

Erster Technischer Halbjahresbericht 2017 des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ der Hafentechnischen Gesellschaft e. V. (HTG) und der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGTT)

1 Allgemeines

Auf den regelmäßigen Arbeitstagen wird über das zukünftige Arbeitsprogramm und die Ausrichtung des Ausschusses sowie über Änderungen und Ergänzungen der Empfehlungen beraten.

Auf der Herbsttagung 2016 wurde Herr Dr.-Ing. Jan Kayser, BAW Karlsruhe, in den Ausschuss berufen. Die derzeitige personelle Besetzung des Ausschusses kann der Internetseite der HTG (www.htg-online.de) entnommen werden.

2 Sammelveröffentlichung der Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“, EAU 2012

2.1 Fehlerberichtigungen der EAU 2012

Im Berichtszeitraum wurde die Korrekturtabelle weiter fortgeschrieben. In der 11. Auflage der EAU ist das Verzeichnis der Empfehlungen unvollständig. Die Korrekturtabelle in ihrer jeweiligen aktuellen Fassung sowie das aktualisierte Verzeichnis können auf der Internetseite der HTG (www.htg-online.de) und des Verlags Ernst & Sohn (www.ernst-und-sohn.de) abgerufen werden.

2.3 Änderungen und Ergänzungen der EAU 2012

Seit dem Erscheinen der EAU 2012 hat der Ausschuss einzelne Empfehlungen korrigiert und fortgeschrieben. Diese sind zusammen mit den Fehlerberichtigungen in der Korrekturtabelle abgedruckt.

Im Berichtszeitraum wurden die Anhaltswerte für Bodenkennwerte überarbeitet und um organische Böden erweitert. Ebenfalls wurde die Einführung der neuen DIN 4085 berücksichtigt sowie die Angaben zur Lagerungsdichte spezifiziert. Die im Berichtszeitraum beschlossenen Änderungen sind nachfolgend aufgeführt.

2.3.1 Anhaltswerte für Bodenkenngrößen

Aufgrund der Inkonsistenz einiger Parameter wurden einige Zahlenwerte der Tabelle E 9-1 angepasst. Dabei wurden auch international verbreitete Anhaltswerte für die aufgeführten Bodenarten berücksichtigt. Ferner wurden DIN 1054 A 3.1.2 und A 3.1.3 folgend für die gemischtkörnigen Bodengruppen GU, GT, SU, ST und GÜ, GÜ, SÜ, SÜ separate Anhaltswerte für bindige und nichtbindige Böden aufgenommen. Bei bindigen Böden bestimmt der Feinkorn-Masseanteil das Verhalten des Bodens, nicht aber bei nichtbindigen Böden. Da die Zahlenwerte der Parameter im Einzelfall auch über oder unter dem angegebenen Wertebereich liegen können, wurde ein entsprechender Passus in Abschnitt 1.1.1 aufgenommen und der Begriff "Erfahrungswert" durch "Anhaltswert" ersetzt und darauf hingewiesen, dass bei bindigen Böden Kennwerte für die Zusammendrückbarkeit aus Versuchen bestimmt werden sollen, da diese Böden die Entnahme von ungestörten Proben erlauben.

1 Baugrund

1.1.1 Allgemeines

Für Vorentwürfe dürfen die in Tabelle E 9-1 angegebenen charakteristischen Werte (Index k) als Anhaltswerte eines größeren Bodenbereichs verwendet werden. Die angegebenen Wertebereiche können im Einzelfall sowohl über- als auch unterschritten werden. Ohne Nachweis dürfen nur die Tabellenwerte für geringen Sondierwiderstand oder weiche Konsistenz angenommen werden.

Der Ausführungsplanung sind grundsätzlich die örtlich durch Feld- und Laborversuche ermittelten Werte der Bodenkenngrößen zugrunde zu legen (E 88, Abschnitt 4). Die wirksamen Scherparameter φ' und c' von bindigen Böden sind an ungestörten Bodenproben möglichst in Triaxialversuchen zu ermitteln.

Nach Wroth (1984) beträgt der Reibungswinkel φ' für nichtbindige, dicht gelagerte Böden im ebenen Verformungszustand $9/8$ des Reibungswinkels, der im Triaxialversuch gemessen wird. Dieser darf daher für die Berechnung von langgestreckten Ufereinfassungen im Einvernehmen mit dem geotechnischen Sachverständigen um bis zu 10 % erhöht werden.

Die charakteristischen Werte der Scherparameter φ'_k und c'_k für bindige Böden gelten für die Berechnung der Endstandsicherheit (konsolidierter Zustand, Endfestigkeit).

Erfahrungswerte für die Scherparameter des undränierten, erstbelasteten Bodens $c_{u,k}$ werden in DIN 1055-2 (2010-11) angegeben.

Zur Bestimmung der Verformungsmoduln von bindigen Böden sollen grundsätzlich Versuche durchgeführt werden. Bei nichtbindigen Böden ist stets eine Sensitivitätsanalyse bei der Verwendung von Anhaltswerten durchzuführen.

Tabellen E 9-1a-c Anhaltswerte für charakteristische Werte von Bodenkenngrößen

Die angegebenen Bereiche für Kennwerte können im Einzelfall sowohl über- als auch unterschritten werden.

Erläuterungen:

1) Kennbuchstaben für die Haupt- und Nebenbestandteile:

F	Mudde
G	Kies
H	Torf (Humus)
O	organische Beimengungen
S	Sand
T	Ton
U	Schluff

Kennbuchstaben für kennzeichnende bodenphysikalische Eigenschaften: Korngrößenverteilung:

W	weit gestufte Korngrößenverteilung
E	eng gestufte Korngrößenverteilung
I	intermittierend gestufte Korngrößenverteilung

Plastische Eigenschaften:

L	leicht plastisch
M	mittel plastisch
A	ausgeprägt plastisch

Zersetzungsgrad von Torfen:

N	nicht bis kaum zersetzter Torf
Z	zersetzter Torf

Formelzeichen

C_U	Ungleichförmigkeitszahl
-------	-------------------------

2) Die Erhöhung von v_e ist stets mit einer Erniedrigung von w_e gekoppelt!

Formelzeichen:

v_e :	Steifebeiwert, empirischer Parameter
w_e :	empirisch gefundener Parameter
σ :	Belastung in kN/m^2
σ_{at} :	Atmosphärendruck ($= 100 \text{ kN/m}^2$)

3) v_e -Werte bei Wiederbelastung bis zum 10-Fachen höher, w_e -Werte gehen gegen 1.

Tabelle E 9-1a nichtbindige Böden

Die Bodengruppen GU, GT, SU, ST und GÜ, GÜ, SÜ, SÜ sind in dieser Tabelle den nichtbindigen Böden entsprechend DIN 1054 A 3.1.2 zuzuordnen

Nr	Bodenart	Bodengruppe nach DIN 18196 ¹⁾	Sondier spitzen widerstand	Wichte			Zusammendrückbarkeit ²⁾ Erstbelastung ³⁾ $E_S = v_e \sigma_{at} (\sigma / \sigma_{at})^{w_e}$		Scherparameter des entwässerten Bodens	Durchlässigkeitsbeiwert		
				q_c	γ_k	γ'_k	v_e	w_e			ϕ'_k	k_k
				MN/m ²	kN/m ³	kN/m ³					Grad	m/s
1	Kies, eng gestuft	GE $C_U < 6$	< 7,5 7,5–15 > 15	16,0 17,0 18,0	8,5 9,5 10,5	400 bis 900	0,6 bis 0,4	30,0–32,5 32,5–37,5 35,0–40,0	2×10^{-1} bis 1×10^{-2}			
2	Kies, weit oder intermittierend gestuft	GW, GI $6 \leq C_U \leq 15$	< 7,5 7,5–15 > 15	16,5 18,0 19,5	9,0 10,0 11,5	400 bis 1.100	0,7 bis 0,5	30,0–32,5 32,5–37,5 35,0–40,0	1×10^{-2} bis 1×10^{-6}			
3	Kies, weit oder intermittierend gestuft	GW, GI $C_U > 15$	< 7,5 7,5–15 > 15	17,0 19,0 21,0	9,0 10,5 12,0	400 bis 1.200	0,7 bis 0,5	30,0–32,5 32,5–37,5 35,0–40,0	1×10^{-2} bis 1×10^{-6}			
4	Kies-Schluff/Ton-Gemische <i>Anteil $d < 0,06$ mm ist < 15%</i>	GU, GT	< 7,5 7,5–15 > 15	17,0 19,0 21,0	9,0 10,5 12,0	400 bis 1.200	0,7 bis 0,5	27,5–32,5 32,5–37,5 35,0–40,0	1×10^{-5} bis 1×10^{-6}			
5	Kies-Schluff/Ton-Gemische <i>Anteil $d < 0,06$ mm ist > 15%</i>	GÜ, GÜ	< 7,5 7,5–15 > 15	16,5 18,0 19,5	8,5 9,5 10,0	150 bis 400	0,9 bis 0,7	27,5–32,5 32,5–37,5 35,0–40,0	1×10^{-7} bis 1×10^{-11}			
6	Sand, eng gestuft, Grobsand	SE $C_U < 6$	< 7,5 7,5–15 > 15	16,0 17,0 18,0	8,5 9,5 10,5	200 bis 700	0,75 bis 0,55	30,0–32,5 32,5–37,5 35,0–40,0	5×10^{-3} bis 1×10^{-4}			
7	Sand, eng gestuft, Feinsand	SE $C_U < 6$	< 7,5 7,5–15 > 15	16,0 17,0 18,0	8,5 9,5 10,5	150 bis 500	0,75 bis 0,60	30,0–32,5 32,5–37,5 35,0–40,0	1×10^{-4} bis 2×10^{-5}			
8	Sand, weit oder intermittierend gestuft	SW, SI $6 \leq C_U \leq 15$	< 7,5 7,5–15 > 15	16,5 18,0 19,5	9,0 10,0 11,5	200 bis 600	0,70 bis 0,55	30,0–32,5 32,5–37,5 35,0–40,0	5×10^{-4} bis 2×10^{-5}			
9	Sand, weit oder intermittierend gestuft	SW, SI $C_U > 15$	< 7,5 7,5–15 > 15	17,0 19,0 21,0	9,0 10,5 12,0	200 bis 600	0,70 bis 0,55	30,0–32,5 32,5–37,5 35,0–40,0	1×10^{-4} bis 1×10^{-5}			
10	Sand-Schluff/Ton-Gemische <i>Anteil $d < 0,06$ mm ist < 15%</i>	SU, ST	< 7,5 7,5–15 > 15	16,0 17,0 18,0	8,5 9,5 10,5	150 bis 500	0,80 bis 0,65	27,5–32,5 32,5–37,5 35,0–40,0	2×10^{-5} bis 5×10^{-7}			
11	Sand-Schluff/Ton-Gemische <i>Anteil $d < 0,06$ mm ist > 15%</i>	SÜ, SÜ	< 7,5 7,5–15 > 15	16,5 18,0 19,5	9,0 10,0 11,5	50 bis 250	0,9 bis 0,75	27,5–32,5 32,5–37,5 35,0–40,0	2×10^{-6} bis 1×10^{-9}			

Tabelle E 9-1b - bindige Böden

Die Bodengruppen GU, GT, SU, ST und GÜ, GÜ, SÜ, SÜ sind in dieser Tabelle den bindigen Böden entsprechend DIN 1054 A 3.1.3 zuzuordnen.

Die Parameter für die Zusammendrückbarkeit sind vorzugsweise durch Versuche zu bestimmen!

Nr.	Bodenart	Bodengruppe nach DIN 18196 ¹⁾	Konsistenz im Ausgangszustand nach DIN EN 14688-1	Wichte		Zusammendrückbarkeit ²⁾ Erstbelastung $g^3)$ $E_S = v_e \sigma_{at}(\sigma/\sigma_{at})^{w_e}$		Scherparameter des entwässerten Bodens		Durchlässigkeitskoeffizient
				γ_k	γ'_k	v_e	w_e	φ'_k	c'_k	
				kN/m^3	kN/m^3			Grad	kN/m^2	m/s
1	Kies-Schluff/Ton-Gemische <i>Anteil $d < 0,06$ mm ist $< 15\%$</i>	GU, GT	weich steif halbfest	19,0 20,0 21,0	10,5 11,5 12	300 bis 1.000	0,7 bis 0,5	27,5 bis 35,0	0 0 0	1×10^{-5} bis 1×10^{-7}
52	Kies-Schluff/Ton-Gemische <i>Anteil $d < 0,06$ mm ist $> 15\%$</i>	GÜ, GÜ	weich steif halbfest	19,0 20,5 22,0	10,0 11,0 12,0	50 bis 200	0,8 bis 0,6	25,0 bis 30,0	0 5 10	1×10^{-6} bis 1×10^{-10}
3	Sand-Schluff/Ton-Gemische <i>Anteil $d < 0,06$ mm ist $< 15\%$</i>	SU, ST	weich steif halbfest	19,0 20,0 21,0	10,5 11,5 12	120 bis 400	0,7 bis 0,6	27,5 bis 35,0	0 0 0	2×10^{-5} bis 5×10^{-7}
4	Sand-Schluff/Ton-Gemische <i>Anteil $d < 0,06$ mm ist $> 15\%$</i>	SÜ, SÜ	weich Steif halbfest	19,0 20,5 21,5	9,0 10,0 11,0	40 bis 120	0,8 bis 0,6	25,0 bis 30,0	0 5 10	2×10^{-6} bis 1×10^{-9}
5	anorganische bindige Böden mit leicht plastischen Eigenschaften ($w_L < 35\%$)	UL	weich steif halbfest	18,0 19,0 20,0	9,0 10,0 11,0	40 bis 110	0,80 bis 0,60	27,5 bis 32,5	0 2–5 5–10	1×10^{-5} bis 1×10^{-7}
6	anorganische bindige Böden mit mittel-plastischen Eigenschaften ($35\% < w_L < 50\%$)	UM	weich steif halbfest	17,5 18,5 19,5	8,5 9,5 10,5	30 bis 70	0,90 bis 0,70	25,0 bis 30,0	0 5–10 10–15	2×10^{-6} bis 1×10^{-9}
7	anorganische bindige Böden mit leicht plastischen Eigenschaften ($w_L < 35\%$)	TL	weich steif halbfest	20,0 21,0 22,0	10,0 11,0 12,0	20 bis 50	1,0 bis 0,90	25,0 bis 30,0	0 5–10 10–15	1×10^{-7} bis 2×10^{-9}
8	anorganische bindige Böden mit mittel-plastischen Eigenschaften ($35\% < w_L < 50\%$)	TM	weich Steif halbfest	19,0 20,0 21,0	9,0 10,0 11,0	10 bis 30	1,0 bis 0,95	22,5 bis 27,5	5–10 10–15 15–20	5×10^{-8} bis 1×10^{-10}
9	anorganische bindige Böden mit stark plastischen Eigenschaften ($50\% < w_L$)	TA	weich steif halbfest	18,0 19,0 20,0	8,0 9,0 10,0	6 bis 20	1,0 1,0 1,0	20,0 bis 25,0	5–15 10–20 15–25	1×10^{-9} bis 1×10^{-11}

Tabelle E 9-1c (neu) – organische Böden

Die Parameter für die Zusammendrückbarkeit sind vorzugsweise durch Versuche zu bestimmen!

Nr.	Bodenart	Bodengruppe nach DIN 18196 ¹⁾	Konsistenz im Ausgangszustand nach DIN 14688-1 EN	Wichte		Zusammendrückbarkeit ²⁾ Erstbelastung $g^3)$ $E_s = v_e \sigma_{at} (\sigma / \sigma_{at})^{w_e}$		Scherparameter des entwässerten Bodens		Durchlässigkeit-beiwert	
				γ_k	γ'_k	v_e	w_e	φ'_k	c'_k		k_k
				kN/m ³	kN/m ³			Grad	kN/m ²		m/s
1	organischer Schluff, organischer Ton	OU und OT	breiig weich steif	14,0 15,5 17,0	4,0 5,5 7,0	⁵⁾ 5 20	⁵⁾ 1,00 0,85	17,5 bis 22,5	0 2–5 5–10	1×10^{-9} bis 1×10^{-11}	
2	Torf ⁵⁾	HN, HZ	breiig weich steif halbfest	10,5 11,0 12,0 13,0	0,5 1,0 2,0 3,0	⁶⁾ 	⁶⁾ 	⁶⁾ 	⁶⁾ 	1×10^{-5} bis 1×10^{-8}	
3	Mudde ⁶⁾ Faulschlamm	F	breiig weich	12,5 16,0	2,5 6,0	4 15	1,0 0,9	⁷⁾	0	1×10^{-7} 1×10^{-9}	

⁵⁾ Für die Zusammendrückbarkeit von organischen Böden mit breiiger Konsistenz können keine Anhaltswerte angegeben werden.

⁶⁾ Die Beiwerte der Zusammendrückbarkeit und die Scherparameter von Torf streuen so stark, dass eine Angabe von Anhaltswerten nicht möglich ist.

⁷⁾ Der wirksame Reibungswinkel von vollständig konsolidierter Mudde kann sehr hohe Werte annehmen, maßgebend ist aber stets der dem tatsächlichen Konsolidierungsgrad entsprechende Wert, der nur durch Laborversuche zuverlässig bestimmt werden kann.

2.3.2 Mobilisierung des Erdwiderstandes

Infolge der Neufassung der DIN 4085 sind die Zitate aus der Norm nicht mehr korrekt. Es wird daher nur noch auf die Norm verwiesen und auf ein Zitat verzichtet.

Alter Text	Neufassung											
<p>2.13 Bestimmung des Verschiebungswegs für die Mobilisierung des Erdwiderstands in nichtbindigen Böden (E 174)</p> <p>Zur Mobilisierung des vollen Erdwiderstands vor Uferbauwerken sind im Allgemeinen erhebliche Verschiebungswege des Bauwerks erforderlich. Diese sind hauptsächlich abhängig von der Einbindetiefe, von der Lagerungsdichte des Bodens und von der Bewegungsart. Für die in Abhängigkeit des Verschiebungsweges s erreichte horizontale Erddruckkraft E'_{pgh} gilt nach DIN 4085 folgende Mobilisierungsfunktion:</p> $E'_{pgh} = E_{ogh} + (E_{pgh} - E_{ogh}) \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{s}{s_p} \right)^b \right]^{0,7}$ <p>mit</p> <ul style="list-style-type: none"> E_{pgh} maximale passive Erddruckkraft (Erdwiderstand) E_{ogh} Erdruhedruck infolge der Eigenlast des Bodens s_p zum Erreichen von E_{pgh} erforderlicher Verschiebungsweg b Exponent der Mobilisierungsfunktion <p>Der erforderliche Verschiebungsweg s_p und der Exponent b der Mobilisierungsfunktion sind von der Wandbewegung, der Einbindetiefe d und der Lagerungsdichte D des Bodens abhängig:</p> <p>Tabelle 2-1. Verschiebungsweg und Exponent der Mobilisierungsfunktion</p> <table border="1" data-bbox="91 1043 1120 1289"> <thead> <tr> <th>Wandbewegung</th> <th>Verschiebungsweg</th> <th>Exponent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Drehung um Fußpunkt</td> <td rowspan="2">$s_p = (0,12 - 0,08 \cdot D) \cdot d$</td> <td>$b = 1,07$</td> </tr> <tr> <td>Parallelverschiebung</td> <td>$b = 1,45$</td> </tr> <tr> <td>Drehung um den obersten Punkt der Einbindetiefe</td> <td>$s_p = (0,09 - 0,05 \cdot D) \cdot d$</td> <td>$b = 1,72$</td> </tr> </tbody> </table> <p>Nach Untersuchungen von Weißenbach ...</p>	Wandbewegung	Verschiebungsweg	Exponent	Drehung um Fußpunkt	$s_p = (0,12 - 0,08 \cdot D) \cdot d$	$b = 1,07$	Parallelverschiebung	$b = 1,45$	Drehung um den obersten Punkt der Einbindetiefe	$s_p = (0,09 - 0,05 \cdot D) \cdot d$	$b = 1,72$	<p>2.13 Bestimmung des Verschiebungswegs für die Mobilisierung des Erdwiderstands in nichtbindigen Böden (E 174)</p> <p>Zur Mobilisierung des vollen Erdwiderstands vor Uferbauwerken sind im Allgemeinen erhebliche Verschiebungswege des Bauwerks erforderlich. Diese sind hauptsächlich abhängig von der Einbindetiefe, von der Lagerungsdichte des Bodens und von der Bewegungsart. Für die in Abhängigkeit des Verschiebungsweges s erreichte horizontale Erddruckkraft E'_{pgh} gibt DIN 4085 Hinweise.</p> <p>Nach Untersuchungen von Weißenbach</p>
Wandbewegung	Verschiebungsweg	Exponent										
Drehung um Fußpunkt	$s_p = (0,12 - 0,08 \cdot D) \cdot d$	$b = 1,07$										
Parallelverschiebung		$b = 1,45$										
Drehung um den obersten Punkt der Einbindetiefe	$s_p = (0,09 - 0,05 \cdot D) \cdot d$	$b = 1,72$										

2.3.3 Lagerungsdichte

In einer Reihe von Empfehlungen werden Grenzwerte der Lagerungsdichte nichtbindiger Böden angegeben. Die Dichte lässt sich jedoch nur oberflächennah direkt ermitteln, z.B. durch Ersatzverfahren nach DIN 1815-2. Für tiefere Bodenschichten werden Korrelationen mit Sondierergebnissen herangezogen. Zudem können sich die Angaben einer Lagerung sowohl auf die Lagerungsdichte D (DIN 1054, EAB) als auch auf die bezogene Lagerungsdichte I_D (EC 7-2, EN 14688-2, Grundbautaschenbuch) beziehen. Die Parameter D und I_D sind nichtlinear voneinander abhängig und die Grenzen zwischen "locker" und "mitteldicht" und "mitteldicht" und "dicht" sind unterschiedlich definiert. Bei der Lagerungsdichte D ist die Einstufung zusätzlich abhängig vom Ungleichförmigkeitsgrad.

Mit dem Ziel einer eindeutigen Formulierung wurden daher an entsprechenden Textstellen Grenzwerte des Sondierspitzenwiderstands anstelle der bisherigen Grenzwerte für Lagerungsdichten formuliert und die Einstufung stets auf I_D bezogen.

Alter Text	Neufassung
<p>7.4.2 Hinterfüllen im Trockenen</p> <p>Im Trockenen hergestellte Uferbauwerke sollen, soweit möglich, auch im Trockenen hinterfüllt werden. Die Hinterfüllung muss in waagerechten, dem verwendeten Verdichtungsgerät angepassten Schichten eingebracht und gut verdichtet werden. Als Füllboden wird, soweit möglich, Sand oder Kies verwendet. Nichtbindige Hinterfüllungen müssen insbesondere im oberen Bereich eine Lagerungsdichte $D \geq 0,5$ aufweisen. Andernfalls sind Unterhaltungsarbeiten an Straßen, Gleisen und dergleichen zu erwarten.</p> <p>Die Lagerungsdichte der Hinterfüllung kann mit Drucksondierungen überprüft werden. Der Sondierspitzenwiderstand in einer Hinterfüllung mit ungleichförmigem Sand und $< 10\%$ Gewichtsanteil der Körnung $< 0,06$ mm, soll $q_c > 6$ MN/m² sein. Nach einer Verdichtung kann der Sondierspitzenwiderstand unterhalb von rd. 0,6 m Tiefe $q_c > 10$ MN/m² erreichen.</p> <p>Für das Hinterfüllen im Trockenen sind auch bindige Bodenarten, ...</p>	<p>7.4.2 Hinterfüllen im Trockenen</p> <p>Im Trockenen hergestellte Uferbauwerke sollen, soweit möglich, auch im Trockenen hinterfüllt werden. Die Hinterfüllung muss in waagerechten, dem verwendeten Verdichtungsgerät angepassten Schichten eingebracht und gut verdichtet werden. Als Füllboden wird, soweit möglich, Sand oder Kies verwendet.</p> <p>Die Lagerungsdichte der Hinterfüllung kann mit Drucksondierungen überprüft werden. Der Sondierspitzenwiderstand in einer Hinterfüllung mit ungleichförmigem Sand und $< 10\%$ Gewichtsanteil der Körnung $< 0,06$ mm, soll $q_c > 10$ MN/m² sein. Andernfalls sind Unterhaltungsarbeiten an Straßen, Gleisen und dergleichen zu erwarten.</p> <p>Für das Hinterfüllen im Trockenen sind auch bindige Bodenarten,...</p>
<p>7.4.3 Hinterfüllen unter Wasser</p> <p>Unter Wasser darf als Füllboden nur Sand oder Kies oder sonstiger geeigneter, nichtbindiger Boden verwendet werden. Eine mitteldichte Lagerung ($0,3 < D < 0,5$) der Hinterfüllung kann in der Regel erreicht werden, wenn ungleichförmiger Sand so eingespült wird, dass er sich ohne Entmischung ablagert. Mit gleichförmigem Sand wird im Allgemeinen nur eine lockere Lagerung ($D < 0,3$) erreicht. Höhere Lagerungsdichten ...</p>	<p>7.4.3 Hinterfüllen unter Wasser</p> <p>Unter Wasser darf als Füllboden nur Sand oder Kies oder sonstiger geeigneter, nichtbindiger Boden verwendet werden. Eine mitteldichte Lagerung der Hinterfüllung kann in der Regel erreicht werden, wenn ungleichförmiger Sand so eingespült wird, dass er sich ohne Entmischung ablagert. Mit gleichförmigem Sand wird im Allgemeinen nur eine lockere Lagerung erreicht. Höhere Lagerungsdichten ...</p>
<p>7.5.2 Erfahrungswerte der Lagerungsdichte</p> <p>Bei Aufspülungen unter Wasser werden erfahrungsgemäß etwa folgende Lagerungsdichten D erzielt:</p>	<p>7.5.2 entfällt.</p>

- Feinsand mit verschiedenen Ungleichförmigkeitsgraden mit einer mittleren Korngröße $d_{50} < 0,15$ mm:
 $D = 0,35$ bis $0,55$.
 - Mittelsand mit verschiedenen Ungleichförmigkeitsgraden mit einer mittleren Korngröße $d_{50} = 0,25$ bis $0,50$ mm:
 $D = 0,15$ bis $0,35$.
- Da die Kornzusammensetzung und der Schluffgehalt des Materials während der Ausführung streuen, sind die vorgenannten Erfahrungswerte nur ein grober Anhalt für die tatsächlich erzielbare Lagerungsdichte.

7.5.2 Erforderliche Lagerungsdichte für Hafensflächen und deren Überprüfung

Die oberen 1,5 bis 2 Meter einer Hafensfläche sollten in Abhängigkeit von der jeweiligen Nutzung und der Körnung der Auffüllung etwa folgende Lagerungsdichten D haben (Tabelle E 175-1):

Tabelle E 175-1. Nutzungsabhängige erforderliche Lagerungsdichten D nichtbindiger Böden für Hafensflächen

Nutzungsart	Lagerungsdichte D	
	Feinsand $d_{50} < 0,15$ mm	Mittelsand $d_{50} = 0,25$ bis $0,50$ mm
Lagerflächen	0,35–0,45	0,20–0,35
Verkehrsflächen	0,45–0,55	0,25–0,45
Bauwerksflächen	0,55–0,75	0,45–0,65

Grundsätzlich sind also bei gleicher Beanspruchung für Feinsand höhere Lagerungsdichten zu fordern als für Mittelsand.

7.5.4 Überprüfung der Lagerungsdichte

Die Lagerungsdichte des oberen Bereichs einer Aufspülung kann mit den gebräuchlichen Versuchen zur Dichtebestimmung nach DIN EN 22475-1 in der Regel durch Ersatzmethoden sowie durch Plattendruckversuche nach DIN 18134 oder mit einer radiometrischen

7.5.2 Erforderliche Lagerungsdichte für Hafensflächen und deren Überprüfung

Die Lagerungsdichte des oberen Bereichs einer Aufspülung kann mit den gebräuchlichen Versuchen zur Dichtebestimmung in der Regel durch Ersatzmethoden nach DIN 18125-2 oder mit einer radiometrischen Einstichsonde ermittelt werden. Diese Methoden erlauben allerdings nur eine Bewertung der Lagerungsdichte bzw. der Tragfähigkeit des oberen Bereichs bis max. 1 m. Folgende Lagerungsdichten müssen mindestens erreicht werden (Tabelle E 175-1):

Table E 175-1. Nutzungsabhängige erforderliche Lagerungsdichten I_D nichtbindiger Böden für Hafensflächen

Nutzungsart	Lagerungsdichte I_D
Lagerflächen	0,35–0,45
Verkehrsflächen	0,45–0,55
Bauwerksflächen	0,55–0,75

Die Lagerungsdichte tieferer Bereiche kann nur mithilfe von Sondierungen überprüft werden. Der Untergrund einer Hafensfläche sollte in Abhängigkeit von der jeweiligen Nutzung mindestens etwa folgende Sondierwerte aufweisen (Tabelle E 175-2):

Einstichsonde ermittelt werden. Diese Methoden erlauben allerdings nur eine Bewertung der Lagerungsdichte bzw. der Tragfähigkeit des oberen Bereichs (max. 1 m). In größeren Tiefen kann die Lagerungsdichte durch Druck- oder Rammsondierungen nach DIN 4094-1 und DIN EN 22476-2 oder mit einer radiometrischen Tiefensonde überprüft werden.

Für die Überprüfung der Lagerungsdichte aufgespülter Sande ist die Drucksonde (CPT) besonders geeignet, ersatzweise aber auch die Schwere Rammsonde (DPH), wenn etwa Flächen mit der Drucksonde nicht erreicht werden können. Bei Erkundungstiefen von weniger als rd. 3 Metern kommt auch die Leichte Rammsonde (DPL) in Betracht. Die Werte nach Tabelle E 175-2 sind Erfahrungswerte für die Beziehung zwischen den jeweiligen Ergebnissen der Sondierungen in Fein- und Mittelsanden und der Lagerungsdichte, sie gelten aber erst ab Sondiertiefen von rd. 1,0 m unter dem Ansatzpunkt der Sondierung.

Tabelle E 175-2. Beziehung zwischen der Lagerungsdichte D , dem Spitzendruck q_c der Drucksonde und den Rammsondenwiderständen bei Schlagzahl N_{10} für aufgespülte Sande (Erfahrungswerte für ungleichförmigen Feinsand und für gleichförmigen Mittelsand)

Nutzungsart		Lagerflächen	Verkehrsflächen	Bauwerksflächen
Lagerungsdichte D	Feinsand	0,35–0,45	0,45–0,55	0,55–0,75
	Mittelsand	0,20–0,35	0,25–0,45	0,45–0,65
Drucksonde CPT 15 q_c in MN/m ²	Feinsand	2–5	5–10	10–15
	Mittelsand	3–6	6–10	> 15
Schwere Rammsonde DPH, N_{10}	Feinsand	2–5	5–10	10–15
	Mittelsand	3–6	6–15	> 15
Leichte Rammsonde DPL, N_{10}	Feinsand	6–15	15–30	30–45
	Mittelsand	9–18	18–45	> 45
Leichte Rammsonde DPL-5, N_{10}	Feinsand	4–10	10–20	20–30
	Mittelsand	6–12	12–30	> 30

Table E 175-2. Nutzungsabhängige erforderliche Sondierwiderstände nichtbindiger Böden für Hafensflächen

Nutzungsart	Lagerflächen	Verkehrsflächen	Bauwerksflächen
Drucksonde CPT 15 q_c in MN/m ²	3–6	6–10	> 15
Schwere Rammsonde DPH, N_{10}	3–6	6–15	> 15
Leichte Rammsonde DPL, N_{10}	9–18	18–45	> 45
Leichte Rammsonde DPL-5, N_{10}	6–12	12–30	> 30

8.1.4.2 Statisches System kombinierter Stahlspundwände

(3. Absatz, 1. Satz):

Bei mindestens mitteldicht gelagerter Hinterfüllung der Wand werden die Füllbohlen überwiegend nur aus Wasserüberdruck belastet, weil der größte Teil des Erddrucks über eine horizontale Gewölbebildung direkt von den Tragbohlen aufgenommen wird. Wenn diese Bedingung erfüllt ist, ...

8.1.4.2 Statisches System kombinierter Stahlspundwände

(3. Absatz, 1. Satz):

Bei einer Hinterfüllung der Wand mit Widerständen der Drucksonde $q_c \geq 7,5$ MPa werden die Füllbohlen überwiegend nur aus Wasserüberdruck belastet, weil der größte Teil des Erddrucks über eine horizontale Gewölbebildung direkt von den Tragbohlen aufgenommen wird. Wenn diese Bedingung erfüllt ist, ...

8.2.1.2 Ermittlung der Bemessungswerte für die Biegebeanspruchungen (E 215)

Bei der Ermittlung der Biegemomente darf ein reduzierter Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{R,e,red}$ für die Abminderung des Erdwiderstands gemäß Tabelle E 215-1 angesetzt werden, wenn unterhalb der Berechnungssohle nichtbindige Böden mit mindestens mittlerer Festigkeit:

Festigkeit	Lagerungsdichte D		Spitzenwiderstand q_c [MN/m ²]
	$U \leq 3$	$U > 3$	
geringe Festigkeit	$0,15 \leq D < 0,30$	$0,20 \leq D < 0,45$	$5,0 \leq q_c < 7,5$
mittlere Festigkeit	$0,30 \leq D < 0,50$	$0,45 \leq D < 0,65$	$7,5 \leq q_c < 15$
hohe Festigkeit	$0,50 \leq D < 0,75$	$0,65 \leq D < 0,90$	$q_c \geq 15$

oder bindige Böden mit mindestens steifer Konsistenz anstehen:

Zustandsform	Konsistenzzahl I_C
weich	$0,50 \leq I_C < 0,75$
steif	$0,75 \leq I_C < 1,00$
halbfest bis fest	$1,00 \leq I_C < 1,25$

Die Umlagerung des aktiven Erddrucks nach ...

8.2.1.2 Ermittlung der Bemessungswerte für die Biegebeanspruchungen (E 215)

Bei der Ermittlung der Biegemomente darf ein reduzierter Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{R,e,red}$ für die Abminderung des Erdwiderstands gemäß Tabelle E 215-1 angesetzt werden, wenn unterhalb der Berechnungssohle nichtbindige Böden mit mindestens einem Spitzenwiderstand der Drucksonde $q_c \geq 7,5$ MN/m² oder bindige Böden mit mindestens steifer Konsistenz ($I_C \geq 0,75$) anstehen.

Die Umlagerung des aktiven Erddrucks nach

<p>8.2.15 Uferspundwände in nicht konsolidierten, weichen bindigen Böden, insbesondere in Verbindung mit unverschieblichen Bauwerken (E 43) <i>(letzter Absatz):</i> Liegt der tragfähige Boden in bautechnisch erreichbarer Tiefe, wird die gesamte Wand bis in den tragfähigen Boden geführt. Der Erdwiderstand in dieser Schicht wird mit den üblichen Erddruckneigungswinkeln sowie den Teilsicherheitsbeiwerten nach Tabelle E 0-2 berechnet. Bei Berechnung der Bodenreaktion des darüber liegenden Bodens geringerer Festigkeit bzw. Konsistenz darf nur ein reduzierter charakteristischer Erdwiderstand angesetzt werden. Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit muss geführt werden.</p>	<p>8.2.15 Uferspundwände in nicht konsolidierten, weichen bindigen Böden, insbesondere in Verbindung mit unverschieblichen Bauwerken (E 43) <i>(letzter Absatz):</i> Liegt der tragfähige Boden in bautechnisch erreichbarer Tiefe, wird die gesamte Wand bis in den tragfähigen Boden geführt. Der Erdwiderstand in dieser Schicht wird mit den üblichen Erddruckneigungswinkeln sowie den Teilsicherheitsbeiwerten nach Tabelle E 0-2 berechnet. Bei Berechnung der Bodenreaktion des darüber liegenden Bodens geringerer Lagerungsdichte bzw. Konsistenz darf nur ein reduzierter charakteristischer Erdwiderstand angesetzt werden. Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit muss geführt werden.</p>
<p>10.9.4 Konstruktive Hinweise <i>(5.Absatz):</i> Die Pfähle werden auf der Grundlage von DIN EN 1997-1 und DIN 1054 bemessen. Sofern die Pfähle nicht in eine ausreichend steife Überbaukonstruktion mit geringem Abstand zur Verankerungsebene einbinden, sind zur Aufnahme der Ankerkraft in der Regel lastverteilende Gurte erforderlich. Bei rückverankerten überschnittenen und tangierenden Bohrpfahlwänden kann bei mindestens mitteldicht gelagerten nichtbindigen bzw. halbfesten bindigen Böden auf Gurte verzichtet werden, wenn ...</p>	<p>10.9.4 Konstruktive Hinweise <i>(5.Absatz):</i> Die Pfähle werden auf der Grundlage von DIN EN 1997-1 und DIN 1054 bemessen. Sofern die Pfähle nicht in eine ausreichend steife Überbaukonstruktion mit geringem Abstand zur Verankerungsebene einbinden, sind zur Aufnahme der Ankerkraft in der Regel lastverteilende Gurte erforderlich. Bei rückverankerten überschnittenen und tangierenden Bohrpfahlwänden kann bei nichtbindigen Böden mit einem Sondierspitzenwiderstand $q_c \geq 7,5 \text{ MN/m}^2$ bzw. halbfesten bindigen Böden auf Gurte verzichtet werden, wenn ...</p>

3 Technische Jahresberichte

Die Technischen Jahresberichte können auf der Internetseite der HTG (www.htg-online.de) oder des Verlags Ernst & Sohn (www.ernst-und-sohn.de) abgerufen werden.

3.1 Zweiter Technischer Halbjahresbericht 2015

Der zweite Technische Halbjahresbericht 12/2015 wird mit redaktionellen Änderungen als Druckfehlerberichtigung beschlossen. Der Technische Jahresbericht gilt somit zuzüglich der auf der Internetseite der HTG zu entnehmenden Änderungen wie in der Bautechnik 2015, Heft 12, ab Seite 883 veröffentlicht.

3.2 Erster Technischer Halbjahresbericht 2016

Die Einspruchsfrist zum ersten Technischen Halbjahresbericht 2016 ist abgelaufen. Einsprüche hat es nicht gegeben. Der Technische Jahresbericht gilt somit wie in der Bautechnik 2016, Heft 12, ab Seite 389 veröffentlicht.

3.3 Zweiter Technischer Halbjahresbericht 2016

Die Einspruchsfrist zum zweiten Technischen Halbjahresbericht 2016 endet im Juni 2017.

4 Zukünftiges Arbeitsprogramm

Der Arbeitsausschuss Ufereinfassungen bittet alle Fachkollegen, an der Weiterentwicklung der EAU mitzuwirken und den Ausschuss auf aktuellen Regelungsbedarf hinzuweisen. Kontaktaufnahme bitte über den Vorsitzenden.

5 Schlussbemerkung

Der Arbeitsausschuss Ufereinfassungen bedankt sich bei allen Fachkollegen für die inhaltlichen und formalen Anregungen zur Ausschussarbeit.

Kontaktadresse:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Grabe
Technische Universität Hamburg
Institut für Geotechnik und Baubetrieb
Harburger Schloßstraße 20
21079 Hamburg
Tel.: +49 (0)40 42878 - 3782
Fax: +49 (0)40 42878 - 4020
E-Mail: grabe@tuhh.de