



- Großversuche an Rammpfählen zur Ermittlung der Tragfähigkeit
- Untersuchungen zu zyklisch horizontal belasteten Pfählen
- Erweiterte Einsatzbereiche von EPB-Schilden
- Prognose von Oberflächensetzungen beim Tunnelvortrieb
- Versuche zur einaxialen Druckfestigkeit geklebter Gesteinsproben



Die Bahnstrecke Berlin-Rostock wird derzeit ausgebaut. Auf einem Abschnitt ca. 50 km nördlich von Berlin verläuft die Strecke durch mehrere Mooregebiete, die entsprechend zu ertüchtigen sind. In diesen Streckenabschnitten mit schwierigen geologischen Verhältnissen und gering tragfähigen Böden werden die Setzungen mittels einer Säulen-Geogitter-Polster-Bauweise minimiert. Als vertikale Tragelemente dieser Bauweise wurden Stahlbetonfertigtüpfähle System Centrum eingebaut, um die vorhandenen Weichschichten zu überbrücken und die Lasten in die tragfähigen Sande abzutragen. Alle 7.300 Pfähle wurden im Winterhalbjahr innerhalb einer Sperrpause eingebracht. Zur Realisierung des termingerechten Einbaus waren zeitweise bis zu sechs Hydraulikrammen gleichzeitig im Einsatz. (Foto: Centrum Pfähle, Bericht siehe S. A10–A11)

## geotechnik 2

36. Jahrgang  
Juni 2013, Heft 2  
ISSN 0172-6145 (print)  
ISSN 2190-6653 (online)

Wilhelm Ernst & Sohn  
Verlag für Architektur und technische  
Wissenschaften GmbH & Co. KG  
www.ernst-und-sohn.de

### peer reviewed journal:

Die „Fachthemen“ in geotechnik werden vor der Veröffentlichung von mindestens zwei unabhängigen Fachleuten begutachtet.

### Editorial

- 75 Roland Jörger  
**Innovationen in der Geotechnik – eine berechtigte Forderung?**

### Vom Vorsitzenden

- 76 Georg Heerten  
**Liebe Mitglieder und Freunde der DGGT**

### Fachthemen

- 77 Werner Rücker, Krassimire Karabeliov, Pablo Cuéllar, Matthias Baeßler, Steven Georgi  
**Großversuche an Rammpfählen zur Ermittlung der Tragfähigkeit unter zyklischer Belastung und Standzeit**
- 90 Christina Rudolph, Jürgen Grabe  
**Untersuchungen zu zyklisch horizontal belasteten Pfählen bei veränderlicher Lastrichtung**
- 96 Christoph Budach, Markus Thewes  
**Erweiterte Einsatzbereiche von EPB-Schilden**
- 104 Jochen Fillibeck  
**Prognose von Oberflächensetzungen beim Tunnelvortrieb – Teil II: Möglichkeiten und Grenzen der Finite-Element-Berechnung**

### Bericht

- 113 Andreas Becker, Christos Vrettos  
**Versuche zur einaxialen Druckfestigkeit geklebter Gesteinsproben**

### Rubriken

- 119 DGGT-Mitteilungen  
121 Persönliches  
125 Tagungsberichte  
128 CBTR-Nachrichten  
129 Dissertationen  
131 geotechnik aktuell  
133 Termine

### Produkte und Objekte

- A5 Aktuell  
A24 **Stellenmarkt**

## Ertüchtigung der Bahnstrecke Rostock–Berlin

Im September 2012 starteten die Arbeiten zur Ertüchtigung der Bahnstrecke mit dem Ziel, die Fahrtgeschwindigkeit der Züge auf 160 km/h und die Radsatzlasten auf bis zu 25 t bei Vmax 100 km/h zu erhöhen. Die Fahrzeit Rostock-Berlin soll so unter zwei Stunden verkürzt werden und die Nutzung durch den Güterverkehr verstärkt und damit die Anbindung des Rostocker Seehafens an das Güternetz verbessert werden.

Auf dem Streckenabschnitt km 35,1 bis km 41,7 zwischen Nasenheide und Löwenberg, ca. 50 km nördlich von Berlin, befinden sich unter anderem Mooregebiete. Diese Bereiche liegen in Niederungen, die mittels Dämmen überquert werden. In diesen kritischen Streckenabschnitten mit schwierigen geologischen Verhältnissen und gering tragfähigen Böden kommt die sogenannte Säulen-Geogitter-Polster-Bauweise (kurz SGP-Bauweise) zum Einsatz.

Bei der SGP-Bauweise werden die Lasten aus dem Zugverkehr auf ein Geogitterpaket abgegeben, welches auf vertikalen Tragelementen aufgelagert ist. Dieses System ermöglicht, die Belastungen in den tragfähigen Untergrund einzuleiten und die Auswirkungen auf den Damm zu minimieren. Als vertikale Tragelemente dienen hier Stahlbetonfertigungspfähle System Centrum, die die vorhandenen Weichschichten aus Torf und Mudde überbrücken und die Lasten aus dem Damm in die tragfähigen Sande abtragen. Für eine kraftschlüssige und verkantungssichere Verbindung zwischen dem Geogitterpaket und den Pfählen wurden die Pfähle mit einer eigens dafür entwickelten Kopfaufweitung versehen. Darüber wird schließlich das neue Dammbauwerk errichtet.

Ziel dieser Ertüchtigungsmaßnahme ist neben der Minimierung der Setzung auch die Gewährleistung der dynamischen Stabilität sowie der Böschungsstandsicherheit.

### Bodenerkundung in Form von geotechnischen Streckenbändern

Die stark heterogenen Bodenverhältnisse erforderten vor Baubeginn eine intensive und flächendeckende Erkundung des Baugrunds über die gesamte Streckenlänge: im Wesentlichen fanden sich dabei oberflächennah Weichschichten und zur Tiefe folgten Sande. Die Konsistenz der Weichschichten war überwiegend als breiig bis weich zu klassifizieren. Es lagen undrained Scherfestigkeiten von  $c_{u,k} \leq 10 \text{ kN/m}^2$  vor. Die unterlagernden Sande waren mitteldicht bis dicht gelagert. Aus den umfangreichen Erkenntnissen des Bodengutachtens sowie aus dynamischen Berechnungen im Zusammenhang mit dynamischen Messungen und geophysikalischen Untersuchungen wurden schlussendlich geotechnische Streckenbänder erstellt, die sämtliche Informationen übersichtlich bündelten.

Daraufhin wurden verschiedene Varianten zur Tiefgründung in Betracht gezogen. Die Gründung mit Stahlbetonfertigungspfählen wurde schlussendlich favorisiert und die Herstellung von mehreren Probefeldern in den Moorbereichen veranlasst. Zum Nachweis der Tragfähigkeit wurden statische und dynamische Probelastungen durchgeführt. Anhand der ermittelten Werte wurde die Tragfähigkeit nicht nur bestätigt, die Bemessungen konnten sogar noch optimiert werden.

Nach diesen umfangreichen Vorprüfungen entschied man sich letztendlich für den Einsatz von Stahlbetonfertigungspfählen, da diese alle erforderlichen Bedingungen erfüllten: eine durchgehend hohe Qualität jedes einzelnen Pfahls verbunden mit einem effizienten und somit höchst wirtschaftlichen Einbau, einer witterungsunabhängigen Einbauweise; aber vor allem überzeugte die uneingeschränkte Einsatzmöglichkeit von Stahlbetonfertigungspfählen in heterogenen Böden – insbesondere bei den in die-



**Bild 1.** Arbeiten auf engstem Raum – Auch in dem langen, kalten Winter 2012/2013 brachten die hochmodernen Centrum-Hydraulikrammen die vorgefertigten Pfähle tadellos in den gefrorenen Boden ein.

sen Bauvorhaben vorhandenen schwierigen geologischen Verhältnissen.

### Hohe Qualität und Maßhaltigkeit

Die durchgehend hohe Qualität der bei diesem Projekt eingesetzten Stahlbetonfertigungspfähle System Centrum basiert auf einer werkseigenen Produktion nach DIN EN 12794. Sowohl die verwendeten Rohmaterialien und Halbfabrikate als auch die Produktion selbst unterliegen einem dokumentierten QM-System und externen Kontrollen durch z. B. die amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen Braunschweig (MPA Braunschweig). So wird sichergestellt, dass die Beton- und Bewehrungsgüte in höchster Qualität bei jedem einzelnen Pfahl strikt eingehalten wird.

Durch eine ausschließlich auf Fertigteilpfähle spezialisierte, vollautomatisierte Vorfertigung wird neben einer konstanten Qualität aber auch die Maßhaltigkeit der Pfähle und die Einhaltung von Toleranzen gewährleistet.

### Transparenz und Sicherheit durch lückenlose Dokumentation

Aufgrund der schwierigen geologischen Verhältnisse wurden seitens des Bodengutachters und des Bauherrn, der DB Projektbau, umfangreiche messtechnische Überwachungen während des Einbaus und deren lückenlose Dokumentation vorgeschrieben. Diese erfolgten in Form von dynamischen Probelastungen sowie Integritätsprüfungen. Die Dokumentationen wurden durch kleine Rammberichte für jeden einzelnen Pfahl sowie große Rammberichte für einen Pfahl in jeder 10. Reihe zur Verfügung gestellt.

### 80.000 m Pfahl in einer Zeit von nur drei Monaten

Die Rammarbeiten begannen im Oktober 2012. Insgesamt 7.300 Pfähle mussten innerhalb der Sperrpause in einem Zeitfenster von nur drei Monaten eingebaut werden. Bei Pfahllängen von bis zu 21 m wurden so innerhalb kürzester Zeit rund 80.000 m Pfahl eingebracht. Um dieses Volumen in der vorgegebenen Dauer bewältigen zu können, wurde zeitweise mit sechs Rammgeräten gleichzeitig gearbeitet – ein Höchstmaß an logistischer Leistung und Koordination. So waren die Rammgeräte innerhalb der Linienbaustelle bisweilen nur wenige Meter voneinander entfernt im Einsatz – eine Arbeitsweise in punkto Materiallieferung und -versorgung und Ausführung, die nur mit Fertigteil-Rammpfählen durchführbar ist. Mit einer anderen Gründungslösung wie z. B. Ortbetonpfählen wäre ein solch hocheffizientes Arbeiten nicht möglich und das Einbringen



**Bild 2.** Die Rammgeräte waren innerhalb der Linienbaustelle bisweilen nur wenige Meter voneinander entfernt im Einsatz.

einer solchen Pfahlmenge in diesem kurzen Zeitraum kaum realisierbar.

Noch ein weiterer Vorteil des Centrum Pfahlsystems trug zum erfolgreichen Abschluss der Rammarbeiten bei: Auch in dem langen und kalten Winterhalbjahr 2012/2013 bei Minusgraden und klirrender Kälte, arbeiten die hochmodernen Centrum-Hydraulikrammen ohne Probleme und brachten vorgefertigten Pfähle tadellos in den gefrorenen Boden ein. Andere Gründungssysteme können bei diesen Temperaturen nicht ausgeführt werden und wären so zu einem Unsicherheitsfaktor hinsichtlich des sehr engen Terminplans geworden.



**Bild 3.** Ramm- und Pfahllager (Fotos: Centrum Pfähle)

So konnten die 80.000 m Pfahl zur Zufriedenheit aller Beteiligten in dem vorgegebenen Zeitrahmen eingebaut werden und die Züge die Strecke zukünftig mit Geschwindigkeiten von bis zu 160 km/h befahren.

Weitere Informationen:

CentrumPfähle GmbH, Niederlassung Leipzig,  
Dipl.-Ing. Björn Adam, Klostergasse 5, 04109 Leipzig,  
Tel. +49 (0)341 – 46 26 26-232, www.centrum.de

**Spezialtiefbau in Europa – [www.stump.de](http://www.stump.de)**  
**Beratung • Planung • Ausführung**

Pfundgründung für das neue Eingangsgebäude, James-Simon-Galerie, Berlin-Mitte in ARGE-Leistung. Ausführung von ca. 17.600 Bohrm Metern mit 616 Mikropfählen, Pfahllänge 13 bis 44 m, Tragglied GEWI 63,5 mm mit einfachem und doppeltem Korrosionsschutz

**Daueranker und Kurzzeitanker bis 12.500 kN Prüflast**  
**Stahlrohr-Verpresspfähle • Stahlbeton-Verpresspfähle**  
**GEWI®-Verpresspfähle • HLV®-Pfähle • Bohrträgerverbau**  
**Ortbetonpfähle • Spritzbeton-Arbeiten • Boden- und Felsnägel • Zement-Injektionen • Feinstzement-Injektionen**  
**Kunstharz-Injektionen • Chemikal-Injektionen**  
**DSV-Verfahren Stump Jetting • Elektro-Osmose**  
**Mauerwerk- und Betonsanierung • Aufschlussbohrungen**  
**Bodenstabilisierungssäulen • Bodenvereisung**

**HN Berlin + Verwaltung**  
Tel. 030 754904-0 • Fax 030 754904-420  
**ZN Chemnitz**  
Tel. 0371 262519-0 • Fax 0371 262519-30  
**ZN Hannover**  
Tel. 0511 94999-300 • Fax 0511 499498

**ZN Langenfeld**  
Tel. 02173 27197-0 • Fax 02173 27197-990  
**ZN München**  
Tel. 089 960701-0 • Fax 089 965623  
**GS Colbitz**  
Tel. 039207 856-0 • Fax 039207 856-50

**GS Hamburg**  
Tel. 040 46866725-0 • Fax 040 46866725-5  
**GS Vaihingen/Enz**  
Tel. 07042 834522 • Fax 07042 834512  
Tochterunternehmen in Tschechien und Polen