

Betrachtung zeitabhängiger Setzungen der Hamburger Süderelbbrücke

Herausforderungen bei der Planung von den Strompfeilern der 8-gleisigen Brücke mit komplexem Bauablauf

ASTRID CARSTENSEN | VALENTIN SCHÄL |
STEFANIE HESER

Die Eisenbahnüberführung (EÜ) Süderelbe stellt die einzige mehrgleisig elektrifizierte Möglichkeit in Norddeutschland dar, die Elbe zu queren und ist somit ein wichtiger Bestandteil des schienengebundenen Personen- und Güterverkehrs. Da die Brücke ihr vorzeitiges Ende der Nutzungsdauer erreicht hat, ist ein Neubau erforderlich. Dieser stellt aufgrund des hohen Stellenwerts der Brücke komplexe Anforderungen an den Bauablauf. Es ist eine bauzeitliche Vollumfahrung geplant. Für eine zuverlässige Planung ist eine genaue Kenntnis des Baugrunds und der Abschätzung des Bodenverhaltens essenziell. Hier ist ein besonderes Augenmerk auf die zu bestimmten Zeitpunkten im Bauablauf aufgrund der herrschenden Lasten zu erwartenden Setzungen und Setzungsunterschiede der jeweiligen Bauteile zu legen.

Projektvorstellung

Die EÜ Süderelbe liegt im Süden von Hamburg und zählt mit über 1000 Zugüberfahrten zu der wichtigsten Querung der Elbe für den regionalen, nationalen und internationalen Schienenverkehr. Die Brücke umfasst jeweils zwei Gleise für den S-Bahn- und Per-

sonenverkehr sowie vier Gleise für den Güterverkehr und stellt den Zugang zum Hamburger Hafengebiet dar. Die zu überführende tidebeeinflusste Süderelbe ist eine Bundeswasserstraße mit Binnenschifffahrtsverkehr.

Bestandsbauwerk EÜ Süderelbe

Das ca. 340 m lange Bestandsbauwerk ist als ein 3-Feld-Träger ausgeführt. Die Stützweiten betragen zwischen ca. 107 m bis ca. 126 m mit der südlichen Öffnung für die Schifffahrt (Abb. 1). Die Überbauten sind nach Strecken separat geführt, d.h. es sind vier Überbauten mit jeweils zwei Gleisen. Diese Überbauten sind auf massiven Unterbauten aus Stahlbeton gegründet. Die Unterbauten bestehen aus zwei tiefgegründeten Widerlagern südlich und nördlich der Süderelbe und zwei flachgegründeten Stropmpfeilern innerhalb der Süderelbe. In den 1970er Jahren wurden sechs Gleise des Bestandsbauwerks als Ersatzneubau der Anfang des 20. Jahrhunderts erbauten Brücke hergestellt. Anfang der 1990er Jahre erfolgte an der westlichen Seite der Anbau von zwei weiteren Gleisen für den Güterverkehr.

Aufgrund von Ermüdungserscheinungen in den Stahl-Überbauten erreicht das Brückenbauwerk ein vorzeitiges Ende der Nutzungsdauer, und ein Neubau EÜ Süderelbe ist erforderlich.

Planung des Ersatzneubaus mit komplexem Bauablauf

Der Neubau der EÜ Süderelbe ist als Ersatzneubau an gleicher Stelle geplant. Es ist im Rah-

men der aktuellen Brückenerneuerung ein kompletter Abriss der vorhandenen Brücken bis auf Höhe der Gewässersohle vorgesehen. Aufgrund der hohen Auslastung der Bahnstrecken werden Totsperrungen und Sperrpausen auf ein Minimum reduziert. Weiterhin sind bei der Planung ebenfalls die Totsperrungen und Sperrpausen bei der Schifffahrt zu minimieren. Somit ist es vorgesehen, dass während der Baumaßnahme eine Vollumfahrung der Brücke errichtet werden soll (Abb. 2). Entsprechend der Planung ist eine Umfahrung der Bestandsbrücke von den drei Fernbahnstrecken in westlicher Richtung (Umfahrung West) und der S-Bahn-Strecke in östlicher Richtung (Umfahrung Ost) vorgesehen.

Für die Umfahrung werden die Unterbauten neben dem Bestand hergestellt und die Überbauten an Land vormontiert. Nach der Vormontage der Überbauten an Land werden diese in die Umfahrungsposition längs eingeschoben und verschweißt.

Der Rückbau der Bestandsüber- und -unterbauten zwischen den Umfahrungsstrecken erfolgt, nachdem die Umfahrungen in Betrieb genommen wurden. Nach Abschluss des Rückbaus des Bestandsbauwerks werden die neuen Unterbauten für die Endlage hergestellt.

Anschließend werden die Überbauten aus der Umfahrungsposition quer in Endlage geschoben und die Unterbauten der Umfahrung zurückgebaut. Es ist vorgesehen, die



Abb. 1: Ansicht der Bestandsbrücke EÜ Süderelbe in Hamburg

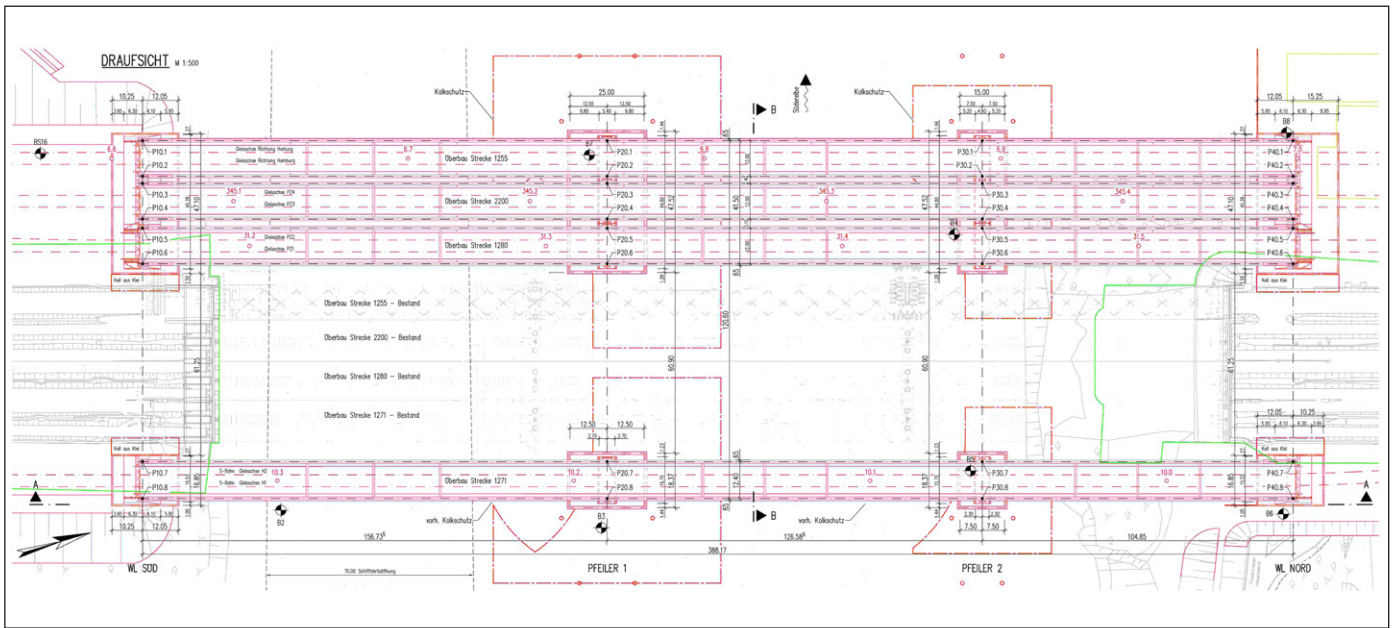


Abb. 2: Draufsicht der geplanten Trassierung für die Umfahrung Quelle: Arge Süderelbe Vössing Ingenieurgesellschaft mbH und Ingenieurbüro Grassl GmbH

Unterbauten bis ca. 1 m unter Gewässersohle (Pfeiler) bzw. Geländeoberkante (Widerlager) zurückzubauen. Die Gründungsbauteile verbleiben im Baugrund.

Für die Gründung der Widerlager ist analog zum Bestand derzeit eine Tiefgründung und für die Gründung der Strompfeiler eine Flachgründung vorgesehen. Die Unterbauten sollen in Massivbauweise erstellt werden. Die Lage der Strompfeiler sowie die des Widerlagers Nord verschiebt sich im Vergleich zu der bestehenden Brücke nach Norden, die Lage des südlichen Widerlagers verschiebt sich nach Süden, sodass sich die Stützweite über der Schiffsfahrtsöffnung zu

157 m ergibt. Eine Visualisierung des Neubaus der Brücke ist in Abb. 3 dargestellt.

Neubau der Strompfeiler

Für den Neubau der Strompfeiler ist die Herstellung der Fundamente sowohl für die Umfahrung als auch für die Endlage erforderlich. Hergestellt werden die Pfeilerfundamente im Schutz von Spundwandkästen in trockener Baugrube in der Elbe in drei Teilen: der Umfahrung West, der Umfahrung Ost und der Endlage. Auf dem Pfeilerschaft der Umfahrung West werden drei Überbauten angeordnet, bei dem Pfeilerschaft Umfahrung Ost ist es ein Überbau, und bei der Endlage sind es vier Überbau-

ten. Je Überbau sind vertikal rund 115 MN in den Baugrund abzutragen. Insgesamt hat das Fundament des geplanten Strompfeilers Süd Abmessungen von etwa 25 m x 126 m x 4,5 m (Breite x Länge x Höhe) und gründet auf einem Niveau von -11,0 m NHN. Bei dem geplanten Strompfeiler Nord ist mit Ausnahme der Breite von 15 m die Abmessung identisch zum Strompfeiler Süd.

Vorgesehen ist zunächst die Herstellung der Baugruben für die Umfahrungen beidseitig der Bestandsbrücke. Nach Rückbau der Bestandsbrücke ist die Herstellung der Baugruben für die Endlage zwischen den Baugruben für die Umfahrung möglich.



Abb. 3: Visualisierung des Neubaus der EÜ Süderelbe im Endzustand Quelle: Arge Süderelbe Vössing Ingenieurgesellschaft mbH und Ingenieurbüro Grassl GmbH

Lizenz PDF zur Einbindung auf der Website www.elbinselfbruecken-hamburg.de/ Kontakt & Rechte: archiv@dwmedia.com DW Media 2026

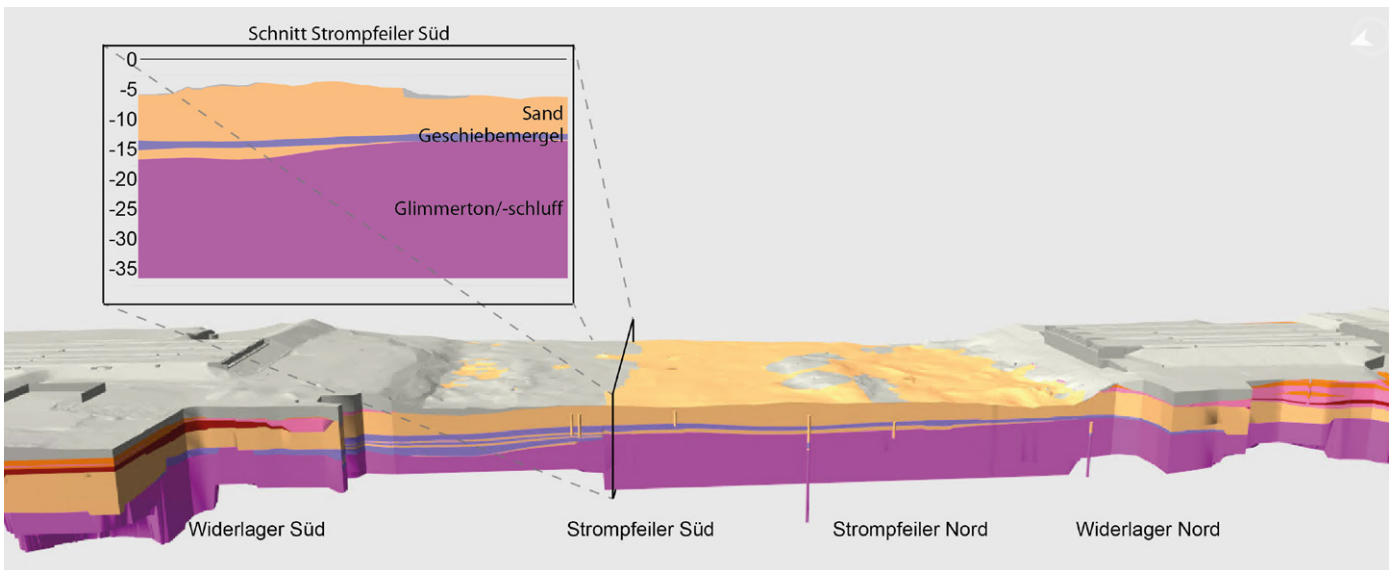


Abb. 4: Fachmodell Baugrund mit Detailschnitt im Bereich des Strompfeilers Süd

Geologische und hydrologische Verhältnisse

Für die Errichtung der neuen Brücke EÜ Süderelbe sind umfangreiche Baugrunderkundungen zur Abbildung der komplexen eiszeitlich geprägten geologischen Verhältnisse erforderlich. Die Baugrunderkundungen wurden sowohl an Land als auch auf dem Wasser durchgeführt. Es wurde mittels Bohrungen, Drucksondierungen, Rammkernsondierungen, Rammsondierungen und Georadar erkundet. Die Aufschlüsse wurden zum Teil bis in eine Tiefe von 40 m ausgeführt. Die Herausforderungen im Zusammenhang mit den Baugrunderkundungen wurden in [1] beschrieben.

Baugrund

Das gesamte Untersuchungsgebiet ist mehr oder weniger anthropogen beeinflusst, und es wurden in weiten Bereichen oberflächennah anthropogene Auffüllungen erkundet.

In dem Untersuchungsgebiet liegen regionalgeologisch holozäne Weichschichten aus Klei, Mudde und Torf mit Mächtigkeiten von 10 m bis 15 m vor. Diese sind in Wechsellagerung mit Sandschichten. Im Bereich der Süderelbe fehlen die Weichschichten. Die holozänen Ablagerungen werden nach unten von eiszeitlichen Ablagerungen aus Elster-, Saale- und Weichsel-Kaltzeit begrenzt. Bei diesen Ablagerungen handelt es sich um Lagen von Schmelzwassersanden/-kiesen und lokal Geschiebelehm/-mergel. Es sind Einlagerungen von Beckenablagerungen (Beckenton/-schluff) möglich. Im Übergang zur unterliegenden Schicht ist bereichsweise eine Gerölllage mit Kiesen, Steinen und Findlingen eingelagert. Das Untersuchungsgebiet wird flächendeckend von dem tertiären oberen Glimmertonschluff unterlagert. Die Schichtoberkante ist in einer Tiefe von ca. 15 m bis 23 m unter NHN zu erwarten. Die Unterkante der

Schicht ist in einer Tiefe von >50 m unter NHN zu erwarten, wo laut geologischer Karten die Oberen Braunkohlesande liegen. Bei dem Glimmertonschluff handelt es sich um einen mittel bis ausgeprägt plastischen Ton. Zur Abschätzung der Steifigkeiten und des Zeit-Setzungsverhaltens wurden im Rahmen der Baugrunduntersuchungen eindimensionale Konsolidationsversuche durchgeführt.

Hydrologische Verhältnisse

Im Bereich der tidebeeinflussten Süderelbe besteht ein mittlerer Tidehub von knapp 4 m, wobei der Wasserstand in der Regel zwischen +2,2 und -1,7 m NHN schwankt. Der Bemessungswasserstand wird von der Hamburg Port Authority (HPA) aktuell mit +8,1 m NHN angegeben [2]. Der bauzeitliche Bemessungswasserstand wurde bei +6,45 m NHN festgelegt.

BIM-Fachmodell Baugrund

Mit der Arbeitsmethodik „Building Information Modeling“ (BIM) als Grundlage wurde im Rahmen des Projektes ein BIM-fähiges Fachmodell (FM) Baugrund erstellt.

Die Modellierung eines zusammenhängenden Digitalen Geländemodells (DGM) wurde anhand von Daten unterschiedlicher Quellen realisiert (u. a. Bestandsmodell, Modell der Gewässersohle und öffentliches Vermessungsmodell).

Für das Sub-Fachmodell (SFM) Aufschlüsse wurden zur Erstellung der Fachobjekte sowohl Bestandsaufschlüsse aus dem Untersuchungsgebiet anhand öffentlicher Daten digitalisiert als auch die im Zuge der Baugrunderkundung durchgeführten direkten und indirekten aktuellen Aufschlüsse zugrunde gelegt. Hierbei wurden die Ergebnisse der indirekten Aufschlussverfahren entsprechend der Ergebnisse der direkten Aufschlüsse interpretiert.

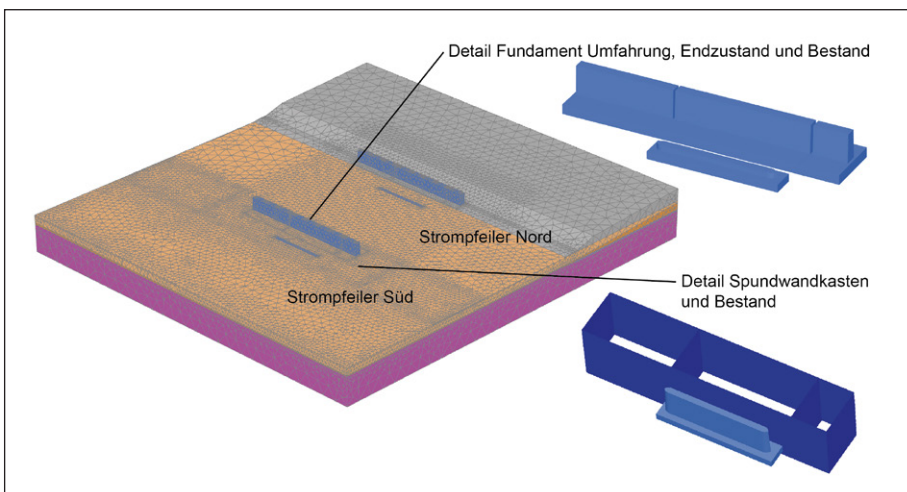


Abb. 5: FE-Modell der Strompfeiler mit Detailansichten des Strompfeilers Süd mit a) Fundamenten und b) Spundwandkästen

Neben dem SFM Aufschlüsse wurden die SFM Baugrundsichten, Homogenbereichs-schichten und Grundwasser erstellt, welche in Kombination das FM Baugrund bilden. In Abb. 4 ist das 3D-Baugrundmodell des Untersuchungsgebiets dargestellt.

Es lagen keine Fachmodelle der Bauwerke und keine zusätzlichen Informationen zu den Hinterfüllungen der Bauwerke vor. Entsprechend können diese im Modell nicht dargestellt werden.

Auf Basis der Baugrunderkundungen und dem BIM-Fachmodell Baugrund wurden Bemessungsprofile unter anderem im Bereich der Stropfweiler für weitere Berechnungen abgeleitet.

Finite-Elemente-Berechnungen für die Stropfweiler

Ziel der Finite-Elemente (FE)-Berechnungen war eine möglichst detaillierte und realitätsnahe Betrachtung der zu erwartenden Setzungen im Bereich der Stropfweiler. Hierbei war die Ermittlung der Setzungen als wahrscheinliche und mögliche Setzungen gefordert, um so Grundlagen für die Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsbetrachtungen im Rahmen der Entwurfsplanung zu schaffen. Die Abschätzung der Setzungen und Setzungsdifferenzen war sowohl getrennt nach den einzelnen Bauteilen als auch nach den einzelnen Belastungszuständen im Laufe des Bauablaufs durchzuführen.

Modellierung

Die Modellierung erfolgte mit dem Programmpaket Plaxis 3D. Die Baugrundsichten wurden auf Grundlagen von sieben Bemessungsprofilen aus dem FM Baugrund erzeugt. Das mechanische Verhalten des ge-

wachsenen Baugrunds sowie der Auffüllung wurde mit dem HardeningSoil-Modell mit sogenannter small-strain-Erweiterung („HS small-Modell“) modelliert. Dieses höherwertige Stoffmodell kann die Eigenschaften des Bodens unter den gegebenen Be- und Entlastungen möglichst realitätsnah abbilden. Für die Baugrundsichten wurden Spannweiten für die Baugrundkennwerte abgeschätzt. Die Berechnungen wurden als Variantenuntersuchungen sowohl mit den unteren als auch oberen Kennwerten durchgeführt.

In der Modellierung wurden sowohl die neu zu errichtenden Stropfweiler Süd und Nord als Umfahrung und Endzustand sowie die bestehenden Pfeiler berücksichtigt (Abb. 5). Durch die Modellierung der Bestandspfeiler wurden Einflüsse aus Vorbelastungszuständen und Laständerungen infolge des Rückbaus der bestehenden Pfeiler berücksichtigt. Die für die Baugrube zur Herstellung der Umfahrung und des Endzustands notwendigen Spundwandkästen inklusive der vorgesehene Steifenlagen sind ebenfalls im Modell enthalten. Zur Entkopplung der Pfeiler der Umfahrung West zwischen den Überbauten und der Pfeiler der Endlage wurden entsprechend der Planung Fugen angeordnet, sodass sich die Pfeiler der Endlage unabhängig von der Umfahrung West verschieben können. Diese Entkopplung wurde auch im Modell dargestellt.

Auf die Stropfweiler wirken die vertikalen Lasten aus Eigengewicht Überbau, Eigengewicht Ausbau und 50 % der Verkehrslast nach Lastmodell (LM) 71. Die übergebenen Lasten wurden auf die an der Oberkante der Pfeiler befindlichen Lagerbereiche jedes Überbaus mit einer Fläche von 4 m² aufgebracht.

Um einer realitätsnahen Be- und Entlastung des Bodens Rechnung zu tragen, wurden in der Berechnung die einzelnen Phasen des Bauablaufs sowie belastungsrelevante Zwischenstände detailliert berücksichtigt. Hierbei wurde z.B. der Querverschub der Umfahrung West durch Aktivierung und Deaktivierung der Lasten auf den Lagerbereichen der einzelnen Überbauten durch jeweils einzelne Phasen abgebildet. In Summe ergaben sich daraus rund 30 Berechnungsphasen.

Ergebnisse

Es wurden detaillierte Auswertungen der Setzungen zur Ermittlung der Größenordnung der Setzungsanteile zu verschiedenen Zeitpunkten an den einzelnen Bauteilen u. a. zur Beurteilung von Setzungsunterschieden vorgenommen. Nachfolgend sind exemplarische Ergebnisse der zu erwartenden Verschiebungen der Fundamente an den neuen Stropfweilern infolge des Neubaus beschrieben. Herstellungsbedingte Verformungen sind in den FE-Berechnungen nicht berücksichtigt. In Abb. 6a-c (links) sind die Vertikalverschiebungen des Stropfweilers Süd nach dem Verschwenken vom Bestandspfeiler auf die Umfahrung (Abb. 6a), der Herstellung der Pfeiler in Endlage und sowohl vor (Abb. 6b) als auch nach Verschwenken der Überbauten in die Endlage (Abb. 6c) für die unteren Kennwerte dargestellt. Die Endlage nach dem Verschwenken ist nach der Konsolidierung des Bodens dargestellt. In Abb. 5 lassen sich gut die Setzungsunterschiede der einzelnen Bauteile und deren Verkip-pung erkennen.

In der Phase Herstellung Pfeiler in Endlage vor Verschwenken der Überbauten ergeben



Zulassung der Deutschen Bahn AG

HPQ - innerer Druckbereich:



PP-MEGA-Rohr und -Drän 16

DN/ID 150 - 1000 mm




nähere
Informationen

PP-MEGA-Schacht

handgefertigt
DN/ID 600, 800 u. 1000 mm



individuell
angefertigt

Die Schächte werden in allen
möglichen Ausführungen gefertigt.

Spritzguss

DN/ID 400, 600 u. 800 mm

NEU



DN/ID 800
ab Frühjahr
2026

Gerinne:
1/1 180°

+43 7277 / 2598
www.bauernfeind.at
office@bauernfeind.at

Lizenz PDF zur Einbindung auf der Website www.elbinselfbruecken-hamburg.de/ Kontakt & Rechte: archiv@dvwmedia.com DW Media 2026

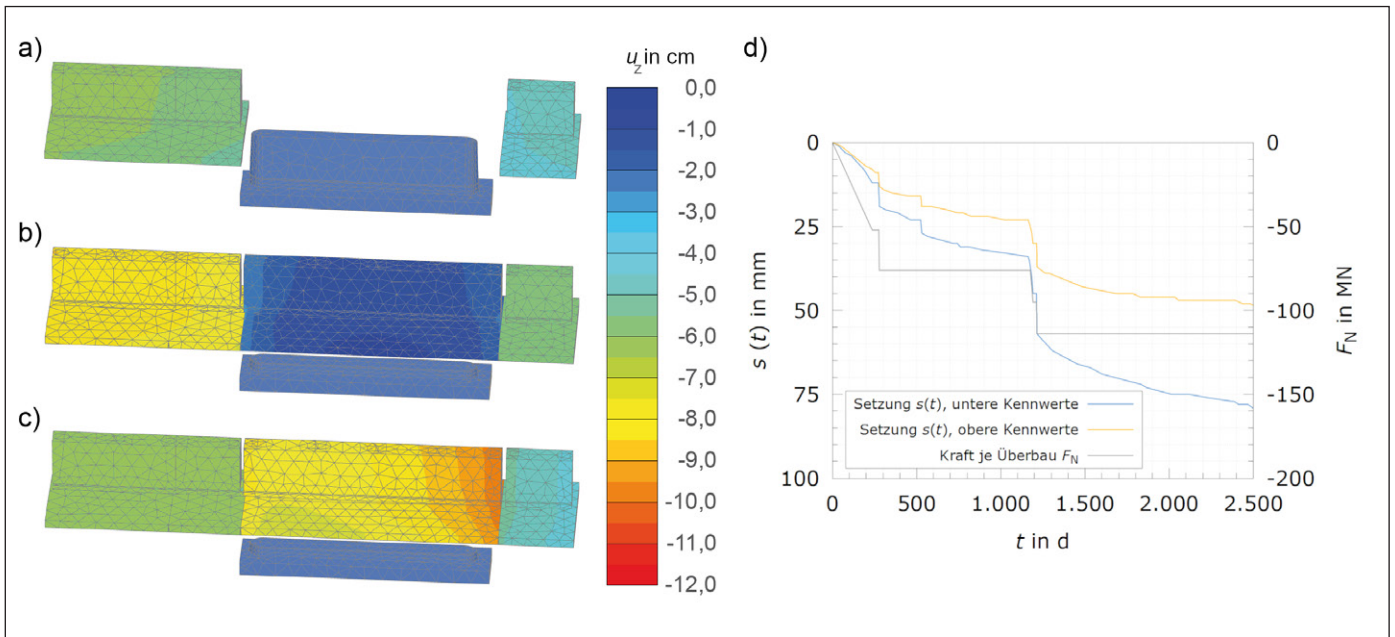


Abb. 6: FE-Modell Beispielhafte Ergebnisse der Vertikalsetzungen des Strompfeilers Süd für die Variante mit unteren Bodenkennwerten für die Bauzustände a) nach dem Verschwenken der Trassen vom Bestand auf die Umfahrung, b) nach der Herstellung der Endlage, c) nach Verschwenken der Trassen in Endlage und Konsolidation sowie d) das Zeit-Setzungsverhalten des Strompfeilers Süd Umfahrung West mit einem Überbau

sich maximale Setzungen für den Strompfeiler Süd (Umfahrung West) mit rechnerisch rund 6 bis 9 cm (obere / untere Kennwerte). In der Phase nach dem Verschwenken und nach der Konsolidierung ergeben sich maximale Setzungen für den Strompfeiler Süd (Endlage) mit rechnerisch 6 bis 10 cm (obere / untere Kennwerte). Zusätzlich wurde das Zeit-Setzungsverhalten der Strompfeiler über die aus dem Bauablauf resultierenden Laststufen untersucht, u.a. um die zu erwartenden Setzungen auf den Überbau für die Planung abzuschätzen. In Abb. 6d (rechts) sind die Ergebnisse des Strompfeilers Süd, Umfahrung West mit einem Überbau veranschaulicht. Hierbei wird unterschieden zwischen Setzungen aus der Berechnung mit den unteren Kennwerten (blau) und mit den oberen Kennwerten (gelb). Die Setzungen steigen infolge der Herstellung der Pfeiler sowie des anschließenden schrittweisen Einschlebens und Querverschiebens der Überbauten im Bereich der Umfahrung West auf 1 bis 2 cm (jeweils obere / untere Kennwerte). Nach der darauffolgenden Inbetriebnahme der Umfahrung nehmen die Setzungen auf rund 4 bis 6 cm zu. Die Setzungen wachsen aufgrund der

Konsolidierung leicht bis zum Verschwenken auf Endlage um weitere 1 bis 2 cm.

Zusammenfassung und Fazit

Im Rahmen des geplanten Neubaus der EÜ Süderelbe wurde ein BIM-fähiges FM Baugrund auf Basis von u. a. den durchgeführten Baugrunderkundungen erstellt. Aus dem FM Baugrund abgeleitete Bemessungsprofile stellen die Basis für die durchgeführten FE-Berechnungen dar.

Aufgrund des komplexen Bauablaufs waren vereinfachte Setzungsabschätzungen nicht ausreichend, und es wurden dreidimensionale FE-Berechnungen zur möglichst detaillierten und realitätsnahen Betrachtung der zu erwartenden Setzungen im Bereich der Strompfeiler durchgeführt.

Aus den FE-Berechnungen wurden detailliert die Größenordnungen der Setzungen für die einzelnen Bauteile und Bauzustände ausgewertet. Hierdurch konnten sowohl Setzungsunterschiede der einzelnen Bauteile ermittelt werden als auch eine zeitliche Analyse der Setzungsanteile aufgrund der einzelnen Belastungszustände erfolgen. Die ermittelten Setzungen liegen in relevanten Größenordnungen, weshalb eine genaue zeitliche Differenzierung der Setzungen not-

wendig ist. Beispielsweise sind bereits vorgegenommene Setzungen infolge Herstellung der Pfeiler für den späteren Überbau nicht mehr relevant. Die anhand der dreidimensionalen FE-Berechnungen vorgenommenen Setzungs-betrachtungen konnten diese notwendige zeitabhängige Differenzierung abbilden. Die prognostizierten Setzungen wurden bei der Vordimensionierung des Tragwerks berücksichtigt.

QUELLEN

- [1] Busch, M., Hesser, S.: Komplexe Geotechnik der Hamburger Süderelbe, EI 4/2025, S. 11–15
- [2] Hamburg Port Authority (HPA) und Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer (LSBG): Richtlinie Berechnungsgrundsätze für Hochwasserschutzwände, Flutschutzanlagen und Uferbauwerke im Bereich der Tidelbe, BHFU Januar 2023 Tabellen- und Bildunterschriften



Astrid Carstensen, M. Sc.
Projektleiterin
Baugrund Dresden
Ingenieurgesellschaft mbH, Dresden
carstensen@baugrund-dresden.de

Dipl.-Ing. Valentin Schäl
Projektingenieur
Baugrund Dresden
Ingenieurgesellschaft mbH, Dresden
schael@baugrund-dresden.de

Dipl.-Ing. Stefanie Hesser
Projektleiterin EÜ Norderelbe
Großbrücken Norderelbe/Süderelbe
DB InfraGO AG, Hamburg
stefanie.hesser@deutschebahn.com