

1

Ersatzneubau der 1. Hochbrücke Levensau: Planung und Ausführung eines komplexen Systems interagierender Bohrpfehlwände zur Sicherung des südlichen Bestandswiderlagers

Andreas Meisel



WKC Hamburg GmbH
Planungen im Bauwesen

Veritaskai 8
21079 Hamburg

www.wk-consult.com



Veritaskai 8
21079 Hamburg

www.wk-consult.com



Statische Prüfung



Hochbau



Industriebau



Ingenieurbau/
Infrastruktur



Wasserbau/
Ingenieurbau



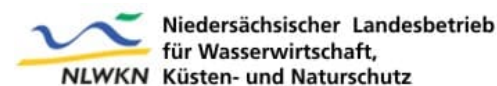
Baumanagement /
Bauwerksprüfung

- ca. 150 engagierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
- zahlreiche Experten: SFI ...



siehe Exkurs





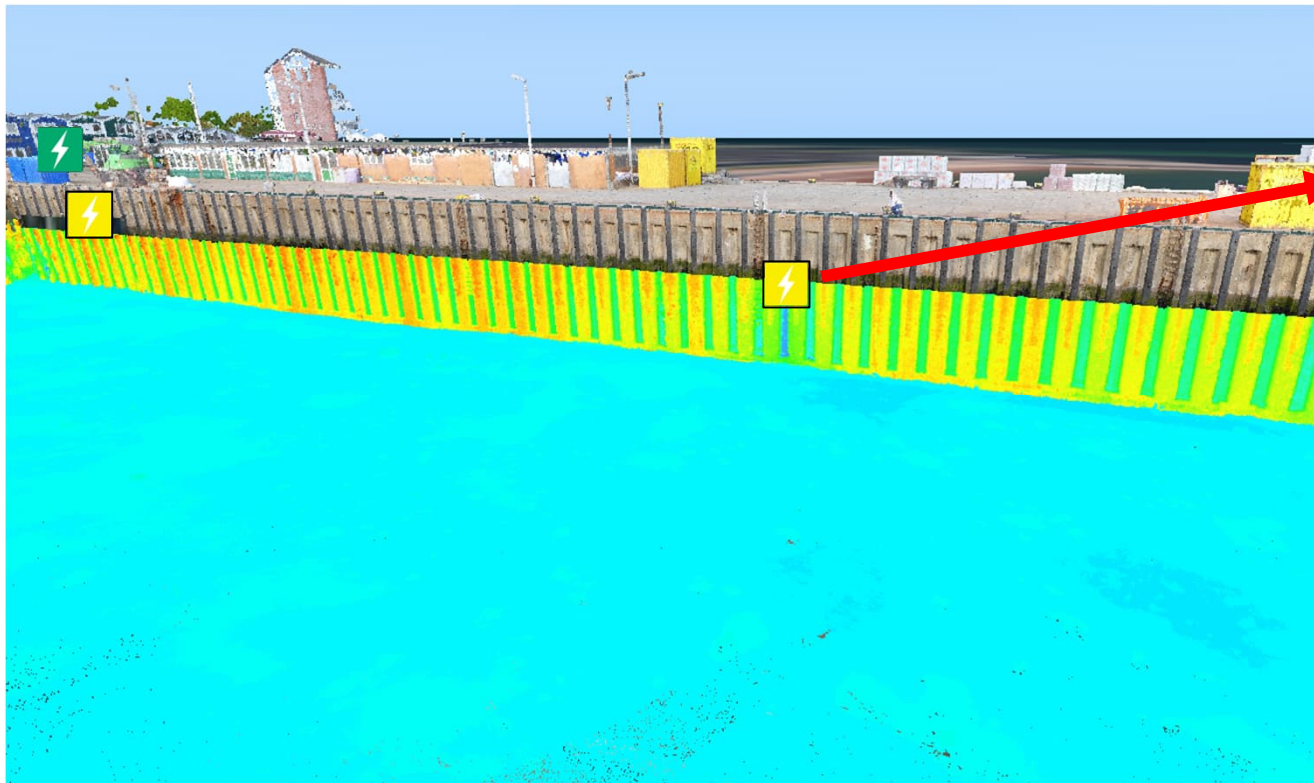


Ziele: - unter anderem -
modellbasierte Bauwerksprüfung,
Bewertung des Bauwerkszustands...



z. B.: Helgoland

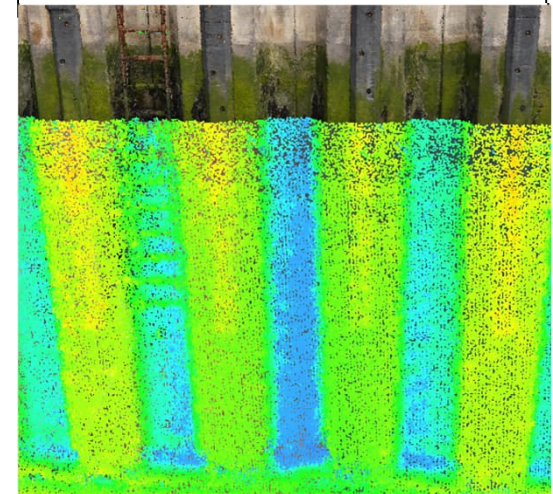
Nutzer Workflow WebApp



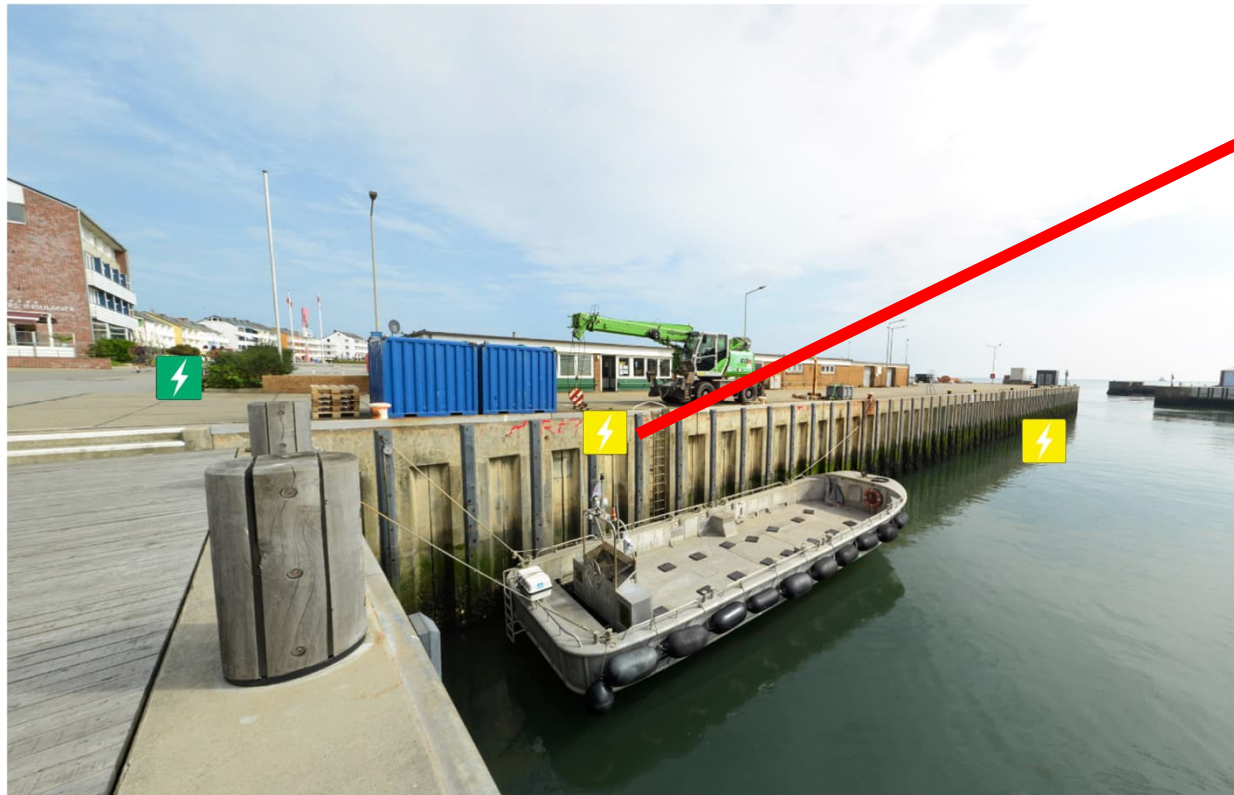
Schadensdetails:

- SK 2
- Beton
- Lokale Geometrieabweichung
- Einzeln

Bild:



Nutzer Workflow Pano



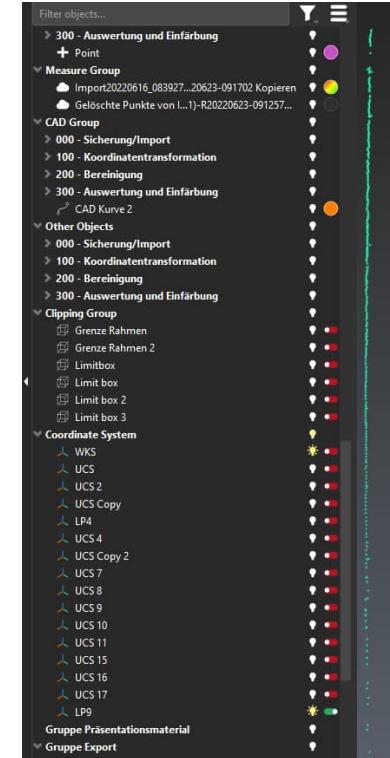
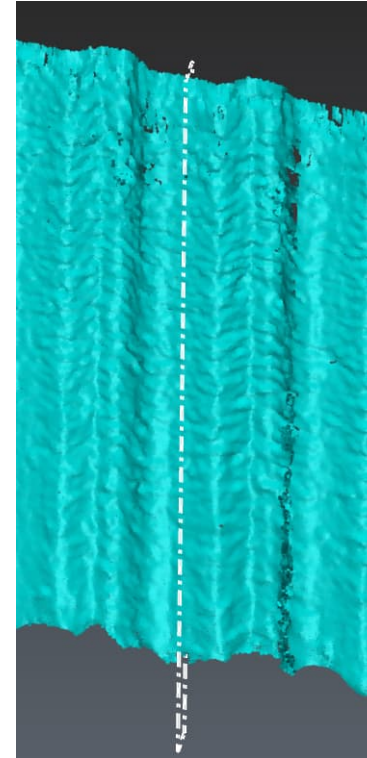
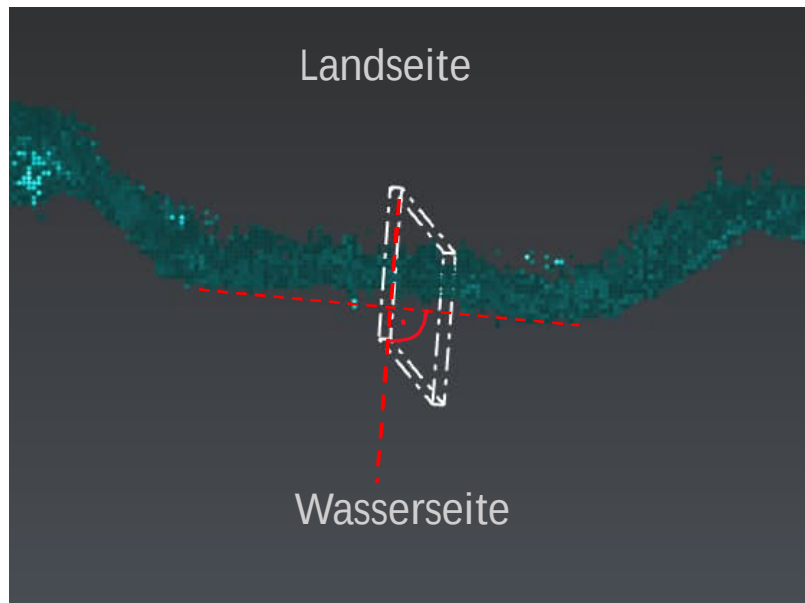
Schadensdetails:

- SK 2
- Beton
- Risse mit Ausblühungen
- Mehrfach,
auf ganzer Länge

Bild:

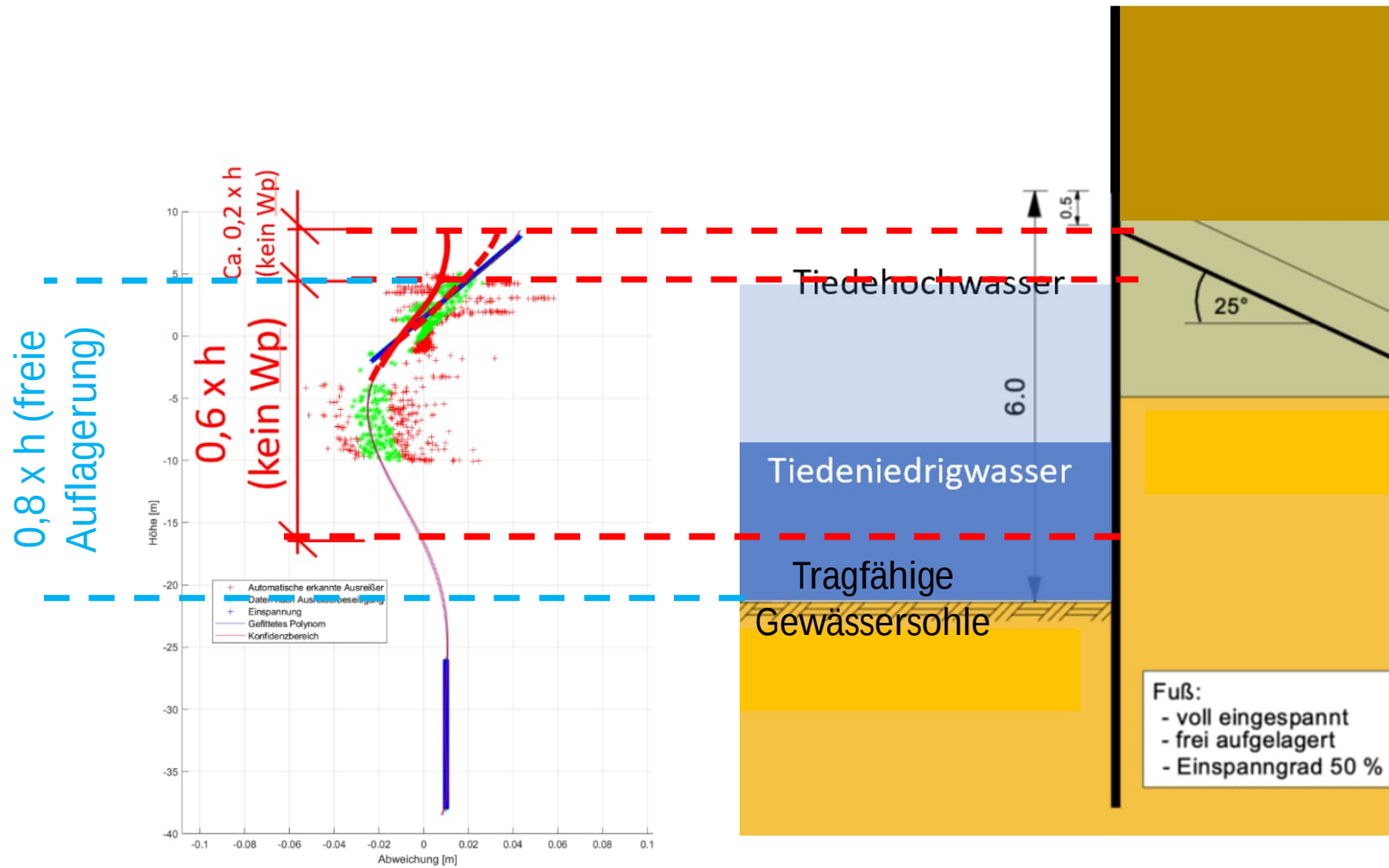


Datensätze zur statischen Modellierung



Erhebliche Entwicklungsarbeit für die Auswertung von am Bodenaufleger verformten Wänden

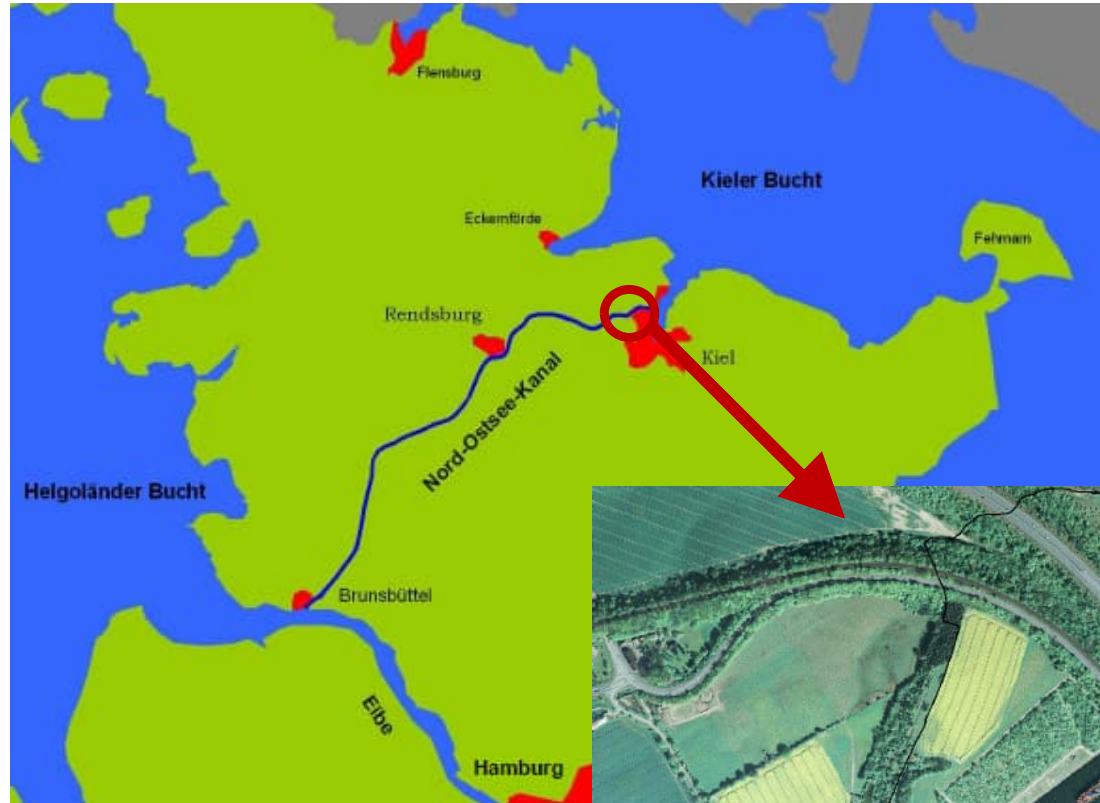
Biegelinienapproximation



- **Einleitung und Vorstellung des Gesamtprojektes**
- **Konzeption des neuen Südufers**
- **Baugrund**
- **FE-gestützte Bemessung**
- **Herstellung der oberen Bohrpfahlwand**
- **Zusammenfassung**

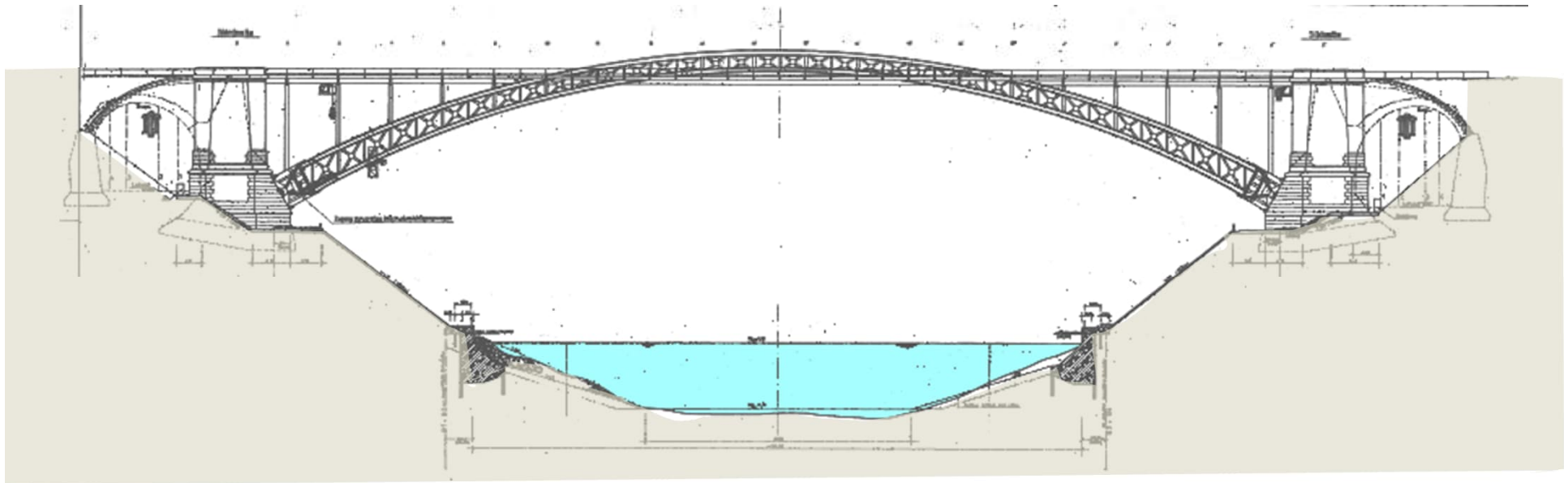
- **Einleitung und Vorstellung des Gesamtprojektes**
- Konzeption des neuen Südufers
- Baugrund
- FE-gestützte Bemessung
- Herstellung der oberen Bohrpfahlwand
- Zusammenfassung

Nord-Ostsee-Kanal



- Eröffnung im Juni 1895
nach ca. 8 Jahren
Bauzeit
- Wegersparnis
gegenüber Umweg über
Skagerrag ca. 800 km
- meistfrequentierte
Wasserstraße der Welt

Bestandsbrücke (1892 – 1894, inkl. Kanalausbau 1911)

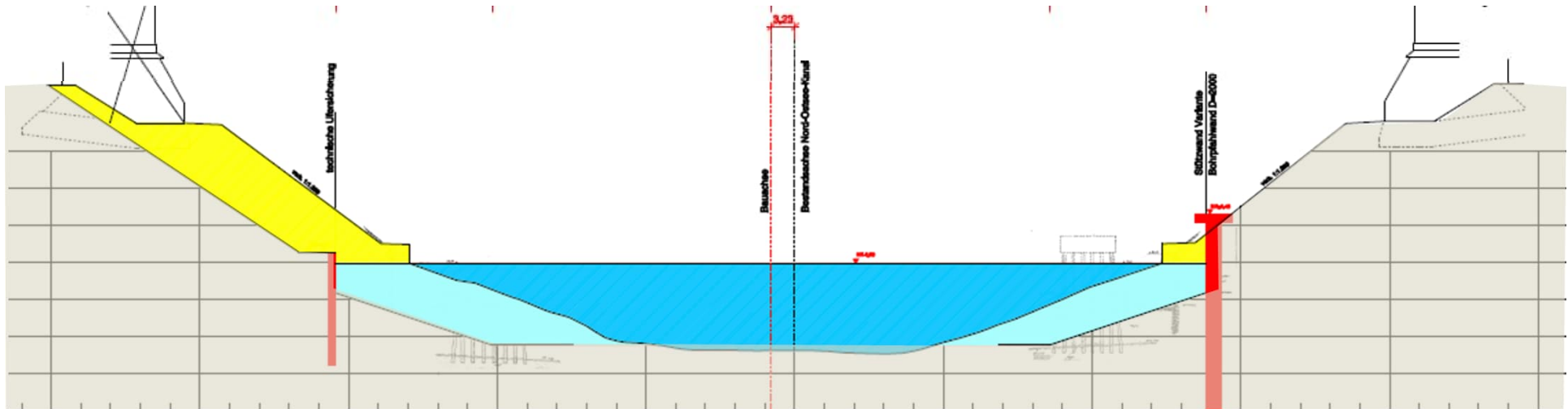


- Fachwerkbogenbrücke
- 163,4 m Stützweite
- eingleisige Bahnstrecke
- zwei Fahrspuren zzgl.
Geh- und Radweg



Gründe für den Ersatzneubau

- Kanalverbreiterung von 101,2 m auf 117 m



- Vergrößerung des Lichtraumprofils
- Restlebensdauer der Bestandsbrücke endet zeitnah

Ersatzneubau (2019 - 2027)

Planung Lph 1 bis 6, z. T. 8:

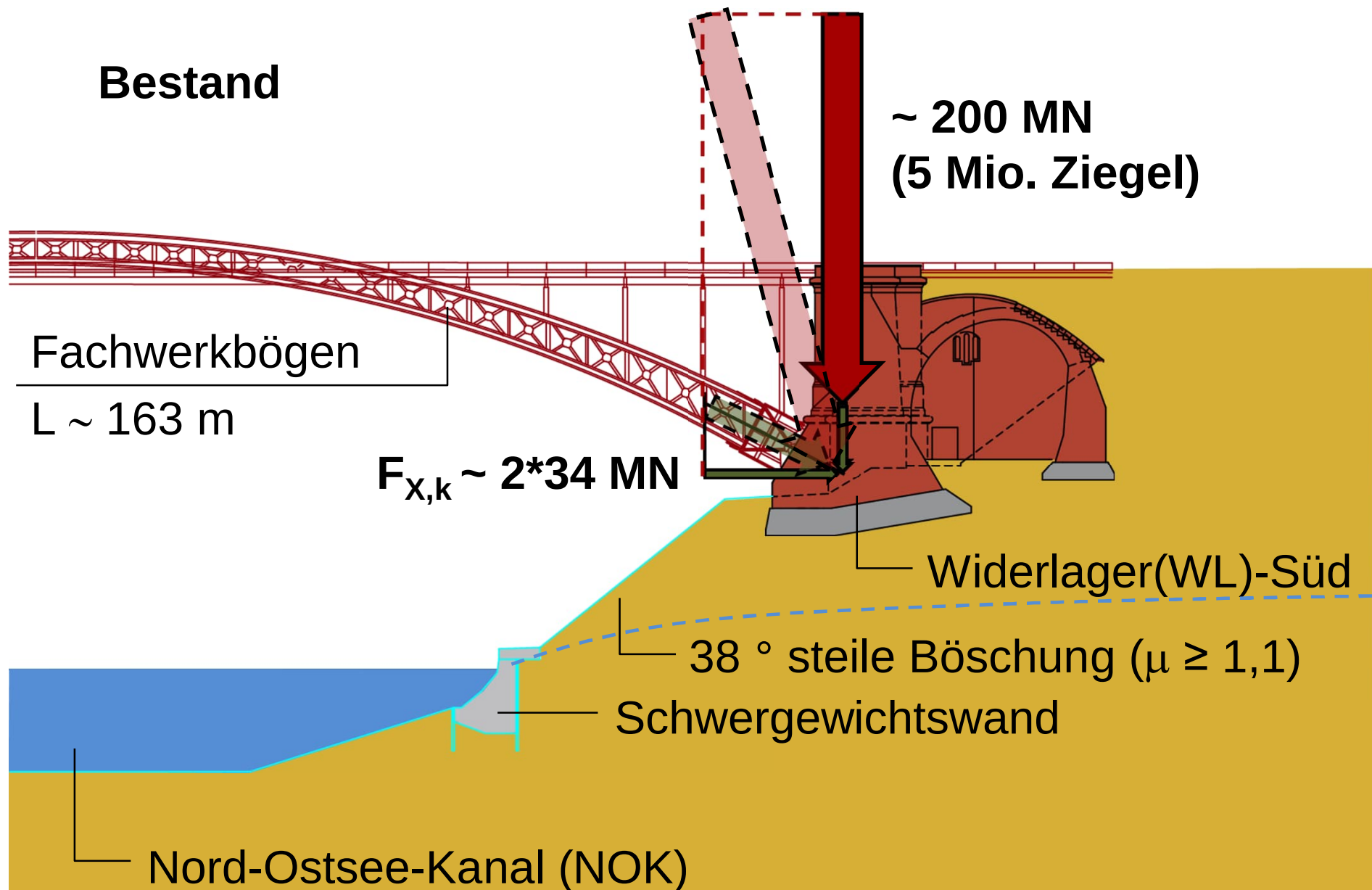


- 186,25 m Spannweite
- Bestandswiderlager Süd muss erhalten werden

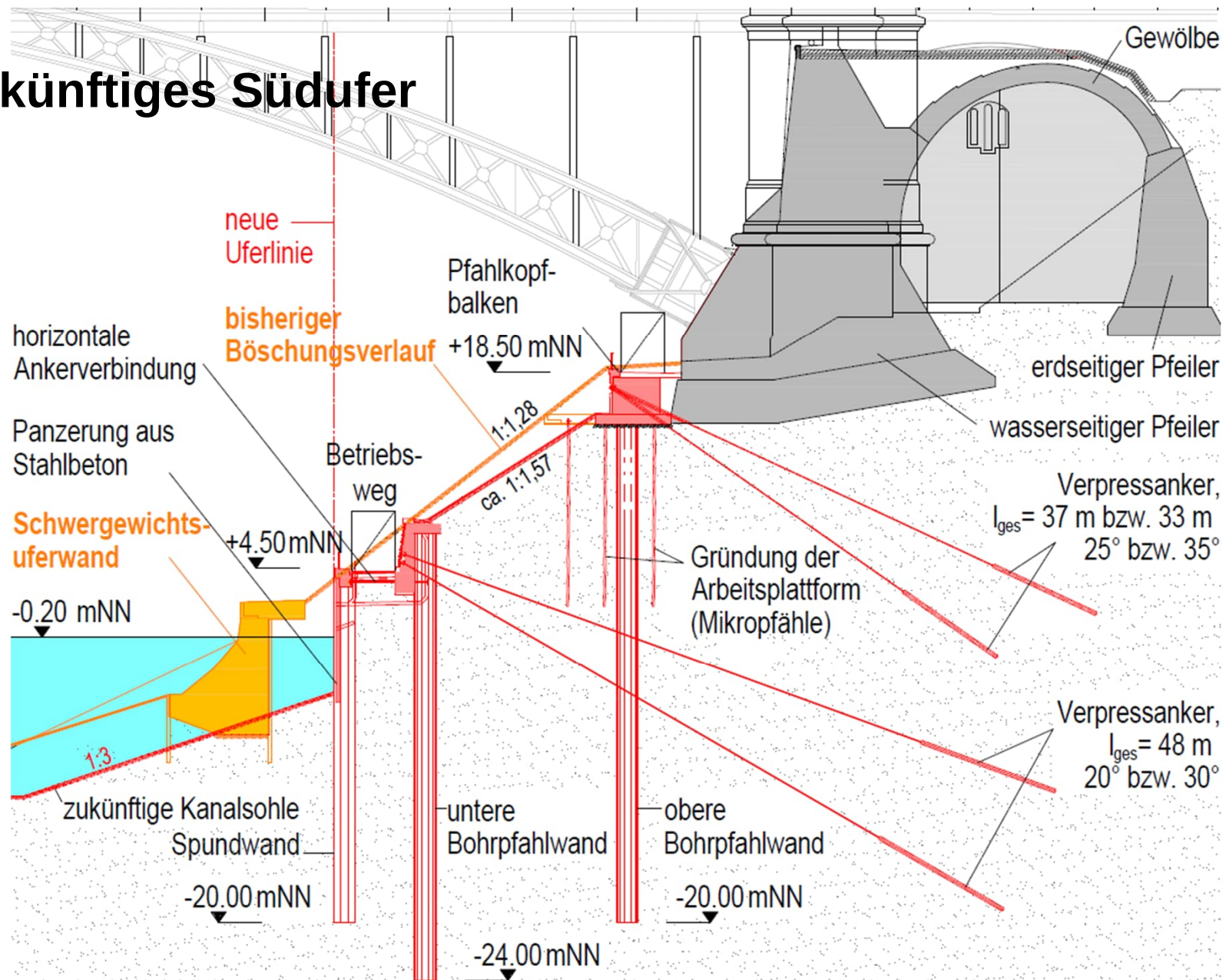


- Einleitung und Vorstellung des Gesamtprojektes
- **Konzeption des neuen Südufers**
- Baugrund
- FE-gestützte Bemessung
- Herstellung der oberen Bohrpfahlwand
- Zusammenfassung

Bestand



zukünftiges Südufer

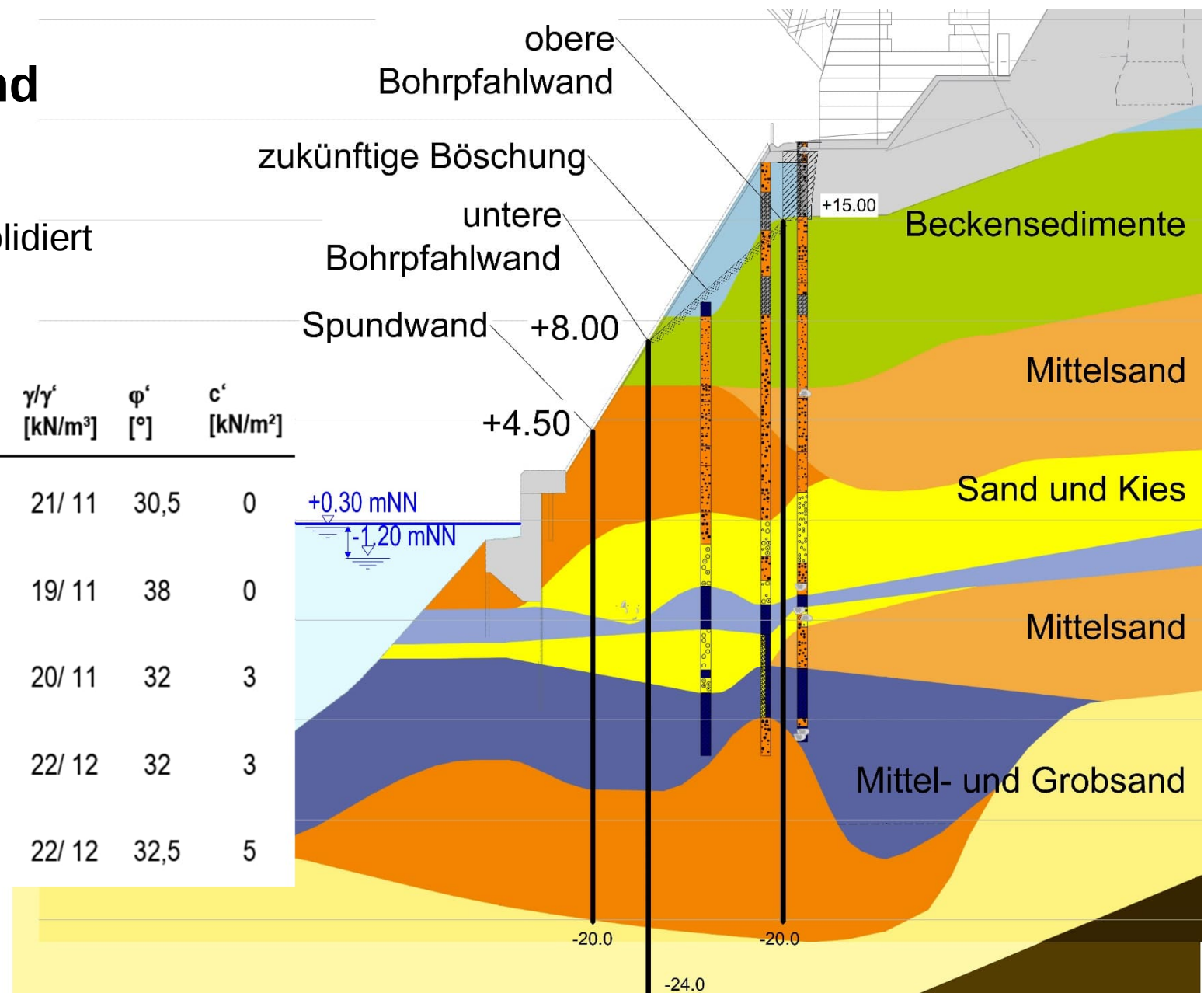


- Einleitung und Vorstellung des Gesamtprojektes
- Konzeption des neuen Südufers
- **Baugrund**
- FE-gestützte Bemessung
- Herstellung der oberen Bohrpfahlwand
- Zusammenfassung

Baugrund

- heterogen
- überkonsolidiert

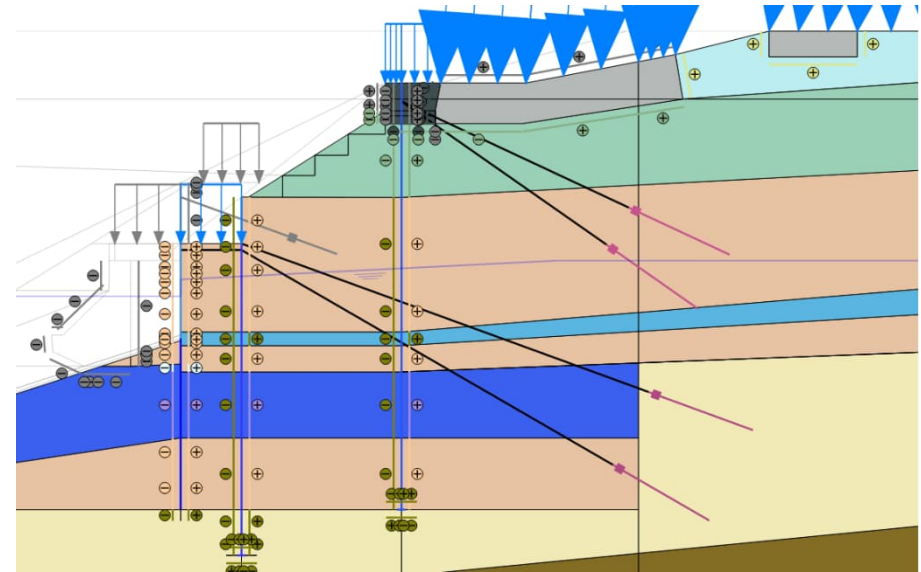
Homogenbereiche	γ/γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]
Beckensedimente	21/ 11	30,5	0
Feinsande/ Sand + Kies	19/ 11	38	0
Oberer Geschiebemergel	20/ 11	32	3
Mittlerer Geschiebemergel	22/ 12	32	3
Unterer Geschiebemergel	22/ 12	32,5	5



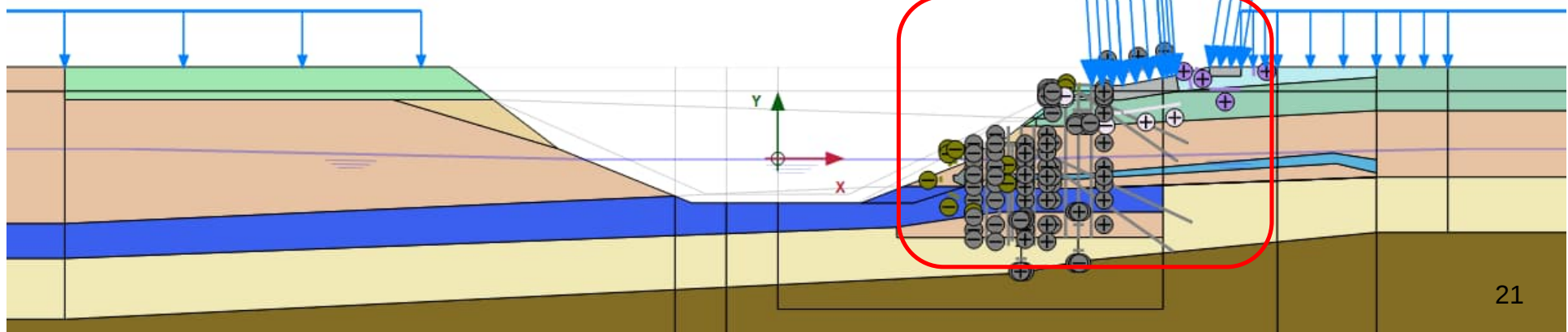
- Einleitung und Vorstellung des Gesamtprojektes
- Konzeption des neuen Südufers
- Baugrund
- **FE-gestützte Bemessung**
- Herstellung der oberen Bohrpfahlwand
- Zusammenfassung

FE-gestützte Bemessung

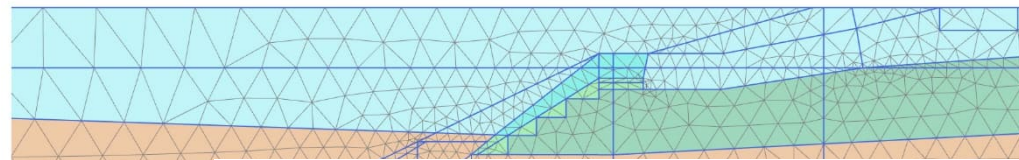
- Interaktion der Wände
- Abbildung der komplexen Bauphasen
- realitätsnahe Verformungsprognosen



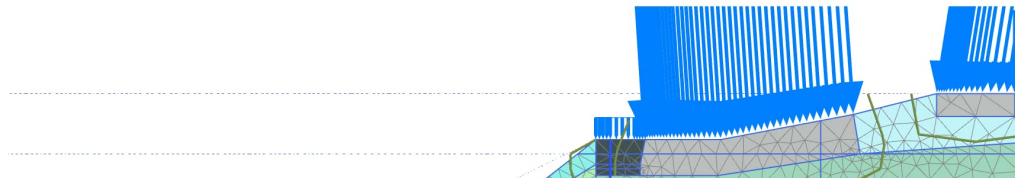
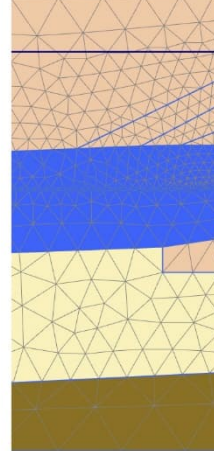
- Umsetzung in Plaxis 2D, Bodenschichtung und Wände idealisiert
- Materialmodell: Hardening Soil Small Strain (MIN/MAX)



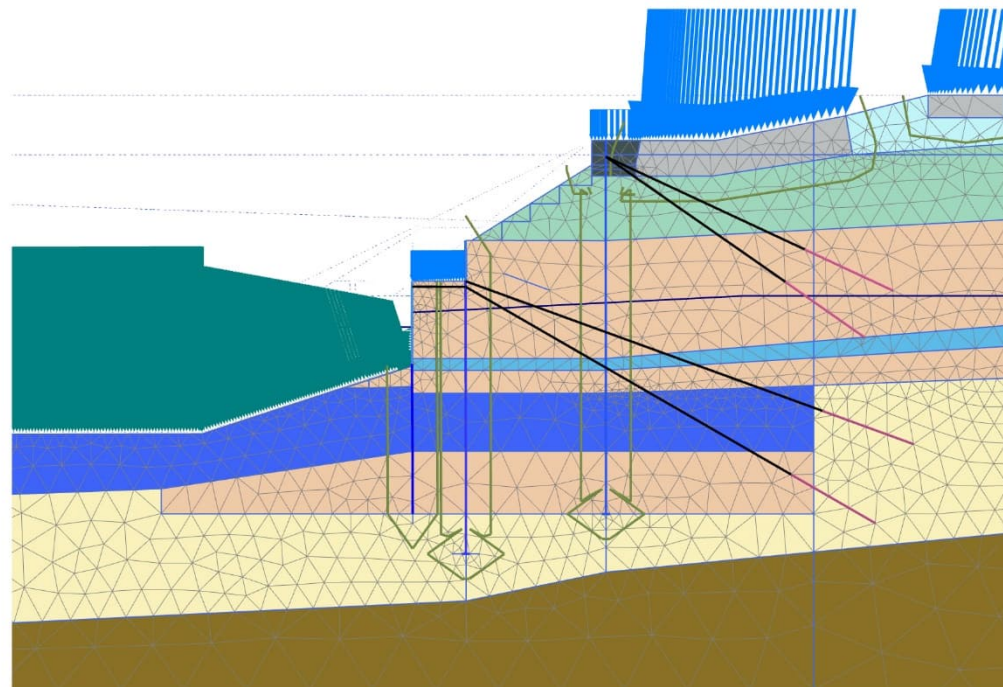
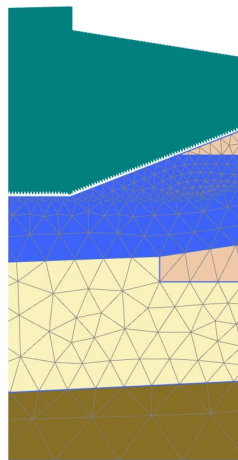
Modellierung in 16 Phasen („Spannungspfad nachfahren“)



vor Kanalbau



seit 1911



ab 2024

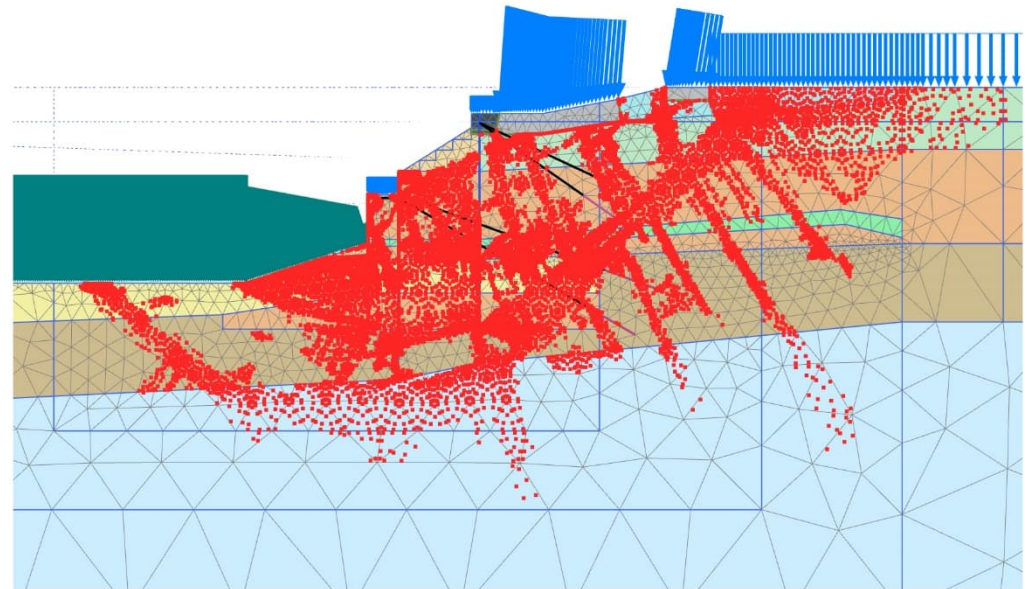
Standicherheit des Gesamtsystems (GEO-3)

ϕ -c-Reduktion:

Versagen bei einer

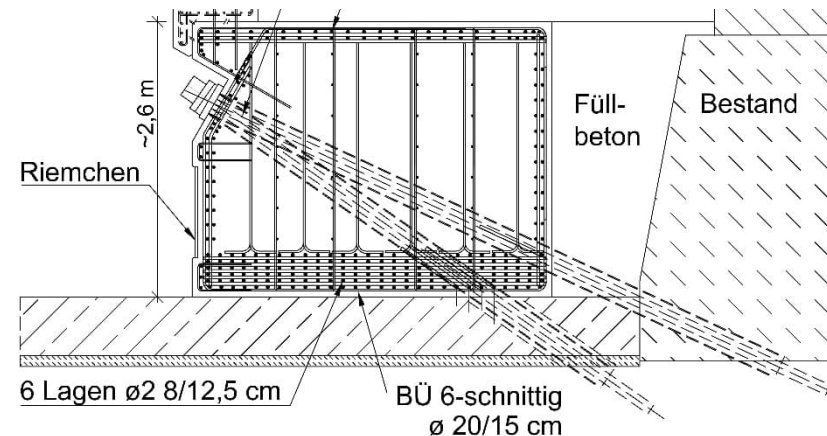
Reduktion der

MIN-Parameter um 1,46



Standicherheit der Bauteile (GEO-2 UND GEO-3)

Spundwand, Bohrpfähle und
Rückverankerungen



- Einleitung und Vorstellung des Gesamtprojektes
- Konzeption des neuen Südufers
- Baugrund
- FE-gestützte Bemessung
- **Herstellung der oberen Bohrpfahlwand**
- Zusammenfassung

Herstellung der oberen Bohrpfehlwand

Ø 1,5 m, L = 36 m

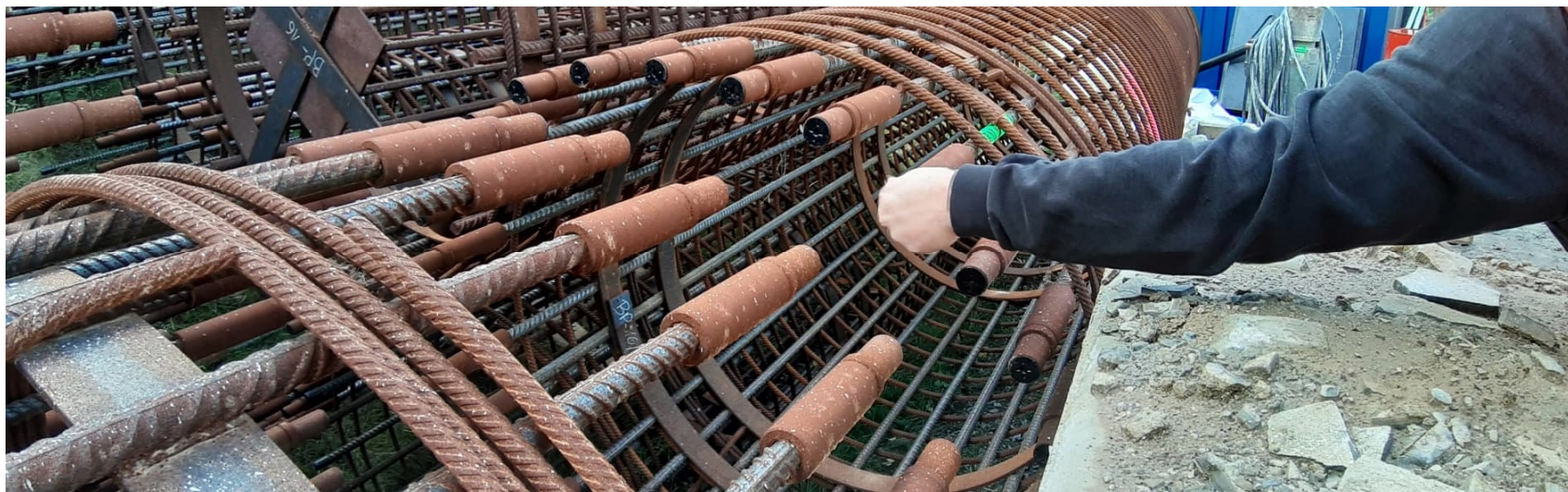


26 Pfähle im Kellybohrverfahren



höhenbeschränkte Pfähle

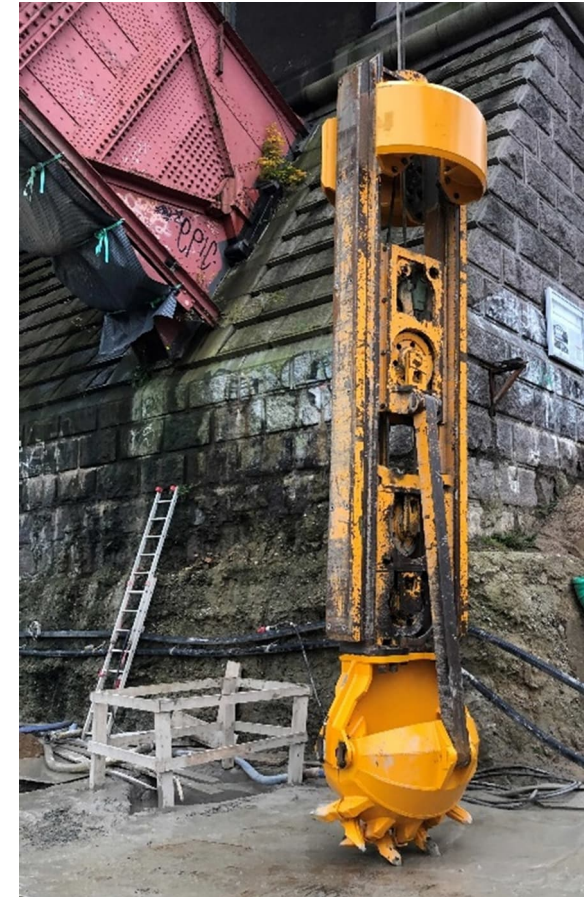
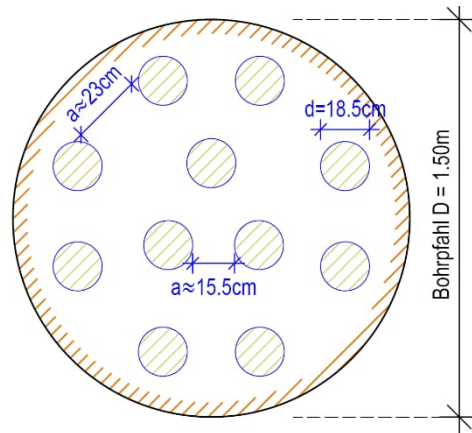
- 2 m verrohrt
- danach Bentonitsuspension
- Aushub mit Rundschalengreifer (6 t)
- SOLL: 3 Tage je Pfahl
- Bewehrung mit Schraubstößen



Start 1. PFAHL: 27.05.2021 Fertigstellung: 10.07.2021

Beschleunigungsmaßnahmen:

- div. Greiferreparaturen (Zähne, usw.)
- Aufballastierung Greifer
- modifizierter Kugelgreifer (12 t, 6 m lang)
- Vorbohren
(ab 2. Pfahl)



- Kosten für die höhenbeschränkten Pfähle (10 STK): ~ 1,2 Mio. + > 100 %

Pfähle ohne Höhenbeschränkung

- Herstellung im Kellybohrverfahren
- nahezu planmäßig, bis auf BP 33 (letzter Pfahl)

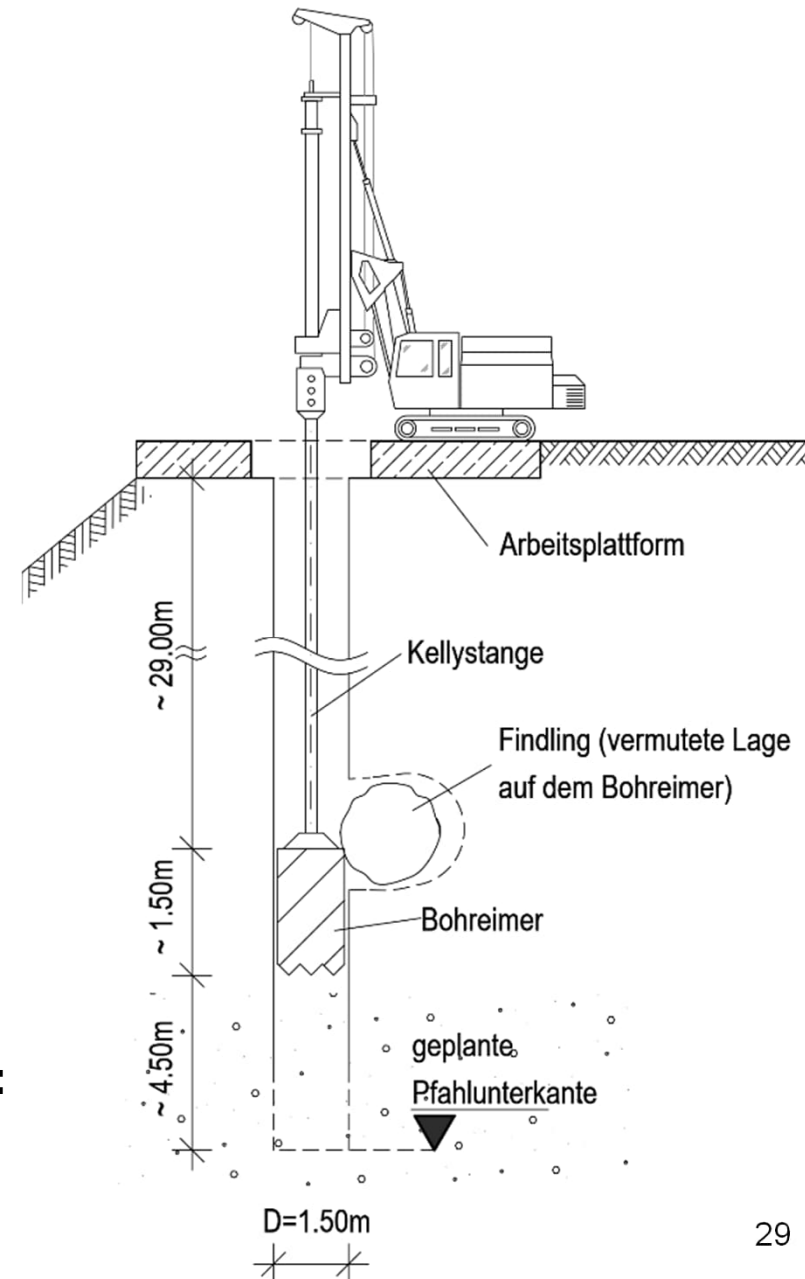


BP 33: Bohreimer steckte fest

Zugkraft von 1 MN: keine Wirkung

nach umfangreichen Diskussionen
und Variantenabwägungen:

- Nachweis für den verkürzten Pfahl geführt
 - Kellystange und Bohreimer einbetoniert
 - Fußbereich verpresst
-
- **Kosten für die
nicht höhenbeschränkten Pfähle (26 STK):
~ 1,2 Mio. + 25 %**



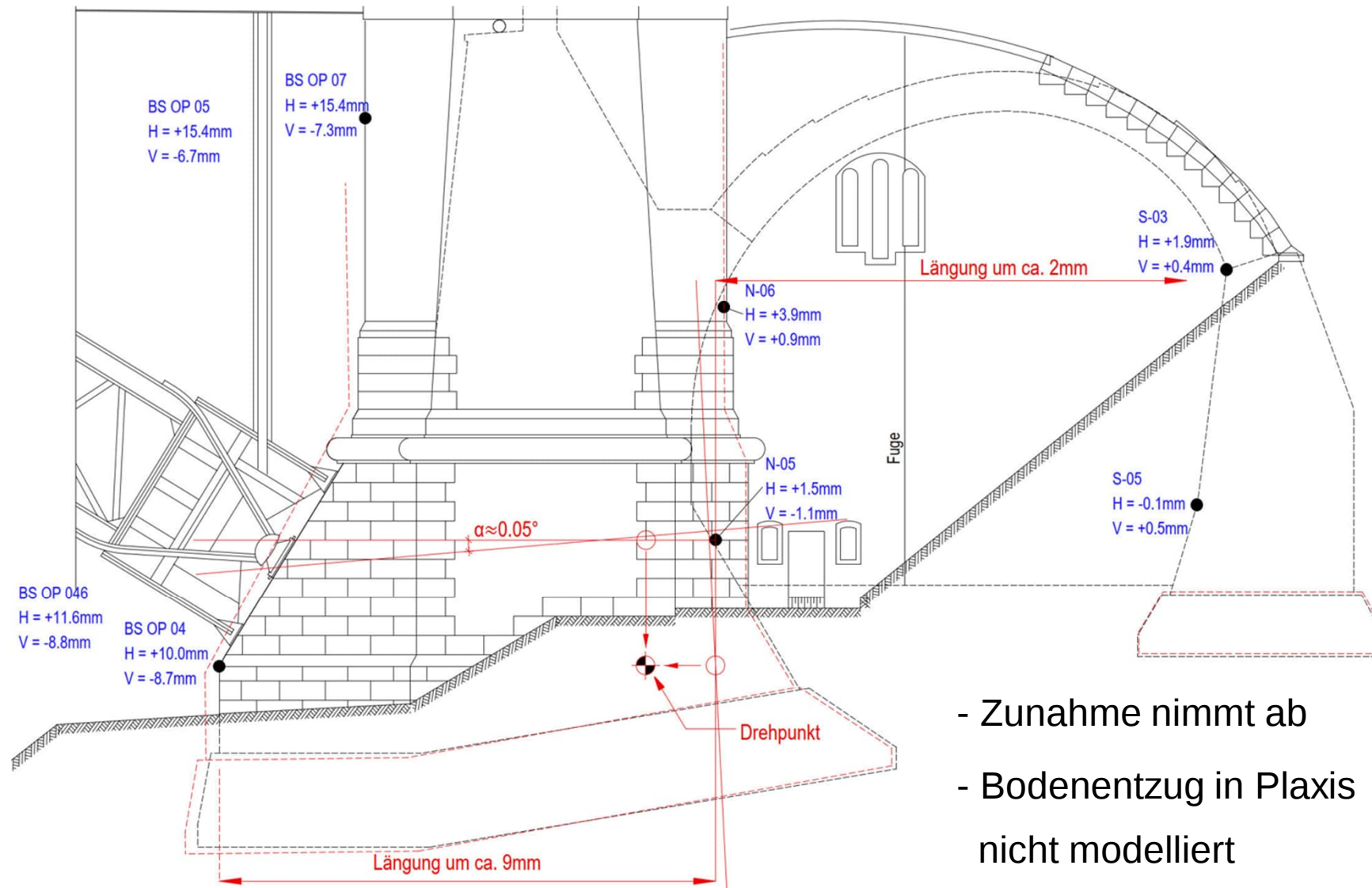
Herstellung der unteren Bohrpfehlwand



**Baufortschritt:
September 2023**

[Foto: WNA NOK/Bernot]

Verformungsmessungen: unkritisch für das Gewölbe



- Zunahme nimmt ab
- Bodenentzug in Plaxis nicht modelliert

- Einleitung und Vorstellung des Gesamtprojektes
- Konzeption des neuen Südufers
- Baugrund
- FE-gestützte Bemessung
- Herstellung der oberen Bohrpfahlwand
- **Zusammenfassung**

Neukonzeption des Südufers...

- komplexe und anspruchsvolle Randbedingungen:
 - Kanalverbreiterung
 - Wegfall der Kämpferkräfte aus dem Bestand
 - Rechnerisch nicht standsichere Böschung
 - Lastfall Schiffsanprall
 - Erhalt des Bestandswiderlagers
 - Hydraulik
- System aus drei interagierenden Verbauwänden, numerisch nachgewiesen
- große Herausforderungen bei der Ausführung aufgrund des Baugrunds
- Link zur Bauablaufsimulation (**sehenswert!**): [WK-consult - Videos](#)
- DANKSAGUNG: für die sehr konstruktive Zusammenarbeit aller Beteiligten!

Vielen Dank für Ihr Interesse!



WKC Hamburg GmbH
Planungen im Bauwesen

Dr.techn. Andreas Meisel, SFI

andreas.meisel@wk-consult.com