

EAU 2012

Die 11. Auflage der Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Grabe, TU Hamburg-Harburg, Institut für Geotechnik und Baubetrieb
Dipl.-Ing. Torben Pichler, TU Hamburg-Harburg, Institut für Geotechnik und Baubetrieb

1 Einleitung

Seit der Gründung des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“, Häfen und Wasserstraßen der Hafentechnischen Gesellschaft e. V. (HTG) im Jahr 1949, der seit 1951 zugleich als Arbeitskreis der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V. (DGGT) tätig ist, sind bis heute 11 Auflagen der Empfehlungen erschienen. Seit Beginn beraten die Mitglieder ehrenamtlich, um vereinheitlichte Grundlagen zur Berechnung und Gestaltung von Ufereinfassungen zur Verfügung zu stellen. Der Ausschuss setzt sich aus Experten der maßgeblichen Fachrichtungen der Technischen Hochschulen, der Bauverwaltungen der großen See- und Binnenhäfen sowie Bundeswasserstraßen, der Bauindustrie, der Stahlindustrie und der Ingenieurbüros zusammen. Die Zusammensetzung des Ausschusses beruht auf dem vom Deutschen Institut für Normung (DIN) fixierten Grundsatz der angemessenen Vertretung aller interessierten Kreise und des vorhandenen Sachverständigenstandes. Das Ziel des Arbeitsausschusses ist die Fortschreibung der bisher herausgegebenen Empfehlungen zur Planung, zum Bau und zur Unterhaltung von Ufereinfassungen im See- und Hafenbau, in Binnenhäfen und an Wasserstraßen. Dabei werden neue wissenschaftliche Erkenntnisse, Erfahrungen aus der Praxis sowie geänderte Normen berücksichtigt und gegebenenfalls in weiteren Empfehlungen dokumentiert.

Eine Aktualisierung der EAU 2004 wurde aufgrund neuer Entwicklungen im Hafenbau, wachsender Schiffsgrößen, moderner Bauweisen und -materialien sowie zur Anpassung der Empfehlungen an den Eurocode 7 (DIN EN 1997) und das Handbuch Eurocode 7 (Band 1 und Band 2) mit einer neuen Nomenklatur notwendig.

Ziel dieses Beitrags ist die Darstellung einiger wichtiger Neuerungen in der 11. Auflage der Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“.

2 Bedeutung der EAU

Die Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen erlangten von Auflage zu Auflage mehr Bedeutung. Sie sind heute das Standardwerk für Planer und Ausführende beim Entwurf und der Bemessung von Ufereinfassungen, seien es geböschte Geländesprünge für Binnenwasserstraßen oder hochbeanspruchte Kaianlagen für den Containerumschlag. Die große Bedeutung der EAU zeigt sich insbesondere an den sehr guten Verkaufszahlen der letzten Ausgabe. Es wurden ohne Berücksichtigung der Großkundenkontingente über 2500 Exemplare und fast 1000 digitale Versionen der deutschen bzw. englischen Fassung verkauft. Diese Zahlen beinhalten nicht die Exemplare aus Sonderkontingenten von Großabnehmern.

Die EAU sind als „Stand der Technik“ einzustufen. Die Empfehlungen sind immer im Zusammenhang mit den gültigen Normen wie dem Eurocode 7 (EC 7) mit nationalen Anhängen anzuwenden. Hierzu finden sich in den EAU Verweise auf die anzuwendenden Normen und Richtlinien. Zusätzlich werden in den EAU auch neuere Forschungsergebnisse eingearbeitet und somit für eine Anwendung zugänglich gemacht.

Die EAU sind in der Europäischen Union (EU) notifiziert, somit gelten die Empfehlungen innerhalb der Europäischen Gemeinschaft als anerkanntes technisches Regelwerk. Bestandteil der Notifizierung und damit der EAU ist eine sogenannte Öffnungsklausel für die Verwendung von Bauprodukten. Wären die Empfehlungen nicht notifiziert, wären diese nach der Rechtsprechung des Gerichtshofs der Europäischen Union nicht anwendbar und dürften von nationalen Gerichten und Behörden nicht angewendet werden.

3 Neuerungen der 11. Auflage

Im Folgenden werden einige wichtige Neuerungen der 11. Auflage der Empfehlungen genauer vorgestellt. Die dargestellten Änderungen geben nicht alle Neuerungen in der 11. Auflage wieder, sollen jedoch aufzeigen, auf welchen Themen das Hauptaugenmerk im Rahmen der Entwicklung der EAU 2012 lag.

3.1 Ermittlung undrännierter Scherparameter (E 88)

Die Empfehlung E 88 in Abschnitt 1.4 bezieht sich in den EAU 2004 ausschließlich auf die Ermittlung der undrännierten Scherfestigkeit c_u . Hierbei wird nur auf zwei Feldversuche eingegangen, die in der Baupraxis empfehlenswert sind. Es werden keine Hinweise zu Laborversuchen oder kombinierten Versuchen zur Ermittlung von c_u gegeben.

Für die EAU 2012 wurde der Abschnitt zur Ermittlung der undrännierten Scherfestigkeit c_u wassergesättigter undrännierter bindiger Böden neu strukturiert und zur Vervollständigung um wichtige Punkte erweitert.

Es wird auf die tiefenabhängige Verteilung der undrännierten Scherfestigkeit (Jamiolkowski et al., 1985; Gebreselassie, 2003) und den Einfluss des Vorbelastungsgrads OCR eingegangen. Zusätzlich wird die Abhängigkeit der undrännierten Scherfestigkeit vom Spannungspfad (Bjerrum, 1973; Jamiolkowski et al., 1985; Scherzinger, 1991) sowie von der Belastungsgeschwindigkeit (Leinenkugel, 1976; Randolph, 2004) dargestellt.

Es werden zwei grundsätzlich unterschiedliche Ansätze zur Ermittlung der Scherfestigkeit c_u des undrännierten Bodens unter Verwendung von Laborversuchen aufgezeigt. Zum einen die Rekompaktionsmethode, bei der die Bodenprobe in Triaxialversuchen vor dem Abscheren mit der Spannung rekonsolidiert wird, die in situ auf den Boden gewirkt hat (Bjerrum, 1973). Zum anderen die Methode der Nachstellung der Spannungsgeschichte, welche von Ladd und deGroot (2003) publiziert wurde.

Im Gegensatz zu den EAU 2004 werden in den EAU 2012 die Versuche zur Ermittlung der undrännierten Scherfestigkeit c_u um diese Laborversuche erweitert. Es wird getrennt auf mögliche Verfahren im Labor und im Feld eingegangen, wobei auch eine kurze Bewertung der Eignung der einzelnen Untersuchungsmethoden gegeben wird. Als Laborversuche werden Triaxialversuche empfohlen, da hiermit sowohl dränierete als auch undrännierte Parameter bestimmt werden können. Es werden zusätzlich Versuche mit der Laborflügelsonde, der eindimensionale Plattendruckversuch sowie Druck- und Fallkegelversuche zur Ermittlung der Scherfestigkeit aufgeführt. Als praxistaugliche Feldversuche werden wie in den EAU 2004 Drucksondierungen und Feldflügelsondierungen angegeben. Zusätzlich werden weniger verbreitete Bohrlochaufweitungsversuche und Plattendruckversuche genannt.

3.2 Vertikale Tragfähigkeit von Wasserbauprofilen (E 4)

Die Empfehlung zum Ansatz der Erddruckneigungswinkel und die Nachweise in vertikaler Richtung (E 4) wurden in den EAU 2012 komplett überarbeitet und neu strukturiert. Die größten Änderungen haben sich beim Nachweis der Sicherheit von bodengestützten Wänden gegen Versagen durch Vertikalbewegung und beim Ansatz der Mantelreibung und des Spitzenwiderstandes beim Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit ergeben. Die Definitionen der Erddruckneigungswinkel, die ebenfalls in dieser Empfehlung zu finden sind, wurden zur besseren Übersicht neu gegliedert.

Neben dem Nachweis der horizontalen Tragfähigkeit des Bodenaufagers und der Vertikalkomponente des mobilisierten Erdwiderstands muss auch der Nachweis der Sicherheit von bodengestützten Wänden gegen Versagen durch Vertikalbewegung geführt werden. Dieser Nachweis wurde grundlegend überarbeitet und dem Planer wird die Möglichkeit gegeben, zwischen zwei unabhängigen Modellvorstellungen des Lastabtrags zu wählen. Konform zu anderen Nachweisen gilt, dass die Summe der einwirkenden Bemessungslasten $\sum V_{i,d}$ kleiner als die Summe der wirkenden Bemessungswiderstände $\sum R_{i,d}$ sein muss. Die Vertikalbeanspruchung ergibt sich aus den Bemessungswerten aller nach unten gerichteten axialen Einwirkungen am Wandfuß. Die Ermittlung der Bemessungswerte der axialen Widerstände darf entweder unter Berücksichtigung (Bild 1, links)

- des Bodenaufagers B^*_k mit dem Grenzwert des Reibungswinkels δ_B ,
- der Ersatzkraft $\frac{1}{2} C_k$ mit dem Grenzwert des Reibungswinkels δ_C ,
- der Mantelreibung unterhalb des theoretischen Fußpunktes TF und
- des Spitzenwiderstandes $R_{b,k}$ am Wandfuß

oder unter Berücksichtigung (Bild 1, rechts)

- der Mantelreibung und
- des Spitzenwiderstands

erfolgen.

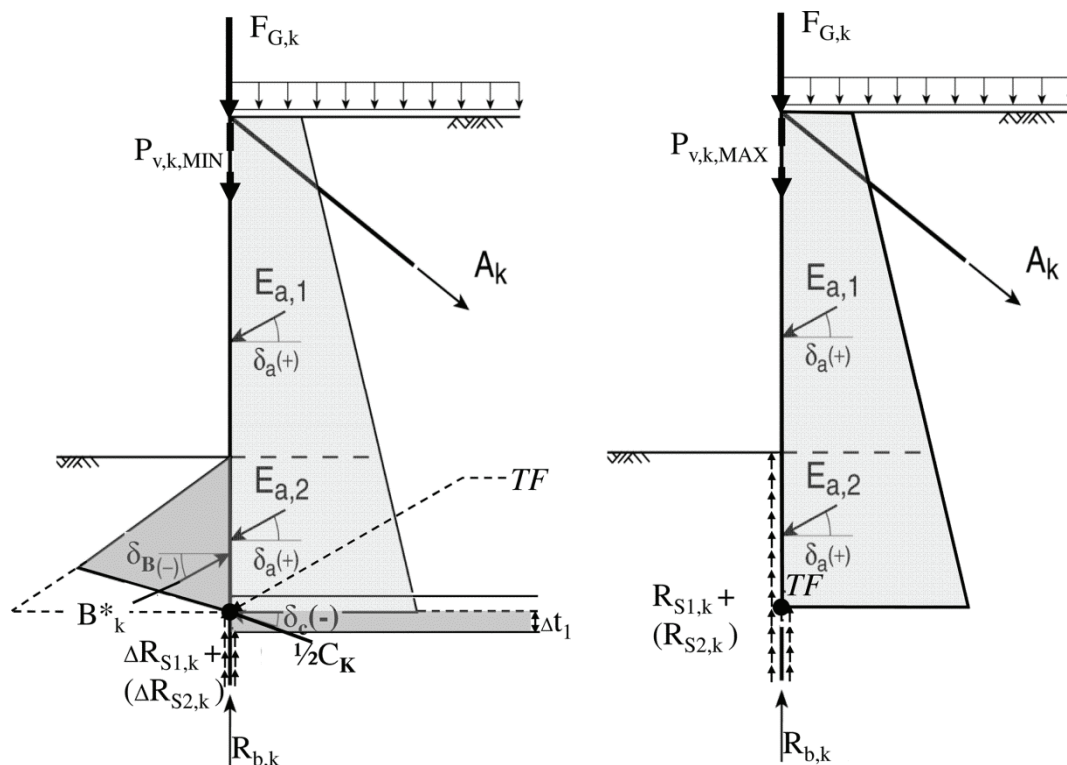


Bild 1: Ansatz der Einwirkungen und Widerstände beim Nachweis gegen Versagen bodengestützter Wände durch Vertikalbewegung

In beiden Fällen darf bei einer Verlängerung der Wand über den theoretischen Fußpunkt hinaus zusätzlich die Mantelreibung in diesem Bereich angesetzt werden, um die vertikale Tragfähigkeit zu erhöhen. Zur Vorbemessung dürfen in nichtbindigen Böden die Werte für den Spitzenwiderstand und die Mantelreibung auf Grundlage des Sondierspitzenwiderstands abgeschätzt werden. Die Datengrundlage und die Tabellenwerte (Tabelle 1) für Spitzenwiderstand und Mantelreibung wurden bereits von Schallück et al. (2012) veröffentlicht. Die Tabellenwerte gelten für die im Anwendungsbereich der EAU üblichen Profile:

- Wellenspundwände
- I-Profil mit $h \geq 0,50$ m,
- II-Profil mit $h \geq 0,50$ m und
- Rohrprofil mit $d \geq 0,80$ m.

Für kleinere Abmessungen wird in den EAU 2012 auf die EA-Pfähle (2012) verwiesen.

Tabelle 1: Erfahrungswerte zur Vorbemessung des charakteristischen Spitzenwiderstands $q_{b,k}$ und der Mantelreibung $q_{s,k}$ von offenen Stahlprofilen in nichtbindigen Böden

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

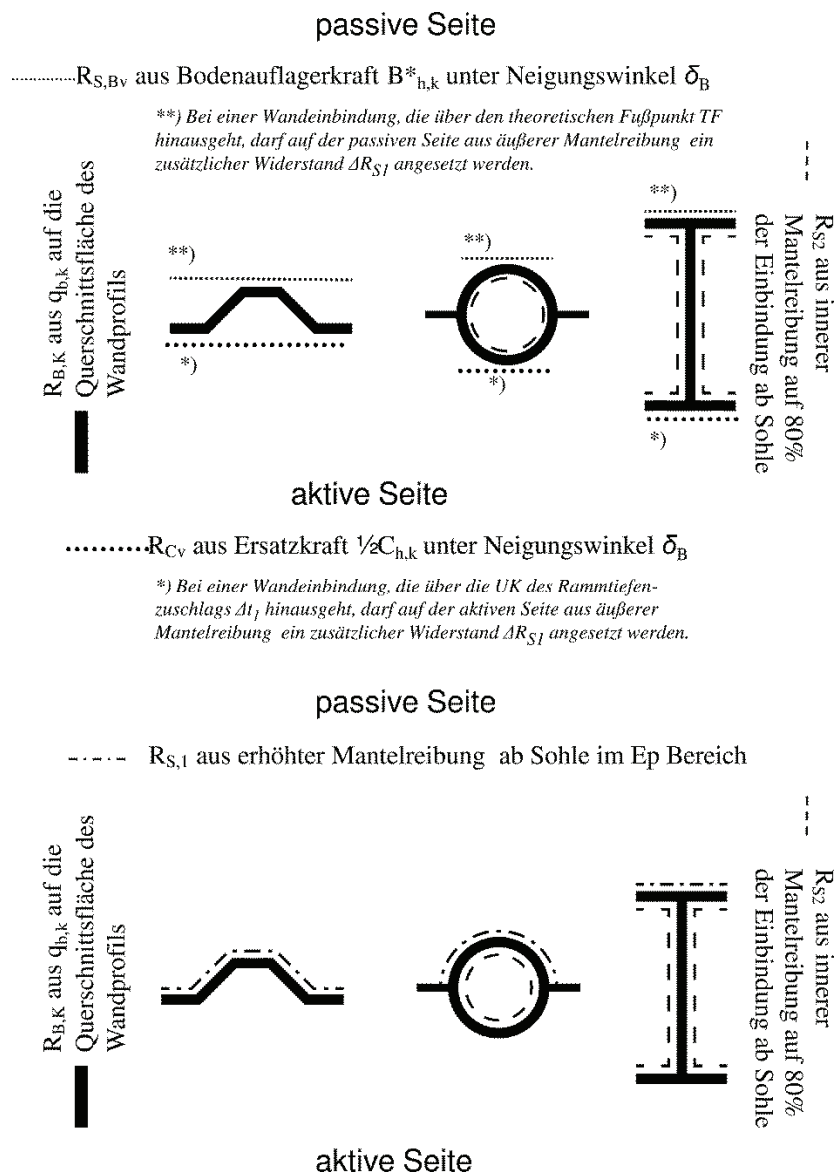


Bild 2: Vertikale Widerstandskomponenten ab Berechnungssohle beim Nachweis gegen Versagen bodengestützter Wände durch Vertikalbewegung
oben: Widerstände aus erdstatischen Einwirkungen
unten: Widerstände infolge Mantelreibung und Spitzenwiderstand

Auch der Ansatz der anzusetzenden Flächen für die beiden unabhängigen Verfahren wird in den EAU 2012 erläutert (Bild 2). Zusätzlich wird zwischen den Grenzfällen mit und ohne Pfropfenbildung unterschieden. Wenn davon ausgegangen werden kann, dass sich beim Einbringen kein Pfropfen innerhalb

des Profils bildet, darf auf den Innenflächen auf einer Höhe von 80 % der Einbindelänge in den tragfähigen Baugrund die Mantelreibung angesetzt werden. Kann hingegen davon ausgegangen werden, dass sich ein Pfropfen ausbildet, darf auf die innere Fußfläche des offenen Stahlprofils ein im Vergleich zu Vollquerschnitten je nach Lagerungsdichte des Bodens um 40 % bis 80 % verringerter Spitzenwiderstand angesetzt werden. Weitere Informationen hierzu finden sich bei Clausen et al. (2005). Hinweise, ob mit Pfropfenbildung zu rechnen ist, können z. B. Meek (1995), Rausche et al. (2011) und Henke und Grabe (2008) entnommen werden.

3.3 Dalben (E 218)

Das Kapitel 13 der EAU 2004 wurde komplett überarbeitet, erweitert, neu gegliedert und unter der Empfehlungsnummer E 218 zusammengefasst. Hierbei wurde das p - y -Verfahren zur Bemessung von Dalben über nichtlineare Federkennlinien in die EAU 2012 übernommen.

In den EAU 2012 wird neben dem Verfahren nach Blum (1932) auch das p - y -Verfahren beschrieben. Nach Blum wird der räumliche Erdwiderstand E_{ph} vor dem Dalben als Bettungsspannung angesetzt (Bild 3, links). Es wird also ein oberer Grenzwert für die Biege- und Querkraftbeanspruchung des Dalbens ermittelt. Für einen Gebrauchstauglichkeitsnachweis ist das Berechnungsverfahren nach Blum daher nur eingeschränkt geeignet. Beim p - y -Verfahren wird die Bettung des Dalbens entsprechend der über die Einbindetiefe und mit der Belastung veränderlichen Verformung angesetzt. Es handelt sich hierbei um ein Bettungsmodulverfahren mit nichtlinearen Federkennlinien (Bild 3, rechts).

Vergleichsberechnungen (Rudolph et al., 2011) der beiden Verfahren zeigen in nichtbindigen und bindigen Böden mit einer Festigkeit von $c_u < 96 \text{ kN/m}^2$ eine gute Übereinstimmung. Generell ergeben sich durch die weichere Modellierung beim p - y -Verfahren größere Verformungen als mit dem Verfahren nach Blum. Für steife Böden mit $c_u > 96 \text{ kN/m}^2$ können sich die Ergebnisse der Verfahren stark unterscheiden. Nach Blum ergeben sich deutlich geringere Bauteilabmessungen, weshalb für Dalben in steifen Böden eine Bemessung mit dem p - y -Verfahren empfohlen wird.

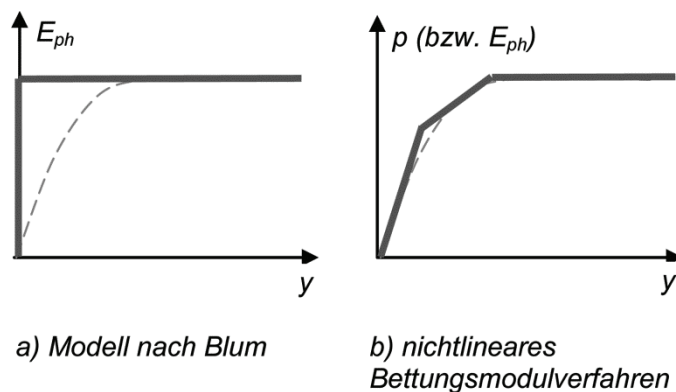


Bild 3: Idealisierte Kraft-Weg-Diagramme für die Dalbenbemessung (Boden-Bauwerk-Interaktion)

Das p - y -Verfahren basiert auf Untersuchungen an horizontal belasteten Pfählen mit Durchmessern von rund 60 cm, wird inzwischen aber auch zur Bemessung von deutlich größeren Pfählen im Offshore-Bereich angewendet. Es ist die Erfassung der Boden-Bauwerk-Interaktion möglich, da die zur Mobilisierung des räumlichen Erdwiderstands erforderliche Bauwerksverformung berücksichtigt wird. Die p - y -Kurven bilden den Zusammenhang zwischen dem Erdwiderstand p und dem zur Mobilisierung notwendigen Weg y ab. In Bild 4 sind exemplarisch Verläufe von p - y -Kurven für unterschiedliche Böden dargestellt. Angaben zur Ermittlung der p - y -Kurven finden sich in API (2007), DNV (2010) und DIN EN ISO 19902.

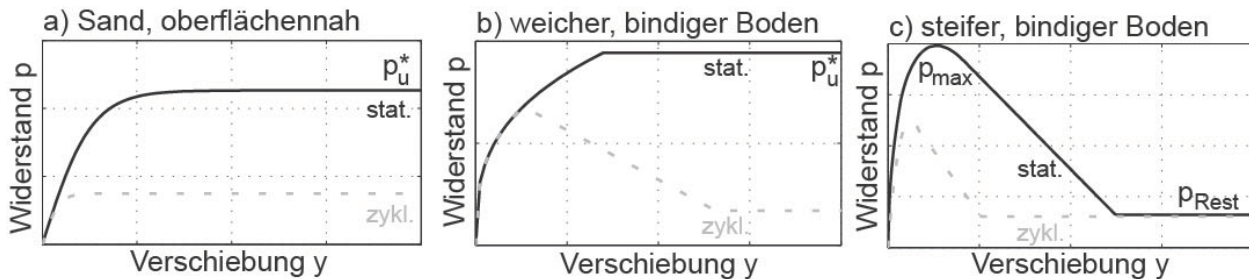


Bild 4: Qualitative p - y -Kurven für Sand, weichen bindigen Boden und steifen bindigen Boden für statische (durchgezogene Linie) und zyklische (gestrichelte Linie) Belastung

3.4 Rammführung und Rammtoleranzen (E 104, E 105)

Die Änderungen des Kapitel 8 sind nicht so umfassend, wie in den bereits zuvor angesprochenen Abschnitten. Ihnen fällt jedoch eine besondere Bedeutung zu, da die Funktionalität eines Spundwandbauwerkes sehr stark von einem fachgerechten und exakten Einbau der Spundwände abhängt. Es war daher nötig die Formulierungen der EAU 2004 anzupassen und zu konkretisieren. Insbesondere betrifft dies den Abschnitt 8.1.12, welcher sich mit dem Einrammen von kombinierten Stahlspundwänden befasst und den Abschnitt 8.1.13, welcher benötigte Beobachtungen beim Einbringen von Stahlspundwänden darstellt und Einbringtoleranzen regelt.

Im Abschnitt zum Einrammen von kombinierten Stahlspundwänden wird nun explizit auf die Gefahr des Zusetzens von Spundwandschlössern mit dem anstehenden Bodenmaterial hingewiesen. Diese Gefahr ist immer dann gegeben, wenn die Schlösser auf den Tragbohlen aufgezogen sind und vor dem Einbringen nicht am Fußpunkt verschlossen und zusätzlich mit zum Beispiel weichem Bitumen verfüllt werden. Mit Boden gefüllte Schlösser können beim Einbringen der Zwischenbohlen zu Schlosssprengungen führen.

Die Krafteinleitung soll immer auf dem gesamten Bohlenquerschnitt erfolgen, bei Tragbohlen ist auf eine Einleitung in der Schwerachse zu achten, um ein Verlaufen selbiger infolge exzentrischer Beanspruchung zu vermeiden.

Der Abschnitt zur Ausführung der Rammung wurde in den EAU 2012 angepasst, erweitert und konkretisiert. Im Allgemeinen wurde er übersichtlicher gestaltet, so dass die Anforderungen an die Rammung leichter ersichtlich sind. Die Empfehlungen sind weitestgehend gleich geblieben, es wird zusätzlich darauf hingewiesen, dass beim Einvibrieren der Zwischenbohlen auf ein stetiges Eindringen selbiger zu achten ist. Sollte die Eindringgeschwindigkeit unter 0,5 m/min fallen, so ist das Vibrieren sofort abubrechen, um Schäden in den Fädelschlössern und an den Verschweißungen zu vermeiden. Außerdem sollten Zwischenbohlen mit mehr als 20 m Länge keine geringere Wandstärke als 12 mm haben.

Generell sind beim Einbringen von Spundbohlen Lage, Stellung und Zustand der Rammeelemente laufend zu beobachten und das Erreichen der Soll-Stellung durch geeignete Maßnahmen zu kontrollieren. Zudem sind die Beobachtungen nachvollziehbar und vollständig zu dokumentieren. Abweichungen von der Soll-Stellung bei der Herstellung von Wellenspundwänden sind in Übereinstimmung mit DIN EN 12063 zulässig, jedoch gelten die dort angegebenen Toleranzen ausdrücklich nicht für Tragbohlen kombinierter Spundwandbauwerke. Die Rammung der Tragbohlen kombinierter Spundwände muss deutlich genauer erfolgen, um ein einwandfreies Einbringen der Zwischenbohlen zu gewährleisten. Die Toleranzen für das Einbringen der Tragbohlen müssen daher stets in Abstimmung mit dem Bauherrn, dem Planer und der ausführenden Baufirma festgelegt werden. An exponierten Lagen sollte die Kontrolle der Abweichung von der Soll-Stellung nicht nur am Pfahlkopf und direkt über der Wasserlinie erfolgen, sondern auch durch Taucher auf Sohlentiefe. Werden die zulässigen Toleranzen überschritten, sind die Tragbohlen zu ziehen und erneut zu rammen oder es sind Passbohlen als Zwischenbohlen anzuordnen.

3.5 Eislasten (E 177, E 205)

Die Empfehlungen zu Eisstoß und Eisdruck auf Ufereinfassungen im Küstenbereich (E 177) und Binnenbereich (E 205) wurden zur besseren Verständlichkeit umgeschrieben und um neue Ansätze erweitert.

Für Ufereinfassungen im Küstenbereich ist die Bestimmung einer Eisdruckfestigkeit, im Gegensatz zur Annahme einer gleichbleibenden Festigkeit in den EAU 2004, nach den Richtlinien des Germanischen Lloyd (GL, 2005) und Kovacs (1996) neu in die Empfehlungen aufgenommen worden. Die horizontale einachsige Eisdruckfestigkeit berechnet sich hierbei aus der spezifischen Dehnungsgeschwindigkeit $\dot{\epsilon} = 0,001 \text{ [s}^{-1}\text{]}$ und der Porosität $\varphi_B \text{ [\%]}$ zu $\sigma_0 = 2700 \dot{\epsilon}^{1/2} \cdot \varphi_B^{-1} \text{ [MN/m}^2\text{]}$. Dabei ist die Porosität von der Salinität und der mittleren Eistemperatur abhängig (Kovacs, 1996). Ergänzt und angepasst wurde die Ermittlung des mechanischen Eisdrucks, der Vertikallasten bei steigendem oder fallendem Wasserspiegel und des thermischen Eisdrucks. Der mechanische Eisdruck auf Ufereinfassungen wird auf Grundlage der Eisdruckfestigkeit und der Mächtigkeit der Eisdecke berechnet. Hierbei wird zwischen Eisdruck auf Linienbauwerke, Einzelbauteile und Uferdeckwerke in Tidegebieten unterschieden. Die Ermittlung der Vertikallasten aus steigendem oder fallendem Wasserspiegel wurde nach den EAU 2004 nur auf Grundlage der Wichtedifferenz des Wassers und des Eises geführt. In den EAU 2012 ist die Berechnung der Belastung auf Einzelpfähle nach Kohlhasse et al. (2006) und Weichbrodt (2008) eingeführt worden. Es wird die Berechnung der vertikalen Eislast nach der russischen Norm SNiP (1995) empfohlen. Ist der Abstand zwischen Pfählen geringer als die charakteristische Länge der Eisschicht, verringert sich die Belastung der einzelnen Pfähle. Diese Verringerung kann bei Pfahlgruppen über einen geometrischen Faktor nach Edil et al. (1988) ermittelt werden. Der thermische Eisdruck kann nach ISO/FDIS 19906 abgeschätzt werden.

Für Ufereinfassungen im Binnenbereich gelten ähnliche Empfehlungen wie für den Küstenbereich. Aufgrund der veränderten Randbedingungen erfolgt die Bestimmung der Eisdicken über die Kältesumme beispielsweise nach Bydin (1959) und die Ermittlung der Eisdruckfestigkeit nach Schwarz (1970) über die mittlere Eistemperatur.

4 Ausblick

Aufgrund von neuen Entwicklungen in der Bautechnik und Erkenntnissen aus der Forschung werden die Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ auch in Zukunft aktualisiert, angepasst und um neue Empfehlungen ergänzt.

Zukünftige Themen, denen sich der Ausschuss voraussichtlich widmen wird, liegen zum Beispiel im Bereich der Entwicklung von Empfehlungen zu Basishäfen für die Offshore-Industrie. Die Anforderungen solcher Hafenstrukturen unterscheiden sich deutlich von beispielsweise denen eines Containerhafens. Zu nennen wären hier die höheren Flächenlasten im Hinblick auf den Umschlag von Teilen von Schweregewichtsfundamenten, das Verhalten von Kaimauern beim Aufjacken von Jack-Up-Rigs in unmittelbarer Nähe oder die Unterhaltung von Sonderstrukturen für Spezialschiffe des Offshore-Einsatzes.

Weitere Überlegungen zu zukünftigen Themen betreffen die ökologische Errichtung und den ökologischen Betrieb von Hafenanlagen. Es ergeben sich hierbei Ansatzpunkte während des gesamten Lebenszyklus des Hafens. Bei der Errichtung rücken beispielsweise nicht erwünschte Schallemissionen immer weiter in den Fokus und während des Betriebs kommen Abgasemissionen der Schiffsdiesel hinzu. Diese Problematik wird insbesondere bei Häfen deutlich, die nah an bewohnten Bereichen der Städte liegen.

Zuletzt sei darauf hingewiesen, dass die Mitglieder des Arbeitsausschusses ihr Augenmerk ebenfalls auf eine Verschlankung der EAU sowie auf vereinfachte Nachweisverfahren legen, damit die Empfehlungen auch weiterhin praxistauglich bleiben und dem Anwender ein wirtschaftliches Hilfsmittel bieten.

5 Zusammenfassung

Mit den Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen 2012 steht Bauherren, Planern und Ausführenden eine komplett überarbeitete und aktualisierte Fassung der in dem Jahr 1949 erstmals veröffentlichten Empfehlungen zur Verfügung. Die Nomenklatur und Nachweise wur-

den an den Eurocode 7 bzw. die Normenhandbücher des Eurocodes angepasst. Es wurden neue Erkenntnisse aus der Bautechnik der ausführenden Baufirmen berücksichtigt und in praxistaugliche Empfehlungen umgesetzt. Auch Forschungsergebnisse der letzten Jahre wurden in Empfehlungen umgesetzt und somit allen Beteiligten zur Verfügung gestellt.

Auch in Zukunft wird der Ausschuss daran arbeiten, die Empfehlungen auf einem aktuellen Stand zu halten und neue Erkenntnisse aus den Bereichen der Ausführung und der Forschung einzuarbeiten.

Literatur

- API (2007): Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Plattformen - Working Stress Design (API RP 2A-WSD). American Petroleum Institute, 2007
- Bjerrum L. (1973): Problems of soil mechanics and constructions on soft clays and structurally unstable soils (collapsible, expansive and others). Proc. of 8th ICSMFE, Moscow, Vol. 3, pp. 111–155, 1973
- Blum H. (1932): Wirtschaftliche Dalbenformen und deren Bemessung. Bautechnik, 10 (5), Seiten 50–55, 1932
- Bydin F.I. (1959): Development of certain questions in area of river's winter regime. III. Hydrologic Congress, Leningrad, 1959
- DIN EN 1997: Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik. Beuth Verlag, Berlin, 2009
- DIN EN 12063: Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) - Spundwandkonstruktionen. Deutsche Fassung, 1999
- DIN EN ISO 19902: Erdöl- und Erdgasindustrie - Gegründete Stahlplattformen (ISO 19902:2007). Englische Fassung EN ISO 19902:2007
- DNV (2010): Offshore Standard DNV-OS-J101. Det Norske Veritas, Design of Offshore Wind Turbine Structures, 2010
- EA-Pfähle (2012): Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“. 2. Auflage, Ernst & Sohn, Berlin, 2012
- EAU (2004): Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“, Häfen und Wasserstraßen. 10. Auflage, Ernst & Sohn, Berlin, 2009
- EAU (2012): Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“, Häfen und Wasserstraßen. 11. Auflage, Ernst & Sohn, Berlin, 2012
- Edil T.B., Roblee C.J., Wortley C.A. (1988): Design approach for piles subject to ice jacking. Journal of Cold Regions Engineering Vol. 2, Nr. 2, Paper 22508, American Society of Civil Engineers, 1988
- Gebreselassie B (2003): Experimental, analytical and numerical investigations in normally consolidated soft soils. Schriftenreihe Geotechnik der Universität Kassel, Heft 14, 2003
- GL (2005): Guideline for the construction of fixed offshore installations in ice infested waters, Rules and Guidelines IV - Industrial Services (Part 6, Chapter 7), 2005
- Handbuch Eurocode 7, Band 1: Handbuch Eurocode 7 - Geotechnische Bemessung, Band 1: Allgemeine Regeln. 1. Auflage, Beuth Verlag, Berlin, 2011
- Handbuch Eurocode 7, Band 2: Handbuch Eurocode 7 - Geotechnische Bemessung, Band 2: Erkundung und Untersuchung. 1. Auflage, Beuth Verlag, Berlin, 2011
- Henke S. und Grabe J. (2008): Numerische Untersuchungen zur Pfropfenbildung in offenen Profilen in Abhängigkeit des Einbringverfahrens. Bautechnik 85 (8): 521–529, 2008
- ISO/FDIS 19906: Erdöl- und Erdgasindustrie - Offshore-Bauwerke für den Arktis-Bereich. ISO-Normen, 2010
- Jamiolkowski M., Ladd C.C., Germaine J.T., Lancellotta R. (1985): New developments in field and laboratory testing of soils. Proc. of 11th Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering in San Francisco (USA), Vol. 1, pp. 57–153, 1985
- Kohlhase S., Dede Ch., Weichbrodt F., Radomski J. (2006): Empfehlungen zur Bemessung der Einbinde-länge von Holzpählen im Bühnenbau, Ergebnisse des BMBF-Forschungsvorhabens Bühnenbau. Universität Rostock, 2006
- Kovacs (1996): Sea - Ice Part II. Estimating the Full-Scale Tensile, Flexural, and Compressive Strength of First-Year Ice. US Army Corps of Engineers, CRREL Report 96–11, 1996
- Ladd C.C., DeGroot D.J. (2003): Recommended practise for soft ground site characterisation. Proc. of 12th Panam. CSMGE, Arthur Casagrande Lecture, Cambridge (USA), 2003
- Leinenkugel H.J. (1976): Deformations- und Festigkeitsverhalten bindiger Erdstoffe. Veröffentlichungen des Instituts für Bodenmechanik und Felsmechanik der Universität Karlsruhe, Heft 66, 1976

- Meek J.W. (1995): Der Spitzenwiderstand von Stahlrohrpfählen. Bautechnik 72 (5): 305–309, 1995
- Randolph M.F. (2004): Characterisation of soft sediments for offshore applications. 2nd International Site Characterisation Conference, Port, Portugal, Vol. 1, pp. 209–232, 2004
- Rausche F., Likins G. und Klingmüller O. (2011): Zur Auswertung dynamischer Messungen an großen offenen Stahlrohrpfählen. Pfahl-Symposium 2011, Braunschweig, Mitteilungen des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik, TU Braunschweig, Heft 94, S. 491–507, 2011
- Rudolph C., Mardfeldt B. und Dührkop J. (2011): Vergleichsberechnungen zur Dalbenbemessung nach Blum und mit der p-y-Methode. Geotechnik, Heft 4, 2011
- Schallück C., Pichler T. und Henke S. (2012): Neuregelung des Nachweises der vertikalen Tragfähigkeit von Spundwänden in der EAU. geotechnik, 35: pp. 159–167, 2012
- Scherzinger T. (1991): Materialverhalten von Seetonen – Ergebnisse von Laboruntersuchungen und ihre Bedeutung für das Bauen in weichem Baugrund. Veröffentlichungen des Institutes für Bodenmechanik und Felsmechanik der Universität Karlsruhe, Heft 122, 1991
- Schwarz J. (1970): Treibeisdruck auf Pfähle. Mitteilung des Franzius-Instituts für Grund- und Wasserbau der Technischen Universität Hannover, Heft 34, 1970
- SNiP (1995): SNiP 2.06.04-82: Ministry of Russia. Bautechnische Normen und Regeln – Belastung und Einflüsse aus Wellen, Eis und von Schiffen auf hydrotechnische Anlagen. Moskau, 1995
- Weichbrodt F. (2008): Entwicklung eines Bemessungsverfahrens für Holzpfehlbuhnen im Küstenwasserbau. Veröffentl. Dissertation, Rostock, 2008

