

Das Werksgelände der Flugzeugwerft (EADS) in Hamburg-Finkenwerder wird zur Ansiedlung neuer Produktionszweige, insbesondere zum Bau des neuen Airbus A 380 um etwa 140 ha vergrößert. Die dazu notwendige Flächenerweiterung erfolgt in dem westlich an das Werksgelände angrenzenden „Mühlenberger Loch“. Der von der Flächenerweiterung des EADS-Geländes betroffene Bereich ist Teil eines Süßwasserwattgebiets, das während der Tidebewegung der Elbe bei Ebbe trocken fiel und bei auflaufendem Hochwasser vollständig überflutet wurde. Die Wattoberfläche liegt etwa zwischen -2 bis $+1$ mNN. Die als Polder herzustellende Erweiterungsfläche war unter anderem durch einen 2,4 km langen Deich zu umschließen.

Die Ausschreibung sah aufgrund der bis zu 13 m mächtigen Weichschichtlagen vor, die notwendige Polderumschließung für die Flächenaufhöhung zunächst mit Hilfe einer bauzeitlichen Spundwand PSp 1 000 mit Längen bis etwa 40 m, rückverankert durch Schrägpfähle, zu realisieren. Im Schutz dieser temporären Spundwand sollte die Fläche aufgehöhht und nach ausreichenden Konsolidationszeiten polderseits der erforderliche Hochwasserschutzdeich errichtet werden. Danach sollte die Spundwand entfernt, also auf Wattniveau abgebrannt, oder gezogen werden. Die zur Ausführung gekommene Bauweise mit einem Tragsystem aus geokunststoffummantelten Säulen ermöglichte die rechtzeitige sturmflutsichere Deichaufhöhung und damit zugleich den Entfall der ursprünglich vorgesehenen aufwendigen Einspundung. Im Bild 1 ist der Deich mit den einzelnen Deichabschnitten im Grundriß dargestellt.

Als Voraussetzung für die gleichmäßige Geländeaufhöhung war der Aufstau eines konstanten Wasserspiegels durch eine bis etwa 5 m hohe Deichumschließung (≈ 4 mNN) etwa 19 Wochen nach Baubeginn geplant. Die sturmflutsichere Umschließung mit einer Deichhöhe von rund 9 mNN wurde etwa 39 Wochen nach Baubeginn gefordert. Durch eine verspätete Baufeldfreigabe ergaben sich terminliche Engpässe, dennoch wurde durch die rechtzeitige Erstellung einer ausreichend sturmflutsicheren Deichumschließung bis etwa 7 m Höhe und die erforderliche Geländeaufhöhung um rund 6,5 m in einer vorgegebenen Teilfläche der Baubeginn der Gründungsmaßnahmen für die erste Airbus-Sektionshalle eingehalten. Mit herkömmlichen Deichbauweisen wäre eine solche Einpolderung bei den vorliegenden bodenmechanischen Randbedingungen in nur neun Monaten Bauzeit nicht möglich gewesen.

Die notwendigen Deich Gründungsmaßnahmen wurden durch rund 65 000 geokunststoffummantelte Sandsäulen System Möbius (GSM) mit 80 cm Durchmesser realisiert, die in einer flächigen Ra-

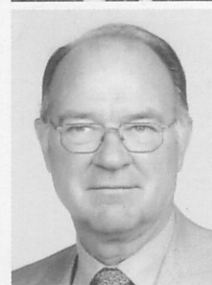
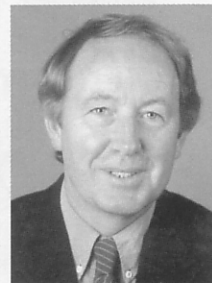
Gründungsmaßnahmen zur Tragfähigkeitserhöhung und Setzungsreduktion beim Projekt Mühlenberger Loch – Los 1

Dr.-Ing. Marc Raitel, Kempfert + Partner Geotechnik, Kassel, Würzburg, Professor Dr.-Ing. Hans-Georg Kempfert, Fachgebiet Geotechnik, Universität Kassel, Dipl.-Ing. Werner Möbius und Dipl.-Ing. Peter Wallis, Josef Möbius Bau-Gesellschaft GmbH & Co., Hamburg

steranordnung mittels Verdrängungsverfahren in Tiefen zwischen 4 und 14 m unter der Deichaufstandsfläche bis auf den tragfähigen Untergrund abgesetzt wurden. Die gesamte Baumaßnahme ist in das Los 1 (Deich und Kaimauer) sowie Los 2 (Flächenaufhöhung im Polder) unterteilt.

Untergrundverhältnisse

Der Untergrund besteht aus Weichschichtlagen bis 14 m Mächtigkeit, die von holozänen und pleistozänen Sanden unterlagert werden. Die feinkörnigen, organischen Weichschichten sind Klei, Mudde und Torf der sogenannten Elbmarsch.



Das Werksgelände der Flugzeugwerft (EADS) in Hamburg-Finkenwerder wird zur Ansiedlung neuer Produktionszweige, insbesondere zum Bau des neuen Airbus A 380 um etwa 140 ha vergrößert. Die dazu notwendige Flächenerweiterung erfolgt in dem westlich an das Werksgelände angrenzenden „Mühlenberger Loch“. Die als Polder herzustellende Erweiterungsfläche war unter anderem durch einen 2,4 km langen Deich zu umschließen. Die notwendigen Deich Gründungsmaßnahmen wurden durch rund 65 000 geokunststoffummantelte Sandsäulen System Möbius (GSM) mit 80 cm Durchmesser realisiert, die in einer flächigen Rasteranordnung mittels eines Verdrängungsverfahrens in Tiefen zwischen 4 und 14 m unter der Deichaufstandsfläche bis auf den tragfähigen Untergrund abgesetzt wurden. Mit Hilfe des Gründungssystems geokunststoffummantelte Sandsäulen (GSM) konnte der Deich innerhalb einer Bauzeit von rund neun Monaten hochwassersicher auf den Untergrund mit sehr geringer Scherfestigkeit und ausgeprägter Verformbarkeit aufgebracht werden. Dabei war die Anwendung der Beobachtungsmethode ein wesentliches Sicherheitselement. Die Zuverlässigkeit und die Wirtschaftlichkeit des Gründungssystems haben sich bei der vorgestellten Deichgründung bewährt.

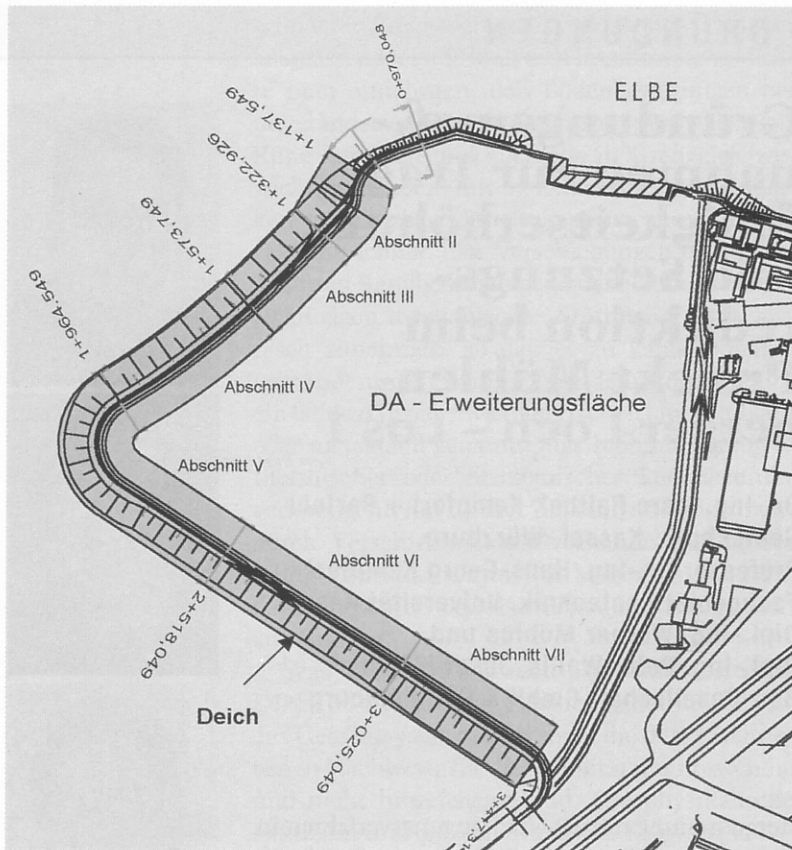


Bild 1. Umschließungsdeich (Los 1) mit den einzelnen Deichabschnitten im Grundriß.

Das Gebiet der herzustellenden Erweiterungsfläche lag vor der Sturmflut 1962 im Stromspaltungsgebiet der Elbe. Nach der Abdämmung der alten Süderelbe 1962 und nach dem Bau eines Leitdamms kam es zur Schlicksedimentierung und Bildung einer mächtigen organischen Schlickschicht über den holozänen Weichschichten. Die

Bild 2. Berechnungsprofil: links im Deichbereich VI; rechts im Deichbereich VII.

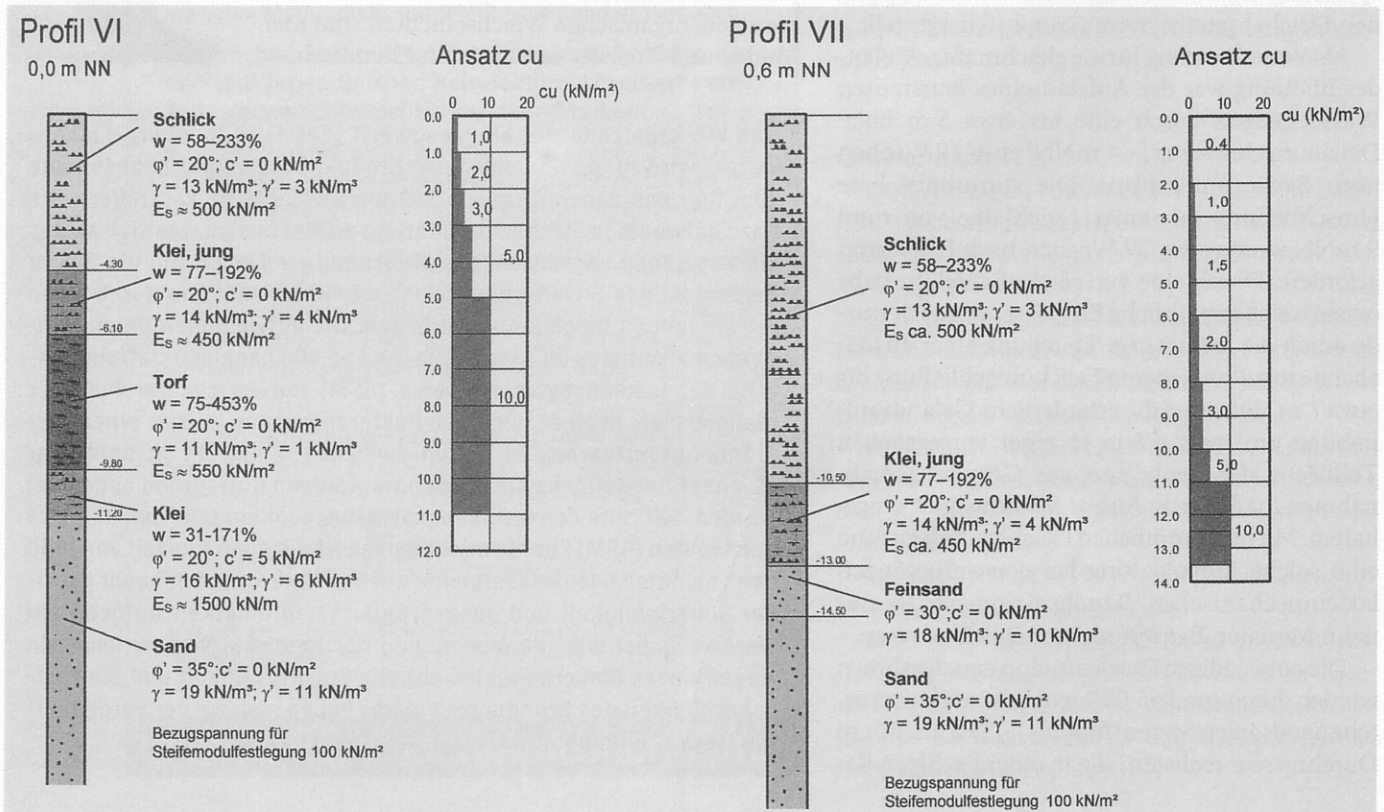
größte Schlickmächtigkeit findet sich im Süden der Deichgründung, da hier in jüngerer Zeit Sandentnahmen und nachfolgend Verschlickungen bis in Tiefen über 10 m stattgefunden haben.

Im Rahmen der Baugrundvorerkundung sowie durch ergänzende Baugrunduntersuchungen während der Bauarbeiten wurden 49 Bohrungen, 45 Flügelsondierungen und 268 Drucksondierungen ausgeführt. Die Verdichtung des Erkundungsrasters, insbesondere durch Drucksondierungen, war zur genauen Feststellung der erforderlichen Gründungstiefen und Säulenlängen, zur Bestätigung der Baugrundeigenschaften und baubegleitend auch zur Überprüfung der bodenmechanischen Randbedingungen erforderlich. Aus der Baugrundvorerkundung ergaben sich schematisierte Berechnungsprofile, die Vertragsgrundlage für die Ausführung waren. Zwei typische Berechnungsprofile in den vom Baugrund her ungünstigsten Deichabschnitten VI und VII (vgl. Bild 1) sind beispielhaft im Bild 2 dargestellt; sie zeigen die außerordentlich ungünstige Scherfestigkeit und Steifigkeit der Weichschichten.

Geotechnische Berechnungen

Bemessung der geokunststoffummantelten Sandsäulen

Konventionelle, nicht ummantelte Säulen können im vorliegenden Fall nicht eingesetzt werden, weil die horizontale Stützung der Säulen bei den gegebenen Baugrundverhältnissen zu gering ist. Dagegen wird bei einer ummantelten Säule die radiale, horizontale Stützung durch die Geokunststoffummantelung $\sigma_{h,geo} = f(F_R)$ im Verbund mit der Stützwirkung der umgebenden Weichschicht



Richtungsweisend
in Bausoftware seit 1961

RIBTEC® 2002:

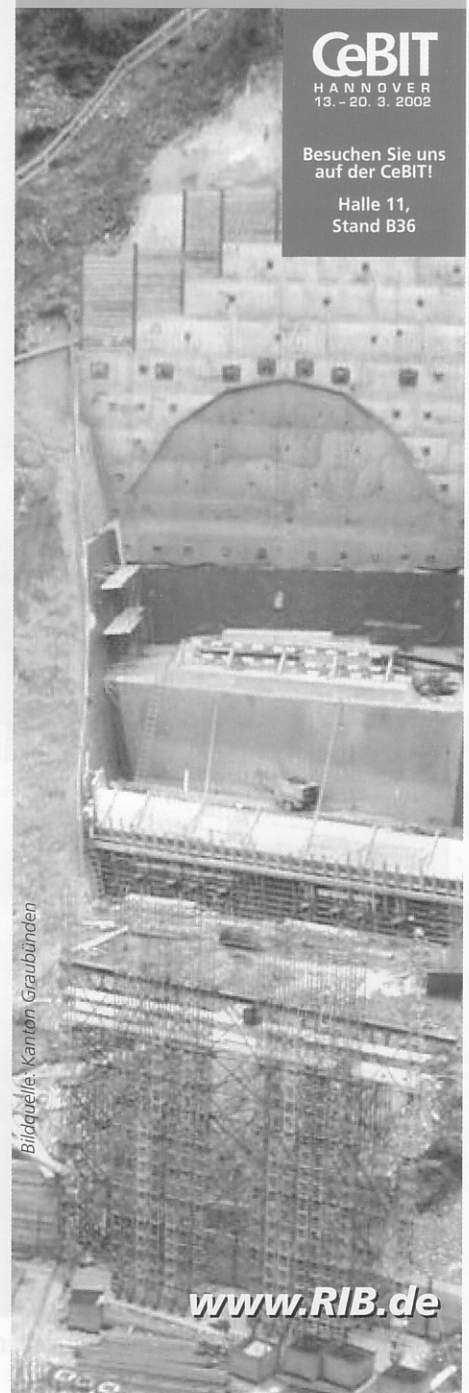
Profi-Ingenieurbau ohne
Kompromisse

3D-FE-Berechnung & Nachweise
von Verformungen im Baugrund

CeBIT
HANNOVER
13. - 20. 3. 2002

Besuchen Sie uns
auf der CeBIT!

Halle 11,
Stand B36



Bildquelle: Kanton Graubünden

www.RIB.de

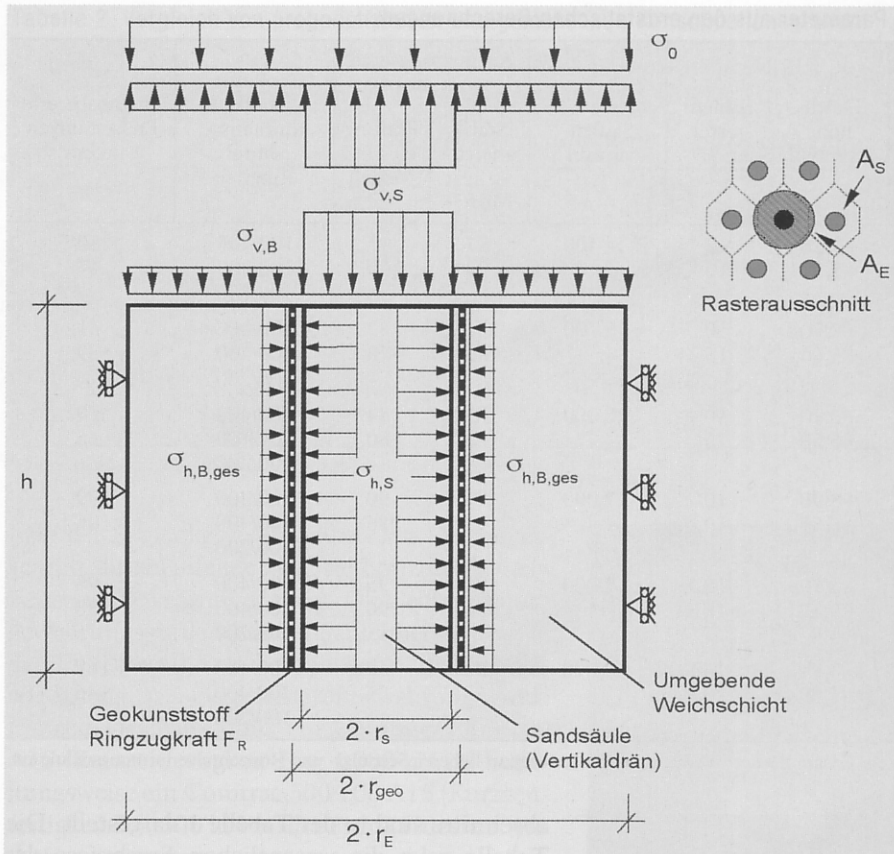


Bild 3. Tragsystem und Berechnungsmodell „geokunststoffummantelte Sandsäule“.

$\sigma_{h,B,ges}$ sichergestellt, weil die Durchmesserergrößerung der Säule zu Dehnungen im Geokunststoff führt und damit Ringzugkräfte F_R hervorruft. Die jeweilige Größe der auftretenden Ringzugkräfte wird durch das linear-elastische Materialverhalten des Geokunststoffs bestimmt und ist somit direkt von der weiteren Horizontalverformung der Säule abhängig. Die zur Stützung der Säulen erforderliche Spannung in der Weichschicht $\sigma_{h,B,ges}$, die wesentlich von der Größe der Auflastspannung über der Weichschicht $\sigma_{v,B}$ bestimmt wird, reduziert sich infolge der aktivierten Ringzugkräfte. Die Auflastspannungen über der Weichschicht werden infolge einer Gewölbewirkung in der Überschüttung vermindert, beziehungsweise es wird eine Spannungskonzentration über den Säulenköpfen $\sigma_{v,S}$ hervorgerufen, was letztlich zu einer entscheidenden Setzungsreduktion des Gesamtsystems führt. Im Bild 3 ist das Tragsystem schematisch für eine Einheitszelle dargestellt. Die Einheitszelle läßt sich durch die Umwandlung der Einflußfläche A_E in einen flächengleichen Kreis definieren, wodurch sich ein rotationssymmetrisches Berechnungsmodell ergibt.

Die Bemessung der geokunststoffummantelten Sandsäulen GSM erfolgte

analytisch nach RAITHEL/KEMPFERT (1999). Zusätzlich wurden FEM-Berechnungen ausgeführt.

Infolge der Bodenverdrängung des die Säulen umgebenden Weichbodens kommt es zu einer Drehung der Hauptspannungsrichtung, was eine Erhöhung der Horizontalspannung zur Folge hat. Gleichzeitig erfolgt bei der Herstellung der Sandsäulen eine geringe Durchmessererringerung, die durch Grenzbeurteilungen bei der Bemessung und Setzungsrechnung berücksichtigt wurde.

Unter Berücksichtigung der Modell- und Herstellungsrandbedingungen und den unterschiedlichen Baugrundsichtungen auf der gesamten Deichtrasse wurden aus den verschiedenen Deich- und Baugrundlasten die berechneten Ringzugkräfte in der Geokunststoffummantelung den zulässigen Ringzugkräften der Ummantelung gegenübergestellt. Grundsätzlich wurden zwei unterschiedliche rundgewebte Geotextilien der Firma Huesker Synthetics, Ringtrac 100/200 (Kurzzeitfestigkeit $F = 200 \text{ kN/m}$) und Ringtrac 100/400 (Kurzzeitfestigkeit $F = 400 \text{ kN/m}$), eingesetzt. Die im einzelnen ermittelten Rastereinteilungen und Ergebnisse der Bemessung für die zugehörigen Deich-

Tabelle 1. Wesentliche Parameter aus den erdstatischen Berechnungen.

Deichabschnitt	Bereich im Deichquerschnitt	Deichhöhe in mNN	Säulengraster in % ¹⁾	ca. Säulenanzahl	Ausnutzungsgrad in %		Geokunststoffummantelung Ringtrac	Prognostizierte Endsetzungen in cm
					Statik analytisches Modell	Prüfung 3D-FEM Modell		
II	Kern	+9,25	17	4 400	87	97	100/400	50
	Böschung	+5,50	10		93	100	100/400 100/200	47
III	Kern	+8,90	10	5 700	86	82	100/400	41
	Böschung	+5,50	15		85	78	100/400 100/200	39
IV	Kern	+8,90	10	8 000	85	84	100/400	70
	Böschung	+5,50	15		86	80	100/400 100/200	65
V	Kern	+8,90	10	17 000	91	90	100/400	109
	Böschung	+5,50	15		95	86	100/400 100/200	106
VI	Kern	+8,90	10	12 000	93	95	100/400	95
	Böschung	+5,50	15		94	90	100/400 100/200	88
VII	Kern	+8,90	15 ²⁾	9 800	62	66	100/400	169
	Böschung	+5,50	20 ²⁾		55	55	100/400 100/200	146

¹⁾ Säulenfläche im Verhältnis zur Gesamtfläche. ²⁾ Verdichtung des Rasters zur höheren Setzungs- und Horizontalverformungsreduktion.

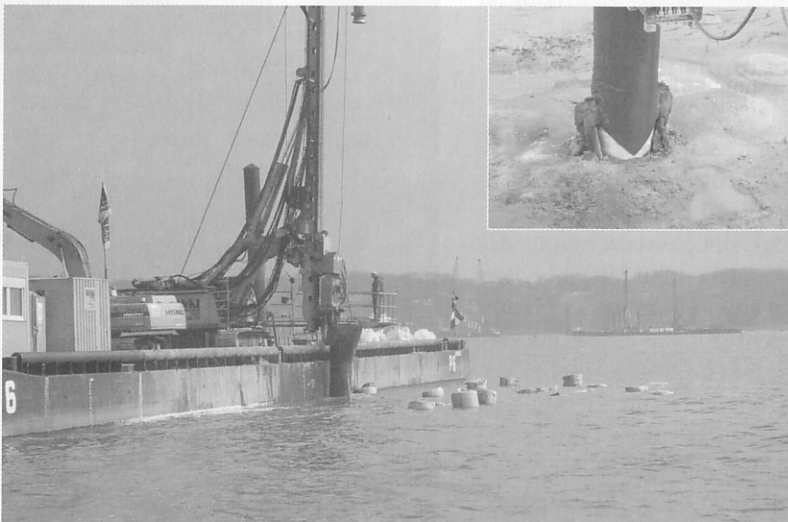


Bild 4. Säulenherstellung vom Ponton (Detail: Ziehen der Verrohrung).



Bild 5. Überblick über die Säulenherstellung.

abschnitte sind in der Tabelle 1 dargestellt. Die Tabelle zeigt die wesentlichen Ergebnisse der erdstatischen Berechnung einschließlich der Ausnutzungsgrade des Geokunststoffs, wobei die Ergebnisse der analytischen Berechnung der FEM-Berechnung gegenübergestellt werden.

Berechnung der Deichstandsicherheit

Die Standsicherheitsuntersuchungen für die Bauphasen und für die Endzustände wurden auf Grundlage der DIN 4084 mit Kreisgleitflächen nachgewiesen. Zusätzlich erfolgten für die maßgebenden Lastfälle Berechnungen mit Starrkörperbruchmechanismen. Dabei wurde die vorhandene räumliche Situation der Säulengründung (3D) in ein ebenes Modell (2D) unter Wahrung des jeweiligen Flächenverhältnisses als Ersatzsystem mit ebenen Wandscheiben umgerechnet. Die Spannungs-konzentrationen über den Sandsäulen führten zu einer Erhöhung der Gesamtscherfestigkeit in den Säulen und zur Reduzierung in den Weichschichten. Diese Scherfestigkeitswirkung wurde durch die Einführung von Ersatzscherparametern nach RAITHEL (1999) berücksichtigt.

Die Berechnungen wurden in der Regel mit effektiven Scherparametern ϕ' und c' unter Ansatz des sich aus der jeweiligen Schüttstufe ergebenden Porenwasserüberdrucks für die einzelnen Profile durchgeführt. Für die Standsicherheitsuntersuchungen wurden für jede Bauphase jeweils verschiedene Lastfall-Kombinationen „Sunk“ und „Hochwasser“ für die verschiedenen Deichabschnitte in insgesamt sieben Bemessungsquerschnitten berücksichtigt. Zur Vermeidung eines Gelände- beziehungsweise Böschungsbruchs und zur Reduzierung der Spreizverformung wurde ober-

Tabelle 2. Vergleich von prognostizierten und gemessenen Konsolidationsgraden.

Deichabschnitt	Schüttstufe	Liegezeit seit Schüttbeginn geplant/ausgeführt in Tagen	Konsolidationsgrad U Prognose ca. in %		Konsolidationsgrad U Messung ca. in %	
			Kern	Böschung	Kern	Böschung
II - IV	+ 4,0 mNN	15 / ≈ 12 bis 20	18	9	≈ 50	52 - 70
	+ 4,0 mNN ²⁾	30 / ≈ 30	32	18	≈ 90	64 - 98
	+ 6,5 mNN	≈ 90 / ≈ 62 - 69	* 1)	* 1)	50 - 97	44 - 99
VI	+ 4,0 mNN	50 / ≈ 45	51	36	89 - 94	29 - 77
	+ 5,0 mNN	128 / ≈ 95	70	52	90 - 99	76 - 93
	+ 6,5 mNN	≈ 210 / ≈ 135	* 1)	* 1)	79 - 99	84 - 99
VII	+ 4,0 mNN	28 / ≈ 57	23	13	≈ 40	≈ 39
	+ 5,5 mNN	84 / ≈ 140	54	35	≈ 80	≈ 55
	+ 6,5 mNN	168 / ≈ 167	* 1)	* 1)	≈ 83	≈ 56

¹⁾ keine planmäßige Schüttstufe. ²⁾ prognostizierter Polderschluß.

halb der Säulenköpfe eine über den Deichquerschnitt durchlaufende zugfeste horizontale Geokunststoffbewehrung benötigt. Die Geokunststoffbewehrung wurde nach der Säulenherstellung in der Regel etwa 0,5 m oberhalb der Schlickoberfläche verlegt. Als Geokunststoffbewehrung wurde je nach Deichabschnitt ein Comtrac 1000/100 A15 (Kurzzeitfestigkeit $F = 1\,000\text{ kN/m}$) beziehungsweise ein Comtrac 500/100 A15 (Kurzzeitfestigkeit $F = 500\text{ kN/m}$) der Firma Huesker Synthetics eingesetzt.

Herstellung der GSM-Gründung

Die geokunststoffummantelten Sandsäulen wurden im Verdrängungsverfahren im wesentlichen durch mäklergeführte Rammen auf bis zu 100 m langen Pontons (Bild 4) ausgeführt. Bild 5 zeigt eine Luftaufnahme mit den auf Pontons arbeitenden Rammen, Befüllbagger, angedockten Schutten zur Sandbelieferung sowie hergestellte Säulenfelder. Die Einmessung der Säulenansatzpunkte erfolgte durch eine GPS-gesteuerte Bildschirmdarstellung für den Geräteführer, so daß eine punktgenaue Herstellung sichergestellt wurde.

Zur Lagestabilisierung wurde bei Einbringung der Säulen der Säulenkopf jeweils 0,5 bis maximal 1 m mit Sand überschüttet. Dieser sogenannte Sandkragen stellte eine ausreichende Stabilisierung sicher, das heißt, eine horizontale Verschiebung der einzelnen Säulen infolge Verdrängungswirkung bei fortschreitendem Säulenfeld oder durch Aufliegen des Pontons auf den Säulen wurde verhindert. Bild 6 zeigt ein hergestelltes Säulenfeld mit der Einbindung der Säulenköpfe in den Sandkragen.

Eine Verflüssigung oder Abnahme der Scherfestigkeit infolge der Säulenherstellung in der Weichschicht zwischen den Säulen war nach Auswertung von Flügelsondierungen vor und nach der Säulenherstellung nicht fest-



Bild 6. Hergestelltes Säulenfeld.

zustellen. Vielmehr wurde nach Einbringen der geokunststoffummantelten Sandsäulen eine Erhöhung der Scherfestigkeit infolge der Verdrängungswirkung beobachtet.



Centrum Pfähle GmbH

Pfahlgründungen

Wir sind Ihr bundesweiter Partner für die Beratung, Planung und Ausführung von Tiefgründungen.

Fünf gute Gründe, mit uns zu arbeiten:

- Jahrzehntelange Erfahrung.
- Schnelles und wirtschaftliches Arbeiten.
- Herstellung, Lieferung und Einbau in einer Hand.
- Typengeprüfte Querschnitte.
- Qualitätskontrolle vor, während und nach dem Einbau.

- Fertigteilpfähle
- Injektionspfähle
- Energiepfähle
- Minipfähle

Hauptsitz Hamburg
F.-Ebert-Damm 111
D-22 047 Hamburg
Telefon 040.696 72-0
Telefax 040.696 72-222

Niederlassung Oberhausen
Eimersweg 34
D-46 147 Oberhausen
Telefon 0208.62 93 763
Telefax 0208.62 93 764

Niederlassung Karlsruhe
Hauptstraße 33
D-76 344 Eggenstein
Telefon 0721.78 18 692
Telefax 0721.78 18 693

Centrum Pfähle GmbH

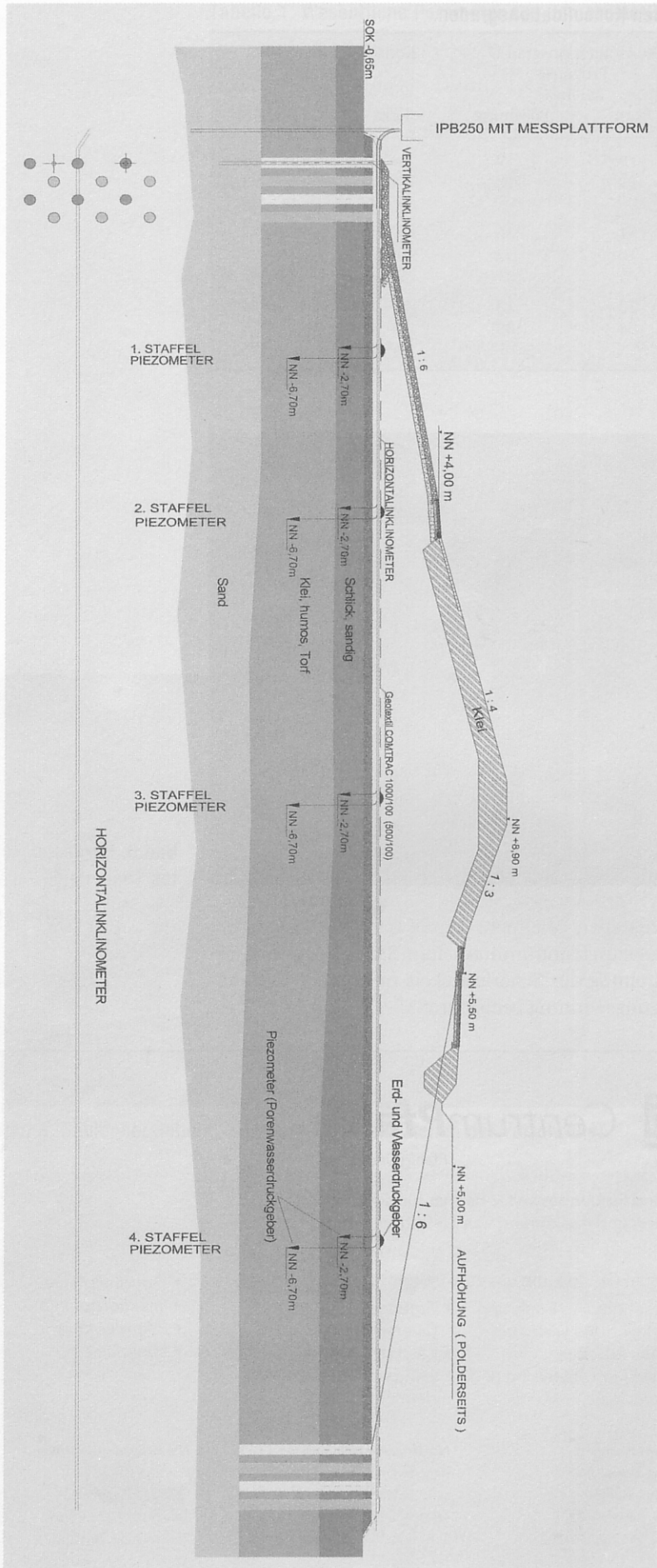


Bild 7. Typischer Meßquerschnitt mit Anordnung der Meßgeber (Säulen unter gesamten Deichquerschnitt nicht dargestellt).

Beobachtungsmethode

Die Prognosewerte der geotechnischen Berechnungen wurden, entsprechend Gelbdruck DIN 1054-12/00, durch baubegleitende Messungen abgesichert (Beobachtungsmethode). Bedingt durch die unterschiedliche Baugrundsichtung wurden insgesamt sieben Meßquerschnitte entlang der Deichtrasse eingebaut. Eine typische Anordnung der Meßgeber über den Meßquerschnitt im Deich ist im Bild 7 dargestellt. Insgesamt wurden je Meßquerschnitt vier Staffeln mit jeweils einem Erddruck- und einem Wasserdruckgeber über der Weichschicht sowie zwei Piezometern in der Weichschicht angeordnet; außerdem dienen jeweils ein Horizontal- und zwei Vertikalinklinometer zur Beobachtung des Verformungsverhaltens. Durch diese Meßanordnung konnten während der Deichaufhöhung kontinuierlich die Porenwasserdruckentwicklung im Boden, die hydrostatischen Druckhöhen im Deich sowie die effektiven Auflastspannungen auf den Untergrund erfaßt werden. Zusätzlich konnte die Setzungsmulde über den Deichquerschnitt mit zugehörigen Horizontalverformungen am wasserseitigen Deichfuß verfolgt werden.

Meßergebnisse und Beschleunigung der Bauphasen

Tabelle 2 zeigt einen Vergleich der prognostizierten und der aufgrund der gemessenen Porenwasser- und Erddrücke in situ abgeleiteten Konsolidationsgrade. Aufgrund der insgesamt gegenüber dem Bodengutachten angetroffenen günstigeren Bodenkenngrößen, insbesondere im Hinblick auf das Konsolidationsverhalten, sowie infolge einer hohen Wirksamkeit des Gründungssystems GSM konnte der Deich trotz kaum vermeidbarer Leistungsdefizite in der Anfangsphase planmäßig nach 39 Wochen bis 7 m Höhe ($\approx 6,5$ mNN) gebracht und damit die erforderliche Hochwasser-sicherheit erreicht werden. Im Bild 8 sind die Meßwerte der Setzungen im Meßquerschnitt D (Deichabschnitt VI) und im Bild 9 die Horizontalverformungen im Meßquerschnitt E (Deichabschnitt VII) dargestellt.

Tragreserven

Wie bereits ausgeführt, kann im Vergleich zu den Ausschreibungsvorgaben von günstigeren Bodenkenngrößen in situ ausgegangen werden, was auch die ergänzende Nacherkundung überwiegend bestätigt hat. Weiterhin wird die undrained Scherfestigkeit nach der Säulenherstellung etwa um den Faktor 1,5 bis 2 infolge der Verdrängungswirkung unmittelbar erhöht. Dies wurde auch im Vorfeld der Baumaßnahme durch Modellversuche belegt (GEDUHN/RAITHEL/KEMPFERT, 2001).

Zwischenzeitlich konnte durch weitere Modellversuche belegt werden, daß Tragreserven vorhanden sind, die in den bisherigen Berechnungen

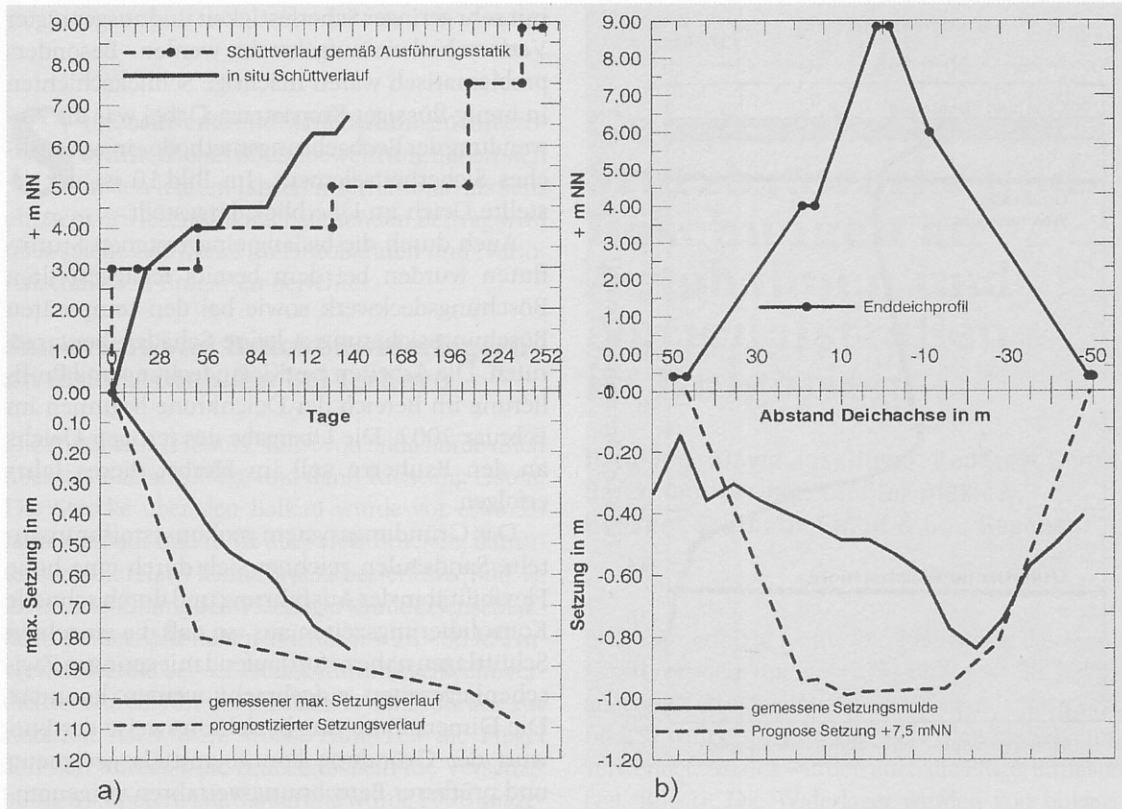


Bild 8. Beispiel von Meßergebnissen im Deichabschnitt VI: a) Zeit-Setzungsdiagramm und Zeit-Schüttediagramm; b) Setzungsmulde und Deichkubatur im Deichabschnitten VI.

noch nicht erfaßt wurden. Durch die vertikalen Zugfäden im Ringtrac-Gewebe der Ummantelung (Kettfäden) kommt es bei Scherbeanspruchungen infolge der vertikalen Zugfestigkeit und

Steifigkeit in der Geokunststoffummantelung zu rückhaltenden Kräften, die beispielsweise durch eine Scherfestigkeitserhöhung im Geländebruchmodell berücksichtigt werden können.

Ganz sicher standsicher!

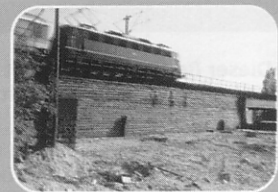
Mit unseren vom DIBt* zugelassenen knotensteifen Tensar® Geogittern SR 55/80/110 bieten wir ökonomische und ökologische Komplettlösungen für übersteile Böschungen:

- Bewehrte Stützkonstruktionen
- Rückverhängte Wände und Betonfertigteile
- Erosionssichere Begrünung
- Begrünbare Steilböschungen
- Rückverhängte Gabionen und Natursteine

* Deutsches Institut für Bautechnik in Berlin, Zulassungsnummer: Z - 20.01 - 102

Systemlösungen aus einer Hand.

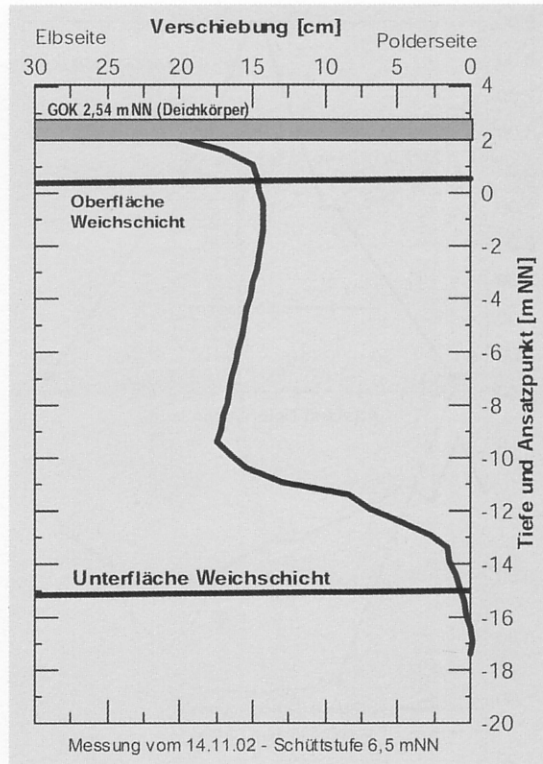
Tensar International GmbH
 Reuterstraße 159
 53113 Bonn
 Tel: (0228) 9 13 92 - 0
 Fax: (0228) 9 13 92 - 11
 www.tensar.de
 e-mail: vertrieb@tensar.de



Tensar
international

Hält die Erde zusammen.

Bild 9. Beispiel über gemessene Horizontalverformungen im Deichabschnitt VII.



Zusammenfassung und Ausblick

Bild 10. Hergestellter Deich mit Polderschluß und eingestauter Aufhöhungsfläche.

Mit Hilfe des Gründungssystems geokunststoffummantelte Sandsäulen (GSM) konnte erstmalig ein Deich innerhalb einer Bauzeit von rund neun Monaten hochwassersicher auf einen Untergrund



mit sehr geringer Scherfestigkeit und ausgeprägter Verformbarkeit aufgebracht werden. Besonders problematisch waren mächtige Schlickschichten in breiig-flüssiger Konsistenz. Dabei war die Anwendung der Beobachtungsmethode ein wesentliches Sicherheitselement. Im Bild 10 ist der erstellte Deich im Überblick dargestellt.

Auch durch die bislang eingetretenen Sturmfluten wurden bei dem bereits fertiggestellten Böschungsdeckwerk sowie bei den temporären Böschungssicherungen keine Schäden hervorgerufen. Die Arbeiten zur Kleiandeckung und Profilierung im Bereich der Deichkrone beginnen im Februar 2002. Die Übergabe des fertigen Deichs an den Bauherrn soll im Herbst dieses Jahrs erfolgen.

Das Gründungssystem geokunststoffummantelte Sandsäulen zeichnet sich durch eine hohe Flexibilität in der Ausführung und durch schnelle Konsolidierungszeiten aus, so daß die einzelnen Schüttlagen nahezu fortlaufend mit geringen Zwischenliegezeiten aufgebracht werden konnten. Die Dimensionierung beziehungsweise der Entwurf der Gründung konnte mittels geeigneter und prüfbarer Berechnungsverfahren vorgenommen werden. Zur schnellen Bewertung der einzelnen maßgebenden Bauzustände des von Anfang an zeitkritischen Bauvorhabens wurden ein kontinuierliches und konstruktives Zusammenwirken von allen Beteiligten (Bauherr, Bauausführung, Statikersteller und Prüfengeure) sowie umfangreiche, kurzfristige Meßauswertungen und zusätzliche geotechnische Berechnungen erforderlich.

Die Zuverlässigkeit und die Wirtschaftlichkeit des Gründungssystems hat sich somit auch bei der vorgestellten Deichgründung bewährt. Diese erfolgreiche Anwendung ist das Ergebnis langjähriger Erprobungen und Erfahrungen im Rahmen unterschiedlichster Bauausführungen und Bedingungen sowie begleitender Forschungstätigkeit. Da das beschriebene Gründungsverfahren neben seinen geotechnischen Vorteilen auch eine wirtschaftliche Lösung von Gründungsproblemen in sehr weichen Böden darstellt, bietet sich ein verstärkter Einsatz dieses neuen Verfahrens neben allgemeinen Gründungsaufgaben auch im Küstenschutz und Hafenbau an.

Quellennachweis

RAITHEL M. ; KEMPFERT H.-G. (1999): Bemessung von geokunststoffummantelten Sandsäulen. In: *Die Bautechnik* 76, Nr. 12.

RAITHEL, M. (1999): *Zum Trag- und Verformungsverhalten von geokunststoffummantelten Sandsäulen*. Heft 6, Schriftenreihe Geotechnik, Universität Kassel.

GEDUHN, M. ; RAITHEL, M. ; KEMPFERT, H.-G. (2001): *Practical Aspects of the Design of Deep Geotextile Coated Sand Columns for the Foundation of a Dike on Very Soft Soils*. International Symposium Earth Reinforcement, Fukuoka, Japan.

»Dieser Beitrag interessiert unsere Geschäftsfreunde ganz besonders!« Das haben Sie sich sicherlich schon öfter beim Lesen unserer Fachzeitschriften gesagt.

Warum bestellen Sie nicht einfach Sonderdrucke? Individuell mit Ihrem Werbezusatz oder im Original, ganz nach Ihrem Wunsch!

Fordern Sie ein Angebot an.

VGE
Verlag Glückauf Essen
Postfach 18 56 20 · 45206 Essen
Tel. +49 (0) 20 54 / 9 24-121
Fax +49 (0) 20 54 / 9 24-129
E-Mail vertrieb@vge.de
Internet www.vge.de

Sonderdrucke