

# Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen EAU 2020

12. Auflage



# Inhaltsverzeichnis

[Cover](#)

[Titelblatt](#)

[Urheberrechte](#)

[Vorwort](#)

[1 Sicherheits- und Nachweiskonzept](#)

[1.1 Grundlagen des Sicherheits- und Nachweiskonzepts für Ufereinfassungen](#)

[1.2 Nachweise für Ufereinfassungen](#)

[2 Schiffsabmessungen](#)

[2.1 Seeschiffe](#)

[2.2 Binnenschiffe](#)

[2.3 Offshoreinstallationschiffe](#)

[3 Geotechnische Grundlagen](#)

[3.1 Geotechnischer Bericht](#)

[3.2 Baugrund](#)

[3.3 Wasserdruck](#)

[3.4 Hydraulischer Grundbruch](#)

[3.5 Erddruck](#)

[4 Belastungen auf Ufereinfassungen](#)

[4.1 Anlegegeschwindigkeit und Anlegedruck von Schiffen](#)

[4.2 Lotrechte Nutzlasten](#)

[4.3 Seegang und Wellendruck](#)

[4.4 Auswirkungen von Wellen aus Schiffsbewegungen](#)

4.5 Wahl einer größeren Entwurfstiefe (Kolkzuschlag)

4.6 Lasten aus Schwall- und Sunkwellen infolge Wasserein- bzw. -ableitung

4.7 Wellendruck auf Pfahlbauwerke

4.8 Vertäute Schiffe und deren Einflüsse auf die Bemessung von Vertäu- und Fendereinrichtungen

4.9 Belastung von Pollern

4.10 Kaibelastung durch Krane und anderes Umschlaggerät

4.11 Eisstoß und Eisdruck auf Ufereinfassungen, Fenderungen und Dalben im Küstenbereich

4.12 Eisstoß und Eisdruck auf Ufereinfassungen, Pfeiler und Dalben im Binnenbereich

## 5 Erdarbeiten und Baggerungen

5.1 Baggerarbeiten vor Uferwänden in Seehäfen

5.2 Bagger- und Aufspültoleranzen

5.3 Aufspülen von Hafengelände

5.4 Hinterfüllen von Ufereinfassungen

5.5 Lagerungsdichte von aufgespülten, nichtbindigen Böden

5.6 Lagerungsdichte von verklappten, nichtbindigen Böden

5.7 Baggern von Unterwasserböschungen

5.8 Sackungen nichtbindiger Böden

5.9 Ausführung von Bodenaustausch in der Rammtrasse von Ufereinfassungen

5.10 Bodenverdichtung mit schweren Fallgewichten (dynamische Intensivverdichtung)

5.11 Vertikaldräns zur Beschleunigung der Konsolidierung weicher, bindiger Böden

5.12 Konsolidierung weicher, bindiger Böden durch Vorbelastung

5.13 Verbesserung der Tragfähigkeit weicher, bindiger Böden durch Vertikalelemente

## 6 Schutz- und Sicherungsbauwerke

6.1 Böschungs- und Sohlsicherung

6.2 Hochwasserschutzwände in Seehäfen

6.3 Geschüttete Molen und Wellenbrecher

## 7 Ausführung von Ufereinfassungen

7.1 Querschnittsgestaltung

7.2 Ausrüstung

7.3 Entwässerung

7.4 Fenderausrüstung

7.5 Offshorebasishäfen

7.6 RoRo-Anleger

7.7 Anlegebrücken

## 8 Spundwandbauwerke

8.1 Baustoffe und Ausführung

8.2 Berechnung und Bemessung der Spundwand

## 9 Verankerungen

9.1 Pfähle und Anker

9.2 Gurte und Pfahl- bzw. Ankeranschlüsse

9.3 Nachweis der Standsicherheit von Verankerungen in der tiefen Gleitfuge

## 10 Uferwände, Ufermauern und Überbauten aus Beton

10.1 Allgemeines

10.2 Baustoffe

10.3 Konstruktion und Bauausführung

10.4 Bauweisen

## 11 Pfahlrostkonstruktionen

### 11.1 Allgemeines

### 11.2 Ausbildung und Bemessung ebener Pfahlrostkonstruktionen

### 11.3 Ausbildung und Bemessung räumlicher Pfahlrostkonstruktionen

### 11.4 Ausbildung und Bemessung von Pfahlrostkonstruktionen in Erdbebengebieten

## 12 Dalben

### 12.1 Entwurf und Ausführung

### 12.2 Bemessung

## 13 Betrieb, Unterhaltung und Instandsetzung von Ufereinfassungen

### 13.1 Betrieb von Ufereinfassungen

### 13.2 Bauwerksinspektion

### 13.3 Tragfähigkeitsbewertungen bestehender Ufereinfassungen

### 13.4 Instandsetzung von Ufereinfassungen aus Beton

### 13.5 Ertüchtigung und Rückbau von bestehenden Ufereinfassungen

## Anhang A Zeichenerklärung

### A.1 Kurzzeichen für Rechengrößen

### A.2 Indizes

### A.3 Abkürzungen

### A.4 Wasserstände und Wellenhöhen

## Stichwortverzeichnis

## Endbenutzer-Lizenzvereinbarung

# **Illustrationsverzeichnis**

## Kapitel 3

- a. [Abb. 3.1 Beispiel für die Anordnung der Bohrungen und der Sondierungen für Ufere...](#)
- b. [Abb. 3.2 Näherungsansätze für den resultierenden Wasserdruck auf Ufereinfassunge...](#)
- c. [Abb. 3.3 Näherungsansätze für den resultierenden Wasserdruck auf Ufereinfassunge...](#)
- d. [Abb. 3.4 Ansatz des Wasserdrucks auf Uferspundwände eines Binnenschifffahrtskana...](#)
- e. [Abb. 3.5 Ansatz des resultierenden Wasserdrucks bei einer überbauten Böschung fü...](#)
- f. [Abb. 3.6 Randbedingungen für Strömungsnetze kennzeichnender Beispiele mit Umströ...](#)
- g. [Abb. 3.7 Beispiel für ein Grundwasserströmungsnetz in homogenem Boden bei vertikal...](#)
- h. [Abb. 3.8 Definitionsskizze für die angenäherte Ermittlung der durch den Strömung...](#)
- i. [Abb. 3.9 Beispiel für ein Grundwasserströmungsnetz bei horizontaler Zuströmung i...](#)
- j. [Abb. 3.10 Beispiel für ein Grundwasserströmungsnetz bei horizontaler Zuströmung ...](#)
- k. [Abb. 3.11 Teilgeböschter Uferausbau mit einer gepflasterten steilen Böschung. \(a...](#)
- l. [Abb. 3.12 Näherungsansatz zur Ermittlung von  \$E\_{au}\$ .](#)
- m. [Abb. 3.13 Lösung nach Lohmeyer bei einheitlichem Boden.](#)

- n. [Abb. 3.14 Lösung nach Lohmeyer mit Erweiterung für geschichteten Boden \(Lösungsm...](#)
- o. [Abb. 3.15 Lösung nach Lohmeyer mit Erweiterung für geschichteten Boden \(Lösungsm...](#)
- p. [Abb. 3.16 Wirkungsbereich einer Streifenlast.](#)
- q. [Abb. 3.17 Horizontale Lastverteilung bei begrenzten Lasten.](#)
- r. [Abb. 3.18 Beispiel für die Ermittlung der waagerechten Komponente der Erddruckve...](#)
- s. [Abb. 3.19 Grundwasserüberdruck unter einer gering durchlässigen Gewässersohle.](#)
- t. [Abb. 3.20 Ermittlung des Erddrucks  \$E\_a\$  auf die Ufereinfassung.  \$E\_a\$ : Gesamterddruck...](#)
- u. [Abb. 3.21 \(a\) Ermittlung des Erddrucks  \$E\_a\$  und \(b\) des Erdwiderstands  \$E\_p\$  unter Be...](#)
- v. [Abb. 3.22 Ermittlung der fiktiven Winkel  \$\Delta\alpha\$  und  \$\Delta\beta\$  und Darstellung der um die Wi...](#)
- w. [Abb. 3.23 Skizze für den Berechnungsansatz zur Ermittlung von  \$k'\_h\$ .](#)
- x. [Abb. 3.24 Vereinfachter Erddruckansatz.](#)

#### Kapitel 4

- a. [Abb. 4.1 Anlegegeschwindigkeiten von Binnenschiffen als Funktion der Schiffsmass...](#)
- b. [Abb. 4.2 Rayleigh-Verteilung der Wellenhöhen eines natürlichen Seegangs \(schemat...](#)
- c. [Abb. 4.3 Parameter eines Wellenspektrums - Definitionsskizzen \(Oumeraci, 2001\). ...](#)

- d. [Abb. 4.4 Dynamische Druckverteilung an einer lotrechten Wand bei vollständiger R...](#)
- e. [Abb. 4.5 Belastung durch Sturzbrecher \(HTG, 1996; Kortenhaus und Oumeraci, 1997\)...](#)
- f. [Abb. 4.6 Wasserspiegeländerung bei Fahrt eines Schiffes im begrenzten Fahrwasser...](#)
- g. [Abb. 4.7 Grossmotorschiff bei der Fahrt in der Nähe der kritischen Schiffsgeschw...](#)
- h. [Abb. 4.8 Wellenbild, schematisch nach \(BAW, 2010\).](#)
- i. [Abb. 4.9 Abhängigkeit der kritischen Schiffsgeschwindigkeit  \$v\_{krit}\$  von der mittlere...](#)
- j. [Abb. 4.10 Abhängigkeit der mittleren Wasserspiegelabsenkung  \$\Delta h\$  von der mittleren...](#)
- k. [Abb. 4.11 Wellenangriff auf einen lotrechten Pfahl gemäß CEM \(2001\).](#)
- l. [Abb. 4.12 Veränderung der Kräfte aus Strömungsdruck und Beschleunigung über eine...](#)
- m. [Abb. 4.13  \$C\_D\$ -Werte von Pfahlquerschnitten mit stabilen Ablösepunkten \(Hafner, 19...](#)
- n. [Abb. 4.14 Angaben für eine Pfahlgruppe \(im Grundriss\) nach \(SPM, 1984\).](#)
- o. [Abb. 4.15 Zur Berechnung der Wellenlasten auf einen geneigten Pfahl \(SPM, 1984\).](#)
- p. [Abb. 4.16 Definitionsskizze für Slamming-Ansatz.](#)
- q. [Abb. 4.17 \(a\) Wellenprofil und \(b\) Kontaktwinkel nach der Fourier-Wellentheorie.](#)
- r. [Abb. 4.18 Ansatz der Windlasten auf das vertäute Schiff.](#)
- s. [Abb. 4.19 Komponenten eines Vertäusystems.](#)

- t. [Abb. 4.20 Abmessungen unterschiedlicher, aktueller Containerkrane mit \(a\) 20 Lau...](#)
- u. [Abb. 4.21 Thermischer Eisdruck in Abhängigkeit von Eistemperatur und Eisdicke \(n...](#)
- v. [Abb. 4.22 Beispielrechnungen zur Ermittlung des geometrischen Faktors  \$f\_g\$ .](#)
- w. [Abb. 4.23 Risiko möglicher Eisaufschiebungen nach Hager \(1996\) bezüglich \(a\) Was...](#)

## Kapitel 5

- a. [Abb. 5.1 Baggerarbeiten vor lotrechten Spundwänden in Seehäfen. Stadium 1: vorge...](#)
- b. [Abb. 5.2 Aufspülen von Hafengelände über dem Wasserspiegel \(schematisch\).](#)
- c. [Abb. 5.3 Aufspülen von Hafengelände auf einen Untergrund unter dem Wasserspiegel...](#)
- d. [Abb. 5.4 Unterwasserspüldeiche aus Steinschüttmaterial. Der feinkörnige Auffülls...](#)
- e. [Abb. 5.5 Unterwasseraufbau von Deichen aus Grobsand durch Verklappen.](#)
- f. [Abb. 5.6 Herstellen einer Unterwasserböschung mit Eimerkettenbagger.](#)
- g. [Abb. 5.7 Herstellen einer Unterwasserböschung mit Schneidkopf- oder Schneidradba...](#)
- h. [Abb. 5.8 Lastsenkungsdiagramm eines erdfeuchten Sands bei Durchnässung.](#)
- i. [Abb. 5.9 Störschicht beim Aushub mit Eimerkettenbagger.](#)
- j. [Abb. 5.10 Störschichtbildung beim Aushub mit Schneidkopf- bzw. Schneidradaugbag...](#)

- k. [Abb. 5.11 Abhängigkeit der Setzungen von der Zeit und den Auflasten \(Prinzip\).](#)
- l. [Abb. 5.12 Beziehung zwischen dem Zeitfaktor  \$T\_v\$  und dem Konsolidierungsgrad  \$U\$ .](#)
- m. [Abb. 5.13 Bestimmung der Vorbelastung  \$p\_v\$  abhängig von der Zeit  \$t\_s\$ .](#)
- n. [Abb. 5.14 Belastung auf die Pfähle \(Zaeske, 2001\).](#)

## Kapitel 6

- a. [Abb. 6.1 Aufbau eines Deckwerks.](#)
- b. [Abb. 6.2 Fußsicherung mit \(a\) Einbindung und \(b\) Vorlage \(nach MAR, 2008\).](#)
- c. [Abb. 6.3 Ausführung einer Hafentböschung mit durchlässigem Deckwerk in Bremen \(Be...](#)
- d. [Abb. 6.4 Ausführung einer Hafentböschung mit durchlässigem Deckwerk in Hamburg \(B...](#)
- e. [Abb. 6.5 Ausführung einer Hafentböschung mit durchlässigem Deckwerk und Begrünung...](#)
- f. [Abb. 6.6 Ausführung einer Hafentböschung mit durchlässigem Deckwerk in Rotterdam ...](#)
- g. [Abb. 6.7 Ausführung einer Hafentböschung mit durchlässigem Deckwerk bei Rotterdam...](#)
- h. [Abb. 6.8 Ausführung einer Hafentböschung mit undurchlässigem Deckwerk in Rotterda...](#)
- i. [Abb. 6.9 Strahlenkende Maßnahmen an einer Kaiwand zur Kolkreduktion \(Römisch, 2...](#)
- j. [Abb. 6.10 Strahlerzeugung durch die Heckschraube.](#)
- k. [Abb. 6.11 Strahlbelastung der Hafentsohle durch das Bugstrahlruder.](#)

- l. [Abb. 6.12 Abmessungen der Befestigungsflächen vor einem Kai; \(1\) heckwärtige Ext...](#)
- m. [Abb. 6.13 Maßgebende Wasserstände bei Hochwasser.](#)
- n. [Abb. 6.14 Beispiele für gebräuchliche Formsteine.](#)
- o. [Abb. 6.15 Filterförmiger Wellenbrecheraufbau in drei Abstufungen; \(a\) bei nicht ...](#)
- p. [Abb. 6.16 Seeseitige Fußsicherung eines Wellenbrechers.](#)
- q. [Abb. 6.17 Wellenhöhendauerlinie. Dauer des Überschreitens bestimmter, in einem J...](#)

## Kapitel 7

- a. [Abb. 7.1 Querschnittsgrundmaße von Ufereinfassungen in Seehäfen \(die Versorgungs...](#)
- b. [Abb. 7.2 Seitlicher und oberer Sicherheitsabstand bei Eisenbahnen.](#)
- c. [Abb. 7.3 Empfohlene Spurmittenmaße \(SMM\) und lichte Weiten \(LWP\) für Kranportale...](#)
- d. [Abb. 7.4 Beispiel für eine verankerte Spundwand mit Anlegepfählen/Stahlbetonwand...](#)
- e. [Abb. 7.5 Querschnittsgrundmaße bei Spundwandbauwerken in Binnenhäfen \(Kranschienen...](#)
- f. [Abb. 7.6 Kranschiene außermittig Spundwandachse \(Beispiel\).](#)
- g. [Abb. 7.7 Teilgeböschtes Ufer bei Schiffsliegeplätzen, vor allem für Schubleichte...](#)
- h. [Abb. 7.8 Teilgeböschtes Ufer bei hochwasserfreiem Hafenplanum. Anmerkung: Die Sp...](#)

- i. [Abb. 7.9 Ermittlung der Entwurfstiefe nach CUR \(2013\).](#)
- j. [Abb. 7.10 Bodenersatz vor und/oder hinter dem Bauwerk.](#)
- k. [Abb. 7.11 Bodenverfestigung oder Bodenverdichtung vor dem Bauwerk.](#)
- l. [Abb. 7.12 Sicherung durch eine Entlastungskonstruktion auf Pfählen.](#)
- m. [Abb. 7.13 Anwendung von Zusatzankern \(a\) horizontal oder \(b\) schräg.](#)
- n. [Abb. 7.14 Tieferrahmen und Aufstocken der vorhandenen Ufereinfassung und Zusatzv...](#)
- o. [Abb. 7.15 Vorbau einer Spundwand und eines neuen Überbauwerks.](#)
- p. [Abb. 7.16 Vorbau einer Spundwand und einer Zusatzverankerung \(a\) oder \(b\).](#)
- q. [Abb. 7.17 Vorbau auf Pfählen mit Unterwasserböschung.](#)
- r. [Abb. 7.18 Uferausbau mittels Ersatz eines geböschten Ufers durch ein teilgebösch...](#)
- s. [Abb. 7.19 Uferausbau durch Hinterrahmen von rückverankerten Trägern IPB 500 und ...](#)
- t. [Abb. 7.20 Uferausbau durch zusätzliche Verankerung einer vorhandenen Spundwand.](#)
- u. [Abb. 7.21 Uferausbau durch Vorrahmen einer neuen rückverankerten Spundwand.](#)
- v. [Abb. 7.22 Uferausbau durch Verdichtung nichtbindigen Bodens im Erdwiderstandsber...](#)
- w. [Abb. 7.23 Uferausbau mit Böschungssicherung durch Vernagelung.](#)

- x. [Abb. 7.24 Beispiel eines Sliphakens.](#)
- y. [Abb. 7.25 Steigeleiter bei Stahlholmen \(Masse in cm\); \(a-c\) verschiedene Seitena...](#)
- z. [Abb. 7.26 Steigeleiter in Stahlbetonholmen \(Masse in cm\); \(a\) Seitenansicht, \(b\)...](#)
- aa. [Abb. 7.27 Panzerung eines u-förmigen Spundwandwellenprofils.](#)
- ab. [Abb. 7.28 Panzerungen bei Z- und bei U-Bohlen: \(a\) Z-Bohlen - Herstellung auf de...](#)
- ac. [Abb. 7.29 Werksseitig hergestellte Panzerung in \(a\) geschweisster und \(b\) in abg...](#)
- ad. [Abb. 7.30 Panzerung mit Trittnischen; \(a\) Ansicht Doppelbohle mit Stosspanzer al...](#)
- ae. [Abb. 7.31 Stosspanzerung mit eingebautem Trittnischenkasten.](#)
- af. [Abb. 7.32 Panzerung mit Nischenpollern. \(a\) Ansicht einer Doppelbohle mit Stosp...](#)
- ag. [Abb. 7.33 Ausführungsbeispiel für eine Landstromversorgung von Fährschiffen im Ü...](#)
- ah. [Abb. 7.34 Ausführungsbeispiel für eine Landstromversorgung von Binnenschiffen mi...](#)
- ai. [Abb. 7.35 Ausführungsbeispiel für eine Landstromversorgung von Kreuzfahrtschiffe...](#)
- aj. [Abb. 7.36 Pollerfundament bei einem teilgeböschten Ufer \(beispielhafte Darstellu...](#)
- ak. [Abb. 7.37 Schwere Kranbahn auf durchgehender Betonbettung \(Ausführungsbeispiel\);...](#)
- al. [Abb. 7.38 Leichte Kranbahn auf Einzelstützen.](#)

- am. [Abb. 7.39 Schwere Kranbahn auf unterstopften Einzelstützen; \(a\) Querschnitt A-A,...](#)
- an. [Abb. 7.40 Beispiel einer schweren Kranbahn auf Schienentragkörpern; \(a\) Schnitt...](#)
- ao. [Abb. 7.41 Ausführungsbeispiel einer überfahrbaren schweren Kranbahn \(die Bewehru...](#)
- ap. [Abb. 7.42 Ausführungsbeispiel einer überfahrbaren leichten Kranbahn.](#)
- aq. [Abb. 7.43 Anschluss der Sohlendichtung einer Bewegungsfuge an eine u-förmige Spu...](#)
- ar. [Abb. 7.44 Anschluss der Sohlendichtung einer Bewegungsfuge an eine z-förmige Spu...](#)
- as. [Abb. 7.45 Anschluss einer Spundwand aus U-Bohlen an ein Bauwerk: \(a\) Anschluss a...](#)
- at. [Abb. 7.46 Anschluss einer Spundwand aus Z-Bohlen an ein Betonbauwerk: \(a\) Anschl...](#)
- au. [Abb. 7.47 Anschluss einer Spundwand aus U-Bohlen an ein Betonbauwerk bei hohen A...](#)
- av. [Abb. 7.48 Gewalzte oder gepresste Stahlholme mit Wulst, an die Spundwand geschwe...](#)
- aw. [Abb. 7.49 Verschweisster Holmgurt mit hohem Widerstandsmoment.](#)
- ax. [Abb. 7.50 Sonderausführung eines Stahlspundwandholms mit Kranhakenabweiser; \(a\) ...](#)
- ay. [Abb. 7.51 Stahlbetonholm für eine Wellenspundwand ohne wasserseitige Betonüberde...](#)
- az. [Abb. 7.52 Stahlbetonholm für eine Wellenspundwand mit beidseitiger](#)

## Betonüberdeck...

- ba. Abb. 7.53 Stahlbetonholm für eine Kastenspundwand ohne wasserseitige Betonüberde...
- bb. Abb. 7.54 Schwerer Stahlbetonholm einer Seeschiffskaimauer. Ausbildung im Bereic...
- bc. Abb. 7.55 Dehnungsfuge eines Stahlbetonholms.
- bd. Abb. 7.56 Kantenschutz mit Entwässerungsrinne.
- be. Abb. 7.57 In den Niederlanden gebräuchlicher Kantenschutz mit Sonderprofil.
- bf. Abb. 7.58 Kantenschutz mit abgerundetem Blech, in Seehäfen mit und in Binnenhäfe...
- bg. Abb. 7.59 Kantenschutz mit abgewinkelttem Blech ohne Fussleiste für nicht hochwas...
- bh. Abb. 7.60 Beispiel einer Durchlaufentwässerung bei Wellenprofilspundwänden.
- bi. Abb. 7.61 Standardentwässerung der Kaimauer in Rotterdam.
- bj. Abb. 7.62 Detailschnitt durch die Standardentwässerung der Kaimauer in Rotterdam...
- bk. Abb. 7.63 Beispiel einer Grundwasserentlastung für eine Kaianlage im Tidegebiet.
- bl. Abb. 7.64 Arbeitskennlinie eines Fenders.
- bm. Abb. 7.65 Definitionsskizze zur Berechnung der aufzunehmenden Energie infolge ei...
- bn. Abb. 7.66 Super Cone Fender (SCN) mit Stahlplatte, Hafen Rotterdam.

- bo. [Abb. 7.67 Beispiel einer Fenderanlage mit zylindrischen Fendern; \(a\) Ansicht und...](#)
- bp. [Abb. 7.68 Generelle Angaben für in Längsrichtung belastete Rundfender aus Elasto...](#)
- bq. [Abb. 7.69 Beispiel eines Trapezfenders: \(a\) Ansicht, \(b\) Querschnitt und \(c\) Dra...](#)
- br. [Abb. 7.70 Beispiel eines Lkw-Reifenfenders.](#)
- bs. [Abb. 7.71 Beispiel einer Schwimmfenderanlage an einem Grossschiffs Liegeplatz mit...](#)
- bt. [Abb. 7.72 Gleitleiste unmittelbar auf einer Peiner Spundwand befestigt.](#)
- bu. [Abb. 7.73 Ausrüstung der Fenderschürze einer Stahlrohrdalbe mit Gleitleisten; \(a...](#)
- bv. [Abb. 7.74 Vermeiden einer Überlappung des Eindring- oder Herausziehschermechanis...](#)
- bw. [Abb. 7.75 Jack-up-Schiff beim Heben eines Monopiles.](#)
- bx. [Abb. 7.76 Angenommener Schermechanismus beim Durchstanzen \(punch through\).](#)
- by. [Abb. 7.77 Seitliches Ausweichen des Bodens \(squeezing\).](#)
- bz. [Abb. 7.78 \(a\), \(b\) Spudcan-Geometrie eines Errichterschiffes und \(c\) zugehöriger...](#)
- ca. [Abb. 7.79 Schiffe \(a\) mit oder \(b\) ohne eine eigene Fährbrücke \(BS \(2007\)\).](#)
- cb. [Abb. 7.80 Schiff mit eigener Klappe an einem Standardliegeplatz.](#)
- cc. [Abb. 7.81 Beispiel für eine feste Rampe im Hafen \(Rostock, Liegeplatz 60\): \(a\) T...](#)

- cd. [Abb. 7.82 Beispiel für eine bewegliche Fährbrücke mit Doppeldeck \(Fahrzeugverkehr...](#)
- ce. [Abb. 7.83 Beispiel einer beweglichen Eisenbahnfährbrücke \(Lübeck, Liegeplatz 64\)...](#)
- cf. [Abb. 7.84 Beispiel einer fest installierten Anlegebrücke, Lumut \(Malaysia\) \(BAM ...](#)
- cg. [Abb. 7.85 Beispiel einer schwimmenden Anlegebrücke, Köln \(Shell Deutschland\).](#)
- ch. [Abb. 7.86 Kriterien zur Ableitung des empfohlenen Dalbenabstands. Doppelpfeil: D...](#)
- ci. [Abb. 7.87 Empfohlene Anordnung der Festmacheleinen \(OCIMF Guidelines\). Die angeg...](#)
- cj. [Abb. 7.88 Installation einer an Land gefertigten Plattform, Darwin \(Australien\) ...](#)
- ck. [Abb. 7.89 Beispiel einer Zugangsbrücke, Fujairah \(VAE\) \(BAM International\).](#)
- cl. [Abb. 7.90 \(a\) Verladearme sowie Türme für Feuerlöschmonitor und Gangway, Gujaira...](#)
- cm. [Abb. 7.91 \(a\) Verfahrbare Löschrücken, Lumut \(Malaysia\) \(BAM International\) und...](#)
- cn. [Abb. 7.92 \(a\) Entladevorrichtung mit Förderschnecke \(Cyclomedia Technology B.V.;...](#)

## Kapitel 8

- a. [Abb. 8.1 Beispiele bewährter Schlossformen und Verhakungen für Stahlspundbohlen....](#)
- b. [Abb. 8.2 Prinzipskizze für die Schlossverschweissung zur Schubkraftaufnahme bei ...](#)
- c. [Abb. 8.3 Schubfest verbundene u-förmige Doppelbohle mit Haupt- und Wandachsen.](#)

- d. [Abb. 8.4 Verbundwände: zur Wandachse winklig stehende Doppelbohlen.](#)
- e. [Abb. 8.5 Kombinierte Spundwände aus \(a\) doppeltem H-Profil und z-förmiger Füllbo...](#)
- f. [Abb. 8.6 Schematische Grundrisse von Zellenfangedämmen: \(a\) Kreiszellenfangedamm...](#)
- g. [Abb. 8.7 Ausführungsskizzen eines Trägerstosses: \(a\) Schnitt durch die Stossstel...](#)
- h. [Abb. 8.8 Fortlaufendes Einbringen von Spundbohlen.](#)
- i. [Abb. 8.9 Staffelweises Einbringen von Spundbohlen. 1 - die erste Doppelbohle ver...](#)
- j. [Abb. 8.10 Fachweises Einbringen von Spundbohlen.](#)
- k. [Abb. 8.11 Prinzipskizzen für Keil- und Passbohlen: \(a\) Keilbohle, \(b\) Passbohle,...](#)
- l. [Abb. 8.12 Aussteifung der Rohrköpfe \(a\) mit eingeschweissten Blechen und \(b\) mit...](#)
- m. [Abb. 8.13 Rammgerüst für Senkrecht- und Schrägrammung.](#)
- n. [Abb. 8.14 Schematische Darstellung einer Ufereinfassung in Kreiszellenfangedamm...](#)
- o. [Abb. 8.15 Kopfausbildung bei überbautem Kreiszellenfangedamm.](#)
- p. [Abb. 8.16 Prinzip der Grabensprengung mit geneigten Bohrlöchern \(Skizze nicht ma...](#)
- q. [Abb. 8.17 Signalgeber: \(a\) Näherungsschalter, \(b\) elektrischer Kontaktstift, \(c\)...](#)
- r. [Abb. 8.18 Beispiel der Sanierung eines kleinen Schlossschadens in einer Wellenwa...](#)

- s. [Abb. 8.19 Beispiel der Sanierung eines grossen Schlossschadens in einer Wellenwa...](#)
- t. [Abb. 8.20 Beispiel der Sanierung eines Schlossschadens in einer kombinierten Spu...](#)
- u. [Abb. 8.21 Beispiel der Sanierung eines Schlossschadens in einer kombinierten Wan...](#)
- v. [Abb. 8.22 Beispiel der Sanierung eines Schlossschadens in einer kombinierten Roh...](#)
- w. [Abb. 8.23 \(a\) Pegelzunahme beim Zusammenwirken mehrerer gleich lauter Pegel; \(b\)...](#)
- x. [Abb. 8.24 Bereiche möglicher Durchrostungen an \(a\) U- und \(b\) Z-Bohlen in der Ni...](#)
- y. [Abb. 8.25 Korrosionsbedingte Abrostungen \(Wanddickenverluste\) im Süswasser: \(a\)...](#)
- z. [Abb. 8.26 Korrosionsbedingte Abrostungen \(Wanddickenverluste\) im Meerwasser: \(a\)...](#)
- aa. [Abb. 8.27 Abrostung im Meerwasser in der Niedrigwasserzone in Millimeter, maxima...](#)
- ab. [Abb. 8.28 Wanddickenverluste im Süswasser: \(a\) Unterwasserzone \(UWz\), mittlere ...](#)
- ac. [Abb. 8.29 Lastbild für die Ermittlung der Biegemomente mit reduzierten Teilsiche...](#)
- ad. [Abb. 8.30 Lastbild für die Ermittlung der Biegemomente mit nicht reduzierten Tei...](#)
- ae. [Abb. 8.31 Beispiel 1: Umlagerungshöhe  \$H\_E\$  und Ankerkopflage  \$a\$  bei der Ermittlung ...](#)
- af. [Abb. 8.32 Beispiel 2: Umlagerungshöhe  \$H\_E\$  und Ankerkopflage  \$a\$  bei Ermittlung der ...](#)

- ag. [Abb. 8.33 Erddruckumlagerung für das Herstellverfahren „Abgegrabene Wand“.](#)
- ah. [Abb. 8.34 Erddruckumlagerung für das Herstellverfahren „Hinterfüllte Wand“.](#)
- ai. [Abb. 8.35 Erforderliche zusätzliche Baggertiefe für eine Erddruckumlagerung nach...](#)
- aj. [Abb. 8.36 Vorzeichendefinition der Wandneigungswinkel  \$\alpha\_k\$ , der Geländeneigungswin...](#)
- ak. [Abb. 8.37 Wirksamer Anteil der Bodenreaktion bei Einspannung im Boden nach Blum ...](#)
- al. [Abb. 8.38 Ansatz der Einwirkungen und Widerstände am Beispiel einer eingespannte...](#)
- am. [Abb. 8.39 Ansatz der wirksamen Mantelfläche und Spitzenwiderstände gemäss Modell...](#)
- an. [Abb. 8.40 Einwirkungen, rechnerische Auflager- und Bodenreaktionen einer im Bode...](#)
- ao. [Abb. 8.41 Mobilisierte Auflager- und Bodenreaktionen einer im Boden eingespannte...](#)
- ap. [Abb. 8.42 Staffelung des Spundwandfusses bei einer voll im Boden eingespannten S...](#)
- aq. [Abb. 8.43 Staffelung des Spundwandfusses bei einer frei im Boden aufgelagerten S...](#)
- ar. [Abb. 8.44 Übertragung von Längskräften mit Passschrauben in den Gurtflanschen \(L...](#)
- as. [Abb. 8.45 Übertragung von Längskräften mit an den Gurt geschweissten Knaggen; \(a...](#)
- at. [Abb. 8.46 Übertragung von Längskräften mit Gurtbolzen und eingeschweisster, gebo...](#)
- au. [Abb. 8.47 Einwirkungen, Bodenreaktion und Ersatzkraft einer im Boden voll einges...](#)

- av. [Abb. 8.48 Frei auf Fels stehender Fangedamm mit Entwässerung.](#)
- aw. [Abb. 8.49 Auf überlagertem Fels stehender Fangedamm mit Entwässerung.](#)
- ax. [Abb. 8.50 In tragfähiges Lockergestein einbindender Fangedamm mit Entwässerung: ...](#)
- ay. [Abb. 8.51 Ringzugkräfte \( \$F\_{t,Ed}\$ \) in den einzelnen Wandelementen eines Kreiszellen...](#)
- az. [Abb. 8.52 Grundriss eines Kastenfangedamms mit in sich verankerten Festpunktblöc...](#)
- ba. [Abb. 8.53 Verlauf der tiefen Gleitfuge innerhalb eines Kastenfangedamms: \(a\) Ann...](#)
- bb. [Abb. 8.54 Schematische Darstellung eines Molenbauwerkes in Kastenfangedammbauwei...](#)

## Kapitel 9

- a. [Abb. 9.1 Beispielhafte Darstellung mit Spundwandankertafeln.](#)
- b. [Abb. 9.2 Beispielhafte Darstellung eines Klappankers im Querschnitt.](#)
- c. [Abb. 9.3 Beispielhafte Darstellung eines Klappankers in der Draufsicht.](#)
- d. [Abb. 9.4 Geschnittenes Gewinde.](#)
- e. [Abb. 9.5 Gerolltes Gewinde.](#)
- f. [Abb. 9.6 Warmgewalztes Gewinde.](#)
- g. [Abb. 9.7 Stahlbetongurt einer Stahlspundwand; \(a\) Schnitt a-a, \(b\) Grundriss.](#)
- h. [Abb. 9.8 Fugenverzahnung eines Stahlbetongurts.](#)
- i. [Abb. 9.9 Einfach verankertes Spundwandbauwerk mit Hilfsverankerung.](#)

- j. [Abb. 9.10 Schwimmende Ankerwand mit ausmittigem Ankeranschluss.](#)
- k. [Abb. 9.11 Verankerung vorspringender Kaimauerecken in Spundwandkonstruktion in S...](#)
- l. [Abb. 9.12 Beispiel für den Ausbau einer vorspringenden Kaimauerecke mit Stahlpfa...](#)
- m. [Abb. 9.13 3-D-Ansicht einer vorspringenden Kaimauerecke mit geneigten Klappanker...](#)
- n. [Abb. 9.14 Gelenkiger Anschluss eines leichten Stahlpfahls an eine leichte Stahls...](#)
- o. [Abb. 9.15 Gelenkiger Anschluss eines Stahlpfahls an eine schwere Stahlspundwand ...](#)
- p. [Abb. 9.16 Gelenkiger Anschluss eines geramnten verpressten Stahlpfahls an eine s...](#)
- q. [Abb. 9.17 Gelenkiger Anschluss eines Stahlpfahls an eine kombinierte Stahlspundw...](#)
- r. [Abb. 9.18 Gelenkiger Anschluss eines Stahlpfahls an eine kombinierte Stahlspundw...](#)
- s. [Abb. 9.19 Gelenkiger Anschluss eines Stahlpfahls an eine kombinierte Stahlspundw...](#)
- t. [Abb. 9.20 Anschluss eines Stahlpfahles an eine kombinierte Spundwand durch Schla...](#)
- u. [Abb. 9.21 Gelenkiger Anschluss eines Kleinverpresspfahls mit doppeltem Korrosion...](#)
- v. [Abb. 9.22 Nachweis der Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge.](#)
- w. [Abb. 9.23 Nachweis der Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge bei geschichtetem...](#)
- x. [Abb. 9.24 Nachweis der Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge bei Pfählen und V...](#)

- y. [Abb. 9.25 Nachweis der Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge bei mehrlagiger V...](#)

## Kapitel 10

- a. [Abb. 10.1 Beispiel für die Expositionsklassen einer Kaimauer im Süßwasser mit T...](#)
- b. [Abb. 10.2 Beispiel für die Expositionsklassen einer Kaimauer im Meerwasser.](#)
- c. [Abb. 10.3 Beispiel für eine Winkelstützmauer.](#)
- d. [Abb. 10.4 Querschnitt durch eine Ufermauer in Blockbauweise.](#)
- e. [Abb. 10.5 Ausbildung einer Ufermauer aus Schwimmkästen.](#)
- f. [Abb. 10.6 Ausbildung einer Kaimauer aus Druckluft-Senkkästen bei nachträglicher ...](#)
- g. [Abb. 10.7 Ausbildung einer Kaimauer aus offenen Senkkästen bei nachträglicher Ha...](#)

## Kapitel 11

- a. [Abb. 11.1 Pfahlrostkonstruktion mit land- und wasserseitigen Spundwänden.](#)
- b. [Abb. 11.2 Ausgeführtes Beispiel einer Pfahlrostkonstruktion mit wasserseitiger S...](#)
- c. [Abb. 11.3 Ausgeführtes Beispiel eines Hafenspiers.](#)

## Kapitel 12

- a. [Abb. 12.1 Dalbenbauarten, jeweils Seitenansicht \(oben\) und Vorderansicht \(unten\)...](#)
- b. [Abb. 12.2 Überblick über das statische System einer Dalbe mit Fender und typisch...](#)
- c. [Abb. 12.3 Idealisierte Kraft-Weg-Diagramme für die Dalbengründung \(Boden-Bauwerk...](#)

- d. [Abb. 12.4 Systemidealisation für räumlichen Erdwiderstand nach Blum: \(a\) Drehun...](#)
- e. [Abb. 12.5 Ansatz des räumlichen Erdwiderstandes und der Ersatzkraft  \$C\$  in geschic...](#)
- f. [Abb. 12.6 Qualitative  \$p\$ - \$y\$ -Kurven für \(a\) Sand, oberflächennah, \(b\) weichen, bind...](#)

## Tabellenverzeichnis

### Kapitel 1

- a. [Tab. 1.1 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen \(nach DIN ...](#)
- b. [Tab. 1.2 Teilsicherheitsbeiwerte für geotechnische Kenngrößen \(DIN 1054:2010-12,...](#)
- c. [Tab. 1.3 Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände \(nach DIN 1054:2010-12, Tab. A ...](#)

### Kapitel 2

- a. [Tab. 2.1 Fahrgast- und Kreuzfahrtschiffe.](#)
- b. [Tab. 2.2 Massengutfrachter – Bulk Carrier.](#)
- c. [Tab. 2.3 Containerschiffe.](#)
- d. [Tab. 2.4 RoRo/ConRo-Schiffe.](#)
- e. [Tab. 2.5 Öltanker.](#)
- f. [Tab. 2.6 Gastanker.](#)
- g. [Tab. 2.7 Klassifizierung für europäische Binnenwasserstraßen.](#)
- h. [Tab. 2.8 Auswahl von Installationsschiffen für Offshorebauwerke.](#)

### Kapitel 3

- a. [Tab. 3.1 Anhaltswerte für charakteristische Werte von Bodenkenngrößen: nichtbind...](#)
- b. [Tab. 3.2 Anhaltswerte für charakteristische Werte von Bodenkenngrößen: bindige B...](#)
- c. [Tab. 3.3 Anhaltswerte für charakteristische Werte von Bodenkenngrößen: organisch...](#)
- d. [Tab. 3.4 Grenzen der Einpressbarkeit von Stahlspundbohlen.](#)
- e. [Tab. 3.5 Charakteristische Anhaltswerte der scheinbaren Kohäsion für mindestens ...](#)

#### Kapitel 4

- a. [Tab. 4.1 Lotrechte Nutzlasten \(GRF = Grundfall\).](#)
- b. [Tab. 4.2 Empfehlung zur Festlegung der Bemessungswellenhöhe.](#)
- c. [Tab. 4.3 Festlegung der Brechertypen \(die Werte beruhen auf Untersuchungen mit B...](#)
- d. [Tab. 4.4 Lineare Wellentheorie: physikalische Beziehungen \(Wiegel, 1964\).](#)
- e. [Tab. 4.5 Multiplikator bei kleinen Pfahlabständen \(Dietze, 1964\).](#)
- f. [Tab. 4.6 Wellenprofil \(links\) und Kontaktwinkel \(rechts\) nach der Fourier-Wellen...](#)
- g. [Tab. 4.7 Umrechnungsfaktoren von mittleren Windgeschwindigkeiten in Zehn-Minuten...](#)
- h. [Tab. 4.8 Last- und Exzentrizitätskoeffizienten für Schiffe bis 50 000 dwt.](#)
- i. [Tab. 4.9 Last- und Exzentrizitätskoeffizienten für Schiffe über 50 000 dwt.](#)
- j. [Tab. 4.10 Charakteristische Pollerzuglasten  \$E\_{kz}\$ .](#)

- k. [Tab. 4.11 Maße und charakteristische Lasten von Dreh- und Containerkränen.](#)
- l. [Tab. 4.12 Maße und charakteristische Lasten von Mobilkränen.](#)
- m. [Tab. 4.13 Richtwerte für den Salzgehalt \(Salinität  \$S\_B\$ \) des Meerwassers und des M...](#)
- n. [Tab. 4.14 Gemessene maximale Eisdicken als Richtwerte für die Bemessung \(BSH, 20...](#)
- o. [Tab. 4.15 Empirische Kontaktbeiwerte  \$k\$  nach Hirayama et al. \(1974\).](#)

## Kapitel 5

- a. [Tab. 5.1 Richtwerte für vertikale Baggerabweichungen in Zentimetern \(SBRCURnet, ...](#)
- b. [Tab. 5.2 Nutzungsabhängige erforderliche Lagerungsdichten  \$D\$  nichtbindiger Böden ...](#)
- c. [Tab. 5.3 Beziehung zwischen der Lagerungsdichte  \$D\$ , dem Spitzendruck  \$\sigma\_c\$  der Drucks...](#)

## Kapitel 6

- a. [Tab. 6.1 Gebräuchliche Dimensionen der Kenngrößen Propellerdurchmesser und Prope...](#)
- b. [Tab. 6.2 Empfohlene  \$K\_D\$ -Werte für die Bemessung der Deckschicht bei einer zugelas...](#)

## Kapitel 7

- a. [Tab. 7.1 Anhaltswerte für die Höhe der Unterhaltungsbaggerzone und Mindesttolera...](#)
- b. [Tab. 7.2 Zusatzfaktoren für aussergewöhnliche Anlegemanöver in Abhängigkeit von ...](#)

- c. [Tab. 7.3 Fenderabmessungen von Buschhängefedern.](#)
- d. [Tab. 7.4 Preload-Lasten und Spudcan-Abmessungen von Errichterschiffen.](#)
- e. [Tab. 7.5 Abmessungen von Monopiles.](#)
- f. [Tab. 7.6 Abmessungen von Transition Pieces.](#)
- g. [Tab. 7.7 Abmessungen von Jackets.](#)
- h. [Tab. 7.8 Abmessungen von Gründungspfählen für Jackets.](#)
- i. [Tab. 7.9 Abmessungen von Tripiles.](#)
- j. [Tab. 7.10 Abmessungen von Turmsegmenten.](#)
- k. [Tab. 7.11 Abmessungen von Maschinenhäusern.](#)
- l. [Tab. 7.12 Abmessungen von Rotorblätter und -naben.](#)
- m. [Tab. 7.13 Typischer Schwerlastverkehr für RoRo-Terminals.](#)
- n. [Tab. 7.14 Empfohlene Winkel/Winkeländerungen für die Ostsee.](#)
- o. [Tab. 7.15 Entwurfskriterien für RoRo-Ship-to-Shore-Systeme.](#)
- p. [Tab. 7.16 Vergleich verschiedener Entwurfstypen für RoRo-Ship-to-Shore-Systeme.](#)
- q. [Tab. 7.17 Ponton-Ship-to-Shore-Systeme.](#)
- r. [Tab. 7.18 Verschiedene Arten von Gangway-Systemen.](#)

## Kapitel 8

- a. [Tab. 8.1 Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften von Stahlsorten für war...](#)

- b. [Tab. 8.2 Chemische Zusammensetzung der Schmelz-/Stückanalyse für warmgewalzte St...](#)
- c. [Tab. 8.3 Zulässige Massabweichungen der Schlösser nach Abb. 8.1.](#)
- d. [Tab. 8.4 Biegetragfähigkeit, Steifigkeit und Abmessungen von Stahlspundwänden.](#)
- e. [Tab. 8.5 Biegetragfähigkeit, Steifigkeit und Abmessungen von kombinierten Wänden...](#)
- f. [Tab. 8.6 Zugfestigkeit und Abmessungen von Kreiszellenwänden.](#)
- g. [Tab. 8.7 Kohlenstoffäquivalent \(CEV\).](#)
- h. [Tab. 8.8 Stossdeckung in Prozent.](#)
- i. [Tab. 8.9 Reduzierte Teilsicherheitsbeiwerte  \$\gamma\_{R,e,red}\$  für den Erdwiderstand bei E...](#)
- j. [Tab. 8.10 Reduzierte Teilsicherheitsbeiwerte  \$\gamma\_{G,red}\$  für die Ermittlung des Bemess...](#)
- k. [Tab. 8.11 Erfahrungswerte des charakteristischen Spitzenwiderstands  \$\sigma\_{b,k}\$  und der...](#)
- l. [Tab. 8.12 Erfahrungswerte des charakteristischen Spitzenwiderstands  \$\sigma\_{b,k}\$  und der...](#)
- m. [Tab. 8.13 Erfahrungswerte des charakteristischen Spitzenwiderstands  \$\sigma\_{b,k}\$  und der...](#)
- n. [Tab. 8.14 Erfahrungswerte des charakteristischen Spitzenwiderstands  \$\sigma\_{b,k}\$  und der...](#)

## Kapitel 12

- a. [Tab. 12.1 Teilsicherheitsbeiwerte für den Nachweis der Grenztragfähigkeit von Da...](#)

- b. [Tab. 12.2 Empfohlene maximale Anlegepressungen unter Verwendung von Fendertafeln...](#)

## Kapitel 13

- a. [Tab. 13.1 Inspektionsintervalle für Uferbefestigungen.](#)
- b. [Tab. 13.2 Stufenkonzept der Nachrechnung.](#)

# **Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen EAU 2020**

12. Auflage

*Herausgegeben vom*

*Arbeitsausschuss „Ufereinfassungen“*

*der Hafentechnischen Gesellschaft e. V.*

*und der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V.*

