 Senkrechte Wellenbrecher.....	464
8.3.1 Allgemeines.....	464
8.3.2 Konventionelle senkrechte Wellenbrecher	466
8.3.2.1 Wellenbrecher aus Schwimm- und Senkkästen	466
8.3.2.2 Blockbauweise	468
8.3.2.3 Fangedammbauweise	469
8.3.3 Wellenbrecher mit geneigter Krone und durchlässiger Front.....	469
8.3.3.1 Wellenbrecher mit geneigter Krone	469
8.3.3.2 Wellenbrecher mit durchlässiger Front.....	471
8.4 Geböschte / geschüttete Bauweise	473
8.4.1 Allgemeines.....	473
8.4.2 Konventionelle geschüttete Wellenbrecher	474
8.4.3 Bermen-Wellenbrecher.....	477
8.5 Zusammengesetzte Wellenbrecher.....	478
8.5.1 Vertikal zusammengesetzte Wellenbrecher.....	479
8.5.2 Horizontal zusammengesetzte Wellenbrecher.....	480
8.6 Sonderbauweisen	482
8.7 Bemessung von Wellenbrechern.....	482
8.7.1 Grundlagen	482
8.7.1.1 Wellentransmission.....	483
8.7.1.2 Wellenreflexion.....	483
8.7.2 Senkrechte Wellenbrecher.....	485
8.7.2.1 Wellentransmission und -reflexion.....	485
8.7.2.2 Belastungsansätze	488
8.7.2.3 Schüttsteingründung	496
8.7.3 Geschüttete Wellenbrecher.....	499
8.7.3.1 Wellentransmission und -reflexion.....	499
8.7.3.2 Bemessungsansätze.....	501
8.7.4 Versagensformen und mögliche Schäden.....	505
8.7.4.1 Senkrechte Wellenbrecher	505
8.7.4.2 Geschüttete Wellenbrecher	506
Literaturverzeichnis.....	507
Sachverzeichnis.....	519