

**Harrer
Ingenieure**

Gesellschaft Beratender Ingenieure VBI mbH



Nachhaltige Holzbrücken

Holz-Carbonbeton-Verbund-Brücke Stuttgart und Franklin-Steg Mannheim

Blick auf die neue FprEN 1995-1:2025-06-04

Matthias Gerold, Timo Krämer
2025

Karlsruhe, 4. September

04.09.2025

Inhalt



- 0 Bürovorstellung: Wer und was steckt hinter HI?
1. Nachhaltigkeit von Holzbrücken
2. Brücke über den Seeblickweg
3. Franklin-Steg Mannheim
4. Carbonbeton



Harrer Ingenieure: Wer und was steckt dahinter?

Leitbild des Unternehmens

Als Beratende Ingenieur*innen erarbeiten wir nachhaltige Lösungen für Ihre Projekte – zukunftsorientiert und wirtschaftlich, in allen Baubereichen. Dabei setzen wir auf Unabhängigkeit und Gesamtverantwortlichkeit. So entlasten wir Sie von der Beratung und Planung über die Koordination und Überwachung bis hin zur technischen und wirtschaftlichen Projektbetreuung.

Das Leistungsspektrum unseres Büros reicht von der Entwicklung über die Planung bis hin zur Realisierung.



DIE ZUKUNFT BRAUCHT TRAGFÄHIGE LÖSUNGEN

Milestones

Gründung

1960 

Dipl.-Ing. Kurt Harrer gründet das Ingenieurbüro Harrer mit acht Mitarbeiter*innen.



GmbH Gründung

1992 

Das Büro wird in eine Ingenieurgesellschaft (GmbH) umgewandelt



Geschäftsführung

1995 

Dipl.-Ing. Matthias Gerold kommt als Prüflingenieur und Geschäftsführer hinzu.

ab **2011**

Hauptgeschäftsführer
35 Mitarbeiter*innen



2. Niederlassung

1997 

In Ostfildern entsteht eine zweite Niederlassung



weitere Partner*innen*innen

2009 

Erweiterung der Geschäftsführung durch Dr.-Ing. Slobodan Kasic und Dipl.-Ing. (FH) Hermann Sommer.

Milestones

3. Niederlassung

2014



In Baden-Baden kommt durch Übernahme des Ingenieurbüros Jessen eine weitere Niederlassung hinzu



Standort & Partner

2022



Der Standort Karlsruhe zieht in einen neuen Firmensitz. Erweiterung der Geschäftsführung durch Dr.-Ing. Jochen Ehmann.



Professur

2024



Dr.-Ing. Slobodan Kasic wird zum Honorarprofessor der Hochschule Karlsruhe (HKA) berufen.



weitere Partner*innen

2019



Dipl.-Ing. Marion Kleiber, Dipl.-Ing. Steven Metz und Dipl.-Ing. (FH) Roman Mieslinger erweitern die Geschäftsführung.



weitere Partner*innen

2023



Erweiterung der Geschäftsführung durch Dipl.-Ing. Samir Husnjak.

Milestones und Geschäftsführung

2025 

weitere
Partner*innen

Dipl.-Ing. (FH) Michael Bendig erweitert die nun 9-köpfige Geschäftsführung bestehend aus:

1.7.2025

1.+ 2. Hauptgeschäftsführer
Steven Metz + Marion Kleiber
über 110 Mitarbeiter*innen

- Dipl.-Ing. (FH) Michael Bendig (H)
- Dipl.-Ing. Samir Husnjak (IB)
- Dipl.-Ing. Marion Kleiber* (H)
- Dipl.-Ing. (FH) Hermann Sommer (P)
- Dr.-Ing. Jochen Ehmann* (B)
- Dipl.-Ing. Matthias Gerold* ** (H)
- Dr.-Ing. Slobodan Kasic** (B)
- Dipl.-Ing. Steven Metz (IB)
- Dipl.-Ing. (FH) Roman Mieslinger (P)



** Prüfsachverständige für Bautechnik

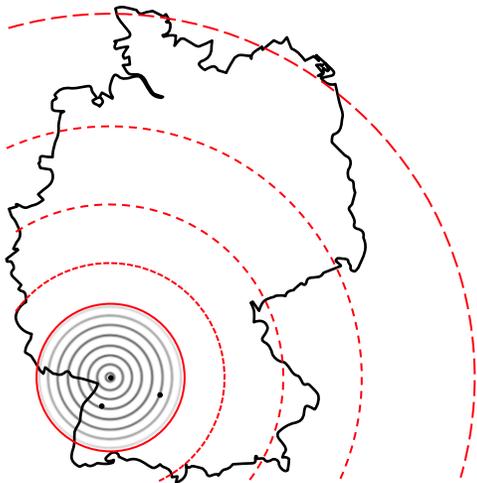
** Sachverständige des Eisenbahn-Bundesamtes

Unsere Projektstandorte

National

Deutschlandweit

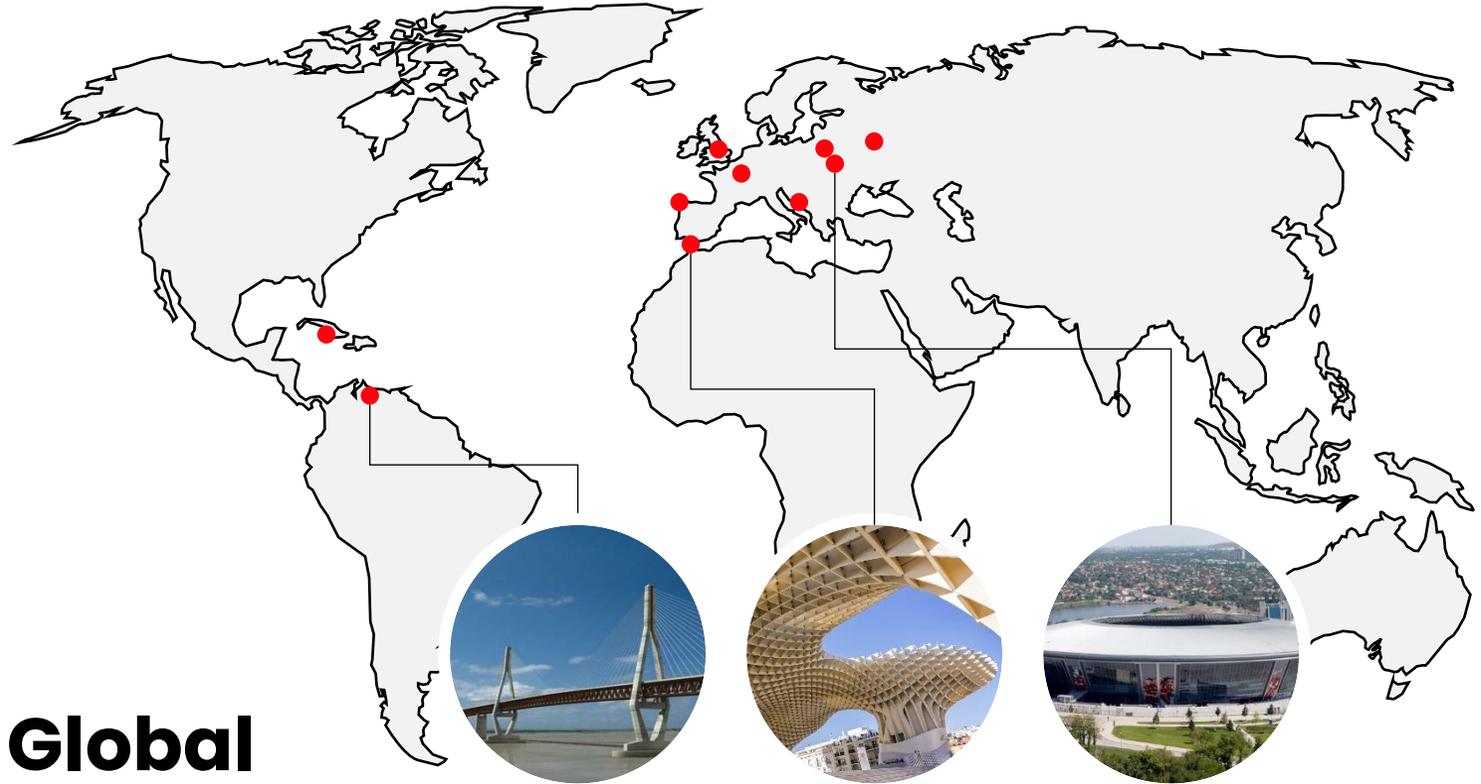
Betreute Projekte im Großraum Baden-Württemberg und deutschlandweit.



Global

International

Zu den internationalen Projekten zählen z.B.:



Sevilla – Spanien | Donezk, Ukraine | Kiew, Ukraine | La Coruna, Spanien | Moskau, Russland | Orinocobrücke, Venezuela | Split Kroatien | Paris, Frankreich | Jamaika | England (5 Standorte)

Struktur und Organisation

Hauptsitz

Zweigbüro

Zweigbüro

Karlsruhe | Baden-Baden | Ostfildern



Hoch- und Ingenieurbau

- Tragwerksplanung
- Bautechnische Prüfungen
- Bauüberwachung
- Bauherr*innenberatung
- Gerichts- und Privatgutachten
- Beweissicherungen
- Bauphysik

Brücken-, Tunnel- und Grundbau

- Objekt- und Tragwerksplanung
- Bautechnische Prüfungen
- Baumanagement Ingenieurbau
- Bauüberwacher Bahn, Technisch Berechtigter
- Erhaltungsmanagement im Straßen- und Eisenbahnbereich sowie bei Wasserstraßen

Risk Management und Sonderkonstruktionen

- Baudynamik
- Nichtlineare Berechnungen
- Destruktives Engineering (Rückbau, Sprengungen)
- Naturkatastrophen
- Risikoanalysen
- Lebensdaueranalysen
- Monitoring

Industrie- und Gewerbebau

- Objekt- und Tragwerksplanung
 - Gesamtplanungen
 - Bauherr*innenberatung
- im Industrie-, Gewerbe-, Anlagen und Kraftwerksbau sowie in der Energieversorgungswirtschaft

Projektmanagement

- Projektsteuerung
- Bauherr*innenberatung
- Objektüberwachung
- Projektleitung
- Bauherr*innenvertretung
- E-Vergabe

Sonderbereiche

Brandschutz | VgV-Verfahren | Planungswettbewerbe | Sicherheits- und Gesundheitskoordinator | BIM

Bürovorstellung

Alle Baustoffe – in Praxis, Forschung + Entwicklung, Normung und Lehre



2005
Glasstufen
aufgelagert in
angehängte
Glasegeln (unten)
und Brüstung (oben)



Mitautoren
M. Gerold,
F. Kümmerle



SKAIO (10-geschossiges
Wohngebäude) zur BUGA
Stadtsiedlung Heilbronn (D)

KARLA Verwaltungs- und
Schulungszentrum für das
Landratsamt Karlsruhe (D)

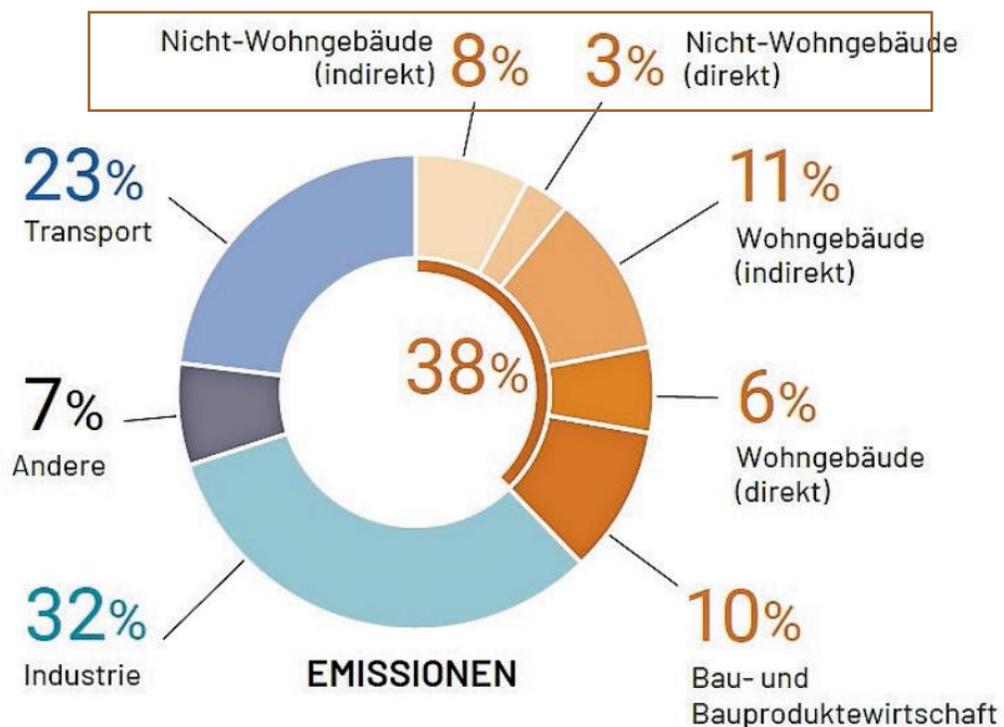


1. Nachhaltigkeit

Allgemein Holzbrückenbau

Nachhaltigkeit im Allgemeinen - Emissionen

Der Bausektor verursacht:



Anteil der Bauwirtschaft an den globalen CO2-Emissionen nach Rosenberger

Nachhaltigkeit im Holzbrückenbau: Dauerhaftigkeit; Nutzungsdauer

Grundsätzlich guter baulicher Holzschutz („geschützt“ – siehe DIN 68800)



Lucern (CH), 1333



Ablösungsbeträge-Berechnungsverordnung 03/2010 (Auszug ABBV)

		m [Jahre]	p [v.H.]	Erläuterungen: m - Theoretische Nutzungsdauer [Jahre] p - Prozentsatz der jährlichen Unterhaltungskosten [%]
1. Brücken				
1.2 Überbauten aus Holz				
1.2.5				
1.2.5.1 für Geh- und Radwege (nicht geschützt)		30	2,5	DIN 68800-2: Holzfeuchten über u = 24 %
1.2.5.2 für Geh- und Radwege (geschütztes Haupttragwerk)		60 [80] (80)	2,0 [1,0] (1,0)	Die blauen Klammerwerte stammen aus deutschen Untersuchungen [GEROLD 2006] Die violetten Klammerwerte stammen aus österreichischen Publikationen [LIGNUM]. → ASFINAG / ASTRA
1.2.5.3 für Straßen (geschütztes Haupttragwerk)		60 [80] (60)	2,0 [1,3] (1,0)	Holzfeuchten ca. 15 % < u < 18 % (FprEN 1995 20 %)



Wangen (CH), 1550



Bad Säckingen (D) / Stein a.R. (CH), 1570

Ganzheitlich gesehen:
gleiche Bewertung
wie andere Werkstoffe

→ Lebensdauer (dann) deutlich über 100 Jahre !

Nachhaltigkeit im Holzbrückenbau

Umsetzung Design Service Life T_{if} aus EN 1990:2023 in FprEN 1995-2:2025-06-04



FprEN 1995-2, Table 4.1 (NDP) – Categories for Timber Bridges and parts of timber bridges based on their design service life

	Category of timber bridges and parts of timber bridges	Design Service Life, T_{if} [years] ^a	Service class (SC)	Nutzungsdauer
1	Protected timber bridges (see 4.1.2.2)	100	2 (should)	Infrastrukturprojekte
2	Timber bridges with reduced protection (see 4.1.2.3)	50	3 (should)	Hochbau
3	Replaceable structural parts (of rows 1 and 2) ^b (see 4.1.2.4) ^b	25	3 (should)	Hoch- und Brückenbau
4	Temporary structures and unprotected timber members of timber bridges ^c (see 4.1.2.5)	≤ 10	3 (shall)	Hoch- und Brückenbau

^a The design service life for bridges is given in EN 1990:2023, Table A.2.2 (NDP).
^b See 4.1.2.4(5) and (6) for durability specifications for steel components.
^c See also EN 1990:2023, Table A.2.2 (NDP) footnote c. for treatment of structures that can be dismantled and reused.

Holzfeuchte in **Nutzungs-klasse (SC) 2** : $\omega_{max} \leq 20\%$ -
 enthält eine **Sicherheitsmarge** (Messtoleranzen,
 Fasersättigung je nach Holzart zwischen 24 % und 32 % Gleichgewichtsfeuchte
 und
 $\omega_{max} \leq 24\%$ für einzelne Tage von insgesamt 3 Monate im Jahr)

Harrer Ingenieure: Normungsarbeit & Forschungsvorhaben im Holzbau



Dipl.-Ing. Matthias Gerold

Mitarbeit europäisch wie national zum neuen „Eurocode 5 — Bemessung und Konstruktion von Holzbauten“



CEN/TC 250

- ▶ CEN/TC 250/HGB
- ▶ CEN/TC 250/SC 0 – SC 1
- ▶ CEN/TC 250/SC 2 – SC 4, SC 6 – SC 9 Evolution-of-Eurocodes
- ▶ CEN/TC 250/SC 5 (Head of German Delegation)
 - SC5/SG - AdHoc-Group Durability
 - SC5/TG – Corrosion
 - WG 1_CLT
 - WG 2_TCC
 - WG 3_Cluster (Marion Kleiber)
 - WG 4_Fire
 - WG 5_Connections (Marion Kleiber)
 - WG 6_Timber-Bridges (Convenor)
 - WG 7_Reinforcement
 - WG 8_Seismic
 - WG 9_Execution
 - WG 10_Basis of design and materials
 - WG 11_FE-Guidelines for timber structures
 - WG 12_Assessment and retrofitting of existing structures (Michael Bendig)
- ▶ CEN/TC 250/SC 8/WG 5
- ▶ CEN/TC 346 Conversation-of-Cultural-Heritage
- ▶ CEN/TC 124/WG 5 (seit 1988 themenbezogen immer wieder)

DIN NA Bau – NA 005-04-01 AA Spiegelausschuss Holzbau

- ▶ NA 005-04-01-01 AK DIN-EN-1995 (Vorsitzender) u.a. > AdHoc Gruppe Nagelplatten
 - 01-01AK_Leitungsteam
 - 01-10-AK_Basis-of-design-and-materials
 - 01-11AK_CLT_Cross-laminated-timber
 - 01-12AK_TCC_Holz-Beton-Verbund (mit Anja Husel)
 - 01-13AK_Cluster_Stability_Diaphragm (Marion Kleiber)
 - 01-14AK_Structural-Fire-Design
 - 01-15AK_Connections-and-fasteners (Marion Kleiber)
 - 01-16AK_Timber-bridges
 - 01-17AK_Reinforcement
 - 01-18AK_Seismic (Judith Fuhrmann)
 - 01-19AK_Execution
 - 01-20 Basis of design and materials
 - 01-21 Structural analysis / FEM
 - 01-22 AK Bewertung und Ertüchtigung bestehender Holzkonstruktionen (Michael Bendig)
- ▶ NA 005-04-01-03 AK Holzwerkstoffe, Schnittholz
- ▶ NA 005-04-01-04 AK Geklebte-Produkte
- ▶ NA 005-04-01-05 AK Vorgefertigte Bauteile
- ▶ NA 005-04-01-06 AK Holzschutz
- ▶ NA 005-04-01-07 AK Verbindungsmittel
- ▶ NA 005-04-01-08 AK Seismic
- ▶ NA 005-04-01-09 AK Auslegung von Normen
- ▶ NA 005-04-01AA DIN-EN-1995
- ▶ NA 005-04-01AA Adhoc-Gruppe Konvergenz > NA 005-04-07AA Holzmastenbauart
- ▶ NA 005-04 FBR Holzbau Lenkungsgremium Fachbereich 4
- ▶ NA 005-51-06 AA DIN-EN-1998 > NA 005-52-22-02AK Brandschutz
- ▶ NA 005-57-05 AA Seismic Bridges
- ▶ NA 005-57 FBR-Brücken_KOA-07
- ▶ NA 042-03-06 AA Holzschutz
- ▶ NA 042BR-02 SO Nachhaltige Ressourcennutzung > TA-BSH

Normungsarbeit: Holzbrücken in Erdbebengebieten, Holzbrückentypen

FprEN 1998-2, Table C.1 – Examples of Structural Types of Timber Bridges (Auszug; Beispiele)



	<p>j-b) Large span truss bridges $L \leq 150$ m</p>	<p>Not applicable</p>	<p>Single-span girder</p>
	<p>j-b) Lattice-truss bridges (tunnel) with carpentry joints $L \leq 90$ m</p>	<p>Not applicable</p>	<p>Single-span girder</p>
	<p>k-b) Hollow-box-girder bridges $L \leq 80$ m</p>	<p>Not applicable</p>	<p>Single-span girder</p>
<p>Section A-A</p>	<p>k-b) T-beam and box girder bridges with stress-laminated timber deck (materials see EN 1995-2:2021, Figure 8.1) $L \leq 25$ m</p>	<p>Not applicable</p>	<p>Single-span or continuous girder</p>
	<p>k-b) Stressed ribbon bridges $L > 150$ m</p>	<p>j) Large-span timber truss portal frame structures</p>	<p>Continuous girder</p>
	<p>l-b) Cable-stayed bridges / Construction with pylons 50 m $\leq L \leq 200$ m</p>	<p>Not applicable</p>	<p>Continuous girder</p>

Normungsarbeit: Holzbrücken in Erdbebengebieten

FprEN 1998-2, Table C.1 – Examples of Structural Types of Timber Bridges (Auszug; Beispiele)



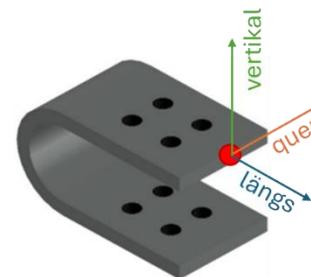
	e-b) Struttet (or truss) frame bridges with dowel-type connections $L \leq 50$ m	e) Braced frame structure with dowel-type connections (longitudinal direction of the bridge)	Multi-span girder; joints between girder and piers with dowel-type fastener connections / fastener plasticization
--	---	--	---



	i-b) Tied-arch bridges $L \leq 40$ m;	i) Two-pin and three-pin arches, three-pin frames and dome structures	Single-span girder
	Suspension bridges $L \leq 50$ m;		
	Arch bridges with or without hangers $L \leq 90$ m;		
	Spandrel-braced bridges $L \leq 90$ m		



UFPs (U-shape Flexural Plate) in Kombination mit bewehrten Elastorerlagern



Type of ductile members	DC1	DC2		
	$q = q_s$	q_R	q_D	$q = q_s \ q_R \ q_D$
d-b) Integral abutment bridges, moment-resisting-frame structures including portal frames	1,5	1,1	1,3	2,2
e-b) Struttet (or truss) frame bridges with dowel-type connections, timber piers, horizontal bracings of bridges	1,5	1,0	1,3	2,0
f-b) Timber pier fixed on foundation	1,5	1,1	1,2	2,0
h-b) Crossings, draw bridges	1,5	n.a.	n.a.	n.a.
i-b) Tied-arch bridges, suspension bridges, arch bridges with or without hangers, spandrel-braced bridges	1,5	n.a.	n.a.	n.a.
j-b) Large-span truss bridges, lattice-truss bridges (tunnel) with carpentry joints	1,5	n.a.	n.a.	n.a.
k-b) Hollow-box-girder bridges, T-beam and box girder bridges with stress-laminated timber deck, stress ribbon bridges	1,5	n.a.	n.a.	n.a.
l-b) Cable-stayed bridges	1,5	n.a.	n.a.	n.a.



EN 1998-2, Table C.2 – Values of q for timber bridges

1. Nachhaltigkeit

Konstruktiver Holzschutz

Nachhaltigkeit im Holzbrückenbau

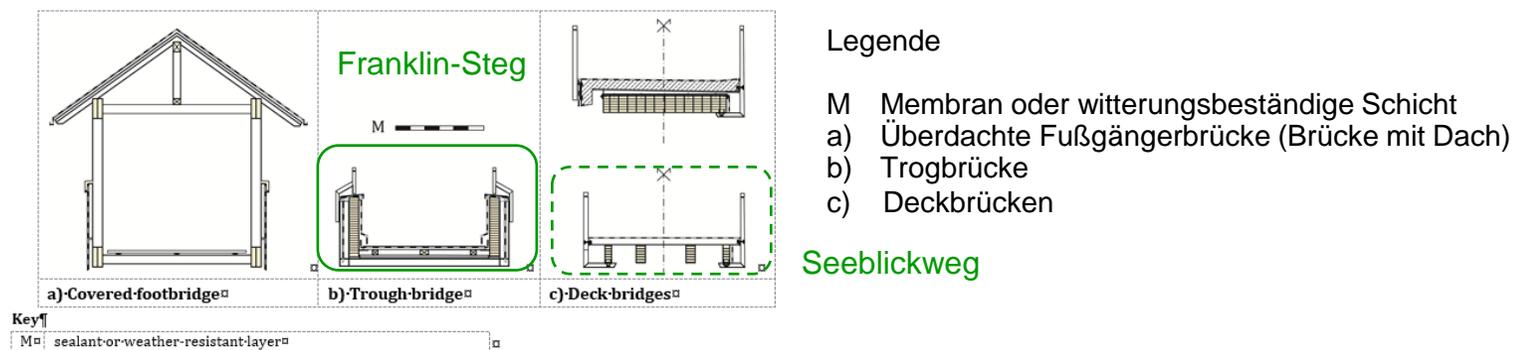
Zugehörige Definitionen und Begriffe FprEN 1995-2:2025-06-04, 3.1



3.1.1

geschützte Brücke

Brücke, bei der alle wesentlichen tragenden Bauteile als geschützte Bauteile (3.1.2.) ausgebildet sind



FprEN 1995-2, **Figure 3.1** — Beispiele für geschützte Brücken

3.1.2

geschütztes Bauteil

tragendes Bauteil, das Witterungseinflüssen wie Regen, Schnee oder andere Quellen von Feuchteintritt nicht direkt ausgesetzt ist

... Witterungsschutz, z. B. in Form von Bekleidungen oder Seitenflächen, einer abgedichteten Deckplattenoberfläche oder eines ausreichenden Dachüberstands in Längs- und Querrichtung (siehe Bild 3.1), ...

versus

3.1.3

ungeschütztes Bauteil

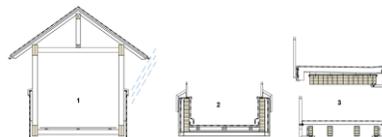
3.1.4

Brücke mit reduziertem Schutz

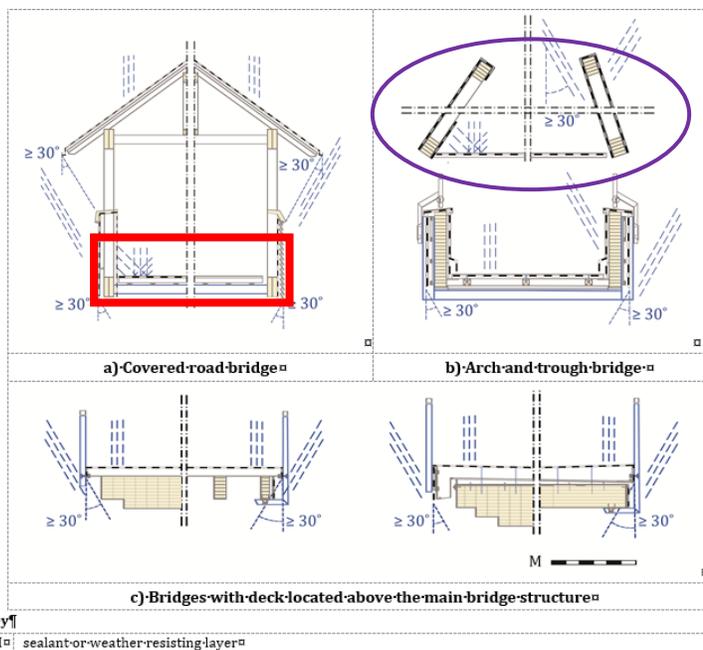
Nachhaltiger Holzbrückenbau



Systemzeichnung **Bild 3.1**



ergänzt und detaillierter in FprEN 1995-2:2025-06-04, **Annex D**:



Regeneinfall unter $\geq 30^\circ$ gegenüber der Vertikalen

- a) Covered **road bridge (with traffic inside)**
- b) **Arch bridge (up)** and Trough bridge
(with deck located at the base of the main bridge structure)
- c) Bridge with deck located above the main bridge structure; e.g.
on the left: sealing system
on the right: timber-concrete-composite

FprEN 1995-2, **Figure D.1** – Examples of Protected timber bridges

→ Detailing Annex D – Construction measures – Weather protection ...

Figure D.3: ...
by roof and boarding

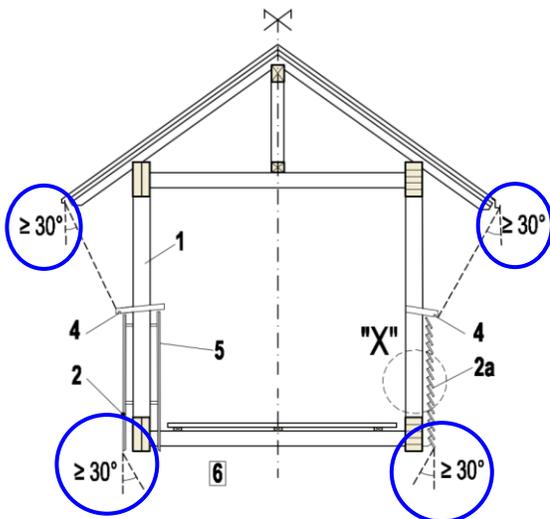
Figure D.4: ...
of trough and arch bridge
by cladding

Figure D.5 - D.7: ... by waterproofing system /
by reinforced concrete-plates /
by glass fibre reinforced plastic (GFRP) planks

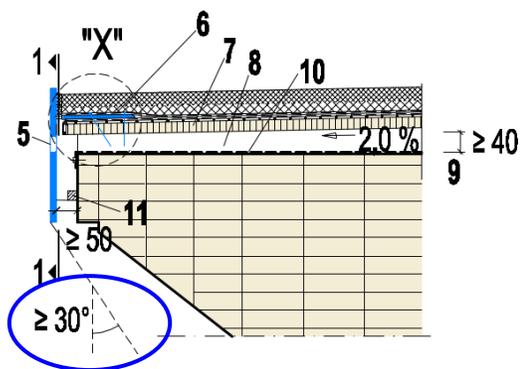
Figure D.8 bis D.10 Fahrbahnübergänge sowie **Figure D.11** und **Figure D.12** Fahrbahn-Kappen

Nachhaltiger Holzbrückenbau

Baulicher Holzschutz an Fall-Beispielen ganz general aufgrund von Regen



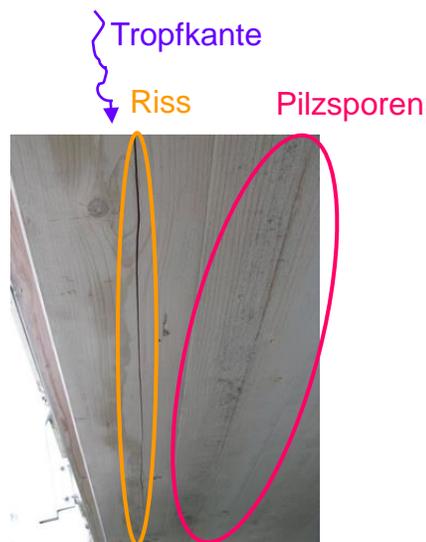
from **Figure D.3**



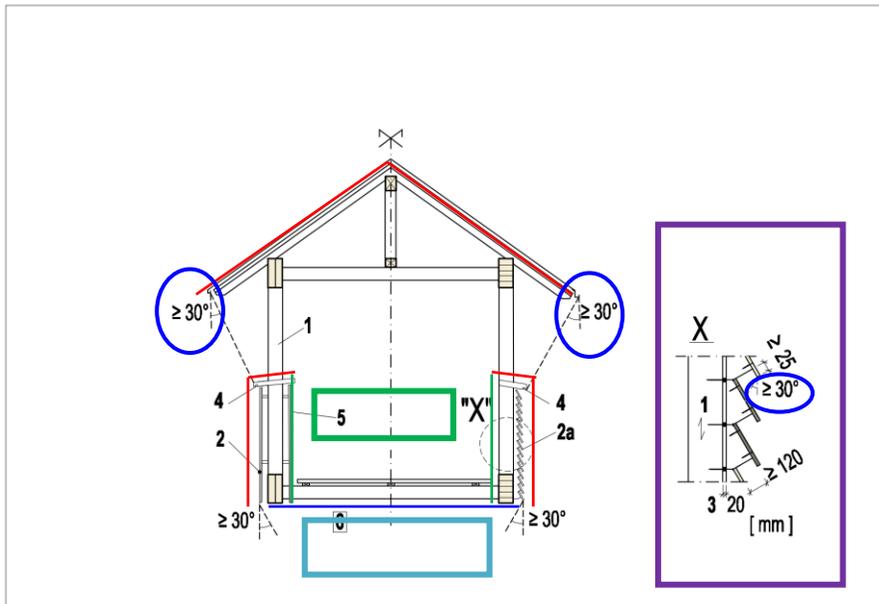
from **Figure D.5**



Surfaces covered by an overhang and an angle of at least 30° can often be regarded as protected. The angle may be increased in accordance with local experiences.



Geschützte Brücken – Details konstruktiver Holzschutz



Flächen, die mit einem Überhang und einem Winkel von mindestens 30° bedeckt sind, können oft als geschützt angesehen werden

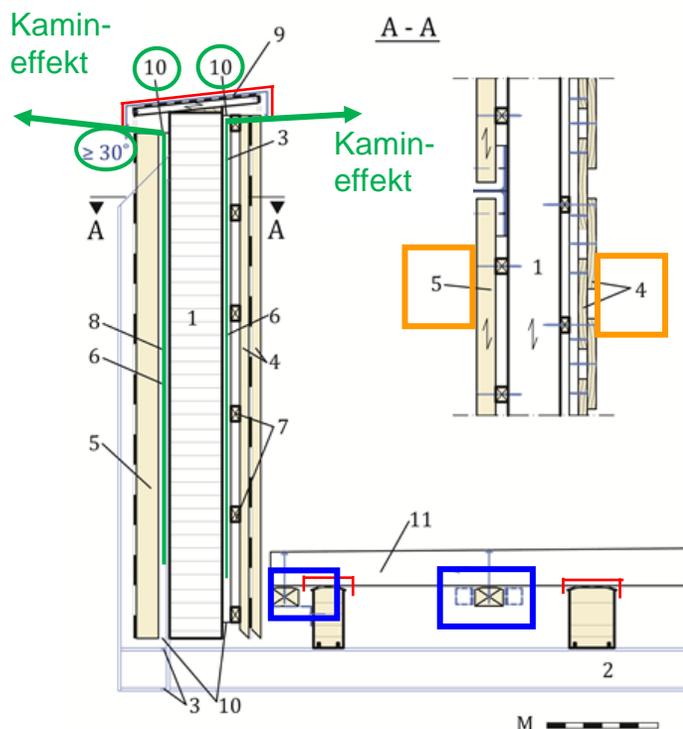
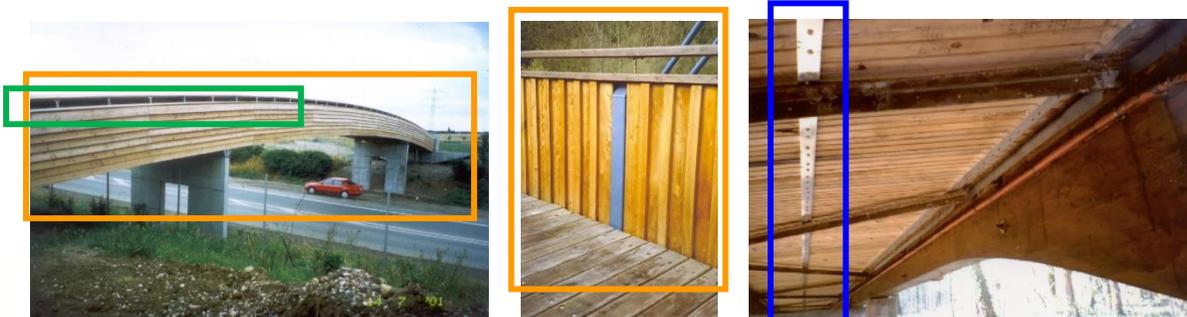
Franklin-Steg
Seeblickweg

Ein Abstand von mindestens 120 mm zu den Schalungselementen kann die Möglichkeit der Inspektion sicherstellen.

Gischt von unten (z.B. ≤ 2 m über Wasserfall)

Figure D.3 – Construction measures – Weather protection by roof and boarding

Geschützte Brücken – Details konstruktiver Holzschutz



Die Haupt- und Längsträger sind auf drei Oberflächen geschützt.

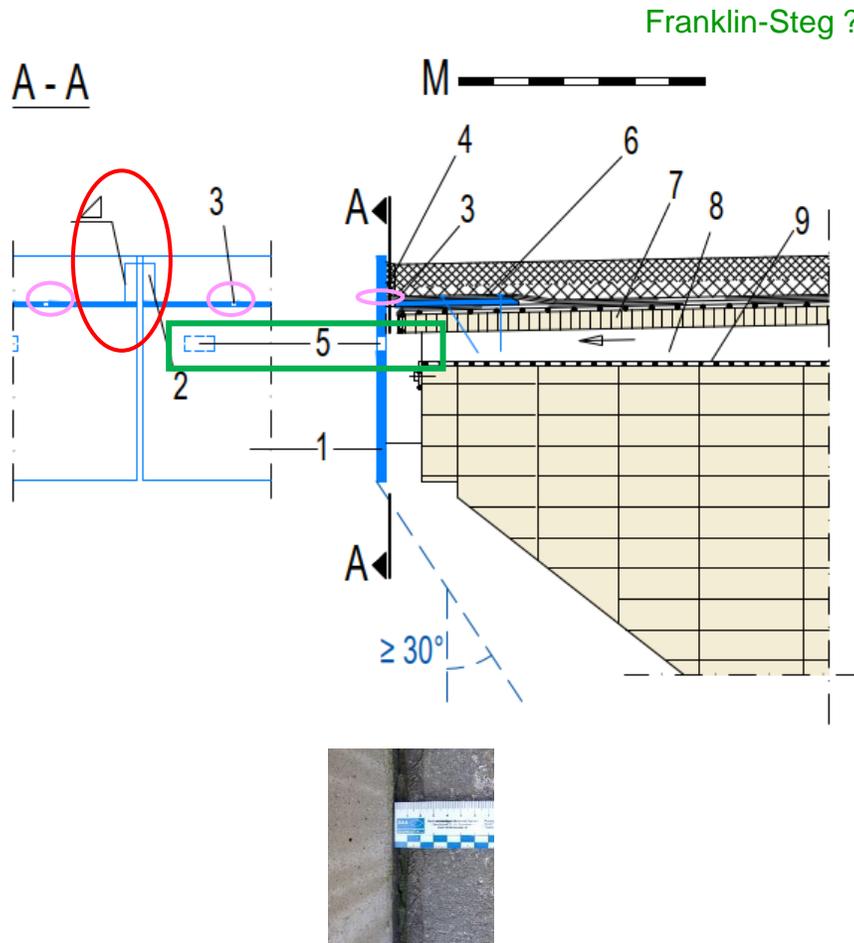
Bei Einhaltung der Mindest-Entlüftungsquerschnitte müssen keine aerodynamischen Berechnungen zum Kamineffekt durchgeführt werden.

Die Schalungselemente können zur Inspektion demontiert werden.
Zwischen den Bekleidungen 4 und 5 und dem Hauptträger 1 sind Insektenschutznetze üblich.

Die Deckplatte ist häufig in horizontaler Richtung am Längsträger des Gehweges und am Lager des Haupttragwerks befestigt. Hebekräfte am Ende können ein Problem darstellen.

Figure D.4 – Construction measures – Weather protection of trough and arch bridge by cladding

Geschützte Brücken – Details konstruktiver Holzschutz

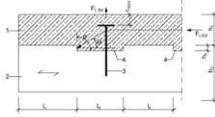


Der Abstand der Bitumen-Dehnfuge beträgt üblicherweise je 50 m. Der Randwinkel sollte in Abständen von höchstens 4 m überlappt werden. Blasenbildung kann vermieden werden, indem die größte Dicke der Schutzschicht auf 25 mm begrenzt wird.

Inspektionsöffnungen mit Insektengittern oder gleichwertigen Einrichtungen dürfen entfallen, wenn andere Kontrollmechanismen, z. B. Überwachungssysteme, vorhanden sind.

Figure D.5 – Construction measures – Weather protection by waterproofing system

Nachhaltig: Holz-Beton-Verbund (HBV; en. TCC) mit Kerve

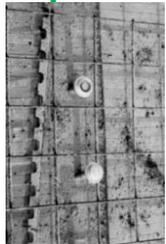


Legende
 1 Beton
 2 Holz
 3 Verbindungsmittel mit zusätzlicher Belastung
 4 Kerbe

„Von der Praxis in die Praxis“

Praxis

Praktische Anwendung



Messungen in Tübingen



1997: Block 9, Tübingen (D)
 Brettstapel-Beton-Verbunddecken

Forschung & Entwicklung

Wissenschaftliche Untersuchungen am KE durch U. Kuhlmann, **J. Schänzlin**, B. Michelfelder, K. Kudla, P. Aldi, S. Mönch

- Ermittlung des Langzeitverhaltens
- Trag- und Verformungsverhalten der Kerbe mit Abhebesicherung
- Ermüdung von Holz-Beton-Verbundbauteilen
- HBV mit integrierten Stahl-Verbundträgern

Normung

EN 1995
 Teil 1-3:202x

E DIN CEN/TS
 19103/NA:2025

PT2:
 Technical Specification (TS)
 zur Berechnung von HBV-
 Decken

Project Team CEN/TC 250-SC5.T2 Working Draft

Technical Specification - EN 1995-1-3 - 2nd Draft

Eurocode 5: Design of Timber Structures

Part 1-3: Structural design of timber concrete composite structures

Alfredo Dias, Massimo Fragiaco, Richard Harris, Petr Kuklik, Vlatka Rajčić, Jörg Schänzlin

April 2017

DIN CEN/TS 19103 bisher nicht in der MVV TB enthalten
 → vBG erforderlich (eigentlich)

Nachhaltig Holz-Beton-Verbund

Statisches System Überbau: HCBV-Brücke in integraler Bauweise als Zweifeldträger

„Problem“: Durchlaufender Holzträger ist in der Technical Specification (TS) HBV nicht erfasst.



Danke an zahlreiche Bachelor-, Master- und Werksstudenten sowie Bauzeichner für Ihre Unterstützung; hier insbesondere: Jochen Marschall



Seeblickweg

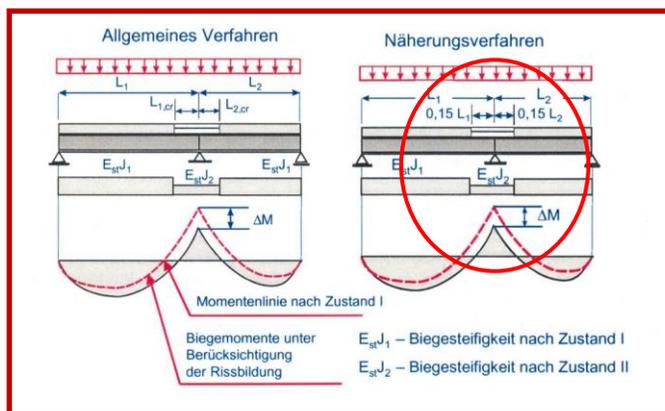


E DIN CEN/TS 19103/NA:2025:

„Wenn ... der Beton- und Holzträger im negativen Momentenbereich durchlaufen, muss das Reißen des Betons berücksichtigt werden,

Die Länge des gerissenen Bereiches ist rechnerisch mit 20 % der jeweiligen Spannweite anzunehmen. **Im gerissenen Bereich darf keine Mitwirkung des Betons (d.h. keine Tension-stiffening-Effekte) angesetzt werden.** Der Traganteil der Bewehrung ist aus der vorhandenen Dehnung der Bewehrung zu bestimmen. Sollte die Bewehrung im plastischen Zustand sein, ist die reduzierte Steifigkeit der Bewehrung infolge Fließens zu berücksichtigen.“

Hinweis: Hier stellt sich die Frage, welche Steifigkeit mit diesem Anschluss und welches Stützmoment damit aktiviert werden kann.



Korrosionsschutz

FprEN 1995-2 – Table 6.2 – Minimum requirement for thicknesses of zinc coatings and types of stainless steels of possible solutions

Situation	Timber exposure category ^a T _E	Atmospheric exposure category ^b C _E	Typical atmospheric exposure ^c (informative)	Examples of minimum	
				zinc thickness ^d	stainless steel grade (type) ^e
Protected outdoor with possibility of pollution (SC 2 and SC 3)	T _E 3/T _E 4	C _E 2	$l_{sea} > 10$ km $l_{street} > 100$ m and/or low polluted area ($< 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of SO ₂)	T _R 3: 40 μm ^f (n/a ^g if T _E 4) [20 μm ^f (55 μm if T _E 4)] ^h	CRC II (e.g. 1.4301)
	T _E 3/T _E 4	C _E 3	10 km $> l_{sea} > 3$ km 100 m $> l_{street} > 10$ m and/or medium polluted area ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \leq \text{SO}_2 \leq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	C _R 3: 110 μm [80 μm] ^h	CRC III (e.g. 1.4401)
	T _E 3/T _E 4	C _E 4	3 km $> l_{sea} > 0,25$ km $l_{street} < 10$ m and/or high polluted area ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SO}_2 \leq 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	C _R 4 b: n/a ^g [110 μm] ^h	CRC III (e.g. 1.4401)
	T _E 3/T _E 4	C _E 5	$l_{sea} < 0,25$ km and/or very high polluted area ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SO}_2$)	C _R 5 b: n/a ^g	CRC III (e.g. 1.4529)
Permanent in contact with ground- or fresh-water (SC4)	T _E 5	n/a ^g	For T _E 5/SC4 especially in case of seawater each case should be evaluated individually.	C _R 5 b: n/a ^g	CRC III to CRC V

Berücksichtigt pH-Werte > 4; z.T. bekannt; z.B. Gerbsäure einzelner Hölzer

Neu zusätzlich Berücksichtigung der atmosphärischen Bedingungen; z.B. Seeklimata (L_{sea}), Straßeneinfluss (L_{street}), Industriegebiete/Stadt- und Landklima über SO₂-Gehalt in der Luft

Nutzungsklasse (SC) nach EC 5; Berücksichtigung wie bisher

Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit moderner Holzbrücken

Specifications on Durability and Quality Management in Eurocode 0 (EN 1990:2023)

3.1.2.27 **maintenance** Definition

set of activities performed during the service life of the structure so that it **fulfils the requirements for reliability**

Note 1 to entry: Activities to restore the structure after an accidental or seismic event are normally outside the scope of maintenance.

4.8 **Quality management** Recommendations – should-rule

(1) Appropriate quality management measures **should be implemented** to provide a structure that corresponds to the design requirements and assumptions.

(2) The following quality management measures **should be implemented**:

- organizational procedures in design, execution, use, and maintenance;
- controls at the stages of design, detailing, execution, use, and maintenance.

NOTE See Annex B and the other Eurocodes for guidance on appropriate quality management measures.

A.2.5 **Durability** Requirements – shall-rule

(1) All structural parts that rely on a design assumption of inspection or maintenance in order to satisfy their durability requirements over the design service life, **shall be designed** to permit inspection and maintenance.

NOTE 1 See 4.6 regarding durability requirements.

NOTE 2 Inspection and maintenance is needed of structural members designed using the damage tolerant method for fatigue. Material related guidance on damage tolerant method is given in relevant material Eurocodes.

NOTE 3 Maintenance activities can include: renewal of protective coatings; renewal of replaceable structural parts or elements other than structural; cleaning; treatment of detected fatigue cracks.

(2) Where inspection or maintenance of a structural part is not possible, the structural part **shall be designed** to achieve adequate durability over the design service life without inspection or maintenance.

NOTE See the other Eurocodes for measures to achieve adequate durability over the design service life without inspection or maintenance, which can include: provision of sacrificial material; protection of the part; use of materials with enhanced durability; control of the environment surrounding the part.

Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit moderner Holzbrücken

Geschützte Brücken siehe FprEN 1995-2 **Kapitel 6** und ganzseitige Beispielabbildungen in **Anhang D** (informativ) zur **Dauerhaftigkeit moderner Holzbrücken**, „ease of use“.

Weitere Beispiele können nach nationaler Wahl (NCI) dem Anhang D z.B. hinzugefügt werden.

Vorarbeiten national:

2004 Erarbeitung 39 holzbauspezifischer Musterzeichnungen (Leitdetails), fanden aufgrund eines Regierungswechsels dann doch nicht Eingang in die RIZ des Bundes (BMDV).

www.harrer-ing.net



2022 ProTimB der Fachhochschule Erfurt, Prau Prof. Dr.-Ing. Antje Simon

www.holzbrueckenbau.com



DIN EN 1995-2/NA:2021-06, Anhang NCI NA.D:

Beispiele für baulichen Holzschutz von 6 Brückentypen

Anforderung (**requirement EC 0**) einer Bemessungslebensdauer (**design service life**) von 100 Jahren bedeutet auch detaillierte Informationen über die Inspektion und Unterhaltung von Holzbrücken zu
→ **EN 1995-2, Annex E** (informative) **Inspection and maintenance of timber bridges**

1. Nachhaltigkeit

Unterhaltungs- management

Inspektion und Unterhaltung

FprEN 1995-2, 6.4 und Anhang E (Inspection and maintenance, informativ)

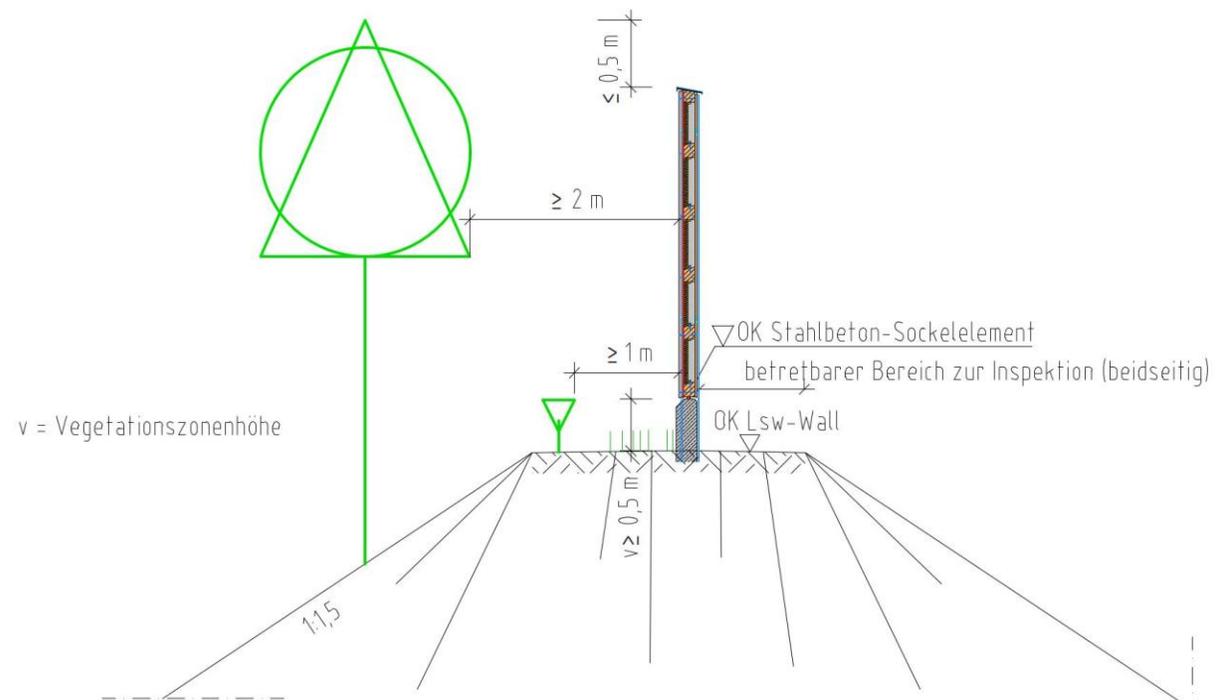
Holzbrücken sollten wartungsfreundlich konstruiert und regelmäßig und verantwortungsvoll geprüft werden. Reduktion wartungsintensive Bauteile wie Lager und Übergänge auf ein Minimum (z.B. integrale HBV-Brücken).

Empfehlung Ausarbeitung Instandhaltungsstrategie mit Instandhaltungskonzept, Prüfstrategie und Instandhaltungsbericht.

Das Instandhaltungskonzept sollte beinhalten: Nutzungsdauern aller tragenden Elemente, konstruktive Holzschutzmaßnahmen, Zyklen für die Erneuerung von Korrosion, Schutzanstrichen, Übergangsfugen, Lagern und Dichtungen, sinnvolle Instandhaltungsmaßnahmen wie die Reinigung des Decks, der Sitzbänke und die Beseitigung des Bewuchses.

Mindestabstand z.B. von 2,0 m zu Baumkronen und großen Sträuchern (siehe auch RE-ING Lsw H3-1) horizontale Abstände zwischen Lagern bzw. zwischen Lager und Schotterwand des Widerlagers mindestens 0,5 m bzw. 0,3 m;

vertikaler Abstand zwischen den Auflagern und dem Oberbau mindestens 0,5 m (siehe **Figure D.8 bis D.10**)



Inspektion und Unterhaltung

Inspektionsstrategie mit Sicht- und Hauptinspektion;
regelmäßig von qualifiziertem Personal durchzuführen.
Übliche Intervalle für die Inspektionen sind 1 bis 2 Jahre für
Sichtkontrollen und 5 bis 6 Jahre für Hauptuntersuchungen

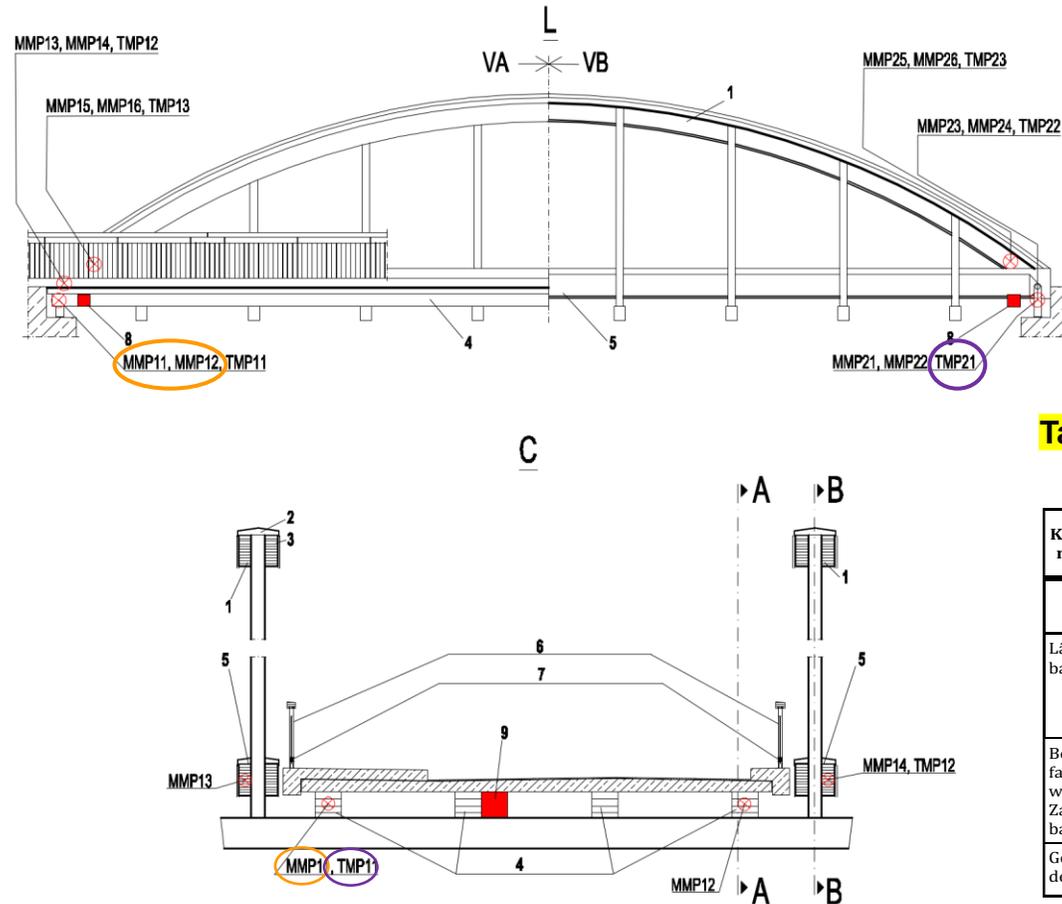
Berücksichtigung der uneingeschränkten Prüfbarkeit der
tragenden Hauptbauteile bereits in der Entwurfsphase
von neuen Holzbrücken; d.h. z.B.
Bekleidungen abnehmbar (siehe **Figure D.4**),
offene Verschalungselemente mit Mindestabständen von 120 mm
entsprechend **Figure D.3**

Möglichkeit der Bestimmung der Holzfeuchte an kritischen Stellen;
ggfs. mittel Monitoring (**Figure D.13**).
Einbau von Holzfeuchteüberwachungssystemen wird empfohlen.

Als Grundlage für die Planung von Schutzmaßnahmen muss für
jedes einzelne Holzbauteil die Gebrauchsklasse (UC) definiert
werden; siehe Table D.1. Auch die Auswahl einer geeigneten
Holzart und deren Dauerhaftigkeitsklasse (DC) basiert auf der UC.



Monitoring – Holzfeuchte und Temperatur



Die Messtiefe sollte 40 mm betragen für

- Feuchtemesspunkt MMP (en: moisture measurement point)
- Temperaturmesspunkt TMP (en: temperature measurement point)

Franklin-Steg
Seeblickweg

Table D.1 – Components of an arch road bridge (example)

Komponente	Gebrauchsklasse (UC) [Nutzungsklasse (SC)]	Schutzmaßnahme	Holzart	Dauerhaftigkeitsklasse (DC)
	EN 335 [prEN 1995-1-1]	prEN 1995-2 Beispiele für die Detailgestaltung	EN 13556	EN 350:2016, Tabelle B.1
Längsbalken	2 [2]	Witterungsschutz durch Deckplatte und Beplankung und Übergang 1, Schutz der Kanten (Schnittholz), Schutz vor Insektenbefall durch technische Trocknung, Sichtbarkeit und Kontrolle des Insektenbefalls	Fichte als Brett-schichtholz	4
Bogenfachwerk / Zangenbalken	2 [2]	Witterungsschutz durch Bekleidung und Schalung, Schutz vor Insekten durch technische Trocknung und Insekenschutzgitter, Sichtprüfung alle 6 Jahre durch Abnahme der Bekleidungen	Fichte als Brett-schichtholz	4
Geländer	vertikal: 3.1 [3] horizontal: 3.2 [3]	keine, Instandhaltung Komponente	Europäische Lärche	3

Figure D.13 – Moisture Monitoring – Example arch truss

Beispiele nachhaltiger moderner Holzbrückenbau



Robuste Querschnitte
/ Robustness



Dauerhaftigkeit
/ Sustainability

Schwerlastbrücken
/ heavy vehicle



Eleganz – Ästhetik
/ shapely

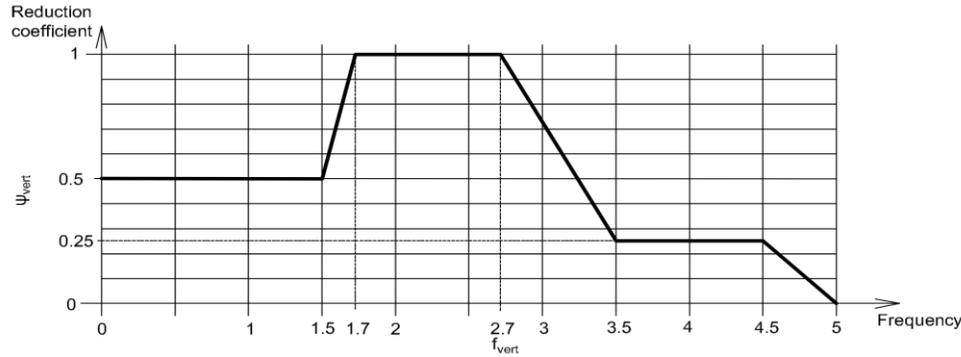
Ermüdung und Schwingungen von Holzbrücken

Ermüdung

Regelungen EN 1995-2:2010 → FprEN 1995-1-1

Vibrationen und Dämpfung

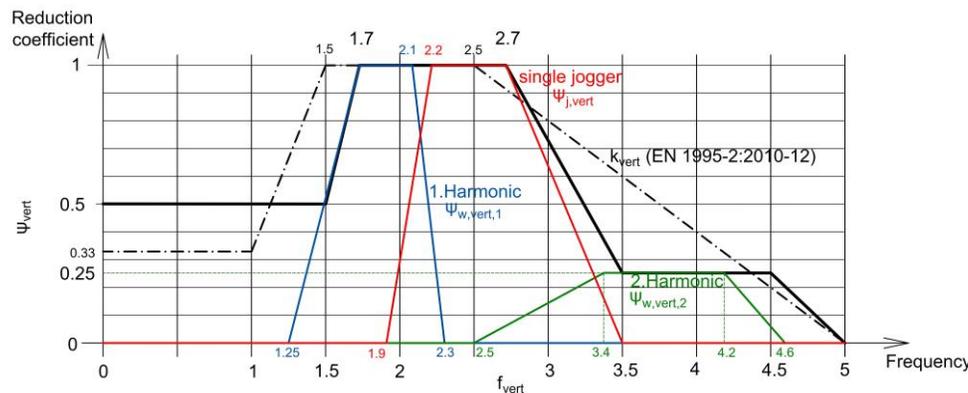
Simplified model (“ease of use”; valid for any bridge type and material independent)



Simplified curve / encasing with simplified design

$$a_{vert,1} = \frac{100}{M * \zeta}$$

FprEN 1995-2, Figure F.1 – Relationship between the vertical fundamental frequency and the reduction



e.g. BGD
Figure 9.1 – Relationship between the vertical fundamental natural frequency f_{vert} and the reduction coefficient ψ_{vert} (both walking and jogging)

Nachhaltiger Holzbrückenbau für 100 Jahre Nutzungsdauer

Beachtung des „magischen Dreiecks“

DGNB
Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.
German Sustainable Building Council

Lange
Nutzungsdauer T_{if}

Grundsätzlicher baulicher Holzschutz (DIN 68800, DIN 1074)
+ Beachtung DIN EN 1995-2/NA bzw. FprEN 1995-2
→ Dauerhaftigkeit + Robustheit → Nachhaltigkeit
→ Wirtschaftlichkeit von Holzbauwerken

Niedrige
Unterhaltungskosten

Konstruktionsweisen, -details
→ FprEN 1995-2, Annex D
ZTV-ING

Dynamische Kostenrechnung - Ermittlung einer zeitlich unbegrenzten Unterhaltungsverpflichtung

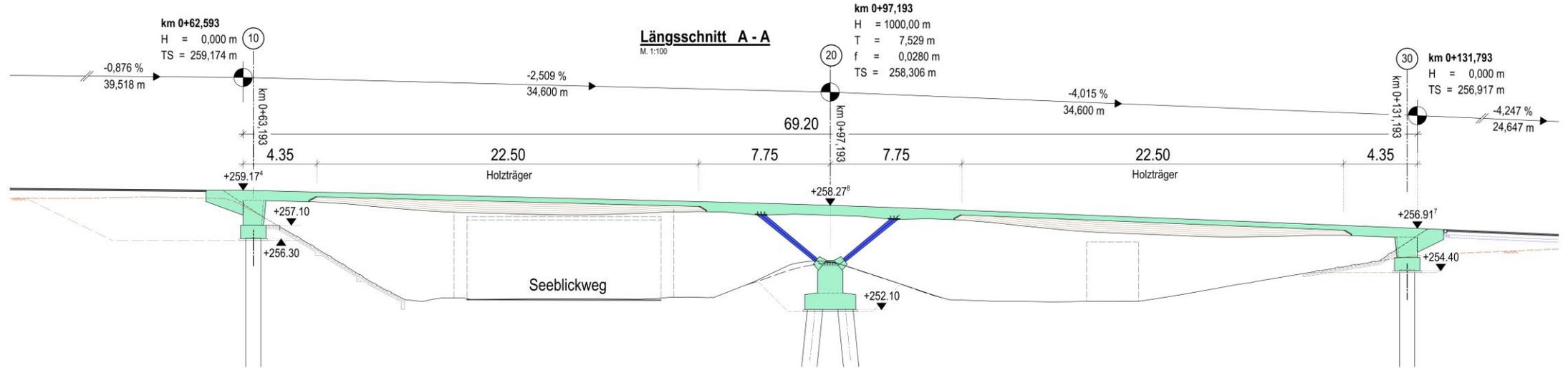
Ablösungsbeträge-Berechnungsverordnung (ABBV) 03/2010 - Bau- und Erneuerungskosten

2. Brücke über den Seeblickweg Stuttgart

Holz-Carbonbeton-Verbund-Brücke über den Seeblickweg, Stuttgart



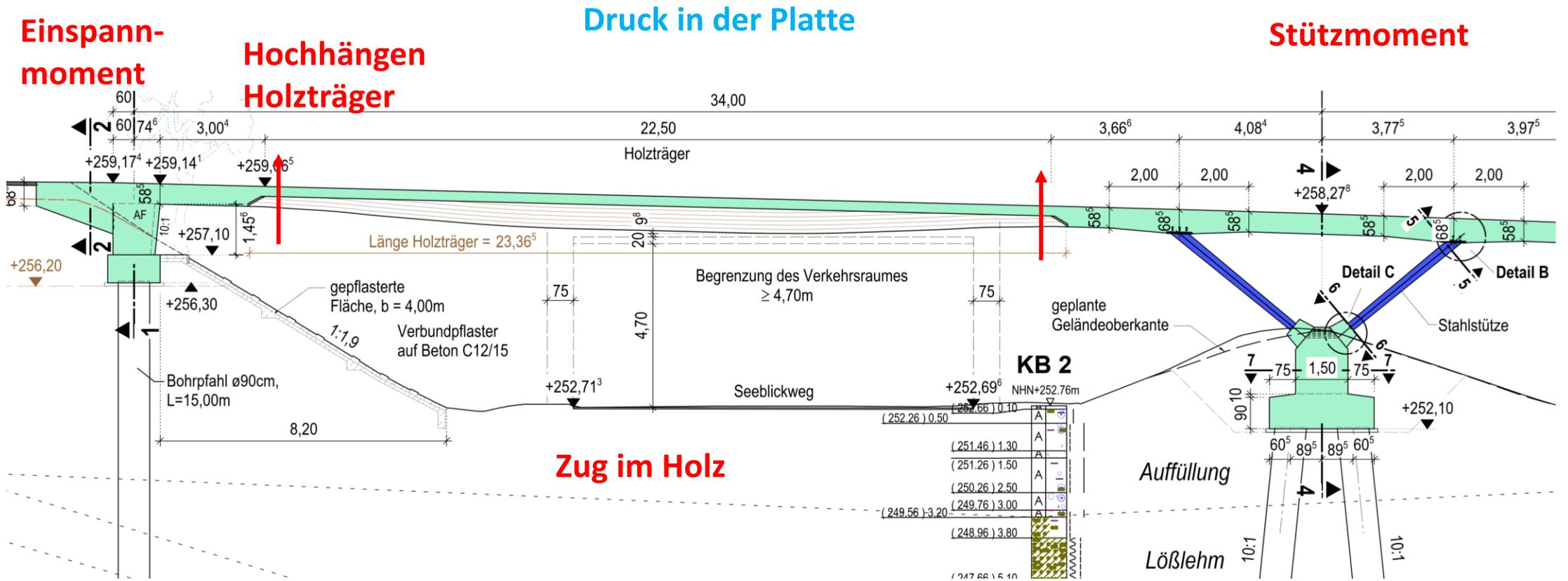
Statisches System



**Integrales System – Verzicht auf Lager und Übergangskonstruktionen (Ükos)
Verzicht auf Abdichtung**

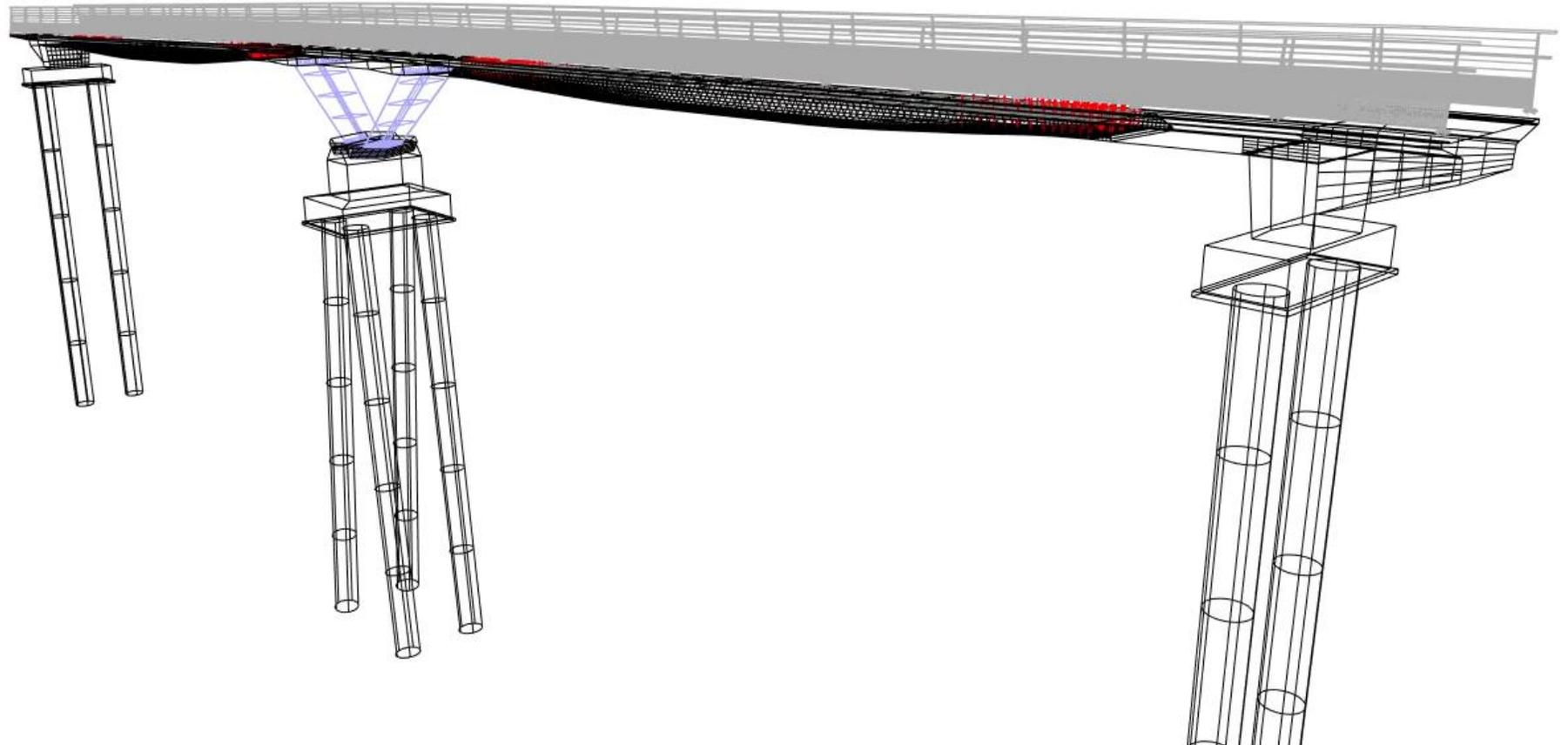
→ Unterhaltungsaufwand reduziert

Statisches System

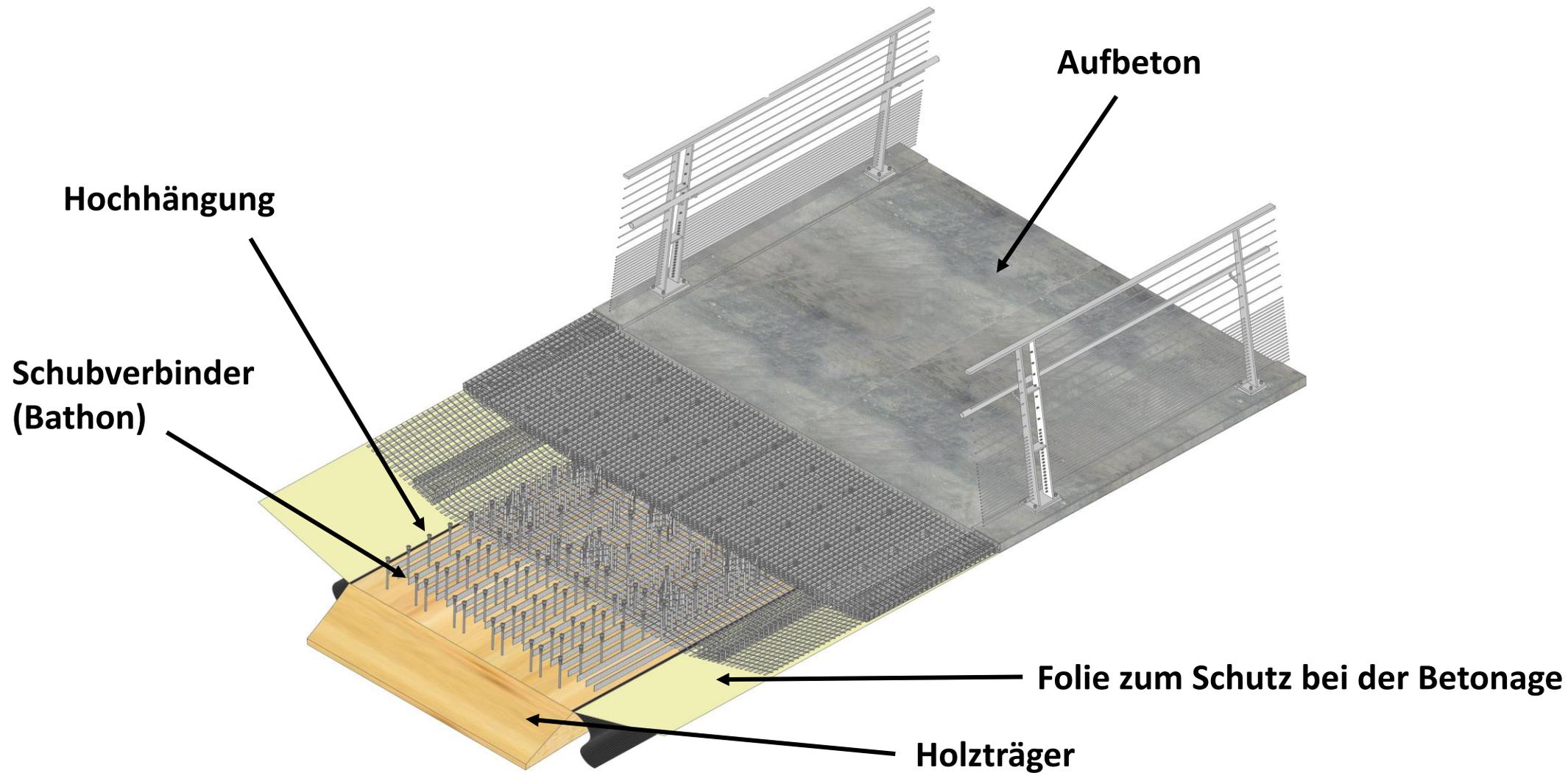


Optimale Symbiose der Werkstoffe (Holz, Beton, Carbon) im Einklang mit den Anforderungen an die Nachhaltigkeit

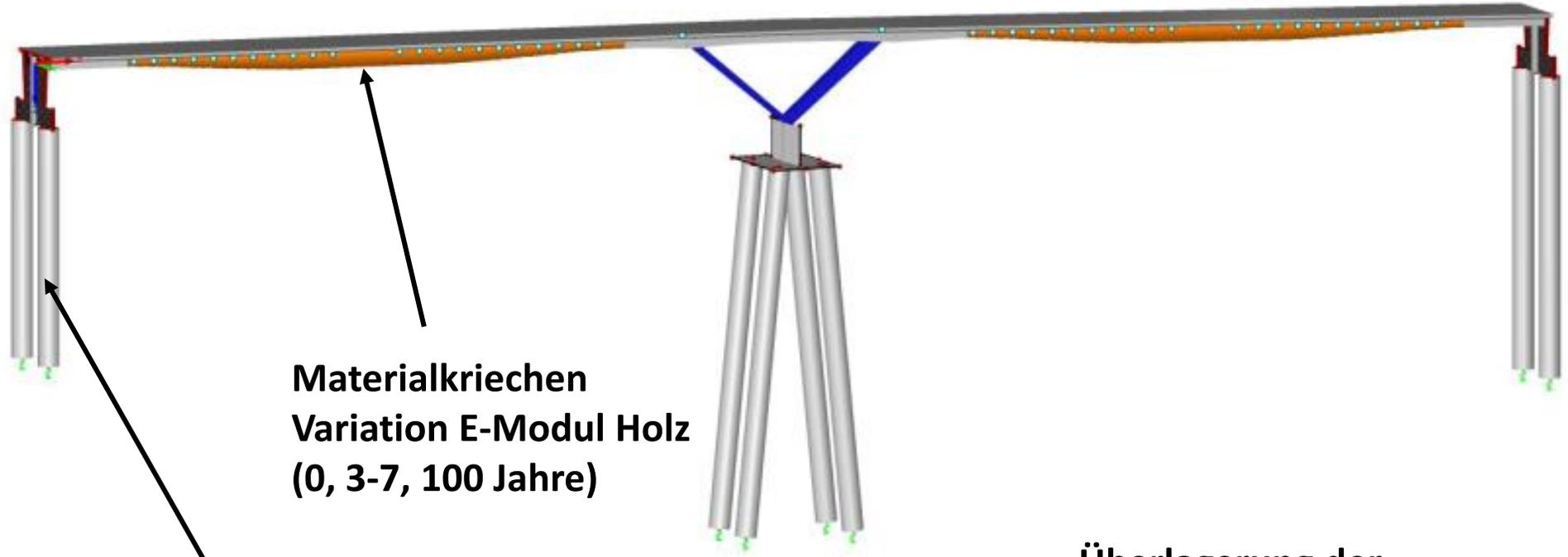
Bauwerk



Holz-Carbon-Beton-Verbundkonstruktion



Holz-Carbon-Beton-Verbundkonstruktion

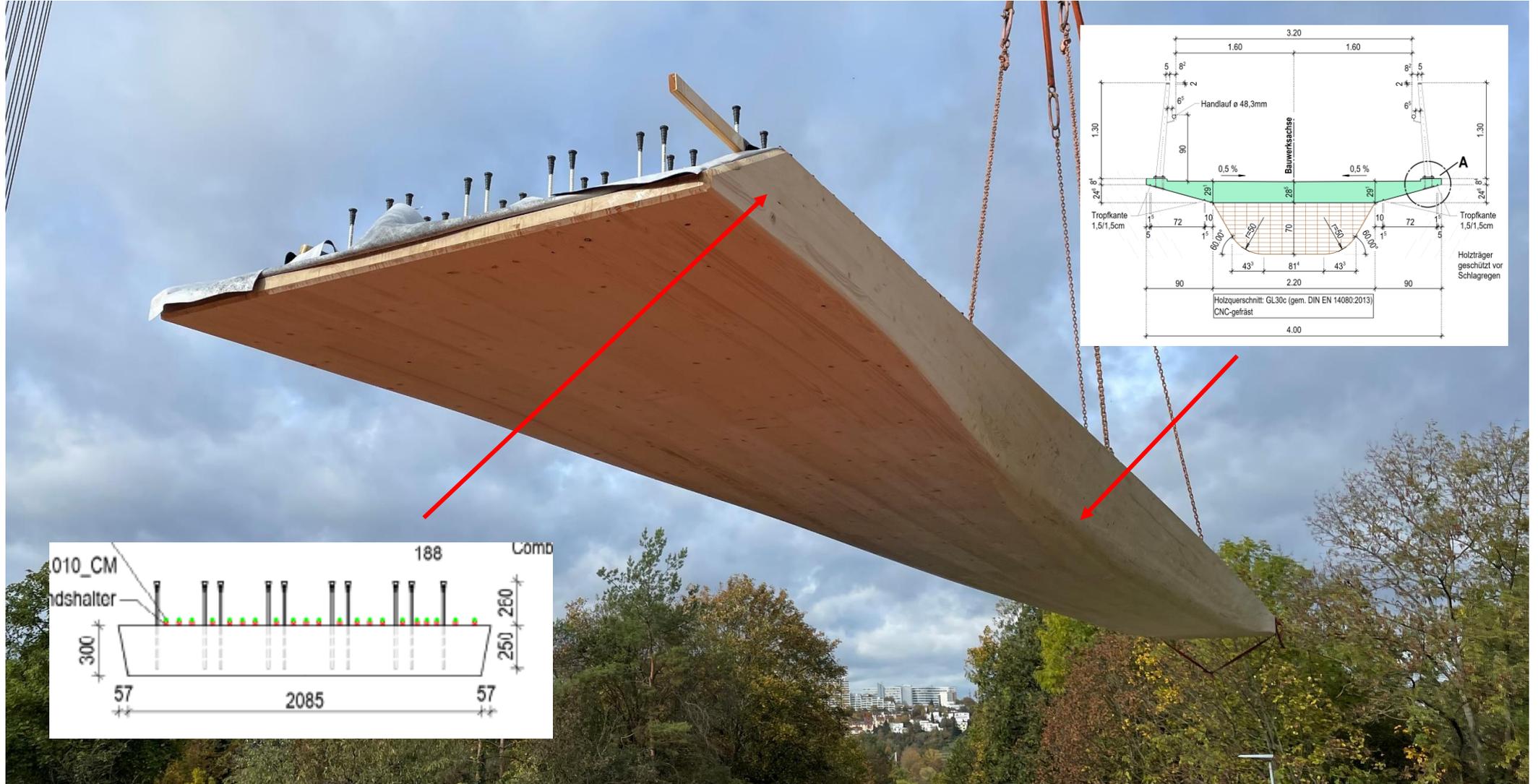


Variation Bodenfedern
(Integrales System)

Materialkriechen
Variation E-Modul Holz
(0, 3-7, 100 Jahre)

Überlagerung der
unterschiedlichen Variationen
in einer Matrix

Kraftflussoptimierter Holzträger



Herstellung Holzträger mit CNC-Fräsung



Film Balteschwiler AG, Laufenburg (CH)

Herausziehversuche Combar



Herausziehversuche Combar

Proben-Nr.	F_{max} [kN]
PK1	71,16
PK2	74,93
PK3	68,74
PK4	67,77
PK5	71,85
PK6	70,62
PK7	72,64
Mittelwert ($F_{ComBAR,Mittelwert}$)	71,10
V_x	0,034

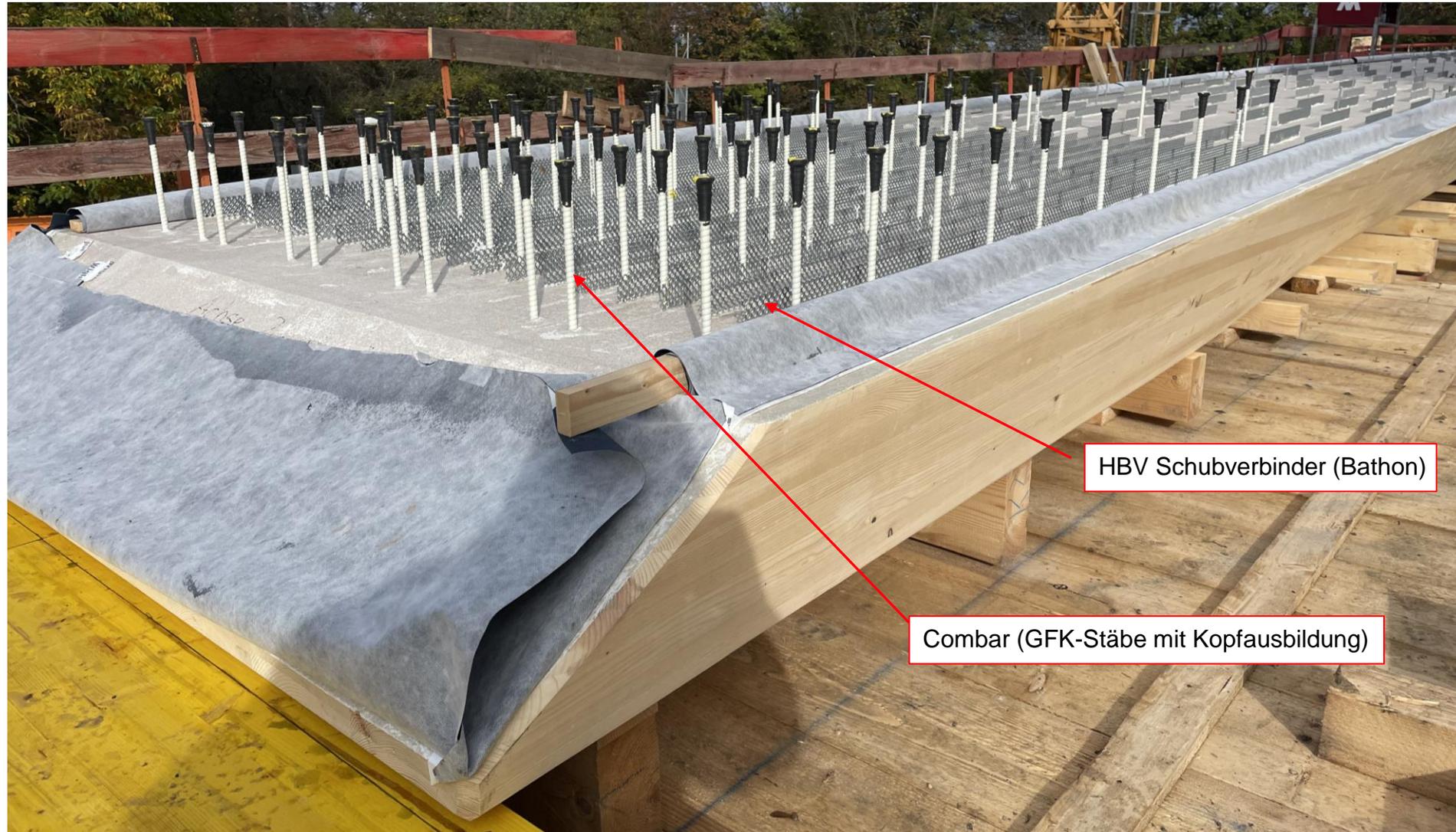
2.1.2 Ermittlung des charakteristischen Wertes

Für die Ermittlung der Tragfähigkeit wird der charakteristische Wert benötigt. Die Berechnung erfolgt gemäß Kapitel 1.2 nach DIN EN 1990 [2] und wird in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: charakteristischer Auszugswert

$F_{ComBAR,Mittelwert}$ [kN]	n [-]	s_x [kN]	V_x [-]	k_n [-]	$F_{ComBAR,k}$ [kN]
71,10	7	2,4	0,1	1,77	58,52

Holz-Carbonbeton-Verbund-Brücke über den Seeblickweg, Stuttgart



HBV Schubverbinder (Bathon)

Combar (GFK-Stäbe mit Kopfausbildung)

Herstellung Verbindungsmittel mit CNC-Fräsung



Projektbeteiligte

Bauherr:

Landeshauptstadt Stuttgart Tiefbauamt

Objekt- und Tragwerksplanung, örtl. BÜ:

Harrer Ingenieure Gesellschaft Beratender Ingenieure VBI GmbH

Geotechnisches Gutachten:

Henke und Partner GmbH

Prüfingenieur:

Dr.-Ing. Ireneusz Bejtka

Auftragnehmer:

Wolff/Müller

Versuche Machbarkeit / ZIE:

TU Dortmund – Bauteilversuche (z.B. Vier-Punkt-Biegeversuche) vor, während und nachdem Einbau

Technische Hochschule Augsburg – Machbarkeitsstudie (von Prof. Dr.-Ing. Sergej Rempel) - Basis für die ZiE

Hersteller/Lieferanten

Carbonbeton

Carbonmatten

Hitexbau

Carbonschubbügel

solidian GmbH

Combarstäbe

Schöck Bauteile GmbH

Beton

Schwenk Zement GmbH & Co. KG

Holzbinder

Blockverleimung

Holzleimbau Widmann GmbH & Co. KG

CNC Fräsung

Balteschwiler AG

Verbindungsmitel

Erne AG Holzbau

Stahlbau

Schweißarbeiten

Metallbau Konrad GmbH

Spritzverzinkung

Buschheuer Bau- und Korrosionsschutz GmbH

Monitoring

DFOS

Folab GmbH

Temperatur- und Holzfeuchte

Scantronik Mugrauer GmbH

3. Franklinsteg Mannheim

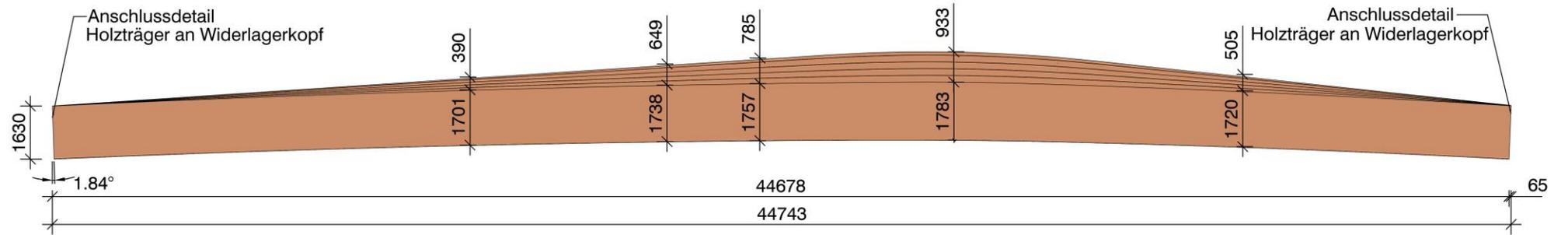
Franklinsteg – integrale Holzbrücke



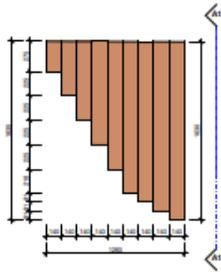
Franklinsteg – integrale Holzbrücke



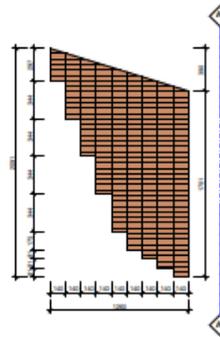
Hauptspann (Trogbrücke) – Hauptspann mit U-Rahmen



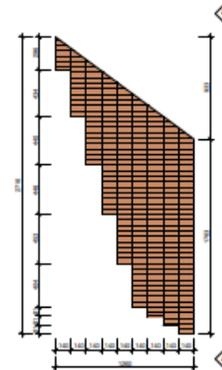
Ansicht A2
M 1:20



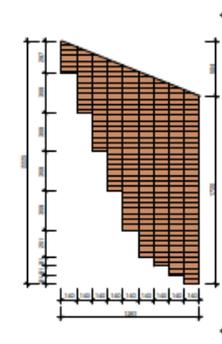
Querschnitt 1
M 1:20



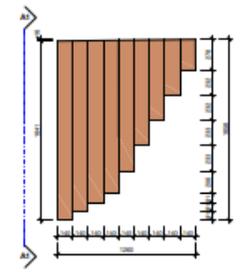
Querschnitt 2
M 1:20



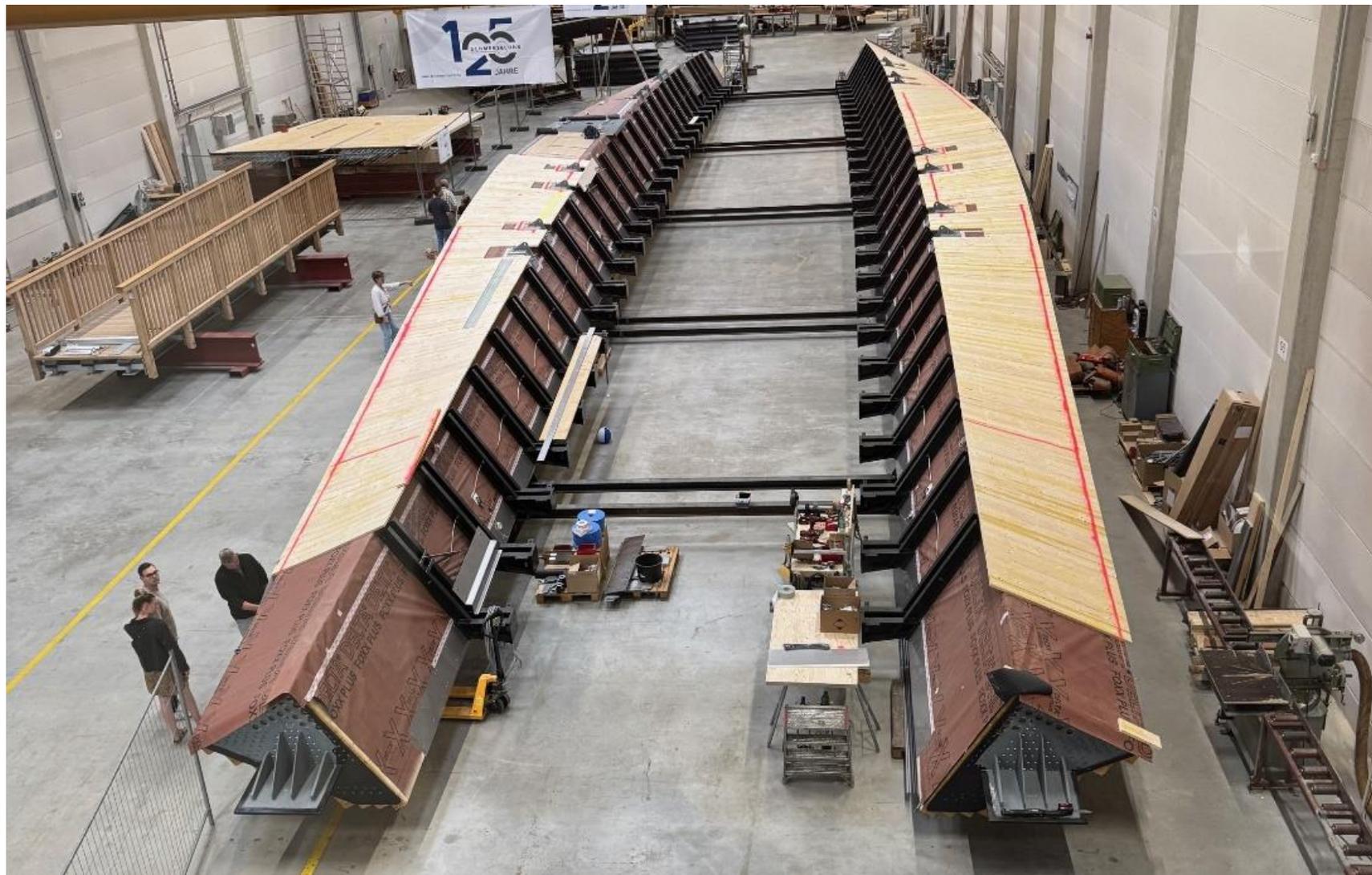
Querschnitt 3
M 1:20



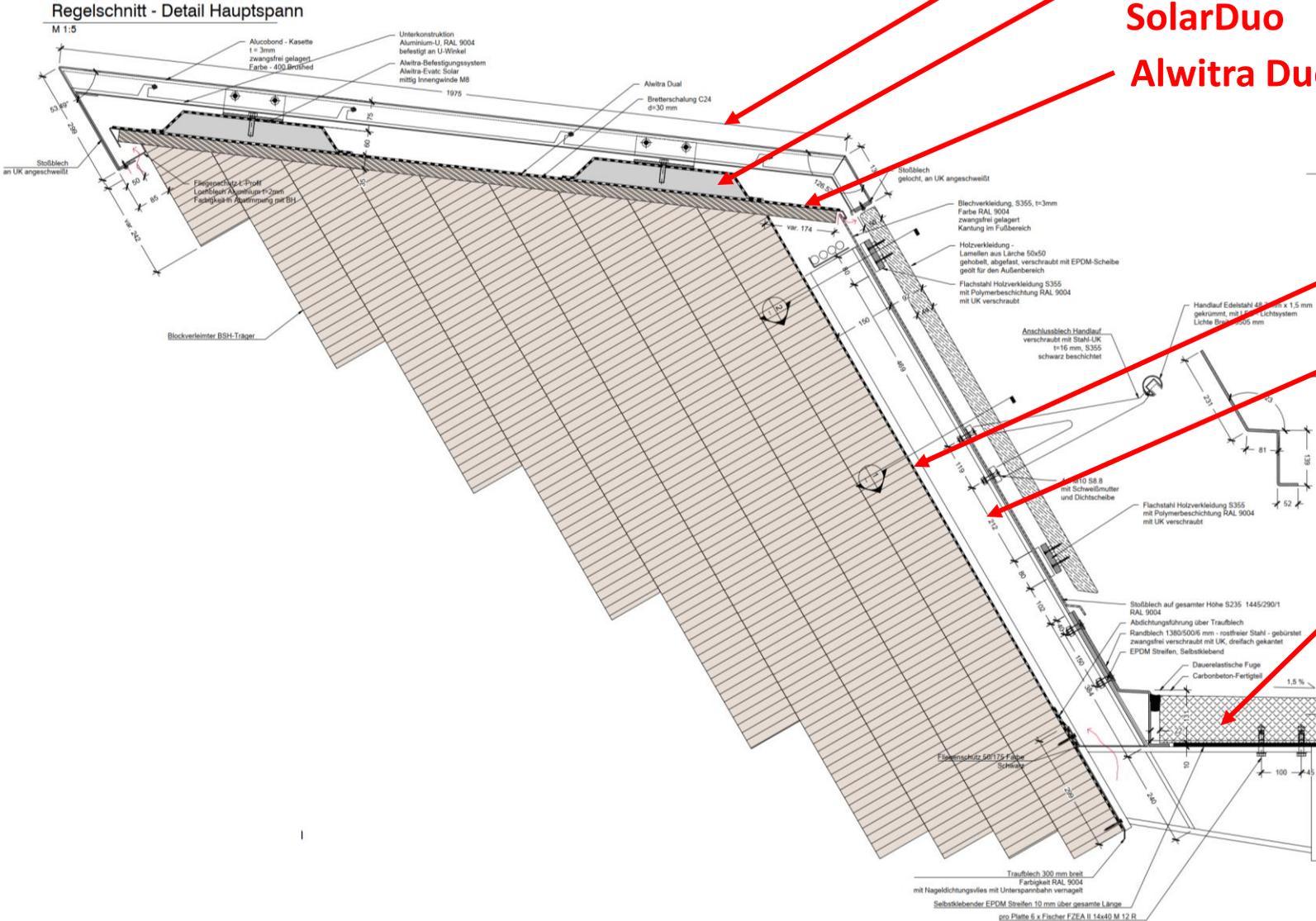
Ansicht A3
M 1:20



Hauptspann (Trogbrücke) – Hauptspann mit U-Rahmen



Konstruktiver Holzschutz Hauptspann

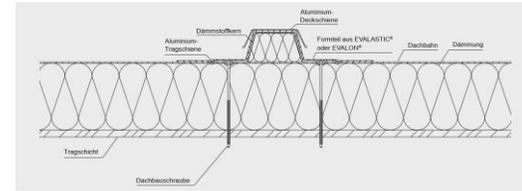
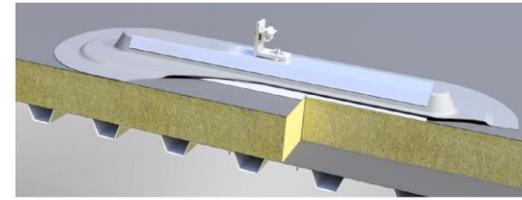


Alucobond

Alwitra Evatec

SolarDuo

Alwitra Duo

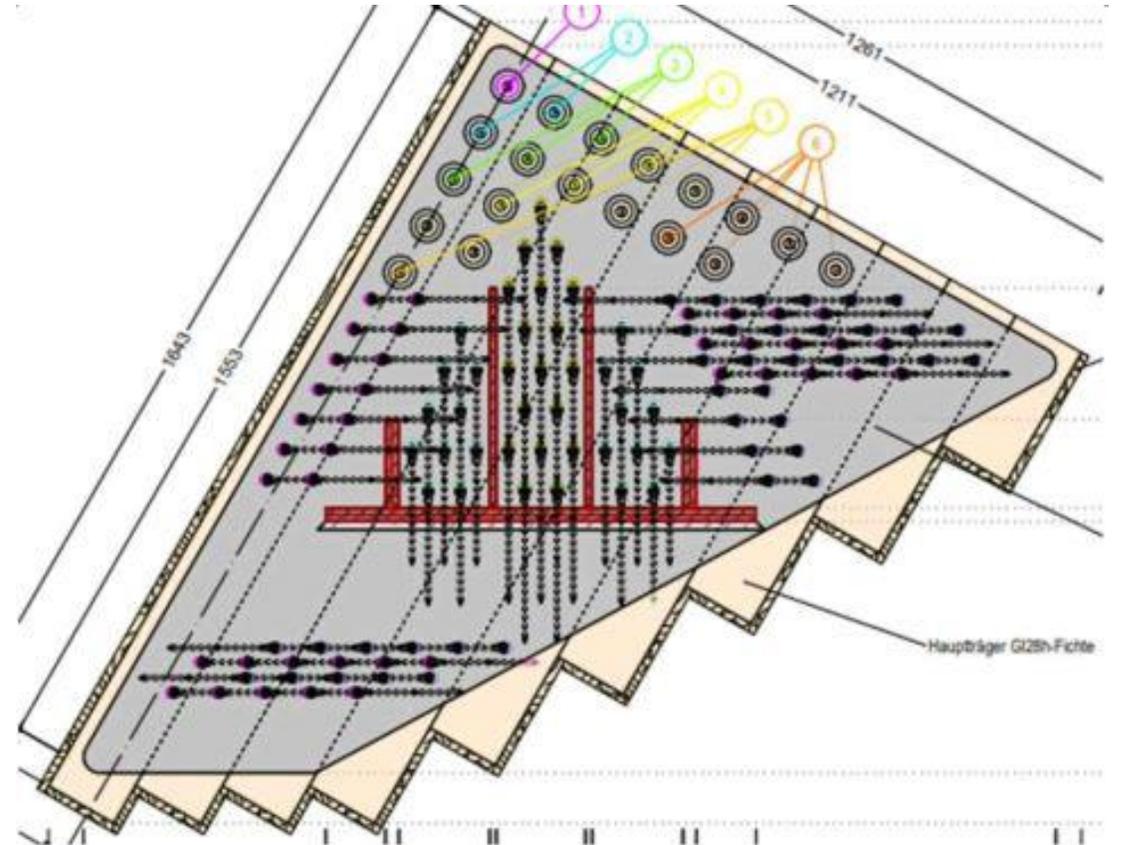


Abdichtungsbahn

U-Rahmen

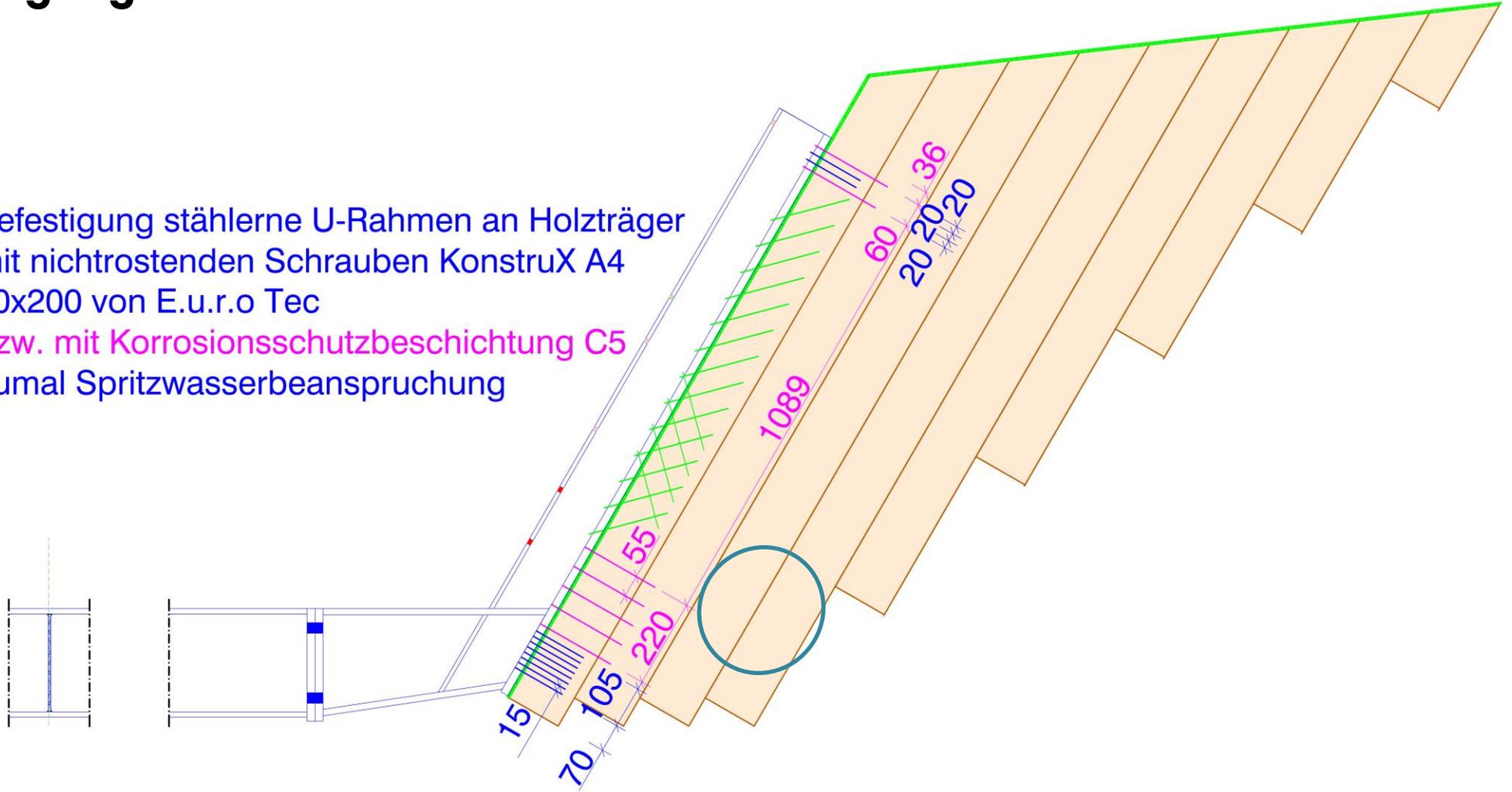
Carbonbetonplatten
Fertigteilplatten

Biegesteifer Anschluss Holz-Beton



Befestigung U-Rahmen

Befestigung stählerne U-Rahmen an Holzträger
mit nichtrostenden Schrauben KonstruX A4
10x200 von E.u.r.o Tec
bzw. mit Korrosionsschutzbeschichtung C5
zumal Spritzwasserbeanspruchung



Kontrolle Verschraubung Hauptspann

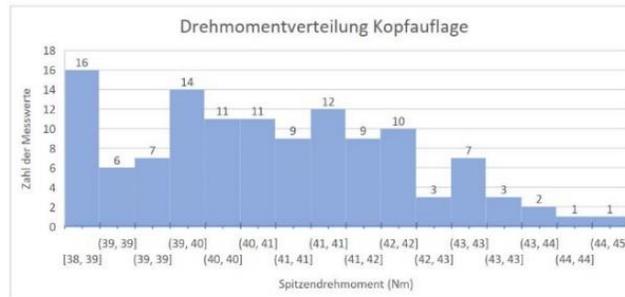
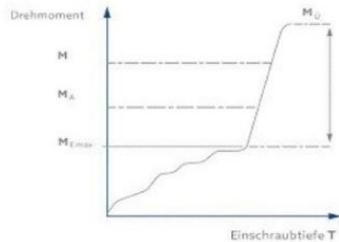
Messeprotokolle Anschluss Hauptspann an Stahlbetonstütze Süd:

4x53 Vollgewindeschrauben Rothoblass EVO 11 x 300 / 400
verbinden Stahleinbauteil und Holzträger; insg. 232 Stück

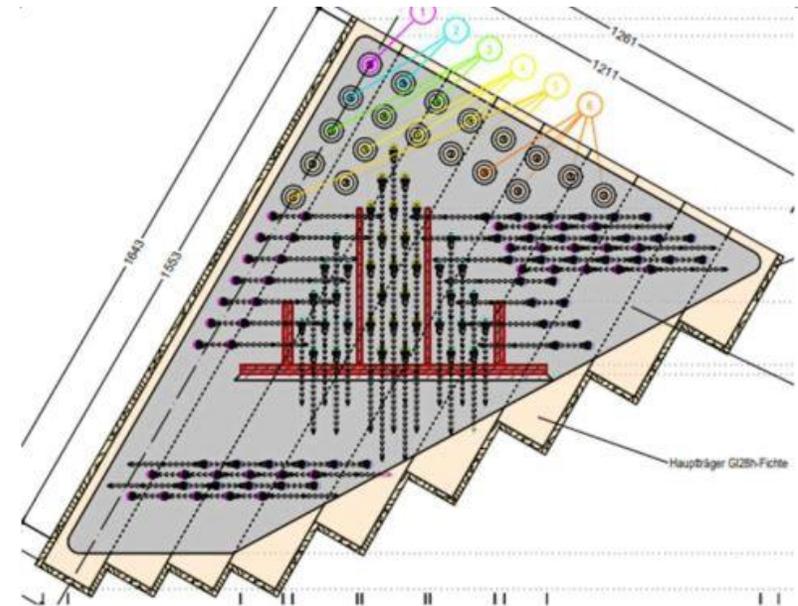
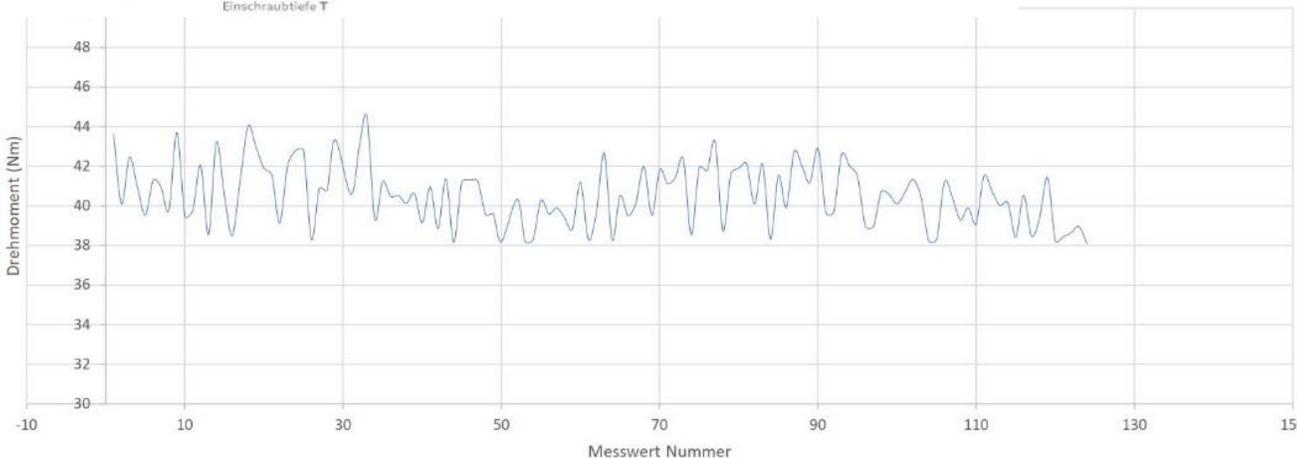


Auswertung/Analyse

Höchster Wert	44,52
Niedrigster Wert	38,1
Standardabweichung	1,54545052
Mittelwert	40,5571311
Median	40,54
Anzahl der Messungen	122
Variationskoeffizient	4%



Schrauberprotokolle
1 QXF-SP16A-062725124507 Süd Rechts



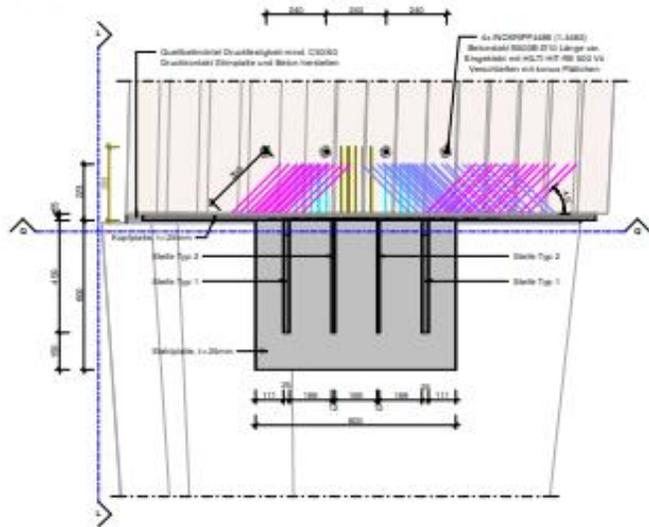
Drehmomentenverteilung Kopfauflage

Maximales Drehmoment bei Kopfauflage

Anschluss Hauptspann an Stahlbetonstütze bzw. Widerlager Süd und Nord

19 eingelebte bzw. einbetonierte Bewehrungsstäbe je Anschluss, also insgesamt $4 \times 19 = 76$ Stäbe
 116 Vollgewindeschrauben je Anschluss verbinden Stahleinbauteil und Holzträger; insg. 464 Stück

Auflagerdetail - Grundriss inkl. Schrauben oben
 M 1:10



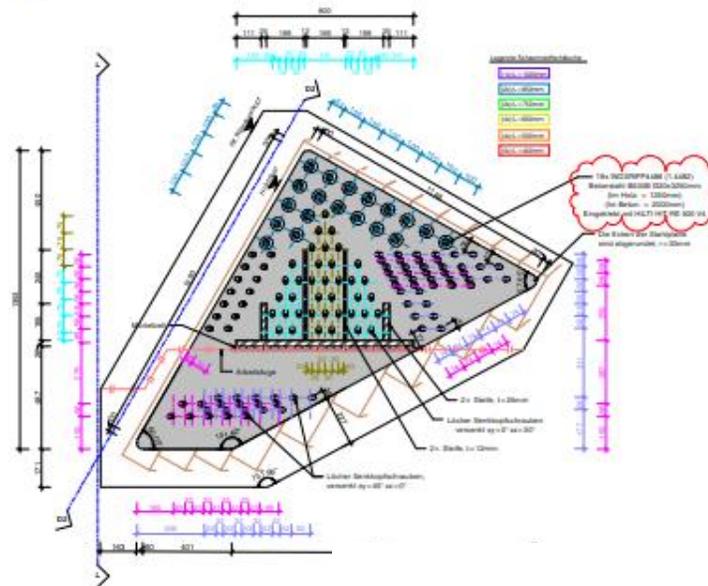
Anschluss Holzträger (oben)
 an Stahlbetonbauteil (unten)
 mit 19 einbetonierten
 Bewehrungsanschlüssen
 (kein Kontakt zu Stahlplatte,
 da Aussparungen)

Schaumstoffschläuche
 unterschiedlicher Länge
 um nichtrostende
 Bewehrungsstäbe
 zur Erzielung gleicher
 Verformungen der
 Bewehrungsstäbe
 untereinander

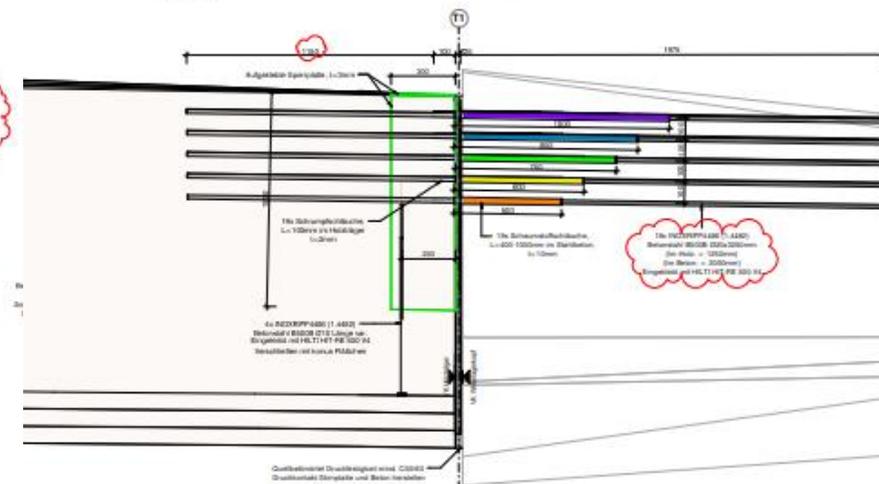
Anschluss Stahlplatte an
 Holzträger (oben) mit ins Holz
 eingeschraubten **VG Evo von Rotoblass:**

- für Horizontalkraft und Torsion
 Vollgewindeschrauben (VG)
 Vollgewindeschrauben
- für Vertikalkraft
 Vollgewindeschrauben
 Vollgewindeschrauben

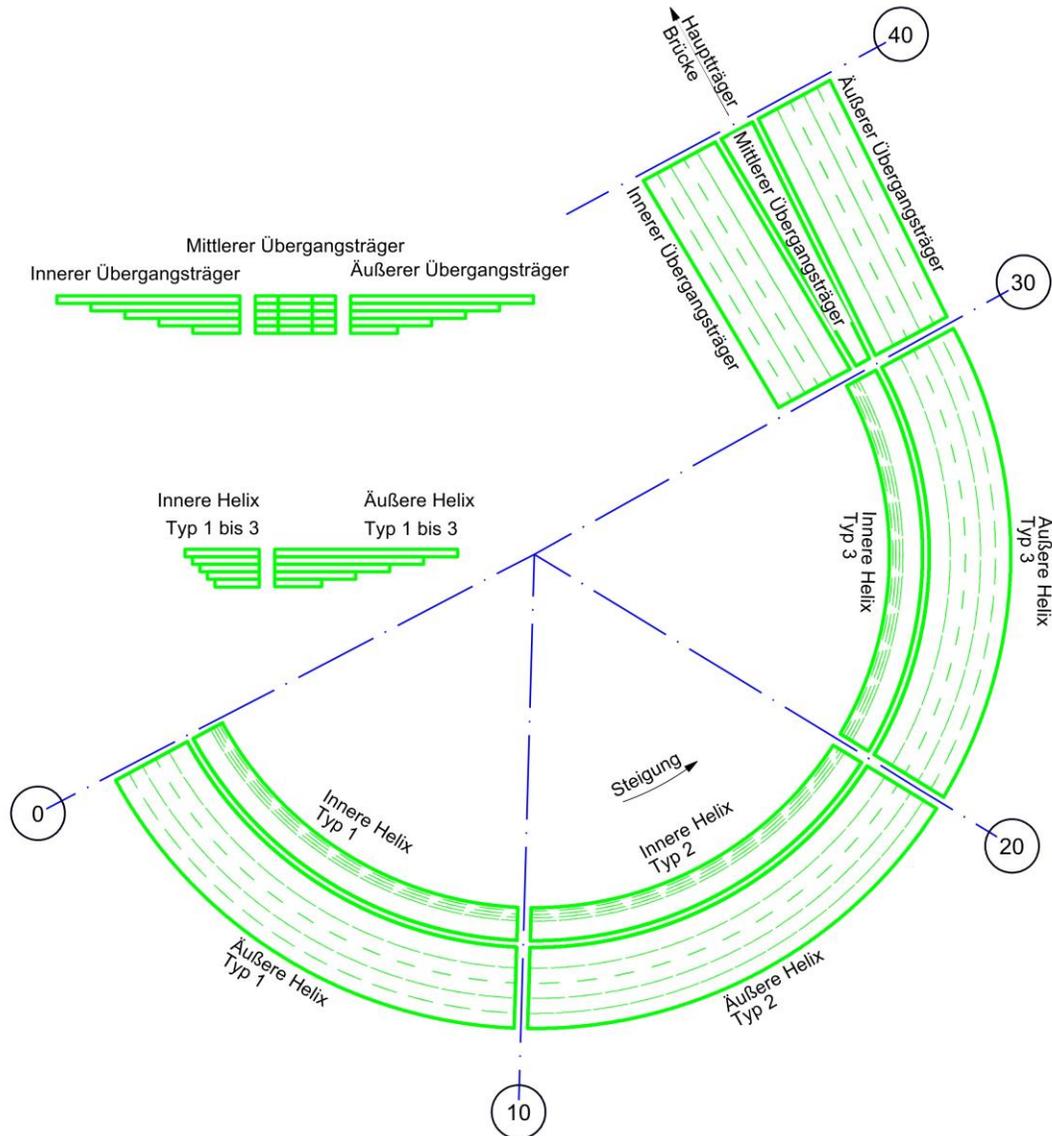
Auflagerdetail - Querschnitt
 M 1:10



Detailschnitt D2 - Bewehrungsstäbe + Faserverstärkungen
 M 1:10



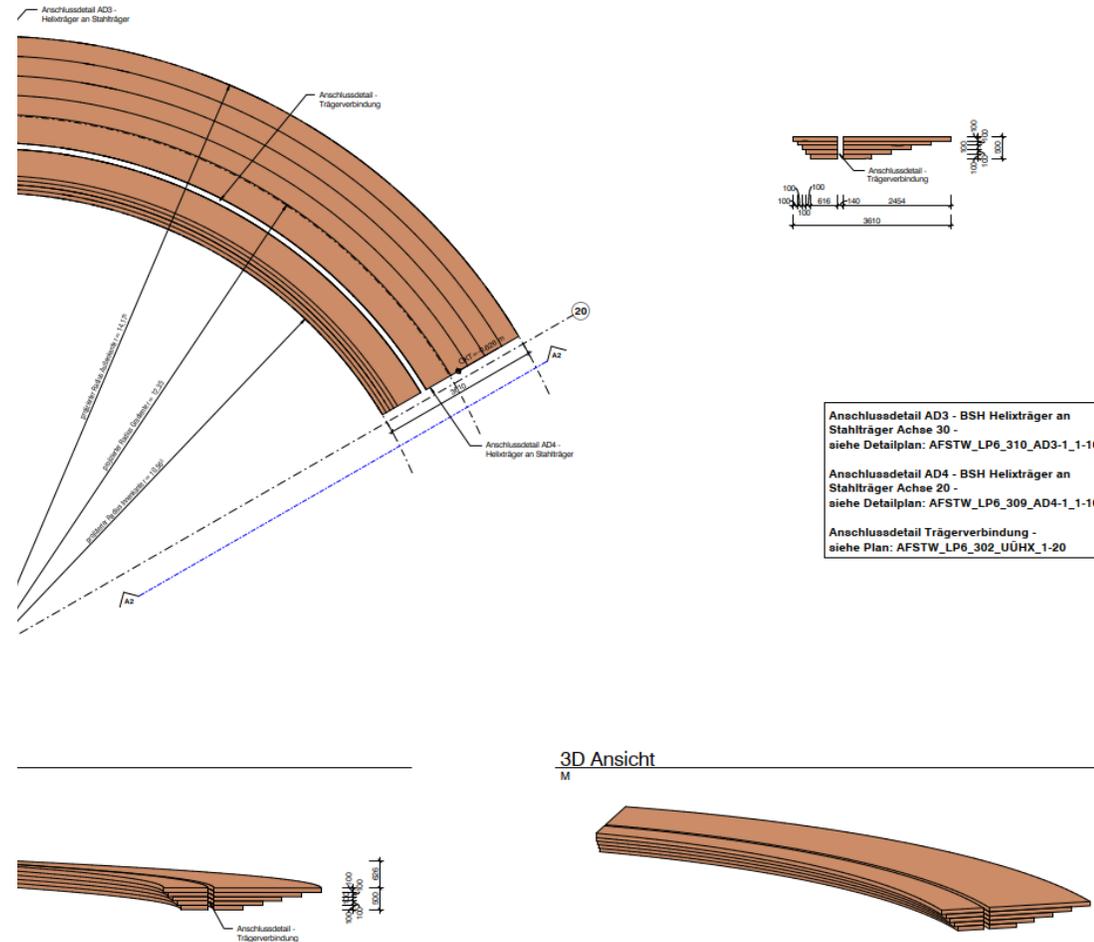
Konstruktiver Holzschutz – Helixträger



Stahlrippenplatte (Gehbelag) auf Bitumenabdichtung direkt auf Holzträger

Helix Träger Typ 1

Ansicht A1
M 1 : 50



Anschlussdetail AD3 - BSH Helixträger an Stahlträger Achse 30 - siehe Detailplan: AFSTW_LP6_310_AD3-1_1-10

Anschlussdetail AD4 - BSH Helixträger an Stahlträger Achse 20 - siehe Detailplan: AFSTW_LP6_309_AD4-1_1-10

Anschlussdetail Trägerverbindung - siehe Plan: AFSTW_LP6_302_UÜHX_1-20

Herstellen Holzbauanschlüsse



Herstellung der 17 mm Schlitz mit einem Kettenstemmer, der in einem Arbeitsgang genau 17 mm Schlitzbreite ermöglicht.



M 18 Gewindestange um zu zeigen, dass die Bohrung auf ganzer Länge erfolgt ist.



Lt. Ausführender Firma:
„Sehr hohe Passgenauigkeit bei der Holz- Stahlverbindung. Stahlrippen liegen ohne Luft stramm am Holz an.“

Anschluss Stützenkopf Helix Achse 10/20: Die 1,4 m langen Stabdübel leiten die Lasten in 7 Bleche ein.

Frage PI: Wie muss gebohrt werden?

Eigene Erfahrungen Brücke Remseck über den Neckar, Biegesteife Firstknoten NMK

Kompromiss: Herstellung Muster

Problem:

Die Schwertbleche sollen mit 320 µm pro Seite gemäß ZTV-ING Teil 4 Tabelle A4.3.2 System 1.3.1 b) 1) (Stahlbau) beschichtet werden und passen dann nicht mehr in die Schlitz. Neue Schlitzung 19 mm sorgt dann für ca. 2 mm Spiel.

Holzbauanschluss - Musterherstellung

Anschluss BSH-Träger Helix Achse 10 an Stützenkopf:

Stabdübel von beiden Seiten eingebracht, jeder Stabdübel durchläuft 7 Bleche.
Insgesamt beim äußeren Helix-Träger 14 hintereinander liegende 15 mm dicke Bleche



Stahlbauteil nach dem Ausbau



Kontrolle der Bohrlöcher: 22 mm;
z.T. Langlöcher sichtbar



Nach Aufschneiden des Musters:
Stabdübel ließ sich mit geringem
Kraftaufwand in der Passung halten.

Herstellen Helix-Träger



Blockverklebung mit Negativ (oben) und ursprüngliche Aufbringung Pressdruck (nur) an den Rändern (rechts)

Verhindern Aufreißen der stark abgestuften und scharf gekrümmten Hauptträger der Helix im Bereich der **Blockverklebung (fugenfüllender Resorcinharzleim)**

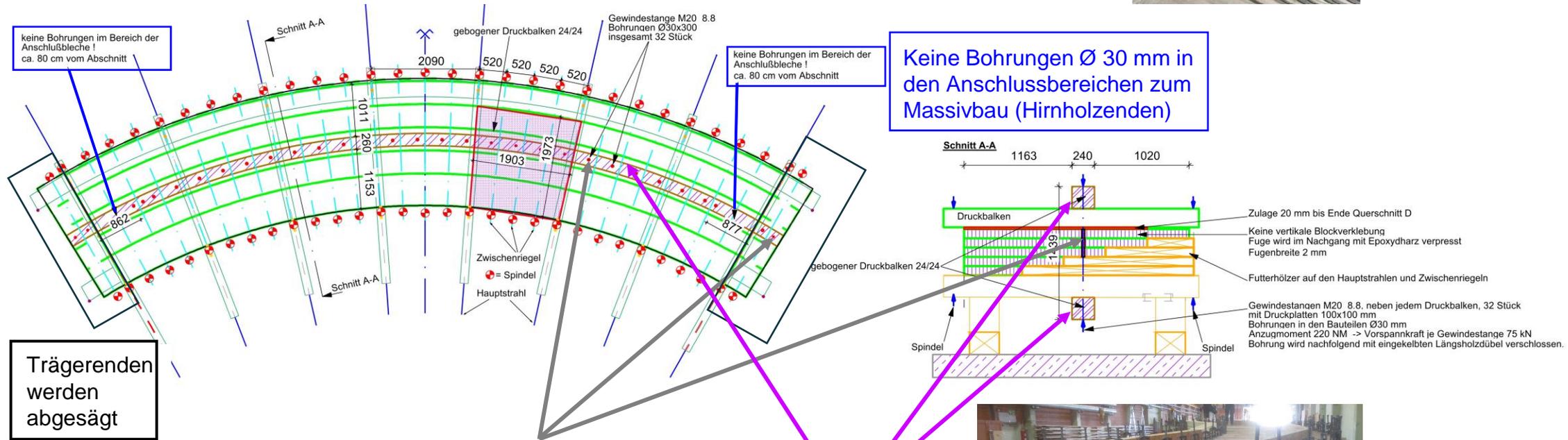


Anschluss Stützenkopf Helix Achsen 10 und 20 nach Einsägen der Schlitze

Optimierung Herstellung Helix-Träger

Anschluss Stützenkopf Helix Achsen 10 und 20:

Verhindern Aufreißen der stark abgestuften und scharf gekrümmten Hauptträger der Helix im Bereich der **Blockverklebung** (fugenfüllender Resorcinharzleim)



Zusätzliche Gewindestangen M20 Güte 8.8 in Trägermitte

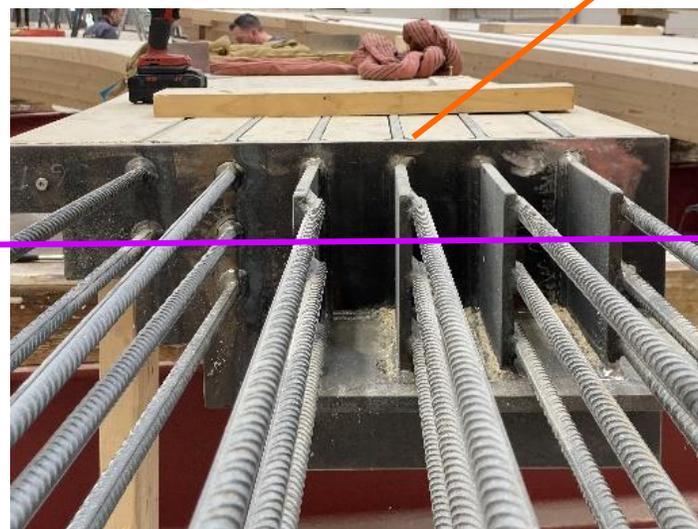
Pressdruck im Anschlussbereich durch Anordnung gebogener Biegebalken über komplette Länge Helix



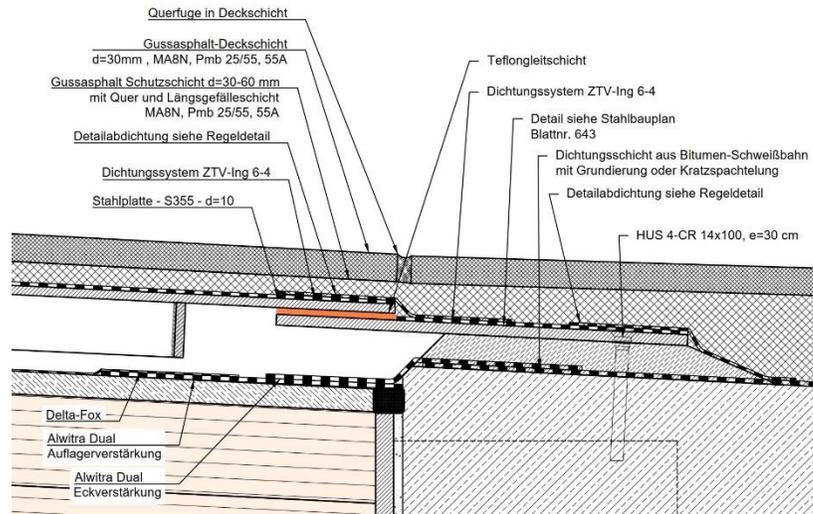
Holzbauanschlüsse



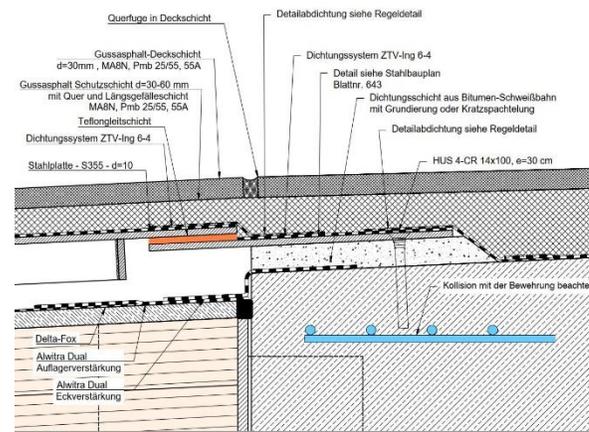
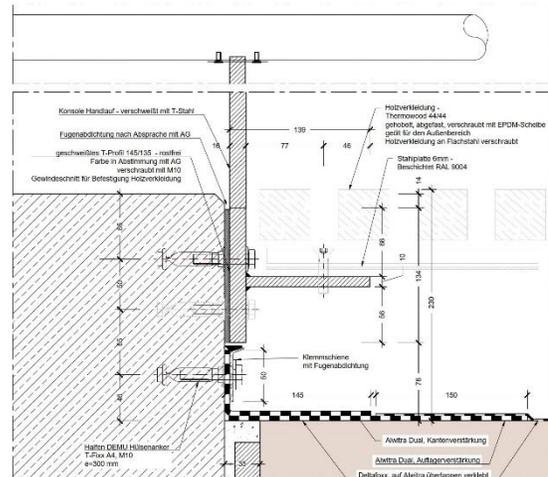
Befestigung Torsions-gelenke Helix an Holzträger mit galvanisch beschichteten Schrauben ASSY VGS Ø12x200mm SK Korrosionsklasse C3 nach EN ISO 12944-2



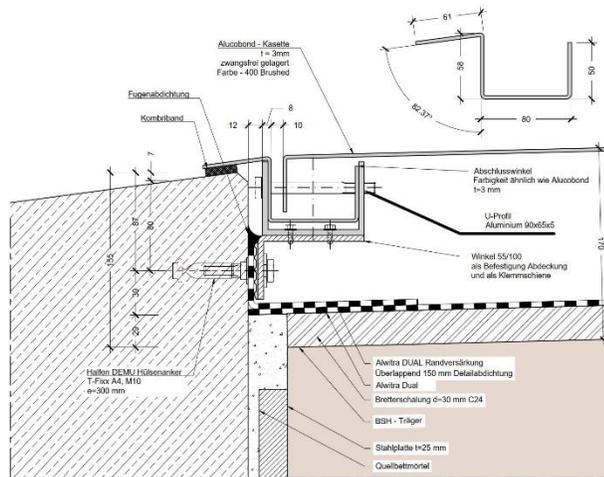
Fahrbahnübergang - Abdichtung



Helix auf Widerlager



Widerlager Süd auf ÜT



Hauptträger

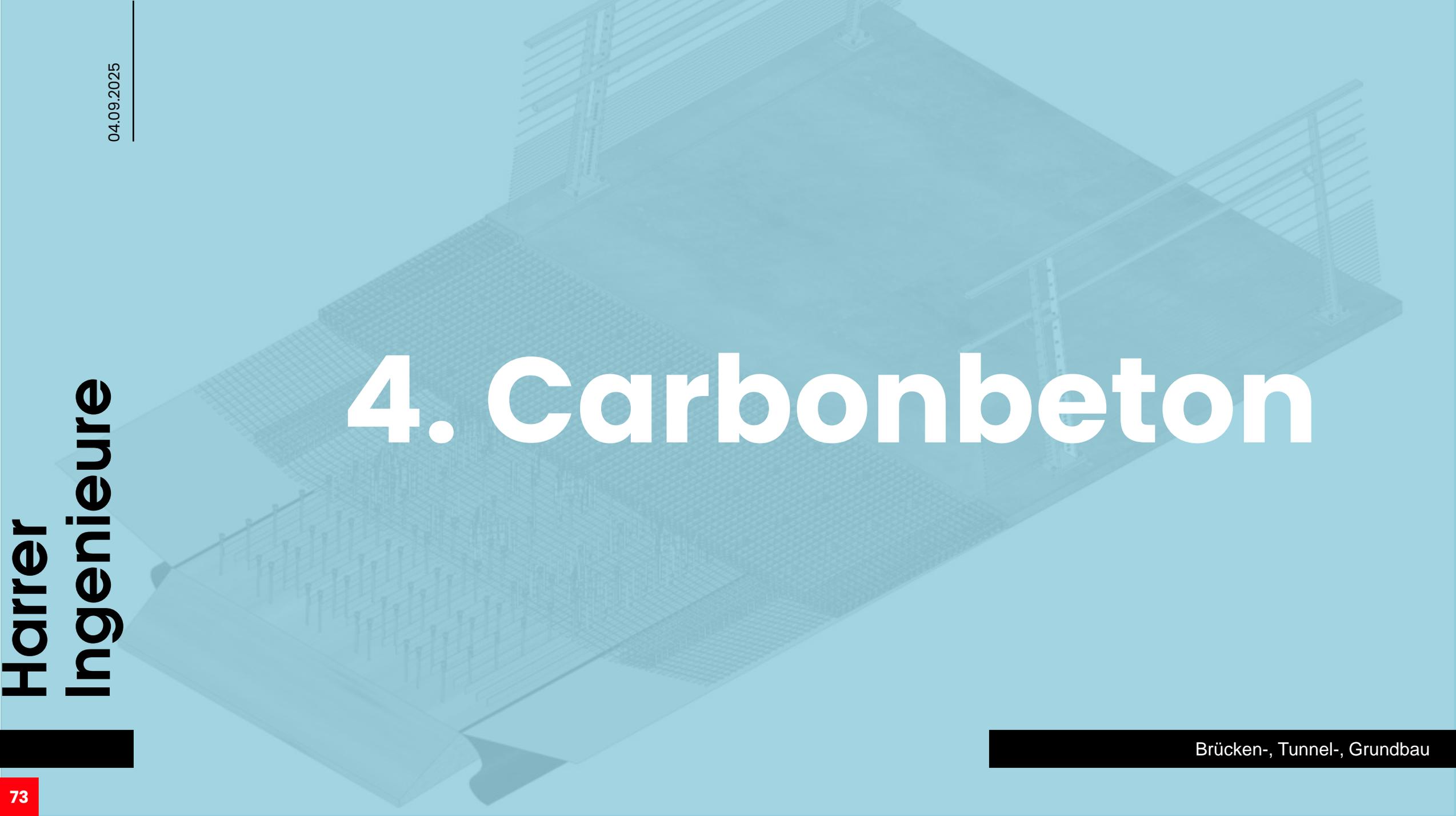
Forderung PI: Monitoring im Hinblick auf Verformungen Endquerschnitt BSH (gegenüber Stahlbetonbauteilen) und Dichtigkeit Fuge

Helix

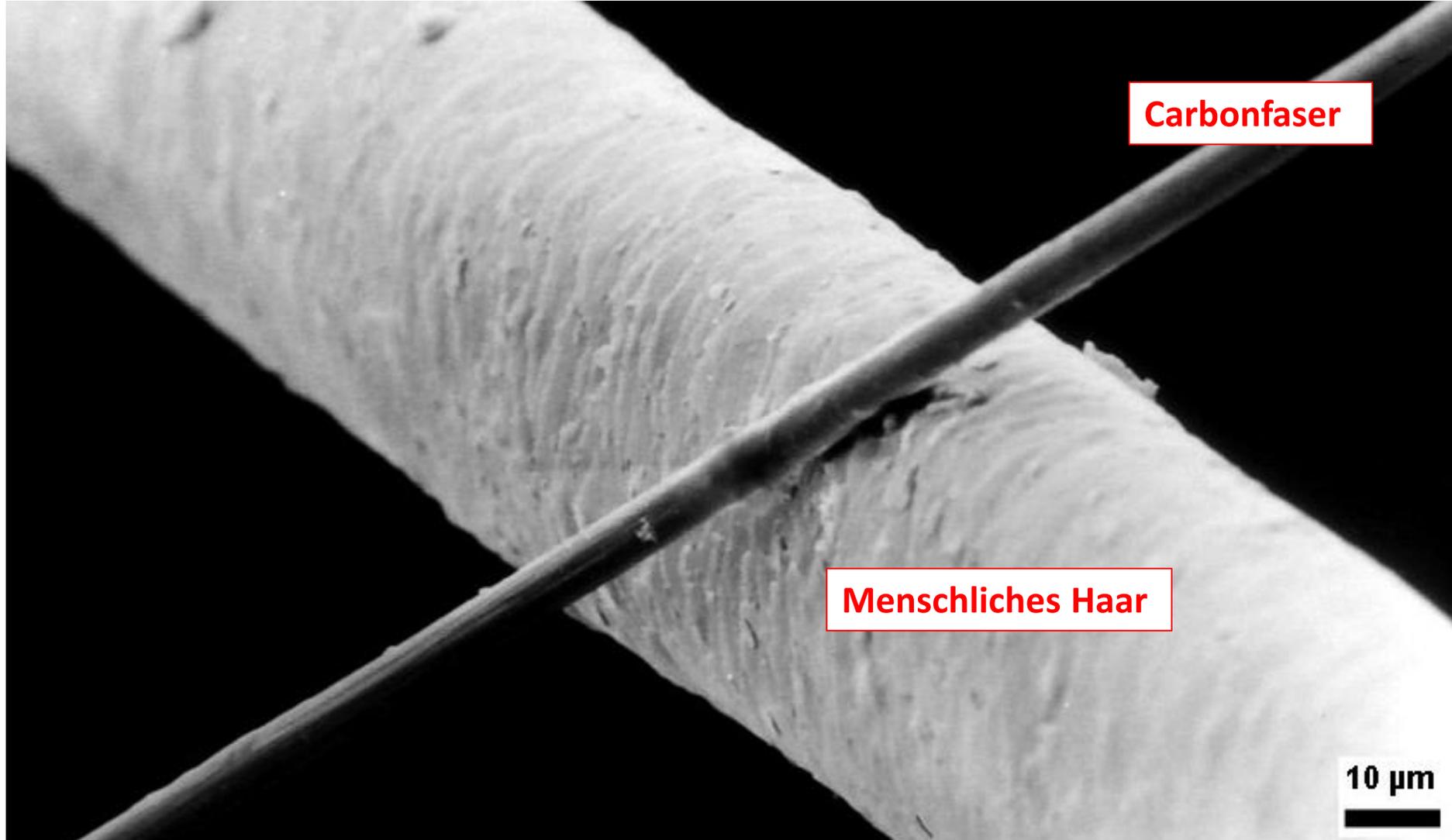
Projektbeteiligte

Bauherr:	MWS Projektentwicklungsgesellschaft mbH	
Objekt- und Tragwerksplanung, örtl. BÜ:	knippershelbig GmbH & DKFS architects LTD	
Geotechnisches Gutachten:	RT Consult GmbH	
Prüfingenieur:	Dipl.-Ing. Matthias Gerold	
Schweißtechnische Prüfung:	Dr.-Ing. Christina Schmidt-Rasche	
Auftragnehmer: KG	Schmees & Lühn Holz- und Stahlingenieurbau GmbH & Co.	
Gutachten Carbonbeton:	RWTH Aachen	
Hersteller/Lieferanten		
Holzbinder	Blockverleimung	Großmann Bau GmbH & Co. KG
Betonarbeiten	Ortbeton Fertigteilplatten Carbonbewehrung	Albert Amos GmbH & Co. KG Betonwerk Oschatz GmbH solidian GmbH, Hitex GmbH
Monitoring		noch nicht bekannt

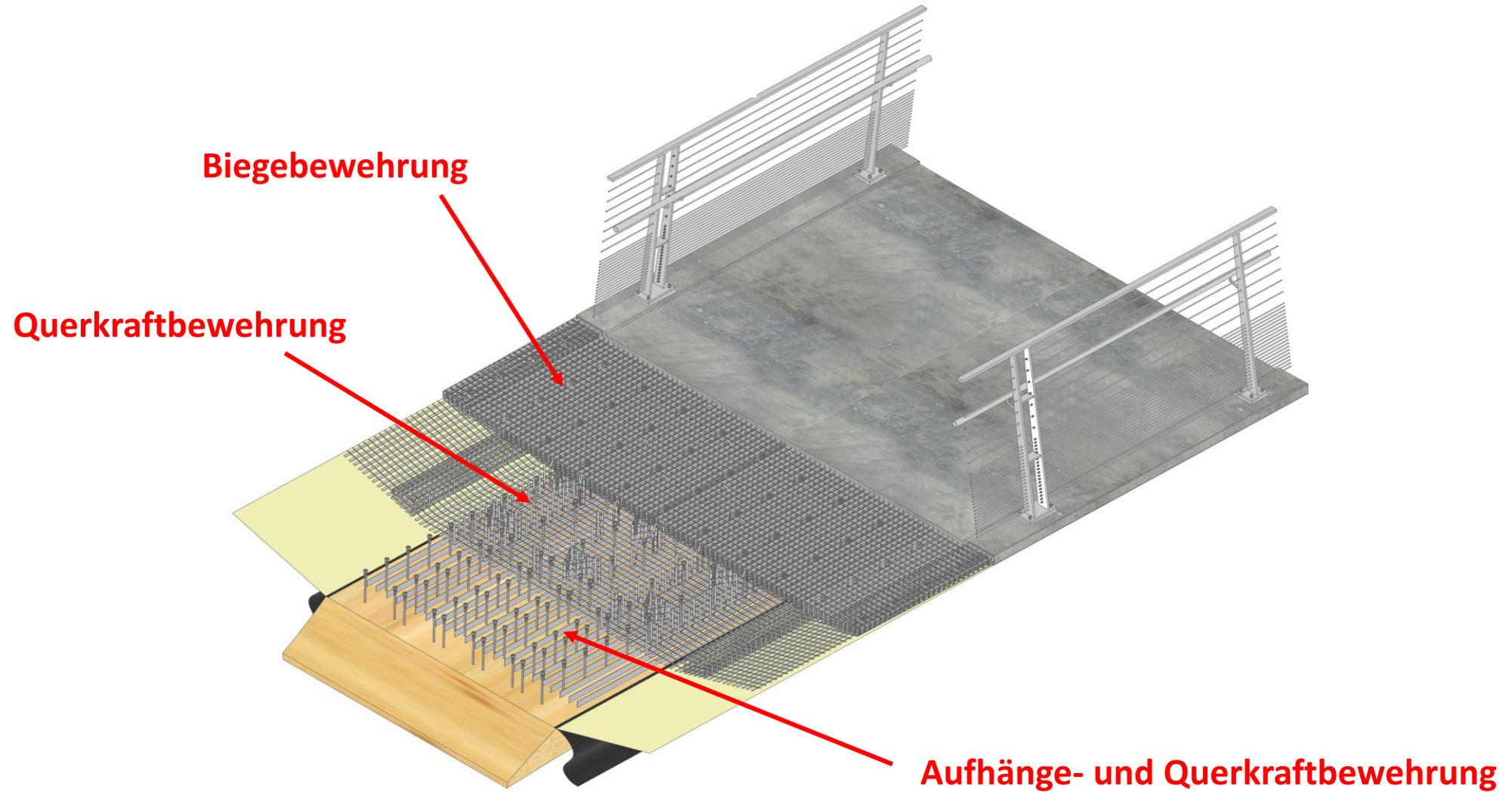
4. Carbonbeton

A 3D architectural rendering of a concrete slab with a rebar grid, shown in a semi-transparent blue color against a light blue background. The rendering shows the top surface of the slab with a grid of rebar, and the bottom surface with a grid of rebar. The slab is supported by a network of vertical and horizontal rebar.

Carbonfasern



Integrale Holz-Carbon-Beton-Verbundbrücke



4. Carbonbeton Nachweisführung

Nachweise nicht metallische Bewehrung

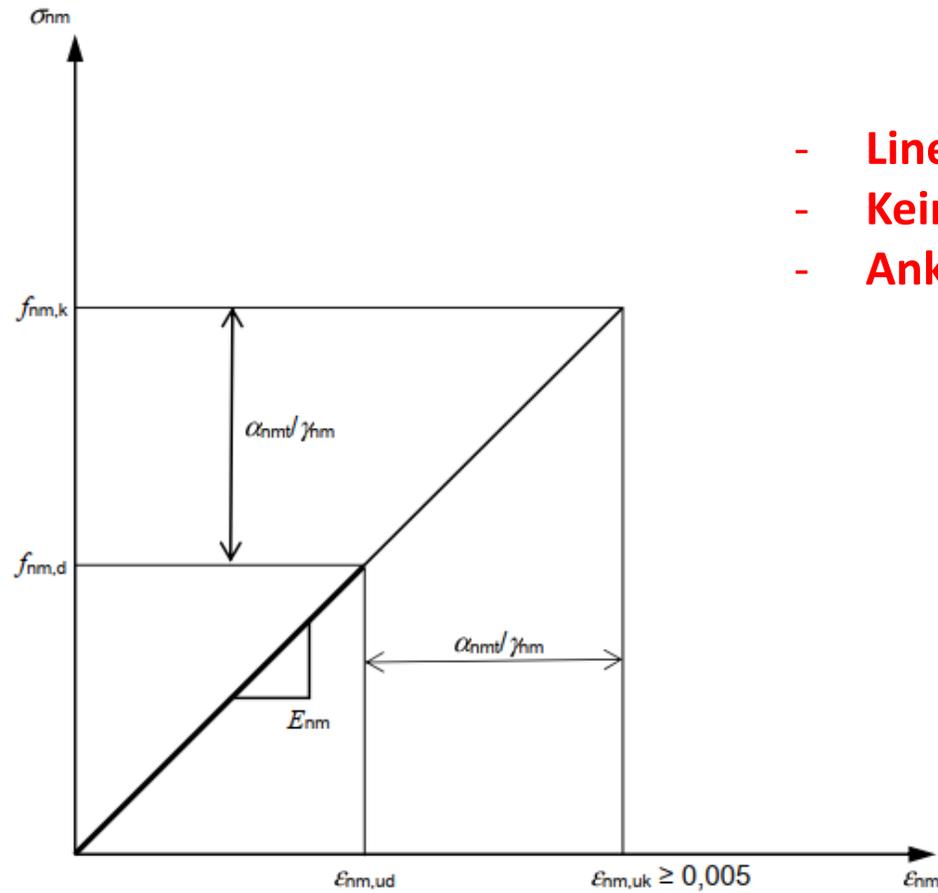
DEUTSCHER AUSSCHUSS FÜR STAHLBETON

D 230 DAfStb UA
Nichtmetallische Bewehrung

DAfStb-Richtlinie

**Betonbauteile mit nichtmetallischer
Bewehrung**

Tragverhalten Carbonbewehrung

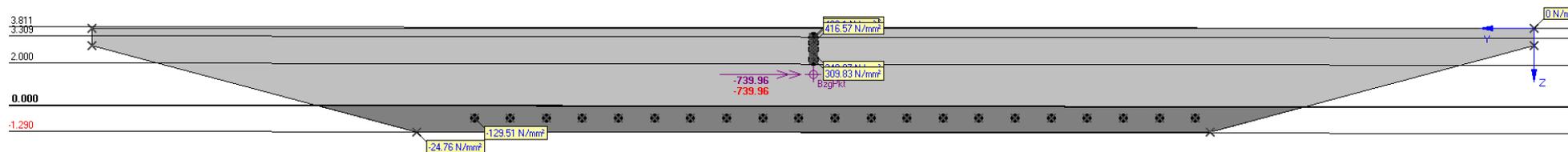


- Linear elastisch bis zum Bruch
- Kein Ankündigungsverhalten beim Carbon an sich
- Ankündigungsverhalten über Verformung und Rissbildung

Bild R5-1: Rechnerische Spannungs-Dehnungs-Linie der nichtmetallischen Bewehrung für die Bemessung für Zug

Biegebemessung

$$f_{nmw,d} = \alpha_{nmt} \cdot f_{nmw,k} / \gamma_{fm}$$



Querkraftnachweis nach dem additiven Modell

(2) Der Querkraftwiderstand eines Bauteils mit Querkraftbewehrung entspricht:

$$V_{Rd} = V_{Rd,c} + \cancel{V_{Rd,nm}} + \cancel{V_{ccd}} + V_{td} \quad (R6.1)$$

$V_{Rd,c}$ Querkraftwiderstand eines Bauteils ohne Querkraftbewehrung bzw. Betontraganteil des Querkraftwiderstands;

$V_{Rd,nm}$ Bewehrungstraganteil des Querkraftwiderstands;

Bei Bauteilen mit geneigten Gurten werden folgende zusätzliche Bemessungswerte definiert (siehe auch DIN EN 1992-1-1, Bild 6.2):

V_{ccd} Querkraftkomponente in der Druckzone bei geneigtem Druckgurt;

V_{td} Querkraftkomponente in der Zuggbewehrung bei geneigtem Zuggurt.

$V_{Ed} < V_{rd,c} \rightarrow$ keine Querkraftbewehrung erf.

Querkraftnachweis nach dem additiven Modell

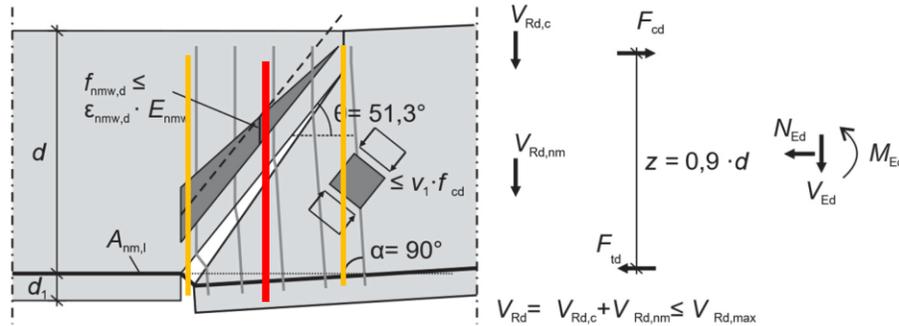


Bild R6-5: Additives Querkraftmodell und Formelzeichen für Bauteile mit Querkraftbewehrung

(2) Der Winkel θ ist wie folgt anzunehmen:

$$\cot \theta = 0,8$$

(R6.6)

(3) Der Querkraftwiderstand V_{Rd} ist der kleinere Wert aus:

$$V_{Rd} = V_{Rd,c} + V_{Rd,nm} = V_{Rd,c} + (A_{nmw} / s) \cdot z \cdot f_{nmw,d} \cdot \cot \theta$$

(R6.7)

und

$$V_{Rd,max} = b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

(R6.8)

Dabei ist:

$V_{Rd,c}$ nach Gleichungen (R6.2) bis (R6.4);

$f_{nmw,d}$ der Bemessungswert der aufnehmbaren Zugspannung des Querkraftbewehrungselementes unter Berücksichtigung von Langzeitbeanspruchung. Gegenüber der Zugspannung des geraden Stabes sind Abminderungen infolge Verankerungsversagen bzw. Versagen in den Umlenkpunkten zu berücksichtigen. Diese sind gemäß Teil 4, Abschnitt 2.3 zu ermitteln.

$$f_{nmw,d} \leq \epsilon_{nmw,d} \cdot E_{nmw}$$

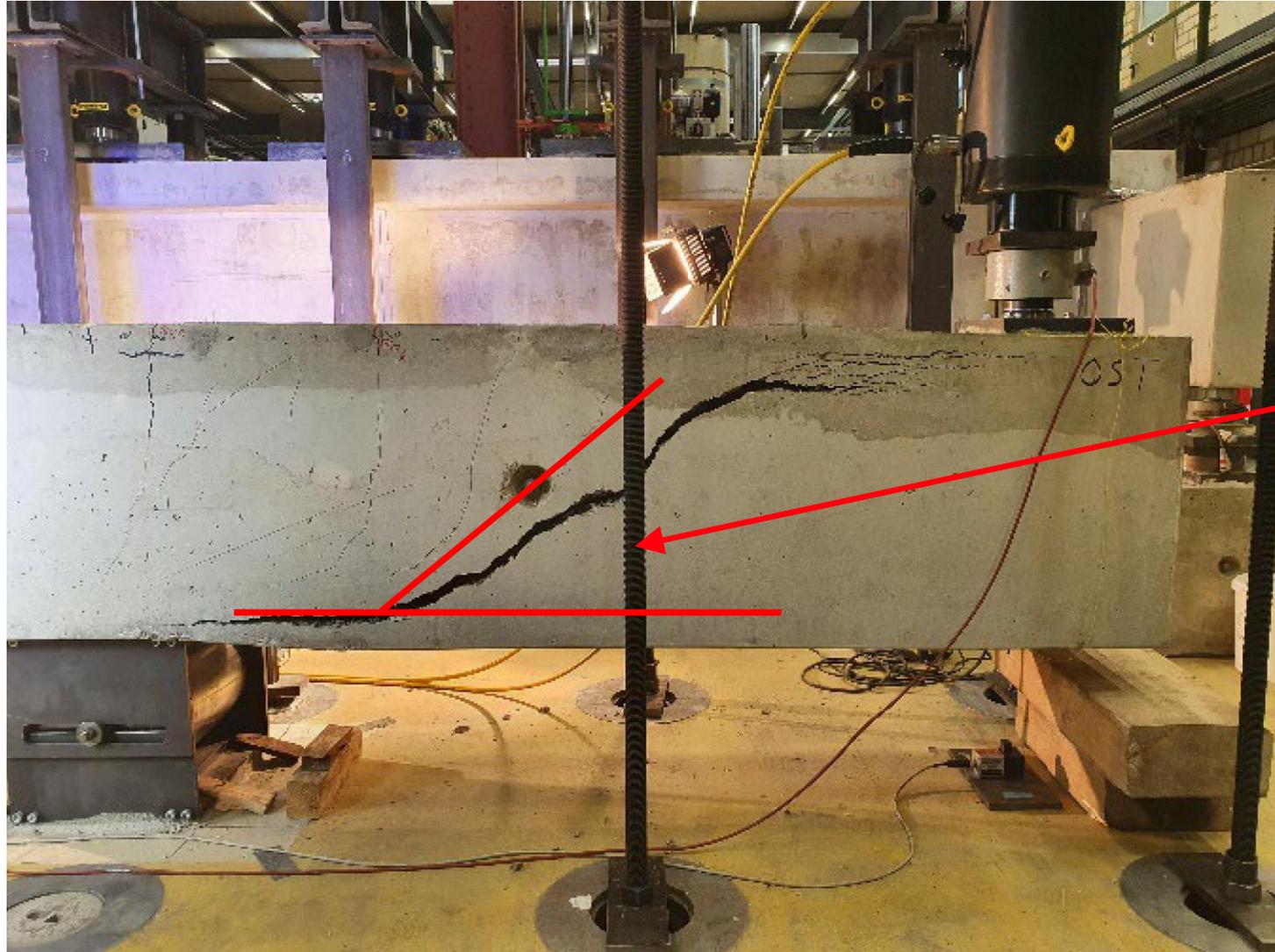
(R6.9)

**$\cot \theta = 0,8$ (R6.6)
statt EC2-2 $\cot \theta = 1,75$**

**Stabförmiges
Querkraftbewehrung**

**Mind. 1 Verbindungsmittel
im Rissverlauf
→ $a \leq d/2$**

Annahmen Querkraftnachweis nach dem additiven Modell



Rechnerische Annahme 45°

Querkraftnachweis

8.2.2 Genauerer Nachweis für Bauteile ohne Querkraftbewehrung

(1) gilt.

(2) Der Bemessungswert für den Schubspannungswiderstand $\tau_{Rd,c}$ darf für Bauteile mit nichtmetallischer Längsbewehrung ohne Normalkraftbeanspruchung ermittelt werden mit:

$$\tau_{Rd,c} = [C_{Rk,c} / \gamma_v \cdot k \cdot k_\lambda \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot (E_{nm}/E_s) \cdot f_{ck})^{1/3}] \cdot d/z \quad (R8.2)$$

Dabei ist:

$$\tau_{Rd,c} \text{ in [N/mm}^2\text{];}$$

$$z = 0,9 \cdot d$$

$$C_{Rk,c} = 0,155$$

$$k = \frac{1}{\sqrt{1 + d / 200}} \text{ mit } d \text{ in [mm];}$$

$$k_\lambda = 1 + 2,824 \cdot e^{\left(-\frac{\lambda}{4,538}\right)}; \text{ Schubschlankheitsfaktor;}$$

λ Schubschlankheit.

Allgemein gilt:

$$\lambda(x) = M_{Ed} / (V_{Ed}(x) \cdot d),$$

Querkraftnachweis

		Achse 10									
		Widerlager- anschnitt	***		Übergang Holzträger		Übergang Holzträger		Querkraftsprung		
		st.&vorübergeh. Lasten	st.&vorübergeh. Lasten	st. Lasten	st.&vorübergeh. Lasten	st.&vorübergeh. Lasten	st. Lasten	st.&vorübergeh. Lasten	st.&vorübergeh. Lasten	st. Lasten	
Querkraft [kN]	[kN]	882	813	613	768	768	268	455	-731	-269	-464
b_w	[mm]	2080	2080	2080	2200	2200	2200	2200	2200	2200	2200
d^*	[mm]	528	528	528	225	225	225	195	225	225	195
A_{nm}^{**}	[mm ²]	3411,2	3411,2	3411,2	3608	3608	3608	3608	3608	3608	3608
E_{nm}	[N/mm ²]	218520	218520	218520	218520	218520	218520	218520	218520	218520	218520
k	[-]	0,524	0,524	0,524	0,686	0,686	0,686	0,712	0,686	0,686	0,712
λ	[-]	3,788	3,788	3,788	8,889	8,889	8,889	10,256	8,889	8,889	10,256
k_λ	[-]	2,184	2,184	2,184	1,367	1,367	1,367	1,268	1,367	1,367	1,268
ρ_l	[-]	0,003	0,003	0,003	0,007	0,007	0,007	0,008	0,007	0,007	0,008
$f_{nmw,d}$	[N/mm ²]	630,77	630,77	630,77	142,95	142,95	142,95	142,95	142,95	142,95	142,95
Abstand Combar											
Combar d=12	[Stk]				60	72	12	60	60	0	0
Bügel d=10	[Stk]	15	15	15							
Bezugslänge	[m]	1,000	1,000	1,000	1,240	2,085	1,240	1,240	1,420	1,420	1,240
a_{nmw}	[mm ² /m]	2355	2355	2355	5467,74	3902,16	1093,55	5467,74	4774,65	0	0
$V_{Rd,c}$	[kN]	328,5	328,5	328,5	161,2	161,2	161,2	141,0	161,2	161,2	141,0
$V_{Rd,nm}$	[kN]	564,7	564,7	564,7	126,6	90,4	25,3	109,7	110,6	0,0	0,0
V_{Rd}	[kN]	893,2	893,2	893,2	287,8	251,6	186,5	250,7	271,8	161,2	141,0
Ausnutzung		99%	91%	69%	267%	305%	144%	181%	269%	167%	329%



$F_{Rd,c}$	[kN]	328,5	328,5	328,5	161,2	161,2	161,2	141,0	161,2	161,2	141,0
$F_{Rd,nm}$	[kN]	564,7	564,7	564,7	126,6	90,4	25,3	109,7	110,6	0,0	0,0
F_{Rd}	[kN]	893,2	893,2	893,2	287,8	251,6	186,5	250,7	271,8	161,2	141,0
Ausnutzung		99%	91%	69%	267%	305%	144%	181%	269%	167%	329%
	[kN]				480,18	516,44	81,48	204,27	459,24	107,81	323,01
	[mm ² /m]				4263,4	4585,3	723,5	2063,2	4077,4	957,2	3262,6
	[Stäbe/m]				54,28	58,38	9,21	26,27	51,91	12,19	41,54
	[Bügel/m]				27,14	29,19	4,61	13,13	25,96	6,09	20,77
	Erhöhung										
	Übergreifung	0,72	0,72	0,72	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43
	erf. Anzahl	10,66	9,83	7,41	38,81	41,74	6,59	18,78	37,12	8,71	29,70
	gewählt	14,71	14,71	14,71	58,8	58,8	24,5	58,8	58,8	58,8	58,8
	Ausnutzung	73%	67%	50%	66%	71%	27%	32%	63%	15%	50%
	0,5d eingehalten	264			112,5	112,5					
	Betontagenteil	37%	40%	54%	21%	21%	60%	31%	22%	60%	30%
	Die Combarstäbe werden bis UK der zweiten Bewehrungslage geführt. Für kurzzeitige Beanspruchungen kann als Höhe die C										
	Für st. Lasten wird auf der sicheren Seite nur die mittlere Kopfhöhe angesetzt, d.h. d-30mm										

Querkraft



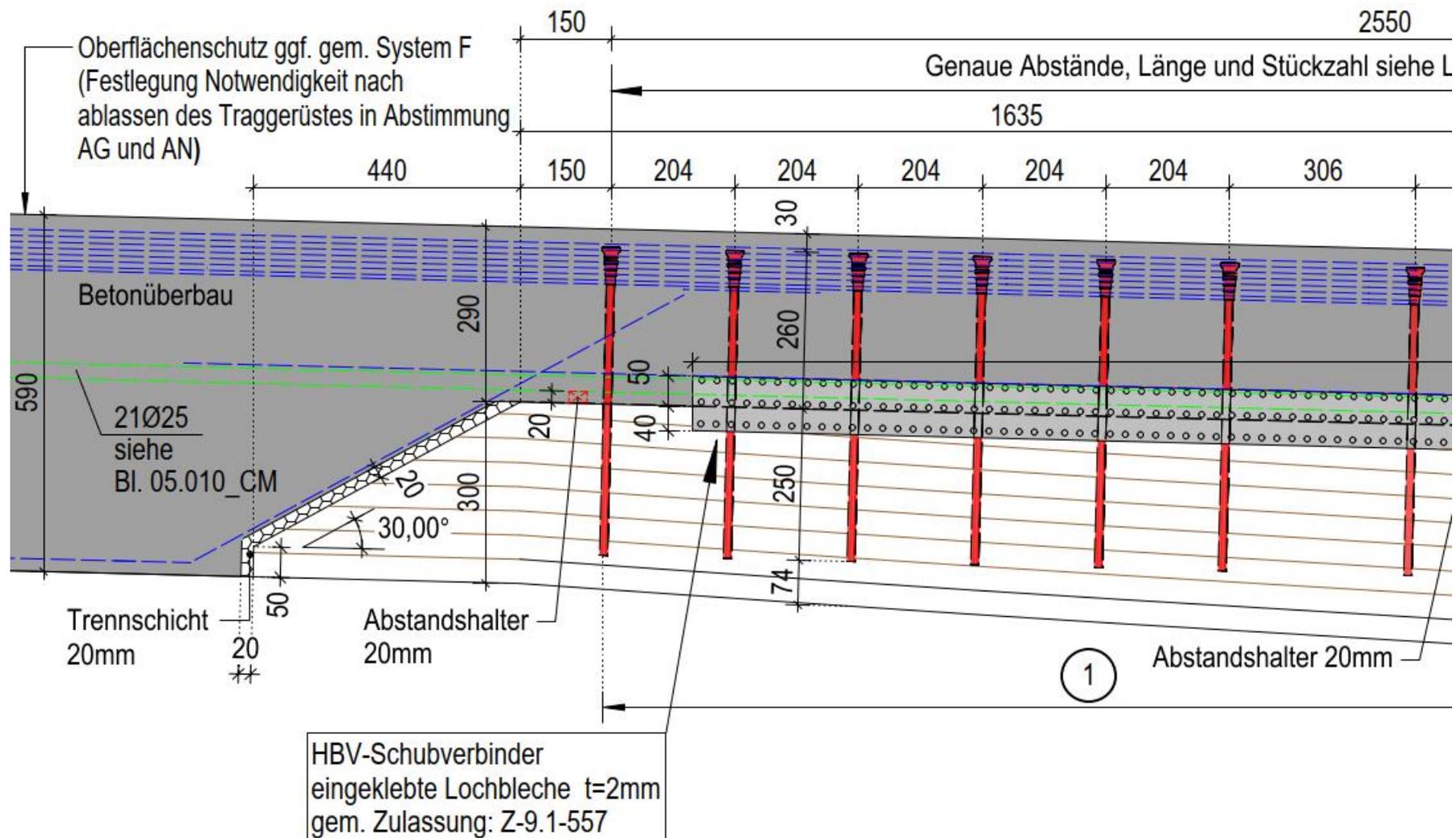
Querkraft VEd [kN]

Querkraft anteilig auf Bügel und Combar verteilt [kN]

Dehnung der Bewehrung ϵ in [‰]

ComBar	Bügel
	792
302,0	490,0
2,40	2,43

Aufhängebewehrung aus Glasfaserstäben



4. Carbonbeton Bewehrung

Mattenbewehrung aus Carbongelege



Kennwerte Carbonmattenbewehrung



$E_{nm,Kett}$ [N/mm ²]	$E_{nm,Schuss}$ [N/mm ²]
218250	207204

Die charakteristischen Werte der Bruchspannung sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Charakteristische Werte der Bruchspannung der Bewehrung

$f_{nm,k,Kett}$ [N/mm ²]	$f_{nm,k,Schuss}$ [N/mm ²]
2447	2377

Mit den zugehörigen Beiwerten können anschließend die Bemessungswerte ermittelt werden. Hierfür werden folgende Beiwerte verwendet:

Beiwert:

Einfluss Länge/Anzahl	α_{eff}	= 0,85	[1]
Teilsicherheitsbeiwert	γ_{fm}	= 1,3	[1]
Dauerstandsfaktor	α_{nmb}	= 0,85	[7]

Daraus lassen sich folgende Bemessungswerte für die Bruchspannung ermitteln (Tabelle 5).

Tabelle 5: Bemessungswerte für die Bruchspannung der Bewehrung

$f_{nm,d,Kett}$ [N/mm ²]	$f_{nm,d,Schuss}$ [N/mm ²]
1360	1321

Die Bemessungswerte für die Bruchdehnung können mit dem mittleren E-Modul und der Bemessungsbruchspannung ermittelt werden und werden daher nicht separat aufgelistet.

Verbundeigenschaften Mattenbewehrung – pull out Versuche



Einbindelänge 50mm

Versuchsbezeichnung	F_{max} [kN]	Versagensart
2022 besandet	19,89	Faserversagen
Nov. 2023 unbesandet	7,21	Pull-out-failure
Nov. 2023 besandet	16,76	Pull-out-failure
Jun. 2023 besandet	N. A. (>13kN)	Versagen Versuchsstand
Insitu-Probe besandet	15,13	Pull-out-failure

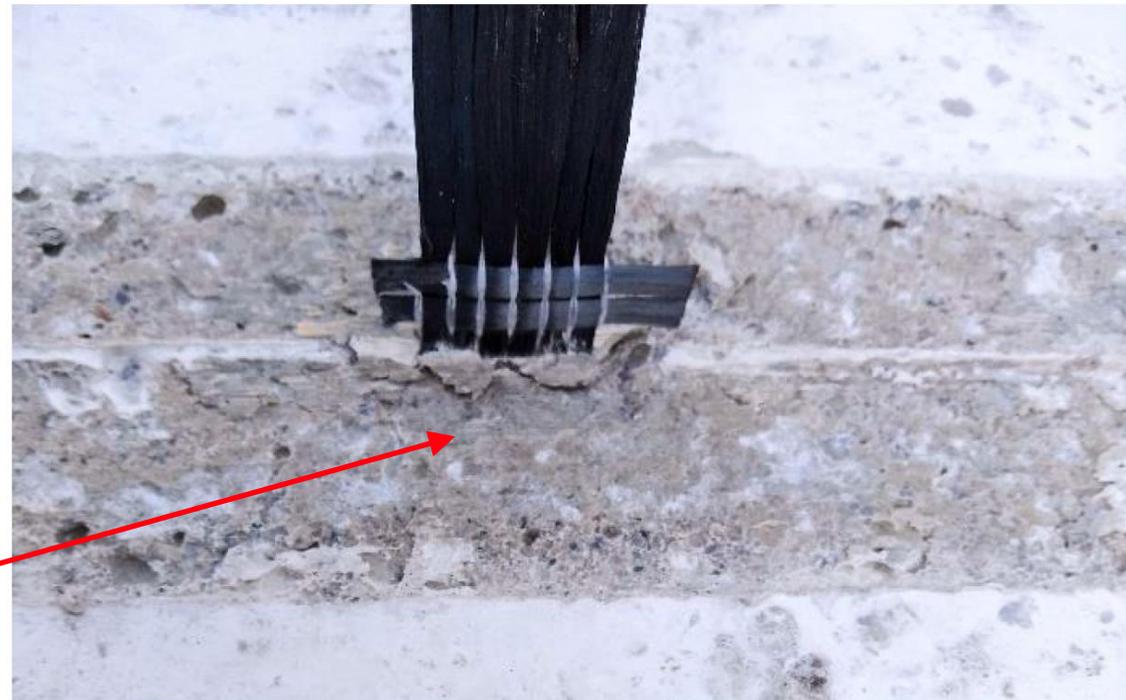
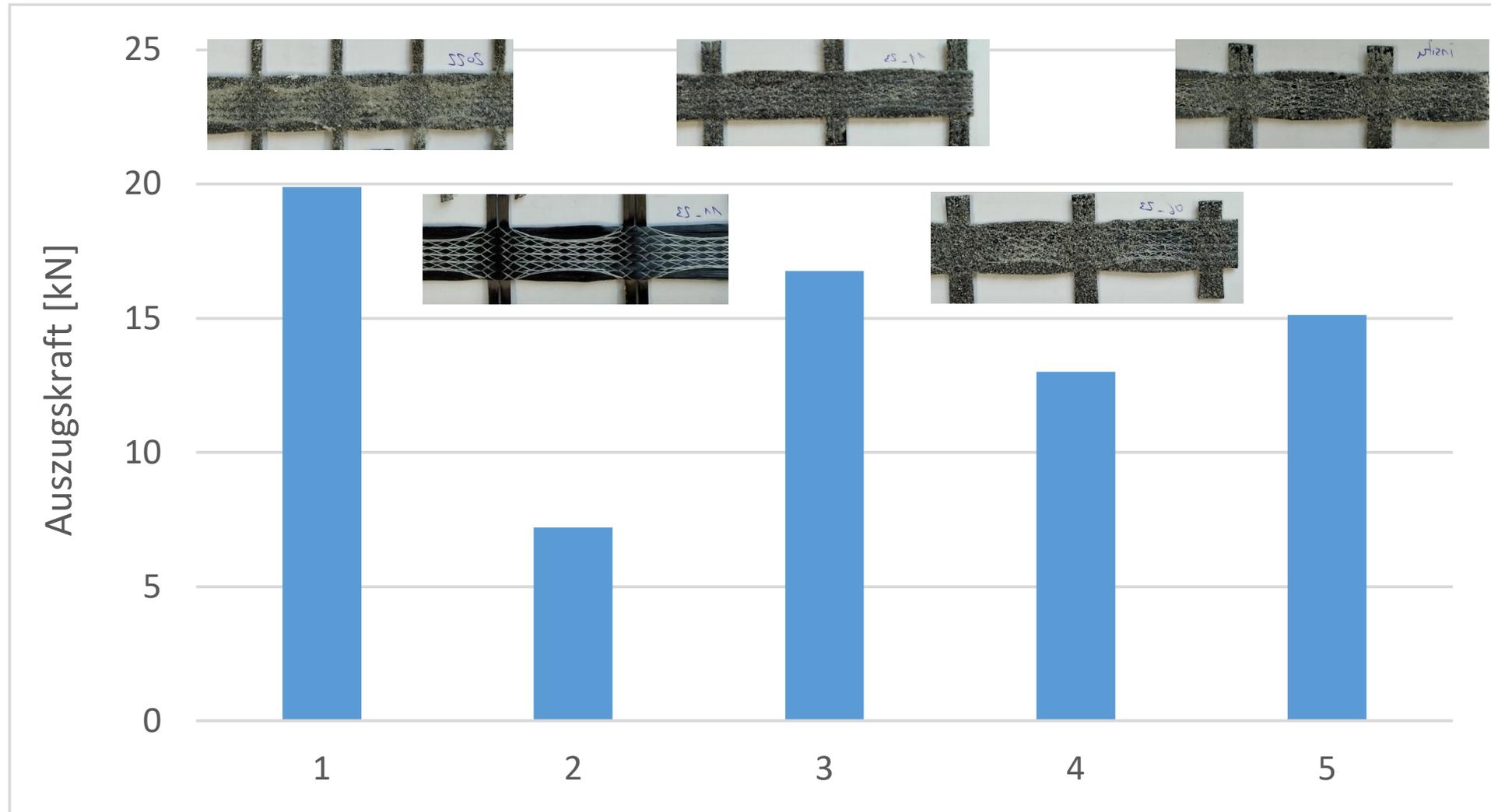


Abbildung 3: Herausgezogener Faserstrang

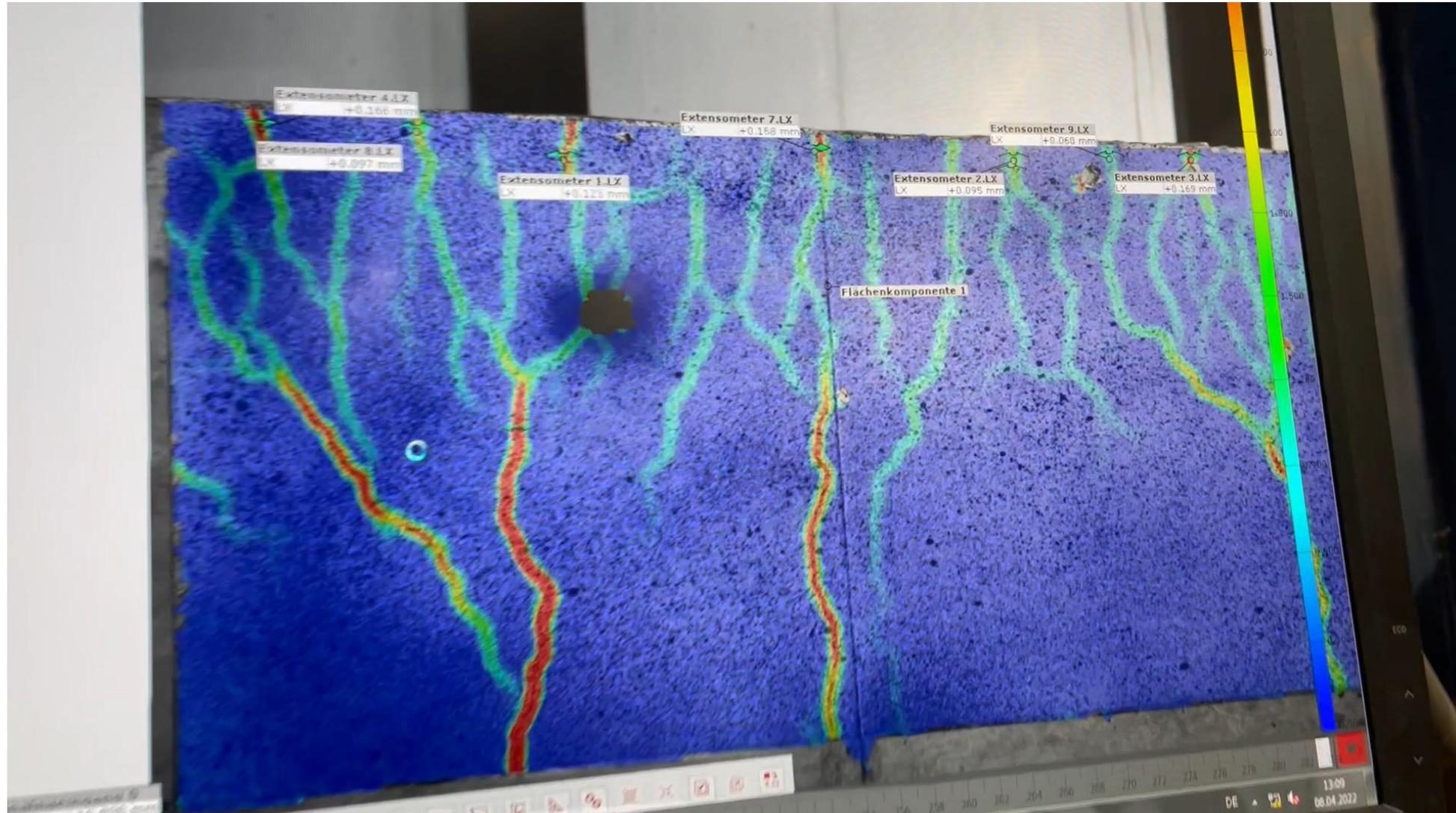
Verbundeigenschaften Mattenbewehrung



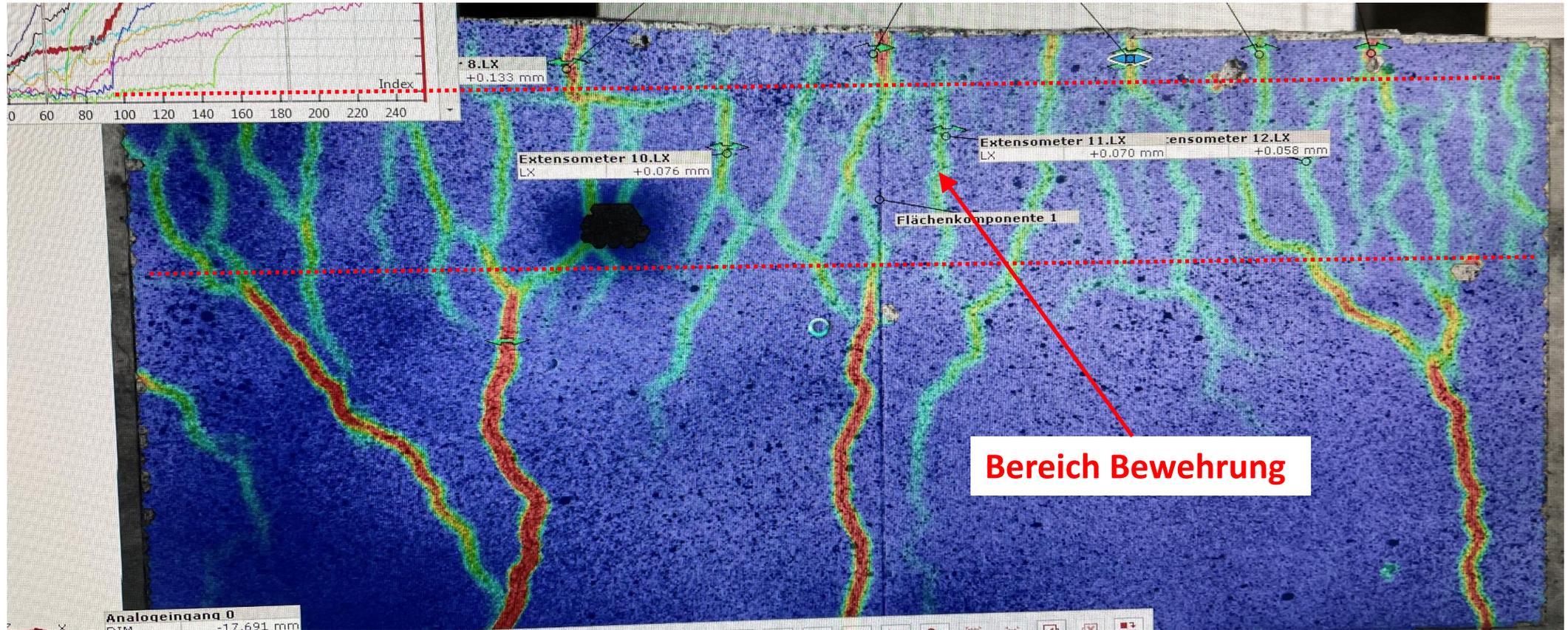
Belastungstests



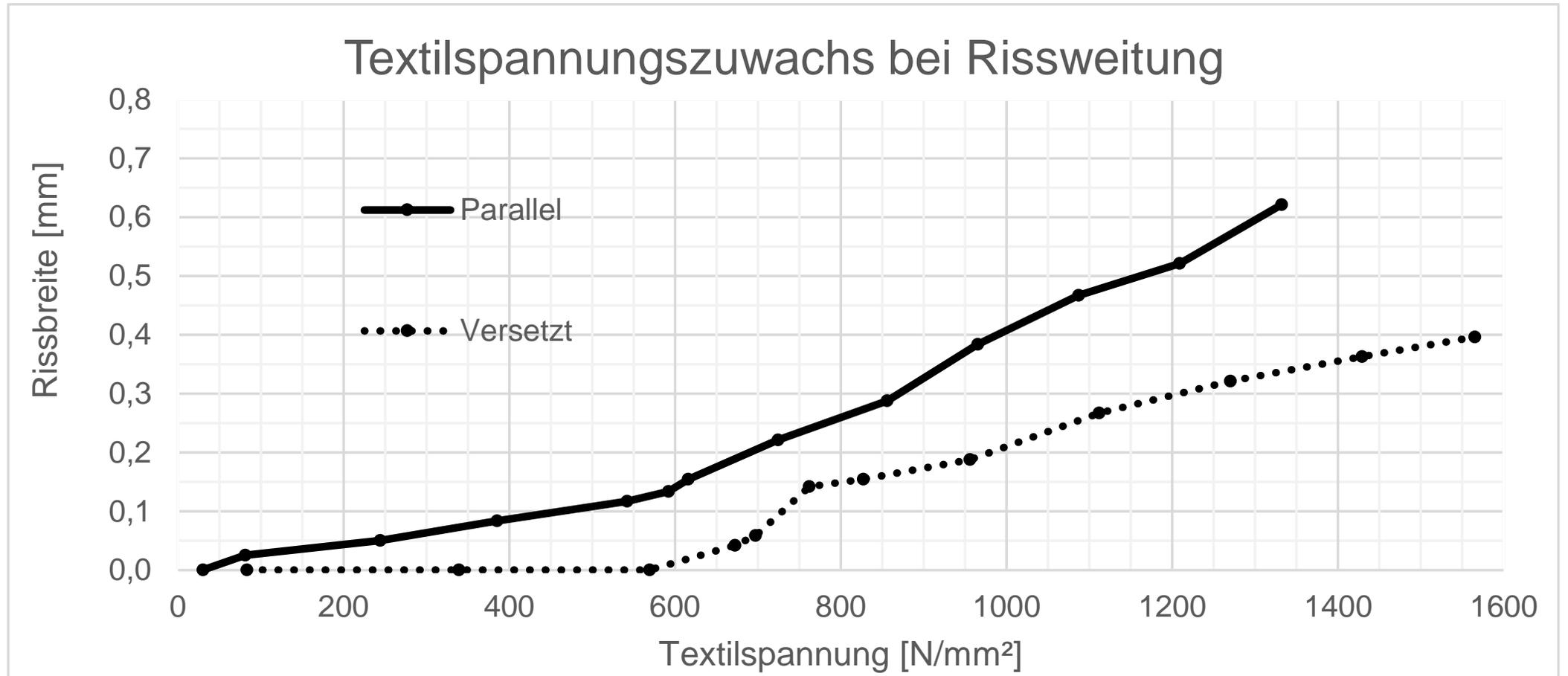
Gebrauchstauglichkeit – Risseverteilung



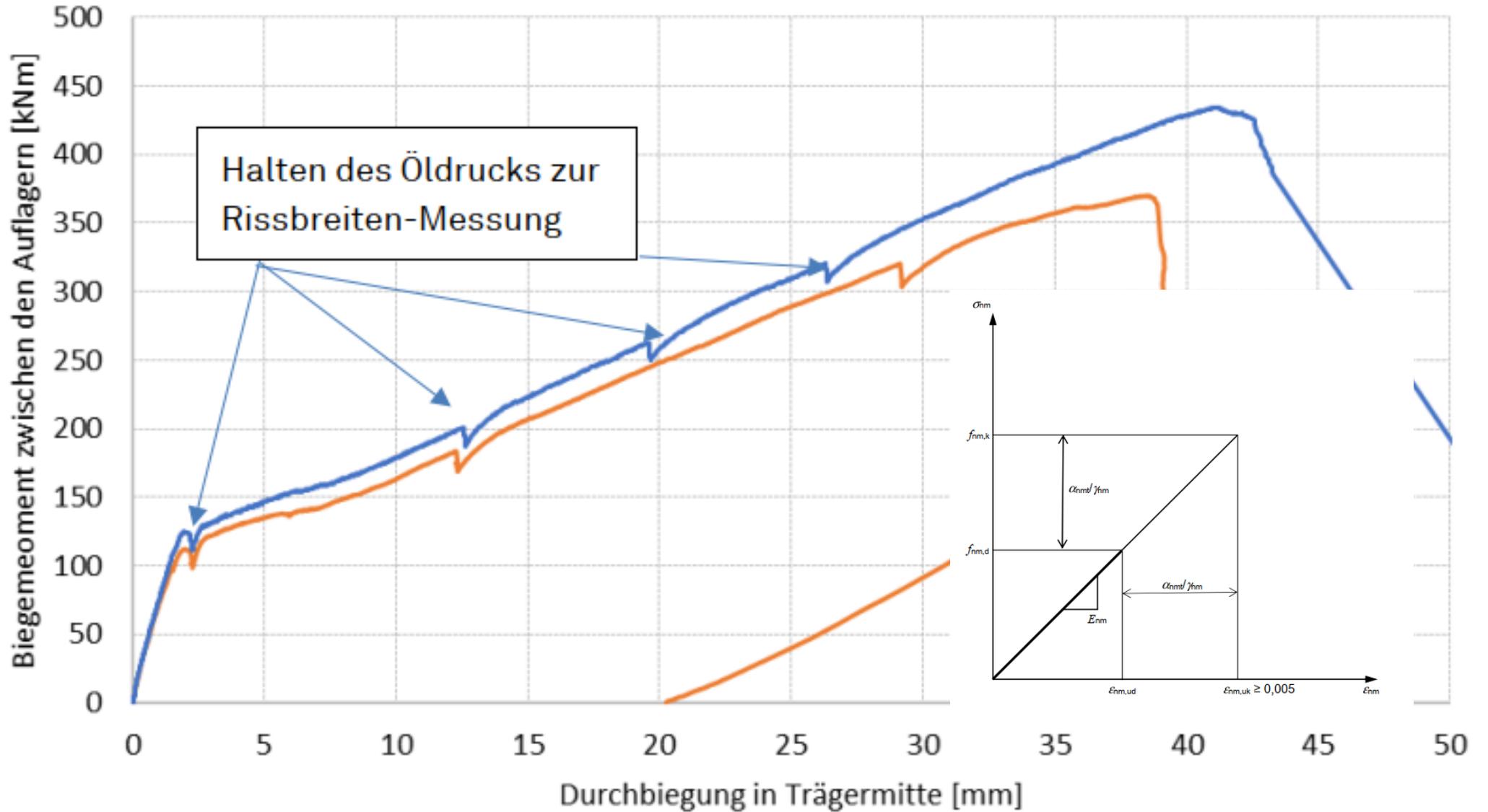
Gebrauchstauglichkeit – Messung Rissbreiten



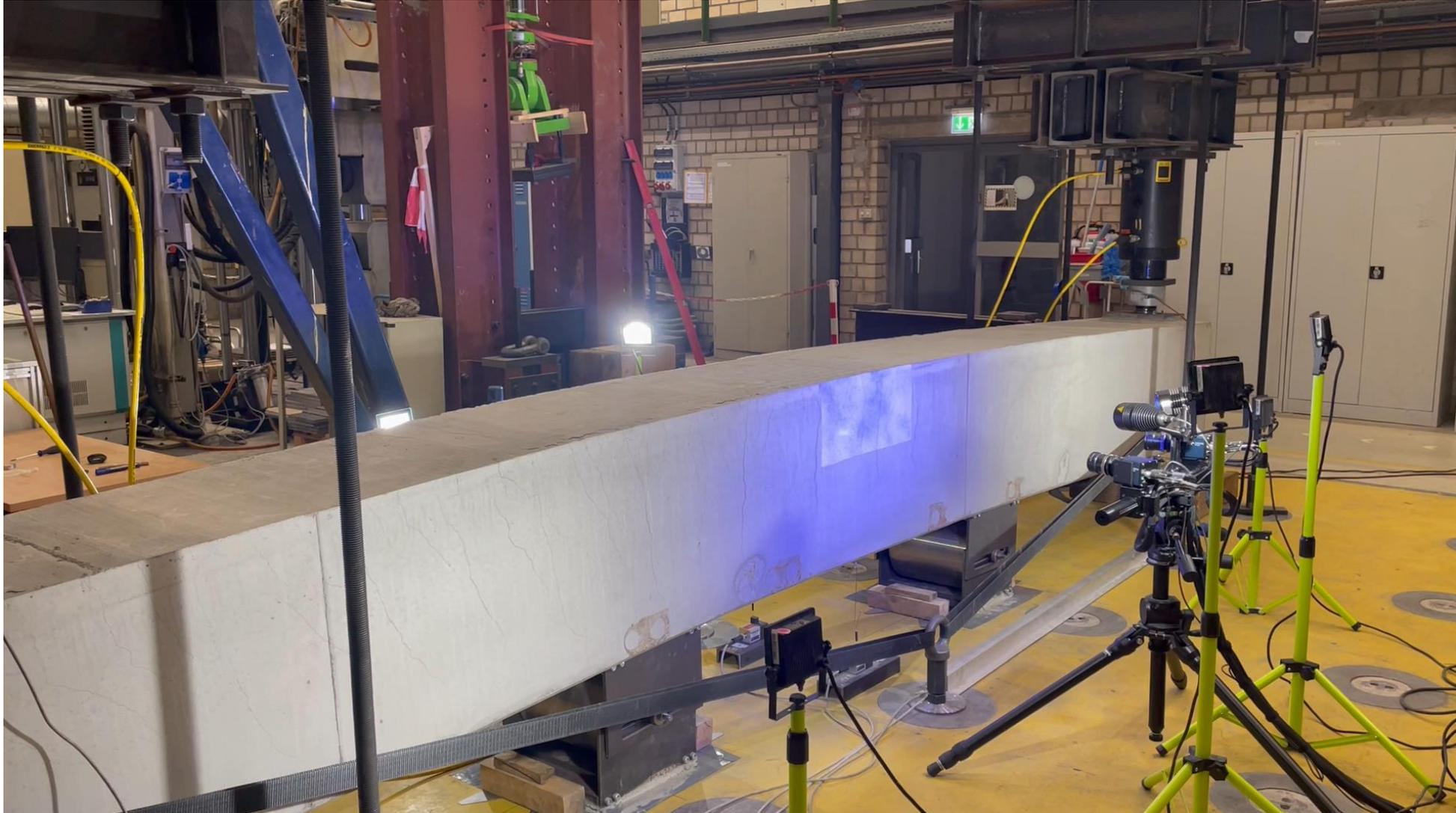
Gebrauchstauglichkeit – Rissverteilung / Anordnung der Bewehrung



Durchbiegung-Biegemoment-Beziehung



Tragfähigkeit



Tragfähigkeit



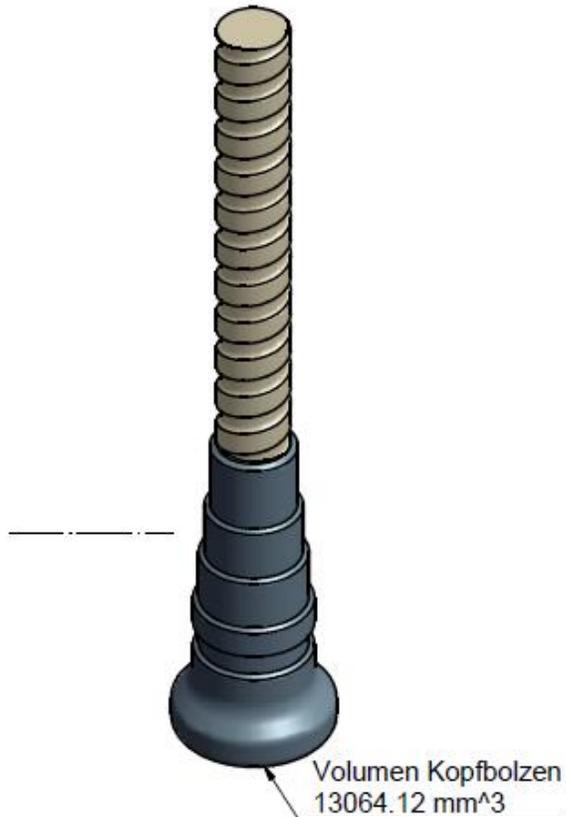
Bruchverhalten



Tragfähigkeit



Aufhänge- und Querkraftbewehrung



Hersteller Combar:  **SCHÖCK**

- Kerndurchmesser: 12 mm
- $f_{nm,d} = 211 \text{ N/mm}^2$ (bezogen auf Verbundquerschnitt)
- $F_{nm,d} \cong 23,8 \text{ kN je Kopf}$
- $E_{nm} \cong 60.000 \text{ N/mm}^2$

Hersteller Kleber: Henkel/ LOCTITE

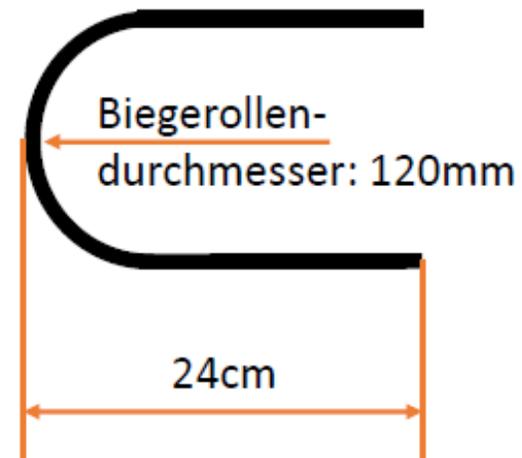
- $f_{k1,d} = 1,54 \text{ N/mm}^2$

Kennwerte

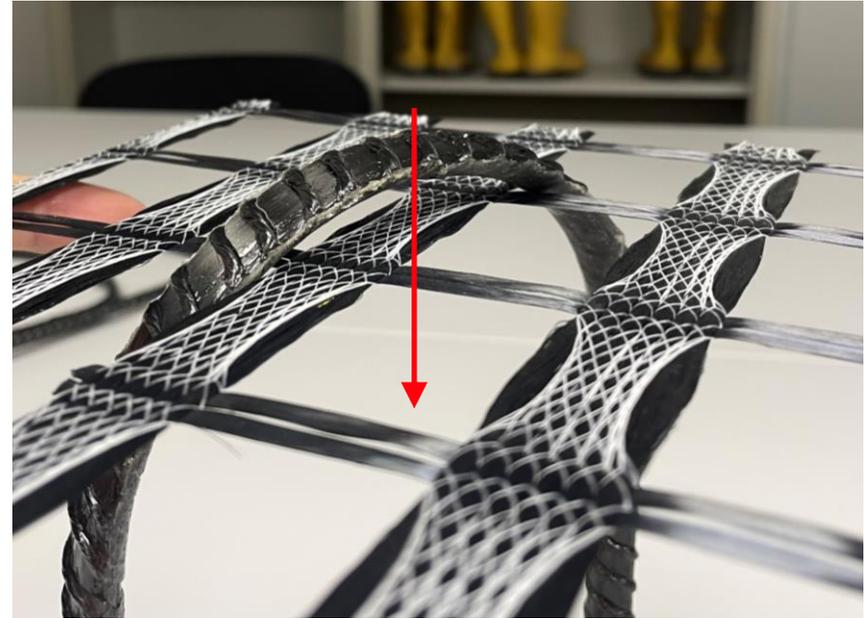


Hersteller  **solidian**[®]

- Kerndurchmesser: 10 mm
- $f_{nm,d} = 556 \text{ N/mm}^2$ (bezogen auf Verbundquerschnitt inkl. Abminderung aufgrund Biegerollen auf 40%)
- $E_{nm} \cong 137.000 \text{ N/mm}^2$
- $f_{b,d} = 7,65 \text{ N/mm}^2$



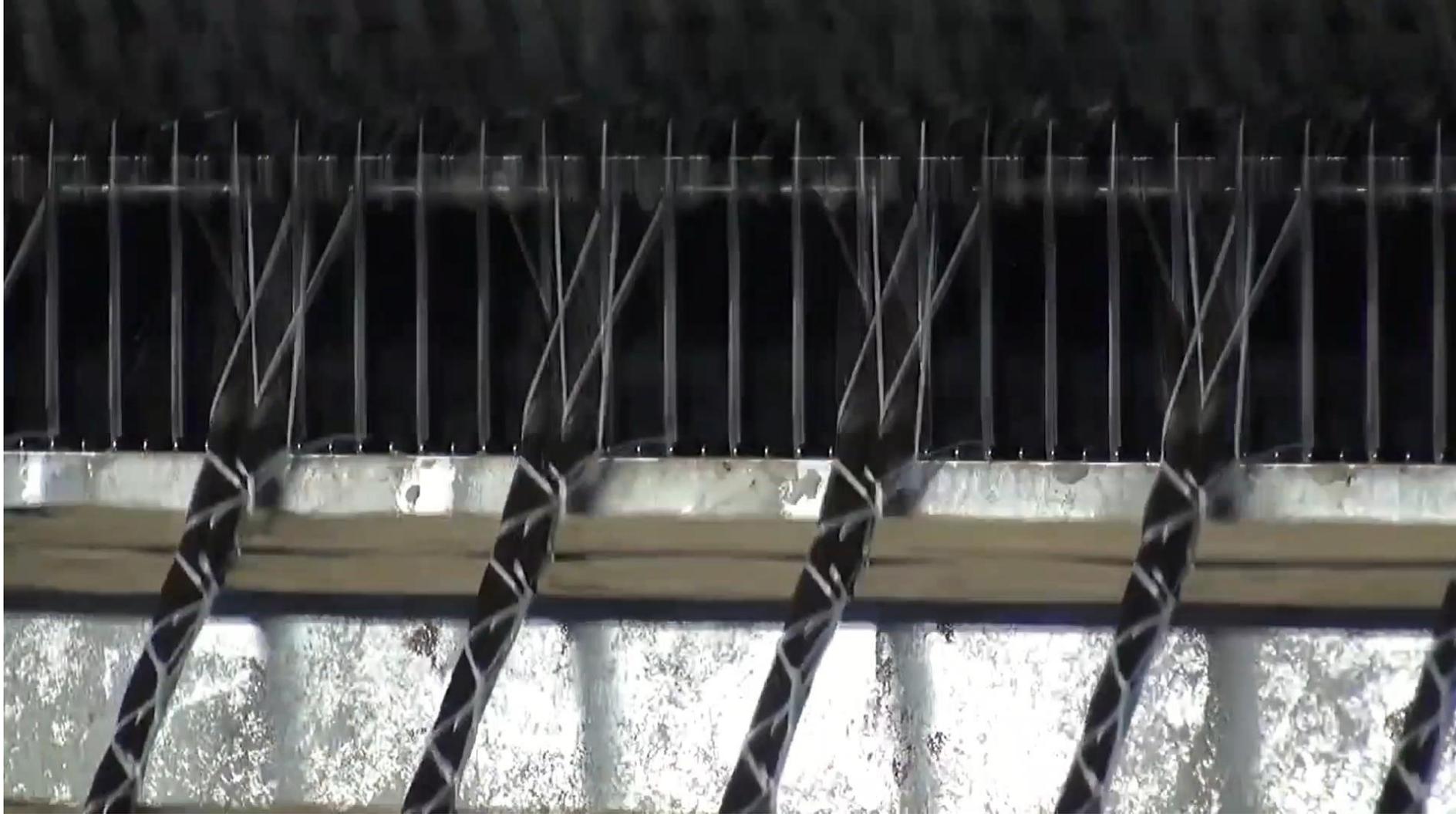
Querkraftbewehrung aus Carbon



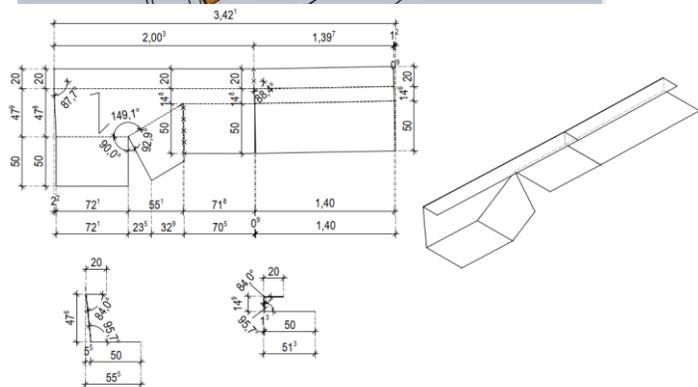
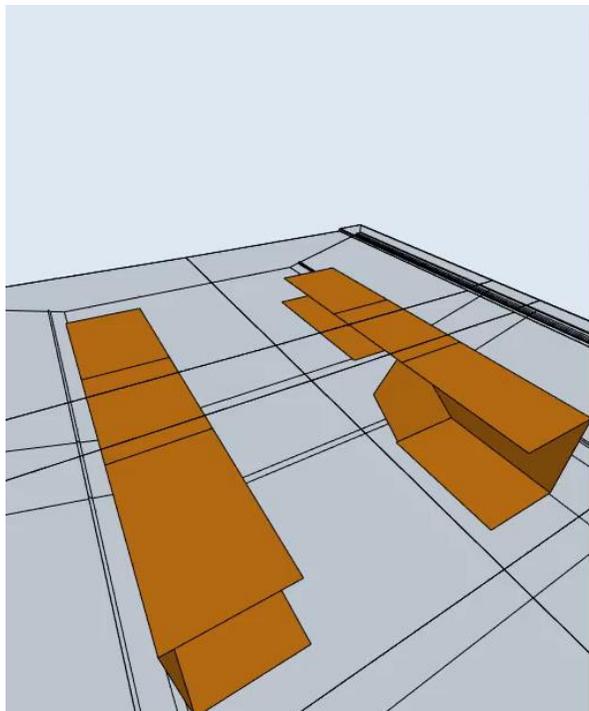
4. Carbonbeton

Herstellung Bewehrung

Produktion Carbonmatten

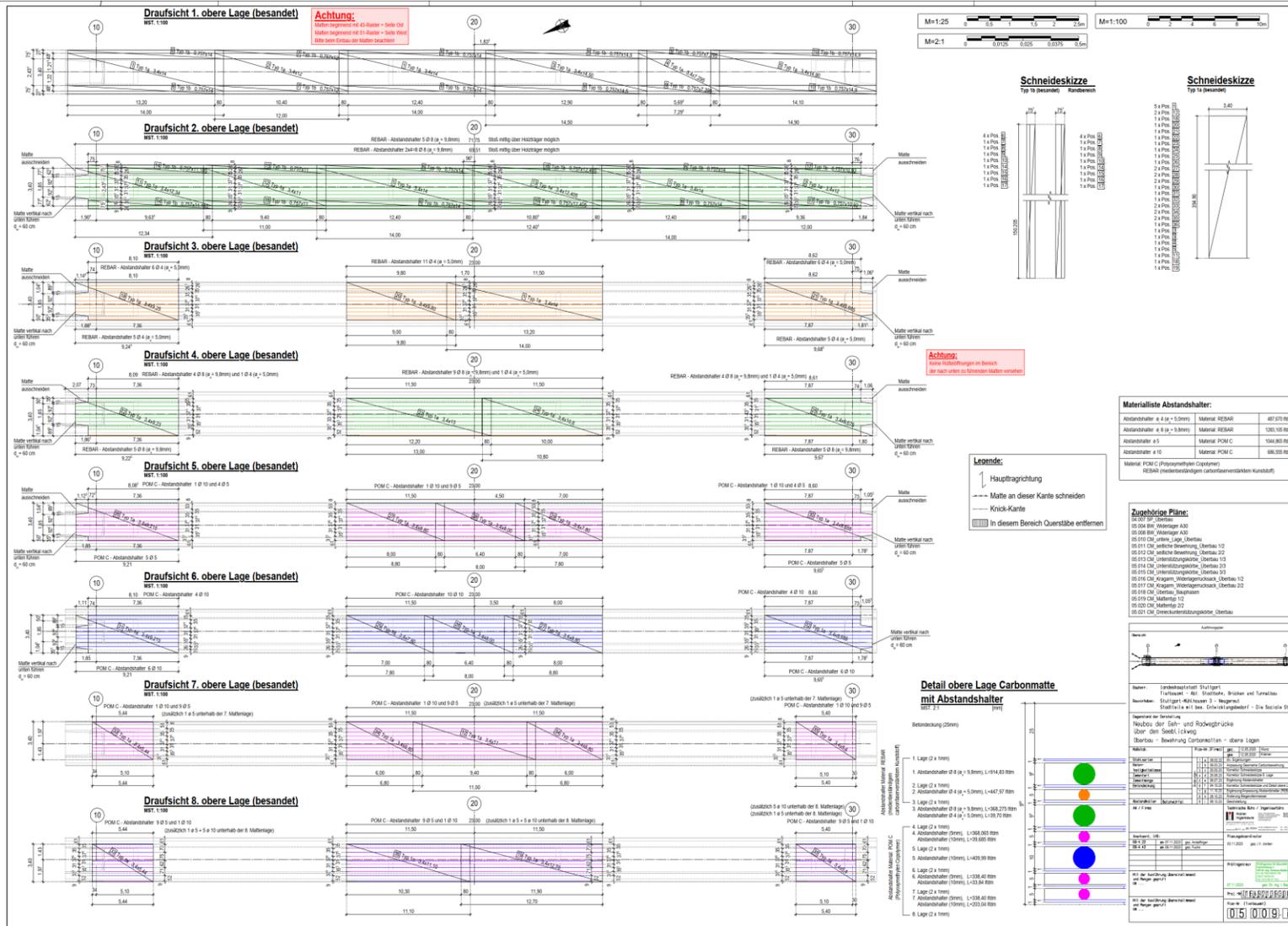


Thermische Umformung Carbonmattenbewehrung

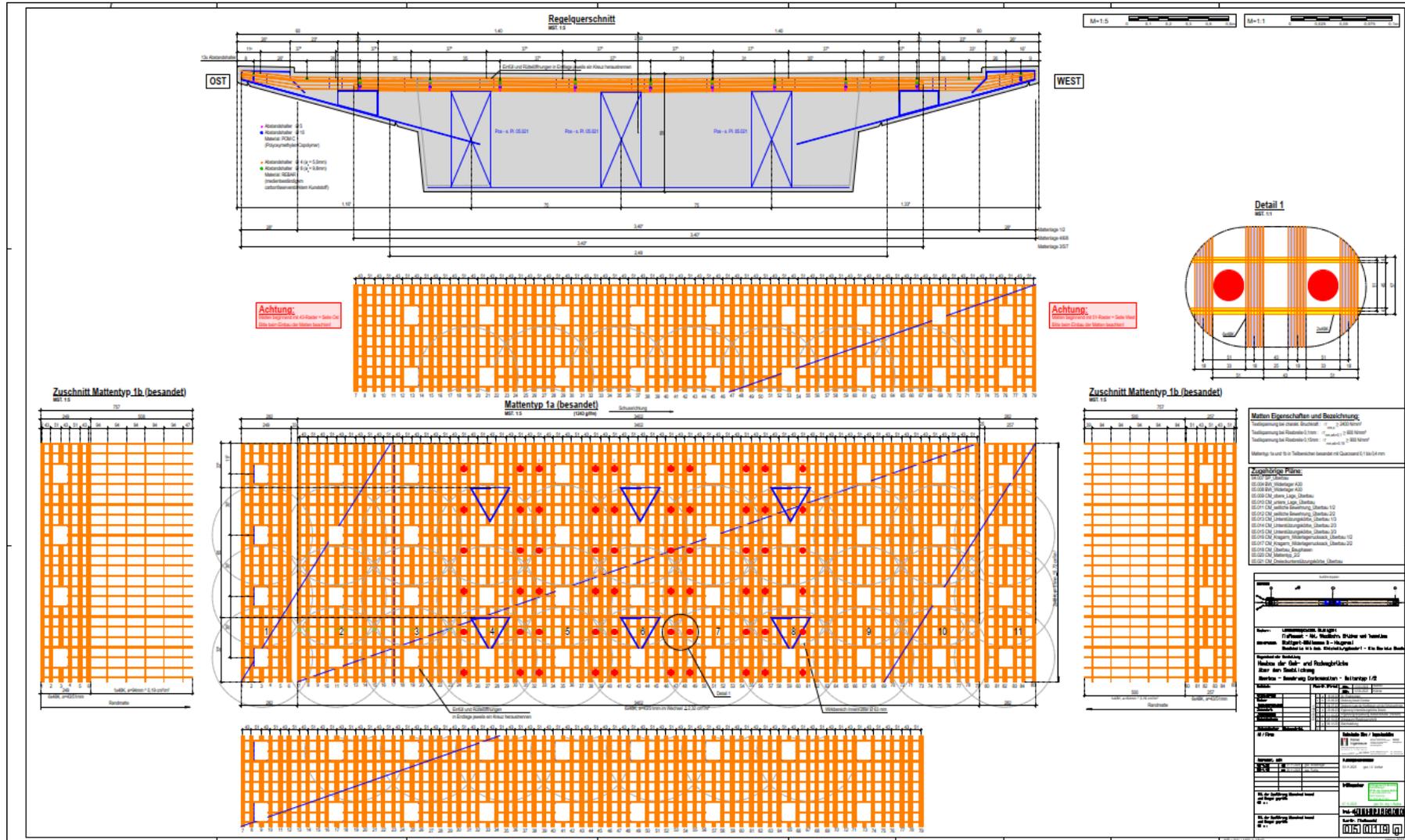


4. Carbonbeton Planung

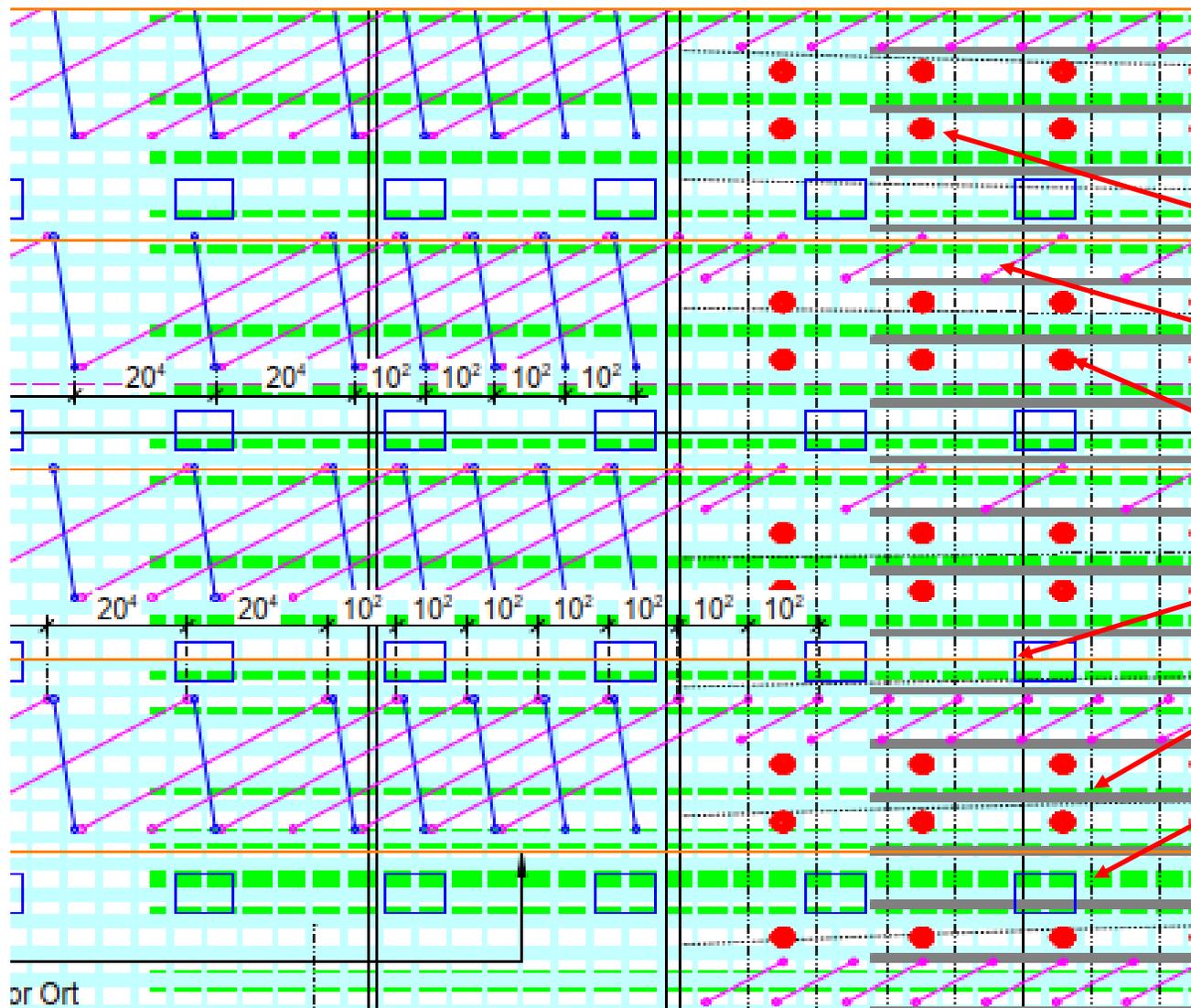
Biegebewehrung



Biegebewehrung

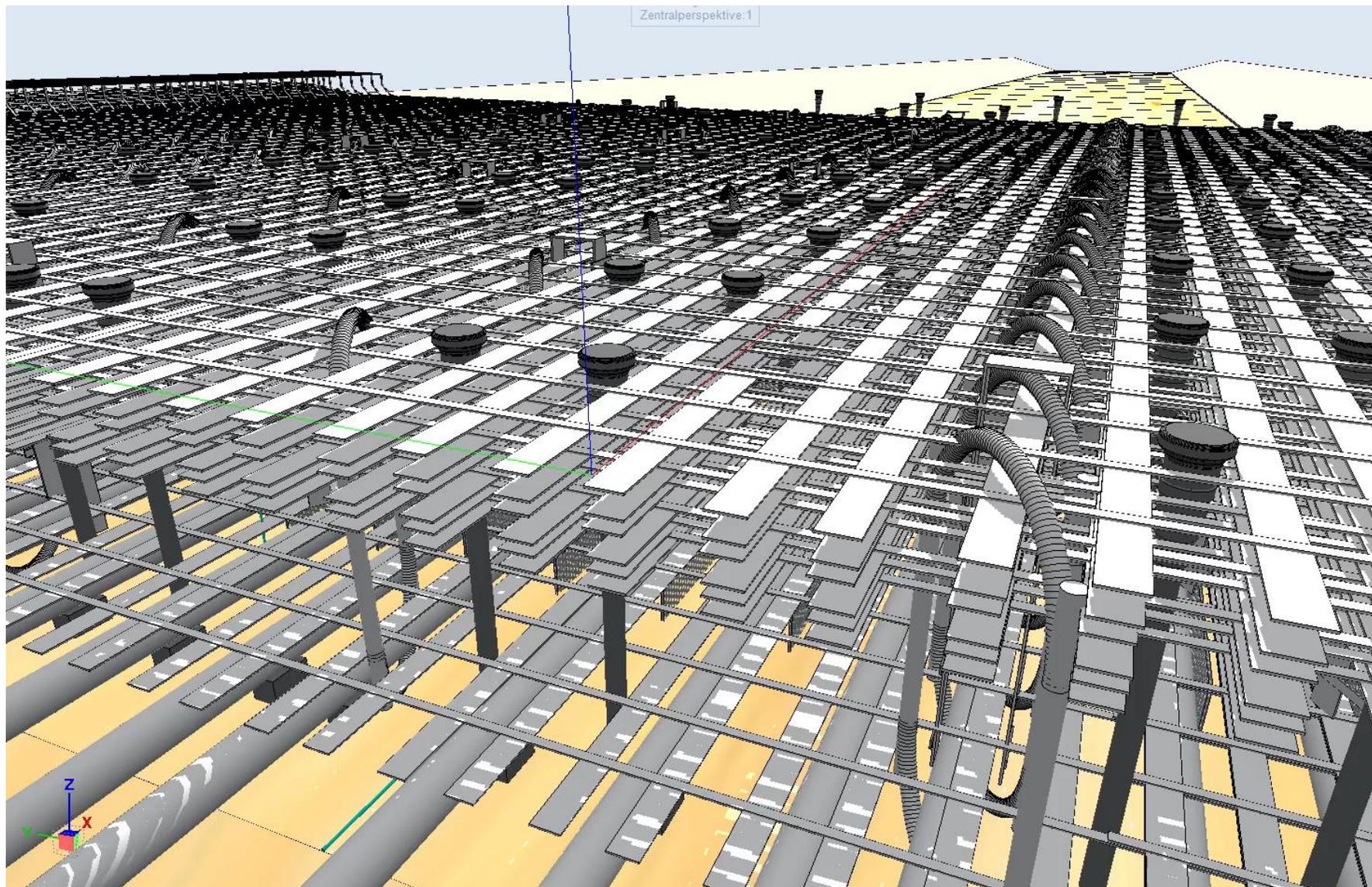


Biege- und Querkraftbewehrung

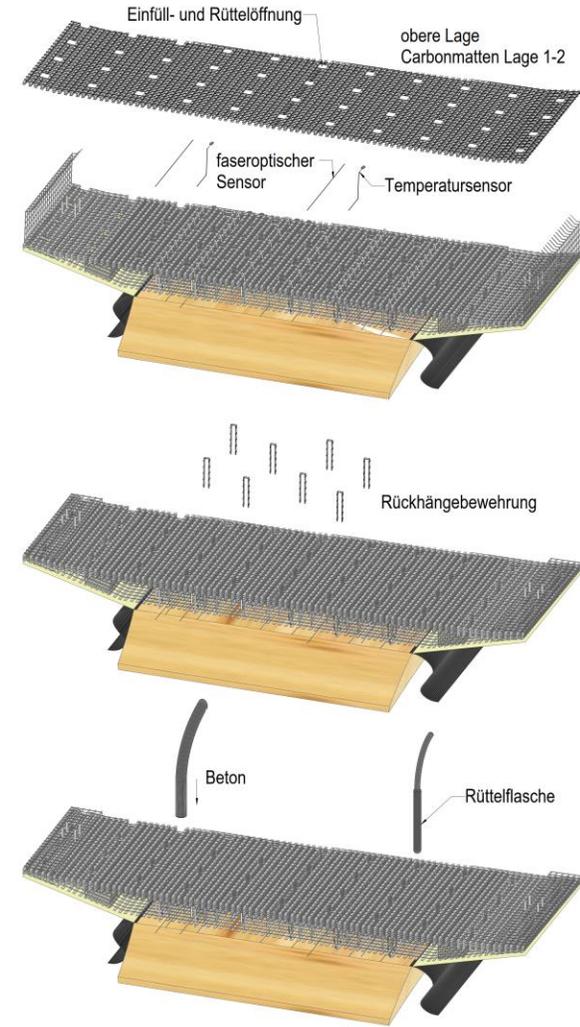
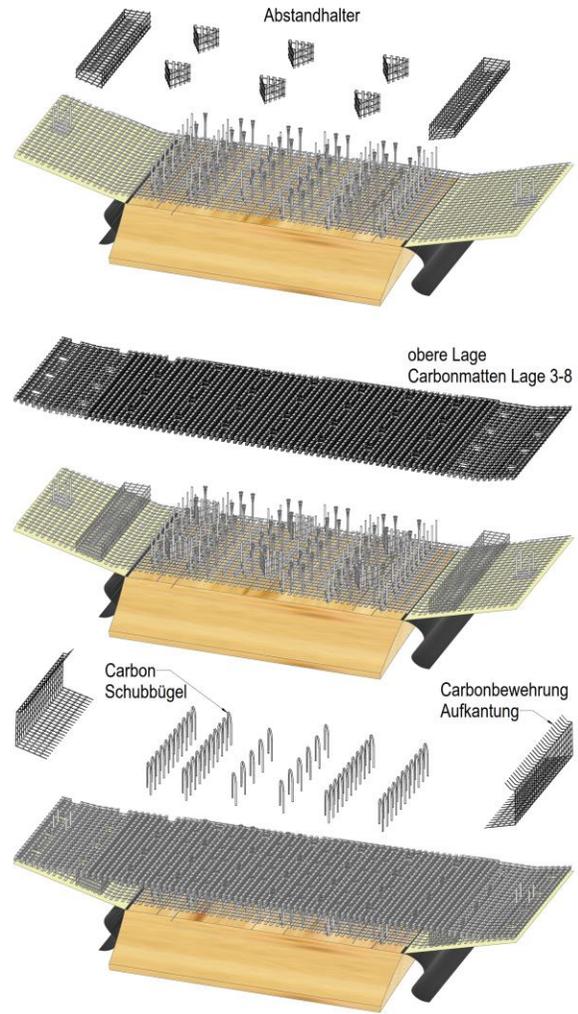
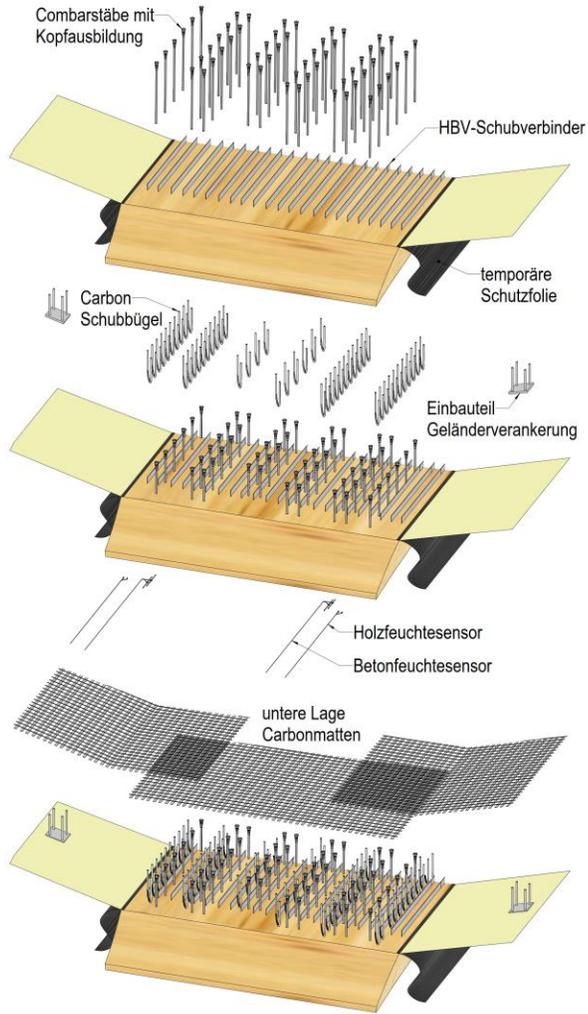


or Ort

Bewehrung - Detailplanung



Bewehrung - Einbaureihenfolge



Freigabe

Landeshauptstadt Stuttgart
Tiefbauamt

STUTT GART



Fuß- und Radwegbrücke über den Seeblickweg zwischen Stuttgart-Neugereut und Stuttgart-Steinhaldenfeld (Steg Seeblickweg)

- Zustimmung zur Herstellung des Überbaus als Holz-Beton-Verbundkonstruktion und Verwendung von nicht metallischer Bewehrung

Die Fuß- und Radwegbrücke über den Seeblickweg und eine Parkanlage verbindet die Stuttgarter Stadtteile Neugereut und Steinhaldenfeld. Der Überbau des integralen Bauwerks über zwei Hauptfelder mit einer Gesamtlänge von 69,20 m wird als Holz-Beton-Verbundkonstruktion (HBV) hergestellt. Durch die V-förmige Mittelunterstützung ergeben sich für den Überbau Stützweiten von 30,23 - 7,86 - 29,92 m bei einer nutzbaren Breite von 3,20 m. Die beiden 22,50 m langen Holzträger werden in den Feldbereichen der beiden Hauptöffnungen angeordnet. Die 2,20 m breiten Holzträger werden durch beiderseitige Auskragungen der Fahrbahnplatte vor Witterungseinflüssen geschützt. Im Bereich der Mittelunterstützung besteht der Überbau vollständig aus Beton.

Der Überbau des Steges ist als Holz-Beton-Verbundkonstruktion entworfen. Für den Betonquerschnitt wurde die Verwendung von nichtmetallischer Bewehrung nach intensiver Abstimmung zwischen dem Ingenieurbüro Harrer, Ostfildern/Karlsruhe und der Hochschule Augsburg zur weiteren Berücksichtigung in der Planung vorgeschlagen.

Entsprechend den in den Anlagen vorgenommenen Untersuchungen und Materialtests, die in den Gutachten von Herrn Prof. Dr.-Ing. Sergei Rempel, Hochschule Augsburg und Frau Prof. Dr.-Ing. habil. J. Orłowsky der Technischen Universität Dortmund zusammengefasst sind und weiteren Verwendbarkeitsnachweisen erteilt das Tiefbauamt der Landeshauptstadt Stuttgart die

Vorhabensbezogene Bauartgenehmigung für die Holz-Beton-Verbundkonstruktion mit nichtmetallischer Bewehrung

sowie die

Zustimmung im Einzelfall für die Ver- und Anwendbarkeit einzelner Bauprodukte

zur Herstellung des Überbaus der Fuß- und Radwegbrücke über den Seeblickweg zwischen Stuttgart-Neugereut und Stuttgart-Steinhaldenfeld.

Kontaktzeiten:
Mo bis Do 9:00 - 15:30 Uhr
Fr 9:00 - 12:30 Uhr

Sie erreichen uns mit:
□ Linien 1, 14, 24 bis Haltestelle Berliner Platz (Hohe Straße)
□ Linien 1, 2, 9, 24 bis Haltestelle Berliner Platz (Lieduhalle)
W Linie 43 bis Haltestelle Berliner Platz (Hohe Straße)

Konto der Stadtkasse
BfW Bank Stuttgart
IBAN: DE28 6005 0101 0002 0024 08
BIC: SOLADEST600

4. Carbonbeton Ortbetonbau

Betonage



Betonage



Betonierproben



Betonierproben



Versuchskörper



Nachbehandlung



Kontrolle Lage Carbonbewehrung



F5

Kontrolle Lage Carbonbewehrung



Spritzverzinkung Stahlstütze



Spritzverzinken



Bewehrungsarbeiten



Bewehrungsarbeiten



Bewehrungsarbeiten



Bewehrungsarbeiten



Bewehrungsarbeiten



Bewehrungsarbeiten



Bewehrungsarbeiten



Bewehrungsarbeiten



Bewehrungsarbeiten



Bewehrungsarbeiten



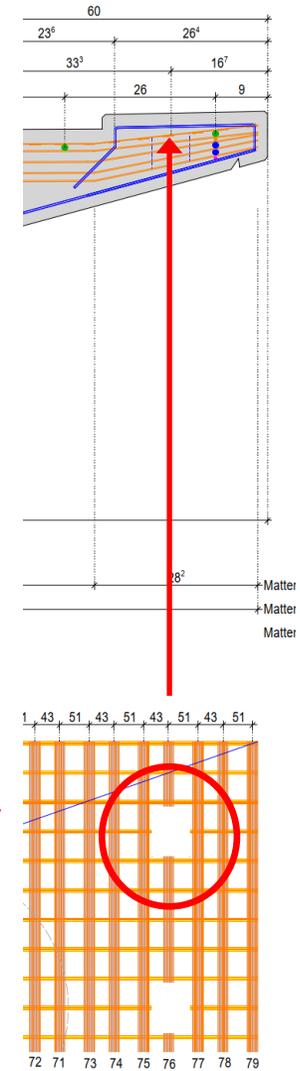
Betonage



Betonage



Fehlbetonage

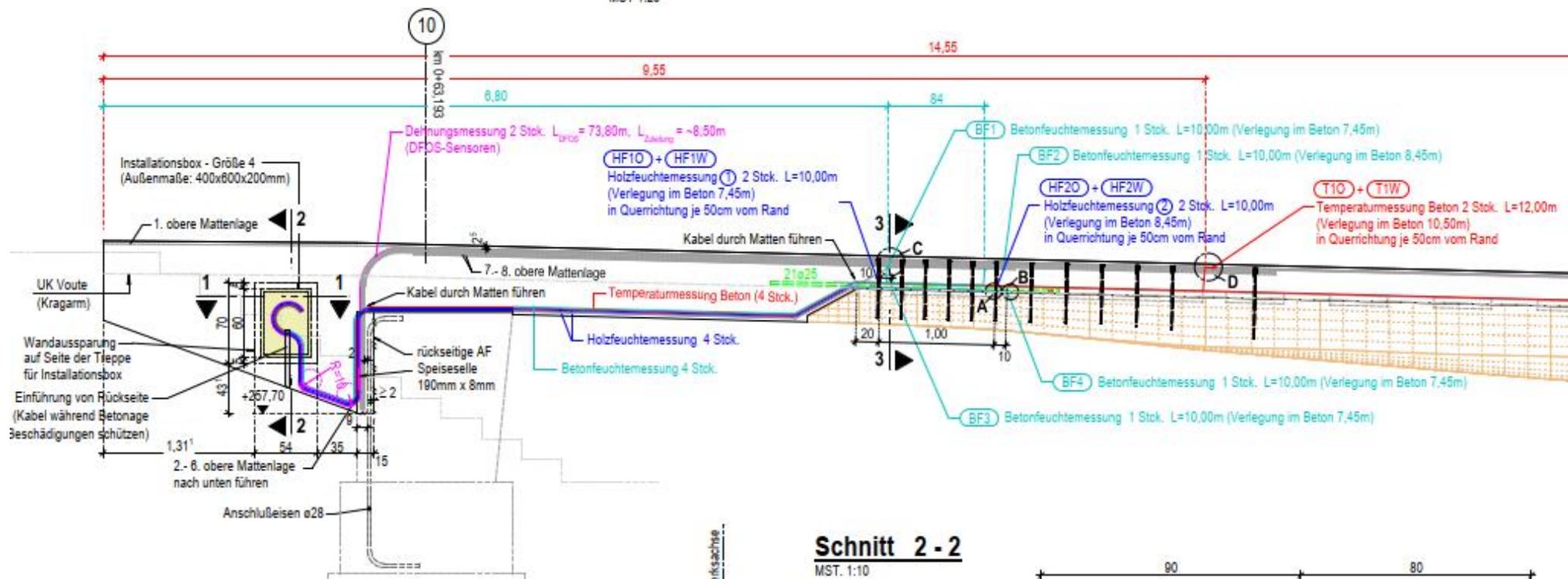


4. Carbonbeton Monitoring

Sensorik

Feuchte- Temperatur- und Dehnungsmessung

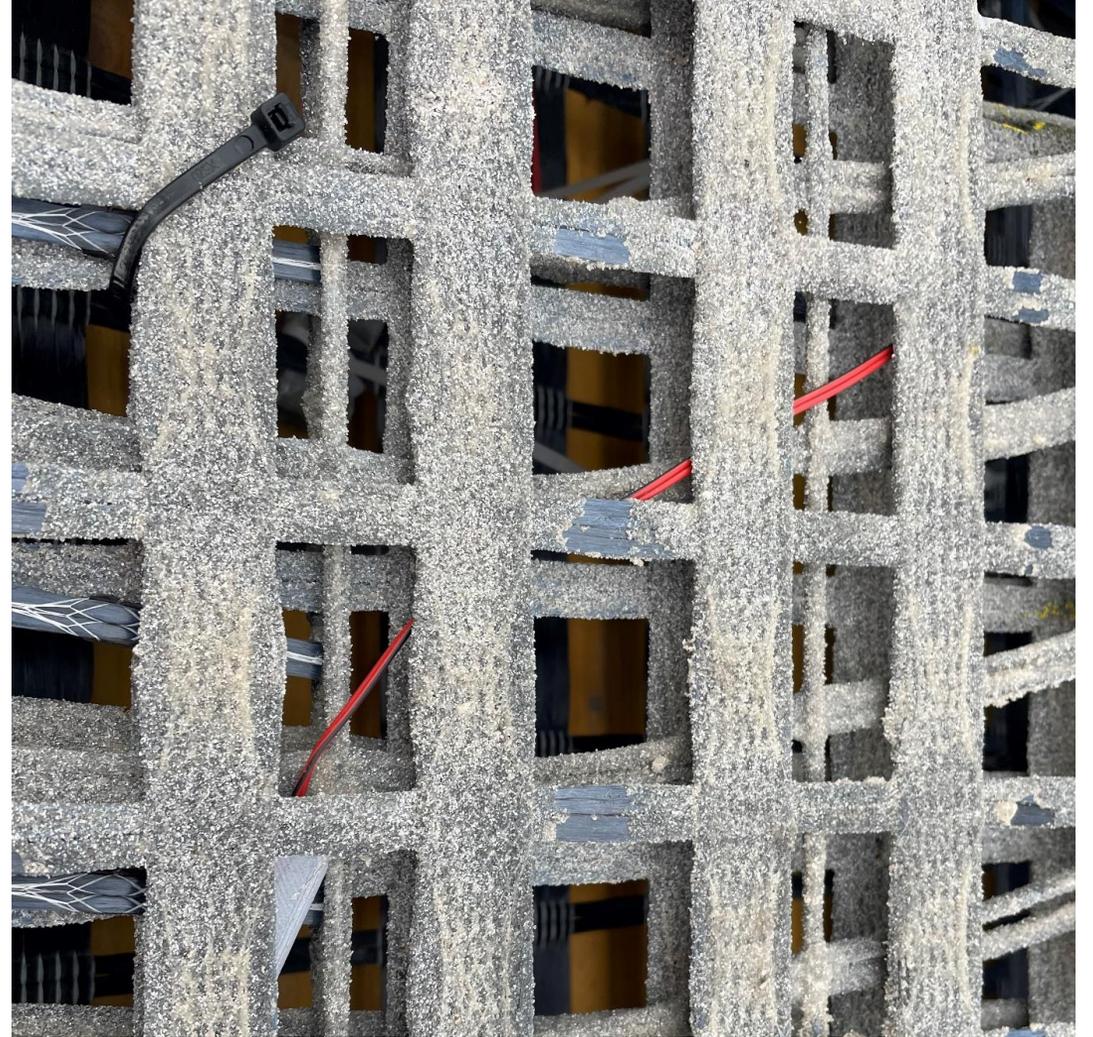
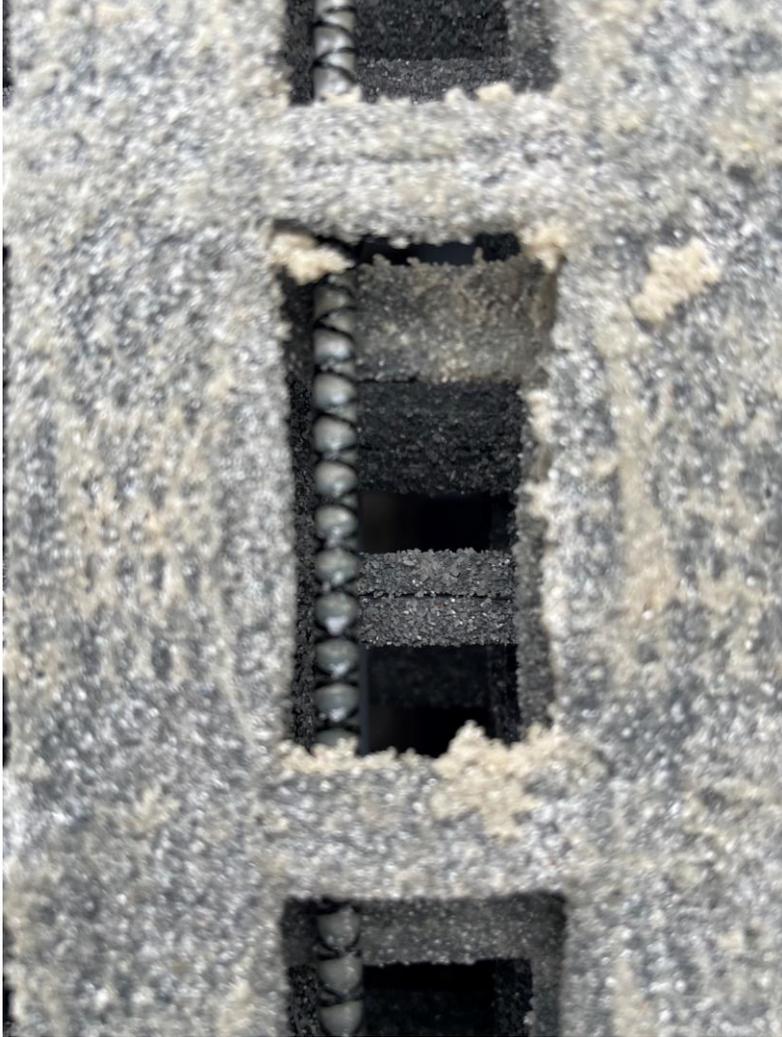
MST 1:25



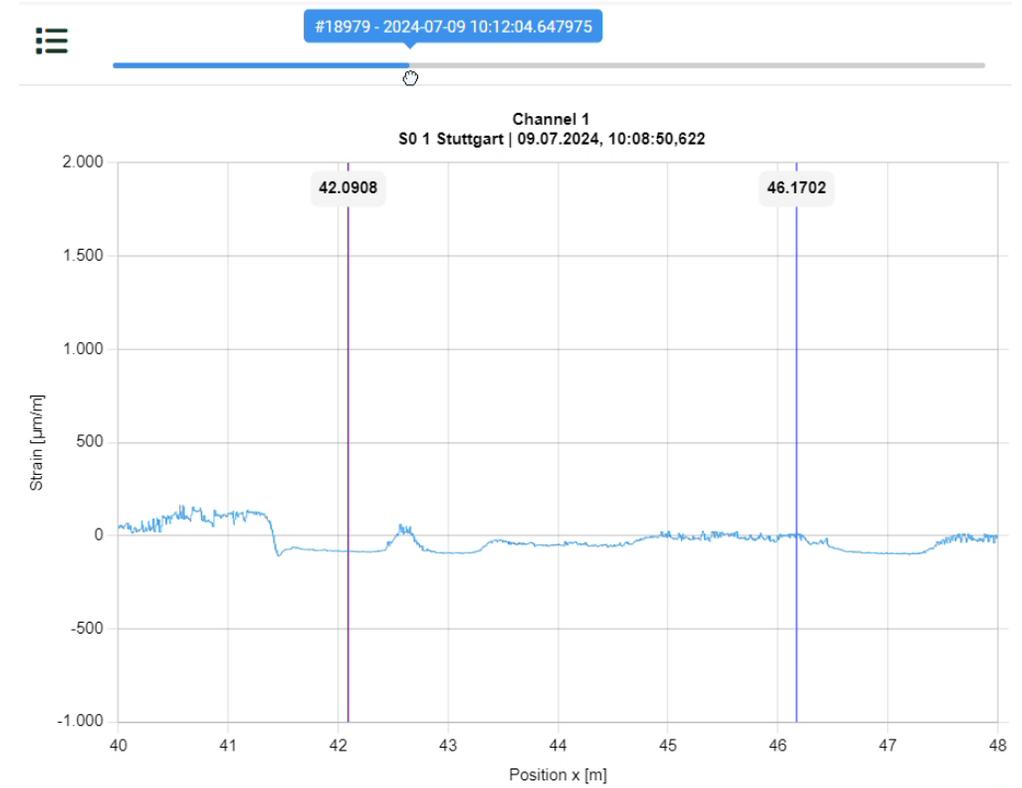
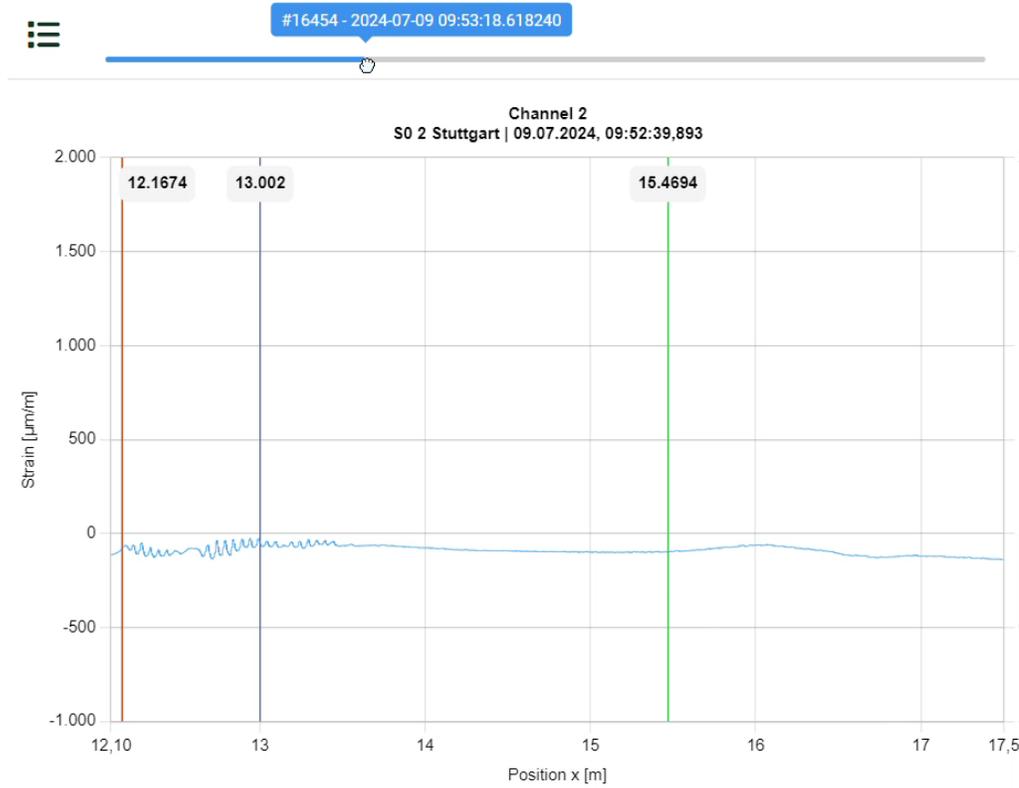
Sensorik



Sensorik



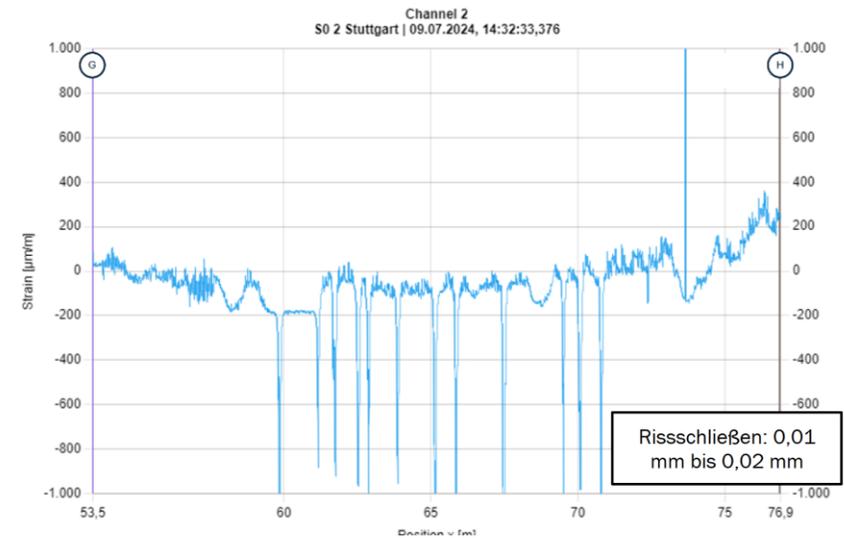
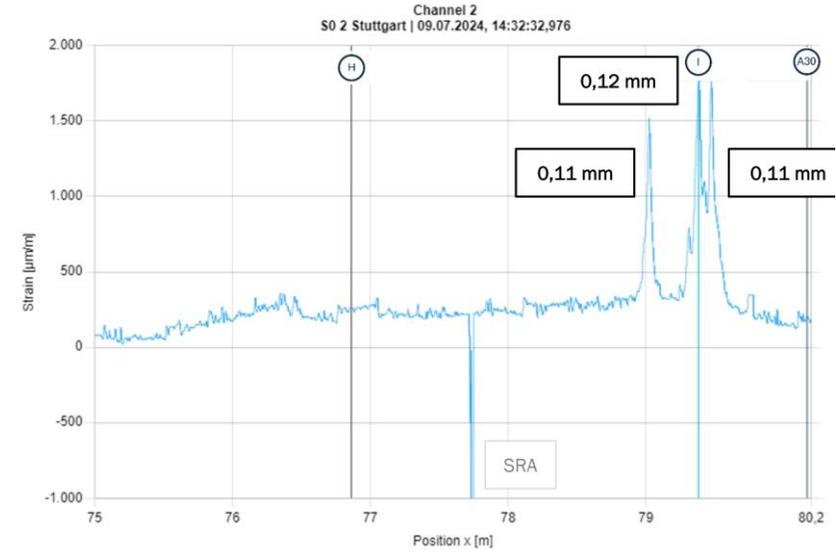
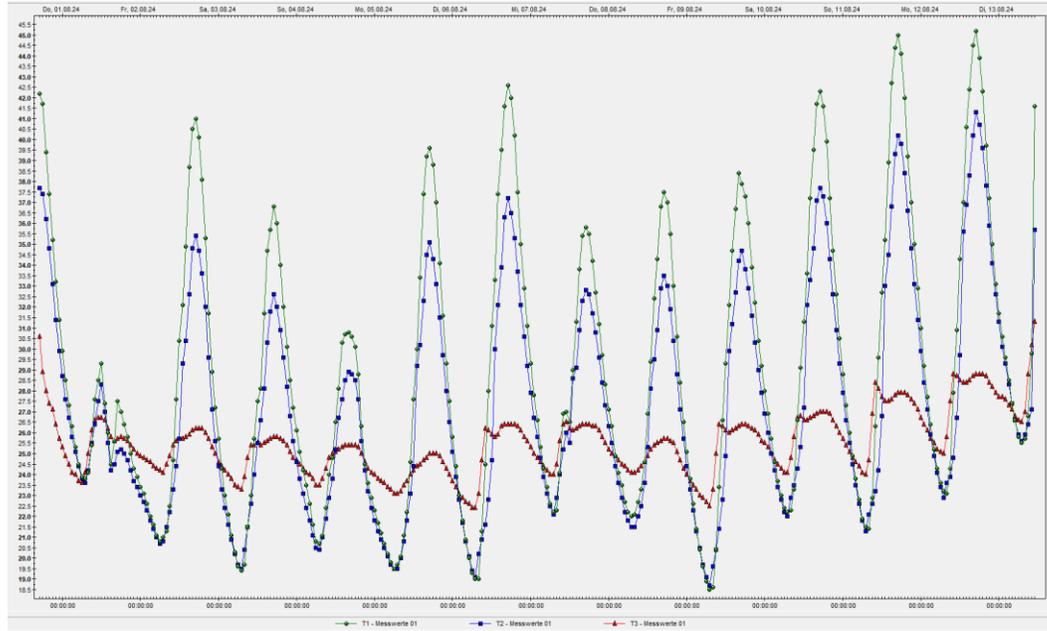
Rissbreitenmonitoring - DFOS



Kalibrierung Temperatur- und Holzfeuchtemonitoring



Temperatur- und Holzfeuchtemonitoring



4. Carbonbeton Fertigstellung

Brücke Seeblickweg – Gesimsband mit 8cm



Brücke Seeblickweg



Bauwerk



Brücke Seeblickweg – spritzverzinkte Stahlstütze



4. Carbonbeton

BIM

BIM – Endrunde



[Startseite](#) » [buildingSMART Deutschland](#) » [Aktuelles](#) » BIM Champions – die Finalisten 2025

BIM Champions – die Finalisten 2025

29.01.2025

BIM

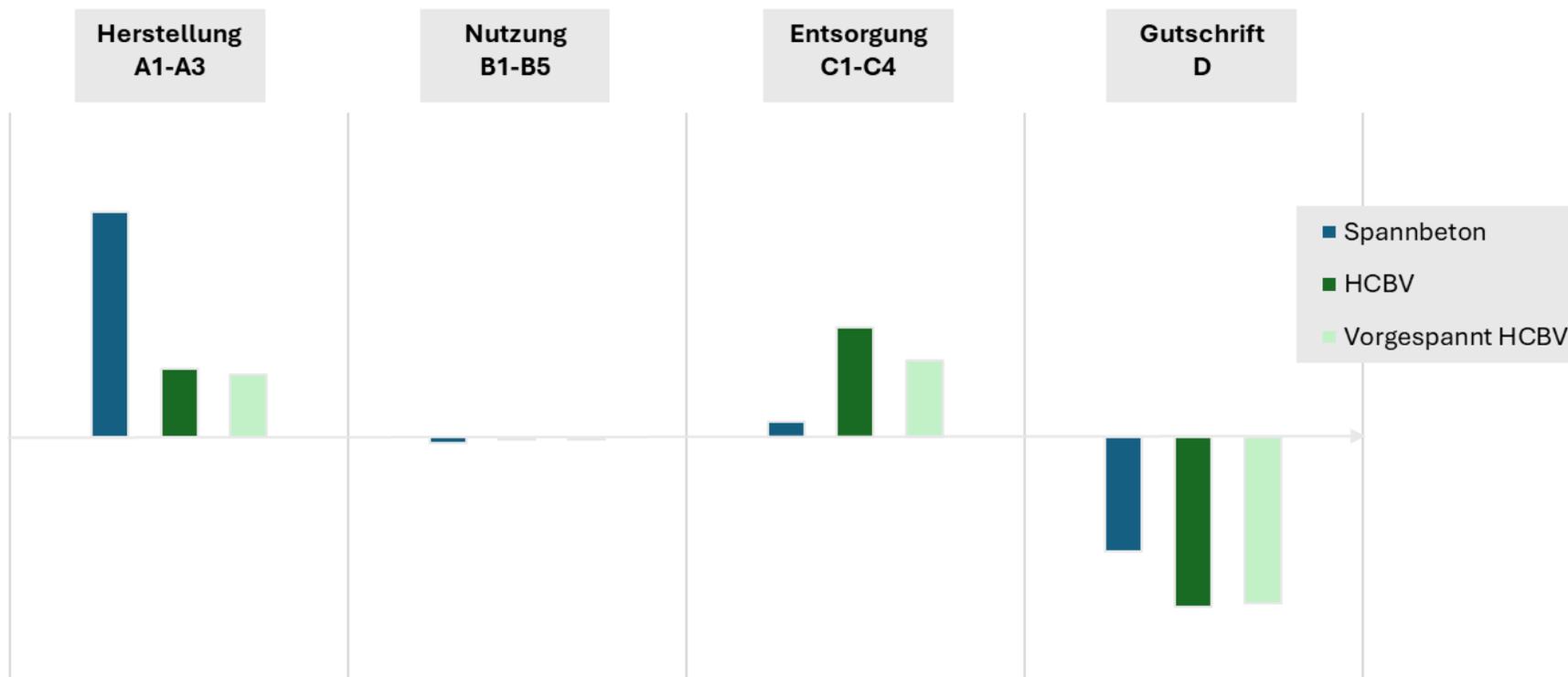


4. Carbonbeton

Ökobilanzierung

LCA

QUALITATIVE DARSTELLUNG GWP



Grundsätze unserer Leistungserbringung

- Bewertungs- und Zertifizierungssysteme nutzen

→ DGNB und BNB

- Fördermöglichkeiten des Bundes

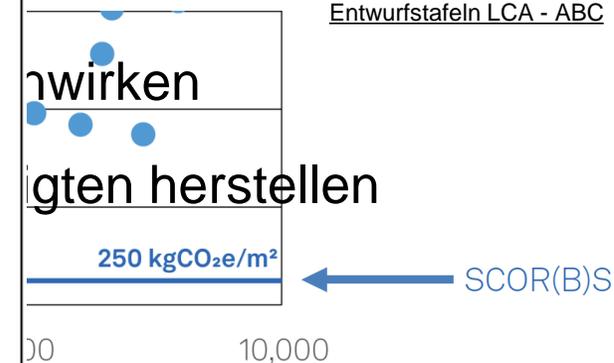
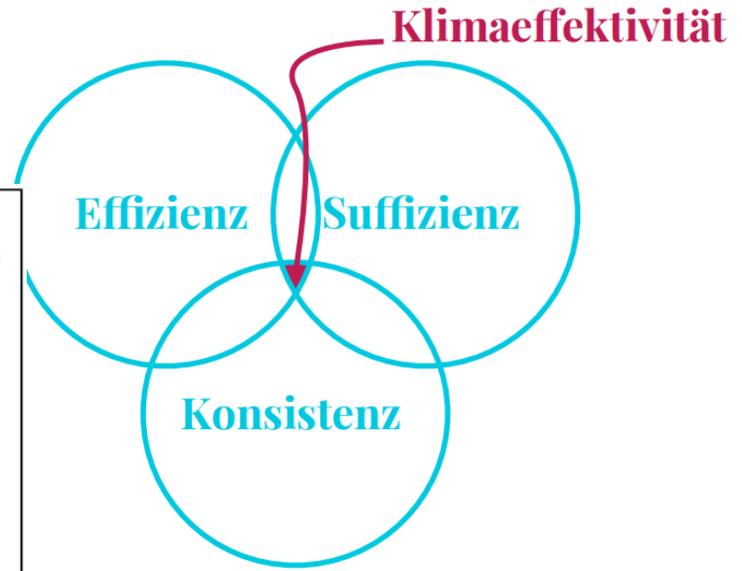
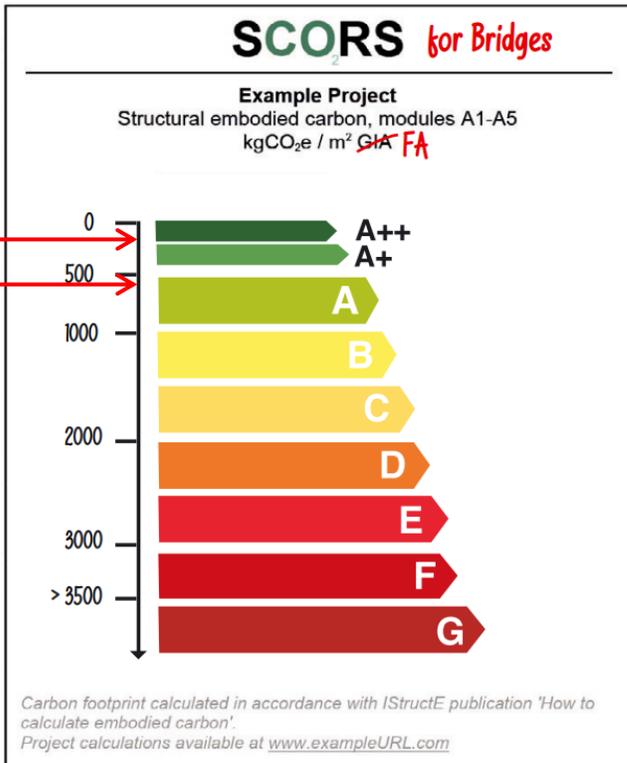
→ EU-Taxonomie

- Materialeinsparungen und

- Nachhaltige/Innovative

→ Geplantem CO₂-Fußabdruck

- Besseren Informationsfluss



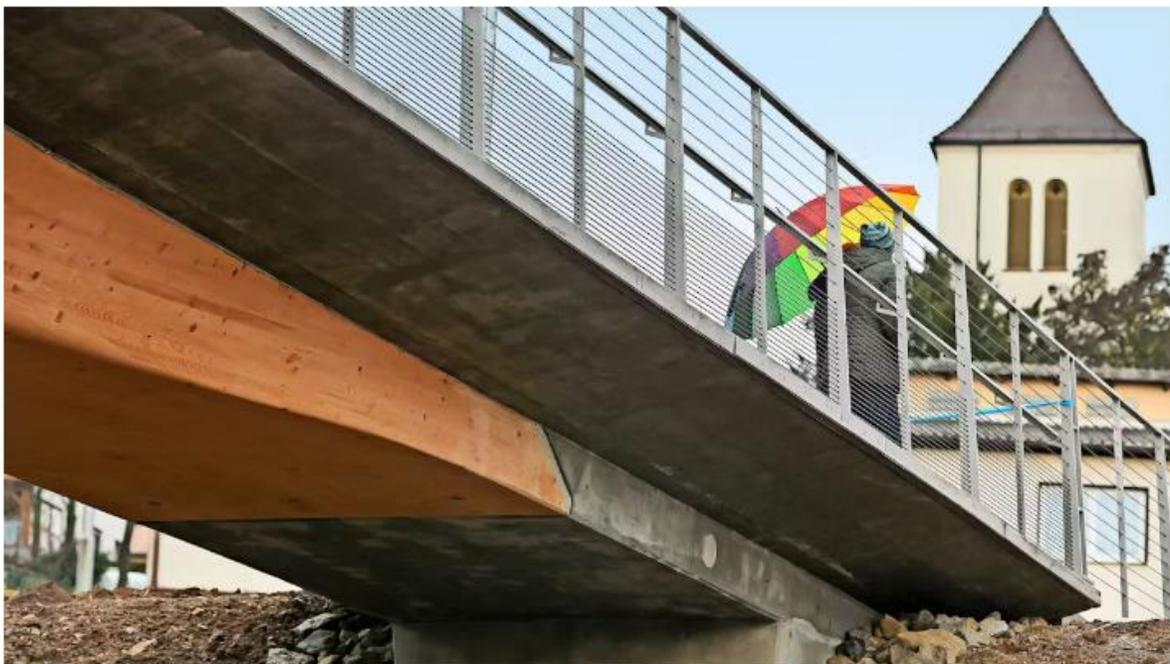
The structural engineer: Climate emergency - Carbon targets for bridges: a proposed SCORS-style rating scheme
 DGNB Workshop 2025: CO₂-reduzierte Brücken, oder Brücken zur CO₂-Reduktion?
 DGNB Workshop 2025: CO₂-reduzierte Brücken, oder Brücken zur CO₂-Reduktion?

Erkenntnisse

Innovation in Stuttgart

Einzigartige Brücke verbindet nun zwei Stuttgarter Stadtteile

13.02.2025 - 13:50 Uhr, aktualisiert am 14.02.2025 - 10:20 Uhr



Beton und Holz greifen bei der Konstruktion nahtlos ineinander. Foto: Lichtgut/Max Kovalenko



Unter anderen der Baubürgermeister Peter Pätzold, Tiefbauamtsleiter Jürgen Mutz und Andreas Hofer, Intendant der IBA'27, eröffnen die Brücke. Foto: Lichtgut/Max Kovalenko

Erkenntnisse



Erkenntnisse

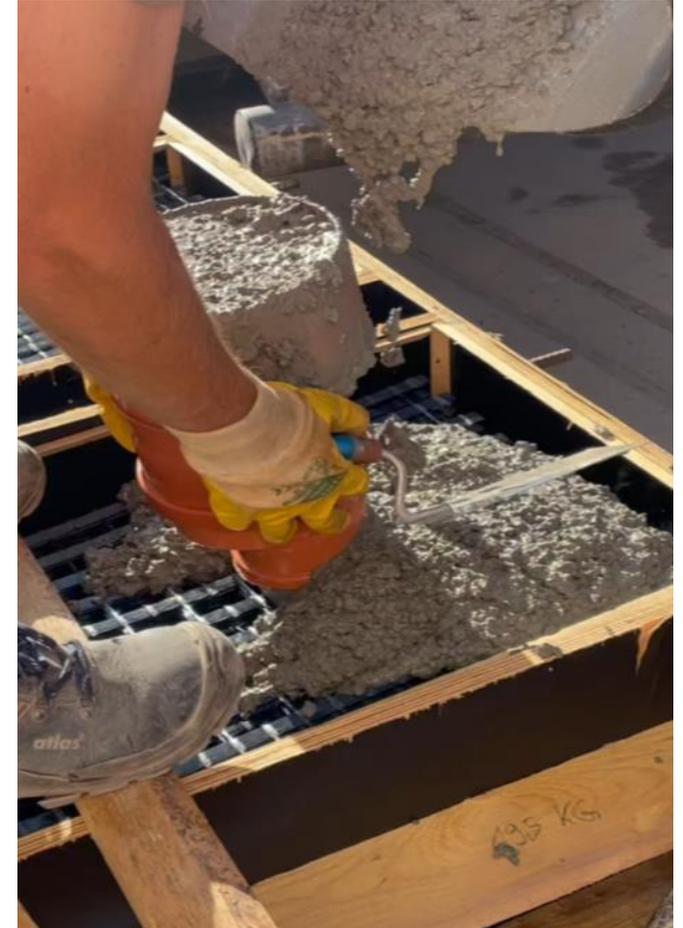
Carbonbeton als Ortbeton



Bieterverfahren



Betonierproben



Social Media - #Seeblickweg

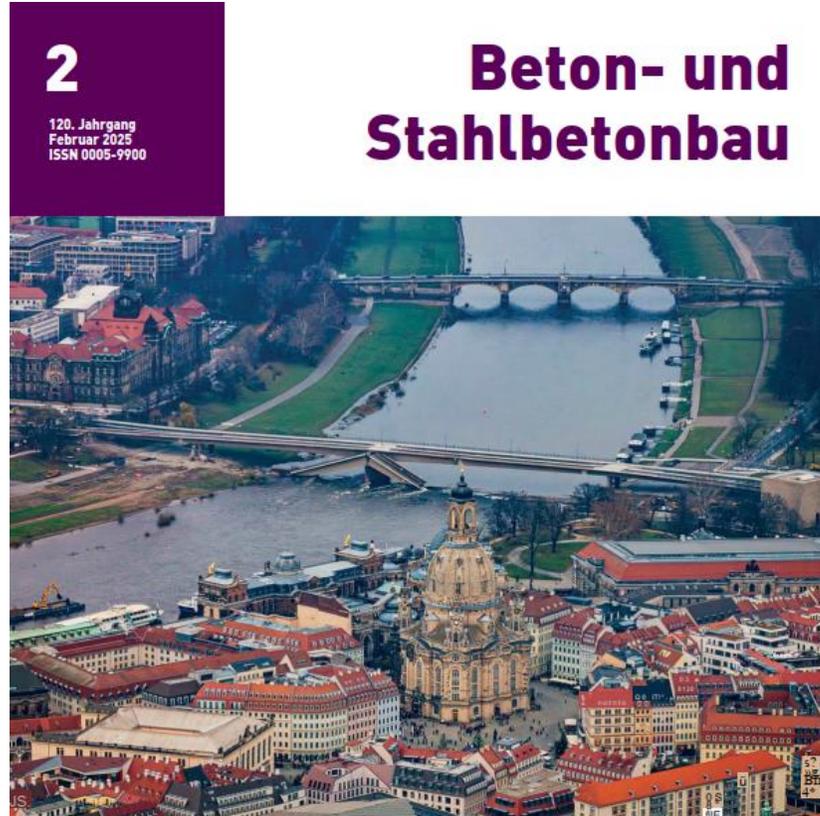
The screenshot shows a YouTube video player with the following details:

- Video Title:** Brücke Seeblickweg: Carbonbewehrung wird angefertigt
- Channel:** Landeshauptstadt Stuttgart (4100 Abonnenten)
- View Count:** 293 Aufrufe vor 2 Wochen
- Video Description:** BRÜCKE SEEBLICKWEG
- Player Controls:** 0:00 / 1:24

Below the video player are social media interaction buttons: Mag ich, Tellen, and Speichern. To the right of the video is a list of recommended videos:

- Die gefährlichsten Brücken der Welt (Megabauten, 90.723 Aufrufe)
- Das neue Terminal 3: Europas größte Baustelle (Megabauten, 350.374 Aufrufe)
- BAUTECHNOLOGIEN, DIE EIN NEUES NIVEAU ERREICHT... (TechZone, 37.096 Aufrufe)
- Alle 10 EM-Stadien: Neuen Namen & wann spielt... (Cato, 227.125 Aufrufe)
- Projektfilm zum Neubau der Bahnhofsbrücke Lübeck (Hansestadt Lübeck, 204 Aufrufe)
- Der Herr der Kräne - Wie die Firma Wilbert die Insolvenz... (SWR Landesschau Rheinland-P., 289.566 Aufrufe)
- So dramatisch waren die letzten 24 Stunden der Queen wirklich (Wissenswert, 838.486 Aufrufe)
- Friedhof der E-Autos - Die Mobilität der Zukunft steckt in... (DER SPIEGEL, 1,1 Mio. Aufrufe)
- HOCHKREATIVE ARBEITER, DIE AUF EINEM ANDEREN NIVEAU... (TechZone, 982.051 Aufrufe)
- NASA gibt Warnung heraus: „Pluto ist nicht das, was du...“ (TheSimplySpace, 118.806 Aufrufe)

Veröffentlichung



Beton- und Stahlbetonbau

2

120. Jahrgang
Februar 2025
ISSN 0005-9900

DOI: 10.1002/best.202400080

Julian Frede, Timo Krämer, Sergej Rempel, Slobodan Kasic

Check for Updates

AUFSATZ

73 Meter lange integrale Holz-Carbonbeton- Verbundbrücke

**Betontechnische Details zur Fuß- und Radwegbrücke über den Seeblickweg in
Stuttgart**

- 73 m Holz-Carbonbeton-Verbundbrücke
- Rückbau von Betonbrücken
- Querkrafttragfähigkeit von Bauteilen mit Schubabiegungen
- Verkehrserschütterungen bei jungem Beton
- Brückenkappen aus nichtmetallischer Bewehrung und Recyclingbeton
- Detektion von Spanndrahtbrüchen mit Schallemissionsanalyse

Würdigungen

IBA27.de
STADTREGION
STUTT GART



Brücke über den Seeblickweg

Wie können auch Verkehrsbauwerke dazu beitragen, die Nutzung von Ressourcen und den CO₂-Ausstoß zu verringern? Zwischen den Stadtteilen Steinhaldenfeld und Neugereut kann man das zukünftig an der Geh- und Radwegbrücke über den Seeblickweg ablesen. Der Überbau setzt sich aus zwei vorgefertigten Holzträgern mit einer Länge von 69,20 Meter und einer Breite von 4,00 Meter zusammen. Auf die Holzträger wird vor Ort eine Betonplatte gegossen, die den Träger überragt und vor Witterung schützt. Die Betonplatte ist mit Matten aus Carbonfasern anstelle des klassischen Stahls bewehrt. Dies verringert das Eigengewicht der Konstruktion. Damit kann sie auch schlanker ausgeführt werden. Die Kombination der drei Werkstoffe Holz, Beton und Carbonfasern schont Ressourcen – weniger Beton und mehr Holz senken die CO₂-Bilanz. Der Verzicht auf Bewehrungsstahl bedeutet mehr Langlebigkeit, da keine Korrosion auftreten kann.

Die Brücke befindet sich derzeit im Bau und ist voraussichtlich Anfang 2024 fertiggestellt. Die Landeshauptstadt Stuttgart realisiert erstmals eine Fuß- und Radwegbrücke in dieser Materialität und Konstruktion.

Kontakt

Landeshauptstadt Stuttgart, Tiefbauamt



Bild: Stadt Stuttgart



Baustelle für die Brücke. Bild: Stadt Stuttgart



Baustelle für die Brücke. Bild: Stadt Stuttgart

Internationale Bauausstellung 2027
StadtRegion Stuttgart GmbH

Alexanderstraße 27
70184 Stuttgart

Raum der IBA'27
Calwer Straße / Ecke Kienestraße
70173 Stuttgart

Öffnungszeiten:
Mo–Fr 12–17 Uhr

Team & Kontakt
Newsletter
Impressum
Datenschutzklärung



Würdigungen



IABSE PROJECT AND TECHNOLOGY AWARDS 2025
INNOVATION IN CONSTRUCTION
FINALISTS

Wiedergeben (k)

AWARD FOR INNOVATION IN BRIDGES

Bridge over Seeblickweg
Germany

Paradis Bridge
Norway

Tan House Footbridge
United Kingdom

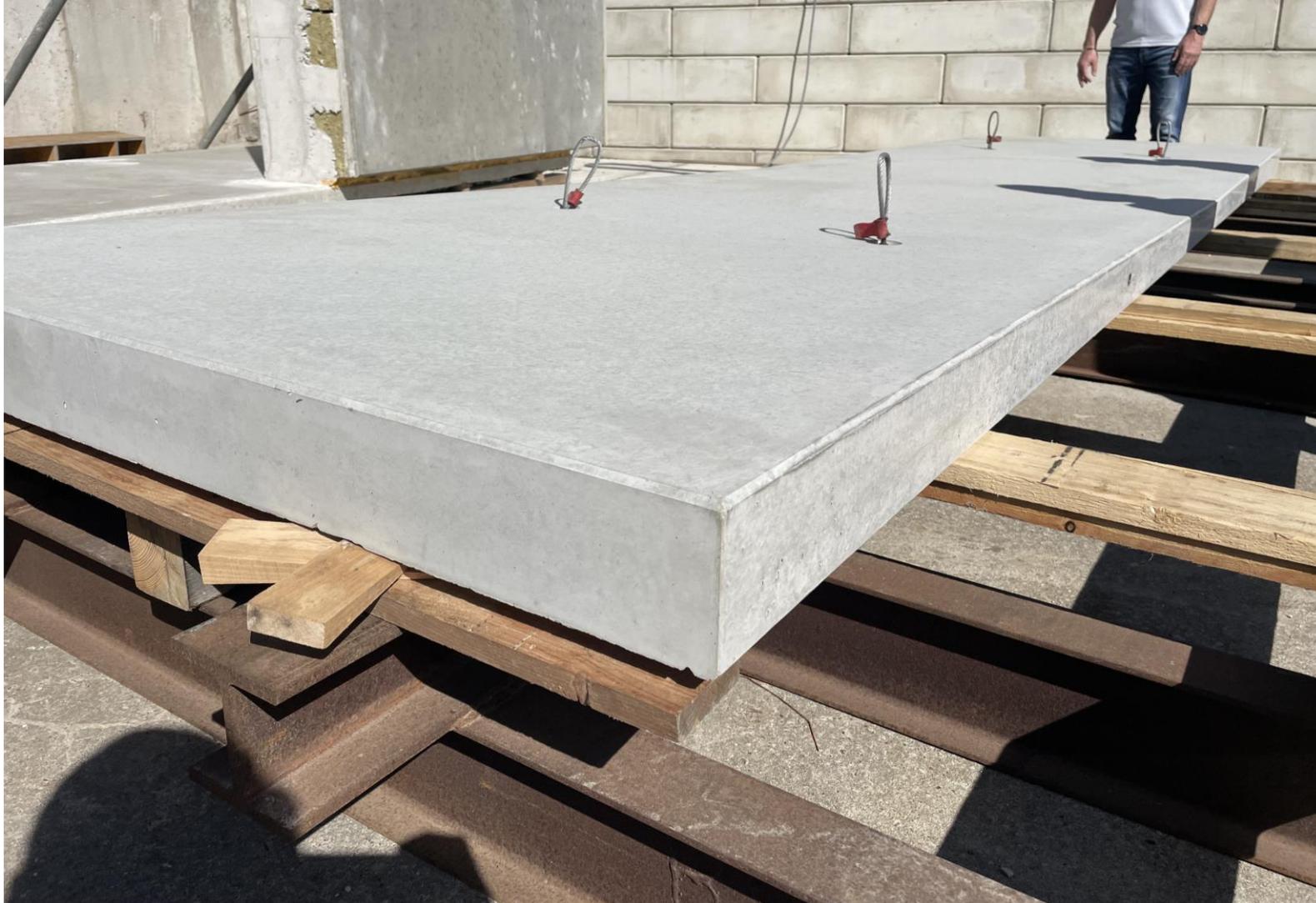
The Railroad Bridge Oder near Küstrin
Germany

0:47 / 1:21 • Innovation in Construction >

▶ ⏪ 🔊 🔍 ⚙️ 📺 📱 📶 🗑️

4. Carbonbeton Fertigteile

Franklinsteg Mannheim



Querkraftbemessung

Tabelle 4: Ergebnisse für den Querkraftnachweis der ständigen und vorübergehenden Belastungssituation „Gleichmäßig verteilte Last“.

effektive Feldlänge l_{eff} [mm]	Schub schlankheit λ [-]	k_{λ} [-]	Querkraftwiderstand $V_{Rd,c}$ [kN/m]	Einwirkende Querkraft V_{Ed} [kN/m]	Ausnutzung [-]
1250	5,04	1,93	32,0	7,05	0,22

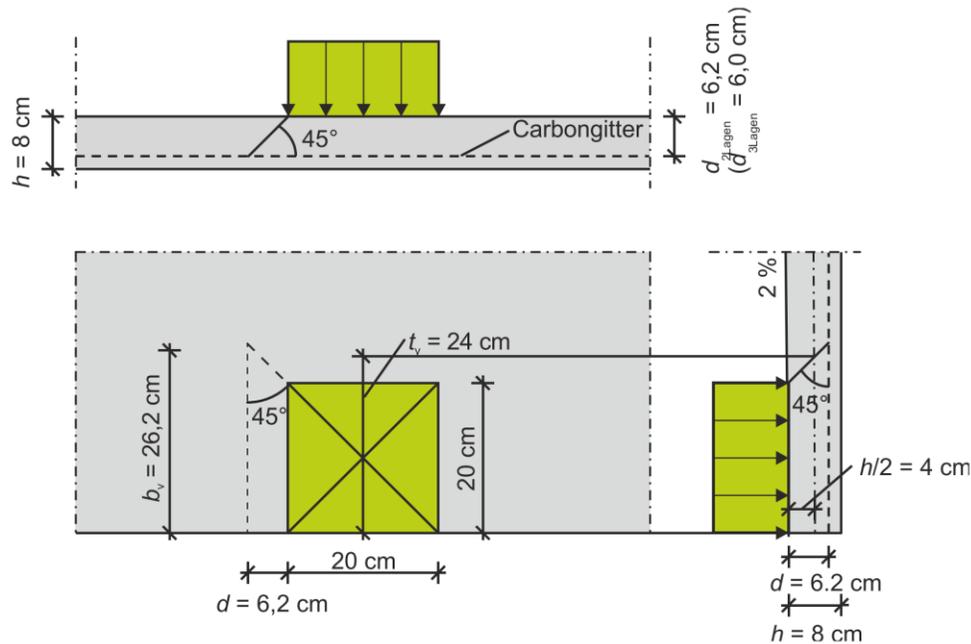


Bild 4: Lastausbreitung für Querkraft und Moment (Grafik: IMB RWTH)

Querkraftbemessung

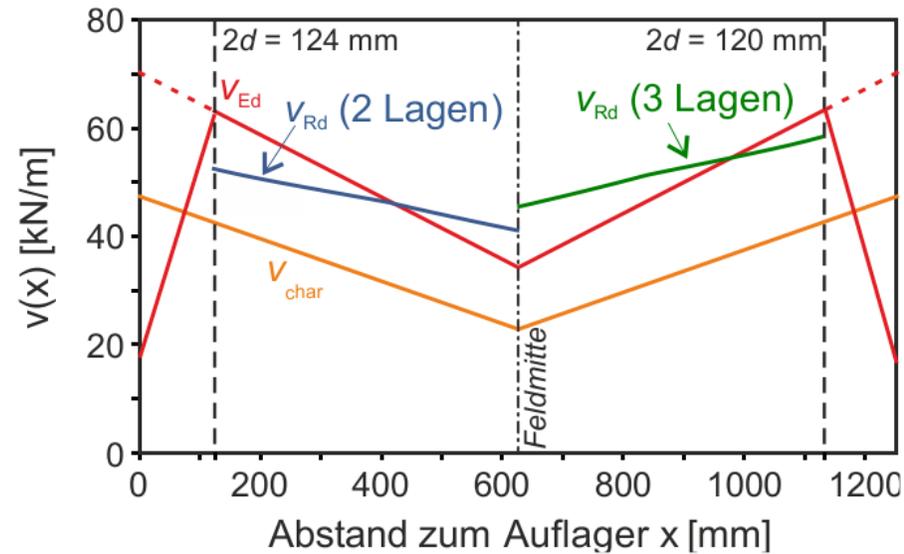


Bild 5: Querkraftnachweis für eine Einzellast unter Berücksichtigung von zwei (linke Seite) und drei (rechte Seite) Lagen Biegezugbewehrung (Grafik: IMB RWTH)

In den experimentellen Untersuchungen ergab sich eine **Lastreserve** auf Mittelwertniveau von **2,30 bis 2,86 (je nach Laststellung)** für Querkraftversagen gegenüber dem rechnerischen Mittelwert nach der Querkraftformel aus [DAfStb24]. Als Gründe hierfür ist anzuführen, dass die im Versuch beobachteten **Schubrisse flacher geneigt waren (als die hier vereinfacht angenommenen 45°)**. Außerdem kam es zu einem **räumlich ausgedehnterem Lastaustrag** zur Plattenmitte hin und dadurch zu einer größeren Aktivierung der Breite für Querkraft.

Musterplatte – Kontrolle Betonierverfahren



**Betonage über Kopf
Bewehrung aufgeschwommen**

Betonierkonzept

**BETONWERK
OSCHATZ GmbH**

Fertigteilwerk
& Montagen



Franklin Steg Mannheim
Fertigungsablauf Carbonbeton-Fertigteile



14.05.2025

Franklin Steg Mannheim

1

Betonierkonzept - Laminierverfahren



Transportanker - Ausziehversuche



Rudimentärer Belastungstest



4. Carbonbeton weitere Projekte

Wirtschaftswegbrücke Bietigheim



Fauststraße Stuttgart – Basaltbewehrung

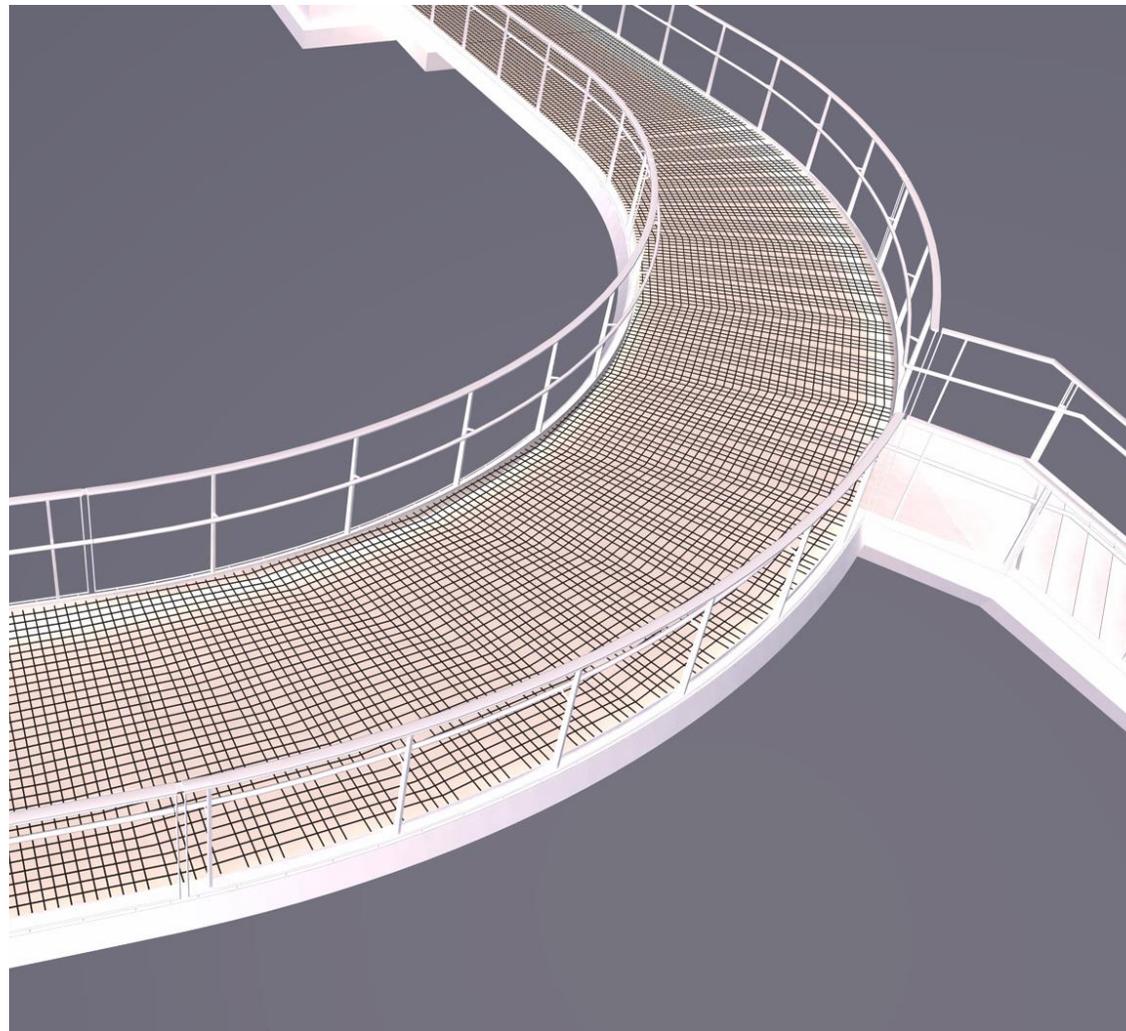
Entwicklung von basaltbewehrten
Deckenplatten für den Wohnungsbau



Institut für Massivbau, Technische Universität Darmstadt



Abschlussbericht F09-18-2021



Fauststraße Stuttgart – Basaltbewehrung



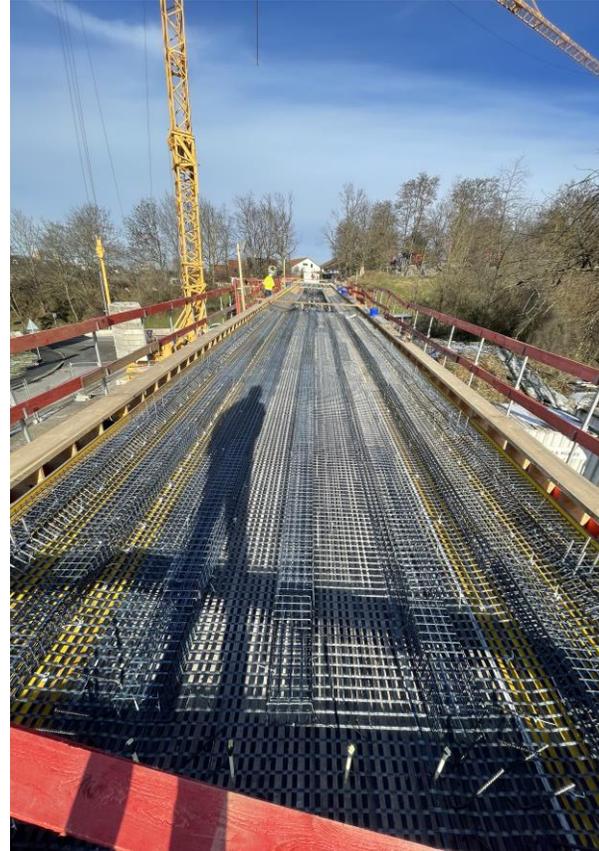
4. Carbonbeton Ausblick

Ausblick

Tragreserven



Schubbewehrung



Vorspannung



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



Gesellschaft Beratender
Ingenieure VBI mbH

Am Großmarkt 10
76137 Karlsruhe

T. +49 721 1819-0
F. +49 721 1819-290

mail@harrer-ing.net
www.harrer-ing.net

