

Sonderreport Kaiserschleuse

Bauherr:

bremenports GmbH & Co. KG

Auftraggeber:

Arge Kaiserschleuse (HOCH-TIEF Construction AG, Gustav W. Rogge GmbH & Co. KG, August Prien Bauunternehmung GmbH & Co. KG und STRABAG AG)

Kurzinfo:

Im Zuge des Neubaus der Kaiserschleuse stellten wir zum Lastabtrag der Auftriebs- und Gewichtskräfte im Bereich der Torkammern und der Drempe der Schleusenhäupter GEWI-Verpresspfähle her. Die Kammerwand West der Schleuse sicherten wir im Bereich des alten Außenhauptes mit GEWI-Dauerankern. Auch die Gründung des als Pingelturm bekannten Leuchtturmes wurde von uns nachträglich durch TITAN-Pfähle ertüchtigt.

Technische Angaben:

Systeme:	GEWI und GEWI Plus Stahl Ø 63,5 mm mit und ohne doppelten Korrosionsschutz
Anzahl:	965 Stück
Länge:	29,20 m bis 51,20 m
Bohrmeter gesamt:	31.609,00 m
Designlast:	bis 1845 kN
Prüflast:	bis 2016 kN
Bohrverfahren:	Doppelkopfbohrverfahren
Bodenart:	Sand / Lauenburger Tone
Ausführungszeitraum:	August 2008 bis Juli 2010

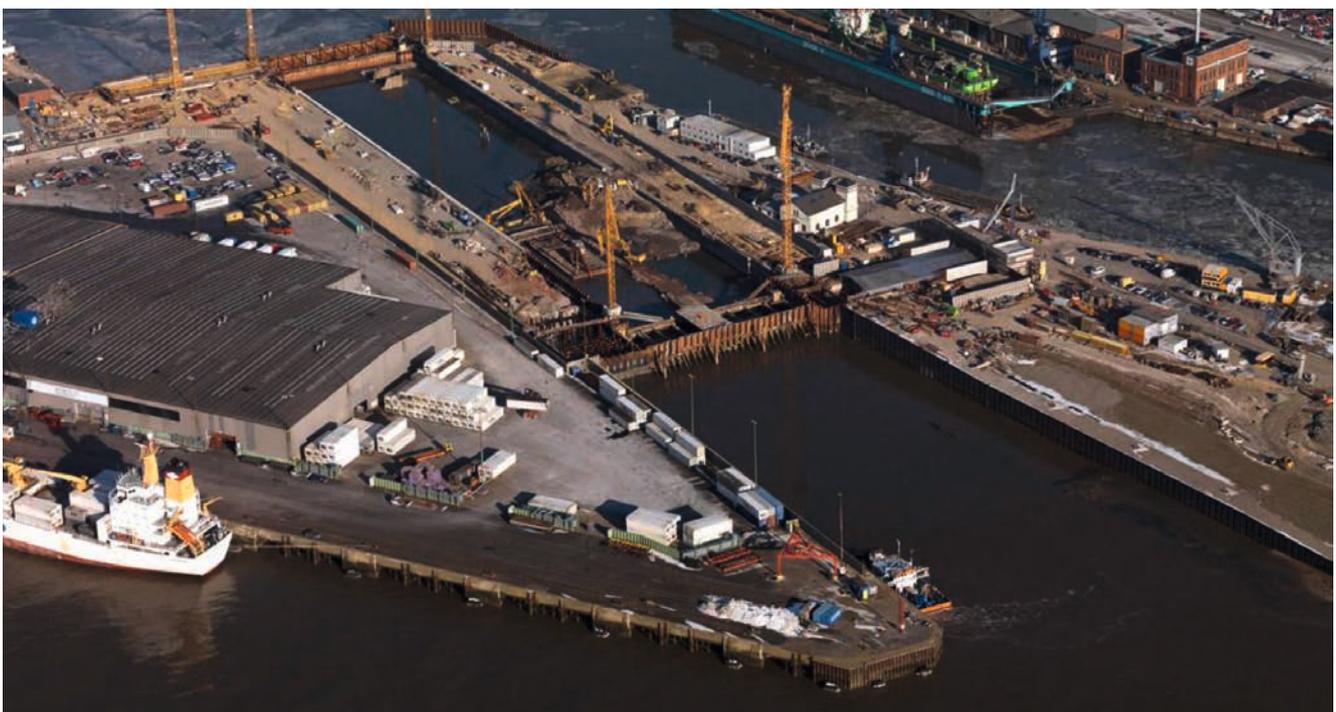


Bild 1: Luftbild der Kaiserschleuse im Januar 2010

Sonderreport Kaiserschleuse

1. Historie und Bezug

Autos „made in Germany“ bilden traditionell das Rückgrat der deutschen Exportwirtschaft. Trotz internationalem Preisdruck werden hierzulande jährlich weit über 5 Mio Fahrzeuge produziert und ein Großteil davon in alle Welt „verschifft“. Als einer der wichtigsten Automobilumschlagplätze weltweit gilt seit den 70er Jahren Bremerhaven mit einem jährlichen Volumen von ca. 1,4 Mio Fahrzeugen – der Löwenanteil davon für den Export – auf über 1.000 Frachtschiffen. Gutachter prognostizieren angesichts der derzeitigen Wirtschaftslage ein kontinuierliches Wachstum des Autoumschlags in Bremerhaven. Gleichzeitig jedoch gerät der Standort seit den letzten Jahren immer stärker unter Wettbewerbsdruck, da der Hafen bislang als Nadelöhr für die Frachtschiffahrt galt und nicht von den größten der großen Schiffe angesteuert werden konnte.

Um die Wettbewerbsfähigkeit sowohl Bremerhavens als Umschlagplatz als auch der deutschen Autoindustrie insgesamt zu wahren, wurde in 2005 vom Senat der Freien Hansestadt Bremen beschlossen, die Bremerhavener „Kaiserschleuse“, bei ihrer Errichtung die größte Schiffsschleuse der Welt, nach 110 Jahren treuer Dienste den neuen „Ozeanriesen“ baulich anzupassen. Zwar können die Liegeplätze bereits auch über die modernere „Nordschleuse“ angefahren werden, aber dieser Zugang könne nicht dauerhaft der Notwendigkeit gerecht werden, die Hafenanlagen über zwei gleichwertig große Schleusen anzusteuern. Zudem sei die Durchquerung der Nordschleuse zusätzlich mit zwei aufwendigen Wendemanövern sowie der Passage einer Drehbrücke verbunden, um die Liegeplätze der Kaiserhäfen I, II und III anzusteuern.

2. Das Jahrhundertbauwerk „Kaiserschleuse“

Das ursprüngliche Bauwerk, bei dessen Errichtung 25 Millionen Ziegelsteine verbaut und 20.000 Pfähle gerammt wurden, soll nun von einer maximalen Nutzlänge von 185 m auf 305 m Länge, 55 m Breite und 13 m Tiefe ausgebaut werden. So können künftig bis zu 270 m lange Car-Carrier mitsamt Unterstützungsschlepper die Schleuse durchfahren. Mit einem Investitionsvolumen von ca. €233 Mio. handelt es sich um eines der größten Schleusenprojekte Europas. Zur Verwirklichung dieses Mammutprojektes wurden insgesamt etwa 455.000 cbm Boden ausgehoben, 6.800 cbm Unterwasserbeton und 45.000 cbm Konstruktionsbeton eingebaut, 4.300 Tonnen Betonstahl verbaut, 39.500 Tonnen Spundwandstahl und Stahlpfähle verarbeitet und 6.300 Tonnen Konstruktionsstahl montiert.

Die einzelnen Bauteile setzen sich u. a. zusammen aus:

- den Außen- und Binnenhäuptern: Sie bestehen jeweils aus einer Torkammer, in die ein Hubschiebetor einfahren kann,
- der Schleusenkammer bestehend aus Spundwänden als Kammerwände und einer offenen Sohle. Die Bereiche der Drempel bilden den Abschluss der Schleusenhäupter. Die Drempel am Außen- und Binnenhaupt sowie die Torkammern sind die tiefgegründeten Bereiche, die später vom Hubschiebetor überfahren werden,
- den Kajen im Vorhafen und im Kaiserhafen I,
- einem Deichschutz von bis zu + 7,60 m üNN,
- dreier Schleusentore (eines als Reserve), bestehend aus jeweils einem Hubschiebetor und
- dem Schlepperhafen

Sonderreport Kaiserschleuse

Die Fertigstellung und Übergabe des Bauwerks soll Mitte 2011 erfolgen. Dass eine derartige Aufgabe nicht nur aufgrund ihres schieren Ausmaßes, sondern auch aufgrund ihrer höchsten technischen Anforderungen geschichtsträchtig ist, davon konnten sich alle am Bau Beteiligten stets überzeugen. Eine versierte Arbeitsgemeinschaft, bestehend aus den Firmen Hochtief Construction, August Prien Bauunternehmung, Strabag und Gustav W. Rogge soll den erfolgreichen Abschluss des Vorhabens sichern. Weiterführende aktuelle Informationen zur Kaiserschleuse sind unter <http://www.kaiserschleuse-bremerhaven.de> ersichtlich.

3. Unsere Aufgabe

Für die Realisierung des Neubaus der Kaiserschleuse wurden für verschiedene Bauteile Verpresspfähle (Mikropfähle) zum Lastabtrag in den tragfähigen Baugrund benötigt. Die Hauptmassen liegen hier bei den Bauteilen der Außen- bzw. Binnenhäupter. Zudem musste die Kammerwand West mittels Verpresspfählen verankert und ein auf dem Gelände befindlicher Leuchtturm tiefgegründet werden. Der große Vorteil von Mikropfählen besteht darin, dass sie trotz der sehr hohen Pfahlkräfte von bis zu circa $E_p = 2100$ kN, mit verhältnismäßig leichten Raupenbohrgeräten (3,5 t bis 26,0 t) hergestellt werden können. Somit war es möglich, unsere Raupenbohrgeräte nicht nur auf großflächigen schweren Rammwagen sondern auch auf einfachen Arbeitsbühnen bei beengten Platzverhältnissen einzusetzen.

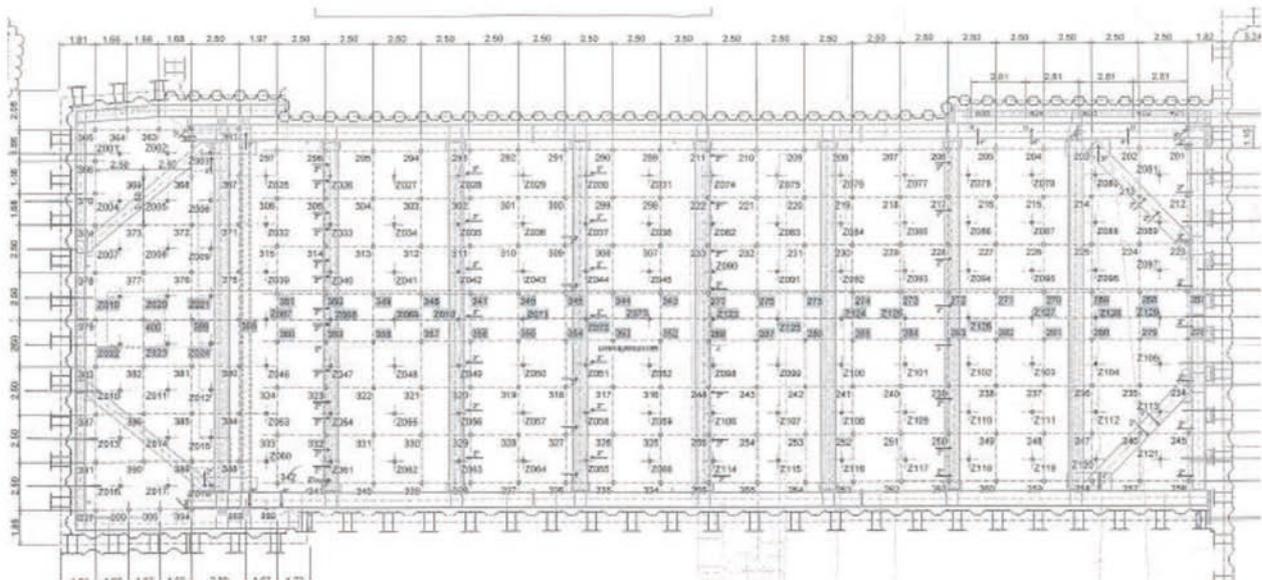


Bild 2: Draufsicht der Gründungspfähle Außenhaupt Drempel

Sonderreport Kaiserschleuse

BT1 - Außenhaupt

Die UW-Betonsohlen des Außenhauptes haben wir durch Kleinbohrverpresspfähle (Mikropfähle) gegen Auftrieb gesichert. Auftriebskräfte treten auf, wenn während der Bau- und Revisionsphasen die Kammer gelenzt wird und das Bauteil ohne weitere Sicherung aufschwimmen würde. Unsere Pfähle dienen dazu, die unterhalb der UW-Betonsohle wirkenden Auftriebskräfte in den tragfähigen, tiefer gelegenen Baugrund abzutragen.

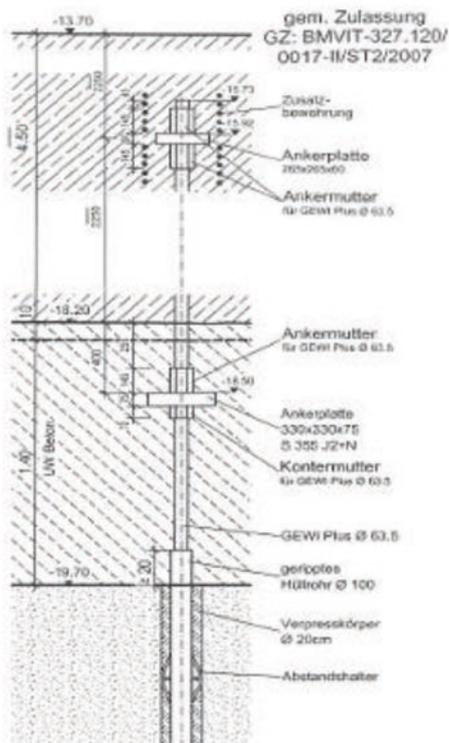


Bild 3: Detail Kopfeinbindung

Die in der Nutzungsphase wirkenden Druckkräfte, entstehend durch die Gewichtskräfte des Bauwerkes und der Schleusentore, werden ebenfalls über die gleichen Verpresspfähle abgetragen. Hierzu war es nötig, die Tragglieder am Pfahlkopf im Bereich der UW-Betonsohle und in der späteren Konstruktionssohle des Bauwerkes kraftschlüssig zu verbinden. Dies wurde dadurch erreicht, dass an jedem Tragglied jeweils eine Plattenverankerung für die UW-Betonsohle und eine für die spätere Konstruktionssohle montiert wurde (siehe Abbildung 3). Der Einbau der GEWI-Pfähle erfolgte von einer dafür extra hergestellten Fahrbühne, die auf den Längswänden des Außen- und Binnenhauptes abgesetzt wurde. Von der Fahrbühne aus konnten die Bohrungen mit zwei parallel arbeitenden Raupenbohrgeräten im Überlagerungsbohrverfahren abgeteuft werden. Die Bohransatzpunkte wurden über die entsprechend markierten Pfahlachsen lokalisiert.

Es wurden am Außenhaupt 515 Stück GEWI-Pfähle (17.907,80 laufende Meter) mit doppeltem Korrosionsschutz eingebaut. Hervorzuheben ist hierbei, dass von der Oberkante Fahrbühne bis Unterkante UW-Betonsohle bis zu 28,00 m Lehrbohrung überbrückt wurden. Somit mussten bei einer mittleren Pfahllänge von circa 29,0 m Bohrrohre für eine Bohrlänge von bis zu 60,0 m vorgehalten werden. Hierdurch kam es zu einer sehr hohen Gerätebelastung.

Technische Angaben: BT1 - Außenhaupt

System:	GEWI Plus Stahl Ø 63,5 mm, S 670, DKS
Anzahl:	515 Stück
Länge:	28,45 m bis 36,70 m
Bohrmeter gesamt:	17.907 m
Designlast:	bis 1845 kN
Prüflast:	bis 2016 kN
Bohrverfahren:	Doppelkopfbohrung
Bodenart:	Sand / Lauenburger Tone

Sonderreport Kaiserschleuse

BT2 – Binnenhaupt

Für den Bau des Binnenhauptes wurden 390 GEWI-Pfähle mit insgesamt 11792,80 m laufenden Metern verbaut. Wie bei der Verankerung der UW-Betonsohle am Außenhaupt auch, arbeiteten wir von einer Fahrbühne aus (siehe Abbildung 4). Als schwierig stellte sich auch die punktegenaue Herstellung der Pfähle heraus. Die Aussteifungselemente der Torkammern, wie sie in der Abbildung 5 zu erkennen sind, überschneiden sich oftmals mit den Pfahlachsen, so dass eine Vielzahl der Pfähle über eine konstruktive Neigung zum Bohransatzpunkt eingebracht werden mussten. Die Pfähle sind „versenkt“ hergestellt, d.h. der Pfahlkopf liegt hierbei unterhalb der Wasseroberfläche. Die Höhenkontrolle wurde über eine sogenannte Jungfer, die in das Bohrrohr mit dem einzubauenden GEWI-Stahl herabgelassen wurde, sichergestellt. Anspruchsvoll war auch die Montage der Pfahlköpfe, die von Bautauchern unter unserer Anleitung ausgeführt wurde. Der Aufbau für die Probelastungseinrichtung unter Wasser erfolgte ebenfalls durch Taucher. Hierzu mussten die Baggermatratzen und die Lasttraverse sowie die hydraulische Presse auf der Sohle platziert werden. Der zu beprobende GEWI-Pfahl wurde dann bis zur Fahrbühne an der Oberfläche verlängert, um dort die Verschiebungen messen zu können.

Technische Angaben: BT2 - Binnenhaupt

System:	GEWI Plus Stahl Ø 63,5 mm, S 670, SKS
Anzahl:	390 Stück
Länge:	29,50 m bis 31,00 m
Bohrmeter gesamt:	11.792,80 m
Designlast:	1600 kN
Prüflast:	2016 kN
Bodenart:	Sand / Lauenburger Tone
Bohrverfahren:	Doppelkopfbohrverfahren



Bild 4: Blick auf die Fahrbühne (Bereich Torkammern)

Sonderreport Kaiserschleuse



Bild 5: Blick auf die Fahrmaschine mit zwei Bohreinheiten (Bereich Torkammern)



Bild 6: Blick in die gelenzte Torkammer auf die Pfahlköpfe für die Konstruktionssohle

Sonderreport Kaiserschleuse

BT4 – Kammerwand West

Ein weiteres Bauteil, für das der Einbau von Mikropfählen notwendig wurde, ist die Kammerwand West im Bereich des alten Außenhauptes. Aufgrund der Bestandsbebauung konnte sie hier nicht, wie in den restlichen Bereichen der Schleusenwand geschehen, mit Rüttelinjektionspfählen rückverankert werden.

Es war notwendig die Gründungselemente des alten Außenhauptes mit speziellen Bohrtechniken zu durchfahren, um unsere dauerhaften Verpresspfähle zur Rückverankerung der Kammerwand einbringen zu können. Wie in Abbildung 7 dargestellt, fanden diese Arbeiten von einer auf Stelzen errichteten Arbeitsbühne (Hubponton) aus statt, wobei zunächst eine ca. 5 m lange Leerstrecke bis zum Bohransatzpunkt überbrückt werden musste. In einigen Bereichen durchdrangen wir meterdickes Bestandsmauerwerk und Widerlagerteile, um die bis zu 55 m langen GEWI-Mikropfähle herzustellen. Es wurden insgesamt 44 Verpresspfähle mit Traggliedern aus GEWI-Plus Stählen \varnothing 63,5 mm, S 670, DKS mit einer Gesamtlänge von 1628,0 m eingebohrt und verpresst. Insbesondere bei der Herstellung der Verpresspfähle an diesem Bauteil waren wir einem hohen Termindruck ausgesetzt. Der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellte Hubponton stand nur für einen begrenzten Zeitraum zur Verfügung. Unsere Mitarbeiter erklärten sich auch hier bereit im Schichtbetrieb unter schwierigsten Witterungsbedingungen zu arbeiten, so dass der Fertigstellungstermin eingehalten werden konnte. Für die Misch- und Verpressstation musste eigens eine Einhausung hergestellt werden, um den Bohrbetrieb auch bei eisigen Temperaturen von weit unter null Grad und bei steifer Nordbrise (siehe Abbildung 11) fortsetzen zu können.

Technische Angaben: BT4 – Kammerwand West

System:	GEWI Plus Stahl \varnothing 63,5 mm, S 670, DKS
Anzahl:	52 Stück
Länge:	36,80 m bis 51,20 m
Bohrmeter gesamt:	1628,0 m
Designlast:	bis 1173 kN
Prüflast:	bis 1525 kN



Bild 7: Arbeitsbühne mit Bohreinheit an der Kammerwand West

Sonderreport Kaiserschleuse

Aufgrund der hohen Flexibilität und geringen Gerätegrößen konnten unsere Bohreinheiten auch an anderen Bauteilen eingesetzt werden. So konnten wir kurzfristig einen bei Rammarbeiten zerstörten und nicht mehr funktionstüchtigen RI-Pfahl zur Rückverankerung der Torkammerwand des Außenhauptes durch einen GEWI-Plus Pfahl mit einem Stahltragglieddurchmesser von 75 mm und einer Stahlgüte S 670 und doppeltem Korrosionsschutz ersetzen. Die Maßnahme ersparte dem Bauherrn die kostenintensive Herstellung einer Arbeitsebene für deutlich schwereres Gerät, um den Schaden anderweitig zu sanieren. Weiterhin wurden zwei der Poller im Bereich Kammerwand West ebenfalls auf insgesamt acht Stück Verpresspfählen verankert.

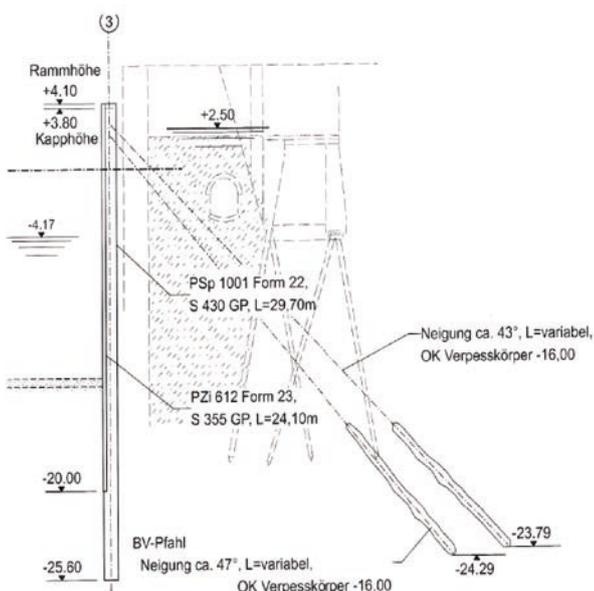


Bild 8a und 8b: Querschnitt durch die Kammerwand West im Bereich des Außenhauptes und Blick auf die fertiggestellten Verpresspfähle der Kammerwand West.

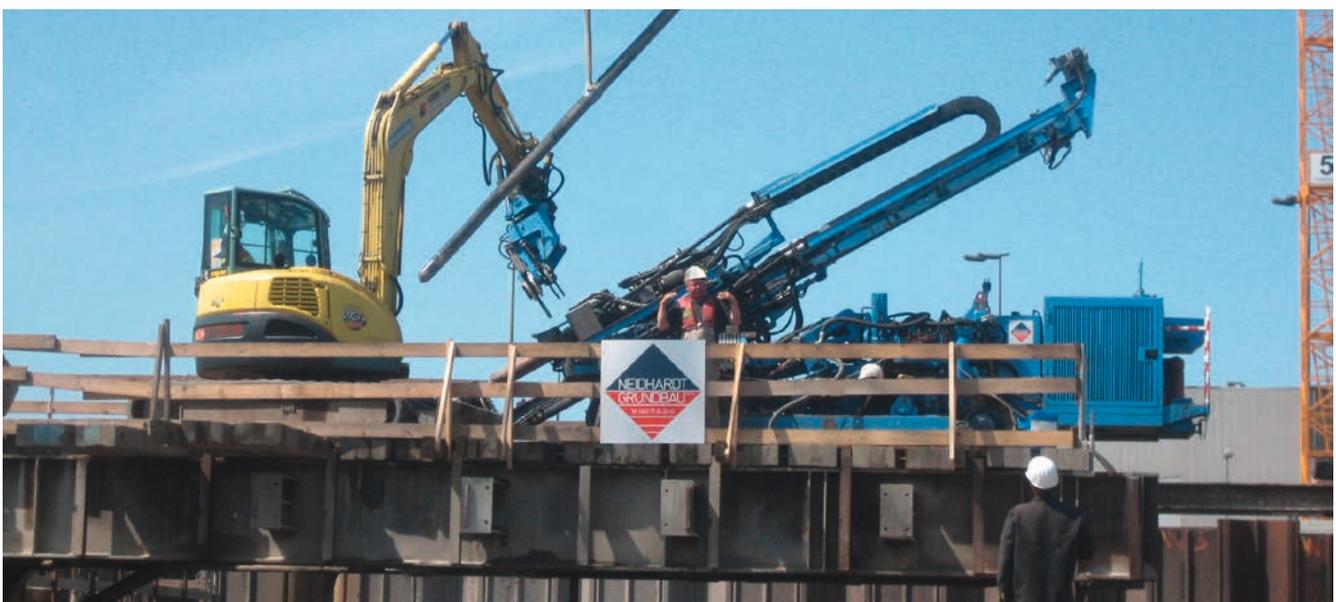


Bild 9: Einbau eines 50,2 m langen GEWI-Plus \varnothing 75 mm mit doppeltem Korrosionsschutz

Sonderreport Kaiserschleuse

BT6 - Pingelturm

Der sich auf dem Baufeld befindliche historischen Leuchtturm, der sogenannte „Pingelturm“ konnte durch den Einbau von Mikropfählen erhalten werden. Denn die Gründung des historischen Leuchtturms musste, um eine Schiefstellung infolge der schweren Rammarbeiten in unmittelbarer Nähe zu vermeiden, nachträglich ertüchtigt werden. Dies konnten wir durch das Einbohren von 8 Stück TITAN-Pfählen mit Tragglieddurchmessern von 103/78 mm und Einzellängen von jeweils 32,0 m unter der Vorgabe von äußerster Bohrgenauigkeit erreichen. Auf der Abbildung 10 ist die Gründung des Pingelturms mit den nachträglich eingebrachten TITAN-Verpresspfählen dargestellt.

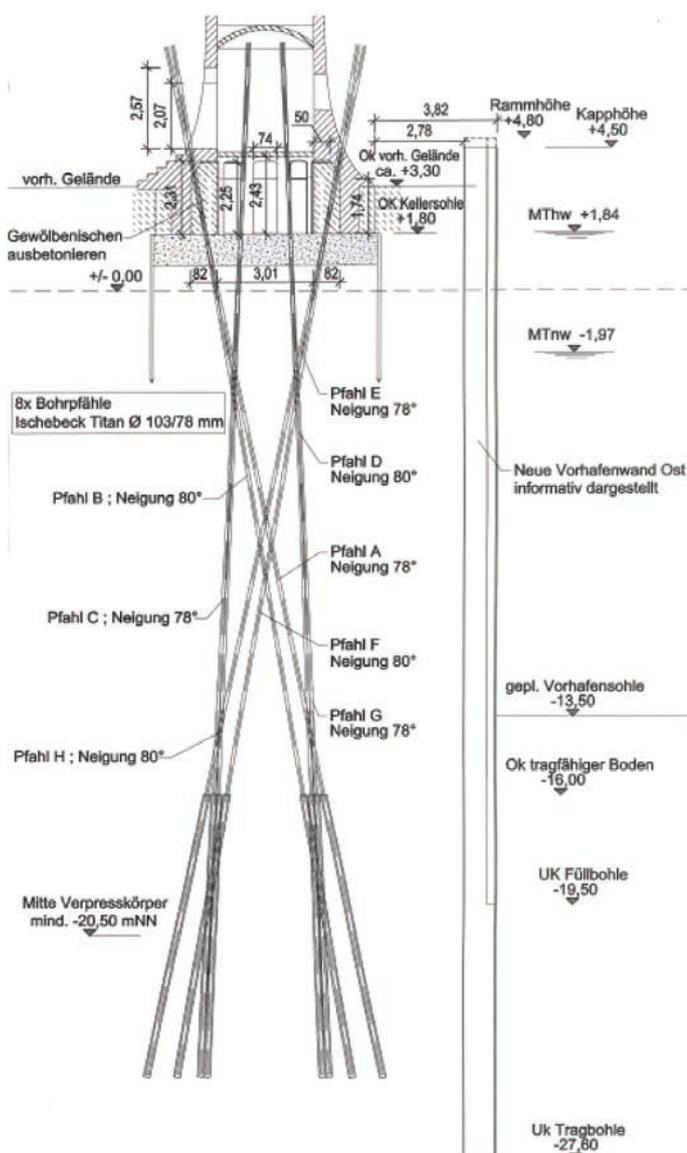


Bild 10: Pingelturm

Technische Angaben: BT6 - Pingelturm

System:	TITAN 103/78, S 460
Anzahl:	8 Stück
Länge:	29,0m
Bohrmeter gesamt:	232,0 m
Designlast:	bis 1348 kN
Bohrverfahren:	Einfach verrohrtes Drehschlagbohr- verfahren mit Außenspülung
Bodenart:	Sand / Lauenburger Tone
Ausführungszeitraum:	Nov. – Dez. 2007

Sonderreport Kaiserschleuse

4. Fazit

Die anspruchsvollen Herausforderungen, die es beim Neubau der Kaiserschleuse zu bewältigen gab, konnten von uns zur vollsten Zufriedenheit des Auftraggebers, der Arge Kaiserschleuse, gemeistert werden. Alle 965 Stück Kleinbohrverpresspfähle wurden von uns unter schwierigsten Bedingungen fachgerecht und unter hohem Zeitdruck termingerecht hergestellt.

Die Voraussetzung für die Bewältigung dieser Aufgabe erfüllten unsere hervorragend ausgebildeten Mitarbeiter auf der Baustelle, die vielfach eine außerordentlich hohe Leistungsbereitschaft bewiesen. Das zu jeder Zeit einvernehmliche und konstruktive Zusammenspiel zwischen unserer Bauleitung und unserem Auftraggeber trug ebenfalls maßgeblich zum erfolgreichen Gelingen der Pfahlarbeiten für das außergewöhnlich anspruchsvolle Bauvorhaben bei, so dass alle Beteiligten nun mit Spannung die Eröffnung der neuen Kaiserschleuse erwarten.



Bild 11: Nächtliche Bohrarbeiten unter schwierigsten Witterungsbedingungen im Jan. 2010