

DIN EN 1991-1-8



ICS 91.010.30

Einsprüche bis 2024-04-02

Entwurf

**Eurocode 1 –
Einwirkungen auf Tragwerke –
Teil 1-8: Einwirkungen durch Wellen und Strömungen auf
Küstenbauwerke;
Deutsche und Englische Fassung prEN 1991-1-8:2024**

Eurocode 1 –
Actions on structures –
Part 1-8: Actions from waves and currents on coastal structures;
German and English version prEN 1991-1-8:2024

Eurocode 1 –
Actions sur les structures –
Partie 1-8: Actions des vagues et des courants sur les structures côtières;
Version allemande et anglaise prEN 1991-1-8:2024

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-02-02 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil das beabsichtigte Dokument von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 447 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Das Dokument (prEN 1991-1-8:2024) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-51-02 AA „Einwirkungen auf Bauten (SpA zu CEN/TC 250/SC 1)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 19901-7 siehe DIN EN ISO 19901-7

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 19901-7, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Spezielle Anforderungen an Offshore-Anlagen — Teil 7: Betriebssysteme für das Positionshalten schwimmender Anlagen und mobiler Offshore-Einheiten*

<i>Titel de:</i>	Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-8: Einwirkungen durch Wellen und Strömungen auf Küstenbauwerke
<i>Titel en:</i>	Eurocode 1 — Actions on structures — Part 1-8: Actions from waves and currents on coastal structures
<i>Titel fr:</i>	Eurocode 1 — Actions sur les structures — Partie 1-8: Actions des vagues et des courants sur les structures côtières

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	10
Einleitung	11
1 Anwendungsbereich	14
1.1 Anwendungsbereich von EN 1991-1-8	14
1.2 Voraussetzungen	15
2 Normative Verweisungen	15
3 Begriffe	16
3.1 Begriffe	16
3.1.1 Begriffe mit Bezug auf die physikalische Umgebung und Umweltprozesse	16
3.1.2 Begriffe mit Bezug auf die Analyse von meteorologisch-ozeanographischen Parametern	19
3.1.3 Begriffe mit Bezug auf statistische meteorologisch-ozeanographische Parameter	21
3.1.4 Begriffe mit Bezug auf meteorologisch-ozeanographische Auswirkungen in Wechselwirkung mit Bauwerken	27
3.1.5 Begriffe mit Bezug auf Küstenbauwerke	29
3.2 Symbole und Abkürzungen	31
3.2.1 Lateinische Großbuchstaben	31
3.2.2 Lateinische Kleinbuchstaben	35
3.2.3 Griechische Großbuchstaben	36
3.2.4 Griechische Kleinbuchstaben	36
4 Grundlagen für die Bewertung der Wellen- und Strömungseinwirkung	37
4.1 Allgemein	37
4.2 Bemessungsverfahren	37
4.2.1 Allgemein	37
4.2.2 Halbwahrscheinlichkeits-Bemessungsverfahren	38
4.2.3 Zuverlässigkeitsbasiertes Bemessungsverfahren	38
4.2.4 Bemessungsverfahren mit risikobewusster Entscheidungsfindung	38
4.2.5 Durch physikalische Prüfung unterstützte Bemessung	39
4.3 Modellierung der Einwirkung	39
4.3.1 Klassifizierung von Einwirkungen durch Wellen und Strömungen	39
4.3.2 Meteorologisch-ozeanographische Parameter	39
4.3.3 Allgemeine Verfahren zur Bewertung der hydrodynamischen Lasten	39
4.4 Bemessungssituationen	40
4.5 Geometrische Parameter	41
4.6 Hydrodynamische Schätzungsverfahren	42
4.7 Repräsentative Werte von hydrodynamischen Lasten	44
4.7.1 Allgemein	44
4.7.2 Charakteristischer Wert	46
4.7.3 Kombinationswert	46
4.7.4 Häufiger Wert	46
4.7.5 Quasi-ständiger Wert	47
4.8 Bemessungswert und Bedeutungsbeiwert	47
4.9 Besondere Kombinationsregeln für meteorologisch-ozeanographische Parameter	48
4.9.1 Allgemeine Festlegungen	48
4.9.2 Kombinationsregeln unter Verwendung von marginalen Verteilungen der meteorologisch-ozeanographischen Parameter (marginale Tiefseeextreme-Verfahren)	49

4.9.3	Kombinationsregeln unter Verwendung von gemeinsamen Verteilungen der meteorologisch-ozeanographischen Parameter (gemeinsames Tiefseeextreme-Verfahren).....	50
4.9.4	Spezifische Kombinationsregeln zwischen Wellen, Strömungen und Wind	51
4.10	Zufällige meteorologisch-ozeanographische Ereignisse	52
5	Hydrodynamische Bedingungen.....	53
5.1	Allgemein.....	53
5.1.1	Beschreibung der meteorologisch-ozeanographischen Bemessung.....	53
5.1.2	Meteorologisch-ozeanographische Daten.....	53
5.1.3	Wechselwirkungen zwischen Wellen/Strömung und Bauwerken	54
5.2	Bemessungsereigniswahrscheinlichkeit und Extremwertanalyse.....	54
5.2.1	Allgemein.....	54
5.2.2	Extremwertanalyse.....	55
5.3	Wasserstände.....	56
5.3.1	Bemessungswasserstand.....	56
5.3.2	Wasserstandsmessungen	57
5.3.3	Gezeiten	57
5.3.4	Sturmwellen	57
5.4	Wellen.....	58
5.4.1	Allgemein.....	58
5.4.2	Wellenstau	59
5.4.3	Häufigkeit und Richtungsverteilung von Wellen.....	59
5.4.4	Spektrale Wellenbeschreibung	59
5.4.5	Für Sturm repräsentative Wellenparameter	60
5.4.6	Wellendatenquellen.....	60
5.4.7	Wellentransformation	61
5.4.8	Wellendaten für die Extremwertanalyse.....	62
5.4.9	Küstennahe Wellenprozesse	63
5.4.10	Regelmäßige Wellentheorien	63
5.4.11	Wellenform und -kinematik.....	64
5.4.12	Lange Wellen.....	66
5.5	Strömungen	66
5.5.1	Allgemein.....	66
5.5.2	Strömungsdatenquellen	67
5.5.3	Strömungsgeschwindigkeit und -profil.....	67
5.6	Klimawandel	67
6	Wellen- und Strömungseinwirkungen auf feste zylindrische Bauwerke und Hängedecks.....	69
6.1	Allgemein.....	69
6.1.1	Anwendungen.....	69
6.1.2	Grundsätze für die Bewertung von Einwirkungen durch Wellen und Strömungen	70
6.1.3	Bedingungen für die Nichtbeachtung von Einwirkungen durch Wellen und Strömungen	71
6.1.4	Strömungseinwirkungen.....	71
6.1.5	Wellen- und Strömungseinwirkungen auf Zylinder von nicht brechenden Wellen	72
6.1.6	Wellen- und Strömungseinwirkungen von brechenden Wellen.....	73
6.1.7	Seeschlageinwirkungen durch Wellen	73
6.1.8	Welleneinwirkungen auf Rohrleitungen mit kleinem Durchmesser.....	73
6.1.9	Durch Strömung und Wellen bewirkte Schwingungen	74
6.1.10	Meeresbodenauskolkung durch Wellen und Strömungen.....	74
6.2	Strömungseinwirkungen auf schlanke Bauwerke	74
6.3	Welleneinwirkungen auf schlanke Körper	75
6.3.1	Welleneinwirkungen auf einen einzelnen schlanken Zylinder.....	75
6.3.2	Welleneinwirkungen auf Gruppen von kreisförmigen Zylindern.....	77
6.4	Welleneinwirkungen auf großvolumige Körper	77
6.5	Wellenstoß- und Seeschlageinwirkungen.....	77

6.5.1	Seeschlag auf schlanke Bauwerke	77
6.5.2	Wave-in-deck-Kräfte und Luftspalt	78
6.5.3	Dynamische Verstärkung und Schwingungen	78
6.6	Welleneinwirkungen auf Rohrleitungen und Unterwasser-Bauwerke	78
6.7	Durch Wirbelstrom verursachte Schwingung (VIV) von Rohrleitungen	79
7	Wellen- und Strömungseinwirkungen auf Steinschütt-Wellenbrecher	79
7.1	Einleitung und Bauwerkstypen	79
7.2	Bemessungsverfahren für Wellen- und Strömungseinwirkungen auf Steinschütt-Wellenbrecher	80
7.2.1	Allgemein	80
7.2.2	Wiederholungsperioden für die Verifizierung von Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit	81
7.2.3	Wiederholungsperioden für die Verifizierung von Grenzzuständen der Tragfähigkeit	83
7.3	Wellen- und Strömungseinwirkungen	85
7.3.1	Allgemein	85
7.3.2	Welleneinwirkung auf die seeseitige Böschung	85
7.3.3	Welleneinwirkungen auf den seeseitigen Fuß	86
7.3.4	Wellenüberlauf	86
7.3.5	Welleneinwirkung auf die rückwärtige Deckwerkböschung	86
7.3.6	Welleneinwirkungen auf geotechnische Elemente	87
7.3.7	Welleneinwirkungen auf Molen-/Bühnenköpfe	87
7.3.8	Welleneinwirkungen auf Wellenbrecherkronen und -brüstungsmauern	87
7.3.9	Wellen- und Strömungseinwirkungen auf Filterschichten und Unterschichten	88
7.3.10	Welleneinwirkung in Bezug auf Belastungen in Deckwerkeinheiten	88
7.3.11	Wellen- und Strömungseinwirkungen in Bezug auf lokale Meeresbodenauskolkung	89
8	Wellen- und Strömungseinwirkungen auf vertikale Wellenbrecher	89
8.1	Einleitung und Bauwerkstypen	89
8.2	Bemessungsverfahren für Wellen- und Strömungseinwirkungen auf vertikale Wellenbrecher	90
8.3	Hydrodynamische Lasten durch Wellen und Strömungen	91
8.3.1	Typen von Welleneinwirkungen	91
8.3.2	Wellendruck, Auftrieb und Auftriebskraft	91
8.3.3	Wellenüberlauf	92
8.3.4	Auswirkung der Welleneinwirkung auf geotechnisches Versagen	92
8.3.5	Wellen- und Strömungseinwirkungen in Bezug auf lokale Meeresbodenauskolkung	92
9	Wellen- und Strömungseinwirkungen auf Verbundwellenbrecher	92
9.1	Einleitung und Bauwerkstypen	92
9.2	Bemessungsverfahren für Wellen- und Strömungseinwirkungen auf Verbundwellenbrecher	93
9.3	Wellen- und Strömungseinwirkungen auf vertikale Verbundwellenbrecher	94
9.3.1	Haupttypen der Welleneinwirkung	94
9.3.2	Wellenüberlauf	94
9.3.3	Welleneinwirkung auf Steinschüttungs-Filterschichten	94
9.3.4	Welleneinwirkung auf Fertigteil-Deckwerkeinheiten	94
9.3.5	Auswirkung der Welleneinwirkung auf geotechnisches Versagen	94
9.3.6	Wellen- und Strömungseinwirkungen auf den vertikalen Flächenfuß	95
9.3.7	Wellen- und Strömungseinwirkungen auf den seeseitigen Fuß der Steinschüttung	95
9.4	Wellen- und Strömungseinwirkungen auf horizontale Verbundwellenbrecher	95
9.4.1	Haupttypen der Welleneinwirkung	95
9.4.2	Wellenüberlauf	95
9.4.3	Auswirkung der Welleneinwirkung auf geotechnisches Versagen	95
9.4.4	Welleneinwirkung auf Molen-/Bühnenköpfe	95
9.4.5	Welleneinwirkung auf die Wellenbrecherkrone	96
9.4.6	Welleneinwirkung auf Filterschichten	96

9.4.7	Welleneinwirkung in Bezug auf Belastungen in Deckwerkeinheiten	96
9.4.8	Wellen- und Strömungseinwirkungen in Bezug auf lokale Meeresbodenauskolkung.....	97
10	Wellen- und Strömungseinwirkungen auf Küstendämme.....	97
10.1	Einleitung und Bauwerkstypen.....	97
10.2	Bemessungsverfahren für Wellen- und Strömungseinwirkungen auf Küstendämme	98
10.3	Deckwerk.....	98
10.3.1	Typen von Wellen- und Strömungseinwirkung	98
10.3.2	Welleneinwirkung auf seeseitige Böschung.....	99
10.3.3	Welleneinwirkung auf seeseitigen Fuß.....	99
10.3.4	Wellenüberlauf.....	100
10.3.5	Auswirkung der Welleneinwirkung auf geotechnisches Versagen	100
10.3.6	Wellen- und Strömungseinwirkungen in Bezug auf lokale Meeresbodenauskolkung.....	100
10.4	Strandmauern.....	100
10.4.1	Typen von Wellen- und Strömungseinwirkungen	100
10.4.2	Wellenreflexion.....	101
10.4.3	Welleneinwirkungen auf seeseitigen Fuß.....	101
10.4.4	Wellenüberlauf.....	101
10.4.5	Durch Wellen verursachten Kräfte	102
10.4.6	Meeresbodenauskolkung durch Wellen und Strömungen.....	102
11	Wellen- und Strömungseinwirkungen auf schwimmende Bauwerke	102
11.1	Definition und Typen von schwimmenden Bauwerken.....	102
11.2	Welleneinwirkungen auf schwimmende Bauwerke	105
11.2.1	Allgemein.....	105
11.2.2	Analyseverfahren	106
11.2.3	Numerisches Modellierungsverfahren.....	106
11.2.4	Physikalisches Modellierungsverfahren	107
11.3	Strömungseinwirkungen auf schwimmende Bauwerke.....	108
11.4	Physikalisches Modellierungsverfahren	109
12	Durch physikalische Modellprüfung unterstützte Wellen- und Strömungseinwirkungsbewertung.....	109
12.1	Allgemein.....	109
12.2	Zwecke der Prüfung.....	109
12.3	Organisation einer physikalischen Modelluntersuchung	110
12.4	Konzept und Aufbau des physikalischen Modells	111
12.4.1	Eingabedaten	111
12.4.2	Inhalte der Modellierungsmethodik (Prüfplan)	113
12.4.3	Maßstabsgesetze und Modellmaßstab	113
12.4.4	Wahl einer Einrichtung	115
12.4.5	Modellaufbau	116
12.4.6	Bau des Modells: Bathymetrie und geprüftes Bauwerk.....	117
12.4.7	Messgeräte	118
12.4.8	Installation und Kalibrierung der Messeinrichtung.....	119
12.4.9	Validierung von Eingabebedingungen.....	119
12.5	Modellprüfung.....	120
12.5.1	Allgemein.....	120
12.5.2	Wellen- und Strömungserzeugungsverfahren.....	120
12.5.3	Datenerfassung und -verarbeitung.....	121
12.5.4	Analyse von hydraulischen Messungen	122
12.5.5	Analyse des Wellenüberlaufs.....	122
12.5.6	Bewertung der Stabilität von Steinschütt-Bauwerken.....	122
12.5.7	Analyse von Druck- und Lastmessungen	123
12.5.8	Analyse der Bewegungen von schwimmenden Bauwerken und der Kräfte auf die Festmacheinrichtung	123
12.6	Bericht über Prüfergebnisse	123

12.7	Sonstiges	124
12.7.1	Inhärente Modellunsicherheit und Modellaufbauauswirkungen	124
12.7.2	Minimieren von Modellmaßstabseinflüssen	124
12.7.3	Genauigkeit der Messgeräte	125
13	Wellen- und Strömungseinwirkungen in der Zuverlässigkeitsanalyse	125
13.1	Einleitung	125
13.2	Wahrscheinlichkeitsmodelle für Wellen- und Strömungseinwirkungen auf Küstenbauwerke	125
13.3	Extrapolation der Überschreitungswahrscheinlichkeit	126
13.4	Zielzuverlässigkeit	127
13.5	Resilienz	128
Anhang A (informativ) Zusätzlicher Leitfaden für Umgebungsseebedingungen		129
A.1	Verwendung dieses Anhangs	129
A.2	Anwendungsbereich und Einsatzgebiet	129
A.3	Wasserstände	129
A.3.1	Gezeitenwasserstände	129
A.3.2	Bemessungswasserstände	129
A.4	Wellen	130
A.4.1	Kurzzeit-Wellenbedingung	130
A.4.2	(Langzeit-)Statistik des Wellenklimas	136
A.4.3	Statistik extremer Wellen	137
A.4.4	Wellenkinematik	139
A.4.5	Wellentransformationen	141
A.5	Strömungen	142
A.5.1	Allgemein	142
A.5.2	Strecken der Strömung zur Wellenoberfläche	142
A.5.3	Numerische Simulation von Strömungsflüssen – Strömungs-Reanalyse	144
A.5.4	Strömungseigenschaften	144
Anhang B (informativ) Zusätzlicher Leitfaden für feste zylindrische Bauwerke und Hängedecks ...		146
B.1	Verwendung dieses Anhangs	146
B.2	Anwendungsbereich und Einsatzgebiet	146
B.3	Klassifizierung	146
B.4	Bemessungsgrundsätze	147
B.4.1	Allgemein	147
B.4.2	Verfahren der für Sturm repräsentativen Welle	148
B.5	Wellen- und Strömungseinwirkungen auf Bauwerke	149
B.5.1	Allgemein	149
B.5.2	Wellen- und Strömungseinwirkungen auf schlanke Bauwerke	149
B.5.3	Welleneinwirkungen auf großvolumige Körper	156
B.6	Meeresbodenauskolkung durch Wellen und Strömungen	158
B.7	Gruppen von Zylindern	158
B.8	Einwirkung von Wellen mit langem Kamm und kurzem Kamm	159
B.9	Wellenstoß- und Seeschlageinwirkungen	160
B.9.1	Allgemein	160
B.9.2	Seeschlageinwirkungen auf vertikale und schräge Zylinder auf gleichmäßig schrägen oder horizontalen Böden	160
B.9.3	Welleneinwirkungen, einschließlich Seeschlageinwirkungen, auf vertikale Zylinder auf Riffen und Sandbänken	163
B.9.4	Wave-in-deck-Kräfte	163
B.9.5	Luftspaltberechnungen und -empfehlungen	165
B.9.6	Dynamische Verstärkung und Schwingungen	166
B.10	Unterwasser-Rohrleitungen	168
B.11	Durch Wirbelstrom verursachte Schwingung von Rohrleitungen	170
B.12	Werkzeuge zur Unterstützung der Bemessung	171

B.12.1	Numerische Modelle.....	171
B.12.2	Modellprüfungen.....	172
Anhang C (informativ) Zusätzlicher Leitfaden für Steinschütt-Wellenbrecher		173
C.1	Verwendung dieses Anhangs	173
C.2	Anwendungsbereich und Einsatzgebiet.....	173
C.3	Herkömmliche Steinschütt-Wellenbrecher.....	174
C.3.1	Versagensarten	174
C.3.2	Fehlerbaum.....	175
C.3.3	Bemessungsverfahren und -gleichungen	177
C.3.4	Welleneinwirkung auf die seeseitige felsbewehrte Böschung	179
C.3.5	Welleneinwirkung auf die seeseitige Böschung von künstlichen Einheiten.....	179
C.3.6	Welleneinwirkungen auf den seeseitigen Fuß	179
C.3.7	Wellenauflauf und Wellenüberlauf	180
C.3.8	Welleneinwirkung auf die rückwärtige Deckwerkböschung	181
C.3.9	Welleneinwirkungen auf Molen-/Bühnenköpfe.....	181
C.3.10	Welleneinwirkung auf Brüstungsmauern.....	181
C.3.11	Lokale Erosion von Meeresboden und Unterschichten.....	181
C.4	Berme-Wellenbrecher	182
C.4.1	Einleitung	182
C.4.2	Versagensarten	182
C.4.3	Fehlerbaum.....	183
C.4.4	Bemessungsverfahren und -gleichungen	183
C.4.5	Welleneinwirkung auf die seeseitige Fläche	183
C.4.6	Rückwärtige Stabilität.....	184
C.4.7	Stabilität und Umformung des Berme-Wellenbrecherkopfes	184
C.4.8	Wellenüberlauf.....	184
C.4.9	Abrieb und Zerkleinerung von Steinen	185
C.4.10	Lokale Auskolkung und Auskolkungsschutz.....	185
C.5	Steinschütt-Wellenbrecher mit niedriger Krone und unter Wasser.....	185
C.5.1	Versagensarten	185
C.5.2	Fehlerbaum.....	186
C.5.3	Bemessungsverfahren und -gleichungen	186
C.5.4	Welleneinwirkung auf die seeseitige felsbewehrte Böschung	186
C.5.5	Welleneinwirkung auf die Krone und die rückwärtige Deckwerkböschung.....	186
C.5.6	Wellenüberlauf bei Steinschütt-Wellenbrechern mit niedriger Krone	186
C.5.7	Wellenausbreitung	187
C.6	Qualitative kumulative Schadensbewertung von durch Wellen und Strömungen belasteten Steinschütt-Wellenbrechern	187
Anhang D (informativ) Zusätzlicher Leitfaden für vertikale Wellenbrecher und Verbundwellenbrecher		188
D.1	Verwendung dieses Anhangs	188
D.2	Anwendungsbereich und Einsatzgebiet.....	188
D.3	Vertikale Wellenbrecher	189
D.3.1	Versagensarten	189
D.3.2	Fehlerbaum.....	191
D.3.3	Bemessungsverfahren und -gleichungen	192
D.3.4	Nicht brechende Wellen auf eine vertikale Mauer.....	192
D.3.5	Brechende Wellen auf eine vertikale Mauer	193
D.3.6	Auftriebskraft	193
D.3.7	Wellenüberlauf.....	193
D.3.8	Wellenausbreitung	194
D.3.9	Wellenreflexion.....	194
D.3.10	Stabilität des Meeresbodens gegen geotechnisches Versagen	194
D.3.11	Lokale Auskolkung und Auskolkungsschutz.....	194

D.4	Vertikale Verbundwellenbrecher.....	195
D.4.1	Versagensarten.....	195
D.4.2	Fehlerbaum.....	195
D.4.3	Bemessungsverfahren und -gleichungen	195
D.4.4	Welleneinwirkungen auf die vertikale Fläche.....	196
D.4.5	Wellen- und Strömungseinwirkungen auf das Steinschütt-Deckwerk.....	196
D.4.6	Wellen- und Strömungseinwirkungen auf den vertikalen Flächenfuß.....	197
D.4.7	Wellenüberlauf und -ausbreitung.....	197
D.4.8	Wellenreflexion.....	197
D.4.9	Stabilität des Fundaments und des Meeresbodens gegen geotechnisches Versagen.....	197
D.5	Horizontale Verbundwellenbrecher	198
D.5.1	Versagensarten.....	198
D.5.2	Fehlerbaum.....	198
D.5.3	Bemessungsverfahren und -gleichungen	198
D.5.4	Welleneinwirkungen auf die vertikale Fläche und die Schutzsteinschüttung.....	198
Anhang E (informativ) Zusätzlicher Leitfaden für Küstendämme		200
E.1	Verwendung dieses Anhangs.....	200
E.2	Anwendungsbereich und Einsatzgebiet.....	200
E.3	Deckwerk.....	201
E.3.1	Wellen- und Strömungseinwirkungen.....	201
E.3.2	Fehlerbaum.....	201
E.3.3	Bemessungsverfahren und -gleichungen	202
E.3.4	Welleneinwirkungen auf die seeseitige Böschung.....	203
E.3.5	Wellen- und Strömungseinwirkungen auf den seeseitigen Fuß	205
E.3.6	Wellenüberlauf.....	205
E.3.7	Auswirkung der Welleneinwirkung auf geotechnisches Versagen.....	206
E.3.8	Lokale Auskolkung und Auskolkungsschutz.....	206
E.4	Strandmauern.....	206
E.4.1	Versagensarten und Fehlerbaum	206
E.4.2	Bemessungsverfahren und -gleichungen	207
E.4.3	Wellenreflexion.....	207
E.4.4	Wellenüberlauf.....	208
E.4.5	Wellen- und Strömungsbelastungskräfte auf die Mauer	208
E.4.6	Welle und Strömung auf Strandmauerfuß	209
E.4.7	Lokale Auskolkung und Auskolkungsschutz.....	209
Anhang F (informativ) Zusätzlicher Leitfaden für schwimmende Bauwerke		210
F.1	Verwendung dieses Anhangs.....	210
F.2	Anwendungsbereich und Einsatzgebiet.....	210
F.3	Weitere Hinweise zu schwimmenden Bauwerken.....	210
Anhang G (informativ) Zusätzlicher Leitfaden für die physikalische Modellierung von Küstenbauwerken		211
G.1	Verwendung dieses Anhangs.....	211
G.2	Anwendungsbereich und Einsatzgebiet.....	211
G.3	Stärken und Grenzen von physikalischen Küstenmodellen	211
G.4	Messunsicherheit.....	212
G.5	Viskositätskräfte in internen Strömen von Steinschütt-Bauwerken	212
G.6	Viskositätskräfte auf schwimmende Bauwerke.....	213
G.7	Impulsive Wellenbelastungen mit Luftauswirkungen.....	213
Anhang H (informativ) Wellen- und Strömungseinwirkungen in der Zuverlässigkeitsanalyse		214
H.1	Verwendung dieses Anhangs.....	214
H.2	Anwendungsbereich und Einsatzgebiet.....	214
H.3	Berechnung der Versagenswahrscheinlichkeit eines Elements	214
H.3.1	Allgemeiner Leitfaden	214

H.3.2	Direktes Integrationsverfahren.....	215
H.3.3	Monte-Carlo-Verfahren	216
H.3.4	Ein einfach anzuwendendes Verfahren.....	216
H.4	Versagenswahrscheinlichkeitsanalyse von Versagensartsystemen	218
H.5	Korrelation von Versagensarten	218
H.6	Übersicht über eine Beispielanwendung einer Zuverlässigkeitsanalyse an einem Küstenbauwerk.....	219
H.7	Qualitative Resilienzbewertung von Küstenbauwerken	220
	Literaturhinweise.....	221

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1991-1-8:2024) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig. Die Verantwortung für alle Angelegenheiten der Tragwerks- und geotechnischen Planung wurde dem CEN/TC 250 von CEN übertragen.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Die erste Generation der EN Eurocodes wurde zwischen den Jahren 2002 und 2007 veröffentlicht. Dieses Dokument wurde als Teil der zweiten Generation der Eurocodes im Rahmen des Mandats M/515 erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben.

Die Eurocodes wurden erarbeitet, um in Verbindung mit einschlägigen Ausführungs-, Werkstoff-, Produkt- und Prüfnormen angewendet zu werden und um Anforderungen an Ausführung, Werkstoffe, Produkte und Prüfung zu identifizieren, auf denen die Eurocodes beruhen.

Die Eurocodes erkennen die Verantwortlichkeit aller Mitgliedstaaten an und wahren deren Recht, sicherheitsbezogene Werte auf nationaler Ebene in Nationalen Anhängen festzulegen.

Einleitung

0.1 Einleitung zu den Eurocodes

Die Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus umfassen die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

- EN 1990, *Eurocode — Grundlagen der Tragwerksplanung*
- EN 1991, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke*
- EN 1992, *Eurocode 2 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken*
- EN 1993, *Eurocode 3 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*
- EN 1994, *Eurocode 4 — Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton*
- EN 1995, *Eurocode 5 — Bemessung und Konstruktion von Holzbauten*
- EN 1996, *Eurocode 6 — Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten*
- EN 1997, *Eurocode 7 — Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*
- EN 1998, *Eurocode 8 — Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*
- EN 1999, *Eurocode 9 — Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken*
- Neue Eurocodes befinden sich in der Entwicklung, z. B. Eurocode für die Bemessung von tragenden Konstruktionen aus Glas

Eurocodes wenden sich an Konstrukteure, Auftraggeber, Hersteller, Bauausführende, zuständige Behörden (bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben in Übereinstimmung mit nationalen oder internationalen Bestimmungen), Ausbilder, Softwareentwickler und Kommissionen, in denen verwandte Produktnormen, Prüfnormen und Ausführungsnormen erarbeitet werden.

ANMERKUNG Einige Entwurfs- und Bemessungsaspekte werden am zutreffendsten von den zuständigen Behörden festgelegt oder können, sofern keine Festlegungen getroffen wurden, für ein bestimmtes Bauvorhaben zwischen den beteiligten Parteien wie Tragwerksplanern und Bauherren vereinbart werden. In den Eurocodes werden solche Aspekte durch ausdrückliche Bezugnahme auf die zuständigen Behörden und die beteiligten Parteien gekennzeichnet.

0.2 Einleitung zu EN 1991 (alle Teile)

EN 1991 spezifiziert Einwirkungen für die Tragwerksplanung von Hochbauten, Brücken und anderen Ingenieurbauwerken oder Teilen hiervon, einschließlich temporäre Bauwerke, in Verbindung mit EN 1990 und den anderen Eurocodes.

EN 1991 deckt nicht die speziellen Anforderungen von Einwirkungen für eine erdbebenbedingte Bemessung ab. Bestimmungen in Bezug auf solche Anforderungen sind in EN 1998 (alle Teile) enthalten, die EN 1991 ergänzen und mit dieser konsistent sind.

EN 1991 gilt ebenfalls für bestehende Bauwerke bezüglich ihrer

- Bauwerksbewertung,
- Verstärkung oder Reparatur und
- Änderung der Nutzung.

ANMERKUNG In diesen Fällen können zusätzliche oder geänderte Bestimmungen erforderlich sein.

EN 1991 gilt für die Bemessung von Bauwerken, sofern Werkstoffe oder Einwirkungen außerhalb des Geltungsbereichs der anderen Eurocodes beteiligt sind.

ANMERKUNG In diesem Fall können zusätzliche oder geänderte Bestimmungen erforderlich sein.

EN 1991 ist in mehrere Teile gegliedert:

- EN 1991-1-1, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen — Wichte von Baustoffen und Lagergütern, Eigengewicht von Bauwerken und Nutzlasten im Hochbau*
- EN 1991-1-2, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen — Brandeinwirkungen auf Tragwerke*
- EN 1991-1-3, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen — Schneelasten*
- EN 1991-1-4, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen — Windlasten*
- EN 1991-1-5, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen — Temperatureinwirkungen*
- EN 1991-1-6, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-6: Allgemeine Einwirkungen — Einwirkungen während der Bauausführung*
- EN 1991-1-7, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-7: Außergewöhnliche Einwirkungen*
- EN 1991-1-8, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-8: Allgemeine Einwirkungen — Einwirkungen durch Wellen und Strömungen auf Küstenbauwerke*
- EN 1991-1-9, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-9: Allgemeine Einwirkungen — Atmosphärische Eisbildung*
- EN 1991-2, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 2: Verkehrslasten auf Brücken*
- EN 1991-3, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 3: Einwirkungen infolge von Kranen und Maschinen*
- EN 1991-4, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 4: Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter*

0.3 Einleitung zu EN 1991-1-8

EN 1991-1-8 enthält einen Leitfaden für die Bestimmung von Einwirkungen durch Wellen und Strömungen zur Verwendung für die Bemessung von Bauwerken in Küstenbereichen/-gebieten.

Da der Wind den vorherrschenden physikalischen Parameter für die Wellenerzeugung auf der Meeresoberfläche und Sturmfluten darstellt, d. h. Wellen und Bemessungswasserstände stark mit dem Wind korreliert sind, ist EN 1991-1-4 diesbezüglich besonders maßgeblich.

0.4 In den Eurocodes verwendete Verbformen

Das Verb „muss“ beschreibt eine Anforderung, die zwingend zu befolgen ist, und von der bei Anwendung der Eurocodes keine Abweichung zulässig ist.

Das Verb „sollte“ beschreibt eine streng empfohlene Auswahl oder Vorgehensweise. In Abhängigkeit von nationalen Regeln und/oder relevanten Vertragsbestimmungen könnten alternative Lösungen verwendet/angenommen werden, wenn sie technisch gerechtfertigt sind.

Das Verb „darf“ beschreibt eine erlaubte Vorgehensweise innerhalb der Anwendungsgrenzen der Eurocodes.

Das Verb „kann“ beschreibt Möglichkeiten und Fähigkeiten; es wird für Tatsachenfeststellungen und Erklärungen verwendet.

0.5 Nationaler Anhang zu EN 1991-1-8

Nationale Festlegungen sind in diesem Dokument erlaubt, insofern dies ausdrücklich in den Anmerkungen festgelegt ist. Zu den nationalen Festlegungen gehört auch die Auswahl von Werten für national festgelegte Parameter (NDP, en: nationally determined parameters).

Die jeweilige nationale Ausgabe von EN 1991-1-8 kann einen Nationalen Anhang mit allen national festgelegten Parametern enthalten, die für den Entwurf und die Bemessung von Hoch- und Ingenieurbauten im jeweiligen Land Verwendung finden.

Wird keine nationale Festlegung angeführt, ist der in diesem Dokument angegebene Standardwert anzuwenden.

Wenn keine nationale Festlegung angeführt wird und kein Standardwert in diesem Dokument angegeben ist, kann die Festlegung durch eine zuständige Behörde getroffen werden, oder sofern keine Festlegungen getroffen wurden, können die beteiligten Parteien im Einzelfall eine Vereinbarung treffen.

Nationale Festlegungen sind in EN 1991-1-8 durch Anmerkungen zu den folgenden Abschnitten gestattet:

4.3.3 (4)	4.7.1 (2) – 4 Auswahlmöglichkeiten	4.7.2 (1)	4.7.2 (2)
4.7.4 (1)	4.7.4 (2)	4.7.5 (1)	4.7.5 (2)
4.8 (1)	4.8 (2)	4.8 (3)	4.9.2 (1)
4.9.3 (1)	4.9.4 (4) – 2 Auswahlmöglichkeiten	4.10 (2)	5.2.1 (11)
5.5.2 (2)	6.1.3 (1)	6.2 (4)	6.3.1 (8)
7.2.2 (2) – 2 Auswahlmöglichkeiten	7.2.3 (1) – 2 Auswahlmöglichkeiten	12.4.1.1 (2)	

Nationale Festlegungen sind in EN 1991-1-8 bei der Anwendung der folgenden informativen Anhänge gestattet:

Anhang A	Anhang B	Anhang C	Anhang D
Anhang E	Anhang F	Anhang G	

Der Nationale Anhang kann, direkt oder durch Verweisungen, ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Erleichterung der Umsetzung enthalten, sofern dadurch keine Bestimmungen der Eurocodes geändert werden.

1 Anwendungsbereich

1.1 Anwendungsbereich von EN 1991-1-8

(1) EN 1991-1-8 liefert Grundsätze und Regeln zum Bestimmen der Werte von Wellen- und Strömungseinwirkungen auf Bauwerke und Ingenieurbauwerke im Küstengebiet, d. h. Bauten in Verbindung mit der oder in unmittelbarer Nähe zur Küste.

ANMERKUNG 1 Im Gegensatz zu Bedingungen auf offener See werden Wellen oder Strömungen im Küstengebiet wesentlich durch das Vorhandensein von Meeresboden oder Küsten beeinflusst.

ANMERKUNG 2 In einer typischen Meeresbodenmorphologie liegt das betroffene Gebiet zwischen der Küstenlinie und der Tiefwassergrenze.

(2) EN 1991-1-8 beschreibt die Grundsätze zum Definieren der Bemessungsseebedingungen, einschließlich der Variabilität des Bemessungswasserstands für Bauwerke im Küstenbereich.

ANMERKUNG Wellen- und Strömungsbedingungen variieren bei verschiedenen Baustellen. Es ist äußerst wichtig, die Wellen- und Strömungsbedingungen an einem bestimmten Ort zu bewerten. Bewertungsverfahren für diese Bedingungen und ihre Unsicherheiten sind in diesem Dokument enthalten.

(3) In EN 1991-1-8 sind speziell die folgenden Bauwerkstypen behandelt:

- zylindrische Bauwerke;
- Hängedecks;
- Unterwasser-Rohrleitungen;
- Wellenbrecher:
 - Steinschütt-Wellenbrecher;
 - vertikale Wellenbrecher;
 - Verbundwellenbrecher;
- Küstendämme:
 - Deckwerke;
 - Strandmauern;
- dauerhaft festgemachte schwimmende Bauwerke.

ANMERKUNG Zusätzliche Hinweise können erforderlich sein für

- schwimmende Plattformen im Küstengebiet in Bezug auf die Förderung oder Verarbeitung von Öl und Gas und
- schwimmende Plattformen im Küstengebiet für die Erzeugung von erneuerbarer Energie.

(4) EN 1991-1-8 deckt nicht vollständig die Grundsätze ab für das Bestimmen von Einwirkungen durch Wellen und Strömungen von

- Hafenbauwerken wie Piers, Molen, Hafenmauern, Seeterminals in geschützten Meeresgebieten und
- Anlagen für das Festmachen und Anlegen von Schiffen.

(5) Zu Wasserdrücken auf Bauwerkshüllen durch quasi-statische Wasserstände und zu Unterdrücken im Boden siehe EN 1997 (alle Teile).

(6) EN 1991-1-8 deckt Folgendes nicht ab:

- Tsunamis;
- hydraulische Folgen eines außergewöhnlichen Wegfalls von Wassereinwirkungen von Stützwandkonstruktionen;
- Wellen von vorbeifahrenden Schiffen;
- durch Düsen oder Schiffspropeller ausgelöste Strömungen;
- Küstenbauwerke, bei denen der Umgang mit Überflutungsrisiken und/oder das Erosions- oder Sedimentmanagement die überwiegende Funktion darstellt.

1.2 Voraussetzungen

(1) Für dieses Dokument gelten die Voraussetzungen von EN 1990.

(2) Qualifikationen und Erfahrungen in Bezug auf dieses Dokument betreffen auch die folgenden Gebiete:

- a) physikalische Küstenumgebung einschließlich Physik von Wellen und Strömungen, statistische Eigenschaften und Ausbreitung von solchen;
- b) Hydrodynamik des Meeres, Wellen- und Strömungsstörungen durch Bauwerke im Allgemeinen und Wellen- und Strömungseinwirkungen auf Bauwerke in Küstengebieten einschließlich i) feste Bauwerke und ii) schwimmende Bauwerke;
- c) erweiterte Verfahren, einschließlich wahrscheinlichkeitsbasierte Methodik und Testen von physikalischen Modellen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ANMERKUNG In den Literaturhinweisen findet sich eine Liste weiterer in Bezug genommener Dokumente, bei denen es sich nicht um normative Verweisungen handelt, einschließlich Empfehlungen (d. h. „sollte“-Klauseln), Zulässigkeiten („darf“-Klauseln), Möglichkeiten („kann“-Klauseln) und Anmerkungen.

EN 1990:2023¹, *Eurocode — Grundlagen der Tragwerksplanung*

¹ Geändert durch EN 1990:2023/prA1:2024.

3 Begriffe

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1990 und die folgenden Begriffe.

3.1.1 Begriffe mit Bezug auf die physikalische Umgebung und Umweltprozesse

3.1.1.1

seichtes Wasser

typischerweise Wassertiefen weniger als ein Zwanzigstel der Wellenlänge

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Wasserbereich, in dem sich Wellen ausbreiten, wird häufig in drei Kategorien klassifiziert: Tiefwasser, mittlere Tiefe und seichtes Wasser. Nach dieser Klassifizierung stellt seichtes Wasser den Tiefenbereich dar, der weniger als etwa ein Zwanzigstel der Wellenlänge beträgt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zwischenwasser (oder Übergangsgewässer) stellt den Tiefenbereich zwischen etwa einem Zwanzigstel und einer Hälfte der Wellenlänge dar.

3.1.1.2

Tiefwasser

Wasser mit solch einer Tiefe, dass Oberflächenwellen von der Bodentopographie wenig beeinflusst werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Zwischenwasser (oder Übergangsgewässer) stellt den Tiefenbereich größer als etwa eine Hälfte der Wellenlänge dar.

3.1.1.3

Tide

Gezeiten

Wasserbewegungen, die im Wesentlichen durch die globale Reaktion von Meeren auf Himmelseffekte erzeugt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Auf den Kontinentalsockeln und in Küstengewässern, insbesondere Buchten und Mündungsgebieten, wird die Auswirkung durch seichtes Wasser und Küstenplattformen verstärkt.

3.1.1.4

Sturmflut

Phänomen des Anstiegs der Meeresoberfläche über den astronomischen Wasserstand in der offenen Küste, in Buchten und in Mündungsgebieten durch die Einwirkungen von Windlast und atmosphärische Luftdruckunterschiede (statische und dynamische)

3.1.1.5

Vorland

Wasserbereich der Küste zwischen der mittleren Niedrigwassermarkierung (Springtiden) und dem mittleren Hochwasserstand (Springtiden)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Definitionen für Vorland können sich je nach Land aufgrund von Gesetzgebung und Ingenieurspraxis unterscheiden.

3.1.1.6

Brandungszone

Bereich zwischen den äußersten Brechern und der Grenze des Wellenaufbaus

3.1.1.7

Wellenklima

üblicherweise statistische Beschreibung von Wellenbedingungen an einem bestimmten Ort über Monate, Jahreszeiten oder Jahre

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Wellenklima wird häufig in Form der Statistik der Wellenhöhen ausgedrückt; mittlerer Nulldurchgang oder spektrale Spitzenwellenperiode; und Wellenrichtung.

3.1.1.8

Wellenbrechen

Wellentransformationsprozess, bei der die Welle eine kritische Wellenhöhe erreicht, sich selbst überholt, bricht und dabei Energie freisetzt

Anmerkung 1 zum Begriff: Wellenbrechen kann auf eine Wassertiefenbegrenzung oder übermäßige Windenergieaufnahme zurückzuführen sein.

3.1.1.9

Wellenstau

landseitiger Anstieg des Wasserstands von durch Tiefe verursachtem Wellenbrechen in Verbindung mit Wassertransport durch Welleneinwirkung

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Wellenstau kann über 10 % der seeseitigen signifikanten Wellenhöhe betragen.

3.1.1.10

Schwerewelle

Welle in einem Fluid oder an der Grenzflächen zwischen zwei Fluiden, bei der die vorherrschenden Rückstellkräfte die Schwerkraft und der Auftrieb sind

BEISPIEL durch Wind erzeugte Oberflächenwellen.

3.1.1.11

regelmäßige Wellen

Wellen mit einer einzigen Frequenz, Amplitude und Richtung

Anmerkung 1 zum Begriff: Häufig wird die Definition für regelmäßige Wellen auf Wellen mit konstanter Form während der Ausbreitung erweitert, wobei einige von diesen mehr als eine bestimmte spektrale Komponente enthalten; die genannte Definition bezieht sich jedoch nur auf monochromatische (oder lineare) Wellen.

3.1.1.12

unregelmäßige Wellen

Wellen mit zufälligen Wellenperioden (und in der Praxis ebenfalls Höhen), die typisch für natürliche, durch Wind induzierte Wellen sind

3.1.1.13

Windwellen

durch Wind erzeugte und/oder entstandene Wellen

3.1.1.14

Dünung

Dünungswellen

durch Wind erzeugte Wellen mit einer langen Periode, die sich aus ihrem Entstehungsbereich heraus ausgebreitet haben und nicht mehr durch die Windeinwirkung beeinflusst werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Dünung weist charakteristischerweise eine regelmäßigere und längere Periode sowie flachere Kämme auf als Wellen in ihrem Entstehungsbereich.

Anmerkung 2 zum Begriff: Beim Kategorisieren von Wellentypen anhand eines Spektrums oder von Messungen kann Energie im Periodenbereich von 8 s bis 25 s typischerweise als Dünung beschrieben werden. Energie mit Perioden länger als 25 s kann als Infragravitationswellenenergie beschrieben werden.

3.1.1.15

interne Welle

Schwerewelle, die sich innerhalb eines geschichteten Fluids ausbreitet

3.1.1.16

reflektierte Welle

Welle, die einen Teil der ankommenden Energie seewärts trägt, wenn eine Welle an einem Strand, einer Strandmauer oder einer anderen abweisenden Fläche auftrifft

3.1.1.17

Brechung

Prozess, durch den die Richtung einer sich in nicht-tiefem Wasser bewegenden Wellenfront in einem Winkel zu den Tiefenlinien so geändert wird, dass die Wellenkämme tendenzmäßig mit diesen Linien ausgerichtet werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Teil einer Wellenfront in seichterem Wasser bewegt sich langsamer als der entsprechende Teil in tieferem Wasser; wenn sich also die Tiefe entlang eines Wellenkamms ändert, „biegt“ sich die Welle.

3.1.1.18

Tidenströmungen

Gezeitenströmungen

mit dem Gezeitenwechsel verbundene abwechselnde oder zirkulierende Strömungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Tiden und Tidenströmungen werden im Allgemeinen stark durch die Küstenlinie verändert.

3.1.1.19

durch Dichte bewirkte Strömungen

durch horizontale Gradienten der Wasserdichte verursachte Strömungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Solche Strömungen können durch Änderungen des Salzgehalts und/oder der Temperatur, verursacht durch das Einströmen von Süßwasser von Oberflächenabfluss, etwa in einem Mündungsgebiet, einen Wärmestrom von küstennahen Kraftwerken oder aus anderen Gründen, entstehen.

3.1.1.20

durch Wind bewirkte Strömungen

durch die Windlast auf der Meeresoberfläche verursachte Strömungen

Anmerkung 1 zum Begriff: In Küstengewässern werden durch Wind bewirkte Strömungen durch die Bodentopographie und das Vorhandensein einer Küstenlinie beeinflusst.

3.1.1.21

Bö

durch ein steiles Ansteigen und Abfallen der Windgeschwindigkeit über weniger als eine Minute bewirkte Windbewegung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Windgeschwindigkeit einer Bö kann zu Bemessungszwecken über längere Zeitperioden gemittelt werden.

3.1.1.22

Windstau

Anstieg des Wasserstands an der windabgewandten Seite eines begrenzten Wasserkörpers, bewirkt durch Windlasten auf der Wasseroberfläche

Anmerkung 1 zum Begriff: In Küstengewässern kann sich Windstau über dem Festlandsockel bei gegen die Küstenlinie blasenden Winden entwickeln.

3.1.1.23

Tsunami

lange Schwerewellen mit einer Periode von mehreren Minuten bis zu einer Stunde und einer Wellenlänge von einigen Kilometern, erzeugt durch eine plötzliche vertikale Bewegung des Meeresbodens in Verbindung mit einem Erdbeben, Erdrutsch oder Vulkanausbruch unter Wasser

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Wellenhöhen von Tsunamis können an der Küste mehrzehnfache Größen in Metern erreichen.

3.1.2 Begriffe mit Bezug auf die Analyse von meteorologisch-ozeanographischen Parametern

3.1.2.1

Jahresmaximum-Verfahren

Verfahren zum Schätzen von extremen Wellenhöhen oder Wasserständen auf der Basis einer Stichprobe von Jahresmaximum-Wellenhöhen oder -Wasserständen

3.1.2.2

Peak-over-Threshold-Verfahren

PoT-Verfahren

Verfahren zum Schätzen von extremen Parameterwerten, angewendet auf Wellenhöhen, auf der Basis einer Stichprobe von Spitzenwerten/-höhen von Sturmwellen, die einen gewissen Schwellenwert überschreiten

3.1.2.3

Gesamtstichproben-Verfahren

Verfahren zum Schätzen von Wellenhöhen, die bedingungslose Überschreitungswahrscheinlichkeiten aufweisen, durch Berücksichtigen aller am Ort gemessenen Wellenhöhen

3.1.2.4

Extremwert

Zufallsgröße, die in einer Halbwahrscheinlichkeitsanalyse durch einen repräsentativen Wert berücksichtigt werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Extreme Ereignisse werden bei der Verifizierung des Nichtauftretens von Grenzzuständen verwendet.

3.1.2.5

marginale Wiederholungsperiode des Werts x einer Zufallsgröße X

$T(x)$

Kehrwert der Wahrscheinlichkeit, dass die Zufallsgröße X größer ist als x , d. h. $T(x) = 1/\text{Prob}(X > x)$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit von $T(x)$ ist die Durchschnittsdauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden Ergebnissen von X .

3.1.2.6

gemeinsame Wiederholungsperiode des Paares (x, y) von Zufallsgrößen (X, Y)

$T(x, y)$

Kehrwert der Wahrscheinlichkeit, dass die Zufallsgröße X größer ist als x und gleichzeitig, dass die Zufallsgröße Y größer ist als y , d. h. $T(x, y) = 1/\text{Prob}(X > x \text{ und } Y > y)$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einheit von $T(x, y)$ ist die Durchschnittsdauer zwischen zwei aufeinanderfolgenden und als gleichzeitig angenommenen Ergebnissen von X und Y .

3.1.2.7

***n*-tes spektrales Moment**

Integral über die Frequenz der spektralen Dichtefunktion, multipliziert mit der *n*-ten Potenz der Frequenz, entweder angegeben in Hertz (Zyklen pro Sekunde) als $m_n(f) = \int_0^\infty f^n S(f) df$ oder angegeben als Kreisfrequenz (Radiant/Sekunde) als $m_n(\omega) = \int_0^\infty \omega^n S(\omega) d\omega$

Anmerkung 1 zum Begriff: Da $\omega = 2\pi f$, lautet die Beziehung zwischen den zwei Momentausdrücken: $m_n(\omega) = (2\pi)^n m_n(f)$.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Integration erstreckt sich über den gesamten Frequenzbereich von Null bis unendlich. In der Praxis wird die Integration häufig bei einer Frequenz trunziert, oberhalb derer der Beitrag zum Integral zu vernachlässigen ist und/oder der Sensor nicht mehr genau anspricht. Beim Verwenden von Momenten einer Ordnung höher als 2 ist Vorsicht geboten, da bei Standardspektralmodellen das 4-te Moment nicht konvergiert; der Wert wird effektiv durch die Wahl der Trunkierung bestimmt.

3.1.2.8

Wellenspektrum

Funktion zum Ausdrücken der Energiedichtenverteilung der Meeresoberflächen-Varianz im Frequenzbereich und für alle Richtungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Üblicherweise wird der Begriff des Wellenspektrums für das aus der linearen Fourier-Transformation bestimmte Frequenz-Energie-Spektrum verwendet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Zum Erzeugen von repräsentativen Seegängen wird das Wellenfrequenzspektrum (integriert über alle Richtungen) häufig durch die Verwendung einer parametrischen Form, etwa dem Pierson-Moskowitz- oder JONSWAP-Wellenspektrum, beschrieben.

Anmerkung 3 zum Begriff: Der Bereich unter dem Wellenspektrum ist das nullte spektrale Moment m_0 , das ein Maß der Gesamtenergie im Seegang darstellt und zum Berechnen der spektralen Wellenhöhe H_{m0} verwendet werden kann.

3.1.2.9

Richtungswellenspektrum

Funktion zum Ausdrücken der Energiedichtenverteilung von Wellen im Frequenz- und Richtungsbereich

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Funktion wird häufig als das Produkt aus Frequenzwellenspektrum und Richtungsausbreitungsfunktion angegeben.

3.1.2.10

spektrale Spitzenperiode

Periode bei der maximalen Energiedichte (Spitzenenergiedichte) im Spektrum

Anmerkung 1 zum Begriff: In der Praxis bestehen zusätzlich zur maximalen Spitze häufig sekundäre Spitzen in einem Spektrum.

3.1.2.11

zweidimensionales Modell

2D-Modell

mathematisches oder physikalisches Modell, in dem die Strömungsparameter in zwei räumlichen Dimensionen variieren

3.1.2.12

dreidimensionales Modell

3D-Modell

mathematisches oder physikalisches Modell, in dem die Strömungsparameter in drei räumlichen Dimensionen variieren

3.1.2.13

Richtungsausbreitungsfunktion

Funktion zum Ausdrücken der relativen Verteilung von Wellenenergie im Richtungsbereich

3.1.2.14

extreme Wellen

Wellen in einem Sturmereignis, die in einer Halbwahrscheinlichkeitsanalyse durch repräsentative Werte auf der Basis von adäquaten statistischen Definitionen berücksichtigt werden können

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Falle eines Sturmereignisses werden Kurzzeitstatistiken verwendet, um extreme Wellen in Form der signifikanten Wellenhöhe oder der maximalen Wellenhöhe oder einem anderen statistischen Kurzzeitparameter hiervon und die mittlere oder signifikante Wellenperiode an der Spitze des Sturmereignisses auszudrücken.

3.1.2.15

zufällige Wellen

Überlagerung einer Zahl von regelmäßigen Wellen mit verschiedenen Frequenzen und Amplituden

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff wird häufig zum Bezeichnen der Laborsimulationen von unregelmäßigen Wellen, die in der Natur auftreten, verwendet.

3.1.2.16

Seiche

stehende Schwingung der Wasseroberfläche eines eingeschlossenen oder halb-eingeschlossenen Wasserkörpers bei seiner natürlichen Periode

3.1.2.17

Höhe

Elevation

vertikaler Abstand zu einem bestimmten geodätischen Datum

3.1.3 Begriffe mit Bezug auf statistische meteorologisch-ozeanographische Parameter

3.1.3.1

meteorologisch-ozeanographisches Ereignis

durch Seegangsbedingungen definiertes Sturmereignis

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein meteorologisch-ozeanographisches Ereignis wird üblicherweise durch kurzfristige Verteilungen der Parameter Ruhewasserstand, Wellenhöhe, Wellenperiode und Wellenrichtung angegeben, während andere meteorologisch-ozeanographische Parameter in speziellen Fällen ebenfalls eingeschlossen sein können.

3.1.3.2

Bezugshöhe

Referenzwert für Vermessung, Bemessung, Bau und Unterhalt von Küstenbauwerken, häufig festgelegt auf ein Seekartennull oder ein nationales geodätisches Datum

3.1.3.3

Seekartennull

ein lokal zugewiesener Referenzwert in Bezug auf Seekarten

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Seekartennull stellt üblicherweise eine Näherung an die Höhe des niedrigstmöglichen Gezeitenwasserstands dar.

3.1.3.4

internationales Seekartennull

auf die Höhe des niedrigstmöglichen Gezeitenwasserstands festgelegtes Seekartennull, wie von der International Hydrographic Organization (IHO) verabschiedet

3.1.3.5

niedrigstmöglicher Gezeitenwasserstand

LAT, en: lowest astronomical tide

Gezeitenwasserstand auf der niedrigsten Höhe, dessen Eintreten bei durchschnittlichen meteorologischen Bedingungen und unter einer beliebigen Kombination von astronomischen Bedingungen vorhergesagt werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Der LAT wird nicht jedes Jahr erreicht und stellt nicht die niedrigste Meereshöhe dar, die erreicht werden kann, da Sturmfluten (negativ) und Tsunamis das Eintreten von erheblich niedrigeren Ständen bewirken können.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die LAT-Höhe wird etwa alle 19 Jahre erreicht.

3.1.3.6

höchstmöglicher Gezeitenwasserstand

HAT, en: highest astronomical tide

Gezeitenwasserstand auf der größten Höhe, dessen Eintreten bei durchschnittlichen meteorologischen Bedingungen und unter einer beliebigen Kombination von astronomischen Bedingungen vorhergesagt werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Der HAT wird nicht jedes Jahr erreicht und stellt nicht die höchste Meereshöhe dar, die erreicht werden kann, da Sturmfluten und Tsunamis das Eintreten von erheblich höheren Ständen bewirken können.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die HAT-Höhe wird etwa alle 19 Jahre erreicht.

3.1.3.7

Ruhewasserstand

SWL, en: still water level
ungestörter Wasserstand

theoretische Wasseroberflächenhöhe, die bei Fehlen von Welleneinwirkung vorliegt, aber gegebenenfalls andere Auswirkungen berücksichtigt, etwa Einflüsse des Windes und des atmosphärischen Luftdrucks

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Ruhewasserstand wird typischerweise für die Berechnung der Wellenkinematik für globale Einwirkungen und der Wellenkammhöhe für minimale Deckshöhen verwendet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Ruhewasserstand stellt ein abstraktes Konzept für ingenieurtechnische Zwecke dar und wird durch Addieren der Auswirkungen von Gezeiten, Sturmflut und Toleranzen für zukünftige Meereshöhenänderungen, aber üblicherweise ohne Variationen durch Wellen berechnet.

3.1.3.8

Wassertiefe

vertikaler Abstand zwischen Meeresboden und Ruhewasserstand

Anmerkung 1 zum Begriff: Da mehrere Optionen für den Ruhewasserstand bestehen, kann es mehrere Wassertiefenwerte geben. Im Allgemeinen wird die Bemessungswassertiefe auf die LAT oder die mittlere Meereshöhe festgelegt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die für die Berechnung der Wellenkinematik verwendete Wassertiefe variiert zwischen der maximalen Wassertiefe des höchstmöglichen Gezeitenwasserstands zuzüglich einer positiven Sturmflut und der minimalen Wassertiefe des niedrigstmöglichen Gezeitenwasserstands abzüglich einer negativen Sturmflut, falls zutreffend. Es gelten die gleichen maximalen und minimalen Wassertiefen für im Boden gegründete Strukturen und schwimmende Bauwerke, obgleich die Wassertiefe üblicherweise ein weit weniger wichtiger Parameter für schwimmende Bauwerke ist. Die Wassertiefe ist jedoch für die Bemessung und Analyse des Festmachsystems und der Rohrverbindungen für schwimmende Bauwerke wichtig.

3.1.3.9

mittlere Meereshöhe

MSL, en: mean sea level

Langzeitwert der Wasseroberflächenhöhe, berechnet aus Beobachtungen über einen vollständigen Gezeitenzyklus von 18,6 Jahren

Anmerkung 1 zum Begriff: Die einfachste Möglichkeit zum Berechnen der MSL besteht im Verwenden des rechnerischen Mittels von stündlichen (oder dreistündlichen) Beobachtungen; komplexere Verfahren beinhalten die Anwendung von numerischen Tiefpassfiltern zum Eliminieren von Gezeiten und Sturmwellen vor dem Berechnen des Mittels.

Anmerkung 2 zum Begriff: Das Mittel von allen Hoch- und Niedrigwasserständen, als mittlerer Gezeitenwasserstand bezeichnet, ist der mittleren Meereshöhe nahe, aber nicht mit dieser identisch.

Anmerkung 3 zum Begriff: Jahreszeitliche Änderungen und Änderungen zwischen den Jahren bei der mittleren Meereshöhe kann in einigen Gebieten erwartet werden, und über viele Jahre kann sich die mittlere Meereshöhe ebenfalls ändern.

3.1.3.10

mittlerer Wasserstand

MWL, en: mean water level

mittlere Höhe der Wasseroberfläche über eine bestimmte Zeitspanne

Anmerkung 1 zum Begriff: Der mittlere Wasserstand wird üblicherweise anhand von stündlichen Gezeitenhöhenmessungen bestimmt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der monatliche mittlere Wasserstand kann über die Jahreszeiten hinweg um einige zehnfache Zentimeter variieren.

3.1.3.11

mittlere Springhochwasser

MHWS, en: mean high water springs

mittlere Höhe von Hochwassern, die zum Zeitpunkt von Springtiden auftreten, gemessen über einen Gezeitenzyklus

3.1.3.12

mittlere Springniedrigwasser

MLWS, en: mean low water springs

mittlere Höhe von Niedrigwassern, die zum Zeitpunkt von Springtiden auftreten, gemessen über einen Gezeitenzyklus

3.1.3.13

extremes Hochwasser

an einem Ort vorhergesagte größte Meereshöhe aufgrund einer Kombination von Gezeiten, positiven Sturmfluten, Seichen und Flussströmung für ein extremes Ereignis einer definierten Wiederholungsperiode

3.1.3.14

extremes Niedrigwasser

an einem Ort vorhergesagter niedrigster Stand aufgrund einer Kombination von Gezeiten, negativen Sturmfluten, Seichen und Flussströmung für ein extremes Ereignis einer definierten Wiederholungsperiode

3.1.3.15

extremer Wasserstand

EWL, en: extreme water level

statistisch bestimmter höchster oder niedrigster Wasserstand durch die Kombination von Gezeiten, Sturmfluten und Einflüssen des Klimawandels, bezogen auf ein festes Datum

3.1.3.16

Bemessungswasserstand

für Bemessung und Analyse von Küstenbauwerken ausgewählter Wasserstand in Anbetracht des akzeptablen Grads des Risikos von Versagen/Schäden aufgrund eines extremen Ereignisses einer definierten Wiederholungsperiode

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Allgemeinen ist es der Wasserstand, der die Sicherheit der betreffenden Bauwerke/Einrichtungen am meisten beeinflusst.

3.1.3.17

Seegang

Zustand der Meeresoberfläche innerhalb einer kurzen Zeitspanne, angegeben als Ruhewasserstand, Wellenhöhen, Wellenperioden und Wellenrichtungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die üblicherweise verwendete Zeitspanne beträgt 20 min bis einige Stunden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Länge der Zeitspanne wird als Ergebnis eines Kompromisses zwischen dem Erfordernis einer kurzen Dauer zum Sicherstellen, dass der Seegang während der Aufzeichnungszeit konstant ist, und einer ausreichend langen Dauer mit der erforderlichen Zahl von Wellen für zuverlässige statistische Schätzungen von charakteristischen Wellenhöhen und Wellenperioden gewählt.

3.1.3.18

Wellenhöhe

vertikaler Abstand zwischen einem Tal und dem vorhergehenden (nachfolgenden) Kamm, bestimmt durch den Nulldurchgang nach unten (oben)

3.1.3.19

Wellenlänge

horizontaler Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Nulldurchgängen nach unten oder oben in einer Wellenaufzeichnung

3.1.3.20

Wellenzahl

Kehrwert der Wellenlängenzeiten 2π

3.1.3.21

Wellenperiode

Zeit für zwei aufeinanderfolgende Nulldurchgänge nach unten oder oben zum Passieren eines festen Punkts

3.1.3.22

Wellenphasengeschwindigkeit

Geschwindigkeit, mit der sich eine Welle ausbreitet (manchmal als Wellenschnelligkeit oder Geschwindigkeit der Wellenausbreitung bezeichnet)

3.1.3.23

Wellensteilheit

Verhältnis der Wellenhöhe zur Wellenlänge, H/L

3.1.3.24

Wellenkamm

höchster Punkt eines Wellenprofils

3.1.3.25

maximale Wellenhöhe

größte Wellenhöhe

$H_{\max}$

Höhe der höchsten Welle in einer bestimmten Wellenaufzeichnung

3.1.3.26

T-Jahr-Wellenhöhe

extreme Wellenhöhe eines Seegangs entsprechend der Wiederholungsperiode von T Jahren

Anmerkung 1 zum Begriff: In Anwendungen ist diese Höhe üblicherweise die signifikante Wellenhöhe oder die maximale Wellenhöhe.

3.1.3.27

signifikante Wellenhöhe

H_s

$H_{1/3}$

mittlere Wellenhöhe des höchsten Drittels der Wellen einer bestimmten Wellenaufzeichnung, bestimmt anhand der Zeitbereichsanalyse, $H_s = H_{1/3}$

Anmerkung 1 zum Begriff: Häufig wird die spektrale Wellenhöhe H_{m0} statt H_s verwendet, die anhand einer Frequenzbereichsanalyse der Wellenaufzeichnung als Funktion des nullten spektralen Moments m_0 des Fourier-Spektrums bestimmt wird. In Tiefwasser liegen die Werte von $H_{1/3}$ und H_{m0} im Allgemeinen sehr nahe beieinander und gelten beide als gute Schätzungen von H_s ; in mittlerem und seichtem Wasser können sich die Schätzungen von $H_{1/3}$ und H_{m0} erheblich unterscheiden.

3.1.3.28

anhand des Wellenspektrums geschätzte signifikante Wellenhöhe

H_{m0}

spektrale Wellenhöhe, bestimmt anhand des nullten spektralen Moments des Fourier-Spektrums der Wellenaufzeichnung, $H_{m0} = 4\sqrt{m_0}$

3.1.3.29

repräsentative Wellenhöhe

für Bemessung und Analyse von Küstenbauwerken ausgewählte Wellenparameter, gewählt in Anbetracht des akzeptablen Grads des Risikos von Fehlern/Schäden aufgrund eines extremen Ereignisses einer definierten Wiederholungsperiode

3.1.3.30

für Sturm repräsentative Welle

statistisches Ergebnis der kurzzeitigen Verteilung der Wellenhöhen in einem Seegang

BEISPIEL Signifikante Wellenhöhe und maximale Wellenhöhe.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die für Sturm repräsentative Welle stellt eine ingenieurtechnische Abstraktion dar, typischerweise angegeben in Form einer regelmäßigen Welle, die zur Berechnung von quasi-statischen Einwirkungen auf ein Bauwerk verwendet wird.

3.1.3.31

Reflexionskoeffizient

Verhältnis der Höhe der reflektierten Welle zur Höhe der einlaufenden Welle

3.1.3.32

Refraktionskoeffizient

Verhältnis der Höhe von Wellen, die vom Refraktionseffekt beeinflusst sind, zu ihrer Höhe in Tiefwasser, wobei der Shoaling-Effekt eliminiert wird

3.1.3.33

Stabilitätszahl

Verhältnis $H_s/\Delta D_n$

3.1.3.34

mittlere Wellenperiode

T_m

Durchschnittsperiode aller Nulldurchgänge von Wellen in einer bestimmten Aufzeichnung durch Anwendung einer Zeitbereichsanalyse

Anmerkung 1 zum Begriff: Statt T_m können die spektralen mittleren Wellenperioden $T_{m-1,0}$ oder $T_{m0,2}$ verwendet werden. Diese Frequenzbereichsparameter werden durch die Momente der Fourier-Transformation der Wellenaufzeichnung ermittelt.

3.1.3.35

Spitzenperiode

Spitzenwellenperiode

T_p

durch den Kehrwert der Frequenz, bei der das Wellenenergiespektrum ein Maximum erreicht, bestimmte Wellenperiode

3.1.3.36

signifikante Wellenperiode

Durchschnittsperiode der Wellen im höchsten Drittel einer bestimmten Wellenaufzeichnung in der Zeitbereichsanalyse

Anmerkung 1 zum Begriff: Mittlere Periode (aus der Zeitbereichsanalyse) oder Spitzenwellenperiode (aus der Frequenzbereichsanalyse) (T_m und T_p) werden häufiger verwendet; aber die signifikante Wellenperiode, T_s , wurde häufig in Vorhersageverfahren auf der Basis von älteren nordamerikanischen Verfahren verwendet.

3.1.3.37

repräsentative Wellenperiode

statistisch durch die kurzzeitige Verteilung bestimmte Wellenperiode

BEISPIEL Signifikante Wellenperiode oder maximale Wellenperiode in einem Seegang.

3.1.3.38

Restströmung

Teil der Gesamtströmung, der nicht zum Gezeitenstrom gehört und somit nicht aus harmonischen Gezeitenkomponenten besteht

Anmerkung 1 zum Begriff: Restströmungen werden durch verschiedenste physikalische Mechanismen verursacht und umfassen eine große Bandbreite von natürlichen Frequenzen und Größen in verschiedenen Teilen der Welt.

3.1.4 Begriffe mit Bezug auf meteorologisch-ozeanographische Auswirkungen in Wechselwirkung mit Bauwerken

3.1.4.1

Luftspalt

vertikaler Abstand, gemessen vom Ruhewasserstand/von der Spitze des Wellenkamms bis zum Boden der Decksstruktur

3.1.4.2

Wellenüberlauf

Laufen von Wasser über die Oberseite eines Bauwerks aufgrund von Wellenauflauf oder Sturmwelleneinwirkung

3.1.4.3

Beugung

Beugung von Wellen in einem Prozess, durch den Wellenenergie seitlich entlang der Wellenkämme übertragen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Prozess resultiert in einem Biegen von Wellenfronten und einer Ausbreitung von gebeugten Wellen in geschützte Bereiche, etwa in den Schatten von Wellenbrechern.

3.1.4.4

Beugungskoeffizient

Verhältnis der Höhe von gebeugten Wellen zur Höhe von einlaufenden Wellen

3.1.4.5

Reflexion

Prozess, durch den ein Teil der Wellenenergie seewärts zurückgeführt wird, wenn Wellen auf ein Hindernis stoßen

Anmerkung 1 zum Begriff: Wellen reflektieren von Strandmauern, Wellenbrechern, aber auch von Stränden und an Orten mit scharfen Tiefenänderungen.

3.1.4.6

Auflaufen/Ablaufen

Prozess des Auf- und Ablaufens von Wellen an einem Strand oder einem Küstenbauwerk, ebenfalls das Erreichen ihres oberen und unteren Stands in Bezug auf Ruhewasserstand

3.1.4.7

hydrodynamische Lasten

Größe, die die Einwirkung von Strömungen und Wellen auf Küstenbauwerke darstellt

BEISPIEL Drücke, Kräfte, Momente, Spannungen, Strömungsgeschwindigkeiten, Wellenüberlauf-Abflüsse.

3.1.4.8

Seeschlageinwirkungen

Einwirkungen, die entstehen, wenn eine Wasseroberfläche und ein Bauwerk plötzlich kollidieren

3.1.4.9

Ausbreitung

Prozess des Passierens von Wellenenergie durch und über ein (niedriges) bekröntes Bauwerk und des Erzeugens von Wellen hinter dem Bauwerk

3.1.4.10

Wellendruck

durch Wellen induzierter Wasserdruck, der auf ein Bauwerk ausgeübt wird, ohne hydrostatischen Druck

3.1.4.11

Auftrieb

Resultierende aus nach oben gerichteten Kräften, ausgeübt vom Wasser auf einen untergetauchten oder schwimmenden Körper, gleich dem Gewicht des Wassers, das von diesem Körper verdrängt wird

3.1.4.12

Auftriebskraft

nach oben gerichteter Wasserdruck in den Poren eines Materials oder der Basis eines Bauwerks aufgrund von Wellen, ohne Auftrieb

3.1.4.13

Widerstandskoeffizient

C_D

zum Bestimmen der durch Strömungen/Wellen induzierten Widerstandskraft verwendeter Koeffizient

3.1.4.14

Auftriebskoeffizient

C_L

zum Bestimmen der durch Strömungen/Wellen induzierten Auftriebskraft verwendeter Koeffizient

3.1.4.15

Trägheitskoeffizient

C_M

zum Bestimmen der durch Strömungen/Wellen induzierten Trägheitskraft verwendeter Koeffizient

3.1.4.16

Auskolkung

Entfernen/Erosion von Unterwassersand und -steinmaterial durch Scherkräfte in Verbindung mit Wellen und Strömungen, insbesondere kritisch an der Basis oder am Fuß eines Bauwerks

3.1.4.17

hydrodynamisches Schätzungsverfahren

HEA, en: hydrodynamic estimate approach

Methodik zum Bewerten von meteorologisch-ozeanographischen Parametern, die sich auf die Versagensfolgeklasse des Bauwerks und die lokalen hydrodynamischen Bedingungen bezieht

3.1.4.18

Bemessungsverfahren

DA, en: design approach

übergeordnete Beschreibung des Bemessungsweges auf Basis des HEA-Werts und der Unsicherheit bei Bemessung und Reaktion des Bauwerks zur Verifizierung, ob ein Bauwerk die Zuverlässigkeitsanforderungen erfüllt

3.1.4.19

Bedeutungsbeiwert

φ_I

Multiplikator der Charakteristik und Bemessungstoleranzen- und gemeinsamen Wiederholungsperioden von meteorologisch-ozeanographischen Ereignissen, welcher die Versagensfolgeklasse des Bauwerks berücksichtigt

3.1.4.20

dynamischer Verstärkungsfaktor

DAF, en: dynamic amplification factor

dimensionslose Kenngröße, die multipliziert mit einer durch statische Last verursachten Reaktion die dynamische Belastung darstellt

3.1.4.21

empirische (Bemessungsgleichungen)

Bemessungsgleichungen auf der Basis von Forschung unter Verwendung von Tests im Maßstab 1 : 1 und/oder an Modellen

3.1.4.22

durch Wirbelstrom verursachte Schwingung

VIV, en: vortex induced vibration

durch Wirbelströme verursachte Schwingung, ausgehend alternativ von einer Seite eines Zylinders in einer Strömung und/oder Wellen

3.1.5 Begriffe mit Bezug auf Küstenbauwerke

3.1.5.1

Wellenbrecher

Bauwerk zum Schutz eines Küstenbereichs, Hafens, Ankerplatzes, Zulaufs oder Ablaufs vor Wellen und Strömungen

3.1.5.2

Deckwerkschicht

äußere Schicht, bestehend aus Deckwerkeinheiten, zum Schutz von Wellenbrechern, Dämmen oder anderen Steinschütt-Bauwerken vor Wellen und Strömungen

3.1.5.3

Deckwerkeinheit

relativ großer Bruchstein oder aus Beton geformte Einheit, passend ausgewählt für festgelegte Anforderungen an geometrische Maße, Dichte und Festigkeit

3.1.5.4

Brüstungsmauer

Betonüberbau auf einem Steinschütt-Wellenbrecher

3.1.5.5

Molen-/Buhnenkopf

runder Kopf eines Wellenbrechers

Anmerkung 1 zum Begriff: Häufig ist ein Molen-/Buhnenkopf durch schwerere Deckwerkeinheiten und/oder eine geringere Böschung als im Rumpf verstärkt.

3.1.5.6

Fuß

niedrigster Teil eines Küstenbauwerks, der häufig Unterstützung für den Böschungsschutz bietet und den Übergang zum Meeresboden bildet

3.1.5.7

Rumpf

Längsabschnitt eines Wellenbrechers oder eines ähnlichen Bauwerks, ohne Molen-/Buhnenkopf/-köpfe

3.1.5.8

Damm

Sammelbegriff für Deckwerk und Strandmauern

3.1.5.9

Strandmauer

Schutzbauwerk gegen Küstenerosion und Wellenüberlauf, errichtet entlang der Küstenlinie mit nahezu vertikaler seeseitiger Fläche, die eine Wellenreflexion bewirkt

3.1.5.10

Deckwerk

Schutzbauwerk gegen Küstenerosion und Wellenüberlauf, errichtet entlang der Küstenlinie mit schräger seeseitiger Fläche, die ein Wellenbrechen bewirkt

3.1.5.11

schwimmendes Bauwerk

dauerhaft festgemachtes schwimmendes Objekt

3.1.5.12

Anleger

Pier

Decksbauwerk, gestützt durch vertikale oder nahezu vertikale Pfähle, die in das Meer hineinragen, häufig in einer Richtung senkrecht zur Küstenlinie

3.1.5.13

Spannweite

nicht durch den Meeresboden abgestützter Rohrleitungsabschnitt

3.1.5.14

schlanke Bauwerke oder Elemente

Bauwerkselemente, die geometrisch schlank sind, d.h. ein kleines Verhältnis eines charakteristischen Querschnittsmaßes zur Länge aufweisen

3.1.5.15

Festmacheinrichtung

System, um ein schwimmendes Objekt in Position zu halten, indem zu starke Bewegungen verhindert werden

3.1.5.16

Anker

auf dem Meeresboden angeordnete Einheiten, etwa Schiffsanker, in den Meeresboden getriebene Pfähle oder Betonblöcke, an denen Festmachleinen befestigt sind, um zu starke Bewegungen eines schwimmenden Objekts zu verhindern

3.1.5.17

Berme

horizontaler Absatz im schrägen Profil eines Damms oder Wellenbrechers

3.1.5.18

Kern

Innenteil eines Wellenbrechers, Damms oder eines anderen Steinschütt-Bauwerks, häufig mit geringer Durchlässigkeit

3.1.5.19

Krone

höchster Punkt eines Küstenbauwerks

3.1.5.20

Filter

Zwischenschicht zum Verhindern, dass Feinmaterial einer darunterliegenden Schicht durch die Hohlräume der darüberliegenden Schicht gespült wird

3.1.5.21

Geotextil

als Filter bei Erdarbeiten verwendeter synthetischer Stoff

Anmerkung 1 zum Begriff: Geotextilien können Gewebe- oder Vliesstoffe sein.

3.1.5.22

Stein

abgebauter oder künstlich gebrochener Fels zur Verwendung in Bauarbeiten, entweder als Zuschlag oder in Formblöcke als Werkstein gesägt

3.1.5.23

Steinschüttung

Bruchstein, üblicherweise in stark unterschiedlichen Größen, der geschüttet verwendet wird, um Erosion zu verhindern

3.1.5.24

Lee

Schutz vor Wind oder Wellen bzw. wind- und wellengeschützte Seite durch angrenzende natürliche oder künstliche Strukturen oder Anlagen

3.1.5.25

Seebewuchs

zusätzliche Schicht auf Strukturen unter der Oberfläche, gebildet von Meerespflanzen, Tierkolonien usw.

3.1.5.26

Durchlässigkeit

Fähigkeit von Schüttgut, Wasserbewegung durch seine Poren durchzulassen

Anmerkung 1 zum Begriff: Schüttgut kann Sand, Schotter und weicher Fels vor Ort sein.

3.1.5.27

Porenwasserdruck

Zwischenraumdruck von Wasser in einer Masse aus Erde oder Gestein

3.1.5.28

Maßstabsmodell oder physikalisches Modell

Simulation eines Bauwerks oder dessen (hydraulischer) Umgebung, üblicherweise in wesentlich kleineren Maßen, um das Untersuchen des Verhaltens des Bauwerks unter speziellen Bedingungen zu ermöglichen

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Modell kann mit einer festen oder beweglichen Unterlage ausgestattet sein.

3.2 Symbole und Abkürzungen

3.2.1 Lateinische Großbuchstaben

A	Schwingungsamplitude
A_e	erodierte Fläche um SWL
A_p	projizierte Oberfläche
B	Breite [Länge]
$B(\gamma)$	Normalisierungsfaktor
BEM	Randelement-Verfahren, en: boundary element method
C	Schnelligkeit
C	Dimensionsloser Kraftbeiwert
C_D	Widerstandskoeffizient
C'_D	Widerstandskoeffizient entsprechend dem Maximum von schwankenden Kräften in der Strömungsrichtung (Widerstandskräften)

C'_{DS}	Widerstandskoeffizient entsprechend dem Maximum von schwankenden Kräften in der Strömungsrichtung (Widerstandskräften) in gleichmäßiger Strömung
C_{DC}	Widerstandskoeffizient in Bezug auf Strömung
C_{DS}	Widerstandskoeffizient für gleichmäßige Strömung
C_L	Auftriebskoeffizient
C'_L	Auftriebskoeffizient entsprechend dem Maximum von Querkräften (Auftriebskräften)
C'_{LS}	Auftriebskoeffizient entsprechend dem Maximum von Querkräften (Auftriebskräften) in gleichmäßiger Strömung
C_{LS}	Auftriebskoeffizient für gleichmäßige Strömung
C_M	Trägheitskoeffizient
C_a	Koeffizient zusätzlicher Masse
CFD	rechnergestützte Fluid-Dynamik, en: computational fluid dynamics
D	Durchmesser oder charakteristisches Querschnittsmaß
$D(\theta/f)$	Richtungsausbreitungsfunktion
D_{er}	Prozentsatz des erodierten Volumens
D_n	Nennblockdurchmesser, $D_n=(M/\rho_{app})^{1/3}$
D_{n50}	Mediannennendurchmesser von Deckwerksteinen
D_0	Normalisierungskonstante
DA	Bemessungsverfahren, en: design approach
DAF	dynamischer Verstärkungsfaktor, en: dynamic amplification factor
Ds-EM	Tiefseeextreme-Verfahren, en: deep-sea extremes methods
F_c	Strömungswiderstandskraft
F_D	Widerstandskraft [Kraft]
F_G	durch Auftrieb reduziertes Gewicht des Caissons [Kraft]
$F_h(t)$	Horizontalkraft-Zeit-Historie
F_H	horizontale Wellenkraft [Kraft]
F_I	Trägheitskraft [Kraft]
F_s	Seeschlagskraft [Kraft]
F_U	durch Wellen bewirkte Auftriebskraft [Kraft]
$F_v(t)$	Vertikalkraft-Zeit-Historie
FTA	Verfahren mit voller Übertragung, en: full transfer approach
GBS	bodengestütztes Bauwerk, en: ground based structure
H	Wellenhöhe
H_b	Höhe einer brechenden Welle
H_i	Höhe einer einlaufenden Welle mit normalem Einlaufwinkel
H_{max}	maximale Wellenhöhe

H_{m0}	aus dem Spektrum extrahierte signifikante Wellenhöhe
H_n	repräsentative Wellenhöhen der Wellengruppe n
H_q	für Sturm repräsentative Wellenhöhe entsprechend einer jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeit von q
H_s	signifikante Wellenhöhe, $H_s = H_{1/3}$
$H_{s,toe}$	signifikante Wellenhöhe am Fuß des Bauwerks
H_{s0}	signifikante Tiefwasser-Wellenhöhe
H_s^T	signifikante Wellenhöhe mit der Wiederholungsperiode T
$H_{1/3}$	signifikante Wellenhöhe auf Basis einer Zeitbereichsanalyse
$H_{2\%}$	von 2 % der Wellen überschrittene Wellenhöhe
HAT	höchstmöglicher Gezeitenwasserstand, en: highest astronomical tide
HEA	hydrodynamisches Schätzungsverfahren, en: hydrodynamic estimate approach
JDs-EM	gemeinsame Tiefseeextreme-Verfahren, en: joint deep-sea extremes methods
K_D	Stabilitätskoeffizient in Hudson-Gleichung
K_s	Stabilitätsparameter
KC	Keulegan-Carpenter-Zahl $= u_{\max} T/D$ ($= \pi H/D$; in Tiefwasser)
L	Länge
L_r	Modellmaßstab
L_o	Wellenlänge in Tiefwasser
LAT	niedrigstmöglicher Gezeitenwasserstand, en: lowest astronomical tide
M	Masse
Ma_z	vertikale zusätzliche Masse
Ma_x	seitliche zusätzliche Masse
MDs-EM	marginale Tiefseeextreme-Verfahren, en: marginal deep-sea extremes method
MHWS	mittlere Springhochwasser, en: mean high water springs
MLWS	mittlere Springniedrigwasser, en: mean low water springs
MSL	mittlere Meereshöhe, en: mean sea level
N	Anzahl der Datenpunkte
N_d	Anteil der Anzahl von verschobenen Einheiten
N_f	Anzahl von Simulationen bis zum Versagen
N_{od}	Schadenszahl, angegeben durch die relative Anzahl von aus der Deckwerkschicht versetzten Einheiten
P_f	Wahrscheinlichkeit des Versagens
$P_{f,L}$	Versagenswahrscheinlichkeits-Wert für L Jahre Nutzungsdauer
$P_{f,L,T}$	Versagenswahrscheinlichkeits-Wert für L Jahre Nutzungsdauer und Einwirkungswiederholungsperiode T
R	Radius eines Zylinders

Re	Reynolds-Zahl = $(u_{\max} D) / \nu$, wobei $u_{\max}$ die maximale orthogonale lokale Partikelgeschwindigkeit ist
R_u	maximale Auflauf- oder Wasseroberflächenhöhe, gemessen vertikal vom Ruhewasserstand [Länge]
$R_{u,2\%}$	Auflaufhöhe, erreicht durch nur 2 % der einlaufenden Wellen am Fuß des Bauwerks
S_d	Schadensparameter, angegeben durch die dimensionslose erodierte Fläche
$S(f)$	Spektraldichtefunktion
SD_i	Grenzzustand der Tragfähigkeit bei starker Verschiebung
Sp	Richtungsausbreitung
St	Strouhal-Zahl
SWL	Ruhewasserstand (keine Wellen oder Wellenauswirkungen), en: still water level
T	Wiederholungsperiode
T_{lf}	geplante Nutzungsdauer [Jahre]
T_m	mittlere Wellenperiode (Zeitbereich)
$T_{m0,2}$	Spektrale Wellenperiode, geschätzt aus den nullten und zweiten Momenten des Wellenspektrums (Frequenzbereich)
$T_{m-1,0}$	spektrale mittlere Energiewellenperiode, $T_{m-1,0} = m_{-1}/m_0$
T_p	Periode entsprechend der Spitze des Wellenspektrums (Energiefrequenzspektrum)
T_s	signifikante Wellenperiode
T_z	Nulldurchgang-Wellenperiode
$T(x)$	marginale Wiederholungsperiode des Werts x einer Zufallsgröße X
$T(x,y)$	gemeinsame Wiederholungsperiode des Paares (x,y) von Zufallsgrößen (X,Y)
TLP	Zugseilverankerungsplattform, en: tension leg platform
U	Strömungsgeschwindigkeit
U_c	mittlere Strömungsgeschwindigkeit
U_w	Wellenpartikelgeschwindigkeit
U_0	Strömungsgeschwindigkeit
V	relative Geschwindigkeit der Wasseroberfläche zu der Oberfläche eines Bauteils
V	Gruppenwellenschnelligkeit
V_r	reduzierte Geschwindigkeit
VIV	durch Wirbelstrom verursachte Schwingung, en: vortex induced vibration
WL	Wasserstand, en: water level

3.2.2 Lateinische Kleinbuchstaben

a_x	horizontale Beschleunigung
a_0	Abstand zwischen höchstem Wasserstand und Decksboden
c	momentan benetzte Höhe
c_d	Scheinbodenkohäsion
c_u	undräßierte Scherfestigkeit von Ton [Kraft/Länge ²]
e	relative Oberflächenrauheit
f	Frequenz
$f^{(1)}$	lineare Kraft auf Basis der Linearwellentheorie bei einer regelmäßigen Welle und einer vollständigen Reflexion von einer Mauer
$f^{(2)}$	nichtlineare mittlere Kraft
f_j	Eigenfrequenz der Schwingung für den j -ten Modus eines Tragwerkselements
f_p	Frequenz an der spektralen Spitze
f_v	Wirbelablösefrequenz
$f_X(\bar{x})$	gemeinsame Wahrscheinlichkeitsfunktion der mehrdimensionalen Variable X mit dem Wert $\bar{x}$
g	Fallbeschleunigung
h	Wassertiefe [Länge]
h_s	Wassertiefe an der Vorderseite eines Bauwerks
h_S	Schwellenwert
k	Oberflächenrauheitshöhe
k_{nl}	nichtlineare Wellenzahl
l	charakteristische Länge eines Bauwerkselements
m	Abhängigkeitsparameter der Gumbel-Hougaard-Copula
m_e	effektive virtuelle Masse je Längeneinheit
m_n	n -tes Moment des Wellenspektrums $m_n = \int_0^\infty f^n S(f) df$
pdf	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion, en: probability density function
q	jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeit
r	Doloselement-Tailenverhältnis [dimensionslos]
s	Ausbreitungsparameter
s_{max}	Spitzenausbreitungsparameter
t	Stärke
u	lokale Wasserpartikelgeschwindigkeiten senkrecht zur Elementachse
$\dot{u}$	lokale Wasserpartikelbeschleunigungen senkrecht zur Elementachse
u^*	Schubspannungsgeschwindigkeit
u_{max}	maximale orthogonale lokale Partikelgeschwindigkeit

w	vertikale Geschwindigkeit unterhalb des Decks
$\dot{x}(t)$	Geschwindigkeit eines Elements senkrecht zu seiner Achse positiv in der Wellenrichtung
$\ddot{x}(t)$	Beschleunigung eines Elements senkrecht zu seiner Achse positiv in der Wellenrichtung
z	vertikale Bewegung eines Bauwerks
z_s	gestreckte vertikale Koordinate
z_0	Bettrauiglängslänge

3.2.3 Griechische Großbuchstaben

Π_R	Ursell-Zahl
A_{mod}	relative Dichte im Modell
A_{pro}	relative Dichte im Prototyp
ΔSL	Meereshöhenvariation
Ψ	Nachstrom-Verstärkungsfaktor

3.2.4 Griechische Kleinbuchstaben

α	Weibull-Verteilungsmaßstab-Parameter
α	Koeffizient
β	Zuverlässigkeitsindex
β	Strömungsfließgeschwindigkeits-Verhältnis
β_s	Weibull-Verteilungsformparameter
γ	Spitzenverbesserungsfaktor
γ_F	Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen
γ_{Sd}	mit der Unsicherheit der Einwirkung und/oder des Einwirkungseffektmodells verbundener Teilsicherheitsbeiwert
δ	verallgemeinerte logarithmische Verminderung
δ_h	hydrodynamische Dämpfung
δ_{soil}	Bodendämpfung oder andere Dämpfung
ζ_a	Amplitude der Welle
η	Wellenoberflächenhöhe
η_b	maximale Höhe der freien Oberfläche
η_{max}	maximale Kammhöhe
θ	Wellenrichtung
θ_m	mittlere Wellenrichtung
κ	Kármán-Konstante, $\kappa = 0,4$
λ	Wellenlänge

λ_c	Verwölbungsfaktor
λ_{nl}	nichtlineare Wellenlänge
μ	Mittelwert
ν	kinematische Viskosität
ν°	Reibungswinkel in körnigem Material [Grad]
ρ_{app}	angewendete Massendichte von Blockmaterial
ρ_{arm}	Dichte eines Deckwerkblocks
ρ_{mg}	Dichte von Seebewuchs und Biofouling
ρ_{mod}	Dichte des Modells
ρ_W	scheinbare Massendichte von Wasser
σ	Standardabweichung
σ	Spektralbreitenparameter
σ_η	Standardabweichung der Oberflächenhöhe
σ_θ	Winkelstandardabweichung
φ	Packungsdichtekoeffizient
φ_1	Bedeutungsbeiwert
ψ_0	auf eine veränderliche Einwirkung angewendeter Kombinationsbeiwert, um ihren Kombinationsbeiwert zu bestimmen
ψ_1	auf eine veränderliche Einwirkung angewendeter Kombinationsbeiwert, um ihren häufigen Wert zu bestimmen
ψ_2	auf eine veränderliche Einwirkung angewendeter Kombinationsbeiwert, um ihren quasi-ständigen Wert zu bestimmen

4 Grundlagen für die Bewertung der Wellen- und Strömungseinwirkung

4.1 Allgemein

(1) Einwirkungen durch Wellen und Strömungen müssen durch entsprechende hydrodynamische Lasten dargestellt werden.

4.2 Bemessungsverfahren

4.2.1 Allgemein

(1) Das Bemessungsverfahren, das die empfohlenen Anforderungen in Bezug auf die Bewertung festlegt, die zum Schätzen der Einwirkung oder des Einwirkungseffekts durch die Meeresumgebung angewendet werden sollten, sollte entsprechend der Auswahl des hydrodynamischen Schätzungsverfahrens gewählt werden.

ANMERKUNG 1 Zum hydrodynamischen Schätzungsverfahren siehe 4.6 (1) bis 4.6 (3).

ANMERKUNG 2 Zur Wahl des Bemessungsverfahrens siehe 4.6 (4).

4.2.2 Halbwahrscheinlichkeits-Bemessungsverfahren

(1) Im Halbwahrscheinlichkeitsverfahren müssen die repräsentativen Werte von hydrodynamischen Lasten aufgrund von Einwirkungen durch Wellen und Strömungen entsprechend den Angaben in diesem Abschnitt 4 bewertet werden.

ANMERKUNG 1 Siehe EN 1990:2023, 1.1 (4) und EN 1990:2023, C.3.1 (3).

ANMERKUNG 2 In diesem Dokument wird das Halbwahrscheinlichkeits-Bemessungsverfahren mit DA1 bezeichnet.

4.2.3 Zuverlässigkeitsbasiertes Bemessungsverfahren

(1) Die verfügbaren meteorologisch-ozeanographischen Daten und die verfügbaren Umgebungs-seebedingungen müssen zum verwendeten Wahrscheinlichkeitsverfahren zum Ausführen des zuverlässigkeitsbasierten Bemessungsverfahrens in Übereinstimmung mit EN 1990 passen.

ANMERKUNG In diesem Dokument ist das wahrscheinlichkeitsbasierte Bemessungsverfahren mit DA2 bezeichnet.

(2) Wenn eine ausreichende Aufzeichnungslänge von Umgebungsseebedingungen unter Berücksichtigung der geplanten Nutzungsdauer des Küstenbauwerks und des Sollwerts für den Zuverlässigkeitsindex β verfügbar ist, kann eines der folgenden Wahrscheinlichkeitsverfahren verwendet werden:

- Verwenden einer statistischen Zusammenfassung oder einer Stichprobe von Umgebungstiefseebedingungen, beispielsweise einer Streutabelle oder einer Matrix von schematisierten Bedingungen (gegebenenfalls oberhalb/über einem festgelegten Schwellenwert), die die Reaktionen des Bauwerks ergeben, aus der die maßgebliche Wahrscheinlichkeit des Versagens ermittelt werden kann;
- Verwenden einer Reihe von Reaktionen des Bauwerks auf Basis einer repräsentativen Probe von Umgebungsseebedingungen in der Nähe des Bauwerks und denen dieses ausgesetzt ist (gegebenenfalls oberhalb/über einem festgelegten Schwellenwert) oder einer Vollzeitreihe, aus der die maßgebliche Wahrscheinlichkeit des Versagens ermittelt werden kann;

(3) Wenn nur eine Aufzeichnung von Umgebungsseebedingungen von begrenzter Dauer verfügbar ist, kann eine Extrapolierung von Daten Werte der wichtigen Parameter für niedrigere Möglichkeiten des Auftretens (längere Wiederholungsperioden) durch geeignetes Anpassen von Extremwertverteilungen und Extrapolierung an die erforderliche Wiederholungsperiode unter Verwendung eines gültigen mathematischen Verfahrens, z. B. einer Monte-Carlo-Simulation, liefern.

ANMERKUNG Extrapolierte Daten werden auch als „synthetische Daten“ bezeichnet.

(4) Die Gültigkeit des Extrapolierungsverfahrens muss verifiziert werden.

ANMERKUNG Weitere Hinweise und Empfehlungen zur Anwendung des zuverlässigkeitsbasierten Bemessungsverfahrens sind in Abschnitt 13 und Anhang H enthalten.

4.2.4 Bemessungsverfahren mit risikobewusster Entscheidungsfindung

(1) Die verfügbaren meteorologisch-ozeanographischen Daten und die verfügbaren Umgebungs-seebedingungen müssen zum verwendeten Wahrscheinlichkeitsverfahren zum Ausführen des Bemessungsverfahrens mit risikobewusster Entscheidungsfindung in Übereinstimmung mit EN 1990 passen.

ANMERKUNG In diesem Dokument wird das Bemessungsverfahren mit risikobewusster Entscheidungsfindung mit DA3 bezeichnet.

(2) Es gelten die gleichen Bestimmungen in Bezug auf die Wahrscheinlichkeitsverfahren, wie in 4.2.3 für die Bewertung von Wellen- und Strömungseinwirkungen festgelegt.

ANMERKUNG Das Bemessungsverfahren mit risikobewusster Entscheidungsfindung ermöglicht das Bestimmen der optimalen Wahrscheinlichkeit des Versagens oder der optimalen Sicherheitsindizes von Fall zu Fall.

4.2.5 Durch physikalische Prüfung unterstützte Bemessung

(1) Hydraulische physikalische Modellprüfungen können zum Validieren der in Übereinstimmung mit einem maßgeblichen Bemessungsverfahren (DA1 bis DA3) durchgeführten Bewertung der Wellen- und Strömungseinwirkungen unter Berücksichtigung der geplanten Nutzungsdauer und Versagensfolgeklasse des Küstenbauwerks verwendet werden.

ANMERKUNG 1 In diesem Dokument ist die durch physikalische Prüfung unterstützte Bemessung mit DA4 bezeichnet.

ANMERKUNG 2 DA4 stellt kein separates Bemessungsverfahren dar, sondern eine neben DA1 bis DA3 zu berücksichtigende Option.

ANMERKUNG 3 Weitere Hinweise und Empfehlungen zur Anwendung der physikalischen Modelle auf Küstenbauwerke sind in Abschnitt 12 und Anhang G enthalten.

ANMERKUNG 4 Weitere Hinweise zur durch Prüfung unterstützten Bemessung sind in EN 1990 enthalten.

4.3 Modellierung der Einwirkung

4.3.1 Klassifizierung von Einwirkungen durch Wellen und Strömungen

(1) Einwirkungen durch Wellen und Strömungen müssen als variable freie dynamische Einwirkungen betrachtet werden.

(2) Einwirkungen auf Bauwerksteile durch die globale dynamische Reaktion von schwimmenden oder festen Bauwerken, die Wellen und Strömungen ausgesetzt sind, müssen als direkte Einwirkungen betrachtet werden.

(3) Wenn keine dynamische Analyse durchgeführt wird, können Einwirkungen durch Wellen und Strömungen auf feste Küstenbauwerke durch äquivalente quasi-statische Einwirkungen für die Dauer des meteorologisch-ozeanographischen Bemessungsereignisses modelliert werden.

ANMERKUNG 1 Dynamische Analysen werden häufig bei der Bemessung von schwimmenden Bauwerken durchgeführt und enthalten oft dynamische Windeinwirkungsanalysen.

ANMERKUNG 2 Quasi-statische Wasserstände und ihre Variationen in Raum und Zeit (z. B. bei Sturmfluten) spielen eine wichtige Rolle bei der Einwirkung von Wellen und Strömungen (sie beeinflussen Wellenhöhen, Wellenperioden, Strömungsgeschwindigkeiten ... und die Ausbreitung von meteorologisch-ozeanographischen Ereignissen zum Ort des Bauwerks) und verursachen hydraulische Drücke. Sie werden nicht als separate Einwirkungen betrachtet.

4.3.2 Meteorologisch-ozeanographische Parameter

(1) Meteorologisch-ozeanographische Ereignisse müssen durch eine Menge von meteorologisch-ozeanographischen Parametern dargestellt werden.

ANMERKUNG Meteorologisch-ozeanographische Parameter sind in Abschnitt 5 behandelt.

4.3.3 Allgemeine Verfahren zur Bewertung der hydrodynamischen Lasten

(1) Hydrodynamische Lasten sollten mehrere der folgenden Elemente enthalten: durch Wellen oder Strömung verursachte Drücke und Kräfte; Kräfte/Momente entlang von Bauwerksteilen des Bauwerks, einschließlich Fundamente, Spannungen an Festmachleinen, einschließlich dynamische Auswirkungen, Wellenbedingungen (Höhe, Periode, Richtung) oder Strömungsgeschwindigkeiten am Fuß eines Küstenbauwerks oder an anderen Orten, mittlere Wellenüberlauf-Abflüsse (einwirkend als eine funktionale Anforderung von Küstenbauwerken oder als eine indirekte Last auf Teile von Küstenbauwerken) siehe Abschnitt 6 bis Abschnitt 11.

ANMERKUNG Dimensionslose Stabilitätszahlen umfassen einwirkungsbezogene Parameter und werkstoff-(widerstands-)bezogene Parameter: Wellenstabilitätszahl oder Hudson-Zahl, Isbash-Zahl (beim Berücksichtigen der Strömungsgeschwindigkeit), Shields-Parameter (beim Berücksichtigen der durch ein Fluid in Bewegung verursachten Scherspannung) usw. Sie erscheinen in hydraulischen Grenzzustandsbedingungen.

(2) Hydrodynamische Lasten sollten entweder mit den Tiefseeextreme-Verfahren (Ds-EM), deren Unterteilungen das marginale Tiefseeextreme-Verfahren (MDs-EM) und die gemeinsame Tiefseeextreme-Verfahren (JDs-EM) bilden, oder mit dem Verfahren mit voller Übertragung (FTA) berechnet werden.

(3) Bei Tiefseeextreme-Verfahren (Ds-EM) sollten die folgenden Schritte durchgeführt werden:

- Auswahl einer kleinen Anzahl von Mengen von seeseitigen meteorologisch-ozeanographischen (Tiefsee-)Parametern entsprechend den in 4.7 erläuterten Regeln unter Verwendung von marginalen (marginale Tiefseeextreme-Verfahren, MDs-EM) oder gemeinsamen (gemeinsame Tiefseeextreme-Verfahren, JDs-EM) wahrscheinlichkeitsbasierten Verteilungen der meteorologisch-ozeanographischen Parameter, wenn verfügbar;
- Übertragen der ausgewählten Mengen auf den Ort des (Küsten-)Bauwerks;
- Ermitteln der Bemessungswerte der hydrodynamischen Lasten als die nachteiligste Reaktion des Bauwerks anhand der ausgewählten Mengen von meteorologisch-ozeanographischen Parametern.

(4) Beim Verfahren mit voller Übertragung (FTA) sollten die folgenden Schritte durchgeführt werden:

- Übertragen einer ausreichend großen Menge der extremsten meteorologisch-ozeanographischen Ereignisse des Datensatzes auf den Ort des (Küsten-)Bauwerks;
- Ermitteln der Bemessungswerte der hydrodynamischen Lasten auf der Basis der Extremwertanalyse der Verteilungen und/oder Frequenzverteilungen der Reaktionen des Bauwerks.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann die Verfahren auswählen oder Hinweise zur Wahl eines Verfahrens enthalten.

4.4 Bemessungssituationen

(1) Einwirkungen durch Wellen und Strömung müssen mit der physikalischen Umgebung übereinstimmen, die von den Bemessungssituationen vorgegeben wird, für die das Bauwerk verifiziert wird.

ANMERKUNG Ständige Bemessungssituationen beinhalten nicht nur die üblichen Bedingungen des „täglichen Gebrauchs“, sondern auch die unregelmäßig vorliegenden erschwerten Bedingungen wie durch die Wiederholungsperioden berücksichtigt, die für die Bewertung der Bemessungswerte der Einwirkung verwendet werden.

(2) Ständige Bemessungssituationen sollten so definiert werden, dass sie Variationen des Ruhewasserstands berücksichtigen.

ANMERKUNG 1 Es kann nützlich sein, eine Menge von Bemessungssituationen, vorgegeben durch die Wasserstände, zu definieren, wobei jede dieser Situationen beispielsweise für einen bestimmten Teil des Bauwerks maßgeblich ist; der Fuß eines Steinschütt-Wellenbrechers kann unter einer Niedrigwasserstand-Situation bemessen sein, die Haupt-Deckwerkblöcke unter einer Mittelwasserstand-Situation, die Krone und die hafenseitige Böschung unter einer Hochwasserstand-Situation.

ANMERKUNG 2 Wasserstände beeinflussen Wellenhöhen, Wellenperioden, Strömungsgeschwindigkeiten usw. und die Ausbreitung von meteorologisch-ozeanographischen Ereignissen zum Ort des Bauwerks.

(3) Spezielle ständige Bemessungssituationen sollten so definiert werden, dass sie Änderungen von Klima- und Meereshöhenbedingungen zulassen.

ANMERKUNG Es kann nützlich sein, ständige Bemessungssituationen unter den zum Beginn und Ende der geplanten Nutzungsdauer des Bauwerks herrschenden Klima- und Meereshöhenbedingungen zu definieren.

(4) Spezielle meteorologisch-ozeanographische Ereignisse und somit spezielle Einwirkungen durch Wellen und Strömungen müssen während vorübergehender Umgebungseinflüsse und während der Ausführungs- und Instandhaltungsphase berücksichtigt werden, woraus sich mehrere vorübergehende Bemessungssituationen ergeben.

ANMERKUNG 1 Die Küstenumgebung kann Bauwerke unter der Oberfläche und Unterwasser-Bauwerke beinhalten, die die Bauarbeiten, die Tragwerksplanung, die Werkstoffauswahl und die Größe (Abmessungen, Volumen) beeinflussen.

ANMERKUNG 2 Beispiele für vorübergehende Bemessungssituation sind das Schleppen eines Caissons von einem Trockendock zum Ort des Bauwerks und die Berücksichtigung von vorübergehenden Wellenbrecherhöhen während des Baus.

(5) Eine Ermüdungsbemessungssituation kann so definiert sein, dass sie die Wiederholung von Belastungszyklen durch Wellen und Strömungen berücksichtigt.

ANMERKUNG Es können mehrere statisch äquivalente hydrodynamische Lasten für die Verifizierung des Ermüdungsgrenzzustands verwendet werden.

(6) Durch Erdbeben verursachte Tsunamis sollten in der Bemessungssituation unter Erdbeben berücksichtigt werden.

(7) Wellen- und Strömungseinwirkungen dürfen in einer Bemessungssituation vernachlässigt werden, wenn ein ausreichender Luftspalt oder Bodenabstand zwischen Meerwasser und Bauwerk vorgesehen ist.

(8) Extreme meteorologisch-ozeanographische Ereignisse, die wesentlich schwerer sind als die für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen beschriebenen, sollten in der außergewöhnlichen Bemessungssituation berücksichtigt werden.

4.5 Geometrische Parameter

(1) Mögliche Auswirkungen durch Auskolkung, langfristige morphologische Entwicklungen, Verflüssigung, Setzen und Verformungen des Bauwerks, seiner Schutzelemente und seines Fundaments durch Wellen- und Strömungseinwirkungen und durch andere Ursachen sollten in ausreichendem Maße berücksichtigt werden.

(2) In den Modellen für die Wellen- und Strömungseinwirkung enthaltene geometrische Parameter müssen die geplante Nutzungsdauer des Bauwerks und die Bemessungssituation berücksichtigen, um sicherzustellen, dass das Bauwerk das erforderliche Leistungsniveau während seiner gesamten Nutzungsdauer bietet.

ANMERKUNG 1 Geometrische Parameter enthalten bauwerksbezogene Parameter sowie bauwerksnahe topographische und bathymetrische Parameter (Böschung, Meeresboden usw.).

ANMERKUNG 2 Aufgrund der Wechselwirkung zwischen Umgebungsseebedingungen und Reaktionen des Bauwerks können die endgültigen geometrischen Eigenschaften eines Bauwerks und der Bathymetrie das Ergebnis eines wiederholten Bewertungsprozesses sein.

(3) Die vorhersagbare Zeitentwicklung von geometrischen Parametern muss dadurch berücksichtigt werden, dass ihre wahrscheinlich eintretenden ungünstigsten Werte in der Bemessungssituation unter Einbeziehung der zu prüfenden hydrodynamischen Lasten und Grenzzustände betrachtet werden.

ANMERKUNG Die ungünstigsten Werte der geometrischen Parameter entsprechen häufig den Bedingungen am Ende der Nutzungsdauer. Dies trifft aber nicht immer zu: Je steiler beispielsweise die Böschung eines Berme-Wellenbrechers ist, desto höher ist das Auflaufen.

(4) Insbesondere sollten Wellenüberlauf und resultierendes Überfluten auf der Basis von Bedingungen am Ende der Nutzungsdauer einschließlich einer Toleranz für Setzen und Klimawandel analysiert werden.

4.6 Hydrodynamische Schätzungsverfahren

(1) Die Versagensfolgeklasse des Bauwerks und die hydrodynamische Unsicherheit vor Ort müssen beim Bestimmen des minimalen Werts des hydrodynamischen Schätzungsverfahrens (HLE) von Tabelle 4.1 berücksichtigt werden.

Tabelle 4.1 — HEA-Wert-Auswahlmatrix

Versagensfolge- klasse	Hydrodynamische Unsicherheit		
	Niedrig	Mittel	Hoch
CC1	HEA1	HEA1	HEA2
CC2	HEA1	HEA2	HEA3
CC3	HEA2	HEA3	HEA3

(2) Die hydrodynamische Unsicherheit muss unter Berücksichtigung der Umgebungsseebedingungen am interessierenden Ort, der Qualität der meteorologisch-ozeanographischen Daten und der Komplexität der lokalen physikalischen Prozesse (Randbedingungserzeugung und Umwandlung für den Ort) bewertet werden.

BEISPIEL 1 Beispiele für eine niedrige hydrodynamische Unsicherheit können einen Gezeitenbereich < 1 m, eine Sturmwellenlänge $< 0,5$ m, durch Windwirklänge begrenzte Gewässer (mit einer Windwirklänge < 10 km), gleichmäßige Strömungen mit Springtidengeschwindigkeiten < 1 m/s und eine regelmäßige Bathymetrie beinhalten.

BEISPIEL 2 Beispiele für eine hohe hydrodynamische Unsicherheit können einen Gezeitenbereich > 5 m, eine Sturmwellenlänge > 2 m, Meeresgewässer (Dünung und Wind/Wellen), ungleichmäßige Strömungen (geschichtet) und/oder Gezeiten- oder Sturmwellenströmungsgeschwindigkeiten > 3 m/s und eine unregelmäßige Bathymetrie (z. B. Riffe oder Unterwasserschuchten) beinhalten.

(3) Die HEA-Werte sind in Tabelle 4.2 (NDP) definiert.

Tabelle 4.2 (NDP) — Methodikleitfaden für das hydrodynamische Schätzungsverfahren

HEA-Wert	Randbedingungsdaten	Pfadbewertung	Sonstige Überlegungen
HEA1	Daten für lokal oder national festzulegende meteorologisch-ozeanographische Parameter, hauptsächlich aus veröffentlichten Quellen, mit Hinzufügung einer begrenzten wahrscheinlichkeitsbasierten Definition oder begrenzten Zuverlässigkeitsinformation.	Wind-Wellen ^a -Reanalyse unter Verwendung von empirischen Berechnungen unter Berücksichtigung von Windwirklängen-/Dauerbeschränkungen. Extrapolierung von Meereshöhen- oder Strömungswerten aus veröffentlichten Quellen für Orte in der Nähe.	Daten unwahrscheinlich zu kalibrieren oder validieren für entwickelte statistische Verarbeitungen. Fachwissen ist erforderlich.

HEA-Wert	Randbedingungsdaten	Pfadbewertung	Sonstige Überlegungen
HEA2	Einzelne (marginale) langfristige ^b Zeitreihendaten (oder statistische Verteilungen/Zusammenfassungen hiervon) von meteorologisch-ozeanographischen Parametern. Messdaten oder, falls nicht verfügbar, kalibrierte und validierte Modelldaten, z. B. regionale oder globale Reanalysemodelle oder synthetische Daten.	Numerisches Wellentransformations ^c -Modell zur Darstellung (mit ausreichender Genauigkeit) aller wesentlichen erwarteten physikalischen Prozesse. Anpassung von statistisch geschätzten Meereshöhen- oder Strömungswerten zur Berücksichtigung von ortsspezifischen physikalischen Prozessen durch ein empirisches oder ein numerisches Modell.	Daten wahrscheinlich zur Verwendung für die statistische Bewertung der repräsentativen Werte der Einwirkungen durch Wellen und Strömungen (hydrodynamische Lasten), einschließlich der Kombination von meteorologisch-ozeanographischen Parametern, auf der Basis von marginalen Statistiken.
HEA3	Gemeinsame langfristige ^b Zeitreihendaten (oder statistische Verteilungen/Zusammenfassungen hiervon) von meteorologisch-ozeanographischen Parametern. Messdaten oder, falls nicht verfügbar, kalibrierte und validierte Modelldaten, z. B. regionale oder globale Reanalysemodelle oder synthetische Daten.	Kalibriertes numerisches Wellen-/Wasserstands-/Strömungstransformations ^c -Modell zur Darstellung (mit ausreichender Genauigkeit) aller wesentlichen erwarteten physikalischen Prozesse.	Daten wahrscheinlich zur Verwendung für die statistische Bewertung der repräsentativen Werte der Einwirkungen durch Wellen und Strömungen (hydrodynamische Lasten), einschließlich der Kombination von meteorologisch-ozeanographischen Parametern, auf der Basis von gemeinsamen Statistiken.
<p>^a Wenn nur das vorherrschende Wellenenergiesystem analysiert wird und davon ausgegangen werden kann, dass dieses durch Windsee dominiert wird.</p> <p>^b „Langzeit“ ist in Bezug zur geplanten Nutzungsdauer und zu den Wiederholungsperioden der meteorologisch-ozeanographischen Ereignisse ebenfalls unter Berücksichtigung der Qualität der verfügbaren Daten (Filtern/Entfernen von fehlerhaften Einträgen) zu verstehen.</p> <p>^c Dies beruht auf der typischen Situation, in der langfristige Randbedingungsdaten in unmittelbarer Nähe zum Ort des Bauwerks nicht verfügbar sind und von einem entfernten Ort umgewandelt werden müssen.</p>			

(3) Nach der Auswahl des hydrodynamischen Schätzungsverfahrens (HEA) kann das Bemessungsverfahren aus Tabelle 4.3 gewählt werden, die die empfohlenen Anforderungen in Bezug auf die Bewertung enthält, die angewendet werden sollten, um die aus der Meeresumgebung entstehende Einwirkung oder den entsprechenden Einwirkungseffekt zu schätzen.

Tabelle 4.3 — Bemessungsverfahren-Auswahlmatrix

HEA-Wert	Niedrige bis mittlere Bemessungs-/Reaktionsunsicherheit des Bauwerks ^a	Hohe Bemessungs-/Reaktionsunsicherheit des Bauwerks ^a
HEA1	DA1	Nicht anwendbar
HEA2	DA1 oder DA2 ^b	DA1 + DA4 oder DA2 + DA4
HEA3	DA1 oder DA2 oder DA3 oder eines der vorhergehenden mit DA4	DA1 ^c + DA4 oder DA2 + DA4 oder DA3 + DA4
<p>^a Der Begriff „Unsicherheit“ ist in Anmerkung 3 definiert.</p> <p>^b Zu DA2-Verfahren siehe Abschnitt 13 und Anhang H.</p> <p>^c Komplexere Bemessungsverfahren als DA1 sollten beim Wert HEA3 verwendet werden, insbesondere bei der höchsten Bemessungs-/Reaktionsunsicherheit des Bauwerks.</p>		

HEA- Wert	Niedrige bis mittlere Bemessungs-/Reaktionsunsicherheit des Bauwerks^a	Hohe Bemessungs-/Reaktionsunsicherheit des Bauwerks^a
<p>ANMERKUNG 1 Wie erläutert in 4.2:</p> <p>DA1: Halbwahrscheinlichkeitsbasiertes Teilsicherheitsbeiwert-Verfahren (Lasten und Widerstände) mit geeigneter Empfindlichkeitsprüfung von Schlüsselparametern auf Basis der Anwendung der halbempirischen Bauwerk-Reaktionsgleichungen;</p> <p>DA2: Wahrscheinlichkeitsbasiertes (zuverlässigkeitsbasiertes) Verfahren mit zulässigen Wahrscheinlichkeiten des Versagens oder β-Indizes;</p> <p>DA3: Risikobewusstes Verfahren mit einer sozioökonomischen Optimierung zum Bestimmen der optimalen Wahrscheinlichkeit des Versagens des betreffenden Bauwerks;</p> <p>DA4: Verfahren einer durch Prüfung unterstützten Bemessung, in Kombination mit DA1, DA2 oder DA3.</p> <p>ANMERKUNG 2 EN 1990:2023, C.3.1 enthält Hinweise zu und Einschränkungen der Anwendung von DA2 und DA3.</p> <p>ANMERKUNG 3 Der Begriff „Bauwerksunsicherheit“ ist vor allem mit dem Typ des Bauwerks (und Unterelements) verbunden und schließt eine Unsicherheit in Bezug auf die hydrodynamischen (See-)Bedingungen am Ort des Bauwerks aus. Eine niedrige Bauwerksunsicherheit kann beispielsweise gelten, wenn die physikalischen Prozesse/Reaktionsmechanismen relativ einfach sind und/oder wenn ein etabliertes und validiertes statisches Berechnungsverfahren besteht; eine hohe Bauwerksunsicherheit kann hingegen gelten, wenn die physikalischen Prozesse/Reaktionsmechanismen komplex sind und/oder wenn mehrere Analysemethoden verfügbar sind, die stark variierende Ergebnisse liefern, und/oder wenn die Bedingungen wesentlich außerhalb der Anwendungsgrenzen eines etablierten statischen Berechnungsverfahrens liegen.</p>		

ANMERKUNG Ungeachtet des Bemessungsverfahrens kommen in großem Umfang physikalische Prüfungen und numerische Modelle auf Basis der rechnergestützten Fluid-Dynamik (CFD) oder anderen Fluid-Bauwerk-Simulationsmethoden zum Bewerten von Wellen- und Strömungseinwirkungen auf Küstenbauwerke sowie der Reaktion des Bauwerks zum Einsatz. Abschnitt 6 bis Abschnitt 11 und Anhang D bis Anhang F enthalten weitere Hinweise und Empfehlungen zu ihrer Anwendung und Kalibrierung.

4.7 Repräsentative Werte von hydrodynamischen Lasten

4.7.1 Allgemein

(1) Repräsentative Werte von hydrodynamischen Lasten müssen die Unsicherheit des Auftretens von meteorologisch-ozeanographischen Ereignissen und deren Variabilität berücksichtigen.

ANMERKUNG 1 Die Verteilung von einzelnen Wellenhöhen und einzelnen Wellenperioden innerhalb von meteorologisch-ozeanographischen Ereignissen (d. h. während Stürmen) wird manchmal direkt in Einwirkungsmodellen durch Kalibrierung oder statistische und/oder spektrale Beschreibungen berücksichtigt. In halbempirischen Bemessungsgleichungen genannte Wellenhöhen sind daher spezifizierte Quantile der kurzfristigen statistischen Verteilung der Wellenhöhe entsprechend dem Einwirkungsmodell und dem Typ des Bauwerks. Daher ist die mit einzelnen Wellenverteilungen (Kurzzeitstatistik) verbundene Unsicherheit in diesem Unterabschnitt nicht ausgeführt (siehe Abschnitt 5 bis Abschnitt 11).

ANMERKUNG 2 Die für die Bemessung relevanten meteorologisch-ozeanographischen Ereignisse können vom zu prüfenden Grenzzustand und vom betreffenden Teil des Bauwerks abhängen.

(2) Lokale oder regionale Variationen aufgrund von Klima- und Meereshöhenänderungen müssen beim Bestimmen von repräsentativen Werten von hydrodynamischen Lasten berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 Zum Bestimmen von repräsentativen hydrodynamischen Lasten für ein Küstenbauwerk kann ein Klimawandelszenario gewählt werden, das auf neuen Prognosen des IPCC (International Panel on Climate Change) oder lokalen Präzisierungen von diesen beruhen. Aus diesen Klimaszenarien kann ein Szenario mit mittleren Emissionen RCP4.5 (Representative Concentration Pathway mit einem möglichen Bereich von Strahlungsantriebswerten im Jahr 2100 von $4,5 \text{ W/m}^2$) zusammen mit dem wahrscheinlichsten aller Modellergebnisse angewendet werden, es sei denn, der Nationale Anhang beschreibt ein anderes Verfahren.

ANMERKUNG 2 Bei nicht anpassbaren und nicht ersetzbaren Bauwerken oder Teilen von diesen werden die Zufallsprozesse der ungünstigsten meteorologisch-ozeanographischen Parameter während der geplanten Nutzungsdauer des Bauwerks entsprechend dem Klimawandelszenario in Anmerkung 1 berücksichtigt, es sei denn, der Nationale Anhang beschreibt ein anderes Verfahren.

ANMERKUNG 3 Bei anpassbaren und ersetzbaren Bauwerken oder Teilen von diesen werden, vorausgesetzt eine Instandhaltungs- und Überwachungsplanung wird ausdrücklich behandelt, das ungünstigste Klima und die ungünstigste Meereshöhe bis zur ersten größeren geplanten Instandhaltung entsprechend dem Klimawandelszenario in Anmerkung 1 berücksichtigt, es sei denn, der Nationale Anhang beschreibt ein anderes Verfahren.

ANMERKUNG 4 Wenn der Instandhaltungsplan nicht bekannt ist, werden das Klimawandelszenario in Anmerkung 1 und die Seebedingungen (Wellen, Strömungen, Winde, Wasserstände usw.) für 2/3 der geplanten Nutzungsdauer der Bauwerksteile berücksichtigt, es sei denn, der Nationale Anhang beschreibt ein anderes Verfahren.

ANMERKUNG 5 Abschnitt 5 enthält weitere Erwägungen zum Klimawandel.

(3) Wenn eine statistische Datenanalyse der meteorologisch-ozeanographischen Ereignisse durchgeführt wird, sollten repräsentative Werte von hydrodynamischen Lasten unter Verwendung von Wiederholungsperioden oder Zeitüberschreitungsfrequenzen von meteorologisch-ozeanographischen Parametern, die repräsentativ für meteorologisch-ozeanographischen Ereignisse sind (d. h. unter Verwendung von langfristigen Statistiken) bewertet werden.

(4) Unter Berücksichtigung einer kürzeren Dauer von vorübergehenden Bemessungssituationen können kürzere Wiederholungsperioden als die für ständige Bemessungssituationen geeigneten definiert sein.

(5) Im Tiefseeextreme-Verfahren sollte, wenn ein eindeutiger Hinweis auf einen mäßigen oder größeren Grad der Korrelation zwischen primären Variablen von meteorologisch-ozeanographischen Parametern besteht, eine gemeinsame Wahrscheinlichkeitsbewertung der meteorologisch-ozeanographischen Parameter durchgeführt werden, sofern dies mit den verfügbaren Daten vereinbar ist. Der charakteristische Wert der hydrodynamischen Last sollte auf der in 4.7.2 (2) eingeführten charakteristischen gemeinsamen Wiederholungsperiode und der in 4.9.3 eingeführten kombinatorischen marginalen Wiederholungsperiode beruhen.

ANMERKUNG Wenn eine starke Korrelation besteht, kann eine vollständige Korrelation angenommen werden und ein Anpassen einer gemeinsamen Wahrscheinlichkeitsverteilung ist nicht mehr erforderlich.

(6) Im Tiefseeextreme-Verfahren darf eine marginale (einzelne) Wahrscheinlichkeitsbewertung der meteorologisch-ozeanographischen Parameter durchgeführt werden, wenn

- ein geringer Grad der Korrelation zwischen primären Variablen von meteorologisch-ozeanographischen Parametern besteht oder
- nachgewiesen werden kann, dass das Bauwerk nicht empfindlich auf kombinierte Wellen, Strömungen und Wasserstände reagiert oder
- die verfügbaren Daten keine gemeinsame Wahrscheinlichkeitsbewertung zulassen.

(7) Der charakteristische Wert der hydrodynamischen Last sollte auf der in 4.7.2 (1) eingeführten charakteristischen marginalen Wiederholungsperiode und der in 4.9.2 eingeführten kombinatorischen marginalen Wiederholungsperiode beruhen.

(8) Der repräsentative Wert einer günstigen/stabilisierenden Einwirkung muss der Mindestwert sein, der wahrscheinlich in der betreffenden Bemessungssituation eintreten wird.

ANMERKUNG Der Mindestwert ist häufig gleich Null.

(9) Bei der Vorgehensweise mit voller Übertragung sollten repräsentative Werte der hydrodynamischen Lasten auf tragende Bauteile (d. h. der charakteristische Wert, der häufige Wert, der quasi-ständige Wert) mit identischen marginalen Wiederholungsperioden der eigenen Verteilungen der Lasten, wie in 4.7.2, 4.7.4 und 4.7.5 aufgeführt, bewertet werden.

4.7.2 Charakteristischer Wert

(1) Der Wert der charakteristischen marginalen Wiederholungsperiode muss bewertet werden.

ANMERKUNG Der charakteristische Wert wird als die 100-jährige marginale Wiederholungsperiode (die „charakteristische marginale Wiederholungsperiode“) bewertet, es sei denn, der Nationale Anhang nennt einen anderen Wert.

(2) Wenn eine gemeinsame statistische Analyse der meteorologisch-ozeanographischen Parameter mit zwei Variablen durchgeführt wird, muss der Wert der charakteristischen gemeinsamen Wiederholungsperiode bewertet werden.

ANMERKUNG 1 Der charakteristische Wert wird als die 350-jährige gemeinsame Wiederholungsperiode (die „charakteristische gemeinsame Wiederholungsperiode“) bewertet, es sei denn, der Nationale Anhang nennt einen anderen Wert.

ANMERKUNG 2 Der Wert der charakteristischen gemeinsamen Wiederholungsperiode zur Verwendung in einer statistischen Analyse mit drei oder mehr Variablen ist in diesem Dokument nicht behandelt.

(3) Wenn die physikalischen Prozesse relativ einfach/gemäßigt sind, sodass statistische Analysen möglicherweise nicht erforderlich sind (HEA1), kann der charakteristische Wert die beste Schätzung des Extremwerts mit der in (1) und (2) genannten Wiederholungsperiode sein.

4.7.3 Kombinationswert

(1) Der Kombinationswert der hydrodynamischen Lasten mit nicht-meteorologisch-ozeanographischen Einwirkungen muss durch Multiplizieren des charakteristischen Werts oder Bemessungswerts mit den in EN 1990 definierten ψ_0 -Faktoren ermittelt werden.

4.7.4 Häufiger Wert

(1) Der häufige Wert muss bewertet werden:

- als eine Frequenz von 0,02 % der Zeitüberschreitung; oder
- als eine 5-jährige marginale Wiederholungsperiode (die „häufige marginale Wiederholungsperiode“); oder
- wenn eine gemeinsame statistische Analyse der meteorologisch-ozeanographischen Parameter mit zwei Variablen durchgeführt wird, als eine 15-jährige gemeinsame Wiederholungsperiode (die „häufige gemeinsame Wiederholungsperiode“).

ANMERKUNG 1 Der Nationale Anhang kann die Verfahren auswählen oder Hinweise zur Wahl eines Verfahrens für die Bewertung des häufigen Wertes enthalten.

ANMERKUNG 2 Der Wert der häufigen gemeinsamen Wiederholungsperiode zur Verwendung in einer statistischen Analyse mit drei oder mehr Variablen ist in diesem Dokument nicht behandelt.

(2) Wenn die physikalischen Prozesse relativ einfach/gemäßigt sind, sodass statistische Analysen möglicherweise nicht erforderlich sind (HEA1), kann der häufige Wert

- die beste Schätzung des Wertes mit der Wiederholungsperiode oder der Frequenz der Zeitüberschreitung, die in (1) genannt sind, sein oder
- durch Multiplizieren des charakteristischen Wertes mit dem in EN 1990 definierten ψ_1 -Faktor berechnet werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann ein Verfahren auswählen oder Hinweise zur Wahl eines Verfahrens enthalten.

4.7.5 Quasi-ständiger Wert

(1) Der quasi-ständige Wert muss bewertet werden:

- als eine Frequenz von 0,1 % der Zeitüberschreitung; oder
- als eine 1-jährige marginale Wiederholungsperiode (die „quasi-ständige marginale Wiederholungsperiode“); oder
- wenn eine gemeinsame statistische Analyse der meteorologisch-ozeanographischen Parameter mit zwei Variablen durchgeführt wird, als eine 3-jährige gemeinsame Wiederholungsperiode (die „quasi-ständige gemeinsame Wiederholungsperiode“).

ANMERKUNG 1 Der Nationale Anhang kann ein Verfahren auswählen oder Hinweise zur Wahl eines Verfahrens für die Bewertung des quasi-ständigen Wertes enthalten.

ANMERKUNG 2 Der Wert der quasi-ständigen gemeinsamen Wiederholungsperiode zur Verwendung in einer statistischen Analyse mit drei oder mehr Variablen ist in diesem Dokument nicht behandelt.

(2) Wenn die physikalischen Prozesse relativ einfach/gemäßigt sind, sodass statistische Analysen möglicherweise nicht erforderlich sind (HEA1), kann der quasi-ständige Wert

- die beste Schätzung des Wertes mit der Wiederholungsperiode oder der Frequenz der Zeitüberschreitung, die in (1) genannt sind, sein oder
- durch Multiplizieren des charakteristischen Wertes mit dem in EN 1990 definierten ψ_2 -Faktor berechnet werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann ein Verfahren auswählen oder Hinweise zur Wahl eines Verfahrens enthalten.

(3) Der quasi-ständige Wert des Ruhewasserstands muss die mittlere Meereshöhe sein und den Anstieg der Meereshöhe durch den Klimawandel berücksichtigen.

4.8 Bemessungswert und Bedeutungsbeiwert

(1) Der bei der Verifizierung der Gebrauchstauglichkeit und Grenzzustände der Tragfähigkeit verwendete Bemessungswert muss durch Multiplizieren des Bedeutungsbeiwerts φ_1 mit der in 4.7.2 (1) definierten charakteristischen marginalen Wiederholungsperiode und der in 4.7.2 (2) definierten charakteristischen gemeinsamen Wiederholungsperiode bewertet werden.

ANMERKUNG Die Werte des Bedeutungsbeiwerts φ_1 sind in Tabelle 4.4 (NDP) aufgeführt, es sei denn, der Nationale Anhang nennt einen abweichenden Wert.

(2) Der bei der Verifizierung der Grenzzustände der Tragfähigkeit verwendete Bemessungswert muss mit Teilsicherheitsbeiwerten für die Einwirkung γ_F wie in EN 1990:2023, Tabelle A.6.8 (NDP), definiert berechnet oder direkt (d. h. ohne Teilsicherheitsbeiwerte) bewertet werden.

ANMERKUNG 1 Wasserstände werden niemals als Beiwerte berücksichtigt. Hydrostatische Drücke können als Beiwerte berücksichtigt werden, siehe Abschnitt 6 bis Abschnitt 11.

ANMERKUNG 2 Zeitunabhängige Unsicherheiten durch Einwirkungsmodelle für hydrodynamische Lasten sind durch in EN 1990:2023, Tabelle A.6.8 (NDP) aufgeführte Teilsicherheitsbeiwerte, Bemessungsgleichungen, insbesondere solche auf Modellprüfungen basierte, und die zulässigen Bemessungskriterien des Grenzzustands abgedeckt.

ANMERKUNG 3 Der Nationale Anhang kann Hinweise zum direkten Bewerten des Bemessungswerts der Einwirkung von Strömungen und Wellen zur Verwendung in der Verifizierung von Grenzzuständen der Tragfähigkeit unter Verwendung von spezifischen marginalen und gemeinsamen Wiederholungsperioden für die Bemessung liefern.

(3) Für die Verifizierung von Grenzzuständen der Tragfähigkeit von Steinschütt-Wellenbrechern (etwa den Grenzzustand der Tragfähigkeit bei starker Verschiebung (SDi) zum Schutz von Deckwerkeinheiten oder den Grenzzustand der Tragfähigkeit bei starkem Wellenüberlauf) sollte der Bemessungswert der hydrodynamischen Last direkt als ein Nennwert entsprechend einer hohen Bemessungswiederholungsperiode ohne Teilsicherheitsbeiwert bestimmt werden, siehe Abschnitt 7.

Tabelle 4.4 (NDP) — Bedeutungsbeiwert φ_I für die Verifizierung der Gebrauchstauglichkeit und von Grenzzuständen der Tragfähigkeit

Versagensfolgeklasse	Wert des Bedeutungsbeiwerts φ_I
CC3	2,0
CC2	1,0
CC1	0,5

ANMERKUNG 1 Der in Tabelle 4.4 (NDP) aufgeführte Bedeutungsbeiwert φ_I kann an die geplante Nutzungsdauer des Küstenbauwerks (bezeichnet als T_{lf}) angepasst werden, sofern $T_{lf} \geq 20$ Jahre, es gilt: der Wert φ_I aus Tabelle 4.4 (NDP) $\times T_{lf}$ (in Jahren)/50, es sei denn, der Nationale Anhang beschreibt ein anderes Verfahren.

ANMERKUNG 2 $T_{lf} = 50$ Jahre ist ein üblicher Wert für Küstenbauwerke, siehe EN 1990:2023, Abschnitt A.6.

(4) Die größere Variabilität des dynamischen Teils der Spannung in einer Festmachleine kann durch Multiplizieren eines Modellbeiwerts γ_{Sd} mit dem Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkung γ_F berücksichtigt werden.

HINWEIS Zu weiteren Einzelheiten siehe Abschnitt 11.

4.9 Besondere Kombinationsregeln für meteorologisch-ozeanographische Parameter

4.9.1 Allgemeine Festlegungen

(1) Zur Gebrauchstauglichkeit bei der Berechnung von hydrodynamischen Lasten kann eine begrenzte Anzahl von meteorologisch-ozeanographischen Parametern bei der Implementierung des Tukstra-Kombinationsverfahrens ausgewählt werden, wobei die anderen Parameter durch Korrelationen mit letzterem abgeleitet werden (falls die Korrelation nachgewiesen oder vernünftigerweise zu erwarten ist).