

Vorwort

Die Herausgabe der Broschüre »Unsere Gewässer – FORSCHUNG TUT NOT« im Jahr 2004 durch die HTG zusammen mit der DGGT stellte die erste Etappe zur Förderung von Forschung und Entwicklung dar. Als nächsten Schritt wurde im Beitrag von Dücker und Oumeraci (2005) (siehe HANSA Heft Nr. 1, Jg. 143, 2005) die Ausarbeitung einer Denkschrift angekündigt, die die in der Broschüre formulierten F+E-Schwerpunkte durch Arbeitsgruppen der HTG näher präzisieren soll. Insgesamt wurden bzw. werden derzeit 13 F+E-Schwerpunkte durch Arbeitsgruppen bearbeitet (s. Tabelle).

Die Bearbeitung erfolgt in zwei Phasen. In Phase I werden die ersten Entwürfe in Kurzform in der HANSA sowie auf der Homepage der HTG <http://www.htg-online.de/> der Fachwelt zur Diskussion gestellt. In dieser Ausgabe wird der Themenschwerpunkt A10 vorgestellt mit der Bitte, Anregungen, Änderungen und Ergänzungen bis Ende November 2007 per E-Mail oder Fax an die Geschäftsstelle der HTG zu senden:

HTG-Geschäftsstelle
Herrn Kaschel, Geschäftsführer
Neuer Wandrahm 4, 20457 Hamburg
Tel.: 040/42847-2178, Fax: 040/42847-2179
E-Mail: service@htg-online.de

Die Beiträge zu den weiteren F+E-Schwerpunkten werden in den kommenden Ausgaben der HANSA zur Diskussion gestellt. Auf der Grundlage der eingegangenen Anregungen aus der Fachwelt, werden die Arbeitsgruppen die Beiträge überarbeiten und erweitern. Die 13 Beiträge, zusammen mit einem einführenden Kapitel, werden in einer Denkschrift zusammengeführt, die in der ersten Hälfte des Jahres 2008 herausgegeben wird.

Mit bestem Dank im Voraus für eine rege Teilnahme an der Diskussion.

Die Geschäftsstelle der HTG

AG	F+E-Schwerpunkte	Arbeitsgruppenleiter
A1	Sturmflutwasserstände und -seegang – die physikalisch höchste mögliche Sturmflut	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Jensen
A2	Morphodynamik im Küsten- und Ästuarraum – langfristige Vorhersageverfahren und -modelle, einschließlich Einfluss von Baumaßnahmen	Dr. Hayo Heyer Prof. Dr.-Ing. Hocine Oumeraci
A3	Sediment und Baggergut Vorhersageverfahren und -modelle für Sediment- und Schadstofftransport, Optimierungsverfahren für Unterhaltungsbaggerungen, Datenbank	Dipl. Ing. Axel Netzband Dr.-Ing. Hans-Heinrich Witte
A4	Schiff- und Wasserstraße Simulationsmodelle für Planungsaufgaben (Ausbau, Routen, Verkehrslenkung), Wasserstandsprognosen und Sohlveränderungsprognosen in Informationssystemen	Michael Ippich Dipl.-Ing. Klaus Frerichs
A5	Küsten- und Hochwasserschutz Strategien, Schutzsysteme und -konzepte, Seegang-Bauwerk Interaktion und Bemessungskonzepte	Dr.-Ing. Karsten Peters
A6	Bauwerke und Bauwerkserüchtigungen im Küsten- und Verkehrswasserbau	Prof. Dr.-Ing. Georg Heerten
A7	Offshore-Windenergieanlagen Belastung und Bemessung von Gründungsbauwerken, innovative Gründungen	Prof. Dr.-Ing. Werner Richwien
A8	Ökologisch integrierte Nutzung und Entwicklung von Küstengewässern, Ästuaren und Wasserstraßen Vorhersage der Wechselwirkungen zwischen Naturvorgängen und Ingenieurmaßnahmen, Analyseverfahren umweltrelevanter Veränderungen durch Baumaßnahmen	Prof. Dipl.-Ing. Volkhard Wetzel
A9	Katalog der deutschen Küste und Informationssysteme Heutiger Zustand, retrospektive Analyse, Meta- und Geoinformationssysteme, Entwicklung geeigneter Fernerkundungsverfahren	Dr.-Ing. Manuela Osterthun Dipl.-Ing. Axel Götschenberg
A10	Bodenstrukturwechselwirkungen – Messungen / Bemessungsmodelle und -richtlinien	Prof. Dr.-Ing. Jürgen Grabe
B1	Probabilistische Bemessung von Bauwerken Unsicherheiten, Grenzzustandsgleichungen, Fehlerbaumanalysen und Bemessungsmethoden, Teilsicherheitskonzept	Dr.-Ing. Andreas Kortenhaus
B2	Risikobewertung und Risikomanagement Methoden für tangible und intangible Schäden sowie für tolerierbare Risiken; Managementmethoden vor, während und nach einer Katastrophe	Prof. Nicole von Lieberman Dr. Ulrich Bauermeister
B3	Risikobasierte Bauwerksüberwachung und Bauwerkserhaltung Integrierte Konzepte, Modelle und Techniken für bestehende und neue Bauwerke	Dipl.-Ing. Martin Rahtge

**Nietiedt
Gerüstbau GmbH**



**Nietiedt GmbH
Oberflächentechnik**

Ihre leistungsstarken Partner für die Hafenwirtschaft im maritimen Korrosionsschutz, Stahlwasserbau sowie im Gerüstbau für Werften, Tank- und Umschlagsanlagen.

Langeoogstraße 16 • 26384 Wilhelmshaven • Telefon 04421/9375-0 • Telefax 04421/9375-93 • www.nietiedt.com

Wechselwirkungen zwischen Wasser, Struktur und Boden – Bedeutung und Defizite

35564

Instandhaltung, Neubau und ständige Erweiterung von Küstenbauwerken wie Kaianlagen, Hochwasserschutzbauwerke und auch Offshore-Bauwerke sowie die Einhaltung ihrer langfristigen Zuverlässigkeit und Sicherheit gegen Versagen beinhalten wichtige Herausforderungen für die Forschung und Entwicklung des Wasserbaus, der Bodenmechanik und des Grundbaus. Das ergibt sich insbesondere aus zyklischen und dynamischen Einwirkungen aus Seegang, wechselnden Wasserständen und Strömungen im Wasser und im Boden, deren Einwirkungen zum Versagen bzw. zum Verlust der Gebrauchstauglichkeit führen können. Es steht daher außer Frage, dass diese Einwirkungen bei der Bemessung von Bauwerken in und an Küsten- und Binnengewässern von außerordentlicher Bedeutung sind. Zugleich sind aber insbesondere die hydrodynamischen und bodenmechanischen Wechselwirkungen sehr komplex und auch noch nicht in allen Aspekten quantifizierbar. In der detaillierten Erforschung der Wechselwirkungen zwischen Wasser, Struktur und Boden liegt daher ein kaum zu unterschätzendes Potential zur sicheren und wirtschaftlichen Bemessung von Bauwerken des See- und Hafenbaus, zugleich können gegebenenfalls vorhandene Sicherheitsrisiken aufgedeckt werden und insbesondere Nutzungsänderungen zuverlässig bewertet werden.

1 Ziele

Um die langfristige Sicherheit und Zuverlässigkeit von Strukturen im Hafen, an der Küste und Offshore zu gewährleisten, ist es beim Entwurf und bei der Bemessung notwendig, insbesondere instationäre Einwirkungen auf das Bauwerk und im Untergrund zu berücksichtigen. Dafür ist ein besseres Verständnis der physikalischen Vorgänge bei der Interaktion von Wasser, Struktur und Boden unter nichtmonotonen Beanspruchungen durch Wasserdruck, Wellen und Strömungen unentbehrlich. Für ingenieurmäßige Berechnungen müssen die im Boden ausgelösten Prozesse quantifiziert werden und es müssen Modelle entwickelt werden, in denen die komplexen Zusammenhänge anwendungsgerecht in Form von Bemessungsempfehlungen aufgearbeitet werden.

Verfasser
Arbeitsgruppe A10

2 Ingenieurpraktische Bedeutung

Strukturen unter instationären Beanspruchungen durch Wasserdruck, Wellen und Strömungen können allmähliche oder spontane Lageveränderungen erfahren, die den Nutzen einschränken oder sogar zum Versagen führen können. Abb. 1 zeigt dies beispielhaft für eine Mole unter Wellenbelastung. Aus den Welleneinwirkungen können zusätzlich Porenwasserüberdrücke entstehen, sodass sich mit zunehmender Zahl n der Welleneinwirkungen die Bauwerksverschiebungen und -verdrehungen (v und ψ) mit jeder Welle vergrößern. Im Wesentlichen tritt durch Bodenverformungen eine Änderung

des Porenwasserdruckes auf, vgl. Abb. 2, welche eine Reduzierung der Scherfestigkeit des Bodens zur Folge haben kann.

Aber auch ohne die Generierung von Porenwasserüberdruck ist eine Zunahme der Bauwerksverformungen möglich, weil Boden bei nicht monotoner Beanspruchung grundsätzlich immer auch plastische Formänderungen erleidet, die sich je nach Spannungsniveau und bodenspezifischen Eigenschaften bis zum Versagen der Struktur akkumulieren können (Abb. 3).

Mit Strömungen sind immer auch Transportprozesse sowohl im Porenraum des Bodens als auch an Boden-Wasser-Grenzflächen verbunden, die alle Formen der hydrodynamischen Kornumlagerung auslösen können (Köhler, 2005). Eine bekannte Form der hydrodynamischen Kornumlagerungen ist die Kolkbildung. In Abb. 4 ist ein Kolk infolge

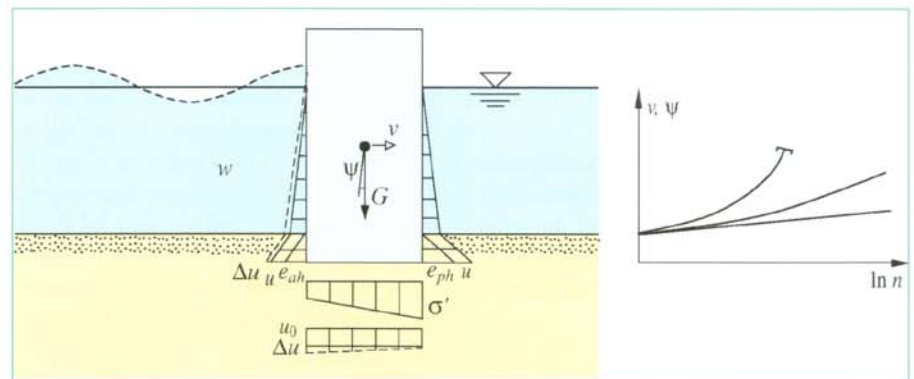


Abb. 1: Systemskizze Mole unter Wellenbeanspruchung

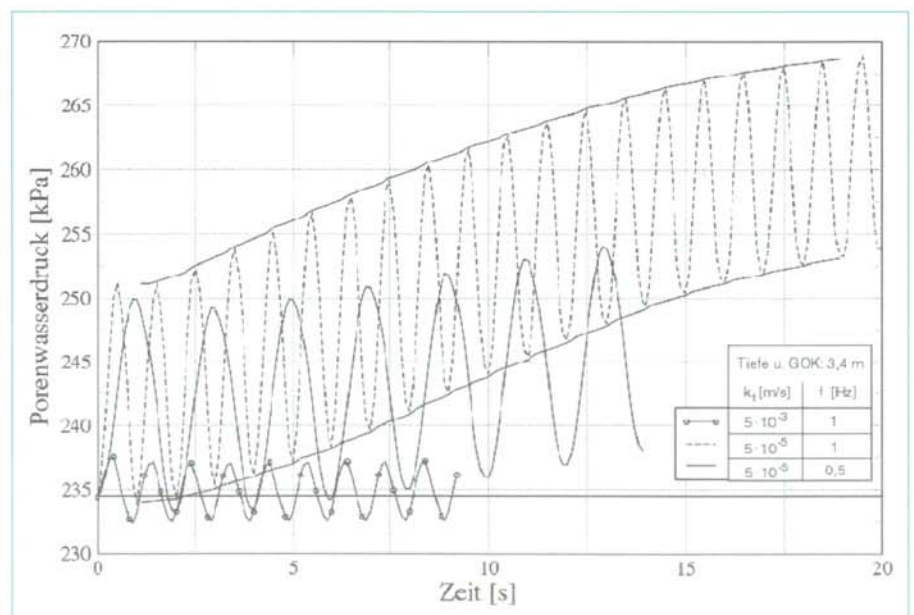


Abb. 2: Porenwasserüberdruckbildung bei einem zyklisch beanspruchtem Pfahl (Grabe et al, 2004)

Schraubenstrahl dargestellt. Die Größe des Kolks kann aber nur in sehr einfachen Fällen vorab zutreffend abgeschätzt werden. Auch die dauerhafte Stabilität von Kolksicherungen ist mit den derzeitigen Ansätzen nur unzureichend zu belegen.

Nicht zuletzt besteht unter dynamischen Einwirkungen die Gefahr, dass die vorgenannten Effekte durch Resonanz verstärkt werden.

Die vorstehenden Ausführungen haben also deutlich gemacht, dass die Wechselwirkung zwischen Wasser, Struktur und Boden eine Reihe von bodenmechanischen Prozessen auslösen kann. Es ist also erforderlich, diese Prozesse zu analysieren und aus den Erkenntnissen Regeln für die sichere und wirtschaftliche Dimensionierung von Bauwerken im Hafen, an der Küste und Offshore abzuleiten, in denen die instationären Beanspruchungen durch Wasserdruck, Wellen und Strömungen zutreffend berücksichtigt sind als bisher.

3 Defizite in Forschung und Entwicklung

Der derzeitige Wissensstand reicht nicht aus, um den Einfluss von zyklischen und dynamischen Beanspruchungen auf die langfristige Gebrauchstauglichkeit beurteilen zu können. Hier werden insbesondere folgende Probleme gesehen:

- Verhalten von Boden als Mehrphasensystem unter zyklischer und dynamischer Beanspruchung: Die Betrachtung von Boden als 3-Phasen-Medium bestehend aus Wasser, Bodenpartikeln und Gas ist bisher in sehr wenigen Arbeiten zur Erosionsstabilität von Gewässersohlen und Unterwasserböschungen berücksichtigt worden. Köhler (2005) beschreibt den Effekt der Fluidisierung des Bodens infolge Wellenbelastung. Die Druckänderung durch die Welle führt zu einer Volumenänderung der Gasblasen, was wiederum eine lokale instationäre Strömung auslöst. Dies bewirkt bei geringer Durchlässigkeit des Bodens eine unter Umständen erhebliche Verzöge-

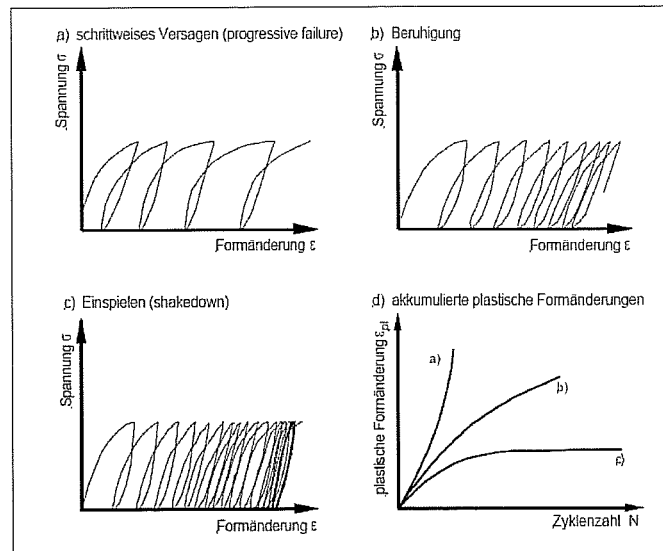


Abb. 3: Verhaltensarten von Boden oder Strukturen unter zyklischer Belastung (Lesny et al, 2004)

rungen der Porenwasserdruckanpassung. Insbesondere an der Grenzfläche Boden-Wasser entstehen hierdurch Instabilitäten, die Erosion begünstigen und zum Abbruch von Unterwasserböschungen führen können. Obwohl die bodenmechanischen Zusammenhänge von Köhler recht umfassend beschrieben werden, gibt es hinsichtlich der Umsetzung in der Bemessung Probleme, weil es nur bei sehr einfachen Randbedingungen möglich ist, die Effekte zu quantifizieren.

- Versagen von Strukturen durch Bodenverflüssigung: Bodenverflüssigung infolge akkumulierender Porenwasserüber-

drücke kann durch zyklische und dynamische Bewegungen von Strukturen bedingt sein. Als Beispiele sind Dalben, Holzpfähle im Bühnenbau oder Offshore-Monopiles zu nennen. Schwingungen der Struktur im Zusammenspiel mit wenig durchlässigem Boden führen zu einem »Aufpumpen« der Porenwasserdrücke (vgl. Grabe et al, 2004, und Kohlhasse et al, 2005). Lokal ist eine Bodenverflüssigung nicht auszuschließen, die ein Versagen der Struktur zur Folge haben kann (s. Abb. 3). Bisher wurde das Problem des Strukturversagens infolge Bodenverflüssigung in der Erdbebenforschung behandelt und ein Verfahren entwickelt, mit dessen Hilfe sich die Verflüssigungsgefährdung eines Sandes anhand seiner Kornverteilungskurve abschätzen lässt. Dieses Verfahren ist jedoch aufgrund der kleineren Belastungsfrequenzen und längeren Belastungsdauern auf die beschriebene Problematik nicht übertragbar.

Zutreffendere Abschätzung der Entstehung und der räumlichen Ausdehnung von Kolken und deren Einflüssen auf die Struktur: Die bestehenden Ansätze zur Vorhersage des zu erwartenden Kolkes sind vorwiegend empirisch und wurden vor allem durch kleinmaßstäbliche Modellexperimente ermittelt. Wegen der Maßstabeffekte; die erheblich sein können (Oumeraci, 1993), bestehen große Unsicherheiten bei der Berechnung der Kolk-tiefen auf dieser Basis. Dasselbe gilt für die bestehenden numerischen Modelle, da diese nur durch die Ergebnisse der kleinmaßstäblichen Experimente validiert sind. Die Auswirkung von Kolken auf die Standsicherheit der Struktur hängt vom Bauwerkstyp ab und lässt sich in der Regel nach den her-

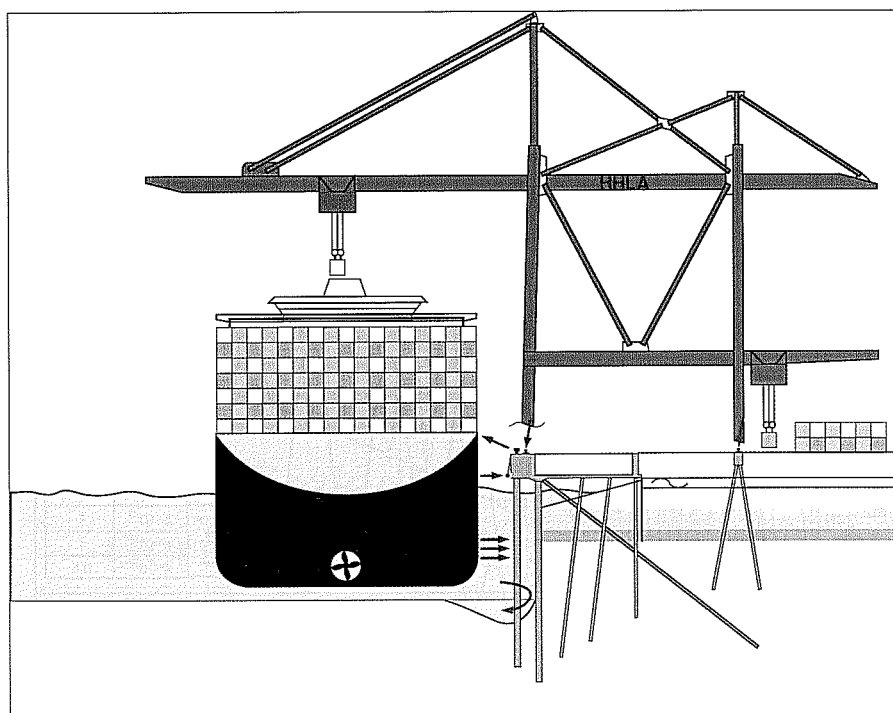


Abb. 4: Kaikonstruktion unter instationärem Wasserdruck und bei Kolkbildung

kömmlichen Berechnungsverfahren im Grundbau und Wasserbau ermitteln. Ein Beispiel zur Illustration des Einflusses von Kolken auf die Stabilität von Bauwerken ist in Abb. 5 gegeben. Oft werden gegen Kolke konstruktive Kolkschutzmaßnahmen angeordnet, deren Abmessungen und Dauerhaftigkeit aber ebenfalls noch nicht zuverlässig bewertet werden können.

4 F&E-Schwerpunkte und Zeitbedarf

F&E-Forschungsschwerpunkte der nächsten Jahre sollten folgende Themen sein:

- Kaikonstruktionen
- Molen und Wellenbrecher
- Dalben
- Hochwasserschutzsysteme

Kaikonstruktionen

Wechselnde Wasserstände infolge Tide führen zu instationären Erd- und Wasserdrücken auf die Kaikonstruktion (s. Abb. 6). Diese Wechsellasten können in der Regel als zyklische Lasten unter Vernachlässigung von Trägheitskräften betrachtet werden. Sie führen gegebenenfalls zu Spannungsumlagerungen im Tragsystem mit der möglichen Folge von Zusatzverformungen und im schlimmsten Fall schrittweisem Erreichen eines Grenzzustandes. Das Tragverhalten der Kaikonstruktion unter instationären Erd- und Wasserdrücken ist bisher zu wenig erforscht, um eine zuverlässige Prognose durchführen zu können.

Molen und Wellenbrecher

Die beiden weltweit am häufigsten verwendeten Bauweisen für Molen und Wellenbrecher sind Bauwerke aus Schüttsteinen sowie monolithische Bauwerke in Form von Caissons aus Stahlbeton. Besonders in größeren Wassertiefen stellen Letztere eine vorteilhafte Alternative hinsichtlich der Gesamtkosten, der Bauzeit, der Bauwerksunterhaltung und des Betriebes dar. Der Nachteil besteht darin, dass die monolithische Bauweise eine genauere Kenntnis der Seegang-Bauwerk-Baugrund-Wechselwirkungen erfordert, da sie bei ungünstigen Baugrundverhältnissen sowie dynamischer und zyklischer Seegangbelastung viel empfindlicher ist als geschüttete Molen. Die Belastung des Baugrundes kann direkt durch den Seegang bzw. indirekt durch die induzierten Bewegungen des Bauwerkes erfolgen (Kudella; Oumeraci, 2004).

Großmaßstäbliche Experimente im Großen Wellenkanal des FZK in Hannover haben gezeigt, dass der direkte Erzeugungsmodus auch bei gering durchlässigem Boden und

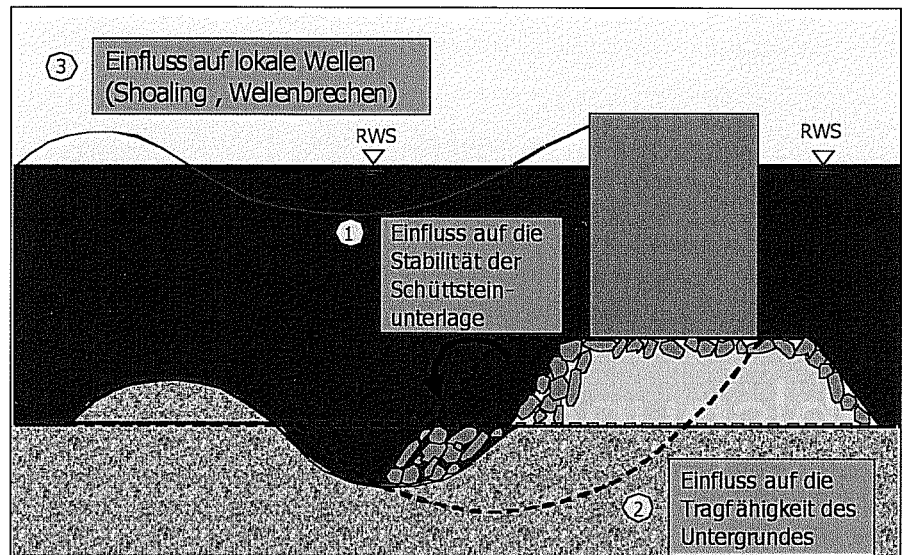


Abb. 5 Einfluss von Kolken auf die Stabilität von Bauwerken (Oumeraci, 1993)e

langen Entwässerungswegen nicht zur Akkumulation eines bemessungswirksamen Porenwasserüberdrucks führt. Der indirekte Erzeugungsmodus durch die Bauwerksbewegungen, vorwiegend durch wiederholte Druckschläge, stellt hingegen die eigentliche Gefährdung des Bauwerkes dar, da erhebliche Porenwasserüberdrücke und Bodenverformungen entstehen können (vgl. Abb. 7). Obwohl die hierfür verantwortlichen Prozesse weitestgehend bekannt sind, fehlen zuverlässige Modelle zur Berechnung der induzierten Porenwasserüberdrücke und der plastischen Bodenverformungen unter sehr großen Belastungen über die Gesamtdauer einer Sturmflut und unter den verschiedensten Entwässerungsverhältnissen im Boden.

Ein erster Schritt könnte sein, die Beziehungen zwischen der Akkumulation des Porenwasserüberdrucks und der zeitlichen Entwicklung der plastischen Bodenverformungen

zu beschreiben und daraus eine Modellbildung für allgemeine Bemessungssituationen abzuleiten.

Hinsichtlich der Kolkbildung sollen sich die Forschungsschwerpunkte vorwiegend auf brechende Wellen bzw. gebrochene Wellen unmittelbar vor dem Bauwerk beziehen, da unter diesen Bedingungen die großen Unsicherheiten bei der Bestimmung der Kolk-tiefen bestehen. Aufgrund der Maßstabseffekte können derartige Untersuchungen nur im großen Maßstab durchgeführt werden.

Dalben

Dalben werden seit langem im Hafenbau zur Vertüung von Schiffen eingesetzt. Die Bemessung der erforderlichen Einbindelänge kann über den passiven räumlichen Erd- und Wasserdruck erfolgen, wie es z.B. in der EAU (2004) beschrieben ist. Schwieriger gestaltet sich die Prognose der auftretenden Verformungen,

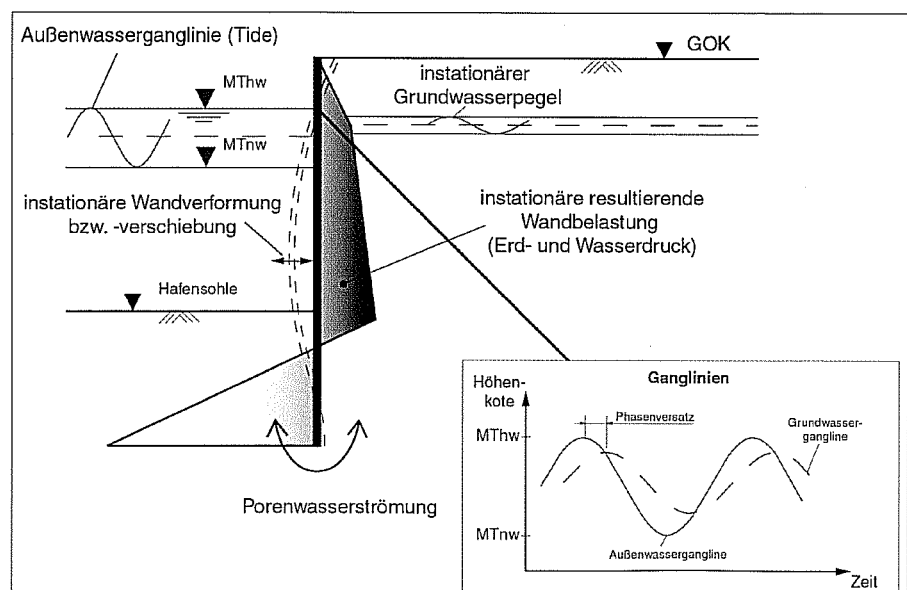


Abb. 6: Beanspruchungen aus wechselnden Wasserständen (Mardfeldt, 2006)

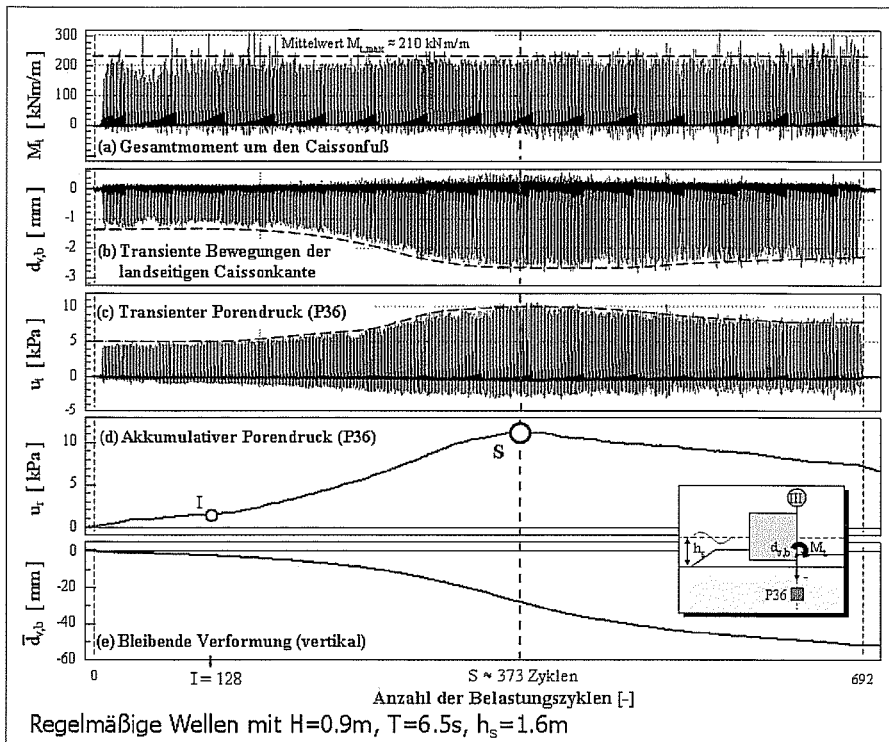


Abb. 7: Porenwasserüberdruckentwicklung, Bewegung des Caissonbauwerks sowie bleibende Verformungen infolge Wellenbelastung bei behinderter Drainage von Porenwasserüberdrücken im Boden (Kudella et al, 2006)

wie sie zur Bestimmung des Arbeitsvermögens benötigt werden. Der Ansatz des Bettungsmoduls für die verschiedenen Bodenschichten, der für die rechnerische Ermittlung der Pfahlkopfverschiebung benötigt wird, wird dadurch erschwert, dass für derartige Wasserbaustellen selten genaue bodenmechanische Kennwerte für den Untergrund vorliegen.

Eine erste Verbesserung der Situation kann durch die Einführung des Horizontalen Dynamischen Pfahltests (H-DPT) in die Praxis erfolgen. Bei diesem Verfahren wird der Dalben zum Schwingen angeregt und die erste Eigenfrequenz ermittelt. Diese ist unter anderem direkt abhängig vom Bettungsmodul, so dass dieser für den bestehenden Dalben invers berechnet werden kann (Grabe et al,

2006). Eine zutreffende Verformungsberechnung mit dem im H-DPT ermittelten Bettungsmodul ist möglich. Der Vorteil des Verfahrens im Gegensatz zum statischen Pfahltest liegt in der wesentlich einfacheren Baustelleneinrichtung.

Wenn ein steifer Dalben mit geringer Federsteifigkeit gefordert wird, bietet sich der Einsatz von Pfahlschaftaufweitungen im Pfahlkopfbereich an. Dieser sogenannte Flügelpfahl erhöht die laterale Bettung direkt unterhalb der Gewässersohle und bedingt so ein deutlich steiferes Kraft-Verschiebungsverhalten als ein Pfahl ohne Flügel (Grabe et al, 2007).

Sowohl H-DPT als auch Flügelpfahl begünstigen eine zutreffendere Dalbenbemessung. Hierdurch können die Konstruktionen in Funktionalität und Wirtschaftlichkeit deut-

lich verbessert werden. Im Rahmen des Forschungsschwerpunktes soll die Weiterentwicklung und Praxiseinführung dieser Verfahren vorangetrieben werden. Etliche Fragestellungen wie die nach der optimalen Flügelgröße und -position oder die Anwendbarkeit beider Verfahren auf bindige Böden sind bisher unbeantwortet.

Des Weiteren ist die Entstehung von Porenwasserüberdrücken infolge dynamischer Beanspruchung aus Wellen und Schiffsanprall und deren Folgen für das horizontale Pfahltragverhalten zu untersuchen.

Hochwasserschutzsysteme

Hochwasserschutzsysteme wie Deiche, Mauern oder Flutschutztore unterliegen ebenfalls einem ständigen Wechselspiel zwischen Boden, Wasser und Struktur. Die beschriebenen Fragestellungen im Bereich von Molen und Wellenbrechern gelten auch für die Hochwasserschutzsysteme. Insbesondere die Entstehung und Wirkung von Porenwasserüberdrücken sind im Rahmen des Forschungsschwerpunktes zu behandeln.

Um diese besonders schwierigen interdisziplinären Fragestellungen aus dem Wasserbau, der Geotechnik und der Hydromechanik abschließend untersuchen zu können, ist ein gesamter Zeitraum von ca. zehn Jahren erforderlich.

5 Perspektiven aus dem Vorhaben (Fernziele)

Die in den genannten Schwerpunkten gewonnenen Erkenntnisse und die daraus abgeleiteten Bemessungsmodelle tragen zu einer Entwicklung von verbesserten Bemessungsrichtlinien für Bauwerke auch unter instationären Beanspruchungen durch Wasserdruck, Strömungen und Wellen bei. Es wird ferner eine wirtschaftlichere und nachhaltigere Dimensionierung von Bauwerken im Hafen, an der Küste und Offshore ermöglicht.

6 Überlappung zu anderen Schwerpunkten der HTG

Inhaltliche Verknüpfungen des Schwerpunktes A10 ergeben sich insbesondere mit folgenden F+E-Schwerpunkten:

- **A1** Sturmflutwasserstände und -seegang: liefert die hydrodynamischen Randbedingungen für die Seegangbelastung
- **A5** Küsten- und Hochwasserschutz: liefert die Seegangbelastung sowie die Wechselwirkung zwischen Seegang und Bauwerk
- **A7** Offshore Windenergieanlagen: liefert Belastung und Bemessungsansätze sowie Ansätze zu innovativen Gründungen
- **B1** Probabilistisch Bemessung von Bauwerken: liefert die Unsicherheiten der Eingangsdaten für Belastung, Bauwerk und Baugrund.

Weitere Bezüge bestehen auch zu den beiden Schwerpunkten über die Bauwerkserhaltung A6 und B3 sowie zum Schwerpunkt über die Risikobewertung B2.

**Planungsgemeinschaft
Tief- und Wasserbau GmbH**

■ Lewickistraße 12 • 01279 Dresden
Tel. 0351 - 45251 - 0 • Fax 0351 - 45 251 - 45

■ Friedrichshagener Straße 14 • 15566 Schöneiche
Tel. 030 - 64 38 97 80 • Fax 030 - 64 38 95 88

www.ptw-dresden.de

Baugruben ■ Spezialtiefbau ■ Fluß- und Kanalbau
Hafenbau und Kaianlagen ■ Hochwasserschutzanlagen
Wehre und Schleusen ■ Uferbefestigung ■ Renaturierung

Schrifttum

[1] De Groot, M.B.; Kudella, M.; Meijers, P.; Oumeraci, H.: Liquefaction phenomena underneath marine gravity structures subjected to wave loads. ASCE, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, vol. 132, no. 4, Special Issue on Liquefaction Around Marine Structures, pp. 325-335, 2006.

[2] Gattermann, J.; Fritsch, M.; Stahlmann, J.: Auswahl- und Einbaukriterien geotechnischer Messgeber zur Bestimmung des Normalkraftverlaufs der Wand/Verankerung bei Kai-mauerkonstruktionen und deren Ergebnisse. Pfahl-Symposium 2005, Mitteilungen des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik, TU Braunschweig, Heft 80, pp. 21-44, 2005.

[3] Grabe, J.; Dührkop, J.; Mahutka, K.-P.: Monopilegründungen von Offshore-Windenergieanlagen – Zur Bildung von Porenwasserüberdrücken aus zyklischer Belastung. Bauingenieur, 79(9):418-423, 2004.

[4] Grabe, J.; Mahutka, K.P.; Dührkop, J.; Henke, S.: Inverse Bestimmung der horizontalen Bettung von Pfählen aus dem Schwingungsverhalten. VDI-Fachtagung Baudynamik, Kassel, VDI-Berichte Nr. 1941, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, pp. 511-520, 2006.

[5] Grabe, J.; König, F.: Zeitabhängige Traglaststeigerung von Verdrängungspfählen. Tagungsband zur 29. Baugrundtagung in Bremen 2006: pp. 291-298, 2006.

[6] Grabe, J.; Dührkop, J.: Laterally loaded piles with bulge. Proceedings of OMAE 2007. 26th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, San Diego, USA, 2007.

[7] Henke, S.; Grabe, J.: Simulation of pile driving by 3-dimensional Finite-Element analysis. Proceedings of 17th European Young Geotechnical Engineers' Conference, Zagreb, Croatia, ed. by V. Szavits-Nossan, Croatian Geotechnical Society: pp. 215-233, 2006.

[8] Köhler H.-J.: Fluidisierungsphänomene unter Wellenbelastung. Tagungsband zum Workshop »Grenzschicht Wasser und Boden – Phänomene und Ansätze«. Veröffentlichungen des Instituts für Geotechnik und Baubetrieb der TU Hamburg-Harburg, Heft 9, 2005.

[9] Kohlase, S.; Dede, Ch.; Weichbrodt, F.: Bühnenbau: Beanspruchung und Bemessung von Holzpfählen im Küstenwasserbau. BMBF-Forschungsbericht, 2005.

[10] Kohlase, S.; Dede, Ch.; Weichbrodt, F.; Radomski, J.: Empfehlungen zur Bemessung der Einbindelänge von Holzpfählen im Bühnenbau. Institut für Wasserbau der Universität Rostock, 2006.

[11] Kudella, M.; Oumeraci, H.; De Groot, M.B.; Meijers, P.: Large-scale experiments on pore pressure generation underneath a caisson breakwater. ASCE, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, vol. 132, no. 4, Special Issue on Liquefaction Around Marine Structures, pp. 310-324, 2006.

[12] Kudella, M.; Oumeraci, H.: Wave-induced pore pressure in the sandy sea bed underneath a caisson breakwater – Experimental results of large-scale model tests. LWI Bericht, Technische Universität Braunschweig, Leichtweiß-Institut, 2004.

[13] Lesny K.; Richwien, W.: Mindestanforderungen an die Baugrunderkundung. Tagungsunterlagen zur 3. Tagung Offshore Windenergie, Hamburg: 29-39, 2004.

[14] Mardfeldt, B.: Zum Tragverhalten von Kai-konstruktionen im Gebrauchszustand. Promotionschrift. Veröffentlichungen des Instituts für Geotechnik und Baubetrieb der TU Hamburg-Harburg, Heft 11, 2006.

[15] Oumeraci, H.: Scour in Front of Vertical Bre-

akwaters – Review of Scaling Problems –. In Mitteilungen des Leichtweiß-Instituts für Wasserbau, Technische Universität Braunschweig, Heft 123, 1993.

[16] Oumeraci, H.; Kortenhuis, A.; Allsop, N.W.H.; De Groot, M.B.; Crouch, R.S.; Vrijling, J.K.; Voortman, H.G.: Probabilistic design tools for vertical breakwaters. Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 392pp, 2001. □

Mitglieder der Arbeitsgruppe

Dr.-Ing. J. Franke,
IGB Ingenieurgesellschaft Hamburg

Prof. Dr.-Ing. J. Grabe,
TUHH, Institut für Geotechnik und
Baubetrieb (Leiter der Arbeitsgruppe),
Harburger Schlosstraße 20 Anbau,
21079 Hamburg, grabe@tu-harburg.de

Dr.-Ing. M. Heibaum,
BAW Karlsruhe

Prof. Dr.-Ing. H. Oumeraci,
TU Braunschweig,
Leichtweiß-Institut für Wasserbau

Prof. Dr.-Ing. W. Richwien,
Universität GH Essen, Institut für Grundbau
und Bodenmechanik

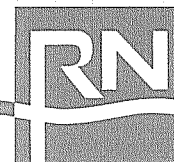
M. Tenkleve,
HPA Hamburg

Dr.-Ing. H. Tworuschka,
Hochtief Construction AG, Hamburg



ROHDE NIELSEN A/S

Die RN Gruppe ist das führende Nassbaggerungsunternehmen Skandinaviens. Diese Position wurde durch Erstellung kundengerechter Lösungen erreicht, wobei besonderer Wert auf Kosteneffizienz, technisch einwandfreie Lösungen sowie Pünktlichkeit gelegt wird.



ROHDE NIELSEN A/S • Nyhavn 20 • DK-1051 København K.

Phone +45 33 91 25 07 • Fax +45 33 91 25 14 • E-post: mail@rohde-nielsen.dk • www.rohde-nielsen.dk