

Ersatzneubau der 1. Levensauer Hochbrücke

VDEI | 19. Fachtagung konstruktiver Ingenieurbau | 28.09.2023



Nord-Ostsee-Kanal

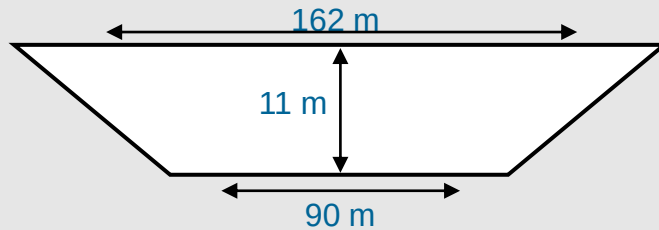
Seit seiner Eröffnung im Jahr 1895 verbindet der zwischen Kiel und Brunsbüttel verlaufende Kanal die Nordsee mit der Ostsee.

- Wesentlicher Baustein des Transeuropäischen Verkehrsnetzes
- Jährlich passieren 27.000 Schiffe mit 83 Millionen Tonnen Gütern sowie 12.000 Sportboote den Kanal (Stand 2022)
- 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

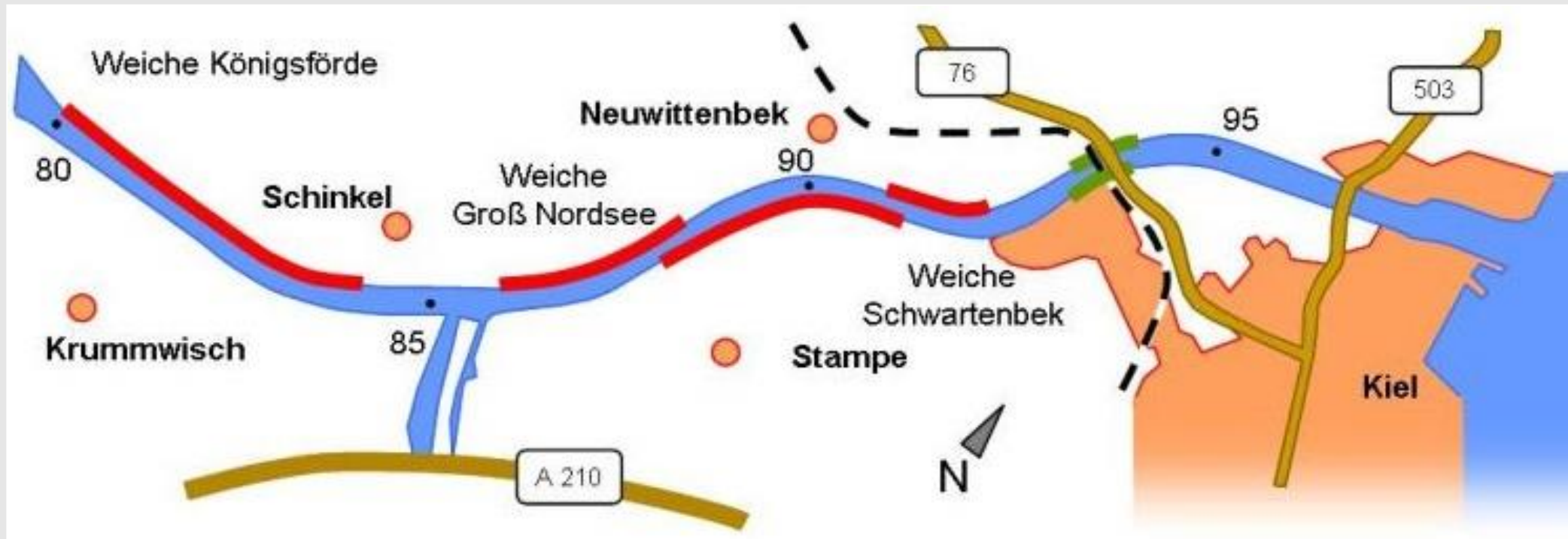
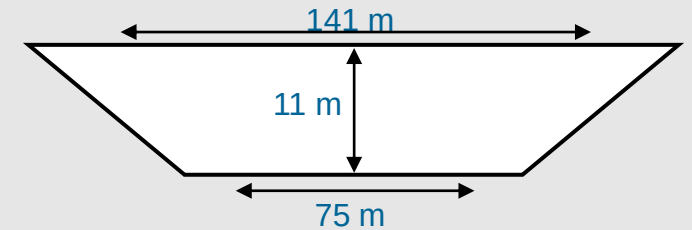


Künftige Entwicklung des NOK

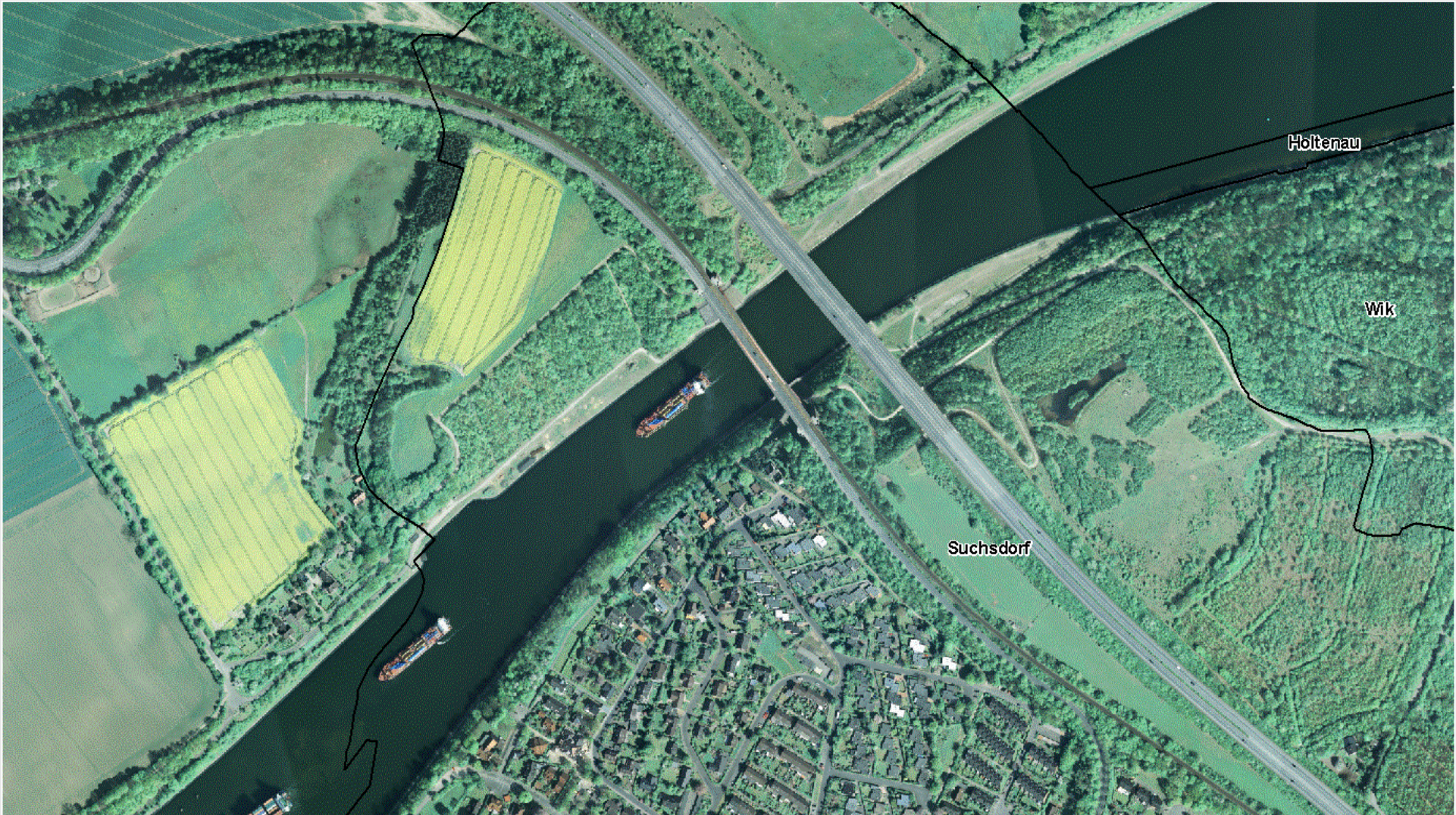
Regelprofil km 0 bis km 80
(Ausbau von 1965 – 2000)



Regelprofil km 80 bis km 94
(Ausbau laufend)



Levensauer Hochbrücke(n)



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

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:

- Anfahrtsrisiko
- 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

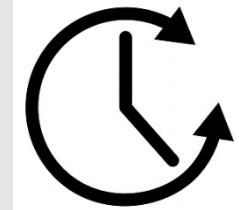
Sperrzeiten NOK und Bahnstrecke



damals



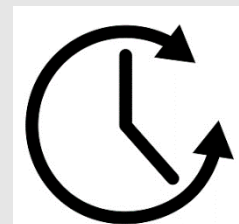
Max.



48 h



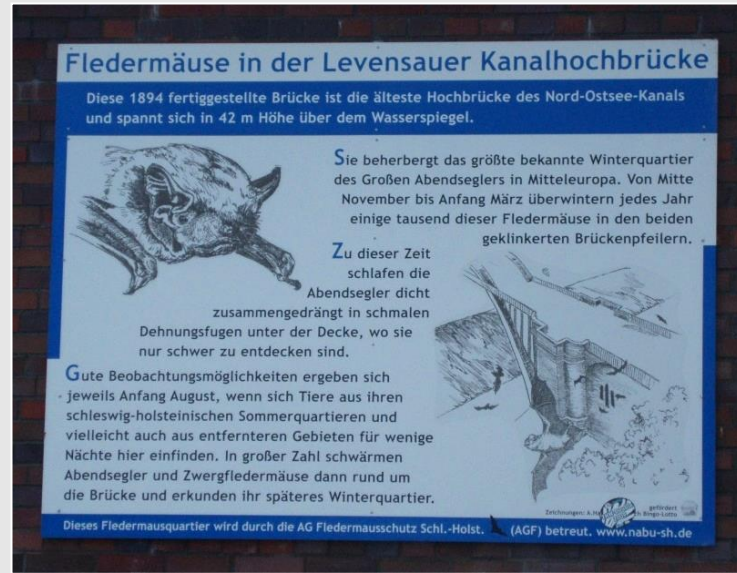
Max.



130 d

heute

Fledermaushabitat



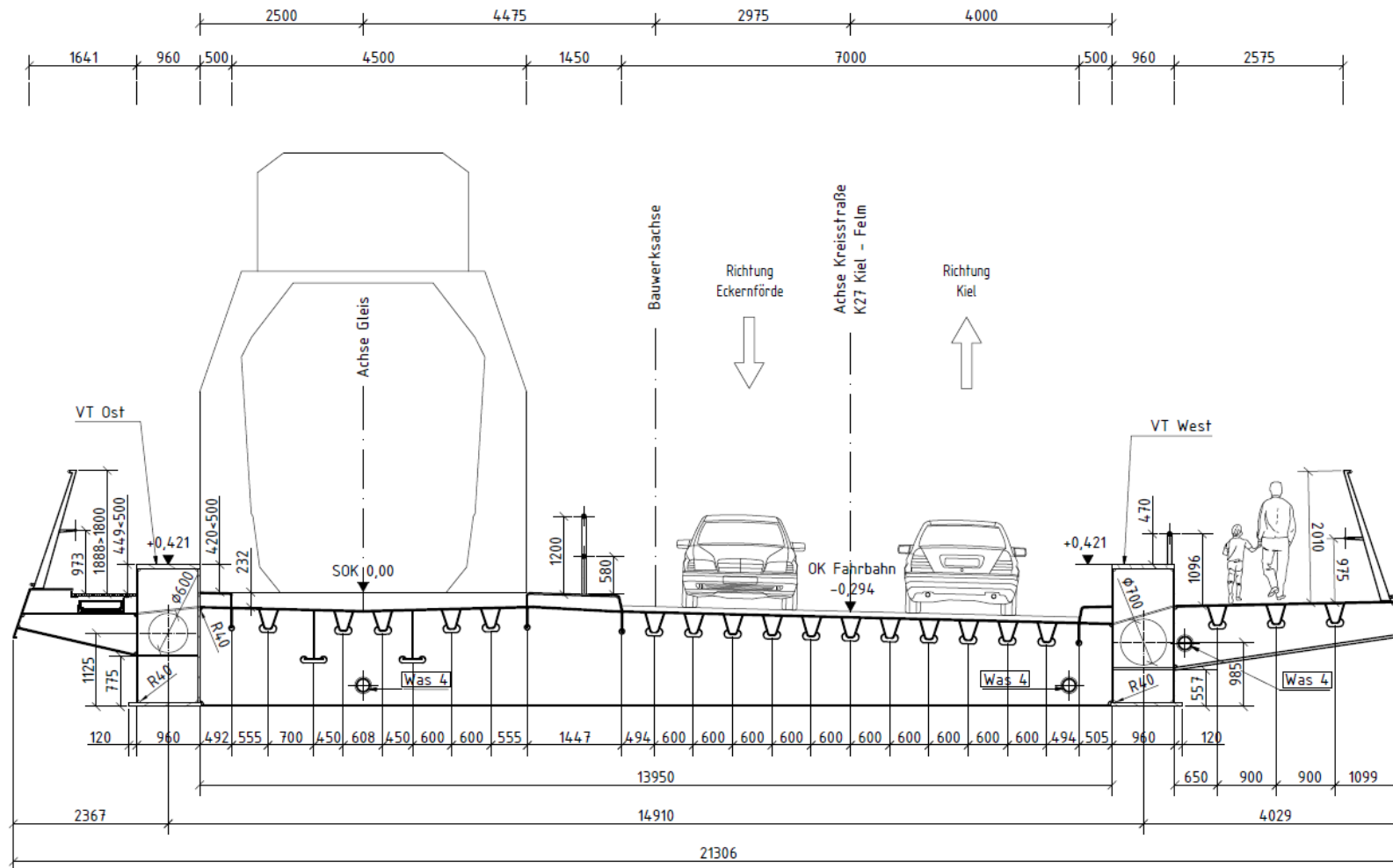
Ständige Begleiter / maßgebende Randbedingung

- 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.

Brückenplanung Visualisierungen



Brückenplanung Querschnitte



Zusammenarbeit DB Netz

Die WSV ist eine dreistufige Bundesverwaltung:

Ortbehörden	Mittelbehörde	oberste Bundesbehörde
WSA / WNA	GDWS	BMDV

Befugt und befähigt, Baumaßnahmen durchzuführen.

Grundlage: VV-WSV, nicht VV Bau

Vereinbarung zur Einhaltung der Ril, einschl. der Prozesse bei Abweichungen und Genehmigungsvorbehalten, vorhanden.

Aktueller Bautenstand



Ingenieurgemeinschaft (InGe)



WKC Hamburg GmbH
Planungen im Bauwesen
(Federführung und Sitz)



Leistungen

- Objektplanung §43 (Lph. 1-6) HOAI
- Tragwerksplanung §51 (Lph. 2-6) HOAI
- Planfeststellungsverfahren
- ÖBÜ und Bauoberleitung für Teilmaßnahmen

Firmenvorstellung WKC



Veritaskai 8
21079 Hamburg
www.wk-consult.com

Dr. Drude:

Prüfsachverständiger KIB EBA



Hochbau



Industriebau



Ingenieurbau/
Infrastruktur



Wasserbau/
Ingenieurbau



Baumanagement /
Bauwerksprüfung



Statische Prüfung

- über 150 engagierte Mitarbeiter/Mitarbeiterinnen
- zahlreiche Experten: SFI's, Taucher ...
- bei der Deutschen Bahn AG präqualifiziert für:
 - Planung von Eisenbahnbrücken.
 - Planung von Personenüber- und -Unterführungen.



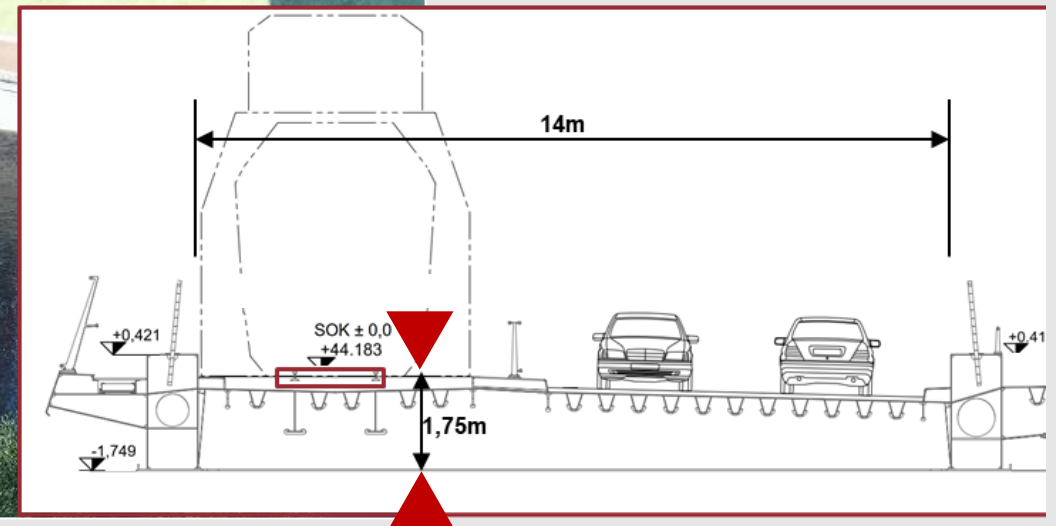
Übersicht UiG

Regelung nach	Inhalt	
Ril 804.5401 (9)	Nachweis der Eignung der Brücke für die Feste Fahrbahn	InGe
Ril 804.5101, 1, (9)	Beurteilung Feste Fahrbahn auf der Brücke (ungeregelte FF)	IB Dannenberg
Ril 820.2040, 6 (2) und 7 (2), (3)	Schienenausträge, Anordnung und Auflagerung der Schienen	IB Dannenberg
Ril 820.2040	Befestigung der Schiene und Unterguss	IB Dannenberg
Ril 804.5101 1 (6) bzw. 2 (15)	Lagerung mit mehreren Festpunkten	InGe
Ril 836.4106	Übergangsplatten am Übergang WL-Damm	InGe
Ril 804.9050	Hilfsbrückenkette am WL Nord	InGe

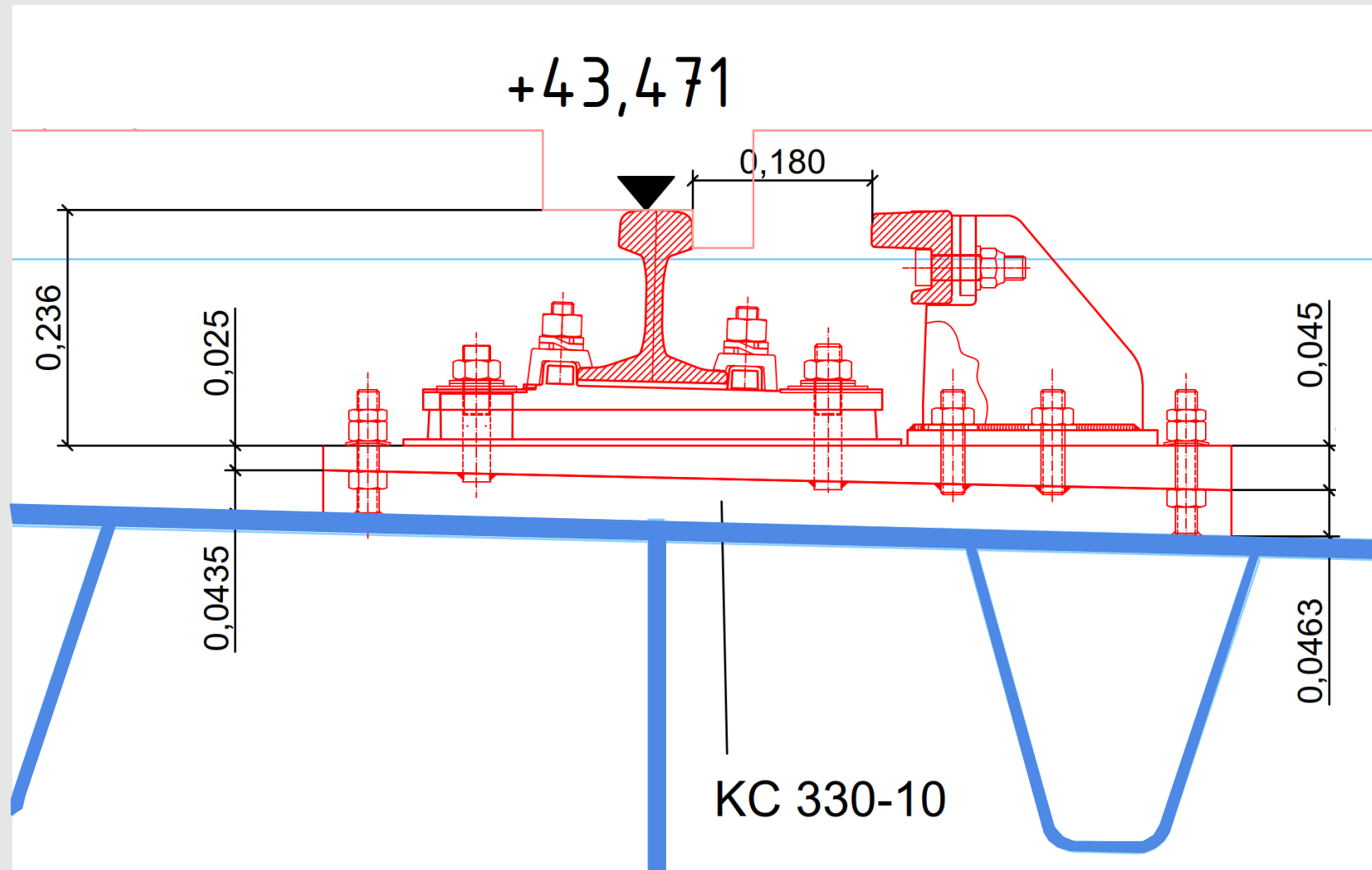
Feste Fahrbahn: Notwendigkeit aufgrund geometrischer Randbedingungen



- $V \leq 100 \text{ km/h}$
- Lichtraumprofil Schifffahrt
- Gradiente „fix“
(Dämme, Planfeststellung)
- $L_{\text{Stütz}} = 186 \text{ m}$



Feste Fahrbahn: geplante Schienenbefestigung



auf dem Überbau:

- ohne Gleistragplatte, mit direkter Schienenbefestigung auf dem Deckblech

- unregelmäßige FF

- **Nachweis:** mittels Laborprüfungen

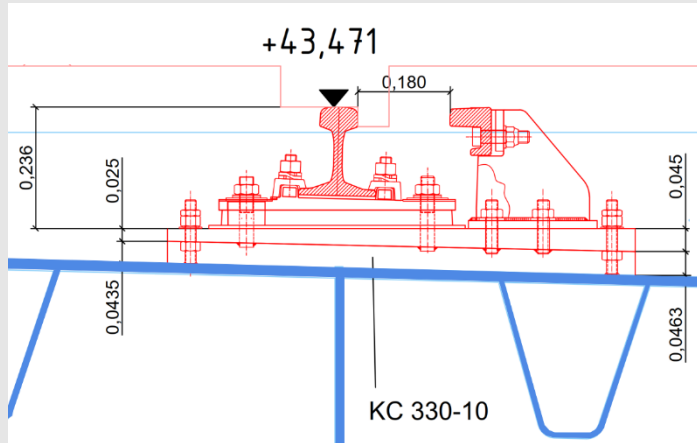
auf den Widerlagern:

Gleistragplatte, Typ „Rheda 2000“

Planung:



Feste Fahrbahn: Herausforderungen und Umsetzung



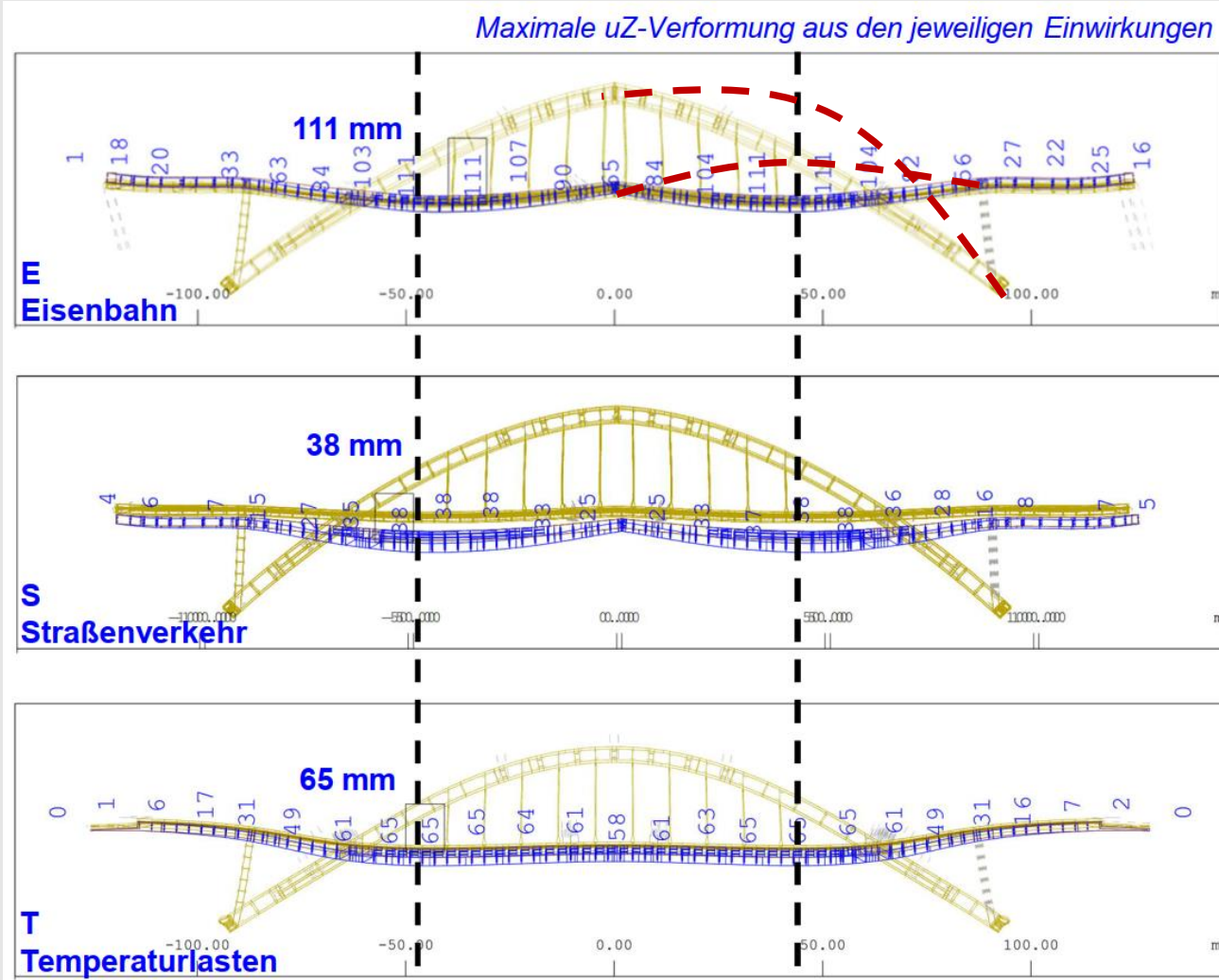
- ZIEL: Unversehrtheit des Gleises
- unmittelbare Kopplung der Schiene mit dem Überbau => „ein“ statisches System
- **hohe Sensibilität** gegenüber großen:
 - => Endtangentialdrehwinkeln
 - => Dilatationen
 - => Versätzen



Umsetzung:

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

Feste Fahrbahn: Verformungsverhalten des Überbaus



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

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

vorhanden: $u_z = L / 1.281$... **NICHT** eingehalten
(aus GZG $u_z = 1 \times E + 1,0 \times S + 0,6 \times T$)

- Vertikaler Versatz zw. Schienenstützpunkten
lt. RiL 804.5402, Abs. 5.1:

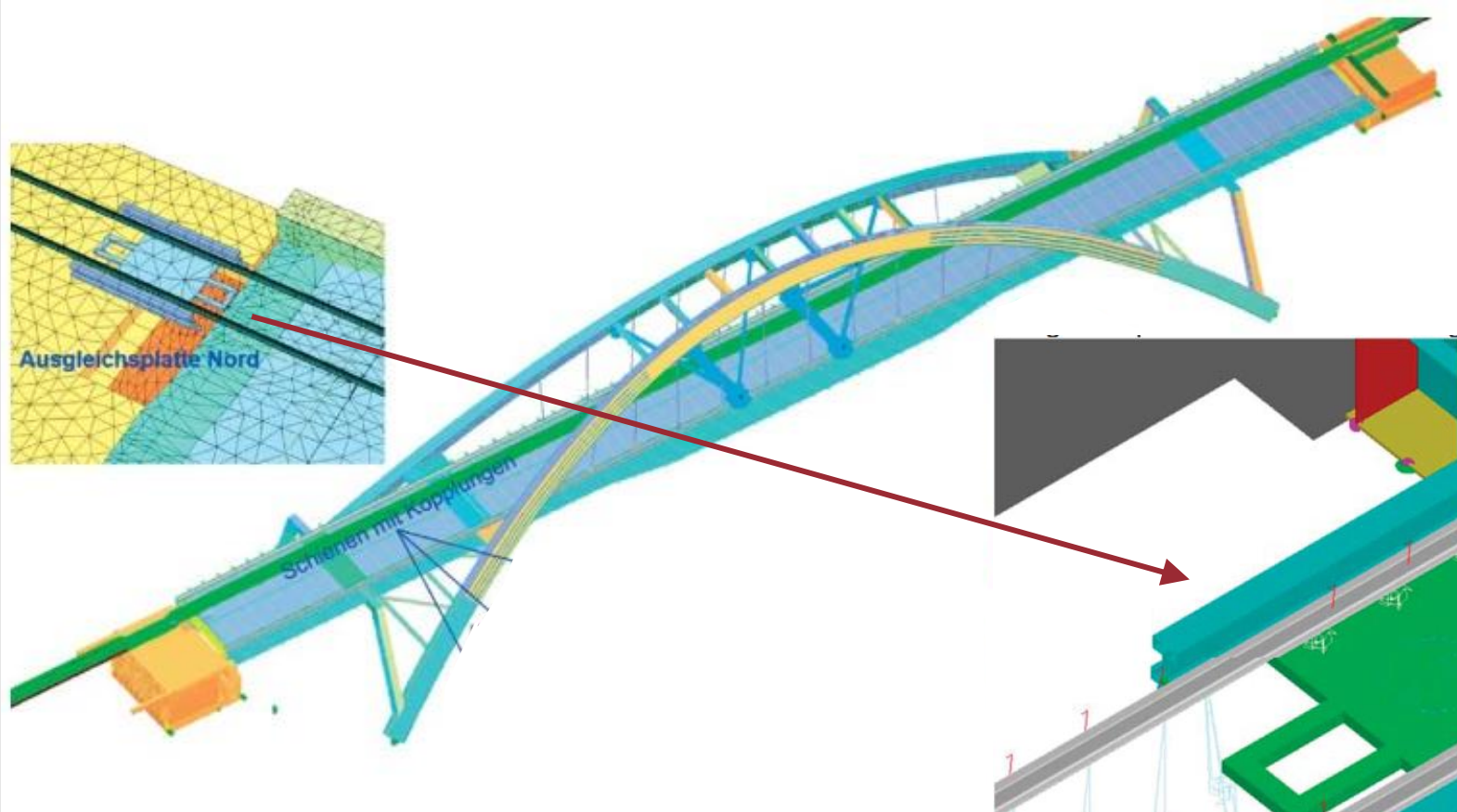
$u_z = |u_{z,\text{links}} - u_{z,\text{rechts}}| \leq 2 \text{ mm}$... **eingehalten**

- Lateraler Versatz zw. Schienenstützpunkten
an der Fuge lt. RiL 804.5402, Abs. 5.1:

$u_z = \text{ca. } \pm 2 \text{ mm} > \pm 1 \text{ mm}$... **NICHT** eingehalten

=> somit weitere Nachweise erforderlich!

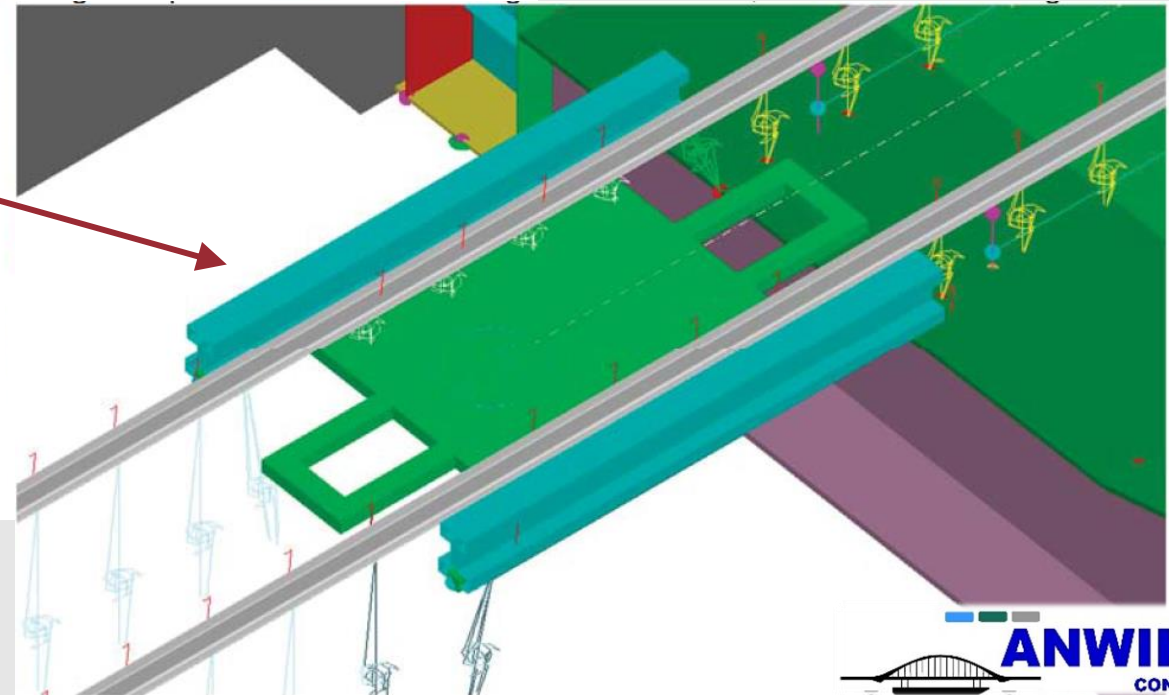
Feste Fahrbahn: Nachweisführung



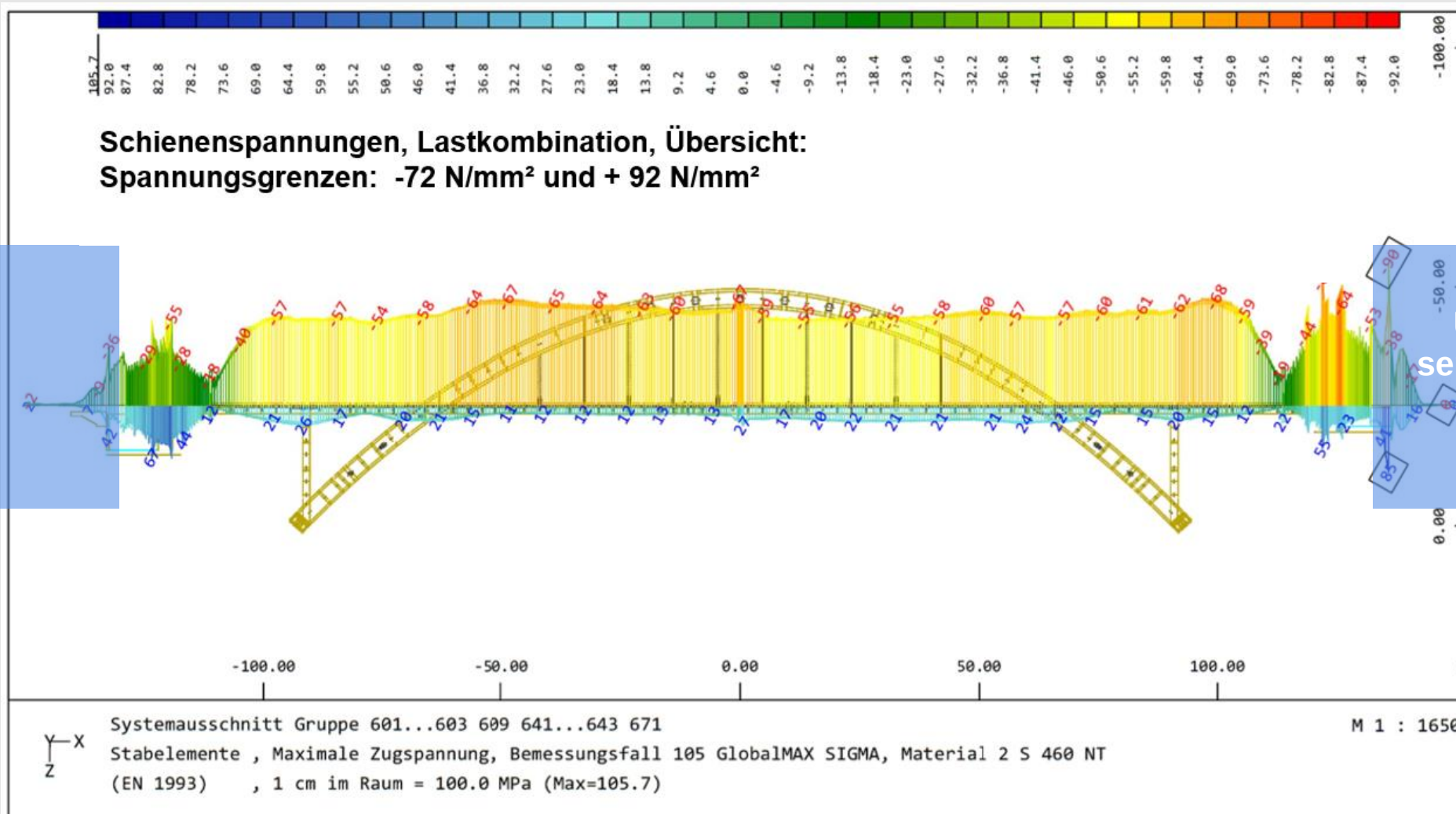
- Nachweis am Gesamtsystem (inkl. Interaktion Baugrund)
- Schienenspannungen und Schienenstützpunktkräfte

JE Kopplung Schiene – Überbau:

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

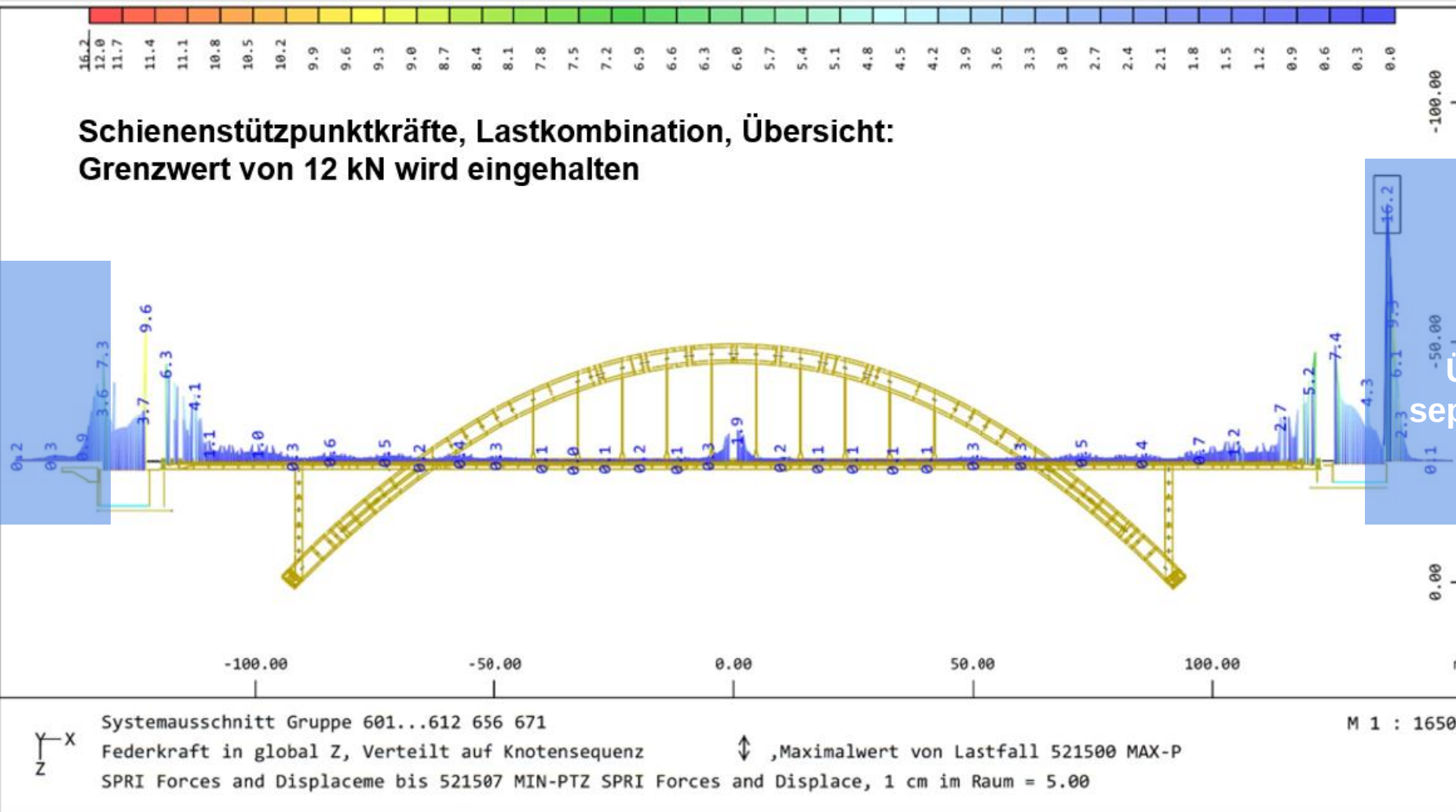


Feste Fahrbahn: Schienenspannungsnachweise



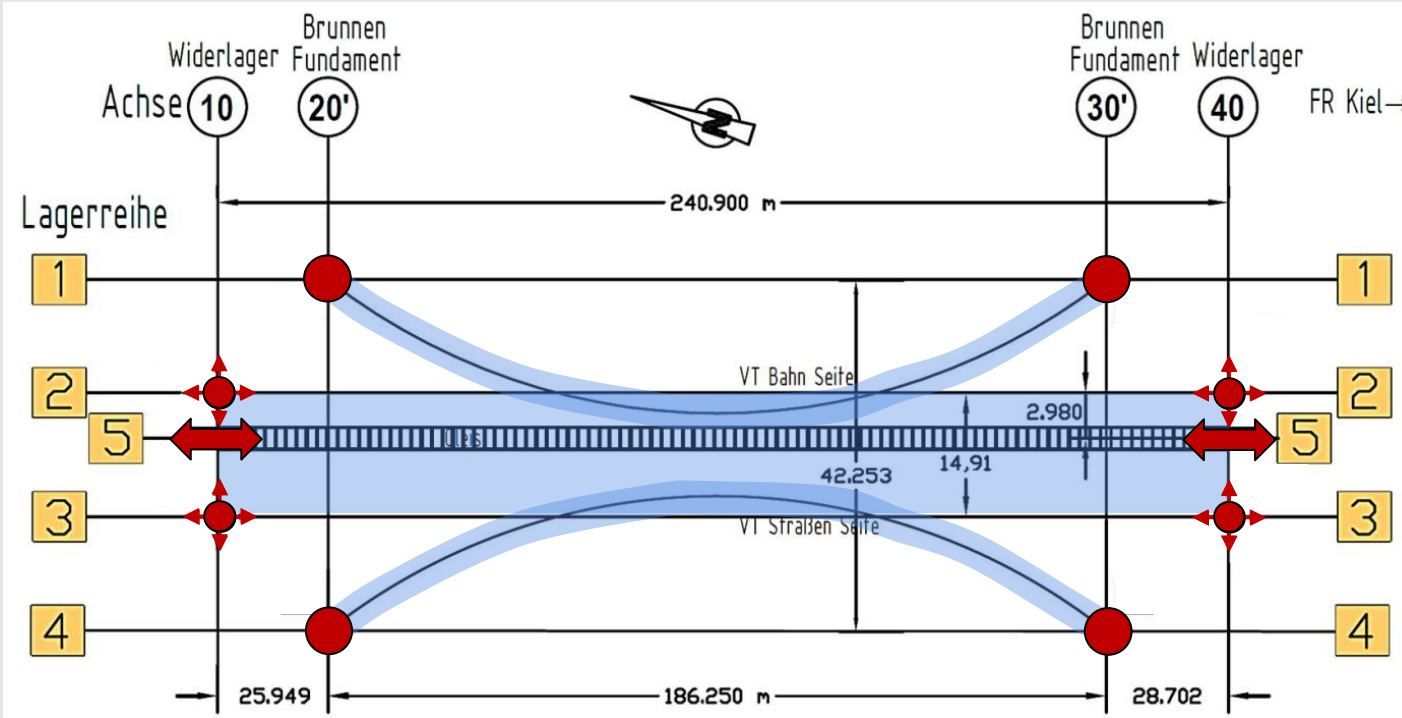
Feste Fahrbahn: Schienenstützpunktnachweise

Schienenstützpunktkräfte, Lastkombination, Übersicht:
Grenzwert von 12 kN wird eingehalten



Übergangsplatten
separat nachgewiesen

Lagerung: Konzept



- ZIEL: annähernd zwängungsfreie Lagerung

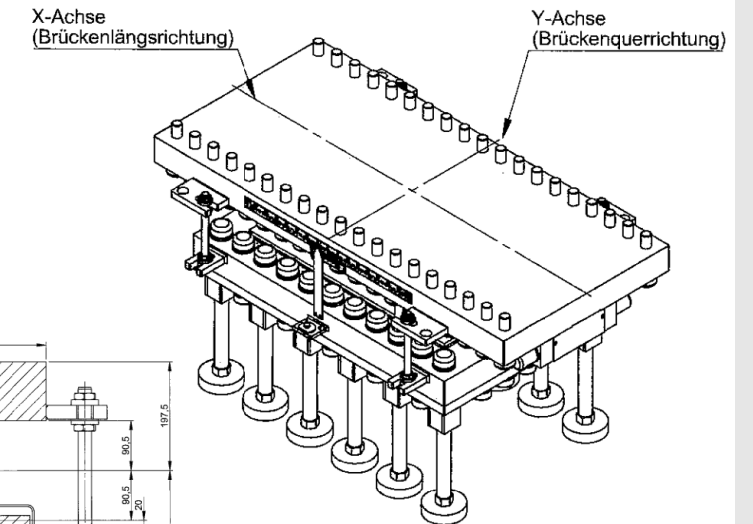
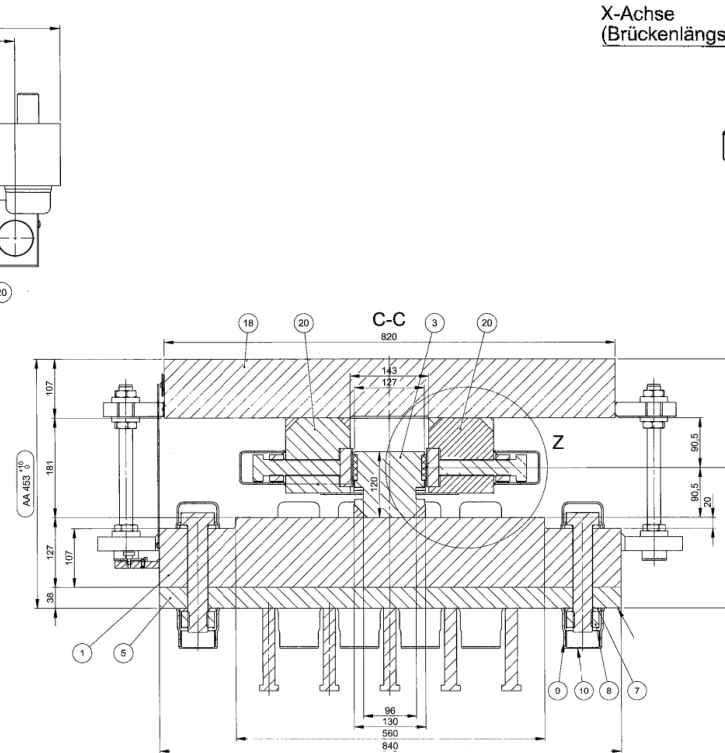
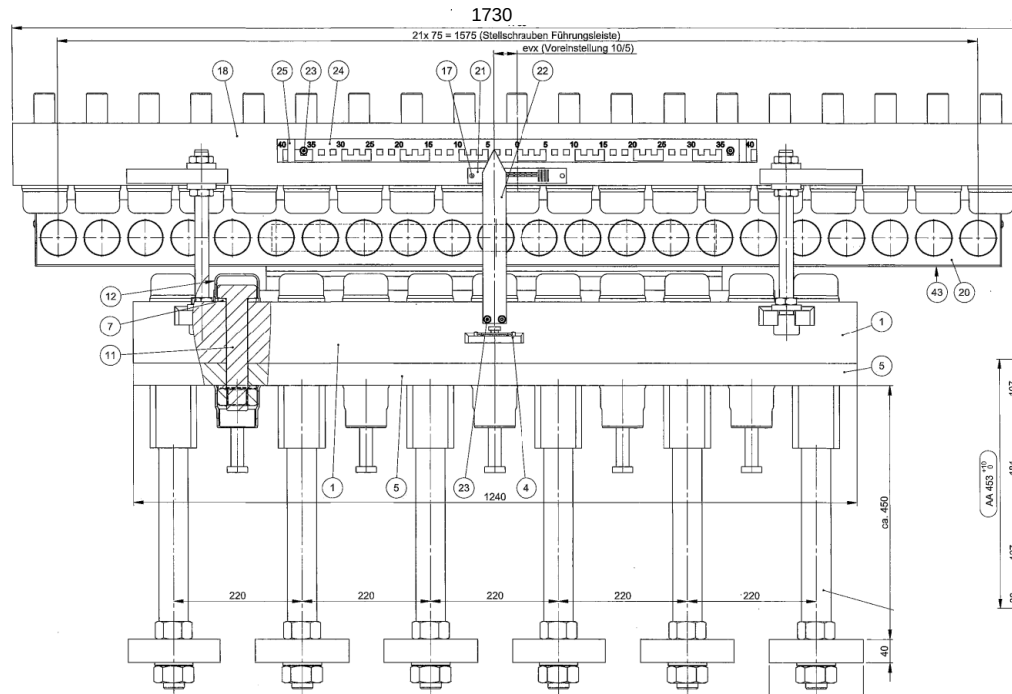
- weitere Herausforderung:
heterogener Baugrund
hohe Kriechverformungen erwartet

- 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

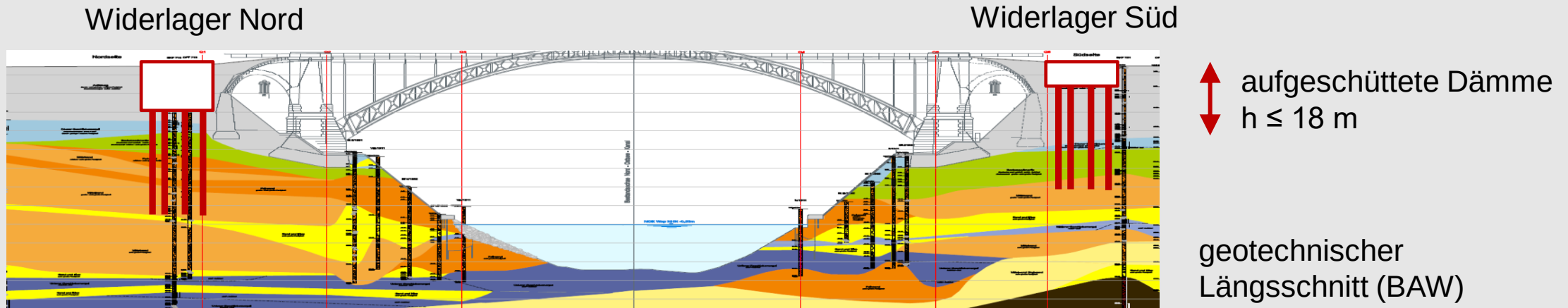
Lagerung: querfeste Lager in Gleisachse (H-Kraft-Führungslager)



Planung: Fa. Maurer

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

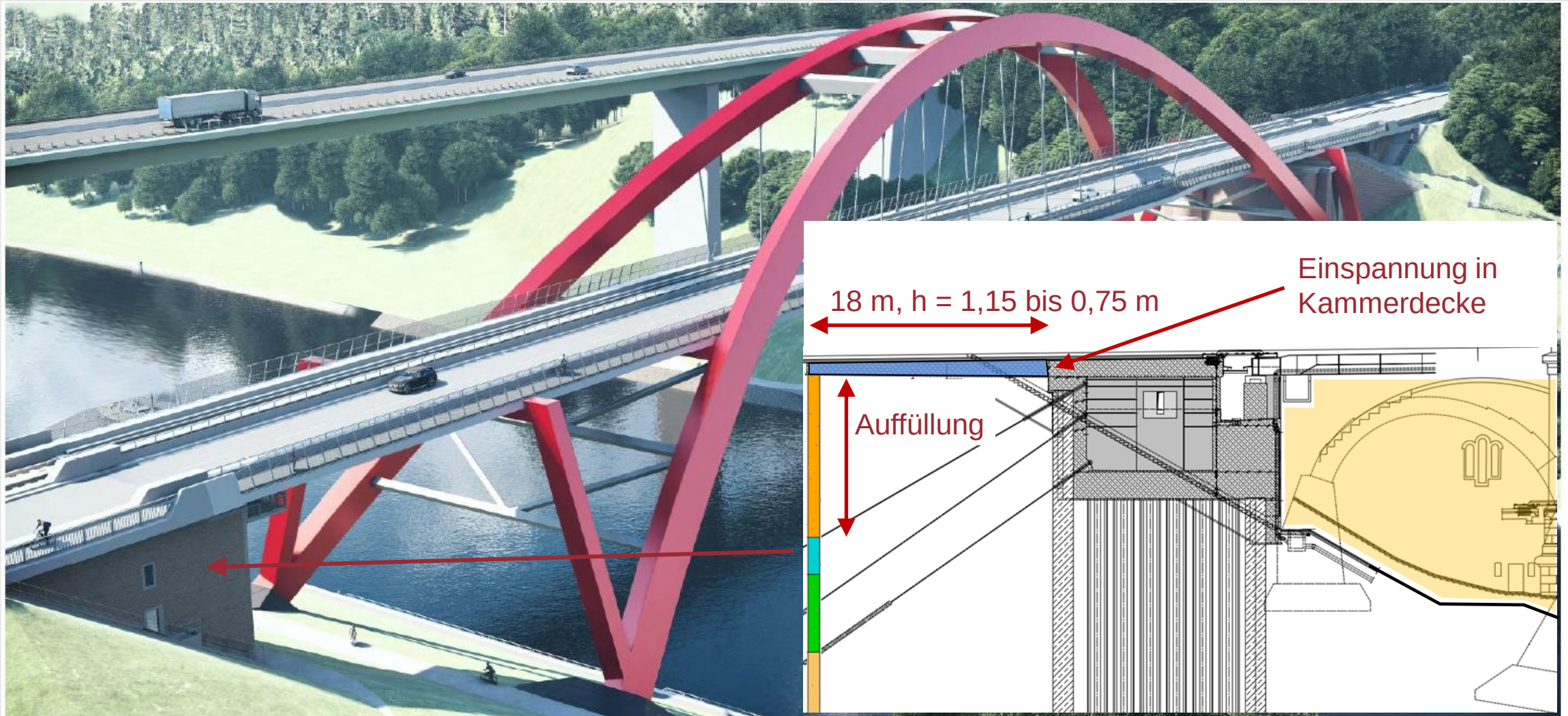
Übergangsplatten: Herausforderung Übergang Damm - Widerlager



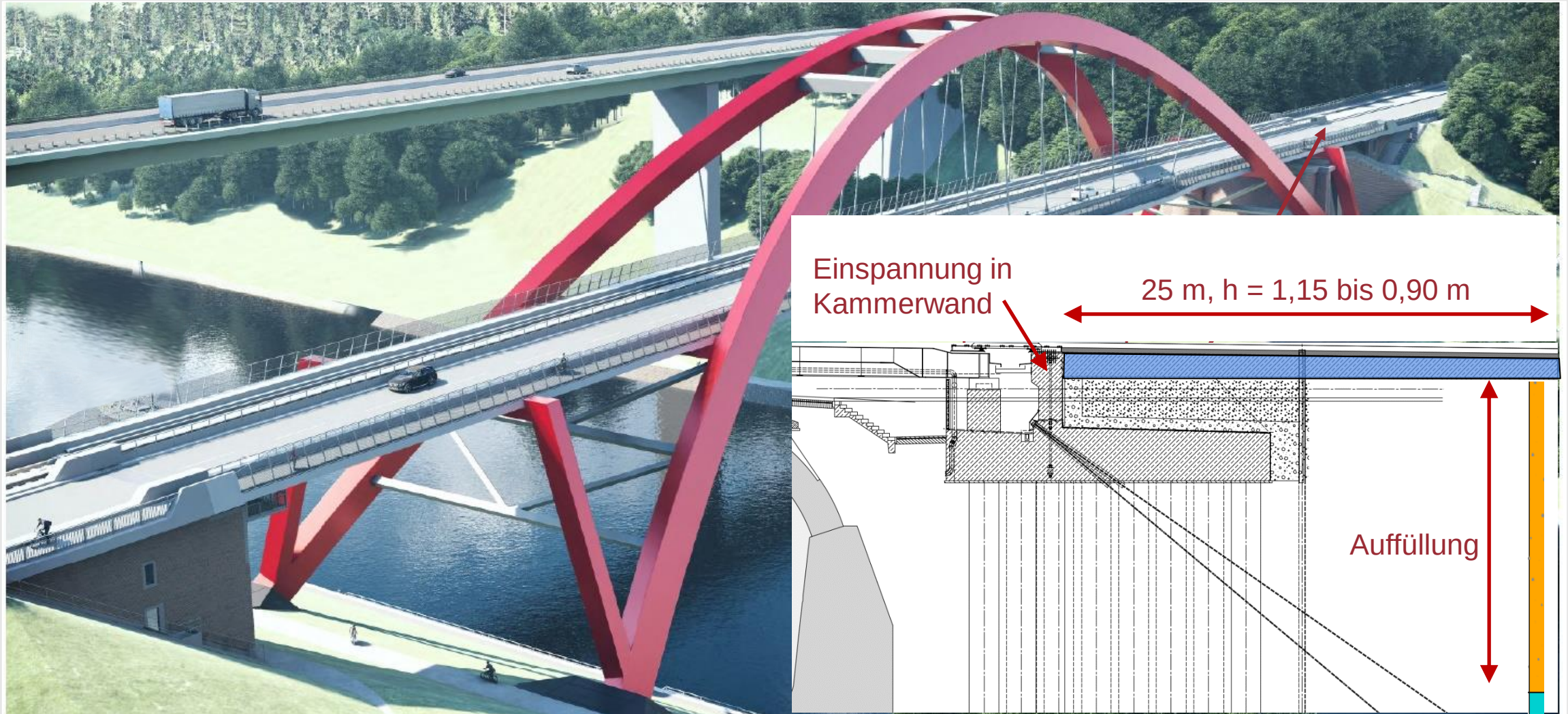
- **Feste Fahrbahn** muss über die Widerlager hinaus **fortgeführt** werden! („Rheda 2000“)
- Dämme aus locker gelagerten Auffüllungen ($E_s = 8 \text{ MPa}$)
- Es ist mit **zukünftigen** Setzungen der Dämme zu rechnen ($1 \text{ mm} / \text{Jahr}$)
- Bestandwiderlager Süd muss erhalten werden, Dämme können nicht „neu“ errichtet werden

=> **Übergangsplatten** (kontinuierlicher Steifigkeitsübergang UND Setzungsausgleich)

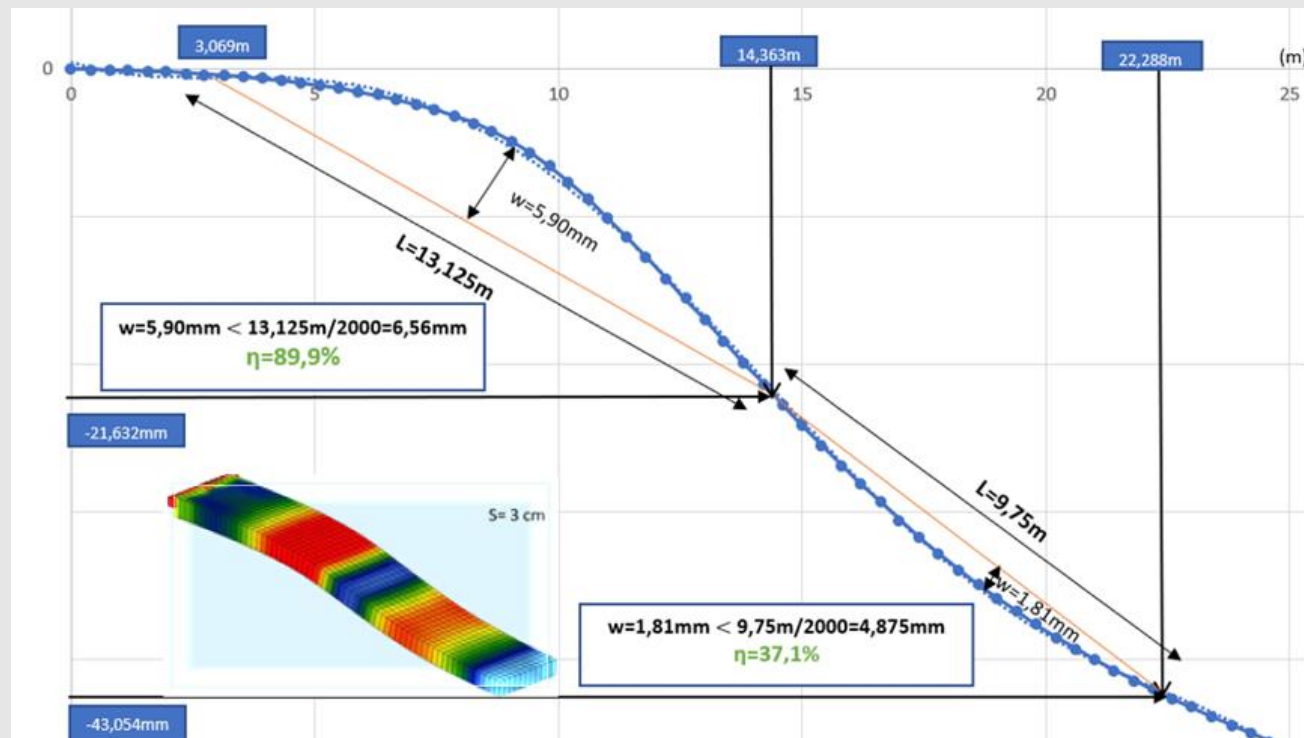
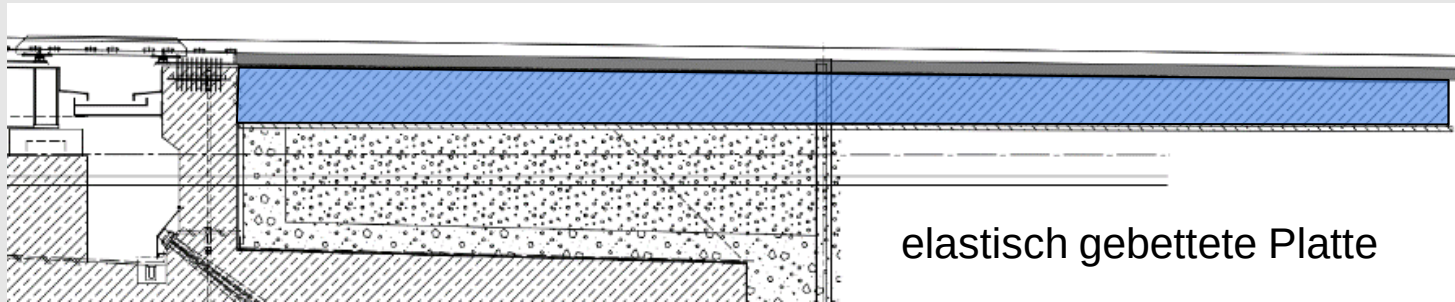
Übergangsplatte Widerlager Nord



Übergangsplatte Widerlager Süd



Übergangsplatte: Widerlager Süd, Nachweis Verformungen (Zustand II)



- für den Zustand nach 30 Jahren:

Nachweis für 30 mm Setzung
zzgl. Zugüberfahrt

=> Nachweis der Krümmung und
des Endtangentialdrehwinkels über
das Kriterium „Spannweite / 2.000“

- nach 30 Jahren:
Übergangsplatte „hochgepresst“ und
Schienenstützpunkte angepasst

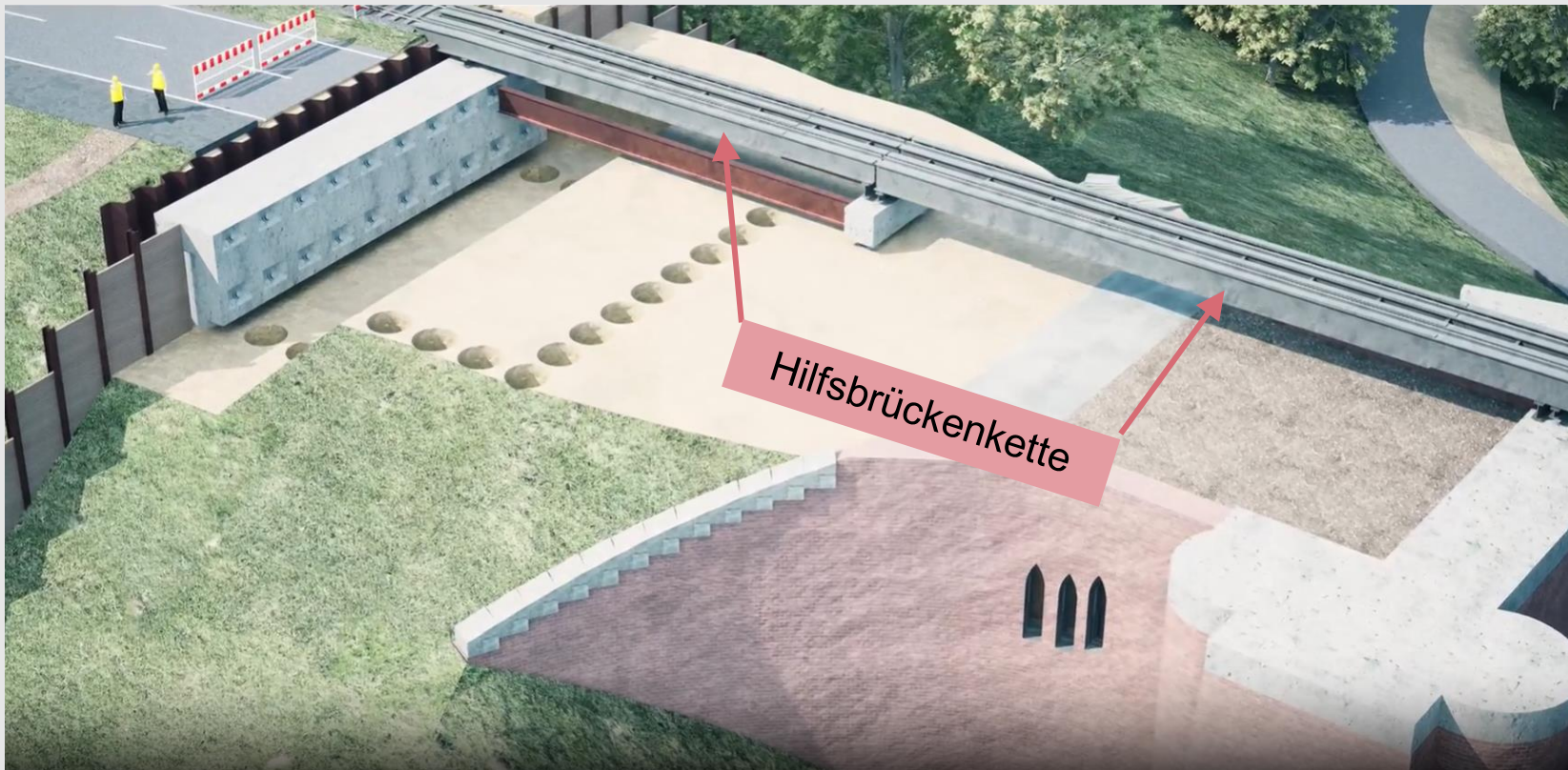
- nach weiteren 30 Jahren:
Übergangsplatte „hochgepresst“ und
Feste Fahrbahn neu hergestellt

Hilfsbrückenkette: Notwendigkeit

aus Bauablaufsimulation

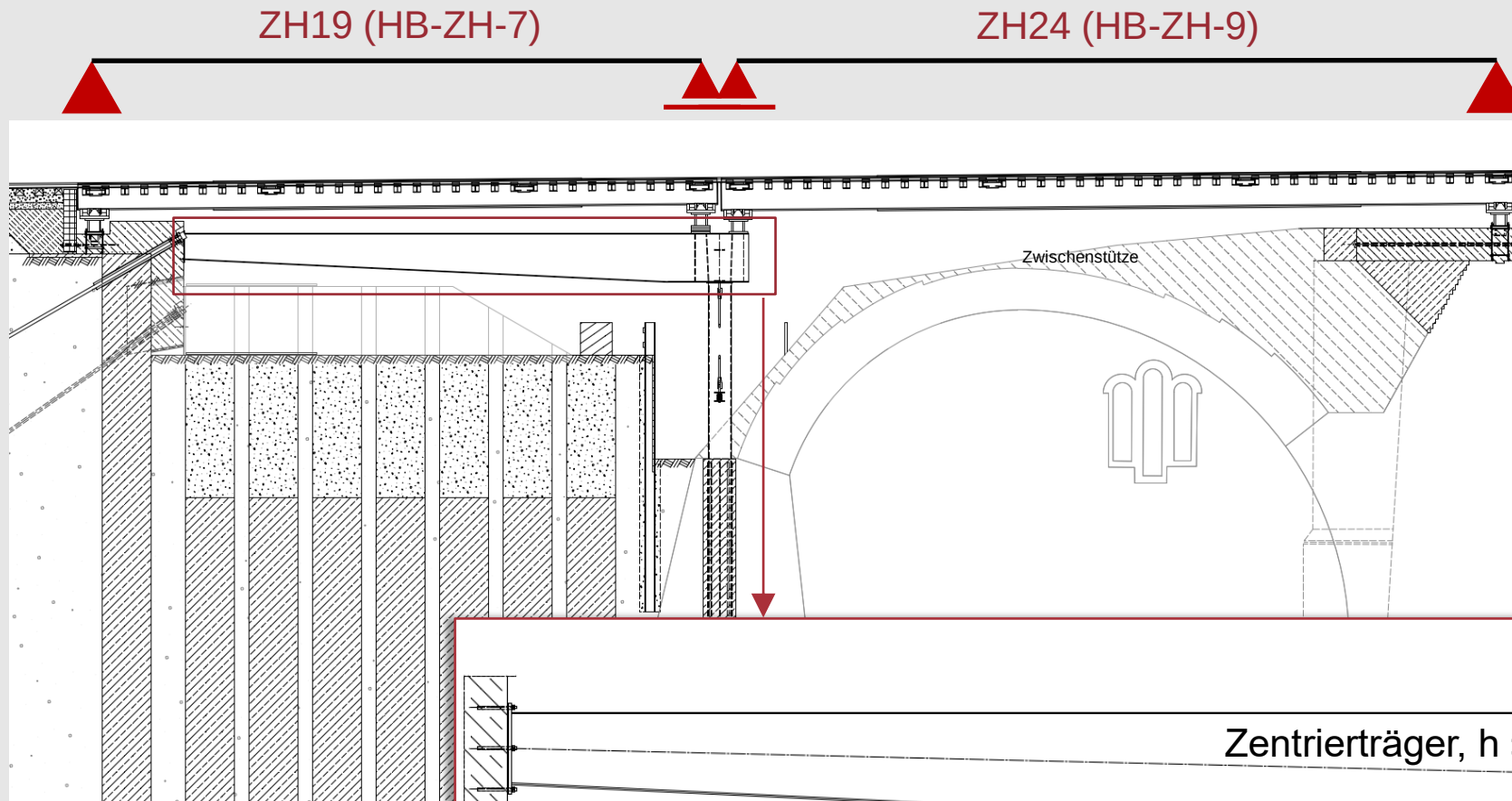
www.wk-consult.com

Videos

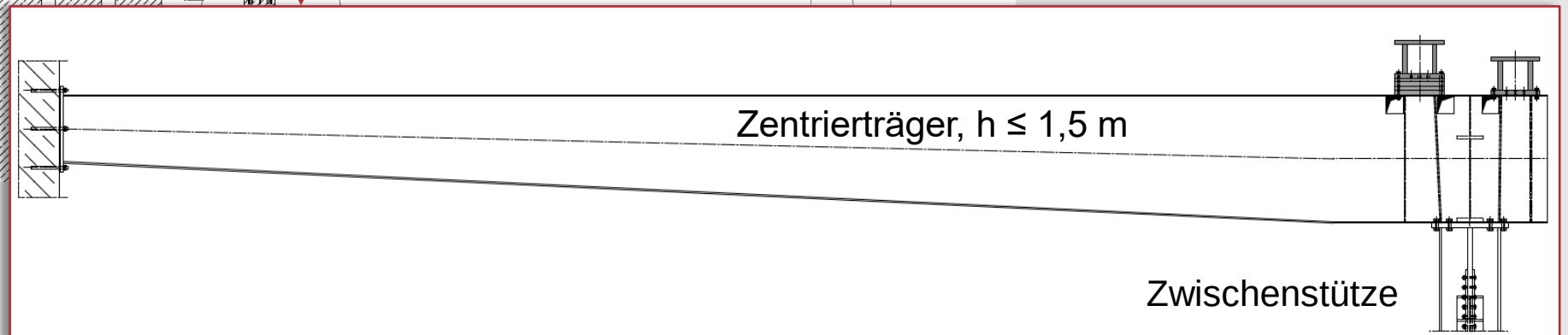


- vorgezogene Herstellung der Widerlager in 2024
- Baugrubenlänge rund 43 m
- Minimierung der Gleissperrpause auf acht Wochen

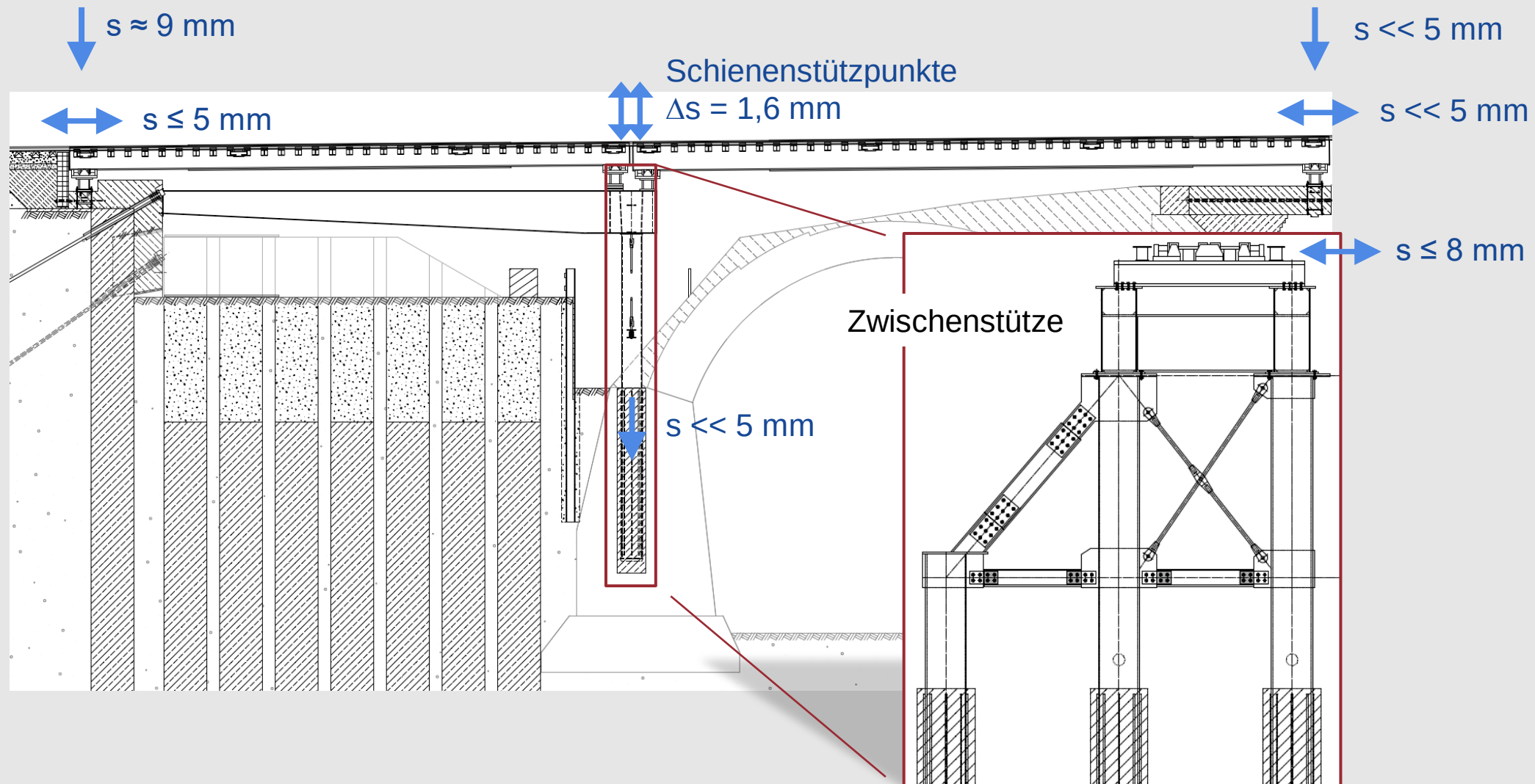
Hilfsbrückenkette: Umsetzung



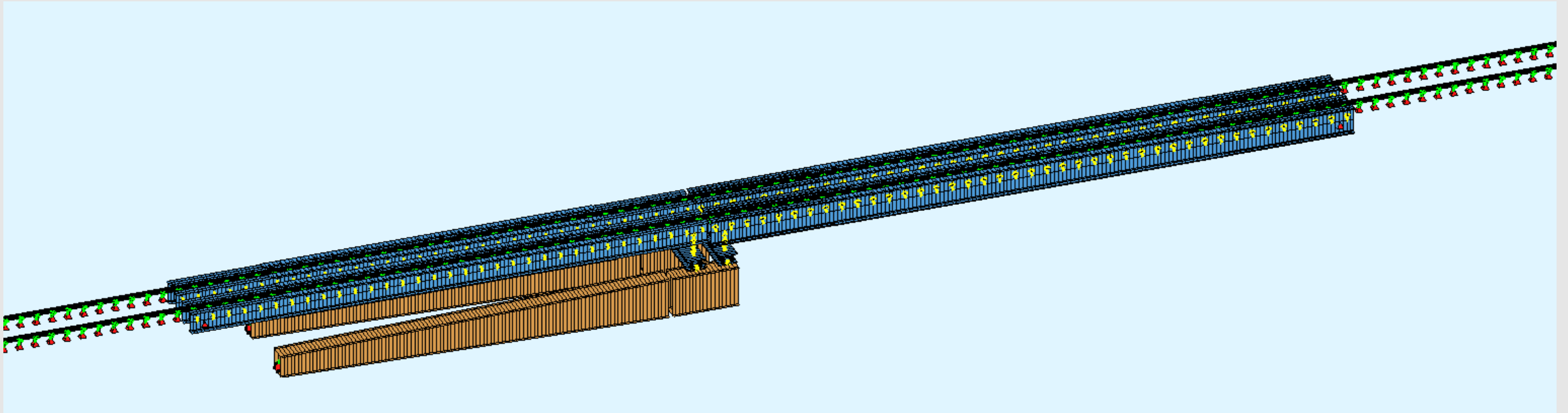
- Zwillingsträgerhilfsbrücken
- statisch bestimmte Lagerung auf STOG-Auflager= querträger (hydraulisch verstellbare Punktkippleitlager)



Hilfsbrückenkette: Umsetzung und Verformungsprognosen (Zugüberfahrt)



Hilfsbrückenkette: Stand



- Schienenspannungsnachweise zeigten Erfordernis der Schienenbefestigung mit „freiem Durchschub“
- UiG liegt seit dem 24.08.2023 vor

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



WKC Hamburg GmbH
Planungen im Bauwesen

Veritaskai 8
21079 Hamburg
andreas.meisel@wk-consult.com
www.wk-consult.com

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

