

Für lebendige Wasserstraßen



Ersatzneubau der 1. Levensauer Hochbrücke

Bestandswiderlager, Überbau und Bodengründung



Projektvorstellung beim
VSVI Hamburg
02.04.2024

Nord-Ostsee-Kanal

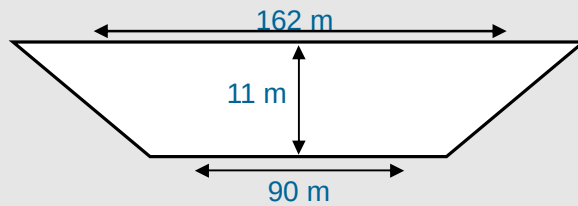
Seit seiner Eröffnung im Jahr 1895 verbindet der zwischen Kiel und Brunsbüttel verlaufende Kanal die Nordsee mit der Ostsee.

- Wesentlicher Baustein des Transeuropäischen Verkehrsnetzes
- Jährlich passieren 26.700 Schiffe mit 77 Millionen Tonnen Gütern sowie 11.500 Sportboote den Kanal (Stand 2023)
- Der Nord-Ostsee-Kanal ist ein wichtiger Teil der regionalen Wirtschaftsstruktur Schleswig-Holsteins
- Sicherung einer Vielzahl von Arbeitsplätzen
- Erholungs- und Freizeitregion für Anwohner und Touristen

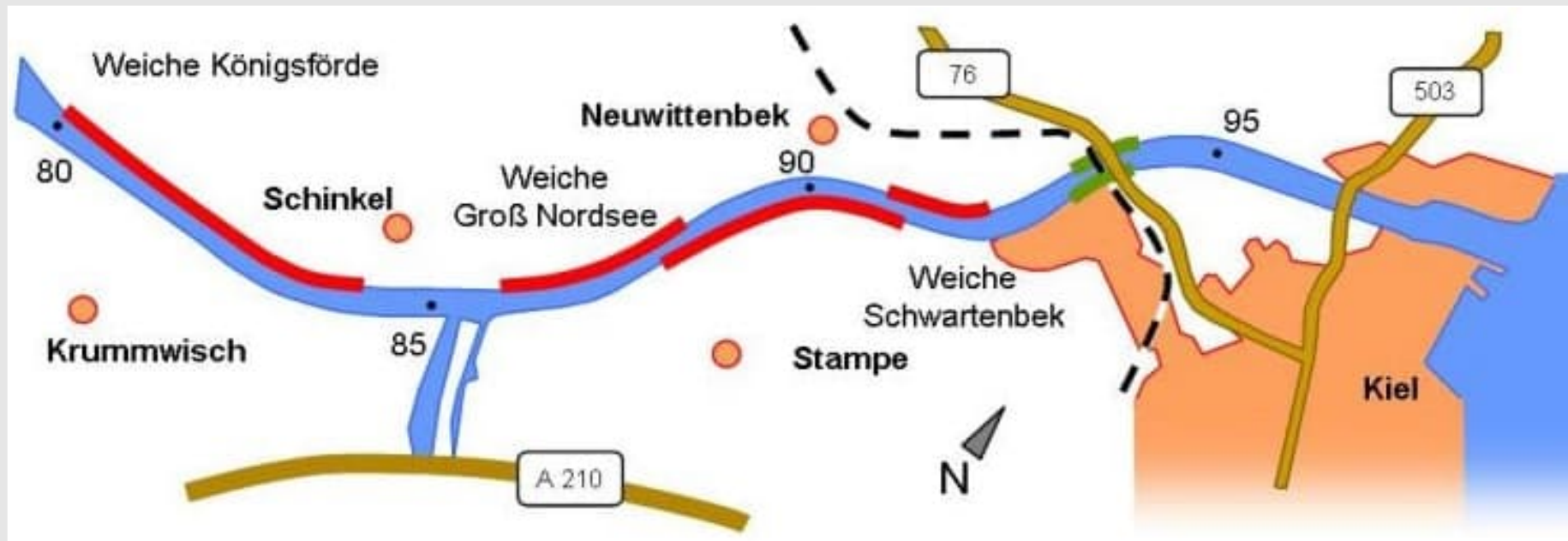
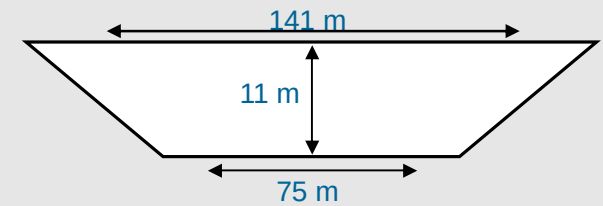


Künftige Entwicklung des NOK

Regelprofil km 0 bis km 80
(Ausbau von 1965 – 2000)



Regelprofil km 80 bis km 94
(Ausbau laufend)



Für lebendige Wasserstraßen



Levensauer Hochbrücke(n)



Für lebendige Wasserstraßen

Levensauer Hochbrücke(n)



HB-Lev I + II im Luftbild

Brücke I:

Baujahr 1892- 1894

Kreisstraße K27 / DB-Strecke Kiel –
Flensburg

Fachwerkbogen Stützweite
167 Meter

Brücke II:

Baujahr 1982 -1984

Bundesstraße B76

Querschnitt RQ 29

Stahlhohlkasten

Stützweiten 92 – 183 – 92 Meter

Für lebendige Wasserstraßen

Levensauer Hochbrücke



Bild auf einem 200 m langen, 24 m breiten Frachter

gefordertes Lichtraumprofil: $h = 42 \text{ m}$

vorhanden nur in einer
Lichtraumbreite = 45 m

deshalb:

- Anfahrfrisiko
- erheblich begrenzter
Begegnungsverkehr

Ersatzneubau 1. HB Lev

Aufgabenstellung:

- Ersatz für Bestandsbauwerk
- Lichtraumprofil über die gesamte Wasserstraßenbreite
- Verbreiterung der Wasserstraße

Ersatzneubau 1. HB Lev

Planfeststellungsbeschluss nach §§14ff. WaStrG durchgeführt

Bescheid ist rechtskräftig seit 02/2018

Wesentliche Auflagen:

- Neubau unter größtmöglicher Weiternutzung des Bestandsbauwerks
- Neubau in der bestehenden Trasse
- Max. Sperrzeiten für NOK und DB-Strecke vorgegeben
- Umgang mit Fledermaushabitat, Erhalt Widerlager Süd, Bauzeitenfenster

Für lebendige Wasserstraßen

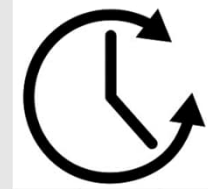
Sperrzeiten NOK und Bahnstrecke



damals



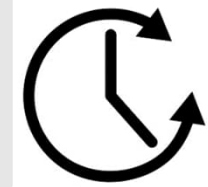
Max.



48 h



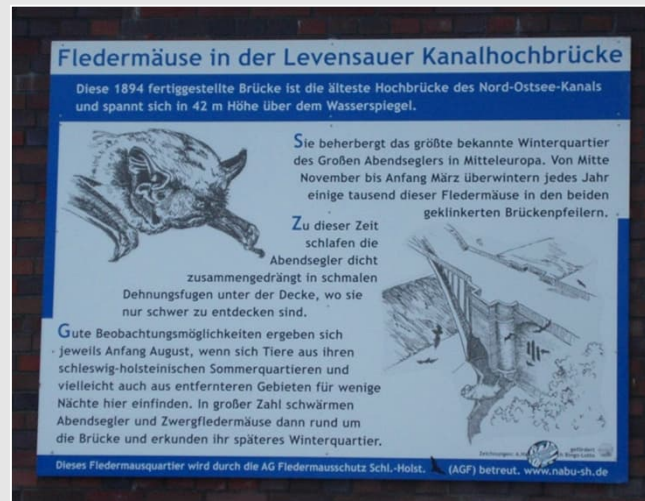
Max.



130 d

heute

Fledermaushabitat



Ständige Begleiter / maßgebende Randbedingung

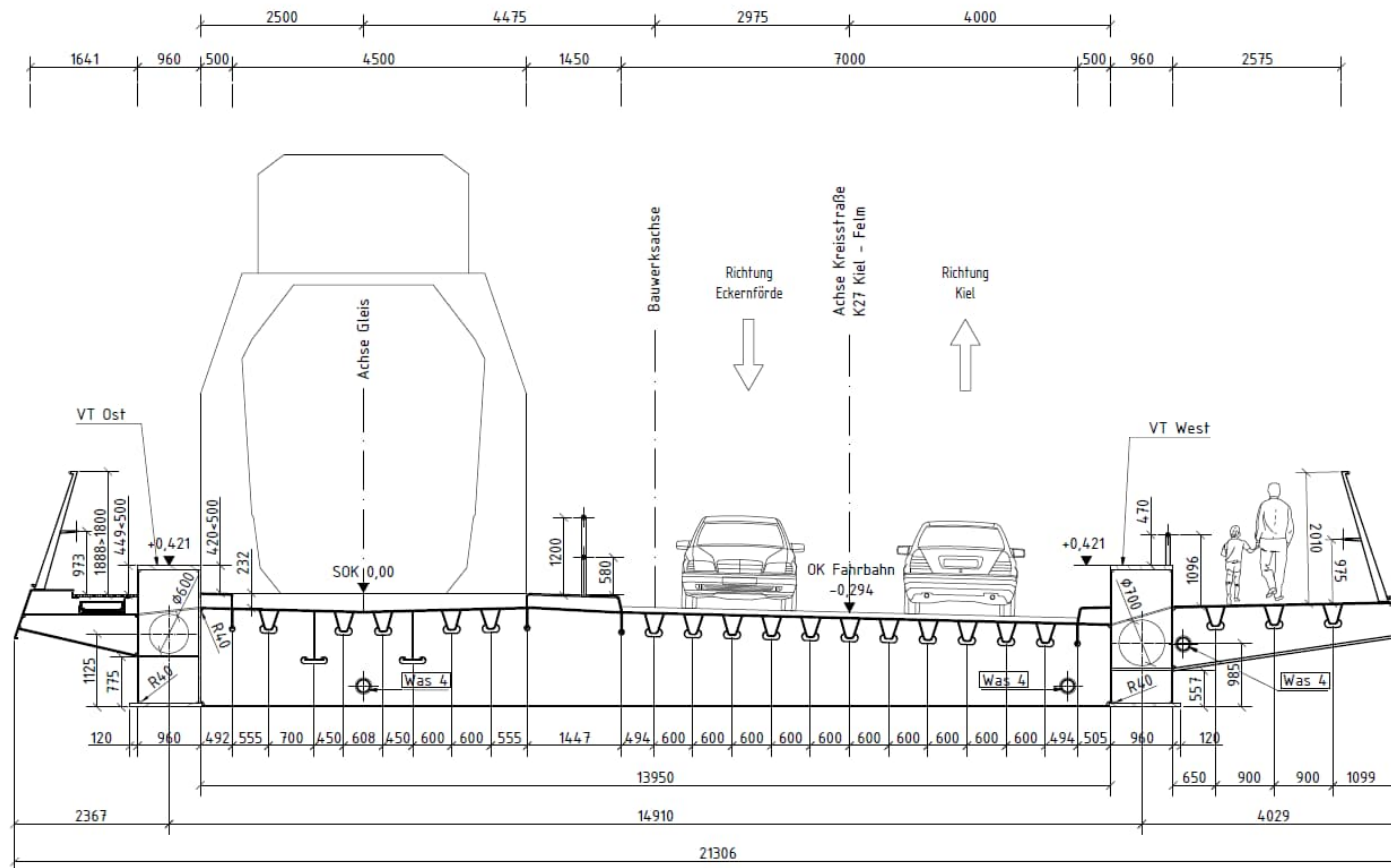
- Eines der größten Winterlager Europas des unter strengem Schutz stehenden großen Abendseglers und zahlreicher anderer Fledermausarten.
- Voraussetzung für die Genehmigungsfähigkeit im Rahmen eines Ausnahmeverfahrens ist die Sicherstellung der Kontinuität der ökologischen Funktion (CEF).
- Der Erhalt und die Aufwertung eines Winterlagers ist als sog. FCS-Maßnahme (favourable conservation status), d.h. eine Maßnahme zur Sicherung des Erhaltungszustandes einzustufen. Sie stellt eine der Ausnahmeveraussetzungen dar.

Für lebendige Wasserstraßen

Brückenplanung Visualisierungen



Brückenplanung Querschnitte



Für lebendige Wasserstraßen

Firmenvorstellung



Veritaskai 8
21079 Hamburg

www.wk-consult.com

Warnowufer 42
18057 Rostock

WK Consultants

- über 150 engagierte Mitarbeiter/Mitarbeiterinnen
- zahlreiche Experten: SFI's, Taucher ...
- Dr. Drude: Prüfsachverständiger KIB EBA



Hochbau



Industriebau



Ingenieurbau/
Infrastruktur



Wasserbau



Baumanagement /
Bauwerksprüfung



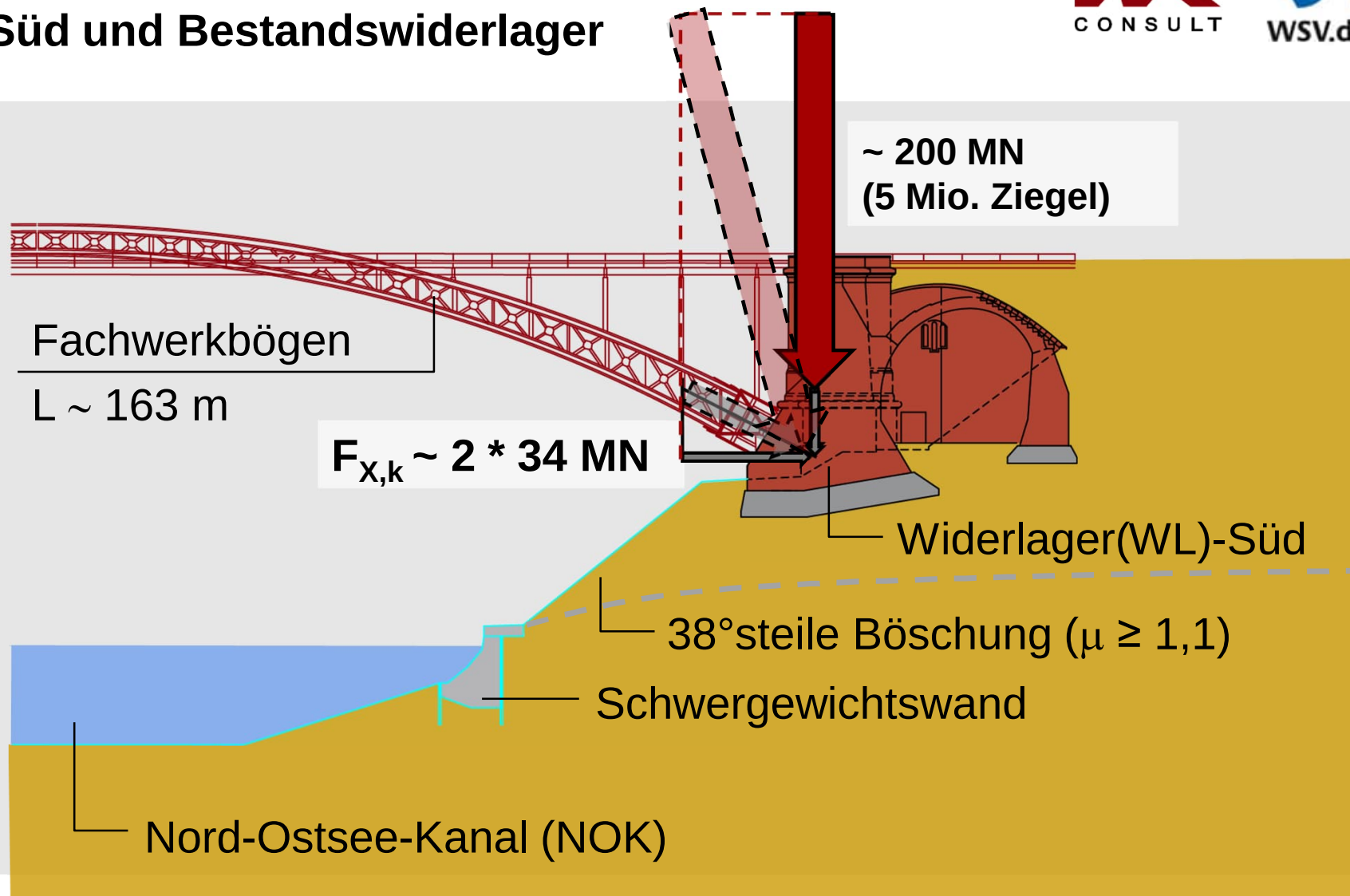
Statische Prüfung

für die Hochbrücke Levensau:

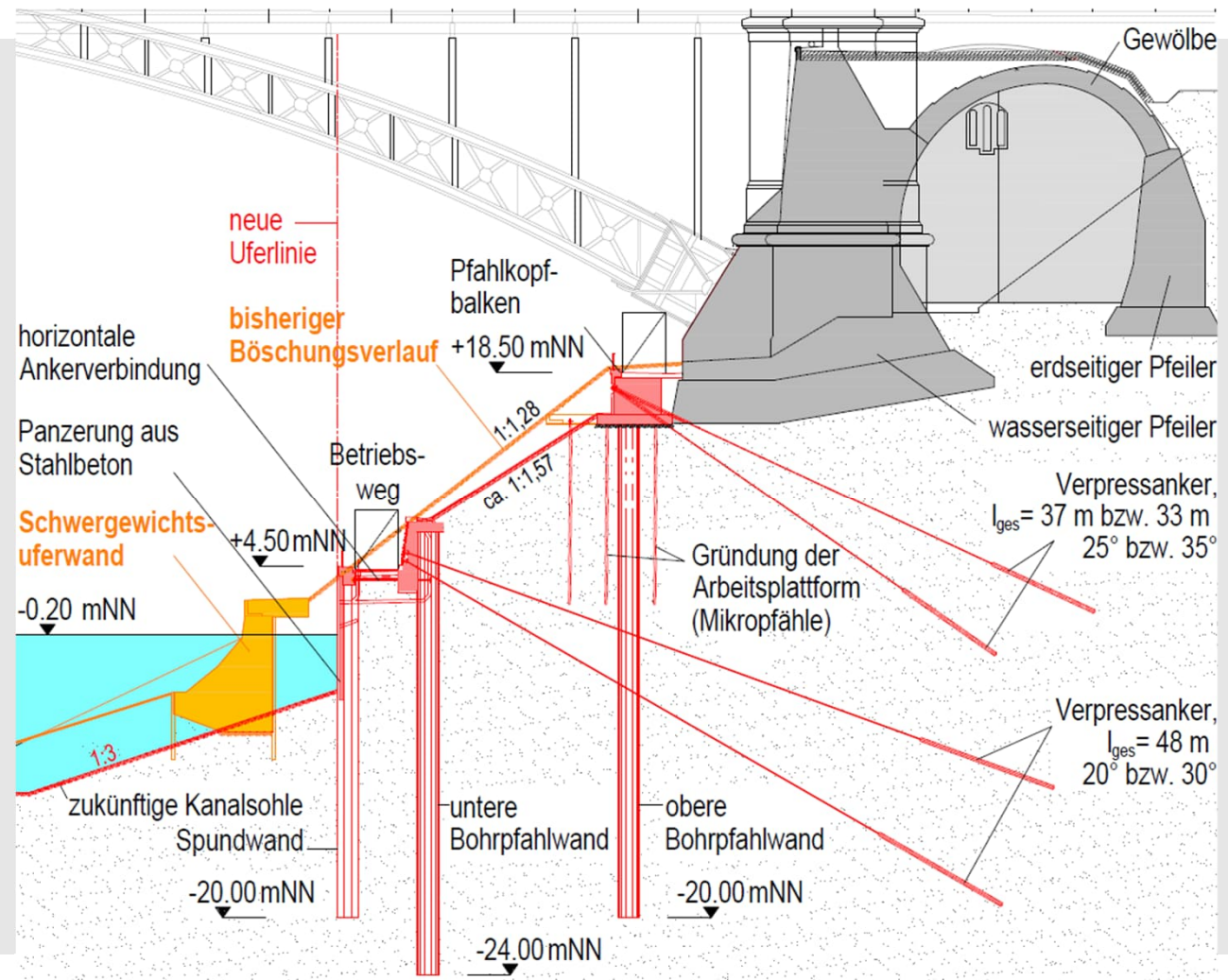
Ingenieurgemeinschaft mit



Ufer Süd und Bestandswiderlager

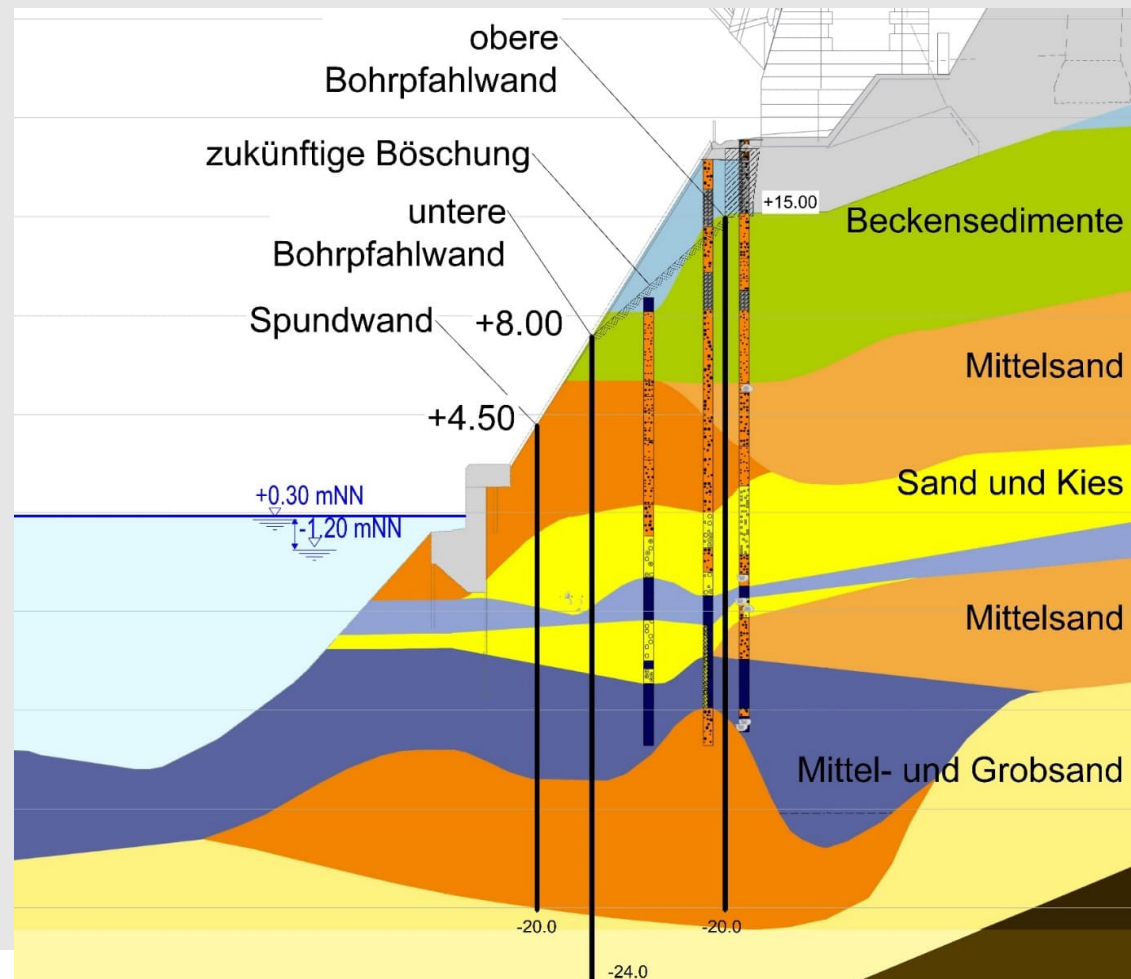


Ufer Süd - Konzeption



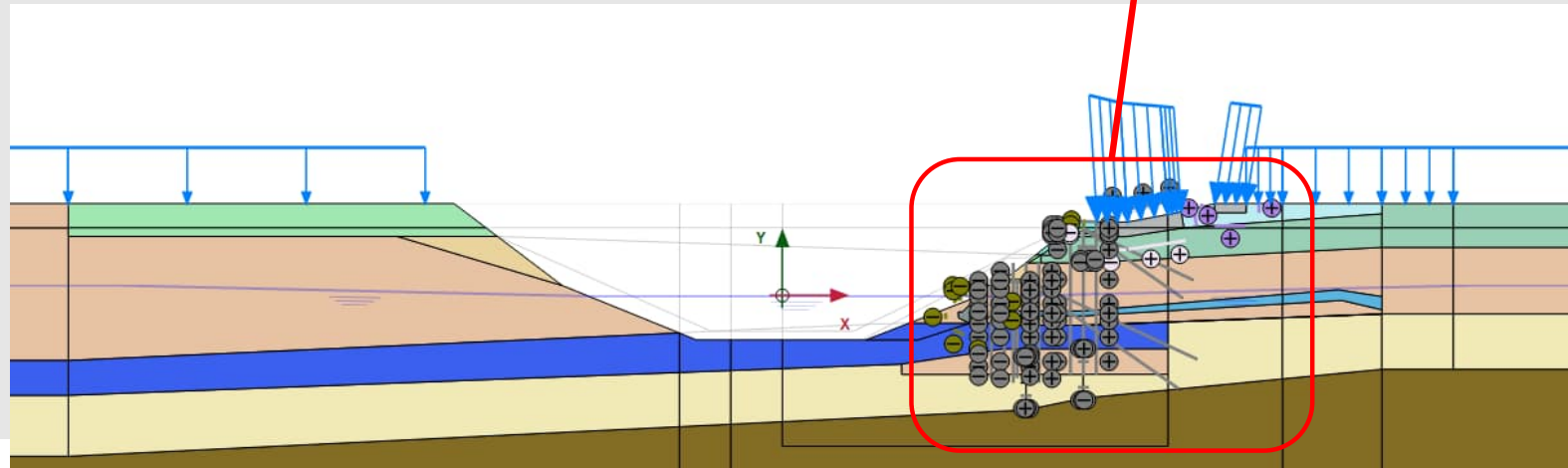
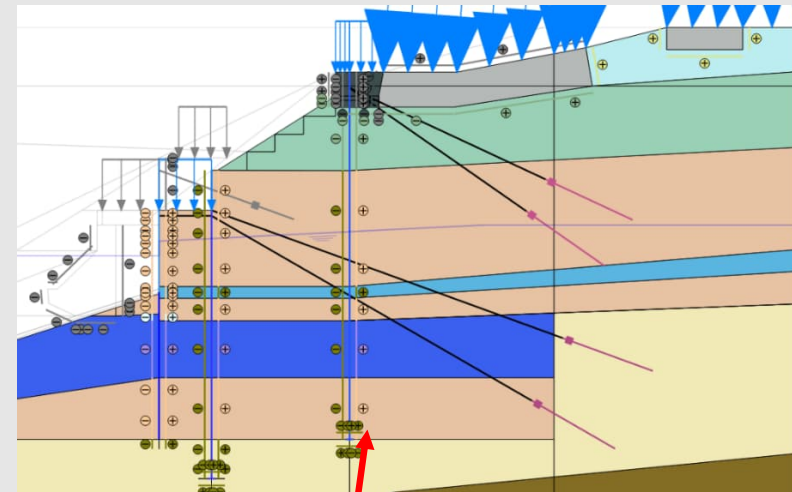
Ufer Süd - Baugrund

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



Ufer Süd – FE-gestützte Bemessung

- Interaktion der Wände
- Abbildung der komplexen Bauphasen
- realitätsnahe Verformungsprognosen
- **Plaxis 2D**, Bodenschichtung und Wände
- Hardening Soil Small Strain (MIN/MAX)

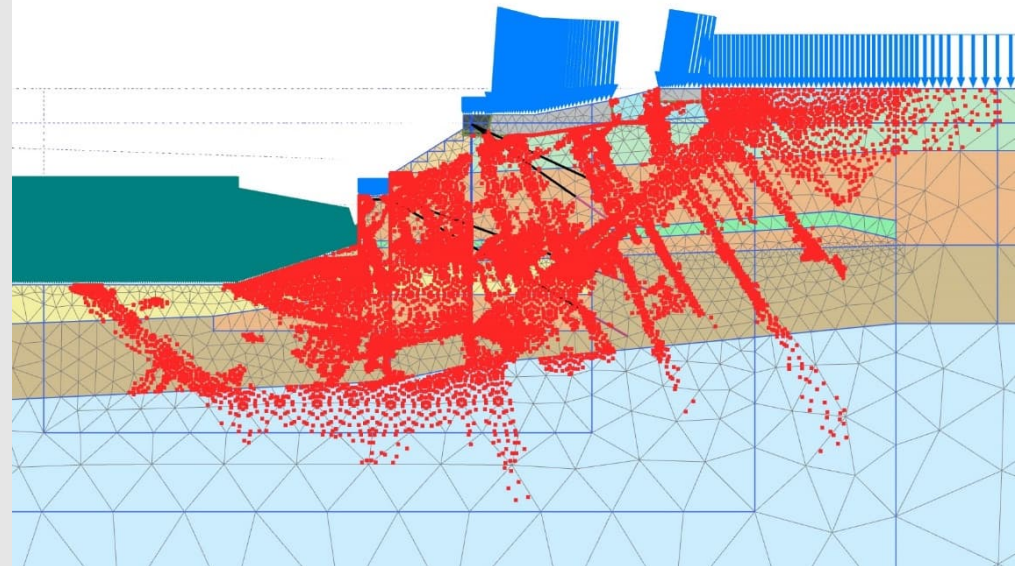


Ufer Süd: Standsicherheit ...

... Gesamtsystem

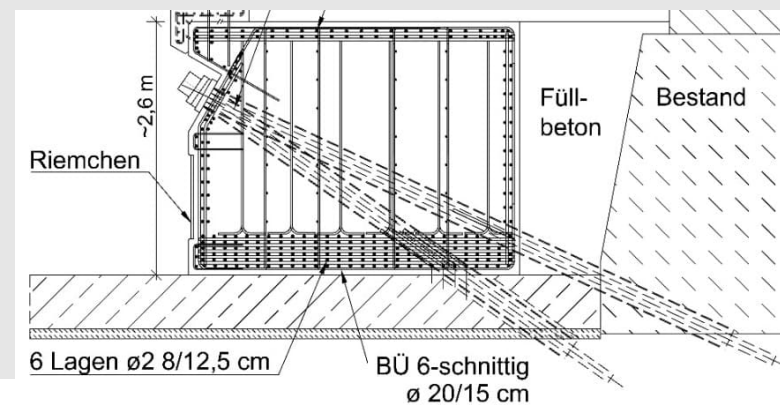
(GEO-3) ϕ -c-Reduktion:

Versagen bei einer
Reduktion der
MIN-Parameter um 1,46



... Bauteile (GEO-2 U. GEO-3)

Spundwand, Bohrpfähle und
Rückverankerungen

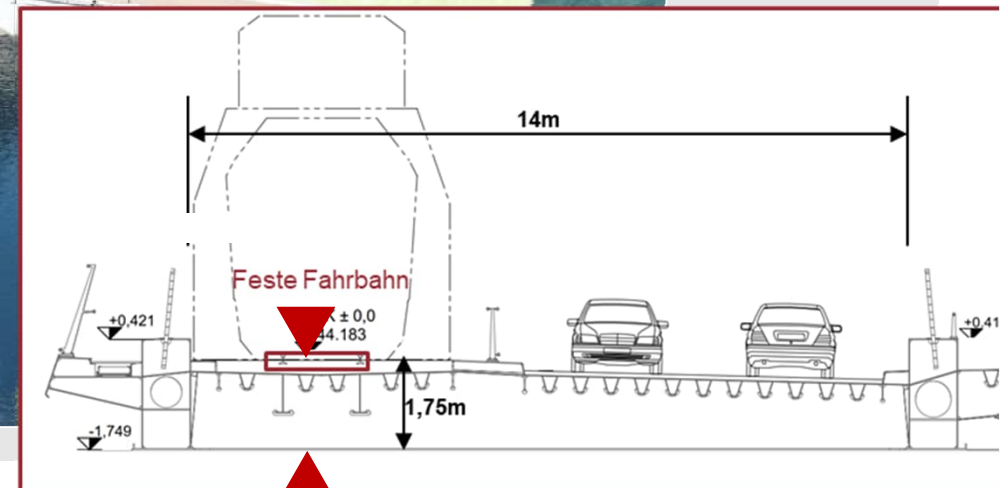
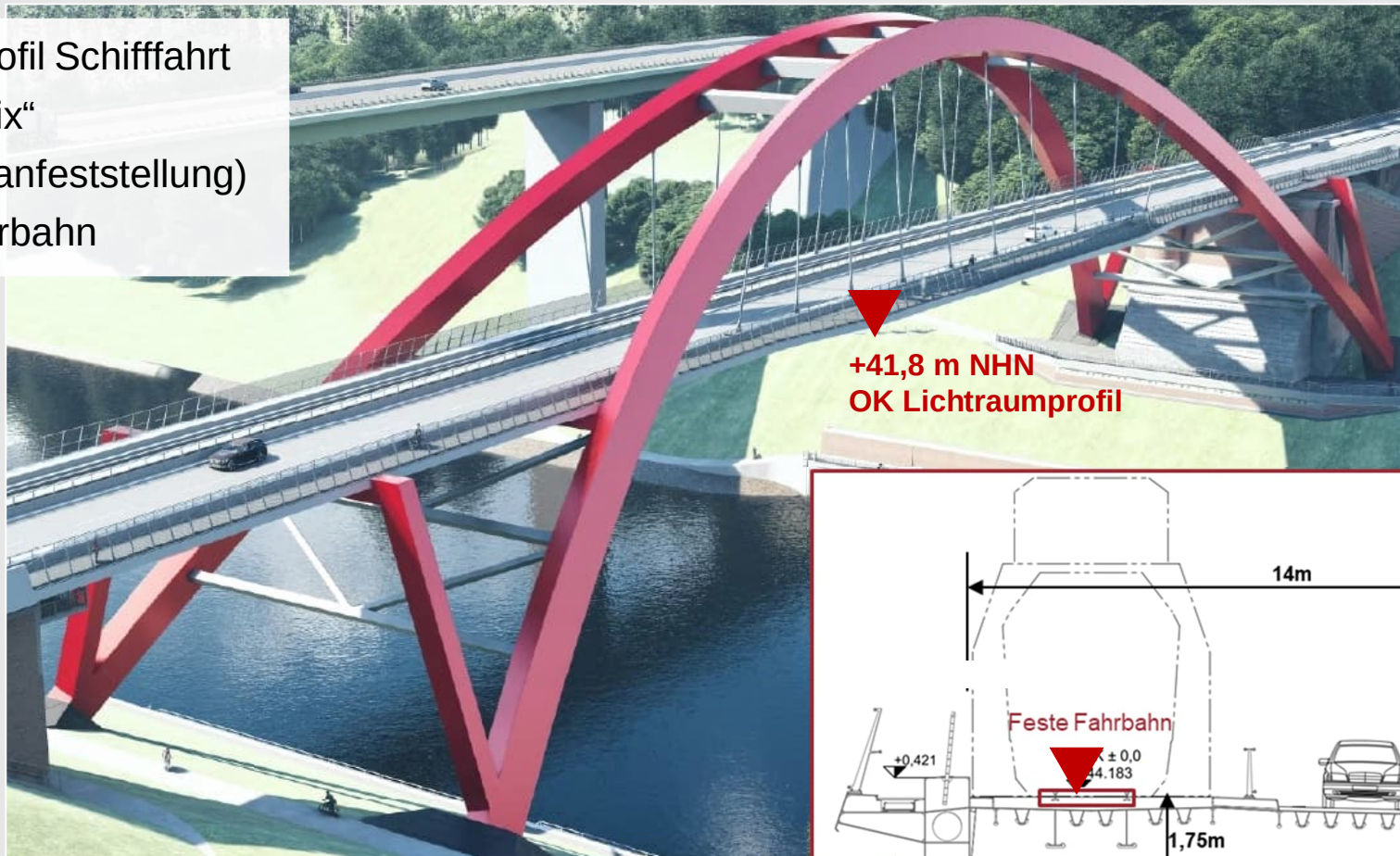


Für lebendige Wasserstraßen

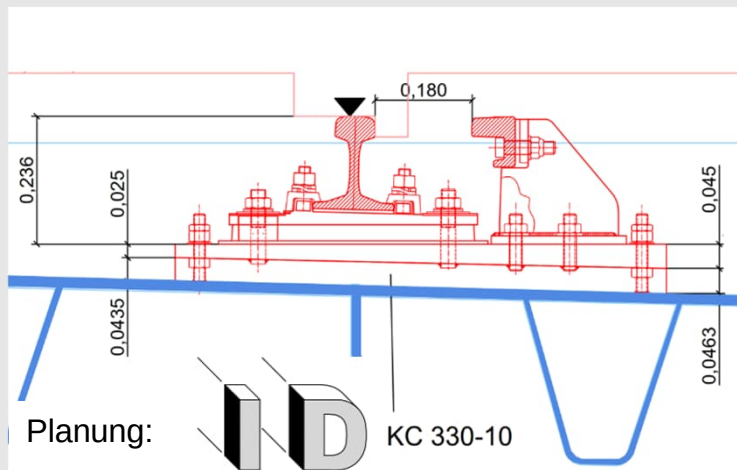
Überbau $L_{\text{Stütz}} = 186 \text{ m}$, Bogenstich = 50 m, Bogenquerschnitt = $2 \times 3,5 \text{ m}$



- Lichtraumprofil Schifffahrt
 - Gradiente „fix“
(Dämme, Planfeststellung)
- => Feste Fahrbahn



Überbau – Feste Fahrbahn (FF)



ohne Gleistragplatte, mit direkter Schienenbefestigung auf dem Deckblech (ungeregelte FF)

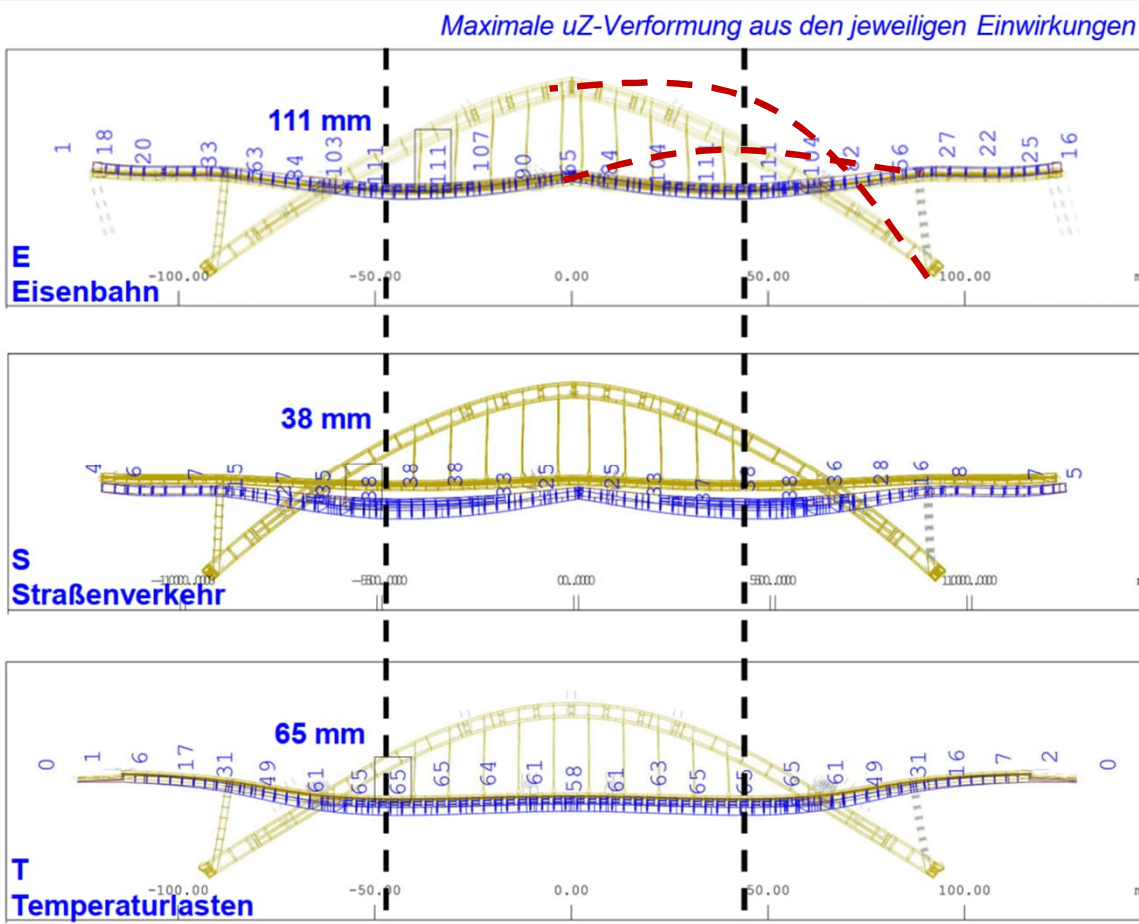
ZIEL: Unversehrtheit des Gleises

- unmittelbare Kopplung der Schiene mit dem Überbau => „ein“ statisches System
- **hohe Sensibilität** gegenüber großen:
 - => Endtangentialdrehwinkeln
 - => Dilatationen
 - => Versätzen

Umsetzung:

- Ausgleichsplatten (System STOG) an den Überbauenden
- Schienenauszüge an den Überbauenden
- abgestimmte Lagerung

Überbau – Verformungsverhalten



- Dilatation an den Widerlagern längs:
 $u_{x,k} \leq \text{ca. } \pm 0,44 \text{ m}$
=> Schienenauszug erforderlich

- Durchbiegungskriterium
lt. RiL 804.5402, Abs. 5.1:
 $u_z \leq L / 2.000$

vorhanden:

$$u_z = L / 1.281$$

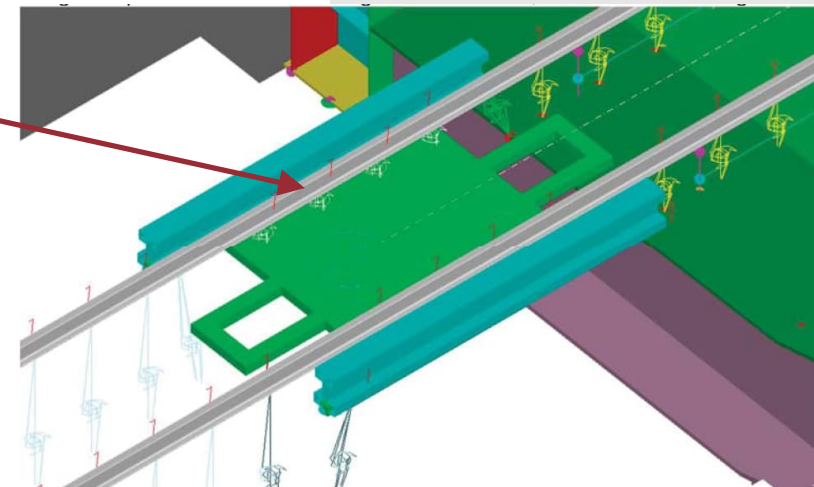
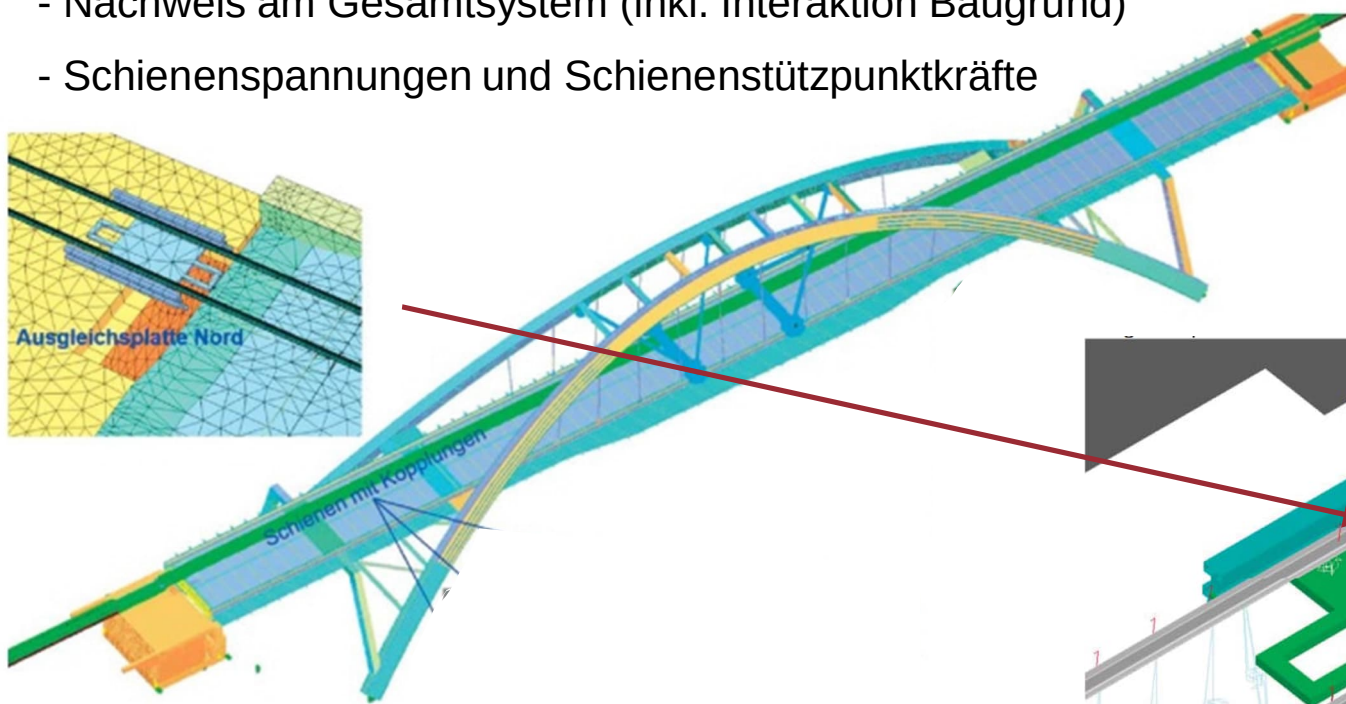
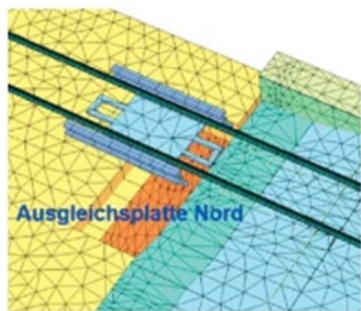
... **NICHT** eingehalten

$$(u_z = 1 \times E + 1,0 \times S + 0,6 \times T)$$

=> weitere Nachweise!

Überbau – Nachweise für die FF

- Nachweis am Gesamtsystem (inkl. Interaktion Baugrund)
- Schienenspannungen und Schienenstützpunktkräfte

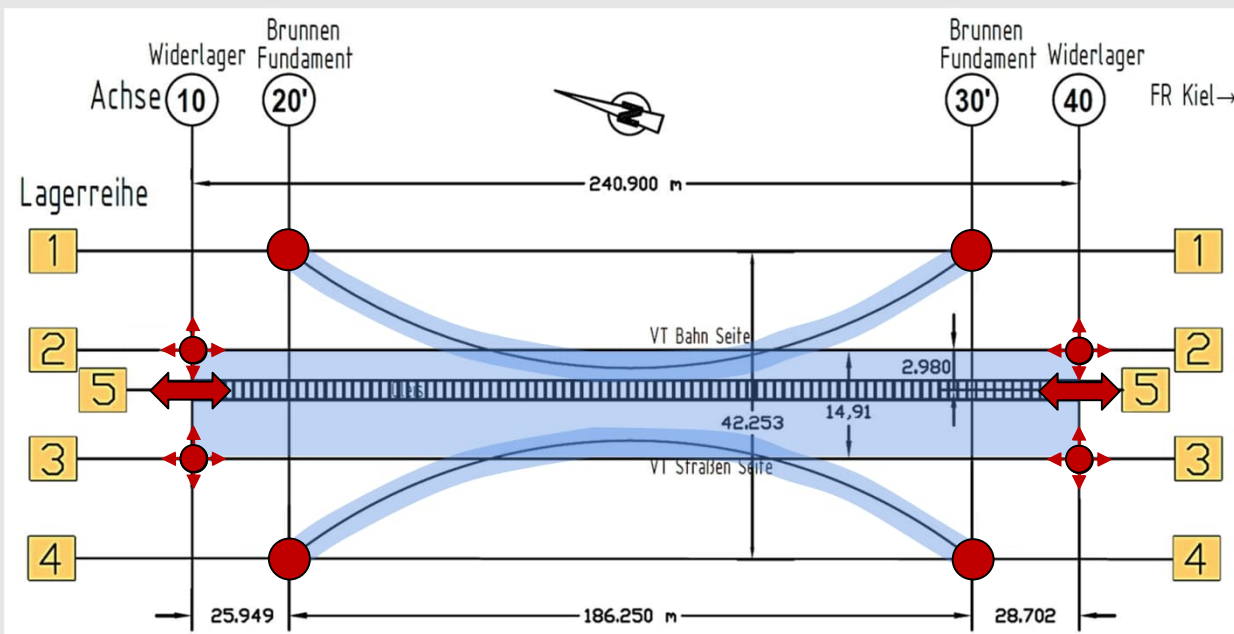


JE Kopplung Schiene – Überbau:

- Zug 641 kN/m (Spannklemme)
- längs bilinear 36 MN/m, Fließgrenze bei 18 kN

Überbau – Lagerung

ZIEL: annähernd zwängungsfreie Lagerung

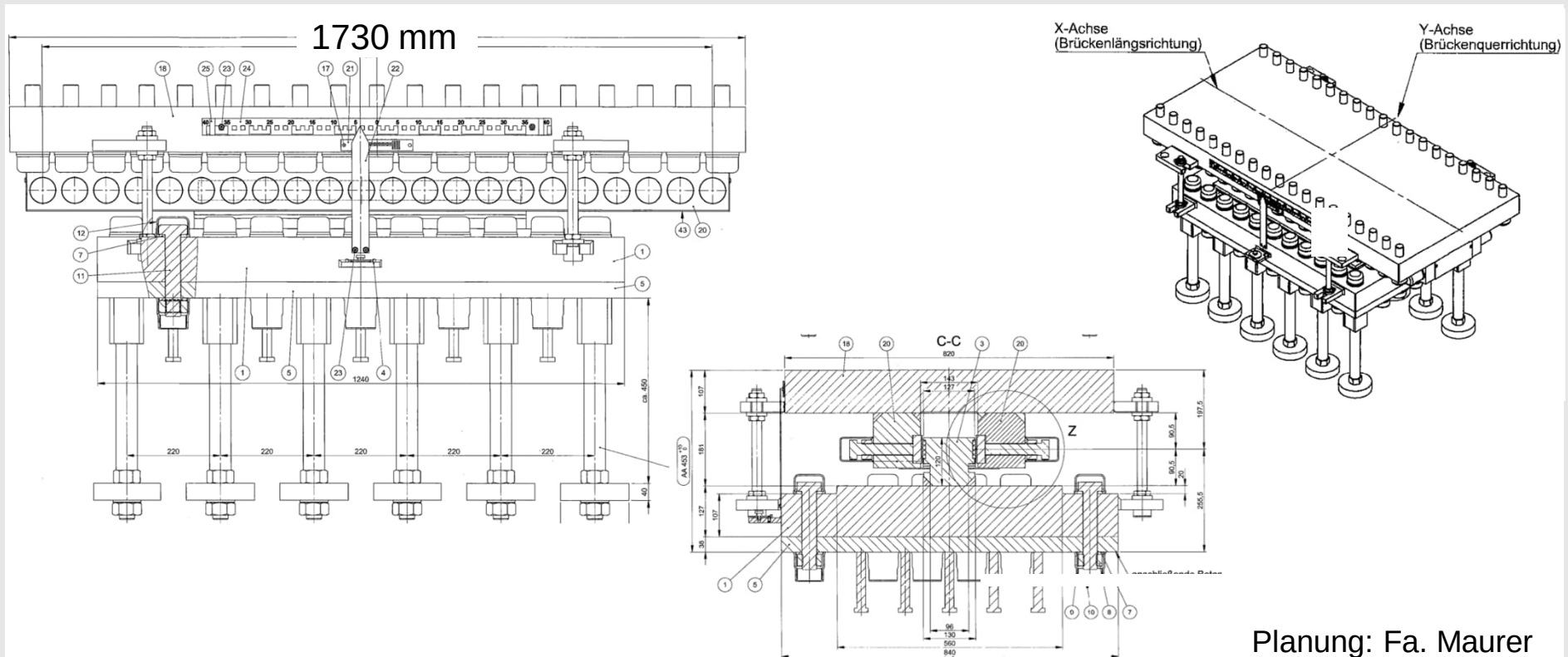


weiterhin:

- heterogener Baugrund, hohe Kriechverformungen erwartet
- an den Bogenfußpunkten wäre eine statisch bestimmte Lagerung nicht zweckmäßig

- **Bogenfußpunkte:** unverschiebliche Kalottenlager mit reduziertem Lagerspiel und mit Höhenausgleich
- **Widerlager:** frei verschiebliche Kalottenlager plus querfeste Lager in Gleisachse

Lagerung: querfeste Lager in Gleisachse (H-Kraft-Führungslager)



- doppelt einstellbar, mit einem Lagerspiel $\leq \pm 0,5$ mm

Für lebendige Wasserstraßen

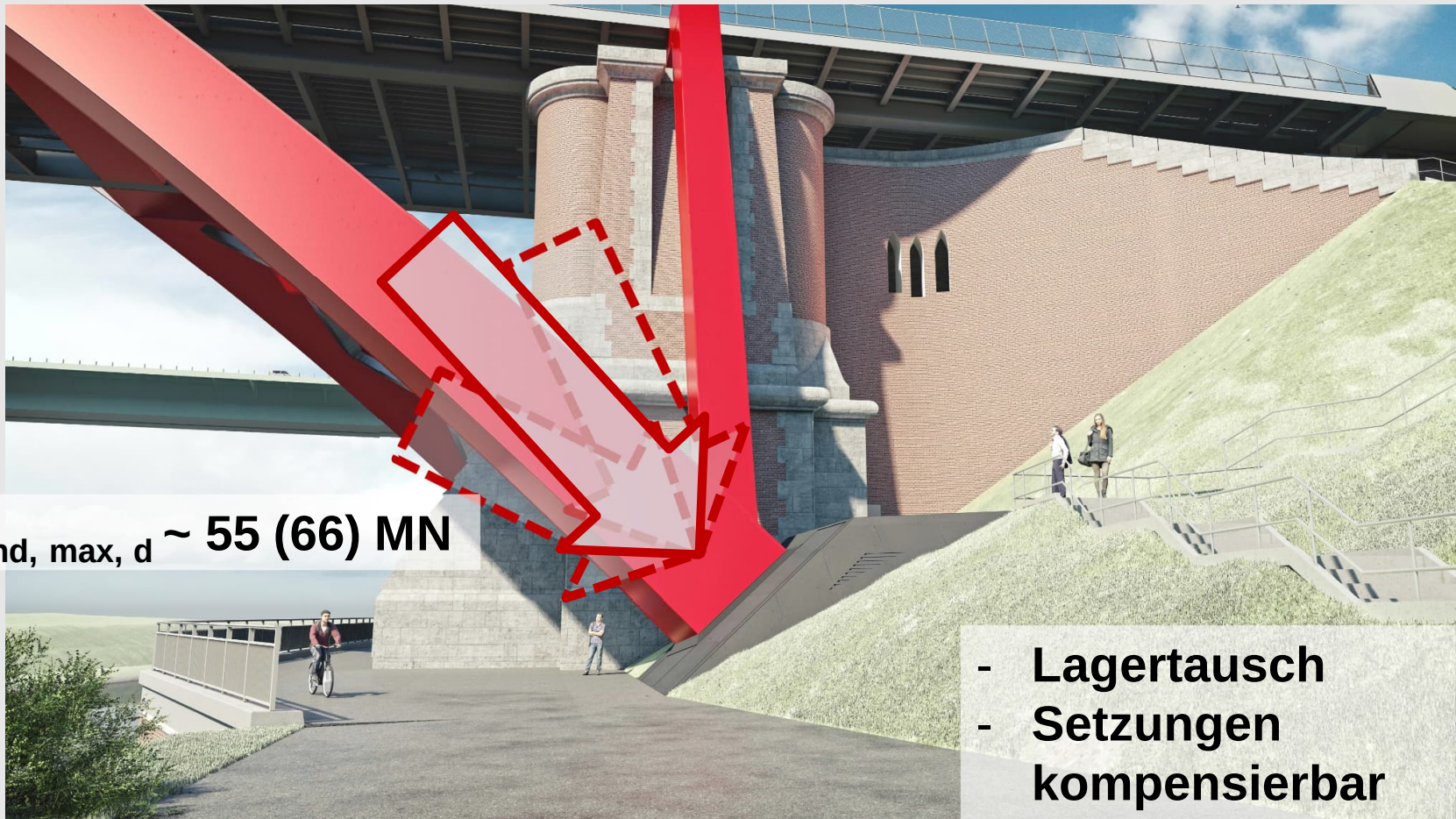
Gründung der Bögen



Bogengründung – Südufer

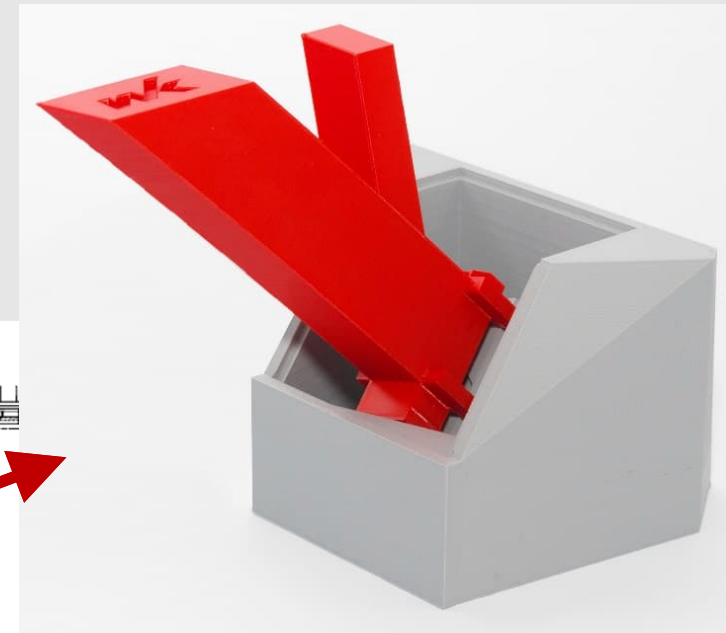
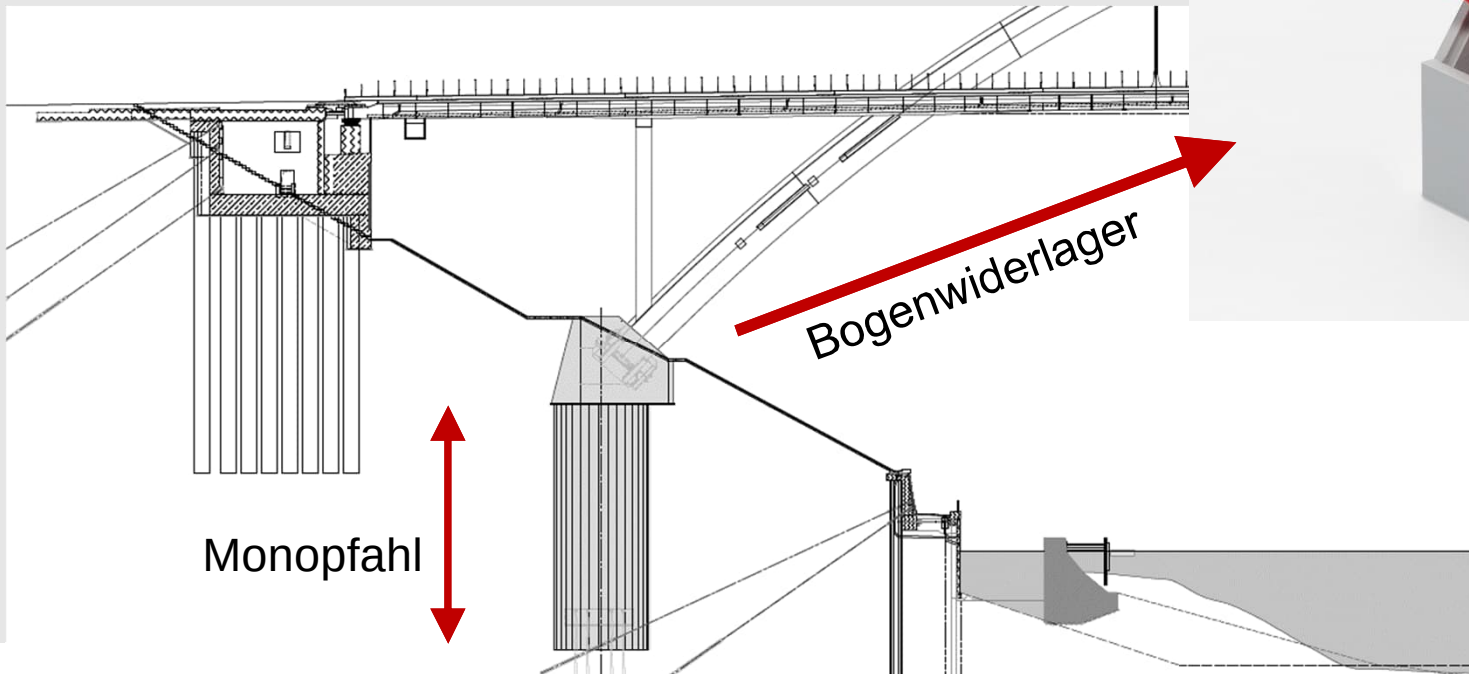
$F_{\text{resultierend, max, d}} \sim 55 \text{ (66) MN}$

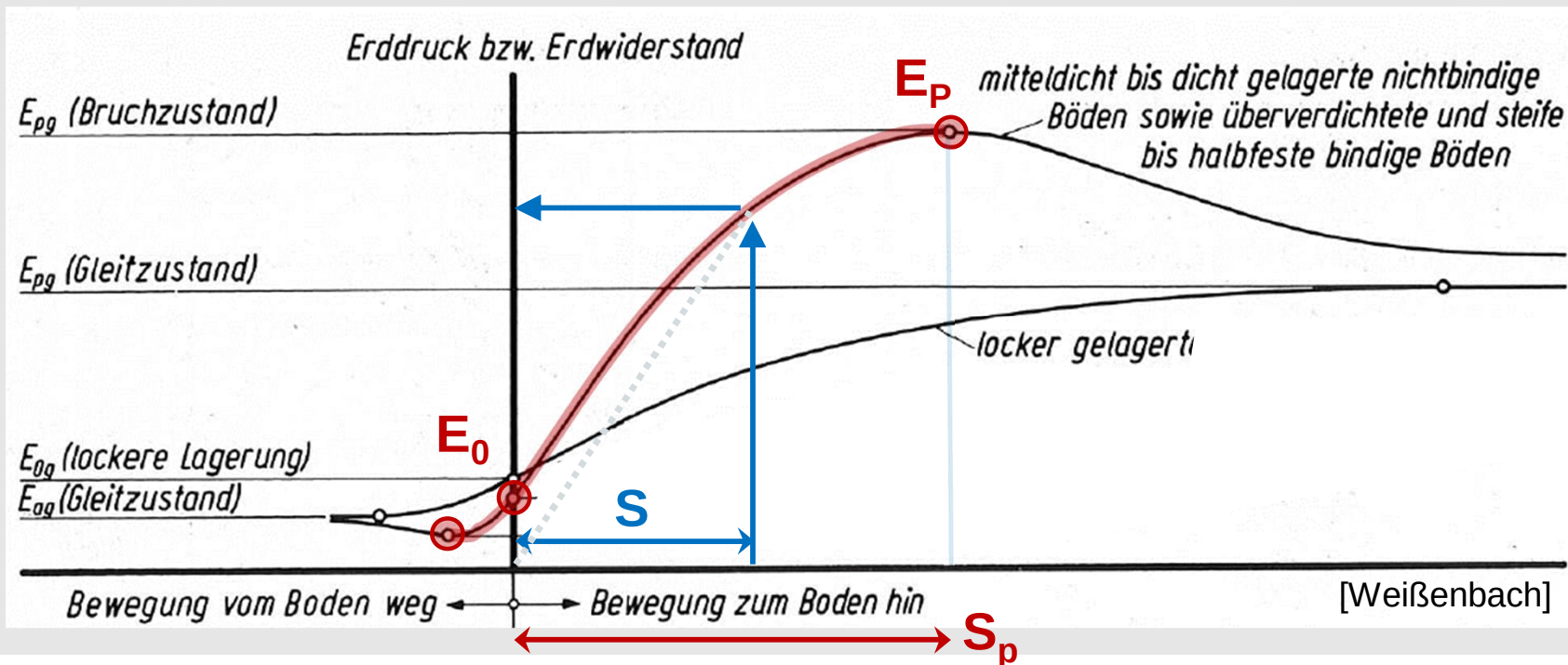
- Lagertausch
- Setzungen kompensierbar



Bogengründung – Konzeption

Monopfahl $\varnothing$ 9 m, 24 – 26 m tief
zzgl. Bogenwiderlager, rund 8,5 m hoch





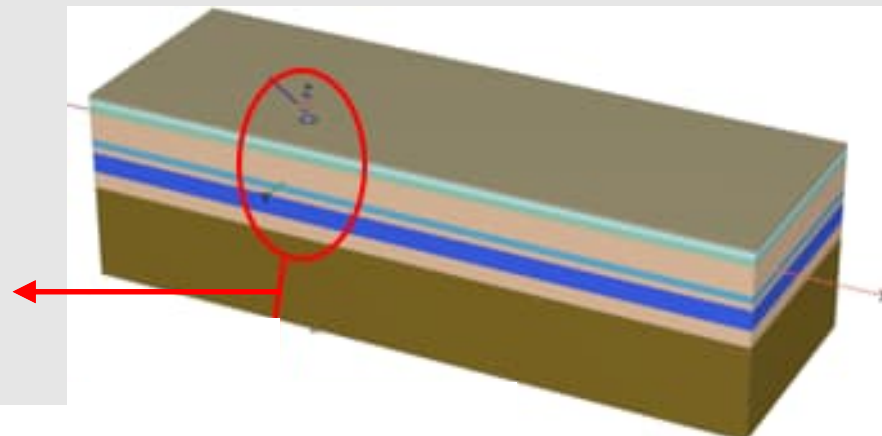
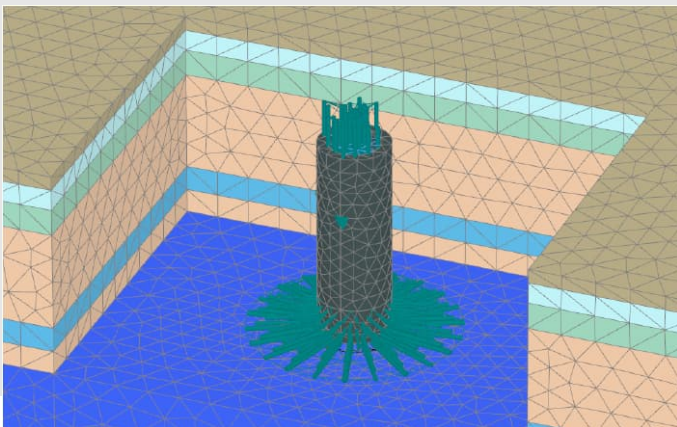
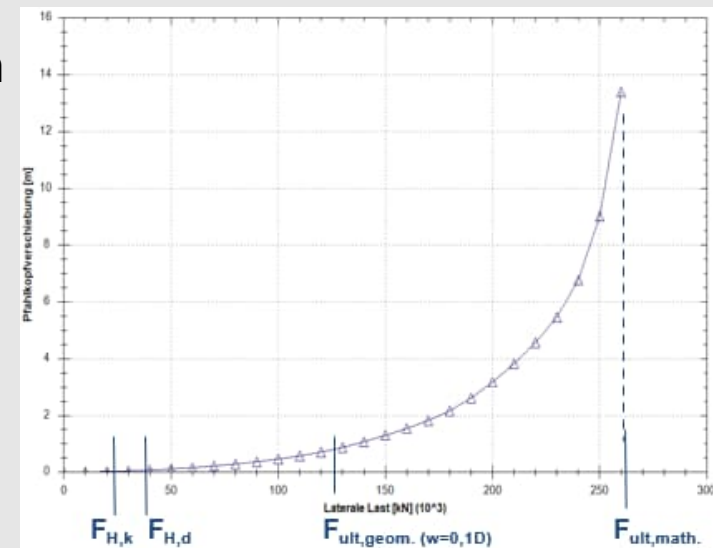
Bogengründung – Bemessung

II. nach der modifizierten p-y-Methode nach Thieken

$$U_h = \text{ca. } 4 - 6 \text{ cm}$$

III. FE-gestützt mit Plaxis 3D

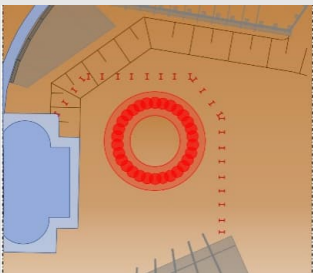
$$U_h = \text{ca. } 1 - 2 \text{ cm}$$



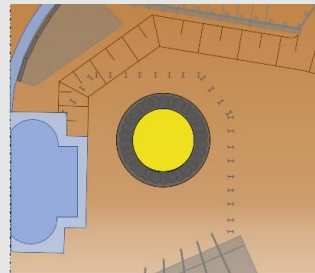
Bogengründung – Bauablauf

Herstellung
Bohrpfahlring

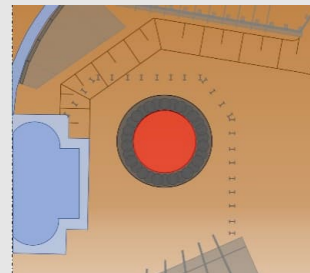
Draufsicht



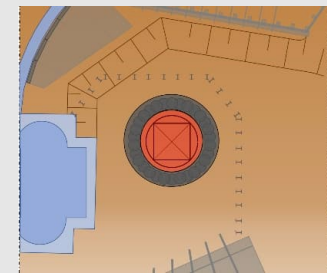
Aushub
Innenraum



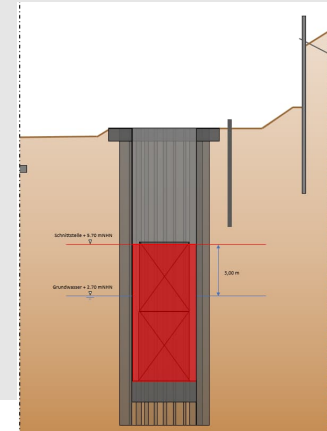
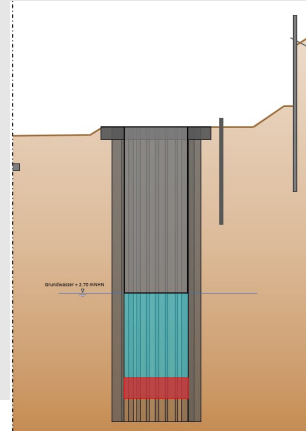
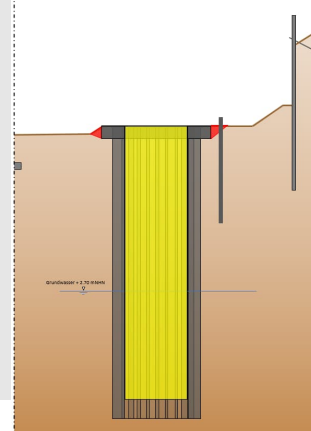
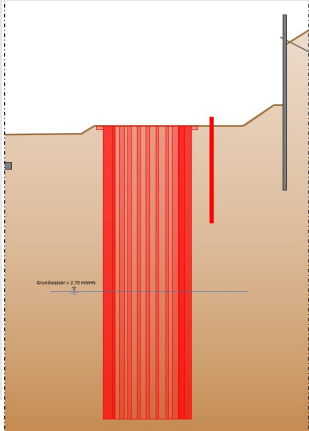
Herstellung
UW-Betonsohle



Lenzen des Innenraumes,
Bewehrung und Betonage
der unteren Hälfte



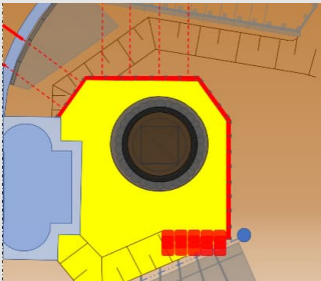
Schnitt



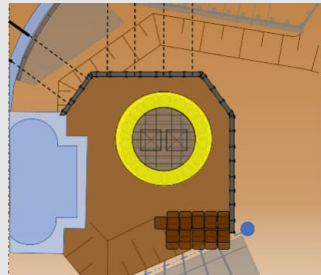
Bogengründung – Bauablauf

Aushub Baugrube bis UK Bogenwiderlager

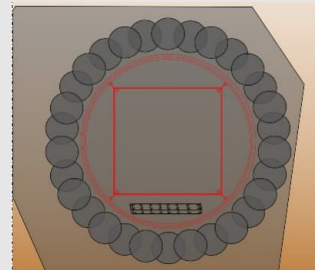
Draufsicht



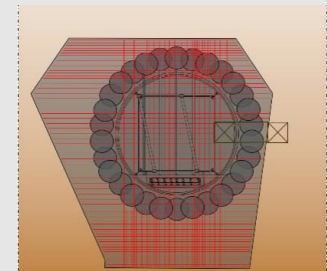
Abbruch Bohrpfpfahrling bis UK Bogenwiderlager



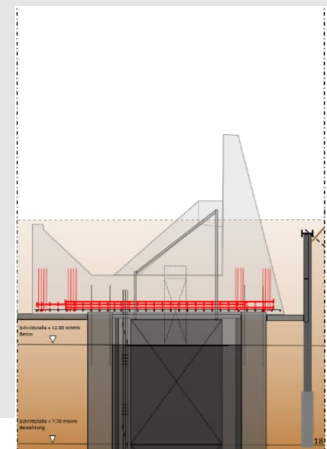
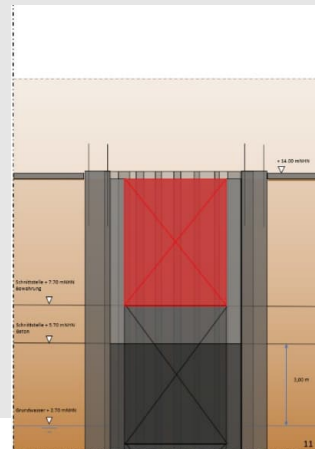
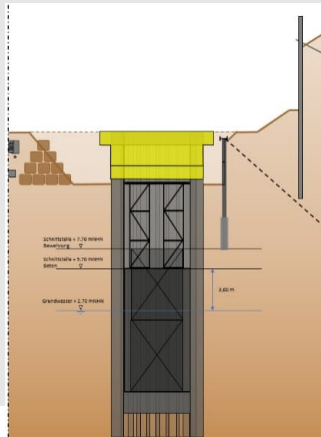
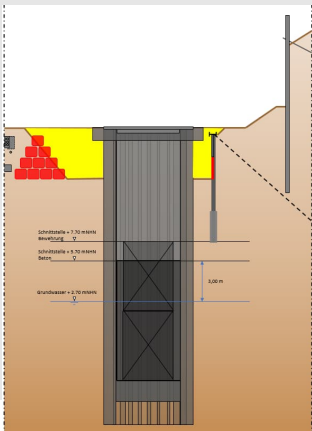
Bewehrung und Betonage der oberen Hälfte



Herstellung Bogenwiderlager (Sonderbewehrung)



Schnitt

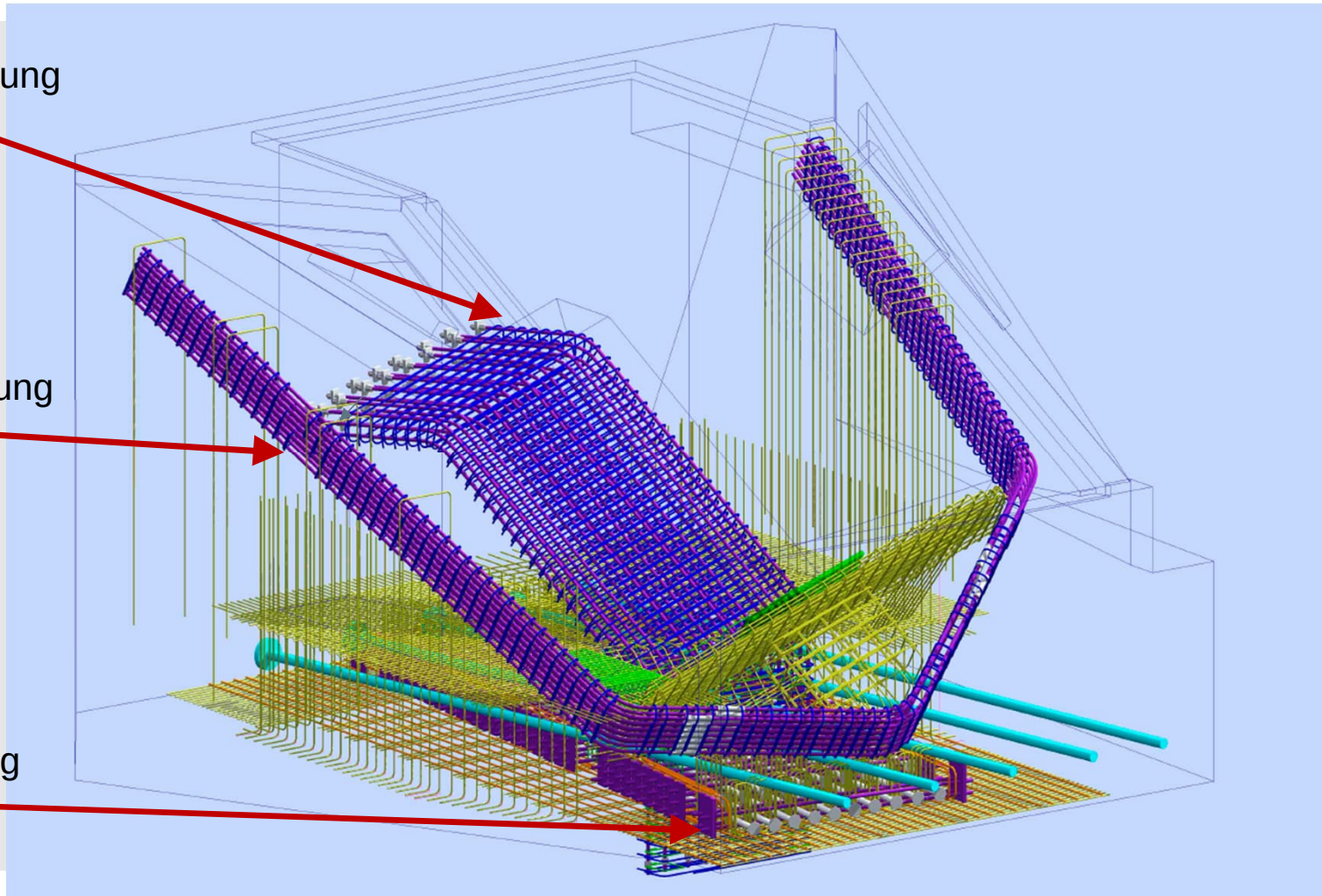


Bogenwiderlager – Bewehrungsplanung im BIM-Modell

Rückhängebewehrung
3-lagig, 8 STK
Ø 50 mm je Lage

Lagertausch-
Rückhängebewehrung
2-lagig, 7 STK
Ø 50 mm je Lage

Zugbandbewehrung
2 x 10 STK
Ø 80 mm



Stand der Ausführung

Es erfolgte eine Aufteilung in mehrere Baulose.

- zügiger Ausführungsstart von z. B. Baufeldfreimachung, Baustraßen
- Reduzierung der Auswirkungen des Baugrundrisikos

Stand der Ausführung

Ufer Süd



Für lebendige Wasserstraßen

Stand der Ausführung

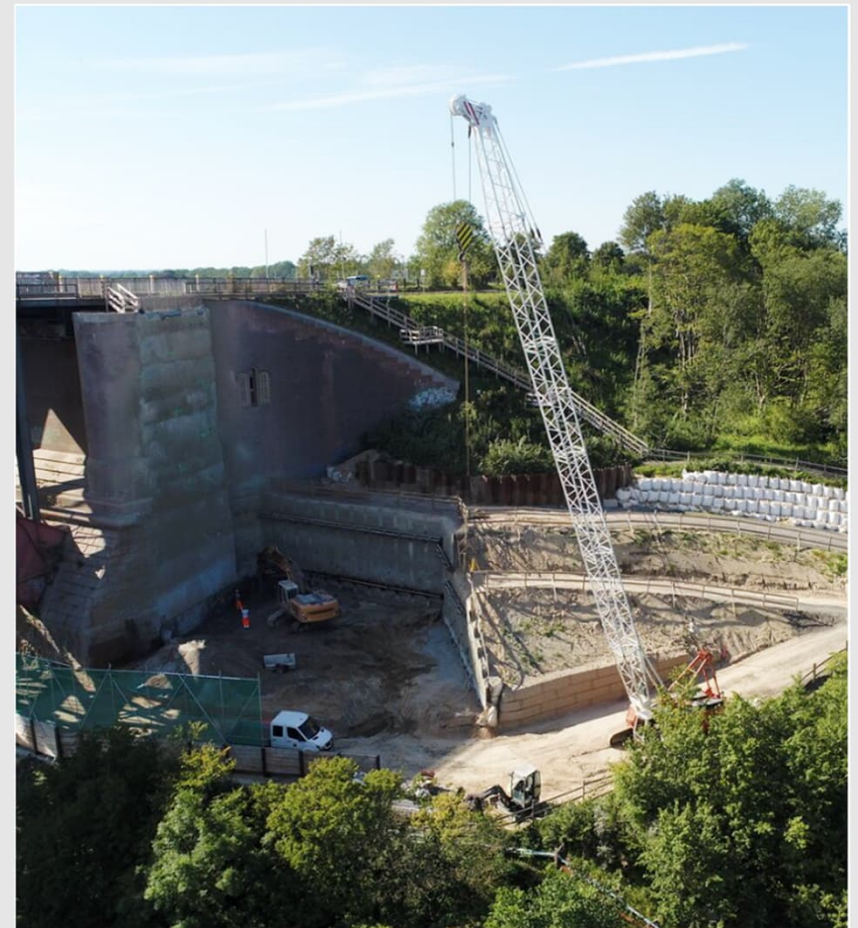


Vorbereitungen

Nordwest



Nordost



Für lebendige Wasserstraßen

Aktueller Bautenstand



Bogengründung



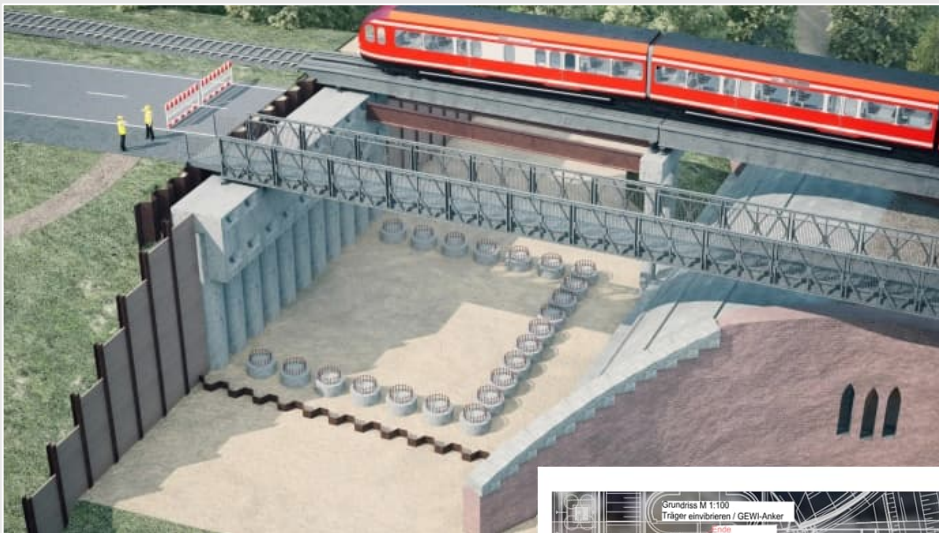
Aktueller Bautenstand

Bogengründung

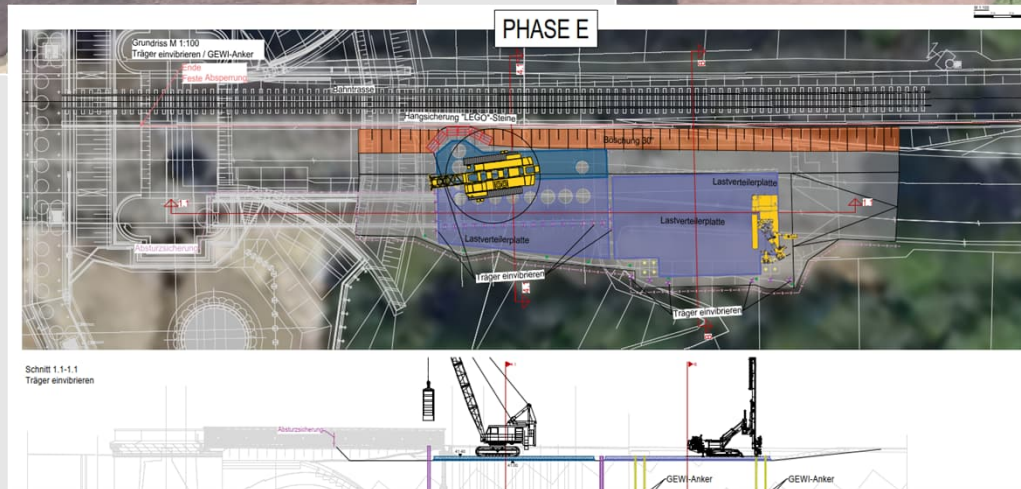


Für lebendige Wasserstraßen

Aktueller Bautenstand



Widerlager

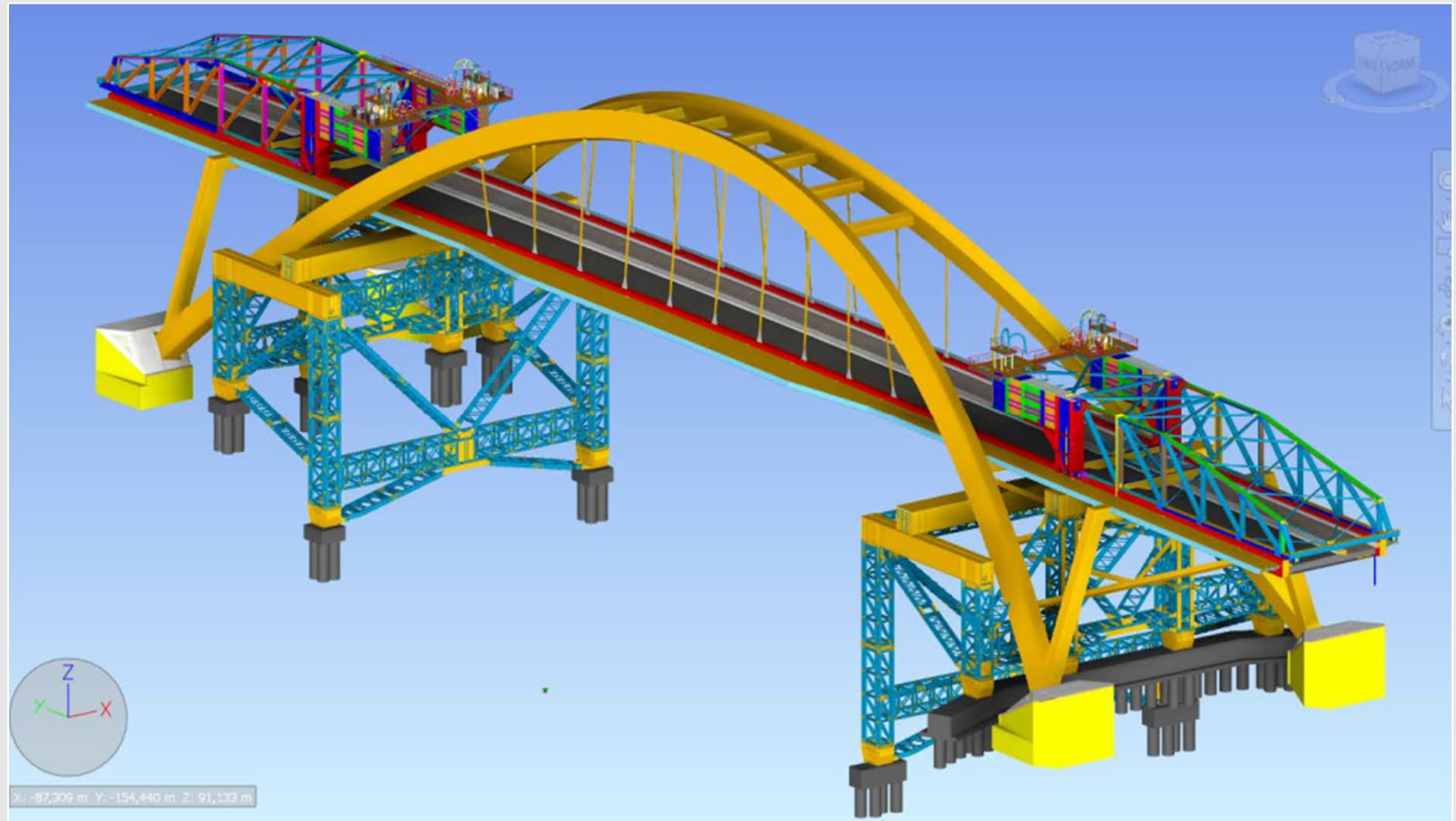


Für lebendige Wasserstraßen

Ausblick Brückenplanung

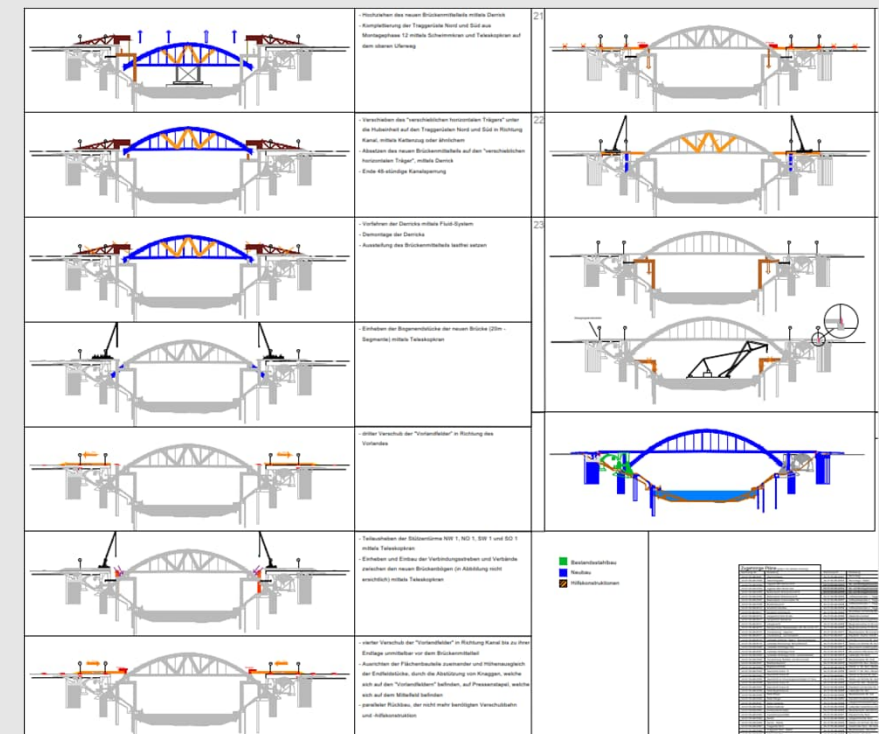
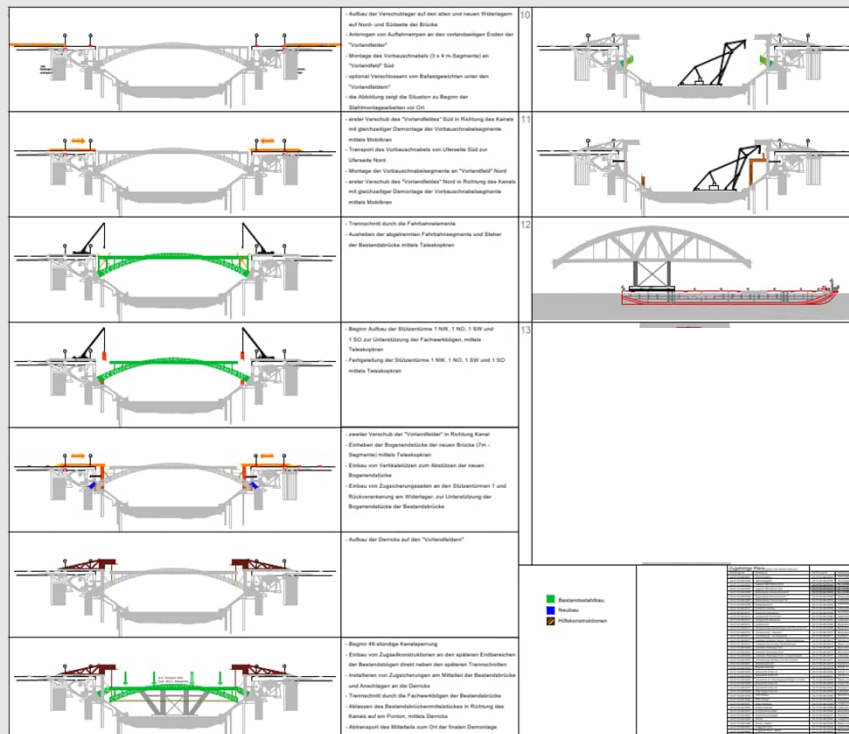


Gesamtmodell



Ausblick Brückenplanung

De- und Montage-Konzept



Für lebendige Wasserstraßen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Kontakt bei Fragen zum Ersatzneubau
der ersten Hochbrücke Levensau
Wasserstraßen-Neubauamt
Nord-Ostsee-Kanal
Telefon: 0431/ 3603-371
Telefax: 0431/ 3603-414
wna-nord-ostsee-kanal@wsv.bund.de
www.wna-nord-ostsee-kanal.wsv.de

