

# Technischer Jahresbericht 2019 des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ der Hafentechnischen Gesellschaft e. V. (HTG) und der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT)

## 1 Allgemeines

Auf den regelmäßigen Arbeitstagen wird über das zukünftige Arbeitsprogramm und die Ausrichtung des Ausschusses sowie über Änderungen und Ergänzungen der Empfehlungen beraten. Im Berichtszeitraum 2019 fanden drei Arbeitstagen in Hamburg und eine Arbeitstagung in Antwerpen statt.

Auf der Sommertagung 2019 in Hamburg wurde Ir. LEON A. M. GROENEWEGEN, BAM Infraconsult bv, in den Ausschuss berufen. Die derzeitige personelle Besetzung des Ausschusses kann der Internetseite der HTG ([www.htg-online.de](http://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. Die Korrekturtabelle in ihrer jeweiligen aktuellen Fassung sowie das aktualisierte Verzeichnis können auf der Internetseite der HTG ([www.htg-online.de](http://www.htg-online.de)) und des Verlags Ernst & Sohn ([www.ernst-und-sohn.de](http://www.ernst-und-sohn.de)) abgerufen werden.

### 2.2 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 Empfehlungen zum Pollerzug in Binnenhäfen sowie zur vertikalen Tragfähigkeit überarbeitet. Die im Berichtszeitraum beschlossenen Änderungen sind nachfolgend aufgeführt. Der Technische Jahresbericht 2018 gilt als nicht beschlossen und wird durch die nachfolgenden Änderungen ersetzt.

### 2.2.1 Pollerzug in Binnenhäfen

#### 5.12.4 Belastung von Pollern für Binnenschiffe

Die auftretenden Pollerzuglasten sind in erster Linie von der Schiffsgröße, der Geschwindigkeit und dem Abstand vorbeifahrender Schiffe, der Fließgeschwindigkeit des Wassers am Liegeplatz und vom Quotienten des Wasserquerschnitts zu dem eingetauchten Schiffsquerschnitt abhängig.

~~Für die Pollerzuglast ist eine charakteristische Kraft von 200 kN je Poller anzusetzen.~~

~~Nach DIN EN 14329 ist die charakteristische Pollerzuglast auf mindestens 300 kN zu erhöhen, wenn die Schiffslänge 110 m überschreitet.~~

~~Das Abbremsen fahrender Schiffe an Pollern ist untersagt und bleibt daher bei den Lastansätzen (Einwirkungen) unberücksichtigt.~~

Für die Pollerzuglasten in Häfen und an Liegestellen an Binnenwasserstraßen in nicht exponierter Lage (keine Strömung, kein Eisgang) werden die nachfolgenden charakteristischen Lasten für Neubaumaßnahmen in Anlehnung an Binder und Meinhold (2013) empfohlen.

**Tabelle E 12-2.** Charakteristische Pollerzuglasten  $E_k$

Wasserstraßenklasse	Charakteristische Pollerzuglast $E_k$ [kN]
I	100
II	150
III/IV	200
Va/Vb	200
Ab VI	300 oder Einzelfallbetrachtungen

Bei der statischen Überprüfung bestehender Anlagen können die Lasten aus Trossenzug für die Wasserstraßenklassen III und IV gemäß Binder und Meinhold (2013) auf 180 kN reduziert werden.

Das Abbremsen fahrender Schiffe an Pollern ist bei den Lastansätzen unberücksichtigt.

Ab Wasserstraßenklasse VI und bei besonders exponierter Lage, z. B. bei Strömung oder Windexposition, sind z. B. dynamische Vertäuberechnungen oder geeignete

Messungen der auftretenden Trossenkräfte durchzuführen.

### 5.13 Bemessung für Pollerzuglasten (E 12/E 102)

Die in Abschnitt 5.12 angegebenen Pollerzuglasten sind charakteristische Werte und der Bemessungssituation BS-P zuzuordnen.

Für die Bemessung der Pollerzapfen bzw. der Pollerbefestigungen am Bauwerk sind die in Abschnitt 5.12 genannten Pollerzuglasten mit einem Teilsicherheitsbeiwert von  $\gamma_{Q,P} = 1,2$  zu multiplizieren.

### Literatur

Binder, G. und Meinhold, W. (2013): Abschlussbericht zum FuE-Thema Empfehlungen zum Pollerzug (Trossenzugansatz) für Binnenschiffschleusen. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.

### 2.2.2 Vertikale Tragfähigkeit

### 8.2.5 Ansatz der Erddruckneigungswinkel und die Nachweise in vertikaler Richtung (E 4)

### 8.2.5.6 Versagen durch Vertikalbewegung

Neben dem Nachweis der horizontalen Tragfähigkeit des Bodenauflegers und der Vertikalkomponente des mobilisierten Erdwiderstandes gemäß der Modellvorstellung von aktiven und passiven Gleitkörpern muss nach Abschnitt 8.2.1 auch der Nachweis gegen Versagen bodengestützter Wände durch Vertikalbewegung geführt werden.

Mit diesem Nachweis wird sichergestellt, dass die Wand eine ausreichende Sicherheit gegen Versinken infolge vertikaler, nach unten gerichteter Einwirkungen aufweist.

Bei Wänden aus Stahlträgerprofilen (I-förmige Wandprofile) und bei kombinierten Wänden erfolgt der Nachweis der axialen Tragfähigkeit der Tragelemente (offene Stahlrohre, Hohlkastenpfähle, einfache und doppelte Stahlträgerprofile) nach EA-Pfähle 2012 in Verbindung mit dem Technischen Jahresbericht EA-Pfähle 2014. Zur Herleitung des Nachweiskonzeptes siehe Lüking & Becker (2015). Hierbei sind als wesentliche Merkmale die geometrieabhängige Idealisierung von Verspannungseffekten (Pfropfenbildung) und deren Auftreten in Abhängigkeit vom Einbringverfahren zu nennen. Die Erfahrungswerte für äußere Mantelreibung und Pfahlsplizendruck auf den Pfropfen sind Lüking & Becker (2015) zu entnehmen.

Vereinfachend darf beim Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit von Tragelementen bei Ufereinfassungen mit Randbedingungen gemäß Abschnitt 8.2.5.6.6 das Modell 2, d. h. der Ersatz einer möglichen Pfropfenbildung durch eine innere Mantelreibung, angewendet werden.

### 8.2.5.6.1 Modellvorstellung

Es wird von den in Bild E 4-3 dargestellten Lastbildern ausgegangen. Von diesen zwei unabhängigen Modellvorstellungen kann eine gewählt werden.

Für die Nachweisführung darf eine der in Bild E 4-3 dargestellten Modellvorstellungen (Systemskizze 1 oder Systemskizze 2) gewählt werden. Unter Beachtung von Abschnitt 8.2.5.6.4 kann auf der Erdwiderstandseite entweder die Vertikalkomponente des Bodenauflegers  $B_{v,k}^*$  (Bild E 4-3 links, Systemskizze 1) oder die Mantelreibung  $q_{s,k}$  angesetzt werden (Bild E 4-3 rechts, Systemskizze 2).

Die in diesem Abschnitt angegebenen Empfehlungen gelten für die Systemskizze 1 unterhalb des theoretischen Fußpunktes (TF). Für die Systemskizze 2 gelten die Empfehlungen im gesamten Einbindebereich.

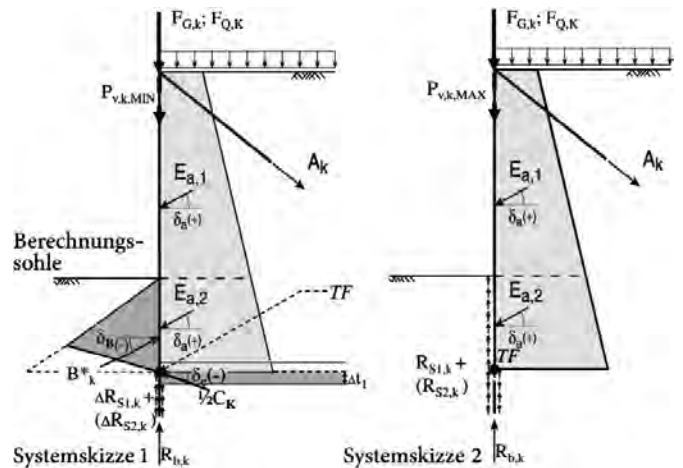


Bild E 4-3. Ansatz der Einwirkungen und Widerstände am Beispiel einer eingespannten Wand

Die wirksamen Mantelflächen sind nach Bild E 4-3 und Bild E 4-4 anzusetzen.

Besonderheit bei Systemskizze 2: Die Mantelreibung  $q_{s,k}$  darf oberhalb des theoretischen Fußpunktes nicht auf der durch aktiven Erddruck beanspruchten Fläche als Widerstand angesetzt werden. Bei einer abgegrabenen Wand ist ein erhöhter horizontaler Spannungszustand durch die Vorbelastung gegeben. Daher darf für die Nachweisführung auf der Fläche oberhalb des theoretischen Fußpunktes die Mantelreibung nach Tabelle E 4-1 bis Tabelle E 4-4 verdoppelt werden. Vereinfachend darf der volle Umfang des Tragprofils von der Berechnungssohle bis zum theoretischen Fußpunkt angesetzt werden. Hierbei darf jedoch die Erhöhung der Mantelreibung auf der passiven Seite nicht angesetzt werden. Für weitere Informationen siehe Untersuchungen von Becker (2017).

Unterhalb des theoretischen Fußpunktes darf bei beiden Systemskizzen die umlaufende Abwicklungsfläche in Ansatz gebracht werden.

### 8.2.5.6.5 — Ansätze für Mantelreibung und Spitzenwiderstand beim Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit

Zur Vorbemessung dürfen in nichtbindigen Böden die charakteristischen Erfahrungswerte von gerammten Spundwänden im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die Mantelreibung  $q_{s,k}$  und den Spitzenwiderstand  $q_{b,k}$  aus Tabelle E 4-1 verwendet werden.

### 8.2.5.6.5 Wellenspundwände – anzusetzende Widerstände

Mantelreibung und Spitzenwiderstand sollten anhand von statischen und dynamischen Probelastungen ermittelt werden. Sofern keine Ergebnisse aus Probelastungen vorliegen, dürfen bei gerammten Spundwänden die Erfahrungswerte für Mantelreibung und Spitzenwiderstand aus Tabelle E4-1 und Tabelle E 4-2 bei der Bemessung in Ansatz gebracht werden. Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

**Tabelle E 4-1.** Erfahrungswerte des charakteristischen Spitzenwiderstands  $q_{b,k}$  und der charakteristischen Mantelreibung  $q_{s,k}$  von gerammten Spundwänden in nichtbindigen Böden

mittlerer Sondierspitzenwiderstand $q_c$ der Drucksonde [MN/m <sup>2</sup> ]	Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ im Bruchzustand [MN/m <sup>2</sup> ]	Mantelreibung $q_{s,k}$ im Bruchzustand [kN/m <sup>2</sup> ]
7,5	9	20
15	18	40
≥ 25	25	50

**Tabelle E 4-2.** Erfahrungswerte des charakteristischen Spitzenwiderstands  $q_{b,k}$  und der charakteristischen Mantelreibung  $q_{s,k}$  von gerammten Spundwänden in bindigen Böden

Scherfestigkeit $c_{u,k}$ des undrained Bodens [kN/m <sup>2</sup> ]	Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ im Bruchzustand [MN/m <sup>2</sup> ]	Mantelreibung $q_{s,k}$ im Bruchzustand [kN/m <sup>2</sup> ]
60	–	15
100	1,00	20
150	1,75	25
≥250	2,50	35

Die Tabellenwerte Erfahrungswerte in Tabelle E 4-1 und Tabelle E 4-2 sind abhängig vom über die Tiefe gemittelten Sondierspitzenwiderstand  $q_c$  der Drucksonde bzw. der Scherfestigkeit des undrainierten Bodens in nichtbindigen Böden. Bei der Festlegung des maßgebenden mittleren Spitzenwiderstandes  $q_c$  der Drucksonde ist zwischen dem Zahlenwertes verläuft

- der maßgebende Bereich für den Spitzenwiderstand maßgebenden Bereich (von  $1 \cdot D_{eq}$  oberhalb bis  $4 \cdot D_{eq}$  unterhalb des Wandfußes) und dem
- der maßgebende Bereich für die Mantelreibung entlang der Einbindelänge der Wand maßgebenden Bereich (Mittelwert der betreffenden Schicht) (siehe Bild E 4-4).

des Bodens zur unterscheiden. Hat die Bodenschichtung einen großen Einfluss auf den Sondierspitzenwiderstand der Drucksonde bzw. die undrainierte Scherfestigkeit, dann sind für die Mantelreibung zwei oder mehrere mittlere Bereiche getrennt festzulegen.

Alternativ kann die Tragfähigkeit auch aus statischen und dynamischen Probelastungen ermittelt werden:

Bei der Mobilisierung axialer Widerstände ist zu beachten, dass der Mantelwiderstand bereits nach geringen Re-

lativverschiebungen wirksam ist, der Fußwiderstand dagegen große Verschiebungen erfordert, es sei denn, die Rammelemente werden bereits beim Einbringen aufgrund örtlicher Erfahrungen als ausreichend fest eingestuft.

Die in Tabelle E 4-1 und Tabelle E 4-2 angegebenen Erfahrungswerte des Spitzendrucks und der Mantelreibung sind wurden aus dynamischen den Ergebnissen von Probelastungen an vom Wasser aus eingerammten Spundwänden und Profilen vor Hinterfüllung bzw. Abgrabung abgeleitet worden. Bei ausreichender Verschiebung der Wand infolge Hinterfüllung kann stellt sich auf der passiven Seite ein gegenüber dem Zustand der dynamischen Pfahlprüfung erhöhter horizontaler Spannungszustand ergeben ein. Diese Erhöhung ergibt sich aus dem Verhältnis des mobilisierten horizontalen Erdwiderstandes zum Spannungszustand nach der Einbringung (z. B. Mahutka et al., 2006). Auf dieser Fläche kann die Mantelreibung unter Hinzuziehung eines Sachverständigen für Geotechnik erhöht angesetzt werden. Aufgrund geotechnischer Erfahrungen aus Hamburg kann die Erhöhung der Mantelreibung um einen Faktor von bis zu 2 erfolgen.

Für die Festlegung der Widerstände und der Flächen ist im Rahmen der Bemessung ein Sachverständiger für Geotechnik einzuschalten.

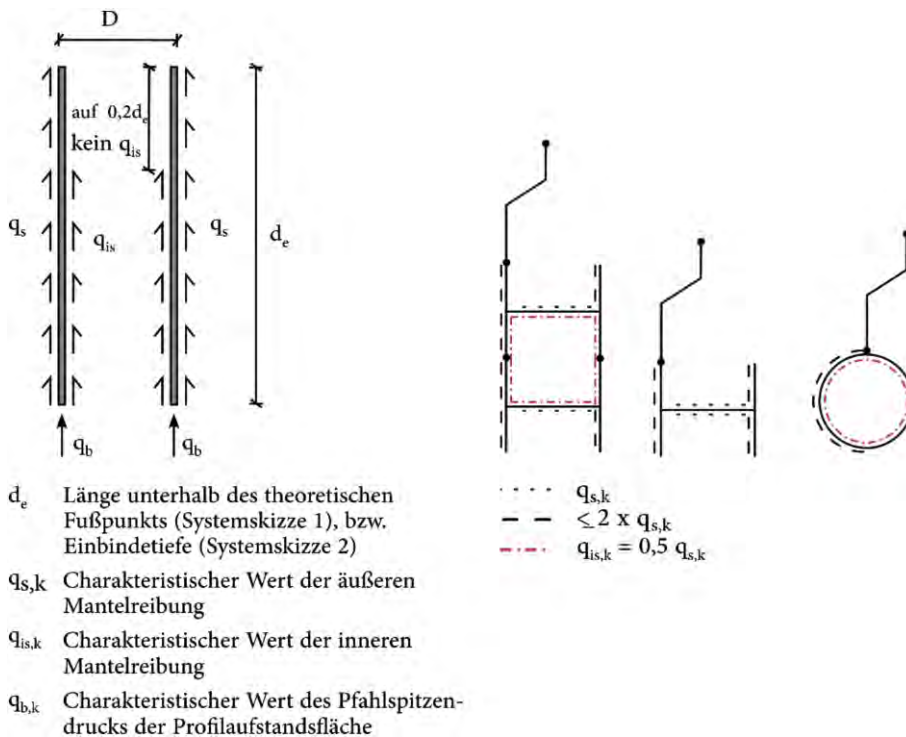
**8.2.5.6.6 — Ansatz der Flächen**

Die Mantelreibung  $q_{s,k}$  darf nicht auf der durch aktiven Erddruck beanspruchten Fläche als Widerstand angesetzt werden (Bild 4-3 rechts und Bild E 4-4).

Unter Beachtung von Abschnitt 8.2.5.6.4 kann auf der Erdwiderstandsseite entweder die Vertikalkomponente des Bodenaufagers  $B^*_{v,k}$  (Bild E 4-3 links) oder die Mantelreibung  $q_{s,k}$  (Bild 4-3 rechts) angesetzt werden.

**8.2.5.6.6 Kombinierte Wände – anzusetzende Widerstände**

Für doppelte und einfache Stahlträgerprofile sowie Rohre ab einem Durchmesser von 1400 mm darf das Modell 2 siehe Bild E 4-4 angewendet werden. Dieses berücksichtigt sowohl die innere als auch die äußere Mantelreibung, wobei die äußere Mantelreibung  $q_{s,k}$  maximal bis auf Höhe der Berechnungssohle anzusetzen ist. Die innere Mantelreibung  $q_{is,k}$  ist aufgrund von Mitnahmesetzungen bei der Herstellung auf bis zu 80% der Einbindelänge anzusetzen. Zur Ermittlung der Widerstände bei kleineren Durchmessern sollte der Technische Jahresbericht 2014 der EA-Pfähle hinzugezogen werden.



**Bild E 4-4.** Ansatz der wirksamen Mantelfläche und Spitzenspitzenwiderstände gemäß Modell 2, Technischer Jahresbericht 2014 EA-Pfähle

Mantelreibung und Spitzenspitzenwiderstand sollten anhand von statischen und dynamischen Probelastungen ermittelt werden. Sofern keine Ergebnisse aus Probelastungen vorliegen, dürfen für offene Stahlrohrpfähle, Hohlkastenpfähle, Stahlträgerprofilpfähle und doppelte Stahl-

trägerprofilpfähle Erfahrungswerte für die charakteristischen Werte für den Spitzenspitzenwiderstand  $q_{b,k}$  und die Mantelreibung (äußere Mantelreibung)  $q_{s,k}$  nach den Tabellen E 4-3 und E 4-4 in Ansatz gebracht werden.

**Tabelle E 4-3.** Erfahrungswerte des charakteristischen Spitzenspitzenwiderstands  $q_{b,k}$  und der charakteristischen äußeren Mantelreibung  $q_{s,k}$  für offene Stahlrohrpfähle, Hohlkastenpfähle, Stahlträgerprofilpfähle und doppelte Stahlträgerprofilpfähle in nichtbindigen Böden

mittlerer Sondierspitzenwiderstand $q_c$ der Drucksonde [MN/m <sup>2</sup> ]	Spitzenspitzenwiderstand $q_{b,k}$ im Bruchzustand [MN/m <sup>2</sup> ]	äußere Mantelreibung $q_{s,k}$ im Bruchzustand [kN/m <sup>2</sup> ]
7,5	9	30
15	18	60
≥ 25	25	80

**Tabelle E 4-4.** Erfahrungswerte des charakteristischen Spitzenwiderstands  $q_{b,k}$  und der charakteristischen äußeren Mantelreibung  $q_{s,k}$  für offene Stahlrohrpfähle, Hohlkastenpfähle, Stahlträgerprofilpfähle und doppelte Stahlträgerprofilpfähle in bindigen Böden

Scherfestigkeit $c_{u,k}$ des undränierten Bodens [kN/m <sup>2</sup> ]	Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ im Bruchzustand [MN/m <sup>2</sup> ]	äußere Mantelreibung eines Einzelträgers $q_{s,k}$ im Bruchzustand [kN/m <sup>2</sup> ]
60	–	20
100	1,00	27
150	1,75	35
≥250	2,50	50

Die in Tabelle E 4-3 angegebenen Erfahrungswerte wurden aus den Ergebnissen von Probelastungen an gerammten Stahlrohrpfählen, Hohlkastenpfählen, Stahlträgerprofilpfählen und doppelten Stahlträgerprofilpfählen in nichtbindigen Böden abgeleitet.

Bei kombinierten Spundwänden ist für die Berechnung des Bodenaufagers der räumliche Erddruck beispielsweise nach Weißenbach (1985) anzusetzen, wenn dieser bei gewählter Einbindelänge kleiner als der durchgehende Erdwiderstand ist. Wie unter Abschnitt 8.1.4.2 erwähnt, kann bei Einhaltung eines lichten Tragbohlenabstandes von max. 1,80 m und einer Mindesteinbindetiefe von 5,00 m im Erdwiderstandsbereich vereinfachend der volle passive Erddruck angesetzt werden, auch wenn die Zwischenbohlen eine geringere Einbindetiefe als die Tragbohlen aufweisen.

### Literatur

Becker, P. und Lüking, J. (2015): Harmonisierung der Berechnungsverfahren der axialen Tragfähigkeit für offene Profile nach EA-Pfähle und EAU. Bautechnik 92, Heft 2, S. 161–176.  
 Becker, P. (2017): Zum Nachweis der Abtragung von Vertikal Kräften bei Verbauwänden. Bautechnik 94, Heft 3, S. 190-199.  
 EA Pfähle (2014): Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“. Technischer Jahresbericht 2014. Bautechnik 91, Heft 12, S. 922–932.

### 3 Technische Jahresberichte

Die Technischen Jahresberichte können auf der Internetseite der HTG ([www.htg-online.de](http://www.htg-online.de)) oder des Verlags

Ernst & Sohn ([www.ernst-und-sohn.de](http://www.ernst-und-sohn.de)) abgerufen werden.

### 3.1 Technischer Jahresbericht 2018

Der Technische Jahresbericht 2018 wurde nicht als Druckfehlerberichtigung beschlossen und ist somit wie in der Bautechnik 2018, Heft 12 ungültig.

### 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  
[grabe@tuhh.de](mailto:grabe@tuhh.de)