



# MetaWindow

Weltneuheit im Lärmschutz:  
Erstmalige Kombination von  
Transparenz und Hochabsorption.



Eine Kooperation:

**DB Bahnbau Gruppe**



**PHONONIC VIBES**  
THE ART OF NOISE MANAGEMENT



## DER EISENBAHN INGENIEUR

INTERNATIONALE FACHZEITSCHRIFT  
FÜR SCHIENENVERKEHR & TECHNIK

HERAUSGEBER:  
VERBAND DEUTSCHER  
EISENBAHN-INGENIEURE E.V.

**VDEI**

Euro 33,58 | April 2025

4|25

### KIB –

Generalinstandhaltung  
der Fehmarnsundbrücke

### Geotechnik –

Herausforderungen des  
Ersatzneubaus der EÜ Süderelbe

### Barrierefreiheit –

Planung und Umsetzung  
von Bahnhofsumbauprojekten

### Lärmschutz –

Elastische Systeme reduzieren  
Vibrations- und Lärmbelastungen

### Recht –

Immissionsschutz- und  
Naturschutzrecht im Bahnbereich

**VDEI**

**ETCS-Kurswoche**

12.–16. Mai 2025  
in Finsterwalde

# Komplexe Geotechnik der Hamburger Süderelbbrücke

Ersatzneubau während des laufenden Eisenbahnbetriebs auf weichen Marschböden zwischen Bombenblindgängern und Sturmfluten

MARTIN BUSCH | STEFANIE HESER

**Die Hamburger Eisenbahnüberführung (EÜ) über die Süderelbe spielt eine wichtige Rolle für den regionalen, nationalen und internationalen Schienenverkehr. Alle Züge von und nach Süden nutzen die Brücken – täglich sind es bis zu 1000 bei steigender Tendenz. Im Großraum Hamburg gibt es keine weiteren EÜ dieser Leistungsfähigkeit über die Elbe. Konstruktive Mängel lassen die Brücken nach 50 Jahren vorzeitig das Ende ihrer Nutzungsdauer erreichen. Die Planungen für den Ersatzneubau müssen sich mit setzungsanfälligen Böden, Behinderungen durch eiszeitliche Findlinge, einer großen Zahl von Bombenblindgängern aus dem 2. Weltkrieg und regelmäßigen Sturmfluten auseinandersetzen.**

## Projektvorstellung

Die ca. 340 m lange EÜ Süderelbe ist geografisch in Norddeutschland im Süden von Hamburg angesiedelt und überführt vier Güterzuggleise, zwei Personenzuggleise und zwei S-Bahngleise über das schiffbare und tidebeeinflusste Fließgewässer Süderelbe. Jede Strecke wird auf einem separaten Überbau geführt und auf massiven Unterbauten gegründet. Die EÜ Süderelbe hat vorzeitig das Ende der technischen Nutzungsdauer erreicht, ein Ersatzneubau wird geplant. Aktuell befindet sich das Projekt im Übergang der Leistungsphase 3 zur Leistungsphase 4. Die Entwurfsplanung mit vielen komplexen Planungsinhalten, Spezialgewerken und abstimmsintensiven Schnittstellen wird in wenigen Wochen abgeschlossen, parallel werden die Planfeststellungsunterlagen erstellt und Mitte des Jahres beim Eisenbahn-Bundesamt zur Genehmigung eingereicht. Die Bauausführung wird sich über rund acht Jahre erstrecken und soll mit der Inbetriebnahme im Jahr 2037 enden.

## Baugrunduntersuchungen an Land und im Tidegewässer

Für den Ersatzneubau der Süderelbbrücke muss der Baugrund umfangreich untersucht werden, um planerisch nicht nur die Standsicherheit jedes einzelnen Bauteils zu gewährleisten, sondern auch Verformungen z.B. aus Setzungen auf ein vertragliches Maß zu begrenzen. Der

Baugrund der Hamburger Elbmarsch ist aufgrund der wechselhaften geologischen Vergangenheit Norddeutschlands komplex aufgebaut und bringt einige Herausforderungen mit sich. Nicht nur das neue Brückenbauwerk selbst, sondern auch die bauzeitlichen Umfahrungen mit Dammschüttungen sowie die im Bauablauf mehrfach umzubauenden Oberleitungsanlagen und Signalmasten sind zu betrachten. Daher wurde eine ausgedehnte Erkundungskampagne mit Bohrungen und Sondierungen erforderlich, sowohl im Bereich der Bestands- und Umfahrgestrecken an Land als auch im Grund der Süderelbe. Der Baugrund wurde mit direkten (Bohrungen, Kleinrammbohrungen, Schürfe) und indirekten (Druck- und Rammsondierungen, Georadar) Aufschlüssen bis in 40 m Tiefe erkundet.

## Erkundungen an Land unter laufendem Betrieb

Die Erkundung der Umfahrungsbereiche stellte keine Herausforderung dar, da sich diese Flächen außerhalb der Betriebsgleise befinden. Anders gestaltete sich dies jedoch bei der Erkundung unterhalb der befahrenen Bestandstrasse, wofür zahlreiche Sperrpausen

benötigt wurden. Die vier Strecken über die Süderelbe sind mit bis zu 1000 Zügen täglich erheblich ausgelastet, sodass auch kurze Sperren monatelanger Vorlaufzeiten bedürfen. Ferner beeinflussten Hindernisse im Baugrund regelmäßig den Arbeitsablauf der Baugrunderkundungen; mehrfach mussten steckengebliebene und abgerissene Bohrwerkzeuge geborgen werden.

## Erkundungen im Tidegewässer

Zur Beurteilung der Gründung für die Brückenträger mussten Bohrungen und Sondierungen auch im Grund der Süderelbe ausgeführt werden. Aufgrund der mit der Tide zweimal täglich um 3–4 m schwankenden Wasserstände wurden die Aufschlüsse von einem Stelzenponton aus abgeteuft. Dieser wurde mithilfe ausfahrbarer Stahlpfähle im Grund des Flusses verankert und über den höchsten zu erwartenden Hochwasserstand aufgeständert (Abb. 1). Der An- und Abtransport von Personal und Material erfolgte mit einem auf dem Schleppschiff montierten Schwimmkran; für Wartungsarbeiten, Be- und Entladen musste der Ponton mehrfach bis in den Zollenspieker Fährhafen in über 16 km Entfernung geschleppt werden.



Abb. 1: Bohrgest auf Stelzenponton, vom Korb des Schwimmkrans aus gesehen

Quelle: DB InfraGO AG





**Abb. 2:** Geborgener Schrott aus der Süderelbe, als Tarnnebelfass fehlinterpretiert  
Quelle: Patzold Köbke Engineers



**Abb. 3:** Bergung des Stahlbetonklotzes aus der Fahrrinne  
Quelle: Taucher Knoth

### Kampfmittelsondierungen mit Tauchern

Die Eisenbahnstrecken als Bestandteil der militärischen Logistik im 2. Weltkrieg waren ein bedeutendes Ziel für die Bombardements der Alliierten. Bis heute werden immer wieder Bombenblindgänger im Umkreis des Bauvorhabens gefunden. Auch für den Grund der Süderelbe besteht Kampfmittelverdacht. Eine Überprüfung und Räumung der Ansatzpunkte und Pontonstandflächen waren daher unverzichtbar. Diese wurden zweistufig ausgeführt: Zunächst wurden die Flächen mit einem bootsgeschleppten Magnetometersystem abgefahren. Im Anschluss legten Spezialtaucher die festgestellten Anomalien – metallische Objekte – frei und bargen sie. Die starken Tidenströmungen der Süderelbe erlaubten diese Arbeit nur in einem ca. einstündigen Zeitfenster rund um Hoch- und Niedrigwasser, während die Strömung sich verlangsamt und umkehrte.

Die Anomalien stellten sich als harmloser Metallschrott heraus. Lediglich bei einem rostigen Fass bestand zunächst der Verdacht, dass es sich um ein Tarnnebelfass handelte, was aufgrund deren ätzender und giftiger Ladung einen Großeinsatz von Kampfmittelräumdienst, Feuerwehr und Polizei auslöste. Tatsächlich handelte es sich aber auch bei diesem Fass nur um Schrott (Abb. 2). Eine andere Anomalie entpuppte sich bei der Räumung als enormer Stahlbetonklotz unklarer Herkunft. Da er in der Fahrrinne lag, musste er umgehend geborgen werden, was sich angesichts seiner Masse von ca. 20 t als problematisch erwies. Der Betonklotz konnte nur mit viel Aufwand ans Ufer geschleppt werden und wurde von dort mit einem eigens herangeschafften Spezialschiff abtransportiert (Abb. 3).

### Erkundungsergebnisse

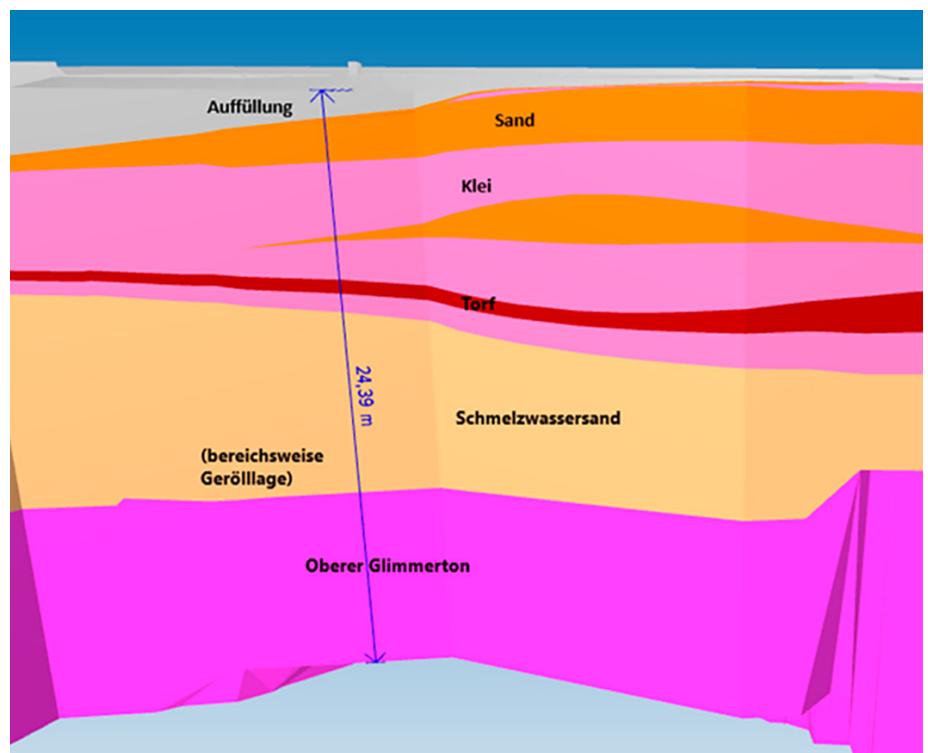
Unter anthropogenen Aufschüttungen stehen oberflächennah die für die Hamburger Elbmarsch charakteristischen organischen Weichschichten mit Mächtigkeiten von bis zu 15 m an. Darunter folgt flächendeckend Sand. Im Flussbett der Süderelbe sind keine Weichschichten

vorhanden. Die Flusssande gehen zur Tiefe hin in kaltzeitliche Ablagerungen aus Schmelzwassersanden, Geschiebelehm/-mergel und Beckenschluff/-ton über, die ihrerseits flächendeckend vom mächtigen tertiären Glimmertone unterlagert werden. Unmittelbar über dem Glimmertone liegen verbreitet Gerölle und Findlinge aus der Eiszeit. Ein beispielhafter Auszug aus dem 3D-BIM-Baugrundmodell (BIM, Building Information Modeling) ist in Abb. 4 dargestellt.

### Weichschichtproblematik

Die typischen Weichschichten der Elbmarsch sind Klei und Torf (Abb. 5). Die Verformbarkeit dieser Böden macht sie als Gründungsebene

für Bauwerke grundsätzlich ungeeignet. Sie haben einen hohen Wassergehalt, sind aber kaum wasserdurchlässig. Werden sie durch Auflasten zusammengedrückt, muss das inkompressible Wasser aus ihnen entweichen, was je nach Schichtdicke nur sehr langsam geschieht. Entsprechend verzögert treten die Setzungen ein; selbst Jahrzehnte nach Abschluss einer Baumaßnahme können sie noch fortschreiten und immer neue Schäden an Bauwerken verursachen. Darum kommt eine Flachgründung von Ingenieurbauwerken und Gebäuden auf Weichschichten grundsätzlich nicht in Frage. Die Widerlager der EÜ Süderelbe sind heute und werden auch zukünftig deshalb auf Pfählen tiefgegründet,



**Abb. 4:** Ausschnitt aus dem 3D-Baugrundmodell am Südweiterlager der EÜ Süderelbe

Quelle: Baugrund Dresden / DB InfraGO AG

## Setzungen

### Setzungen im Dammbereich

Durch die Aufschüttung der Umfahungsdämme werden neue Lasten im Bereich  $\geq 100 \text{ kN/m}^2$  aufgebracht. Hierbei ist von großen und langanhaltenden Setzungen auszugehen, da die Dammschüttungen im Bereich der zuvor beschriebenen Weichschichten hergestellt werden. Bodenmechanische Berechnungen auf Basis der Baugrunderkundungen lassen Setzungen im Bereich zwischen 35 cm und 101 cm erwarten. Die Konsolidationszeit bis zum Eintritt von 90 % der Setzungen wird dabei auf sieben Jahre geschätzt, weshalb Maßnahmen zur Setzungsbeschleunigung (Vertikaldrainagen und Überlastschüttungen) vorgesehen werden.

### Im Fokus:

#### Mitnahmesetzungen EÜ Diamantgraben

Da Auflasten unter dem Reibungswinkel des Bodens auch auf benachbarte Bereiche ausstrahlen, erfahren die unter dem Bestandsdamm bereits konsolidierten Böden im Randbereich eine Zusatzlast aus der neuen Dammschüttung, unter der sie sich weiter setzen können. Dadurch kann es zu Gleislagerechnen kommen, die bei Toleranzüberschreitung die Einrichtung von Langsamfahrstellen oder Gleissperrungen zur Folge haben können. Insbesondere die flachgegründete EÜ Diamantgraben würde ohne weitere Maßnahmen durch die bauzeitliche beidseitige Zuschüt-

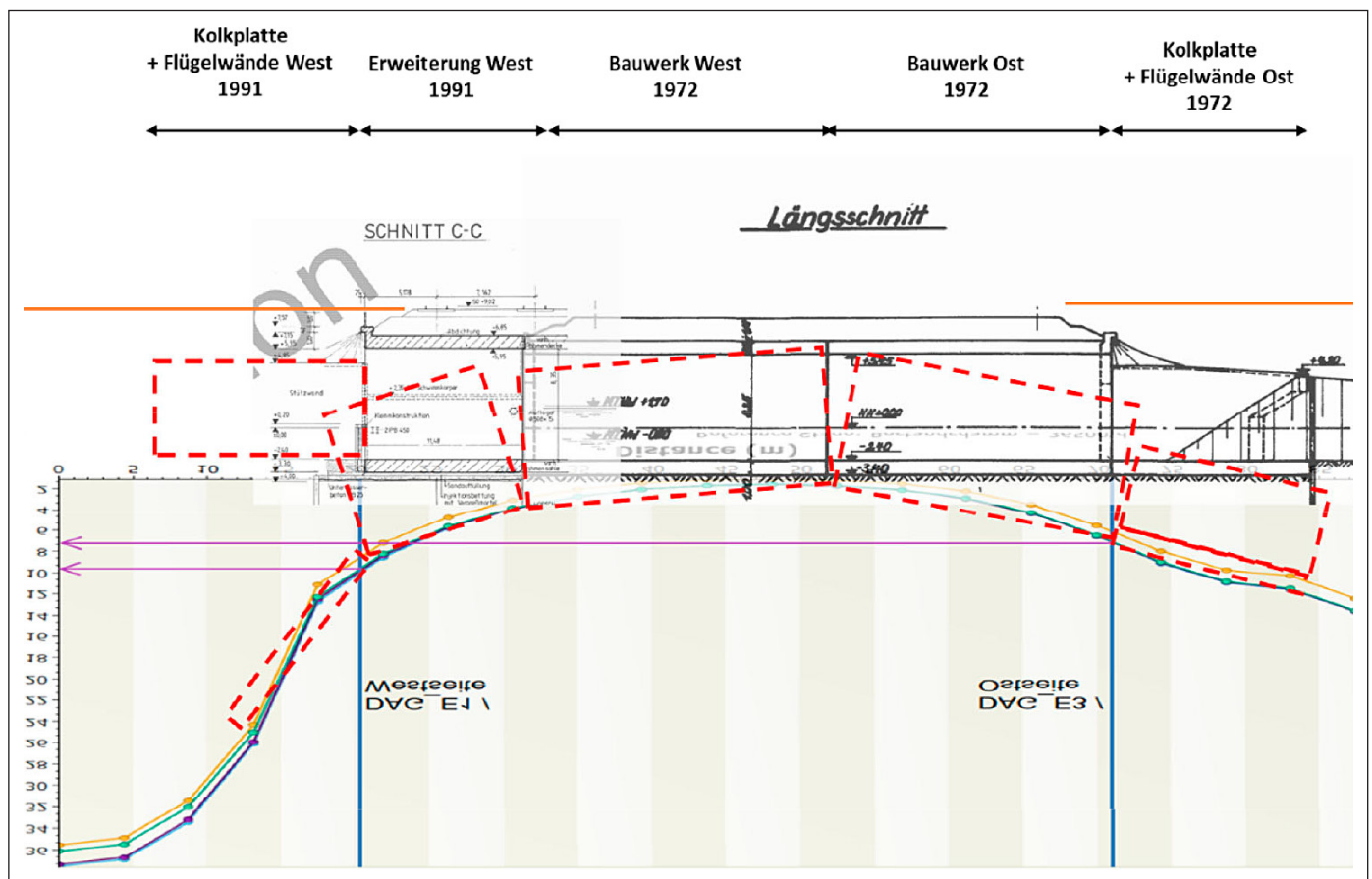


**Abb. 5:** Bohrkerne EÜ Süderelbe zwischen 8 und 12 m Tiefe, v. l. o. nach r. u.: Klei und Torf, Sonderprobe in Stahlhülle, sandiger Klei, Flusssande (ganz rechts unten). Fehlstellen mit Plastikfolie aufgefüllt

Quelle: DB InfraGO AG

die in die unterlagernden, tragfähigeren Schichten abgesetzt sind. Erdbauwerke sind dagegen recht verformungstolerant. Eisenbahnstrecken durch Marschgebiete wurden in der Regel ohne besondere Vorkehrungen gegen Verformungen errichtet. Auf der Hamburger Elbinsel verläuft die Bahntrasse auf einem ca. 5–10 m hohen aufgeschütteten Damm. Die Last dieses Dammes hat die Weichschichten über die mehr als 100-jährige Betriebsdauer konsolidiert, sodass der Boden

hier mehr oder weniger zur Ruhe gekommen ist. Für die bauzeitlichen Umfahungsstrecken muss der bestehende Bahndamm nun aber bereichsweise auf die doppelte Breite erweitert werden. Die Weichschichten unter den neuen Dammbereichen sind unkonsolidiert, sodass lang andauernde, große Setzungen im Dezimeterbereich zu erwarten sind. Diese können auch auf die angrenzenden Bestandsbauwerke einwirken und sie beschädigen.



**Abb. 6:** Prognostizierte Zerstörung der EÜ Diamantgraben durch Mitnahmesetzungen

Quelle: Arge Süderelbe Vöpping / Grassl



tung des Grabens randlich Mitnahmesetzungen von bis zu 10 cm erfahren und entlang vorhandener Fugen auseinanderbrechen (Abb. 6). Verschiedene Gegenmaßnahmen wurden geprüft und für ungeeignet befunden: Die Wirkung einer Baugrundverbesserung (z.B. Rüttelstopfsäulen) unter der Dammschüttung wird als unzureichend prognostiziert. Die Umfahrungsstrecken auf tiefgegründeten Brücken über den Diamantgraben zu führen, würde die Mitnahmesetzungen nur dann ausreichend reduzieren, wenn die Spannweite gegenüber dem Bestand deutlich vergrößert würde, um den nötigen Abstand zwischen Dammschüttung und EÜ zu gewährleisten. Dies wäre jedoch mit enormen Kosten und Planungsaufwand verbunden. Weiter wurde der Ausgleich der Setzungen mittels wiederholter Hebungsinjektionen unter der EÜ betrachtet. Nach Konsultation einer Fachfirma ist das aber im nötigen Umfang technisch nicht machbar. Eine Unterfangung mittels Düsenstrahlverfahren ist ebenfalls nicht zielführend, da ein großer Teil der Setzungen aus dem tiefliegenden Glimmertone entsteht. Bis in so große Tiefen ist das Düsenstrahlverfahren i. d. R. nicht umsetzbar; zudem würde die temporäre tiefgreifende Bodenverflüssigung unter dem Bestandsbauwerk eigene, unkontrollierbare Setzungsrisiken hervorrufen. Eine Versteifung des Bauwerks durch Einziehen zusätzlicher Stahlbetonscheiben wurde statisch durchgerechnet, erforderte aber mehrere meterdicke Wände mit unrealistisch hohem Bewehrungsgrad. Die bautechnisch und finanziell einfachste Lösung wäre ein ersatzloser Abriss der EÜ und die dauerhafte Verfüllung des Grabens, wurde aber bereits in der Vorplanung wegen fehlender umweltrechtlicher Genehmigungsfähigkeit der dauerhaften Gewässerbeseitigung verworfen. Als Kompromiss wurde der Ersatz durch einen Rohrdurchlass vorgeschlagen, jedoch würde die Durchflusskapazität zu sehr eingeschränkt und damit wiederum ein negativer Einfluss auf den aquatischen Lebensraum ausgeübt. Die Notwendigkeit eines vollständigen Ersatzneubaus der EÜ Diamantgraben stand zu befürchten. Die Planung dieses zusätzlichen Brückenprojekts würde immense Kosten bedeuten und die Entwurfs- und Genehmigungsplanung des Hauptprojekts um Jahre verzögern, was aufgrund des schlechten baulichen Zustands der EÜ Süderelbe ein inakzeptables Risiko darstellt. Schließlich wurde mittels 2D-Finite-Elemente-Methode (FEM)-Setzungsberechnungen mehrerer Varianten die gegenwärtige Vorzugslösung identifiziert: Gleisparallele Spundwände werden zwischen Bestand und Umfahrung bis unter die Weichschichten eingerammt und können ca. 50 % der Setzungen abschirmen. Mit einer temporären Teilverfüllung der EÜ Diamantgraben werden Setzungen auch in Bauwerksmitte erzwungen, um die Setzungsdifferenzen zu den Randbereichen weiter auf ein verträgliches Maß zu reduzieren. Die Gleislage wird während der Konsolidierung wiederholt mittels Stopfung korrigiert. Für die Bauzeit ist eine Überwachung aller Bestandsbauwerke und Gleislagen mit Sensoren

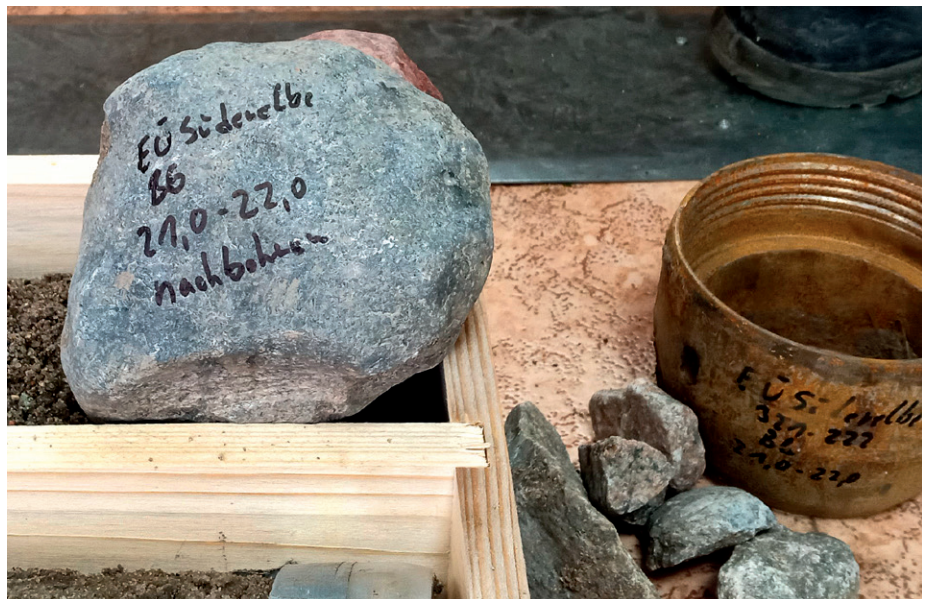


Abb. 7: Eiszeitliches Geröll aus 21 – 22 m Tiefe

Quelle: DB InfraGO AG

und Kontrollmessungen beabsichtigt, um frühzeitig auf Bewegungen des Baugrunds reagieren zu können. Ein Mess- und Maßnahmenkonzept wird in naher Zukunft entwickelt und mit den bahninternen Fachstellen abgestimmt.

#### Erweiterte Baugrunderkundung

Das südliche Widerlager der EÜ Süderelbe befindet sich auf einer Insel, die vom Südufer durch den Diamantgraben getrennt ist. Aus umweltrechtlichen Gründen war bis heute keine geotechnische Erkundung der Insel möglich, und es wird mit interpolierten Archivdaten gearbeitet. Für die weitere Planung ist eine sichere Kenntnis der Bodenverhältnisse erforderlich, sodass neben mehreren Erkundungsbohrungen auf der Insel auch Pfahlprobeprobierungen im Bereich des nördlichen und südlichen Widerlagers geplant werden.

Auch am Festland finden infolge von Erkenntnissen der Entwurfsplanung aktuell noch wei-

tere Bohrungen und Sondierungen statt. Unter anderem wurden mehrere Grundwassermessstellen errichtet, um die Grundwasserverhältnisse vor, während und nach der Bauzeit zu beobachten und ggf. Maßnahmen einzuleiten, falls es durch den Einfluss der Baumaßnahme zu qualitativen oder quantitativen Verschlechterungen kommen sollte.

#### Gründungen der Pfeiler und Widerlager

##### Gründung der Pfeiler / Bauen im Tidegewässer

Die vorherrschenden Strömungsverhältnisse in der Süderelbe lassen eine Ablagerung feinkörnigen Materials nicht zu, sodass Weichschichten nicht vorkommen. Die Pfeiler werden im sandigen Grund des Flusses flachgegründet. Spundwandkästen ermöglichen die Herstellung trockener Baugruben: Es ist geplant, sie mehre-



Abb. 8: Bohrkerne aus dem Oberen Glimmertone

Quelle: DB InfraGO AG

re Meter in den nahezu wasserundurchlässigen Glimmerton einzubinden und in drei Lagen auszusteuern. Aus dem Inneren des Kastens können Fluss- und Grundwasser abgepumpt werden. Angesichts der mehrjährigen Bauzeit werden die Spundwände so bemessen, dass sie nicht nur den normalen, um 3–4 m schwankenden Tidewasserständen standhalten, sondern auch den im Winterhalbjahr regelmäßig auftretenden Sturmfluten. Da die Bemessungsturmflut mit 8,1 mNHN höher liegt als die Unterkante der Bestandsbrücke, wird aus Gründen der Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit eine Risikoabwägung erforderlich und der bauzeitliche Bemessungswasserstand auf 6,5 mNHN festgelegt.

### Gründung der Widerlager

Die Widerlager werden im Bereich der Weichschichten errichtet und müssen in den darunterliegenden Flusssanden tiefgegründet werden. Diese Sande, die zur Tiefe hin in eiszeitliche Schmelzwassersande und Geschiebeböden übergehen, sind zwar als Pfahlabsetzebene geeignet, bringen aber ihre eigenen Schwierigkeiten mit sich: Eiszeitliche Gletscher haben beim Abschmelzen kleinere und größere Gerölle (Abb. 7) und Findlinge teils in Schichten, teils in zufälliger Verteilung hinterlassen. Diese stellen

ein Hindernis für Ramm- und Bohrarbeiten dar und schließen den Einsatz einfacher Rammpfähle aus. Die Gründungspfähle werden daher als Ort betonbohrpfähle ausgeführt. Aufgrund der gegenüber dem Bestand erhöhten Lasten sind rechnerisch Pfahllängen von über 30 m erforderlich. Damit enden die Pfähle aber nicht mehr in den Sanden, sondern im tertiären Oberen Glimmerton (Abb. 8), der einen geringeren Pfahlwiderstand bietet. Um die benötigte Tragfähigkeit zu gewährleisten, müssen Großbohrpfähle mit einem Durchmesser von 1,8 m hergestellt werden.

### Fazit

Der Baugrund in der Hamburger Elbmarsch ist aufgrund seiner geologischen Vergangenheit ausgesprochen komplex aufgebaut und birgt viele Unwägbarkeiten und Risiken wie Weichschichten, Torflinsen, Findlinge usw. Das Tidengewässer und der Kampfmittelverdacht bringen zusätzliche Unsicherheiten und erschweren die Arbeiten vor Ort. Durch umfangreiche Baugrunderkundungen und Pfahlprobeprobungen sowie eine vertiefte geotechnische Fachplanung, die u.a. auch dreidimensionale FEM-Berechnungen des Baugrunds vorsieht, die Zusammenarbeit mit einem geologischen

Prüfsachverständigen und eine bauzeitliche Überwachung der Verformungen werden die Grundlagen für die weitere Tragwerksplanung gelegt und wird das Baugrundrisiko auf ein verträgliches Maß reduziert. ■



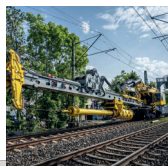
#### Martin Busch, M.Sc.

Projektingenieur Geotechnik  
Großbrücken Norderelbe / Süderelbe  
DB InfraGO AG, Hamburg  
martin.b.busch@deutschebahn.com



#### Dipl.-Ing. Stefanie Hesel

Projektleiterin EÜ Süderelbe  
Großbrücken Norderelbe / Süderelbe  
DB InfraGO AG, Hamburg  
stefanie.hesel@deutschebahn.com



## Komplexe Lösungen für Bahnen

### HERING Infrastruktur Systeme

- Ausbau von Verkehrsstationen
- Systemdächer & Bahnsteigdächer
- Systembahnsteige modula®
- Lärmschutz für den urbanen Raum

### HERING Bahndienste

- Baustellenlogistik von der Planung bis zur Durchführung
- Deutschlandweite Transporte und Überführungen von schienen gebundenen Baumaschinen
- Allgemeine Rangierleistungen und letzte Meile Verkehr

### HERING Bahnbau

- Oberbau, Gleis- und Weichenumbau
- Ingenieurbau (Verkehrsstationen)
- Konstruktiver Ingenieurbau
- Schienenkrane & MFS-Wagen

### HERING Grundbau

- Spezialtiefbau vom Gleis mit dem Gleisgründungszug



Weitere Infos unter  
[www.heringinternational.com](http://www.heringinternational.com)  
oder über den QR-Code.



HERING Gruppe | Neuländer 1 | 57299 Burbach-Holzhausen | ☎ +49 2736 27-0 | ✉ gruppe@hering-bau.de