

128 Jahre 1. Hochbrücke Levensau: Außergewöhnliche Bohrpfehlwand zur Sicherung des südlichen Bestandswiderlagers

Andreas Meisel, Johannes Albiker, Olaf Drude



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

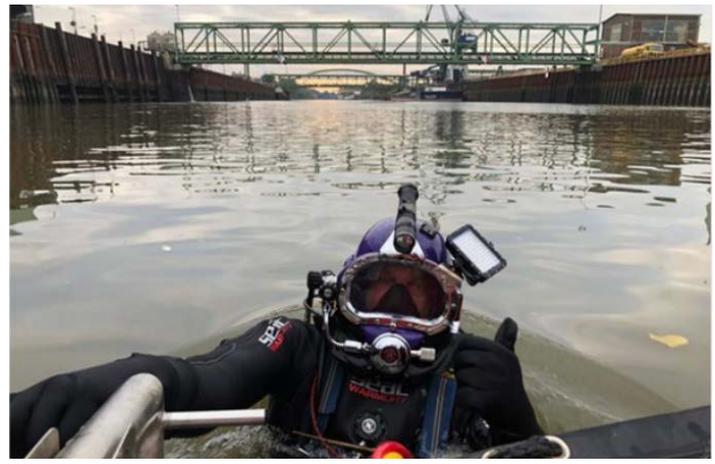


Wasserbau/
Ingenieurbau



Baumanagement /
Bauwerksprüfung

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





Dr.-Ing. Rainer Grzeschkowitz
(Prüfingenieur)



Dr.-Ing. Olaf Drude
(Prüfingenieur, SFI)



Dipl.-Ing. (FH) Karsten Holste
(Prüfingenieur)



Dr.techn. Andreas Meisel
(prüfender Ingenieur, SFI)

WKC Hamburg GmbH Planungen im Bauwesen

Geschäftsführende Gesellschafter:

Dr.-Ing. Olaf Drude
Dipl.-Ing. (FH) Karsten Holste
Dr.techn. Andreas Meisel

WK Consult Hamburg Ingenieure für Bauwesen

Inhaber:

Dr.-Ing. Rainer Grzeschkowitz
Dr.-Ing. Olaf Drude
Dipl.-Ing. (FH) Karsten Holste

WK Consultants GmbH

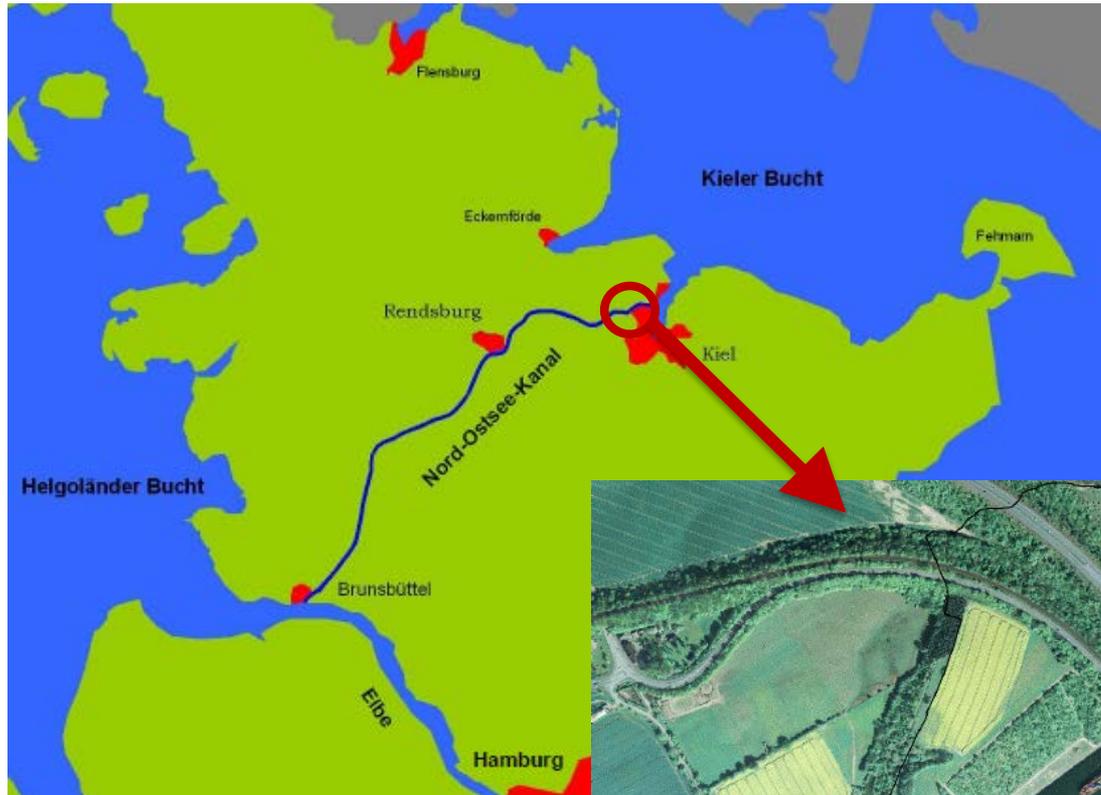
Geschäftsführer:

Dr.-Ing. Olaf Drude

- **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

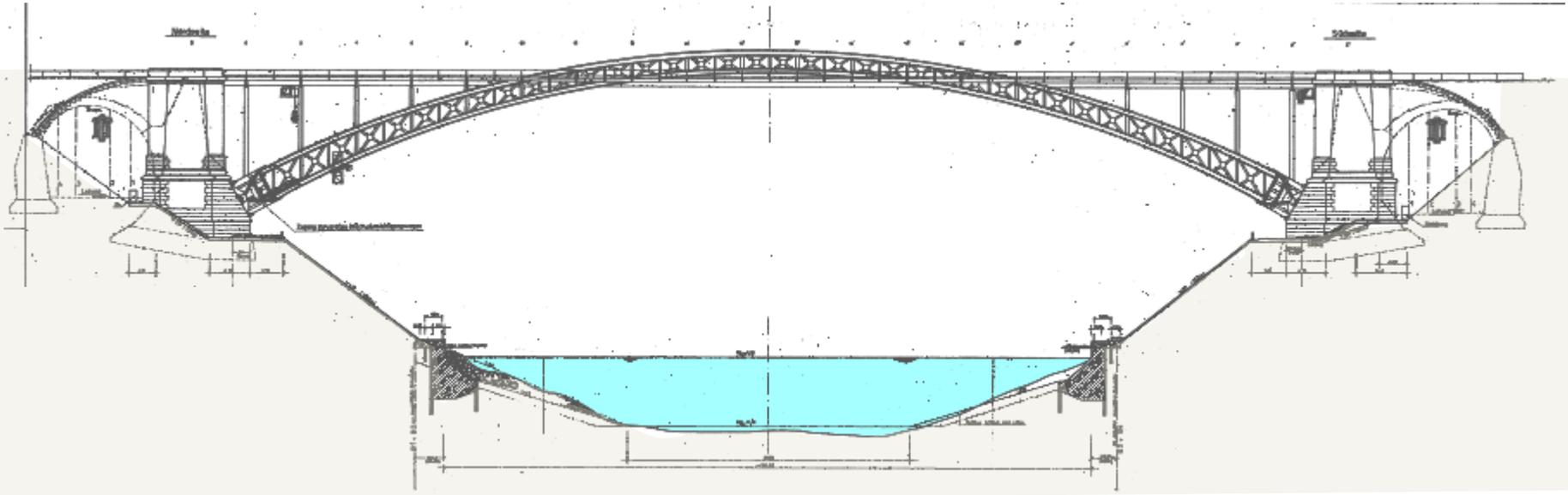
Nord-Ostsee-Kanal



- 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)

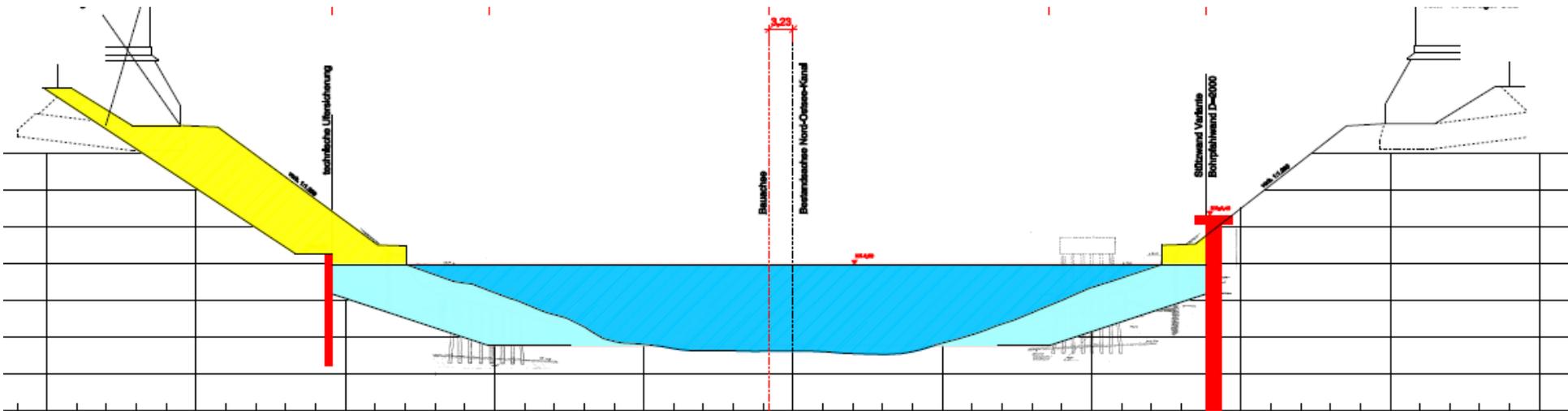


- Fachwerkbogenbrücke
- 163,4 m Stützweite
- eingleisige Bahnstrecke
- zwei Fahrspuren zzgl.
Geh- und Radweg



Gründe für den Ersatzneubau

- Kanalverbreiterung von 101,2 m auf 117 m



- Vergrößerung des Lichtraumprofils
- Restlebensdauer der Bestandsbrücke endet zeitnah

Ersatzneubau (2019 - 2026)

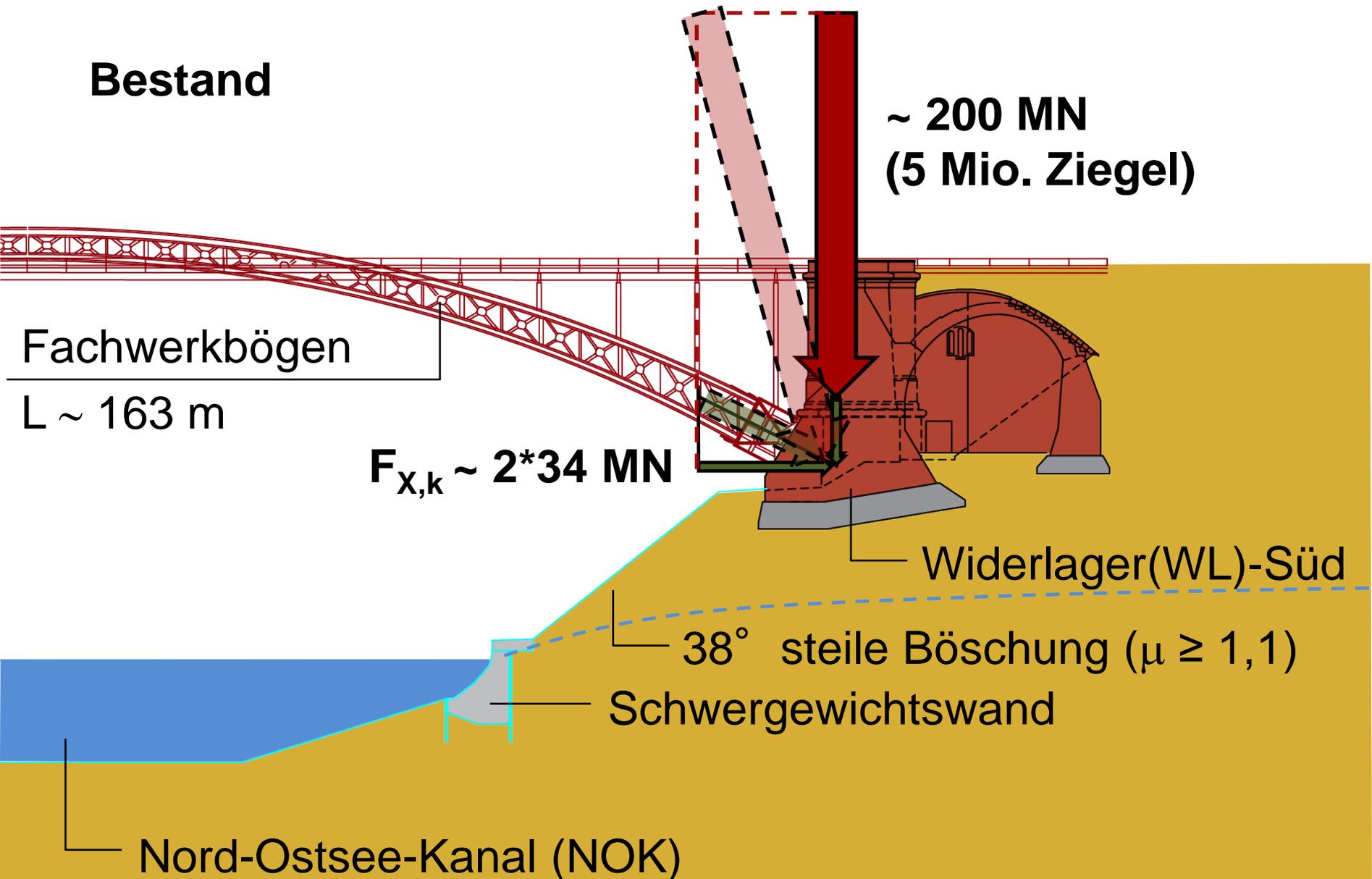
Planung Lph 1 bis 6, z. T. 8:



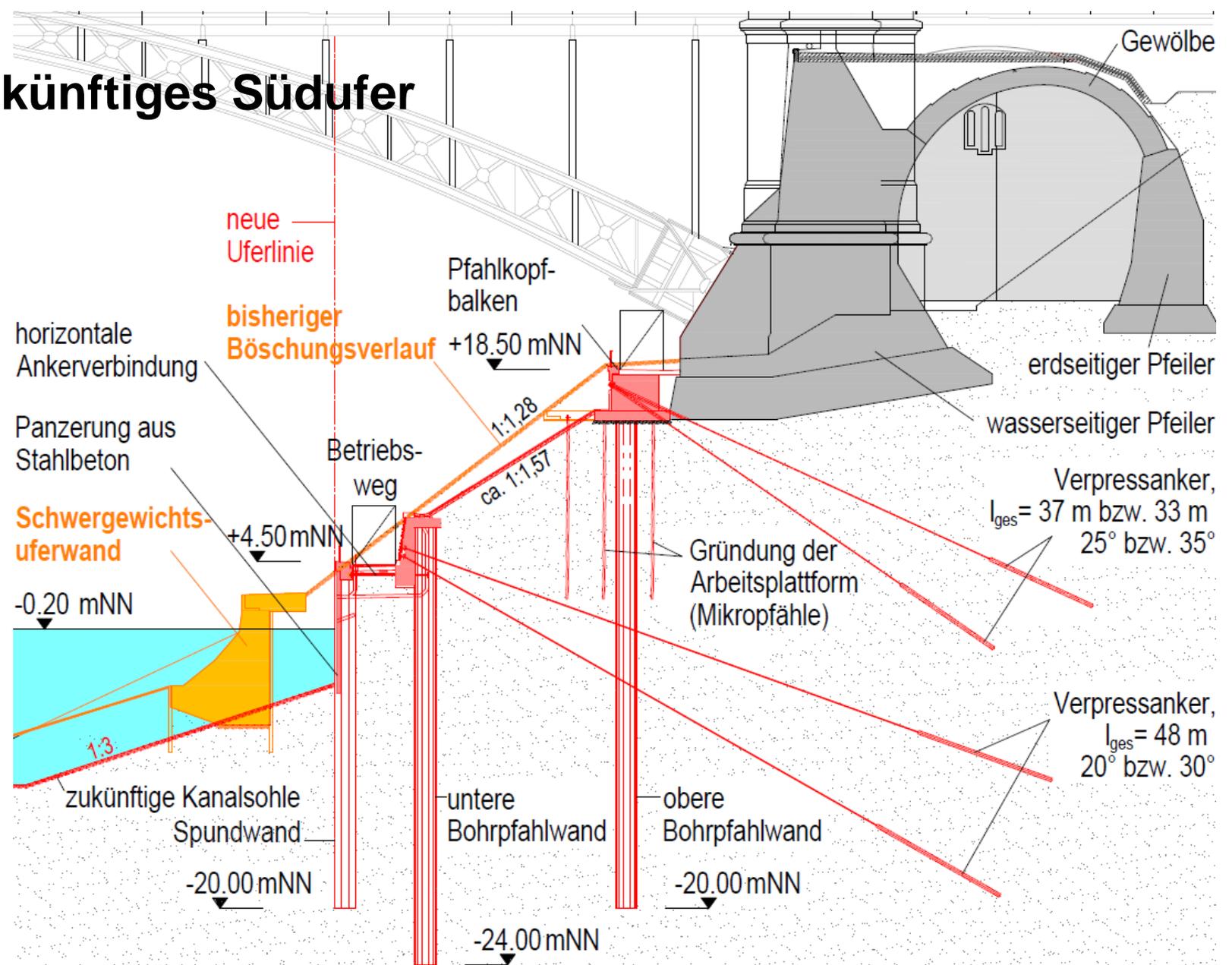
- 186,25 m Spannweite
- Bestandswiderlager Süd muss erhalten werden



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



zukünftiges Südufer

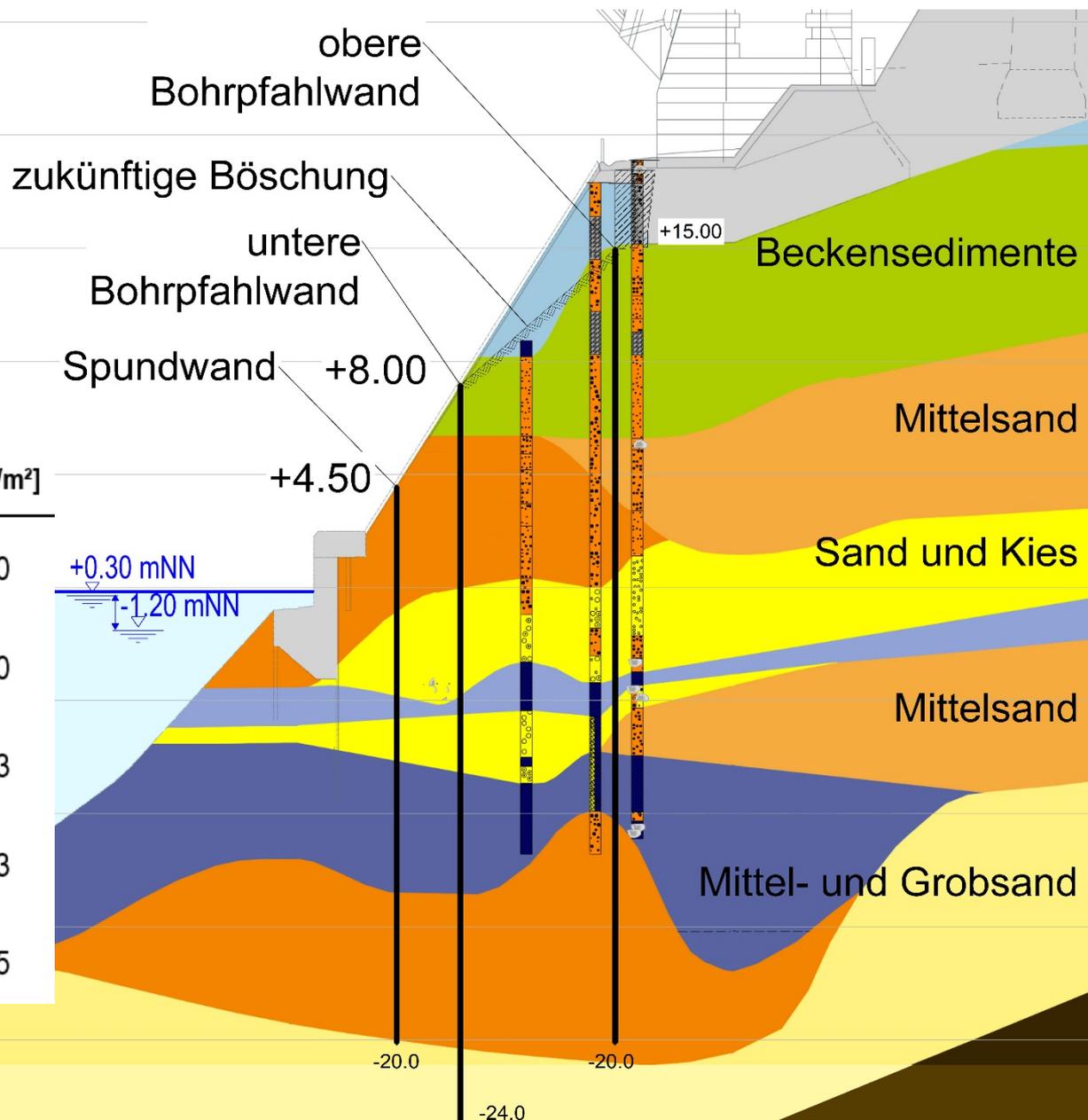


- Einleitung und Vorstellung des Gesamtprojektes
- Konzeption des neuen Südufers
- **Baugrund**
- FE-gestützte Bemessung
- Herstellung der oberen Bohrpfahlwand
- Zusammenfassung

Baugrund

- heterogen
- überkonsolidiert

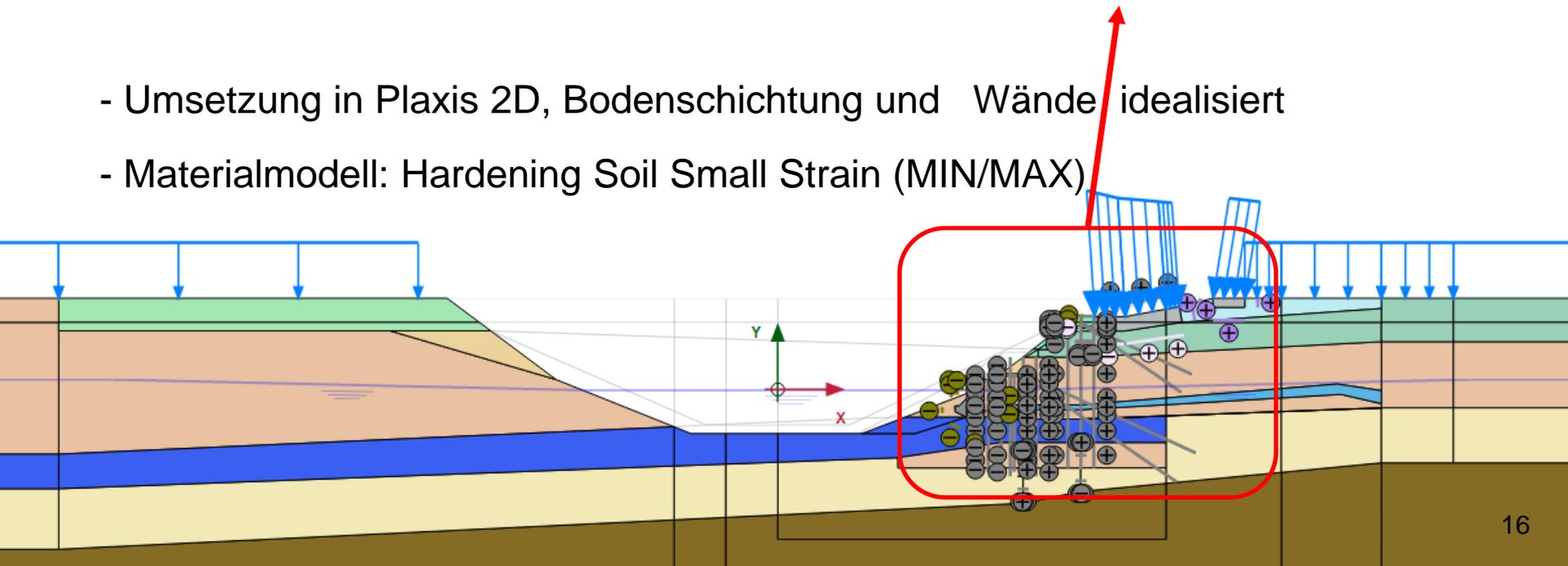
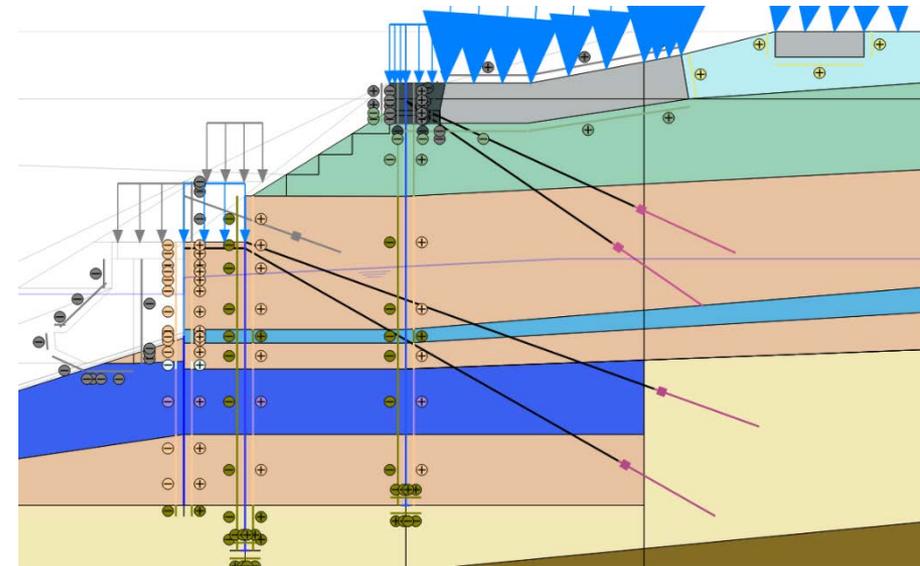
Homogenbereiche	γ/γ' [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]
Beckensedimente	21/ 11	30,5	0
Feinsande/ Sand + Kies	19/ 11	38	0
Oberer Geschiebemergel	20/ 11	32	3
Mittlerer Geschiebemergel	22/ 12	32	3
Unterer Geschiebemergel	22/ 12	32,5	5



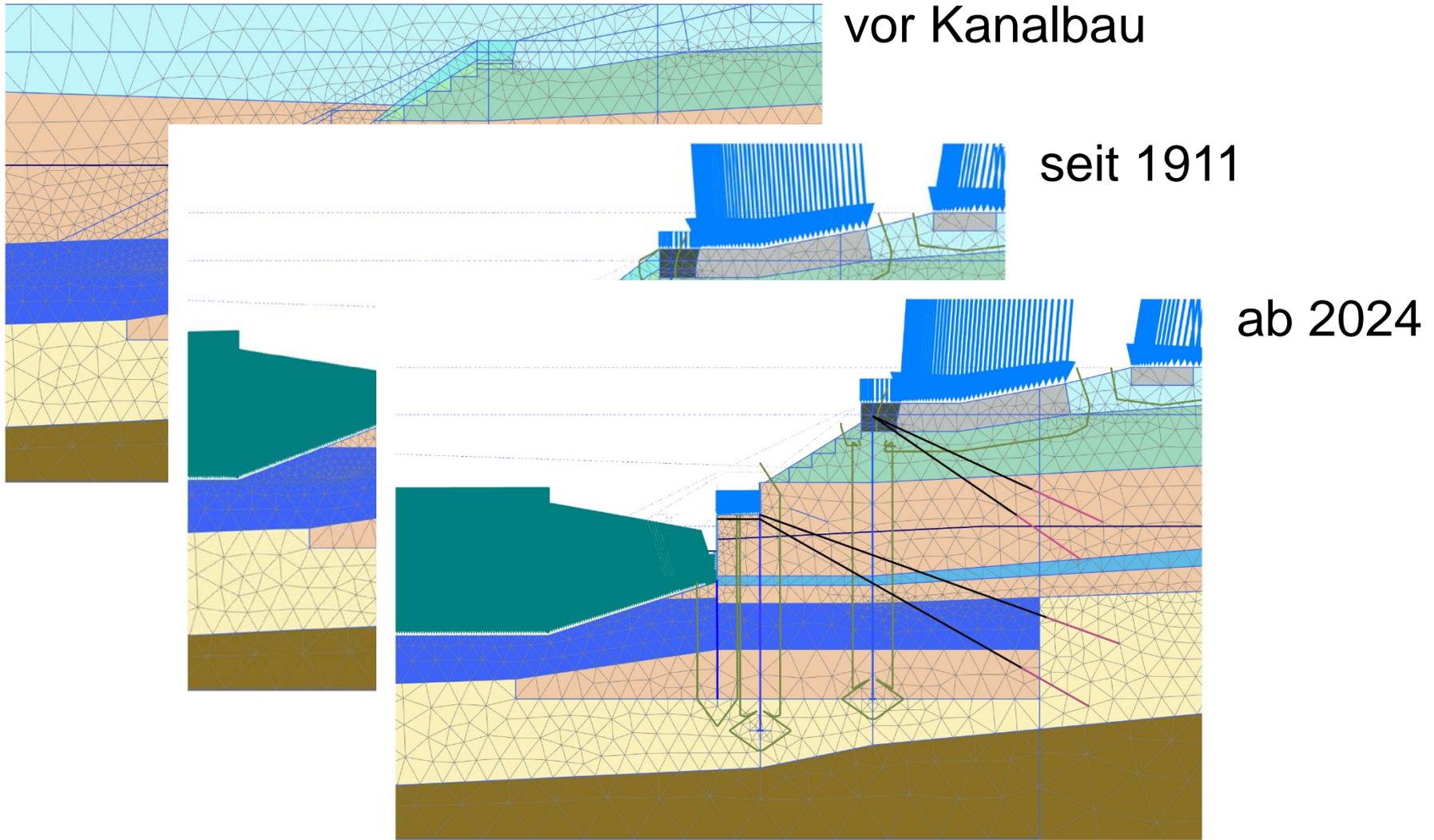
- Einleitung und Vorstellung des Gesamtprojektes
- Konzeption des neuen Südufers
- Baugrund
- **FE-gestützte Bemessung**
- Herstellung der oberen Bohrpfahlwand
- Zusammenfassung

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“)



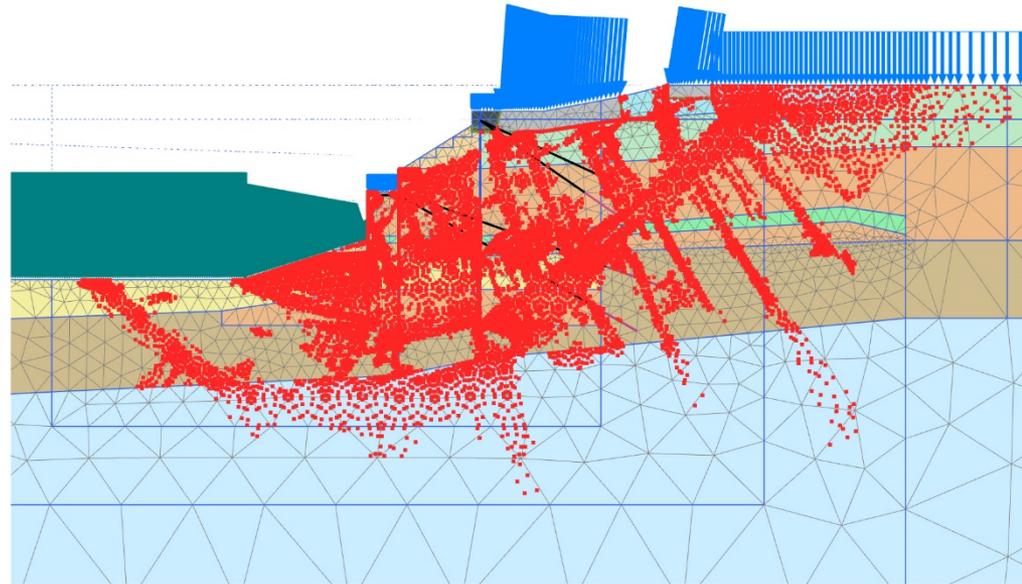
Standicherheit des Gesamtsystems (GEO-3)

ϕ -c-Reduktion:

Versagen bei einer

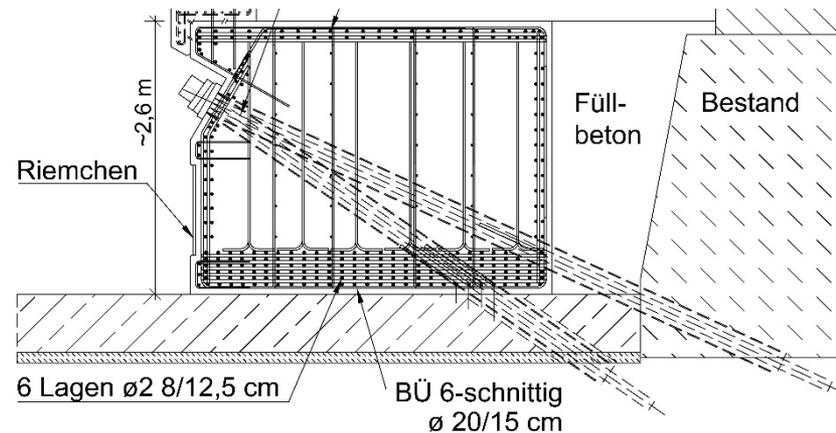
Reduktion der

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

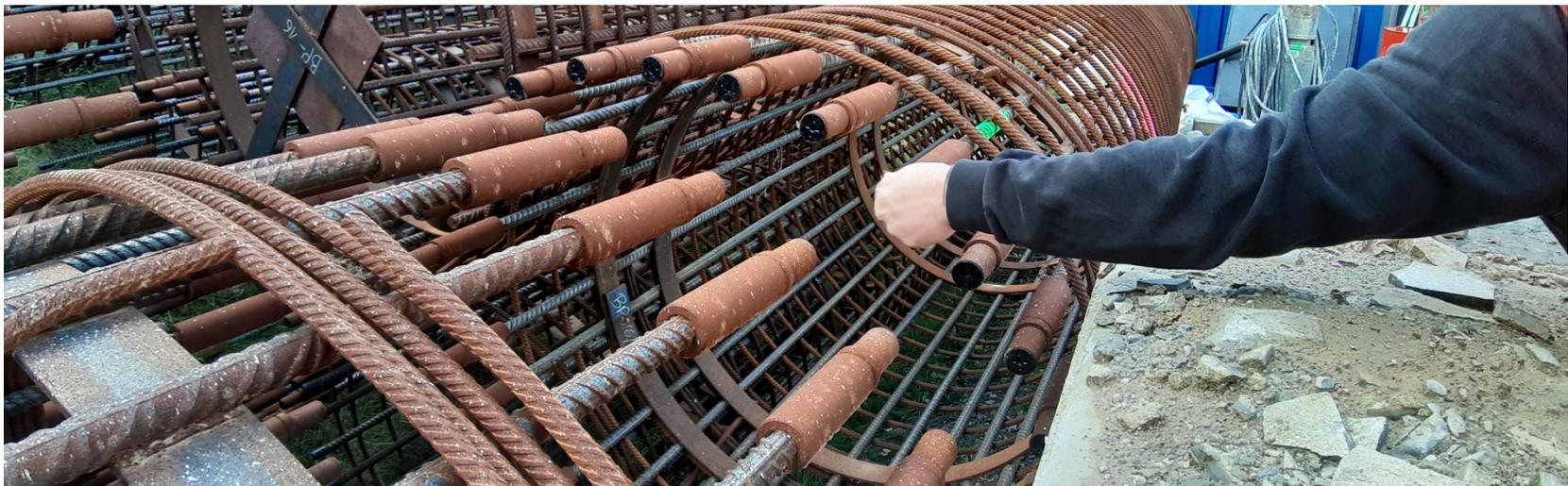
Herstellung der oberen Bohrpfehlwand

Ø 1,5 m, L = 36 m



höhenbeschränkte Pfähle

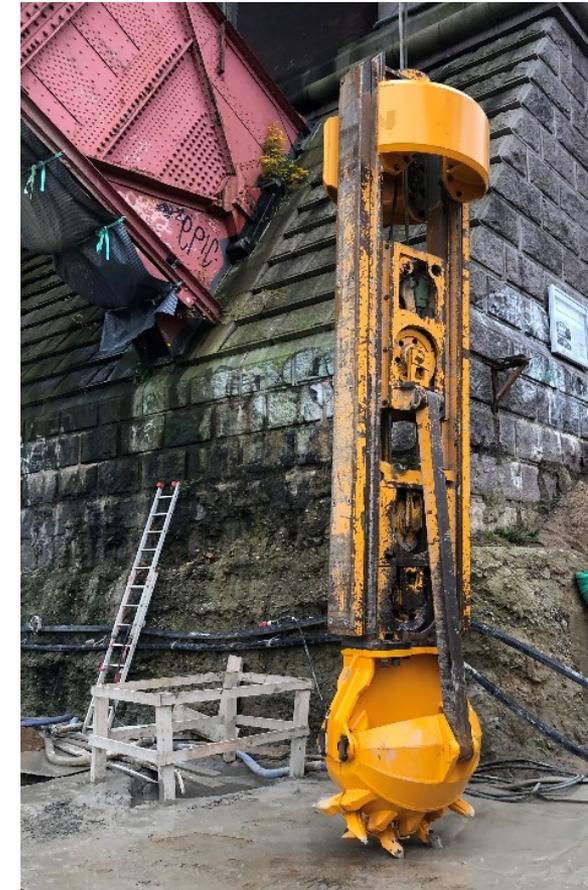
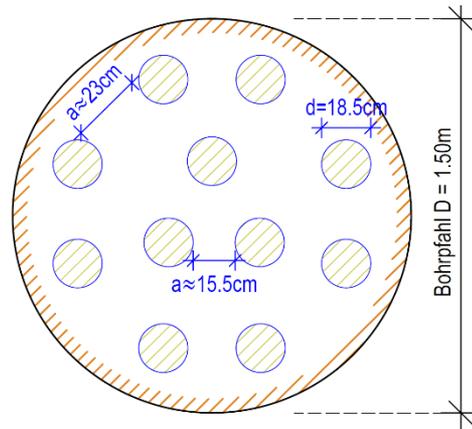
- 2 m verrohrt
- danach Bentonitsuspension
- Aushub mit Rundschalengreifer (6 t)
- SOLL: 3 Tage je Pfahl
- Bewehrung mit Schraubstößen



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)



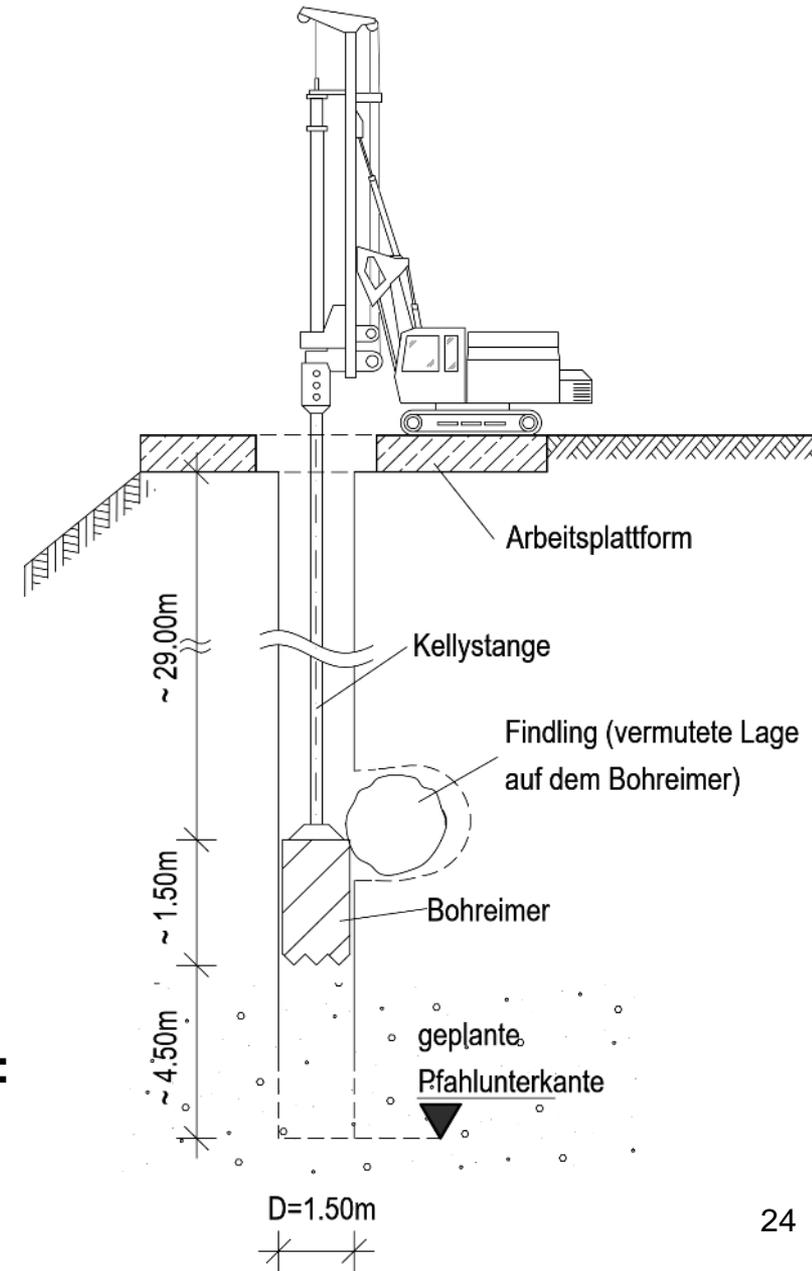
BP 33: Bohreimer steckte fest

Zugkraft von 1 MN: keine Wirkung

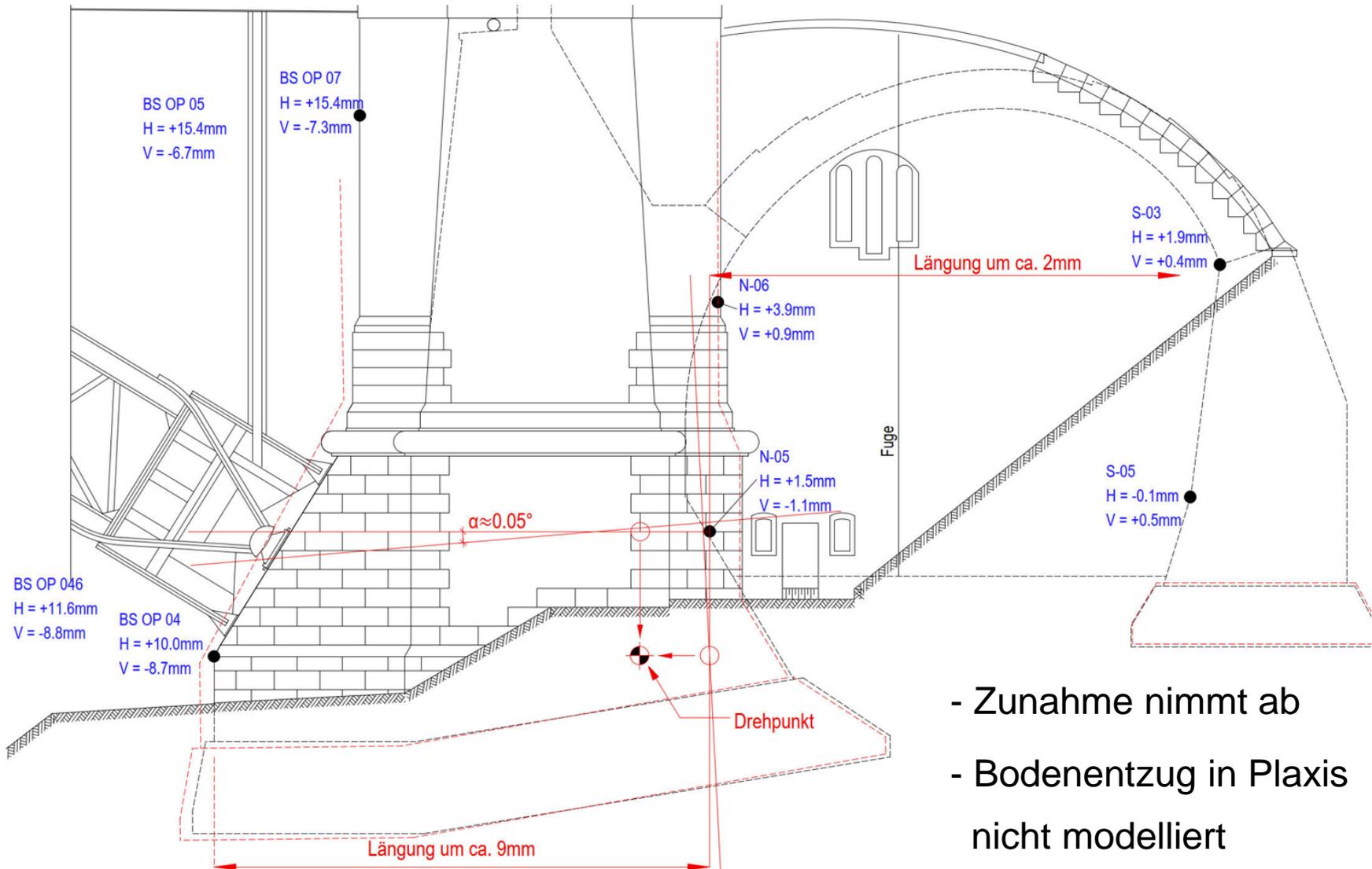
nach umfangreichen Diskussionen
und Variantenabwägungen:

- Nachweis für den verkürzten Pfahl geführt
- Kellystange und Bohreimer einbetoniert
- Fußbereich verpresst

- **Kosten für die nicht höhenbeschränkten Pfähle (26 STK):**
~ 1,2 Mio. + 25 %



Verformungsmessungen: unkritisch für das Gewölbe



- Zunahme nimmt ab
- Bodenzug 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 bisherigen Kämpferkräfte des Überbaus
 - Rechnerisch nicht standsichere Böschung
 - Lastfall Schiffsanprall
 - Erhalt des Bestandswiderlagers inkl. Verformungsbeschränkungen
 - Hydraulik
- Ein System aus drei interagierenden Verbauwänden wurde geplant und numerisch bemessen.
- Bei der Ausführung der oberen Bohrpfahlwand gab es große Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Baugrund.
- Link zur Bauablaufsimulation (**sehenswert!**):
gdws.wsv.bund.de/videos/Levensauer_Hochbruecke_Bauablaufsimulation.mp4
- DANKSAGUNG: die sehr konstruktive Zusammenarbeit aller Beteiligten – insbesondere mit dem AG, dem Wasserstraßen-Neubauamt Nord-Ostsee-Kanal (Herrn Rasmus) und der ausführenden Baufirma, der BeMo Tunnelling Niederlassung West (Herr Philipp) war und ist durchwegs vorbildlich!

Vielen Dank für Ihr Interesse!



WKC Hamburg GmbH
Planungen im Bauwesen

Dr.techn. Andreas Meisel, SFI

andreas.meisel@wk-consult.com