

# Aktuelle Anwendungen von feuerverzinktem Stahl im Brückenbau

16. Oktober 2023  
GAV Forschungskolloquium, Hannover



# Aktuelle Anwendungen von feuerverzinktem Stahl im Brückenbau

---

---

## 1 Nachhaltige Stahlproduktion

---

2 Brückenlösungen von ArcelorMittal Europe - Long Products

3 Walzprofile und Feuerverzinken

4 Beispiele feuerverzinkter Brücken

5 Technische Beratung und Anarbeitung

6 Zusammenfassung

GAV-Forschungskolloquium 2023

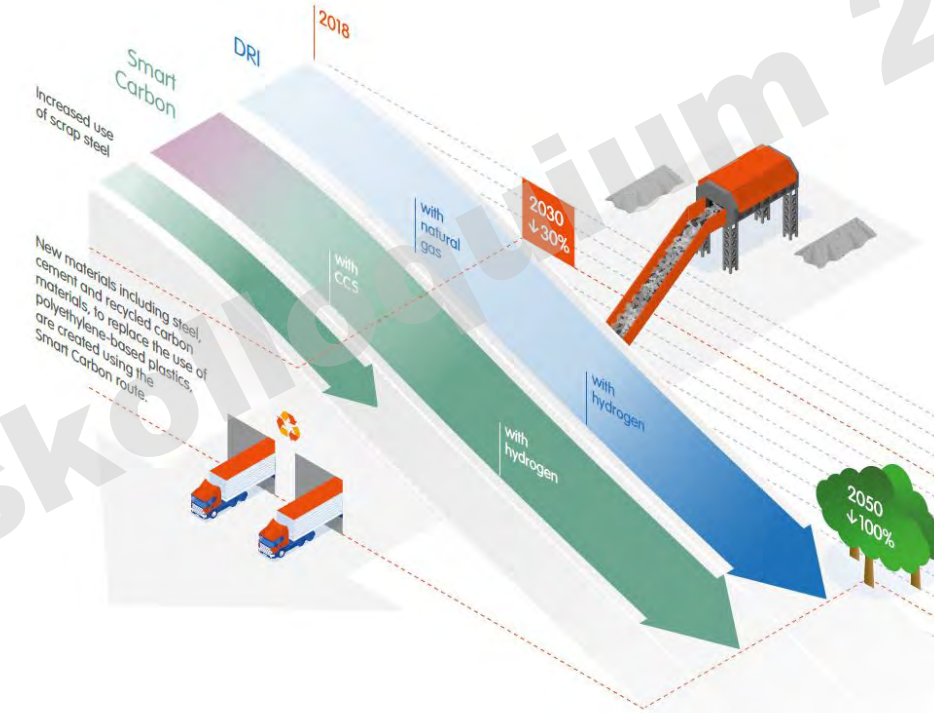
# Strategien zur Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

1. Technologische Verbesserung der Stahlherstellung

2. Wiederverwendung vorhandener Produkte

3. Recycling mit stark verringerten Emissionen

4. Stärkerer Einsatz höherfesten Stahls und innovativer Bauformen, dadurch Verringerung der erforderlichen Stahl-Menge

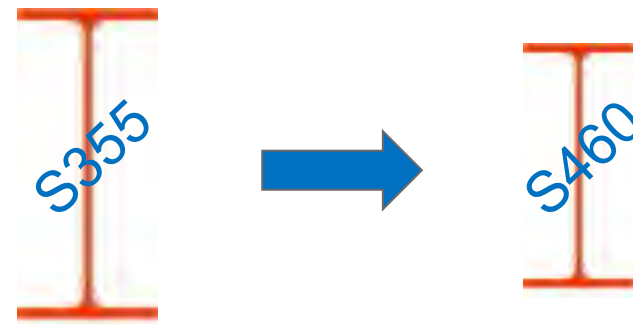


Smart Carbon includes:

- Carbalyst®
- Torero
- IGAR
- 3D - carbon capture

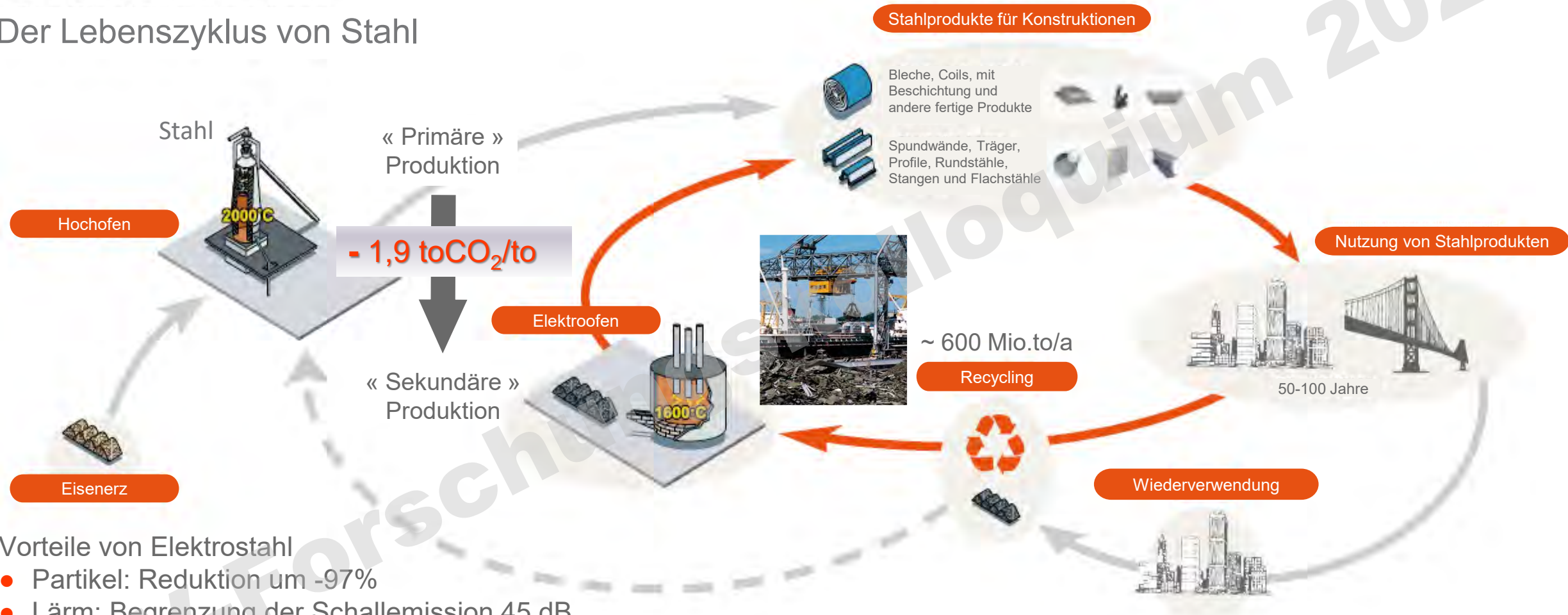
DRI includes:

- ArcelorMittal Hamburg hydrogen project



# Natürliche Ressourcen – Umweltbewusstes Handeln durch Recycling

## Der Lebenszyklus von Stahl



### Vorteile von Elektrostahl

- Partikel: Reduktion um -97%
- Lärm: Begrenzung der Schallemission 45 dB
- Abfall: 95% Verminderung
- Wasserbedarf: 50% Verminderung
- Energiebedarf: 55% Verminderung

**19 Tonnen Stahl recycelt auf der Welt in jeder Sekunde**

# Stahlherstellung durch Recycling – die derzeit klimafreundlichste Herstellung

**Schrott**



**Elektro-Lichtbogen-Ofen**



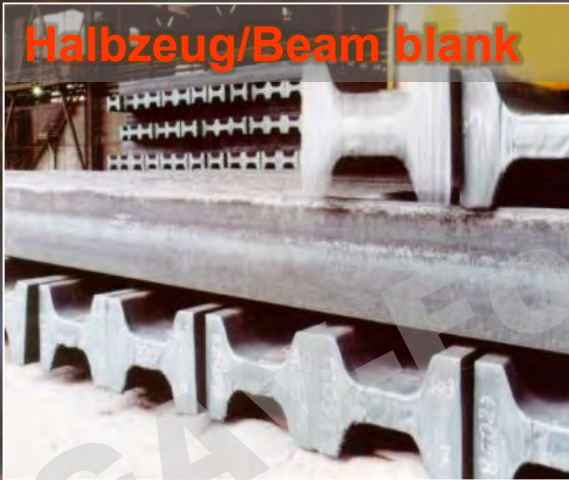
**“Pfanne” v. Strangguß**



**Stranggußverfahren**



**Halbzeug/Beam blank**



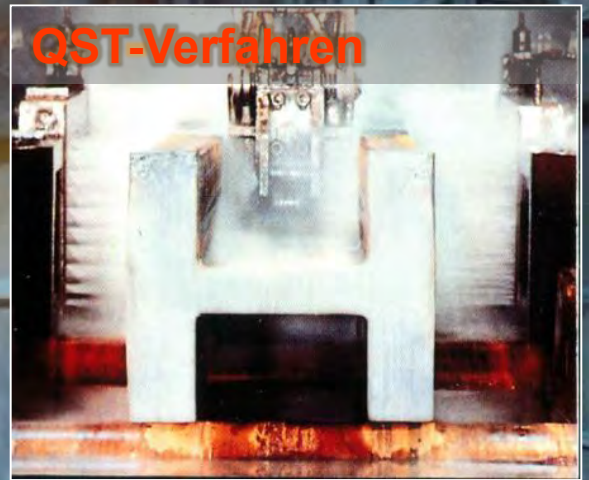
**Walzwerk**



**Selective cooling**



**QST-Verfahren**



## Einzigartig: Für jede Anwendung die passende Größe

- Wir walzen **alle Profile** – von den kleinsten bis zu den **schwersten** in der Welt
- Wir produzieren diese von **235 bis zu 500 MPa Streckgrenze** über die volle Dicke
- Geringer CO<sub>2</sub>-Ausstoß

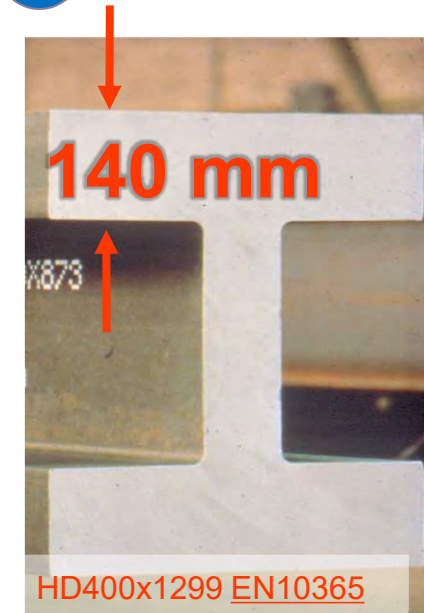


**IPE-Profile  
gebunden zur Auslieferung**



**Weltweit schwerstes  
Walzprofil**  
1377 kg/m  
HL920x1377 EN10365

Jetzt noch  
fester: S500



HD400x1299 EN10365

# XCarb™ recycelt und erneuerbar hergestellter Stahl



- Umwandlung des Schrotts in XCarb™-Stahl **ausschließlich mit erneuerbaren Energien, wie Solar- und Windenergie.**
- Die Kombination aus Recycling und erneuerbaren Energien ermöglicht sehr niedrige CO<sub>2</sub>-Emissionen von nur etwa **0,3 Tonnen CO<sub>2</sub>** pro Tonne Stahl (anstatt bis zu 2,3 to CO<sub>2</sub> / to. Stahl in der traditionellen Hochofenroute)
- Durch **Ökobilanzen** können die Umweltauswirkungen verschiedener Lösungen (Stahl / Stahl oder Stahl / alternatives Material) verglichen werden
- **Gesamtbetriebskosten** (Lebenszykluskosten) über die Nutzungsdauer = beste Methode zum Vergleich von Lösungen
- Stahl = geringe Umweltbelastung im Falle von hoher Recyclingrate mehrmaligem Wiederverwenden



⇒ Wiederverwendung und Wiederverwertung  
(Recycling)  
von Stahl am Ende der Lebensdauer

ArcelorMittal

**LCA: Results**

DESCRIPTION OF THE SYSTEM BOUNDARY (X = INCLUDED IN LCA; MND = MODULE NOT DECLARED; MNR = MODULE NOT RELEVANT)

Raw material supply	CONSTRUCTION PROCESS STAGE			USE STAGE							END OF LIFE STAGE			BENEFITS AND LOADS BEYOND THE SYSTEM BOUNDARIES		
	Transport	Manufacturing	Transport from the gate to the site	Assembly	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Retubishment	Operational energy use	Operational water use	De-construction demolition	Transport		Waste processing	Disposal
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
X	X	X	MND	MND	MND	MND	MNR	MNR	MNR	MND	MND	MND	MND	X	X	X

RESULTS OF THE LCA - ENVIRONMENTAL IMPACT according to EN 15804+A1: 1 metric ton of XCarb™ structural steel sections

Parameter	Unit	A1-A3	C3	C4	D
Global warming potential	[kg CO <sub>2</sub> -Eq]	3.33E+2	1.60E+0	1.43E-1	2.14E+2
Depletion potential of the atmospheric ozone layer	[kg CFC114-Eq]	4.94E-11	4.86E-14	7.83E-16	4.74E-12
Acidification potential of land and water	[kg SO <sub>2</sub> -Eq]	7.45E-1	2.30E-3	8.57E-4	3.22E-1
Eutrophication potential	[kg (PO <sub>4</sub> )-Eq]	7.51E-2	4.48E-4	9.72E-5	1.25E-2
Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants	[kg ethene-Eq]	2.55E+1	2.00E-4	6.58E-5	1.16E-1
Abiotic depletion potential for non-fossil resources	[kg Sb-Eq]	4.04E-4	1.27E-7	1.44E-8	5.13E-4
Abiotic depletion potential for fossil resources	[MJ]	3.81E+3	1	1.95E+0	1.04E+3

RESULTS OF THE LCA - INDICATORS TO DESCRIBE RESOURCE USE according to EN 15804+A1: 1 metric ton of XCarb™ structural steel sections

Parameter	Unit	A1-A3	C3	C4	D
Renewable primary energy as energy carrier	[MJ]	7.53E+3	1.22E+1	2.70E-1	-1.04E+3
Renewable primary energy resources as material utilization	[MJ]	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0
Total use of renewable primary energy resources	[MJ]	7.53E+3	1.22E+1	2.70E-1	-1.04E+3
Non-renewable primary energy as energy carrier	[MJ]	4.00E+3	2.62E+1	2.01E+0	1.95E+3
Non-renewable primary energy resources as material utilization	[MJ]	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0
Total use of non-renewable primary energy resources	[MJ]	4.00E+3	2.62E+1	2.01E+0	1.95E+3
Use of secondary material	[kg]	1.16E+3	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0
Use of renewable secondary fuels	[MJ]	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0
Use of non-renewable secondary fuels	[MJ]	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0
Use of red fresh water	[m <sup>3</sup> ]	6.10E-1	1.18E-2	4.96E-4	1.03E+0

RESULTS OF THE LCA - WASTE CATEGORIES AND OUTPUT FLOWS according to EN 15804+A1: 1 metric ton of XCarb™ structural steel sections

Parameter	Unit	A1-A3	C3	C4	D
Hazardous waste disposed	[kg]	1.52E-6	7.02E-9	2.13E-10	4.00E-7
Non-hazardous waste disposed	[kg]	2.02E+0	1.89E-2	1.00E-1	-2.70E-1
Radioactive waste disposed	[kg]	5.46E-2	3.89E-3	2.10E-5	-6.00E-3
Components for re-use	[kg]	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0
Materials for recycling	[kg]	0.00E+0	8.80E-2	0.00E+0	0.00E+0
Materials for energy recovery	[kg]	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0
Exported electrical energy	[MJ]	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0
Exported thermal energy	[MJ]	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0	0.00E+0

1163,1 kg scrap is used in the manufacturing of 1 tonne of XCarb™ Recycled and renewably produced structural steel sections and merchant bars. After use, 880 kg steel is recycled, 110 kg is reused, and 10 kg is landfilled. The potential environmental impact calculated for module D depends on the net amount of scrap left in the system, which is 880-1163,1 + 127,94 = -155,17 kg. This means that the system has a net negative output of 155,17 kg scrap, which carries a potential credit then, module D shows an environmental burden.

**References**

EN 15804  
EN 15804+A1 2013, Sustainability of construction works — Environmental Product Declarations — Core rules for the product category of construction products

PCR - Part A Calculation Rules for the Life Cycle Assessment and Requirements on the Project Report, Institut Bauen und Umwelt e.V., www.bauumwelt.com, 2019

PCR Part A  
PCR 2016, Part B

5 Environmental Product Declaration ArcelorMittal – XCarb™ Recycled and renewably produced Structural steel sections and merchant bars

Globales Erwärmungspotenzial (GWP) in kg CO<sub>2</sub>/tonne

Modules A1-A3 (Produktion): 333 kg CO<sub>2</sub>/t

Module C3 (Abfallbehandlung): 1,6 kg CO<sub>2</sub>/t


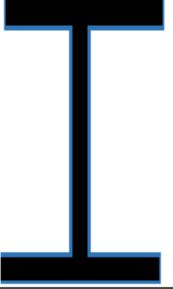
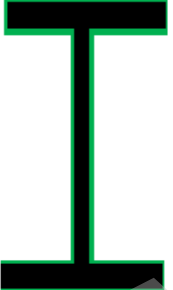
Module C4 (Beseitigung): 0,1 kg CO<sub>2</sub>/t

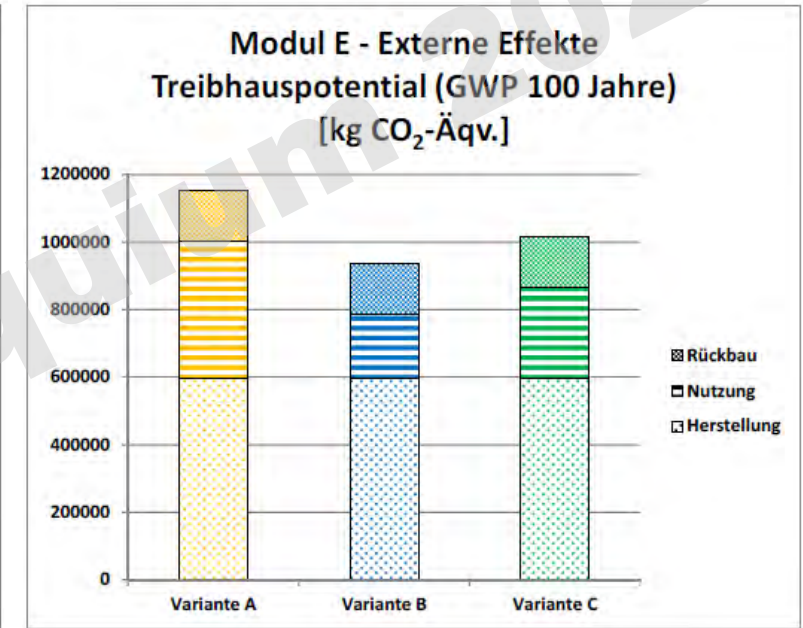
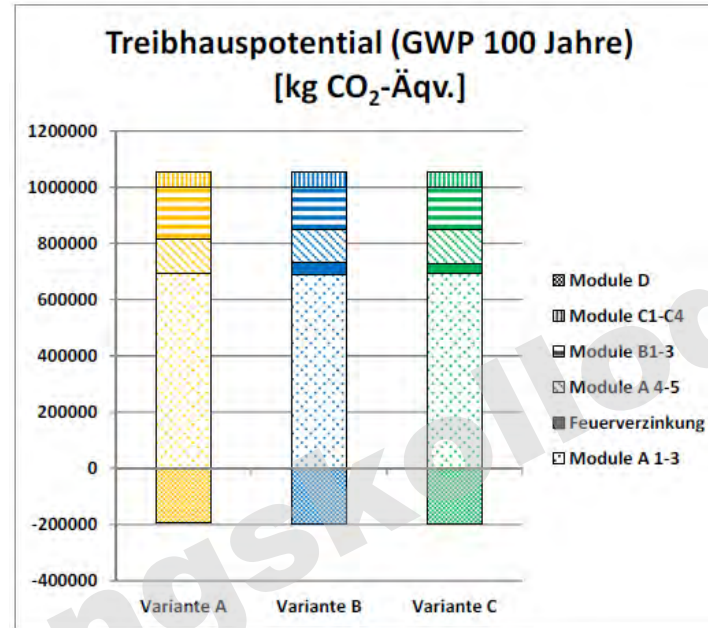
Module D (Wiederverwendung/Recycling): 214 kg CO<sub>2</sub>/t



# Geringste CO<sub>2</sub>-Emissionen für den Brückenbau

## XCarb™ recycelt und erneuerbar hergestellter Stahl mit anschließender Feuerverzinkung

	Korrosionsschutz	Instandhaltung
	<b>Variante A</b>  Organische Korrosionsschutzbeschichtung	Kompletterneuerung der Korrosionsschutzbeschichtung im Jahr 33 und Jahr 66 des Lebenszyklus
	<b>Variante B</b>  Feuerverzinkung (Schichtdicke 300 µm)	Keine Unterhaltungsmaßnahmen des Korrosionsschutzes während des Lebenszyklus
	<b>Variante C</b>  Feuerverzinkung (Schichtdicke 200 µm) und organische Beschichtung	Aufbringung einer organischen Korrosionsschutzbeschichtung im Jahr 66 des Lebenszyklus auf den Restüberzug der Feuerverzinkung



- CO<sub>2</sub>-Äquivalent für das Bauwerk bei allen drei Varianten nahezu gleich (~5% besser bei Variante B)
- Deutliche Vorteile der Variante B beim CO<sub>2</sub>-Äquivalent der externen Effekte.
- Kombination XCarb Walzprofil aus Elektrostahlroute mit anschließender Feuerverzinkung ist die derzeitige CO<sub>2</sub>-ärmste Lösung

Quelle: Schlussbericht BASt-Vorhaben FE 089.0291/2013

# Aktuelle Anwendungen von feuerverzinktem Stahl im Brückenbau

---

- 1 Nachhaltige Stahlproduktion
- 2 **Brückenlösungen von ArcelorMittal Europe - Long Products**
- 3 Walzprofile und Feuerverzinken
- 4 Beispiele feuerverzinkter Brücken
- 5 Technische Beratung und Anarbeitung
- 6 Zusammenfassung

GAV-Forschungskolloquium 2023

# Walzprofile in Brücken - Hauptanwendungsgebiete

## 1: WIB – Walzträger im Beton

Spannweiten: 10 – 35m; Straße & Eisenbahn



## 2: Stahl-Verbundbrücken

Spannweiten: 20 – 45m; hauptsächlich Straßenbrücken



## 5: Fachwerk

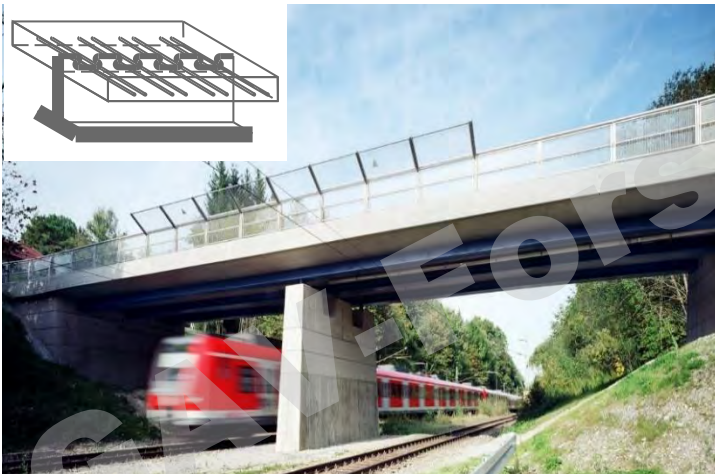


## 6: Trog



## 3: Precobeam (auch bekannt als VFT-WIB®)

Spannweiten: 15 – 35m; Straße und Eisenbahn



## 4: Netzbogenbrücken

Spannweiten: 50 – 120m; Straße und Eisenbahn



## 7: Hilfsbrücken



Schnelles und wirtschaftliches Bauen durch  
Verwendung von unseren  
**Walzprofilen** in Verbundbrücken

BW97a, B6n über DB, Bernburg (Deutschland)  
39.9m Spannweite, 2 x 10.6m Breite,  
59 gon Schiefwinkligkeit  
HL920x591 in S460M; Beton 30cm C35/45;  
Schlankheit: 1 : 30

# Anwendungsbeispiel: Schnellstraße in Posen (PL)



- HE650A / HE650M (S460M)
- Gesamtlänge: ~550m (29 x ~19m Spannweite)
- 2 Überbauten (getrennte Richtungsfahrbahnen)

# Anwendungsbeispiel: BAB A1

## Autobahnbrücke A1 über ICE-Strecke – Hagen-Hengstey (D)



- 37.5 m Spannweite
- HL1100, HISTAR460
- (2020)



Anwendungsbeispiel: BAB A1

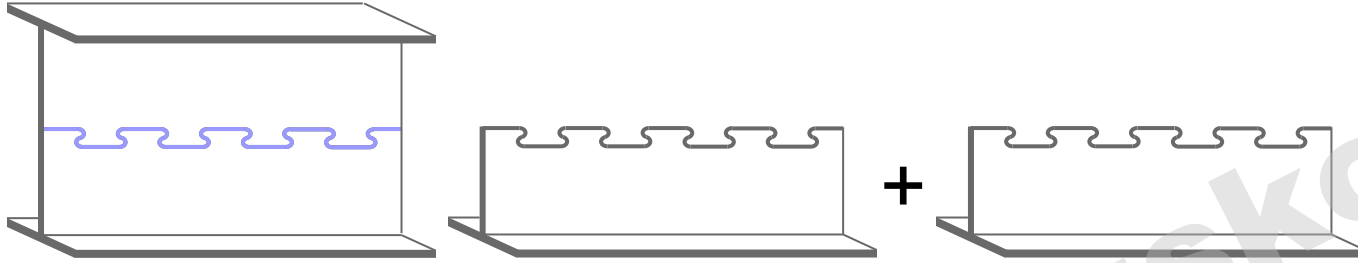
Autobahnbrücke A1 über ICE-Strecke – Hagen-Hengstey (D)



# PreCoBeam (PREcast COmposite BEAM)

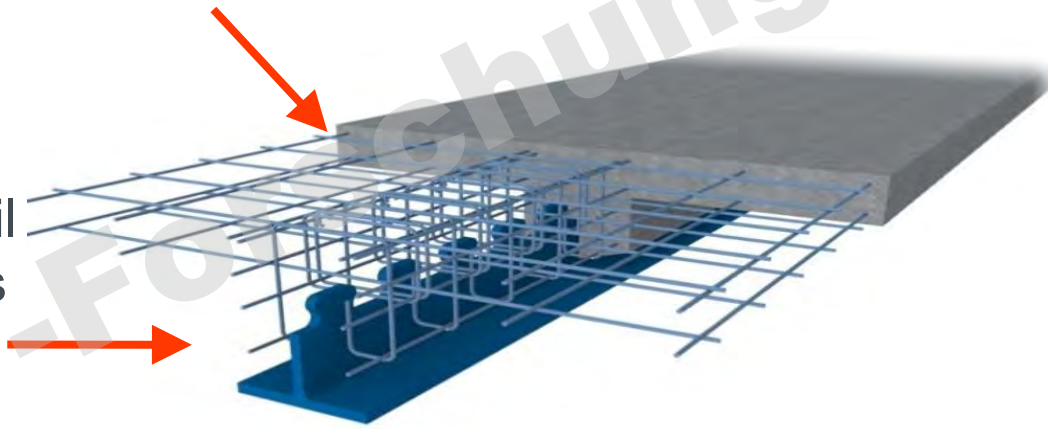
Alternative zu: WIB (Walzträger im Beton) mit  
mit vorgefertigten Elementen

Herstellung:

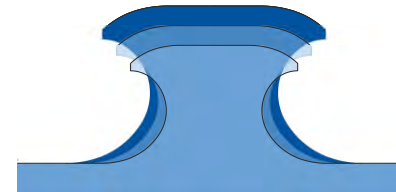


Bewehrte Betonplatte

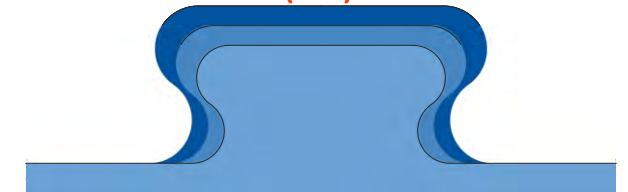
Aus Walzprofil  
geschnittenes  
T-Profil mit  
Dübelleiste



Klothoidenform (MCL)



Puzzleform (PZ)





# Aktuelle Anwendungen von feuerverzinktem Stahl im Brückenbau

---

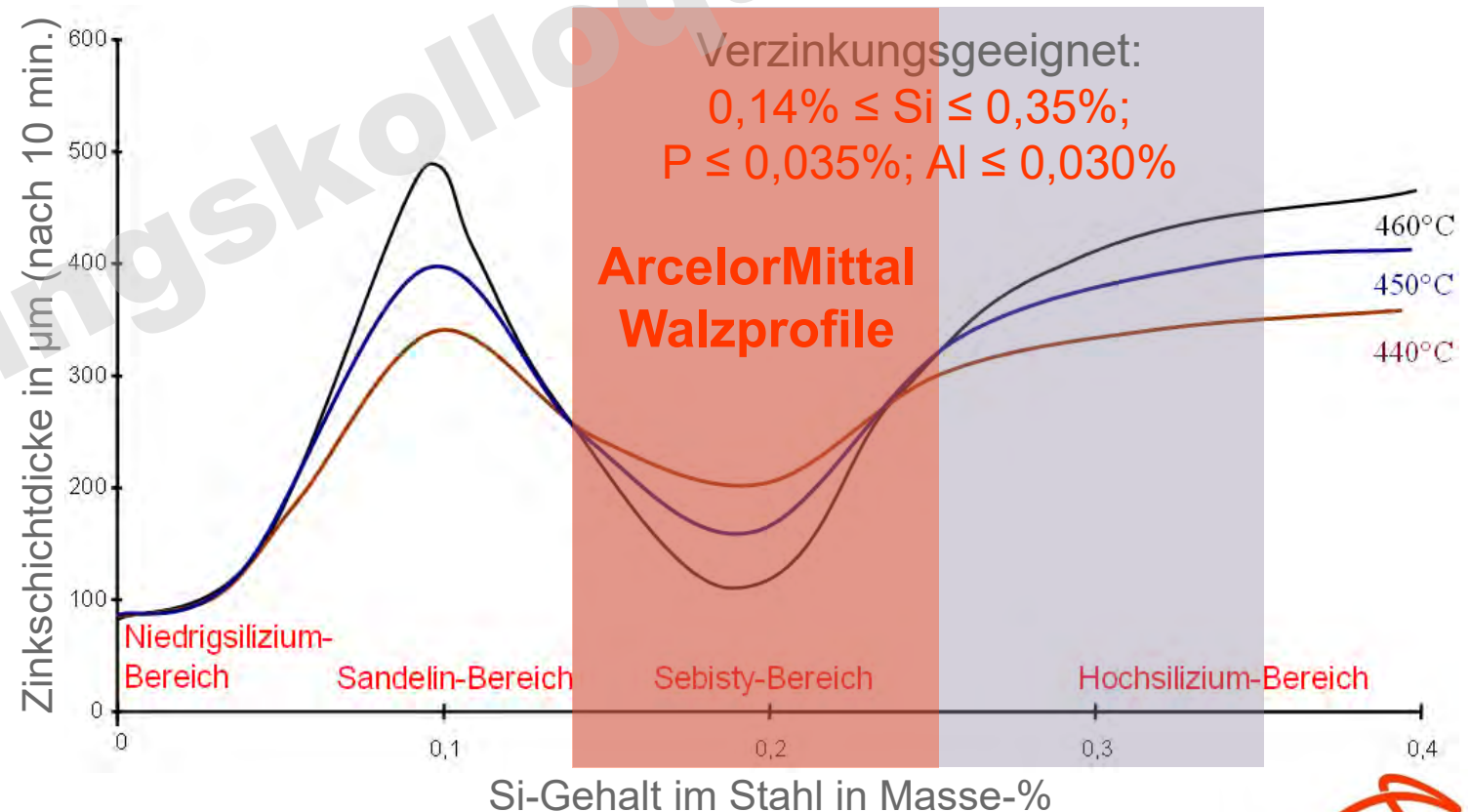
- 1 Nachhaltige Stahlproduktion
- 2 Brückenlösungen von ArcelorMittal Europe - Long Products
- 3 **Walzprofile und Feuerverzinken**
- 4 Beispiele feuerverzinkter Brücken
- 5 Technische Beratung und Anarbeitung
- 6 Zusammenfassung

GAV-Forschungskolloquium 2023

# Qualitätssicherung

## Materialauswahl für den Brückenbau

- Ziel: Sicherstellung der **Mindestschichtdicke von 200 µm**
- Probeverzinkung durchzuführen mit dem **vorgesehenen Konstruktionsmaterial** (Schichtdicke ist materialabhängig)
- **Unterschiedliche Materialien** an oberer und unterer Grenze des geeigneten Siliziumgehalts sorgt für stark **variierende Schichtdicke** (z.B. 200 – 700 µm)
- Bei Verwendung von **Walzprofilen**:
  - **Einheitliche Schichtdicke und Optik** durch engeren Si-Bereich
  - **Keine Stumpfstöße vor Verzinkung** wegen großer Lieferlängen



# Schnittflächen von Blechen

## Nachbearbeitung

- **Thermisch geschnittene Flächen** (nicht Kanten) müssen mechanisch nachgearbeitet werden, da die **Zinkannahme** dort **gestört** ist.
- Gleichmäßiges **Schleifen oder Fräsen**, ca. 200 – 500 µm der Oberfläche
- Bei geschweißten Profilen ist Oberflächenvorbereitungsgrad P3 nicht ausreichend, erhöhter Aufwand
- Zinkannahme an Kanten und Seitenflächen ist bei Walzprofilen gleich wie beim Rest des Profils!  
→ **Bei Walzprofilen ist keine Oberflächenvorbereitung P3 erforderlich**



# Interner Arbeitsstandard bei der Stahlbaufertigung mit anschließender Stückverzinkung

 <b>ArcelorMittal</b> <small>Beam Finishing Centre – site de Differdange</small>	Informationsblatt	IP 005
		Erstellt : 28-07-2017
<b>Arbeitsstandard</b> <small>Referenznormen und -vorschriften: EN 1461 – EN 14713-2 – DAS 022</small>		Rev : 00 Seite 1 von 3

**THEMA : Vorbereitung der Träger vor der Feuerverzinkung**

Für den Auftragsmanager

1) Sich vergewissern, dass die Stahlträger „geeignet für die Verzinkung“ bestellt sind.  
Das Walzwerk benutzt einen speziellen Farbmarkierungsstift zur Markierung der Träger vor der Feuerverzinkung.

Für die Werkstatt

2) Die Stahlträger müssen **frei** sein von Mängeln und Fremdkörpern:  
  
Die bleibenden Bohrspähne werden geschliffen.





3) Das benutzte Öl für die Bohrung:  
  
Wenn das Öl durch Wasser abwaschbar ist, ist es erlaubt. Wenn nicht, muss ein entsprechendes Lösungsmittel benutzt werden.

 <b>ArcelorMittal</b> <small>Beam Finishing Centre – site de Differdange</small>	Informationsblatt	IP 005
		Erstellt : 28-07-2017
<b>Arbeitsstandard</b> <small>Referenznormen und -vorschriften: EN 1461 – EN 14713-2 – DAS 022</small>		Rev : 00 Seite 2 von 3

4) Benutzen eines geeigneten Farbmarkierungsstiftes für die Feuerverzinkung, entfernen der Etikette und schleifen des Klebers.




*Beispiel eines Farbmarkierungsstiftes („écrit métal“) zur Markierung der Träger vor der Feuerverzinkung:*



 <b>ArcelorMittal</b> <small>Beam Finishing Centre – site de Differdange</small>	Informationsblatt	IP 005
		Erstellt : 28-07-2017
<b>Arbeitsstandard</b> <small>Referenznormen und -vorschriften: EN 1461 – EN 14713-2 – DAS 022</small>		Rev : 00 Seite 3 von 3

5) Entfernen der restlichen Keramik nach dem Anschweißen von Kopfbolzen.



6) Nach dem Schneiden, Entgratung der Schneidfehler durchführen.



7) Nach dem Brennschneiden: entfernen der Silikatspuren, zusätzlich zum Entgraten.

**Jede weitere spezifische Anfrage des Kunden muss auf dem Arbeitsblatt der Werkstatt klar ausgedrückt werden.**

# Pilotprojekt "Feuerverzinkter Wirtschaftsweg A44"

## Erste Anwendung der Feuerverzinkung in Deutschland

- Neue Stahl-Verbundbrücke über die zukünftige A44 zwischen Kassel und Herleshausen
- Bauherr: Hessen; Planung/Umsetzung: DEGES; Zustimmung im Einzelfall (ZiE)
- Beweis, dass Feuerverzinkung auch bei Straßenbrücken anwendbar ist



# Erfahrungen aus dem Pilotprojekt Probeverzinkung – obligatorisch?

- **Austesten** von Zinkannahme und Bestimmung von Tauchzeiten
  - **Tauchdauer nur begrenzt bestimmbar**
  - Insbesondere bei Fügung von unterschiedlichen Grundmaterialien
  - Zinkannahme an Schnittflächen
  - Optik von vor dem Verzinken ausgeführten Schweißnähten (z.B. bei Verwendung von Blechen)
  - Variation von Oberflächenbehandlungen (z.B. Strahlen)
- Optional: **Erprobung der Spritzverzinkung** an Montageschweißstößen, **nicht zwingend erforderlich für jedes Bauwerk!**



# Erfahrungen aus dem Pilotprojekt

## Unterschiedliche Bleche – unterschiedliche Erscheinung

- **Strahlen** der Oberfläche führt zu **größeren Schichtdicken**, aber auch zu **unterschiedlicher Optik** der Zinkoberfläche
- **Unterschiedliche Materialien** am unteren und oberen Limit des Si-Gehalts führt zu stark variierenden Zinkschichtdicken (200-700µm)
  - Unterer Flansch: Si = 0.17%,
  - Steg und oberer Flansch: Si = 0.28%



- Abdeckfarbe muss dick und geradlinig aufgetragen werden



# Aktuelle Anwendungen von feuerverzinktem Stahl im Brückenbau

---

- 1 Nachhaltige Stahlproduktion
- 2 Brückenlösungen von ArcelorMittal Europe - Long Products
- 3 Walzprofile und Feuerverzinken
- 4 **Beispiele feuerverzinkter Brücken**
- 5 Technische Beratung und Anarbeitung
- 6 Zusammenfassung

GAV-Forschungskolloquium 2023



**Projektbeispiel**

**Halle Osendorf**

**ENB Elsterbrücke**

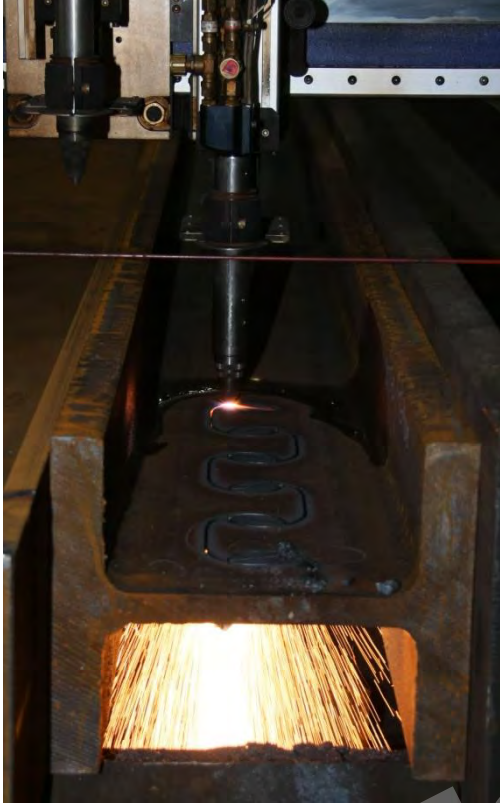
GAV-Forschungskolloquium 2023



# Erste feuerverzinkte PreCoBeam-Brücke

## Elsterbrücke Halle-Osendorf

- Schneiden im werkseigenen Anarbeitungszentrum (Stelligence® Fabrication Centre)



- Überhöhen auf 1,08 m



- Verzinken im Werk V&S Landsberg



# Erste feuerverzinkte PreCoBeam-Brücke

## Elsterbrücke Halle-Osendorf

- Abkühlen der verzinkten Träger



- Verladen zur Auslieferung



- Einbau Baustelle Halle-Osendorf



# Erste feuerverzinkte PreCoBeam-Brücke Elsterbrücke Halle-Osendorf

2023



Foto: Ost Bau

# Erste feuerverzinkte PreCoBeam-Brücke

## Elsterbrücke Halle-Osendorf



Foto: Ost Bau

# Erste feuerverzinkte PreCoBeam-Brücke

## Elsterbrücke Halle-Osendorf



Foto: Ost Bau

# Erste feuerverzinkte PreCoBeam-Brücke Elsterbrücke Halle-Osendorf





# Erste feuerverzinkte PreCoBeam-Brücke

## Elsterbrücke Halle-Osendorf



# Erste feuerverzinkte PreCoBeam-Brücke

## Elsterbrücke Halle-Osendorf



**Projektbeispiel**

**Monschau – Rurbrücke Grüental**

GAV-Forschungskolloquium 2023

# Rurbrücke Grünental, Monschau

## Projektdaten

- Schweißprofile, feuerverzinkt
- Alternativvorschlag mit HL1000A / HL1000B Profilen in S460M/HISTAR460 erstellt, aber leider nicht angenommen (mögliche Gewichtseinsparung ~20%)
- Trägerlänge ~25 m
- Bauherr: StädteRegion Aachen
- Stahlbau: Claus Queck GmbH, Düren
- GU: Bruno Klein GmbH & Co. KG



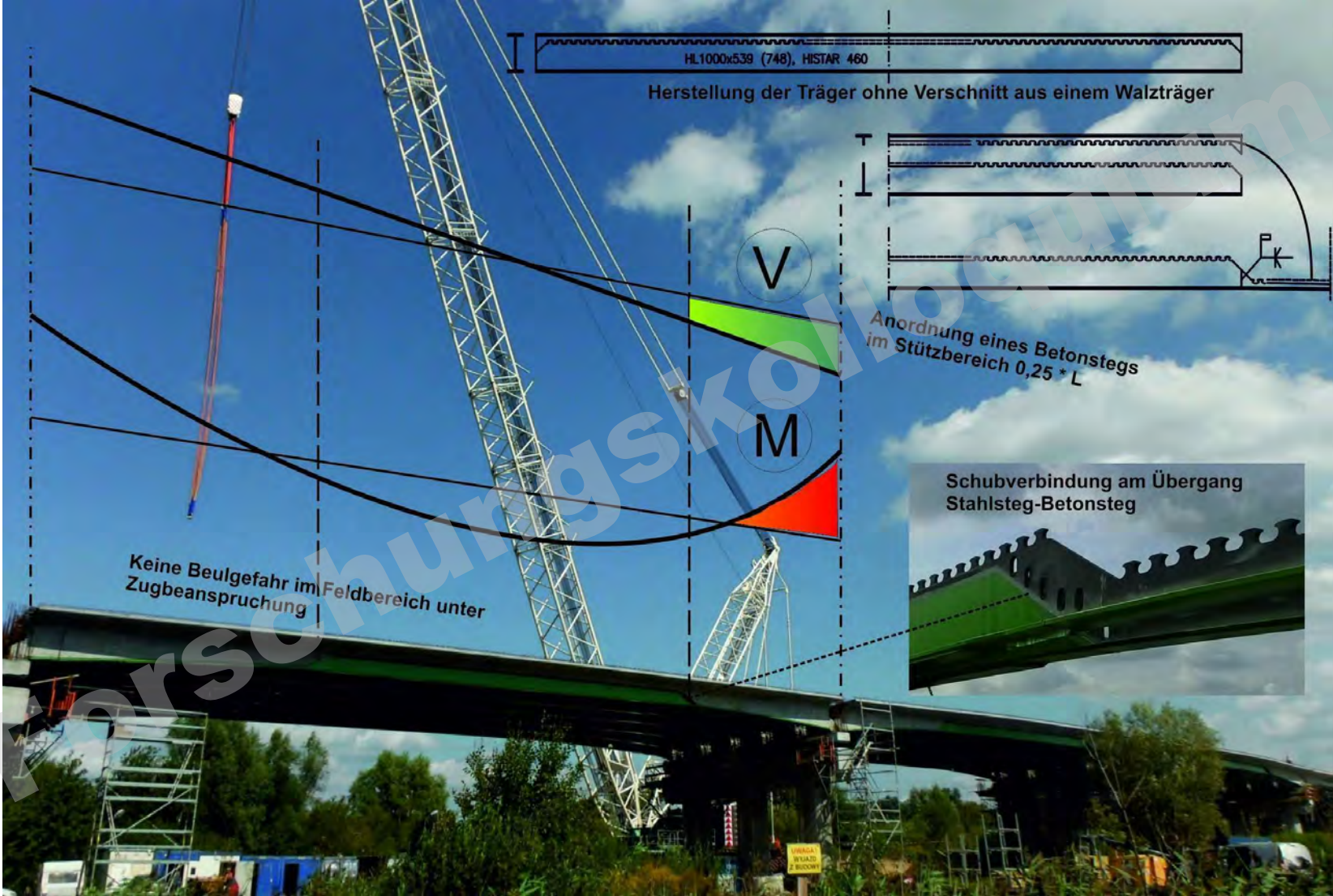
Foto: Institut Feuerverzinken

**Projektbeispiel**

**Mühlgrabenbrücke**

GAV-Forschungskolloquium 2023

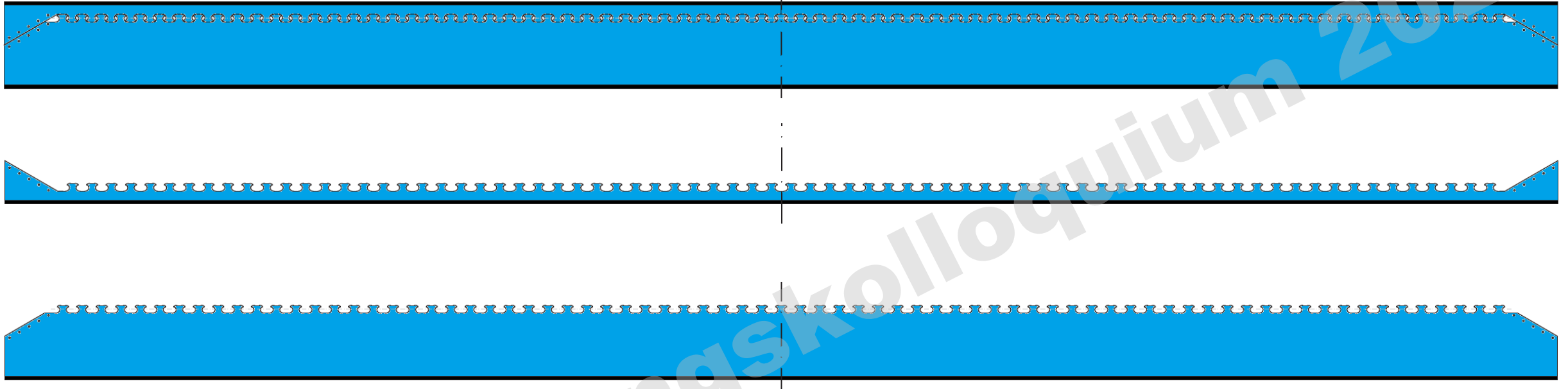
# Weiter optimierte PreCoBeams in Polen Pilotbauwerk: Brücke bei Elbląg



2023

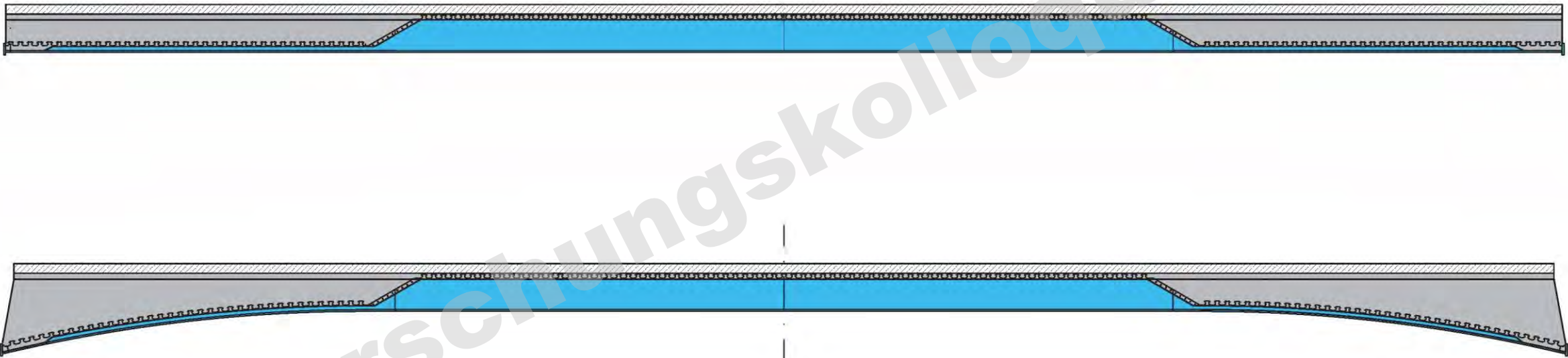


# Brücke bei Elbląg (Polen)





# Brücke bei Elbląg (Polen)



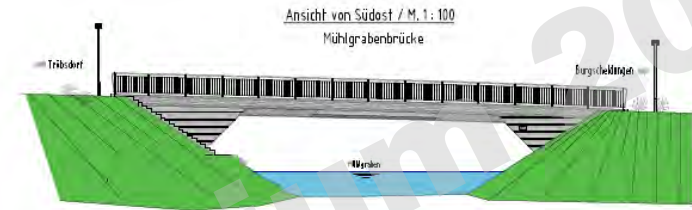
# Mühlgrabenbrücke

## Projektdate

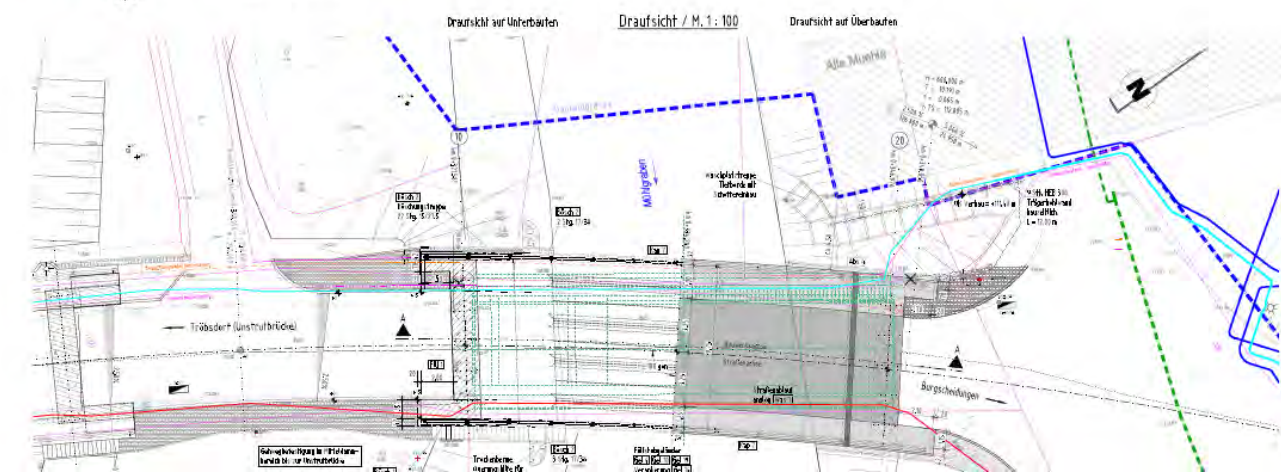
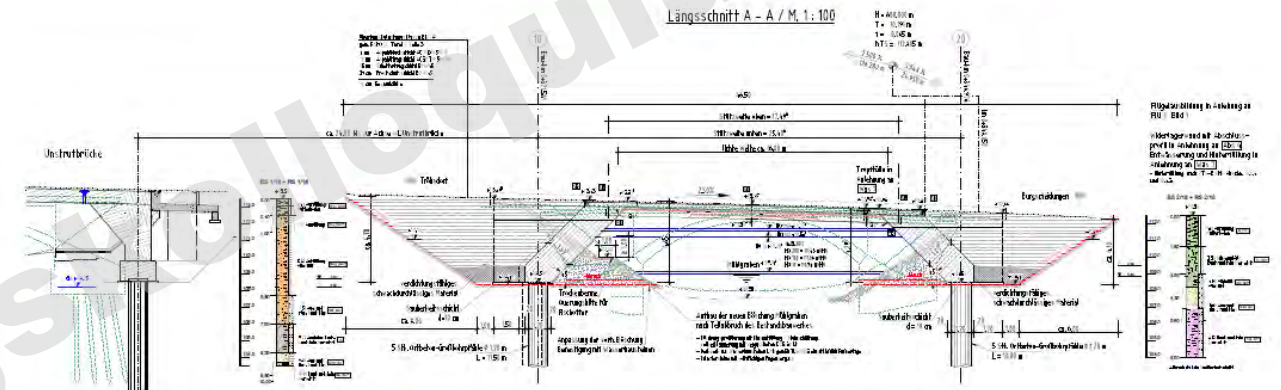
- Mittelteil: HE550M, S355M
- Randstücke Blech S355J2+N
- Alternativvorschlag mit HE600x399 leider nicht angenommen
- Länge: 18,50m
- Zink-Schichtdicke  $\varnothing$  250  $\mu\text{m}$
- Planung: ssf
- GU: Glass-Bau
- Stahlbau: ArcelorMittal Steligenca
- Korrosionsschutz: Coatinc/InProCoat, Kreuztal

Legende

	Umräumung Erdarbeiten abgegraben
	Grünlage
	Trödelteil (Hohlkasten) (H)
	Lage nach Herabgang (H)
	Trödelteil (Hohlkasten) (H)
	Kontrollrinne
	Tafelverklebung (Abstreifen-S)
	Abstreifenverklebung (Abstreifen-S)
	Tafelverklebung (Hohlkasten-S)
	Erdarbeiten (Hohlkastenverklebung)



Blatt-Nr.	Blatt-Titel	Blatt-Größe	Blatt-Format
1	1	A3	297x420
2	2	A3	297x420
3	3	A3	297x420
4	4	A3	297x420
5	5	A3	297x420
6	6	A3	297x420
7	7	A3	297x420
8	8	A3	297x420
9	9	A3	297x420
10	10	A3	297x420
11	11	A3	297x420
12	12	A3	297x420
13	13	A3	297x420
14	14	A3	297x420
15	15	A3	297x420
16	16	A3	297x420
17	17	A3	297x420
18	18	A3	297x420
19	19	A3	297x420
20	20	A3	297x420
21	21	A3	297x420
22	22	A3	297x420
23	23	A3	297x420
24	24	A3	297x420
25	25	A3	297x420
26	26	A3	297x420
27	27	A3	297x420
28	28	A3	297x420
29	29	A3	297x420
30	30	A3	297x420
31	31	A3	297x420
32	32	A3	297x420
33	33	A3	297x420
34	34	A3	297x420
35	35	A3	297x420
36	36	A3	297x420
37	37	A3	297x420
38	38	A3	297x420
39	39	A3	297x420
40	40	A3	297x420
41	41	A3	297x420
42	42	A3	297x420
43	43	A3	297x420
44	44	A3	297x420
45	45	A3	297x420
46	46	A3	297x420
47	47	A3	297x420
48	48	A3	297x420
49	49	A3	297x420
50	50	A3	297x420
51	51	A3	297x420
52	52	A3	297x420
53	53	A3	297x420
54	54	A3	297x420
55	55	A3	297x420
56	56	A3	297x420
57	57	A3	297x420
58	58	A3	297x420
59	59	A3	297x420
60	60	A3	297x420
61	61	A3	297x420
62	62	A3	297x420
63	63	A3	297x420
64	64	A3	297x420
65	65	A3	297x420
66	66	A3	297x420
67	67	A3	297x420
68	68	A3	297x420
69	69	A3	297x420
70	70	A3	297x420
71	71	A3	297x420
72	72	A3	297x420
73	73	A3	297x420
74	74	A3	297x420
75	75	A3	297x420
76	76	A3	297x420
77	77	A3	297x420
78	78	A3	297x420
79	79	A3	297x420
80	80	A3	297x420
81	81	A3	297x420
82	82	A3	297x420
83	83	A3	297x420
84	84	A3	297x420
85	85	A3	297x420
86	86	A3	297x420
87	87	A3	297x420
88	88	A3	297x420
89	89	A3	297x420
90	90	A3	297x420
91	91	A3	297x420
92	92	A3	297x420
93	93	A3	297x420
94	94	A3	297x420
95	95	A3	297x420
96	96	A3	297x420
97	97	A3	297x420
98	98	A3	297x420
99	99	A3	297x420
100	100	A3	297x420

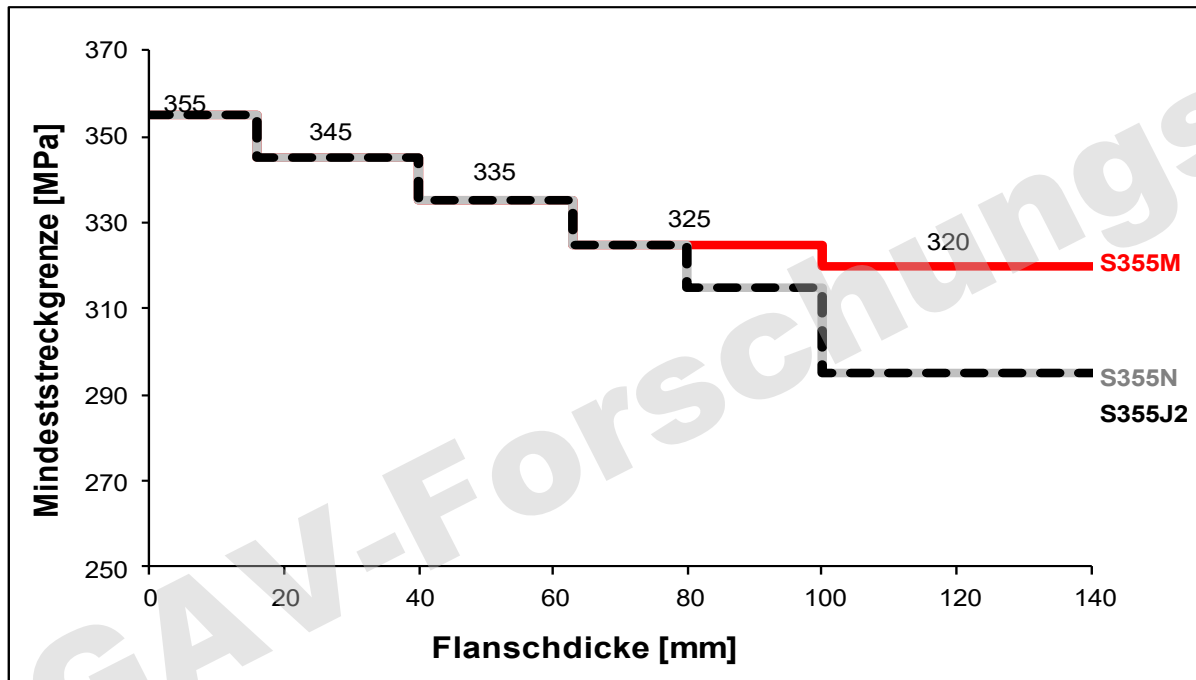


### Vergleich mechanischer Eigenschaften

- S355J2 (DIN EN 10025-2), S355N (DIN EN 10025-3) und S355M (DIN EN 10025-4)

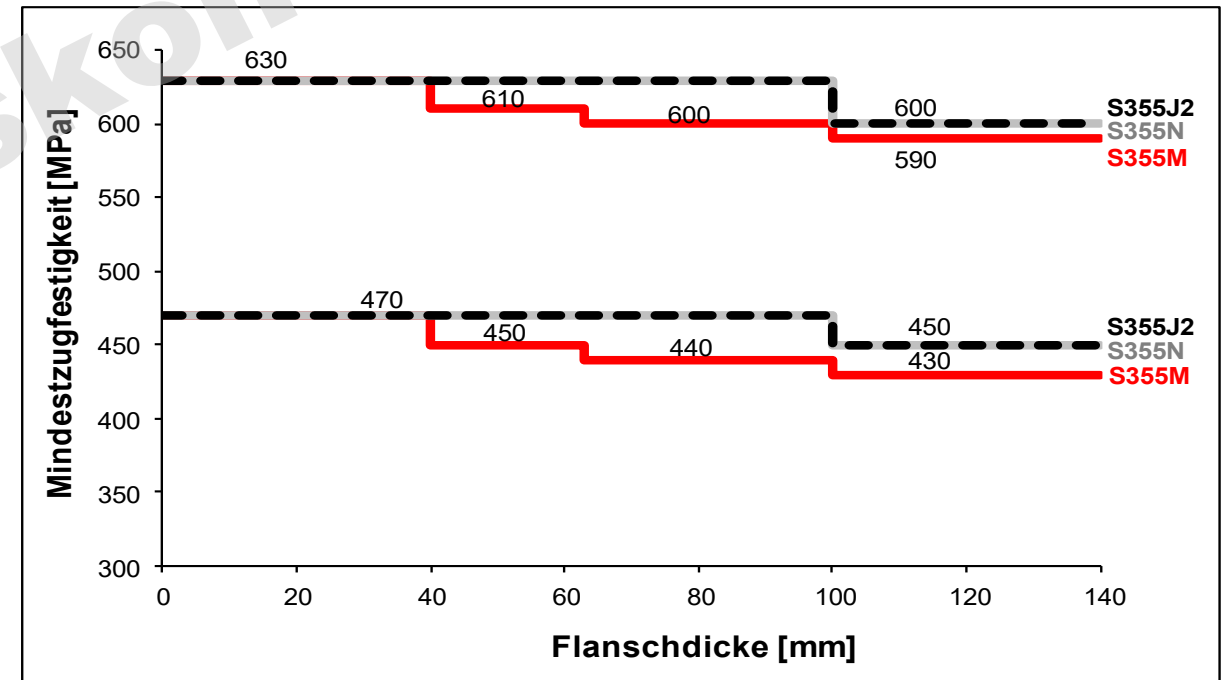
#### Streckgrenze

- S355M bietet höhere Streckgrenze für größere Materialdicken als S355N und S355J2
- Ähnliche Werte für S355N und S355J2



#### Zugfestigkeit

- S355N und S355J2+M haben identische Zugfestigkeit

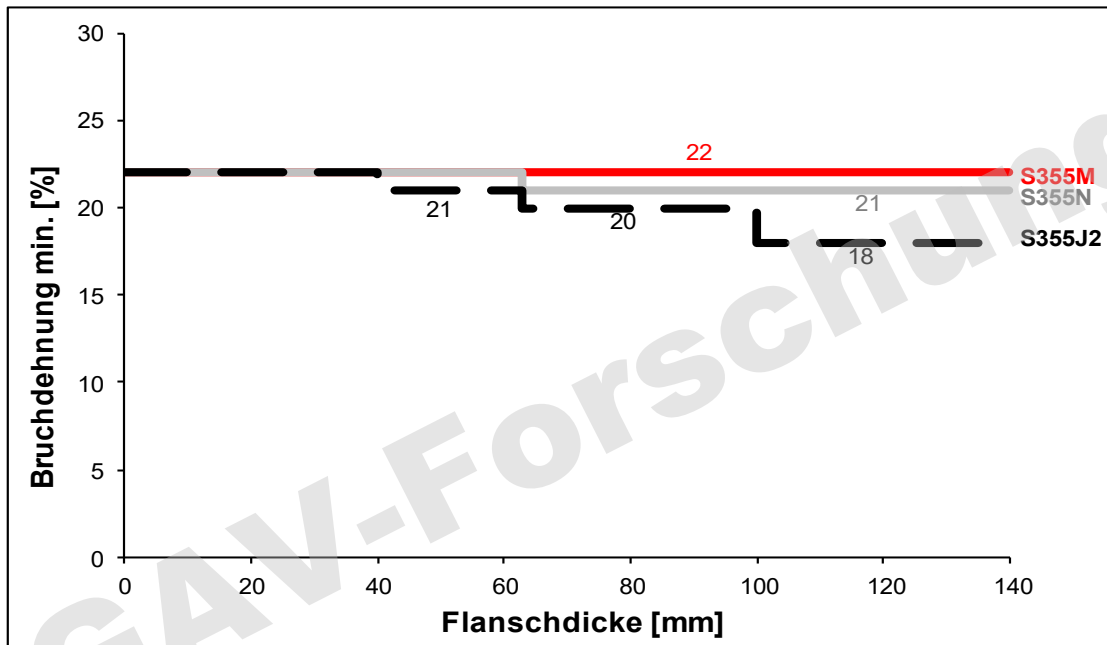


### Vergleich mechanischer Eigenschaften

- S355J2 (DIN EN 10025-2), S355N (DIN EN 10025-3) und S355M (DIN EN 10025-4)

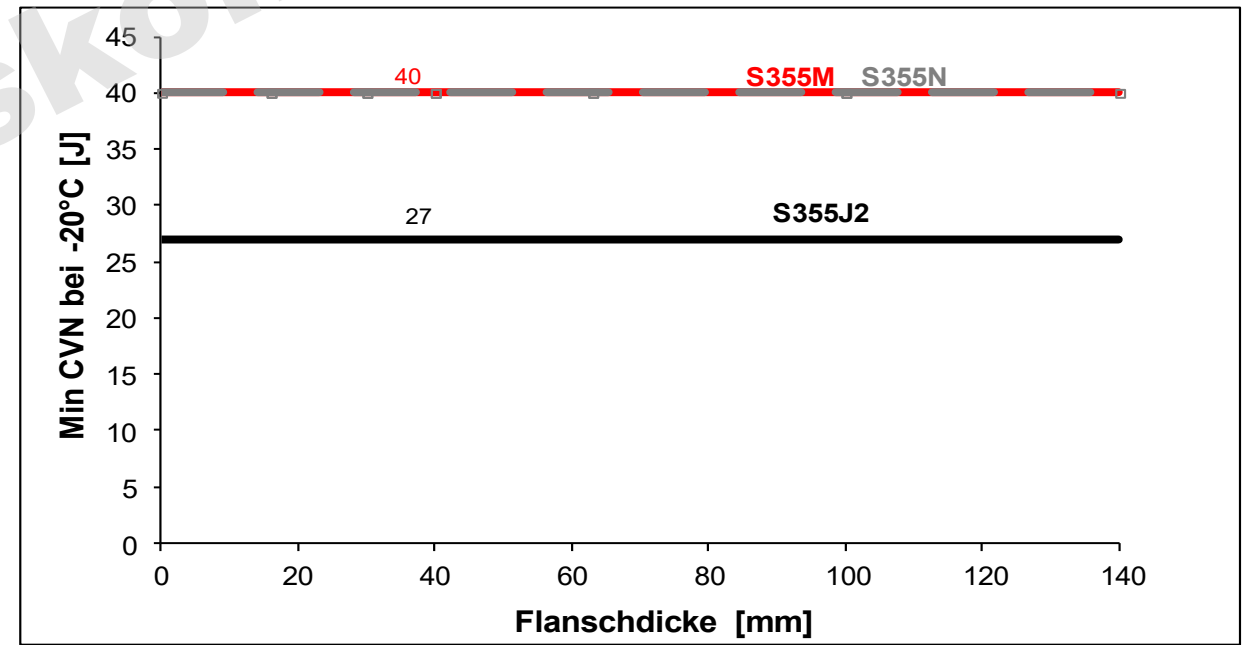
#### Bruchdehnung

- Für S355M höhere Bruchdehnung als bei S355N und S355J2



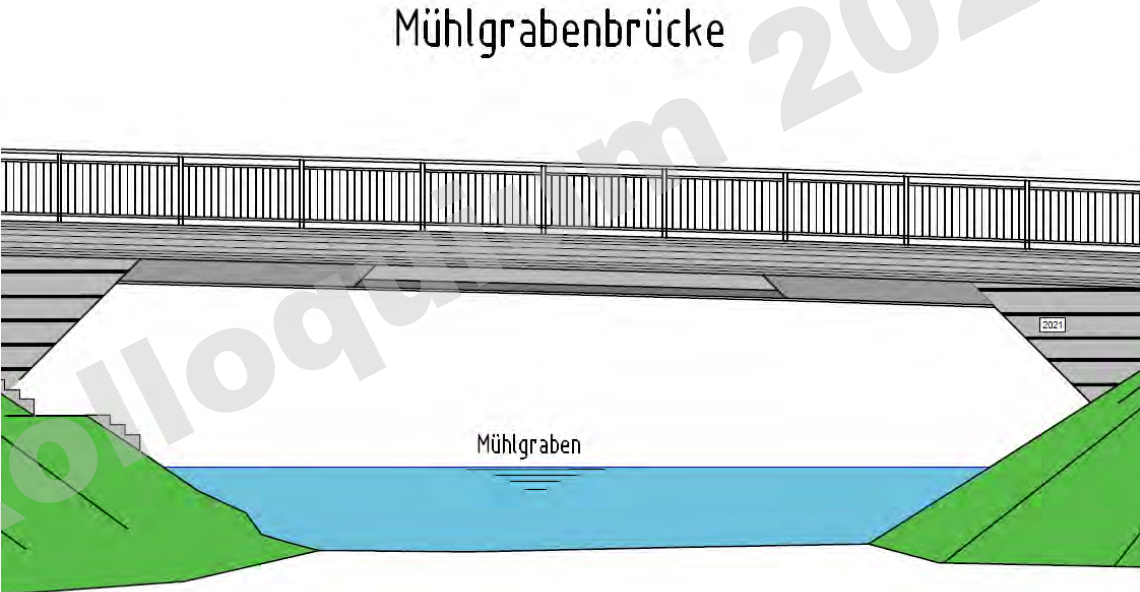
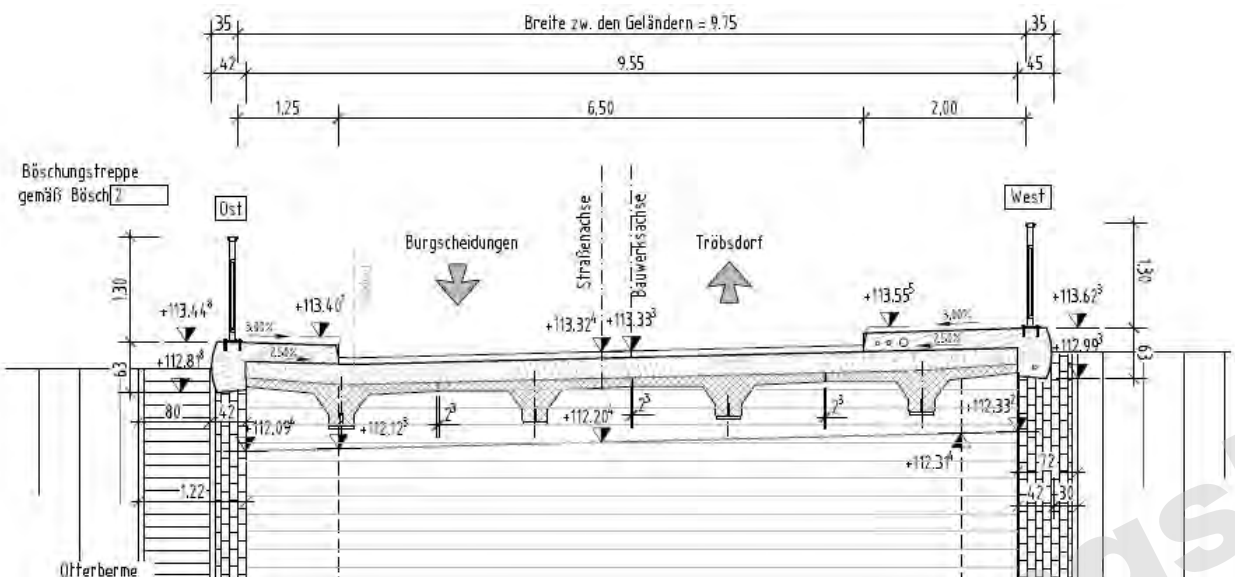
#### Kerbschlagarbeit

- Größere Kerbschlagarbeit bei S355M und S355N als bei S355J2
- S355M und S355N sind Feinkornbaustähle

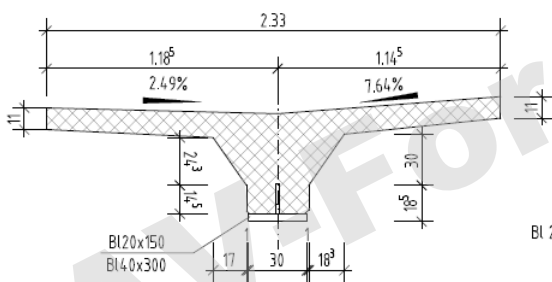


# Mühlgrabenbrücke

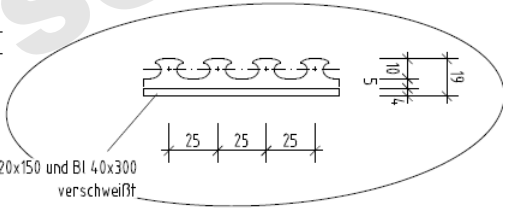
## Schnitte und Ansicht



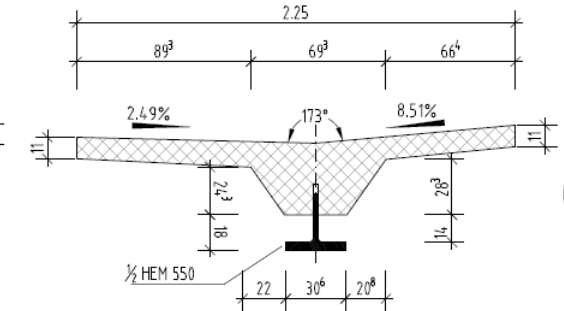
Fertigteilträger 4



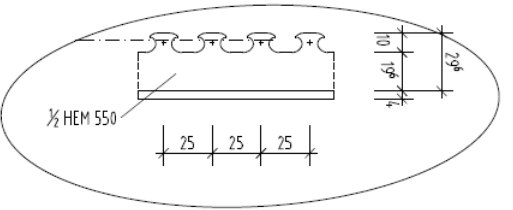
Stahlträger Widerlagerachse



Fertigteilträger 4



Stahlträger Bauwerksmitte

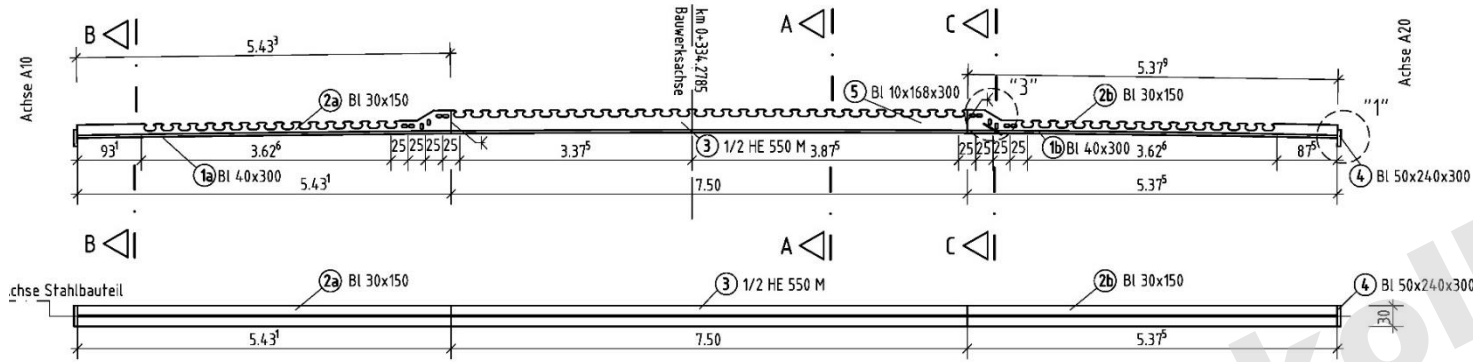


# Mühlgrabenbrücke

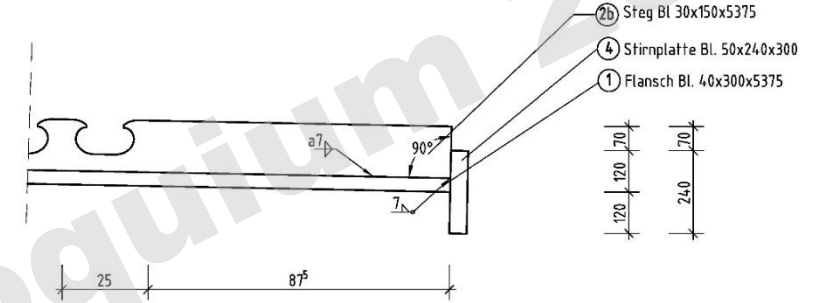
## Details der Stahlbaupläne

### Längsschnitt / M. 1:50

Träger nicht in Endlage

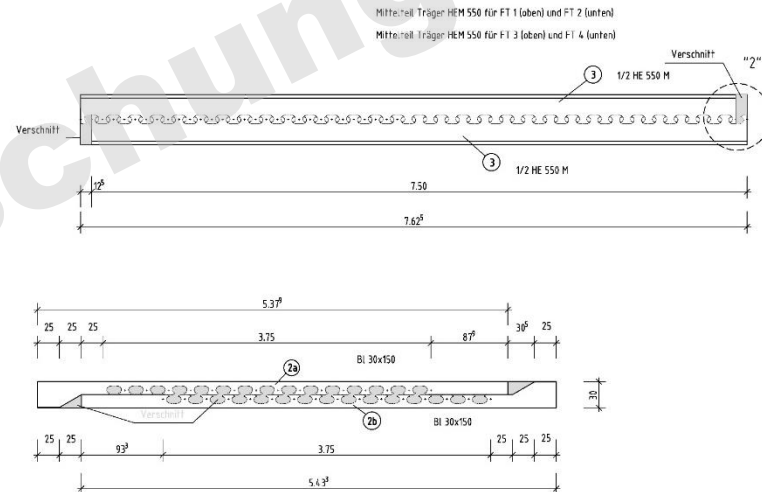
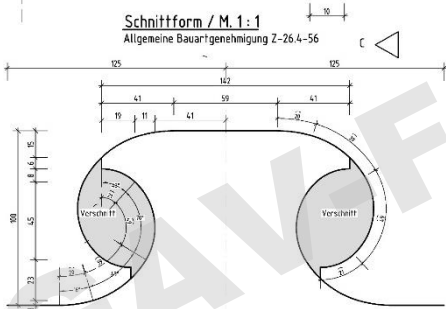
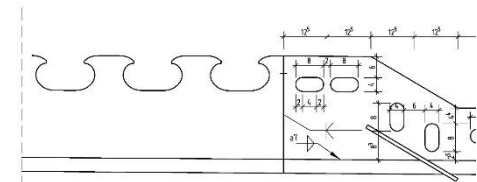


### Detail "1" / M. 1:10

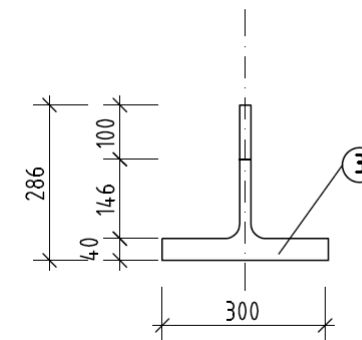


### Trägertrennschnitt / M. 1:50

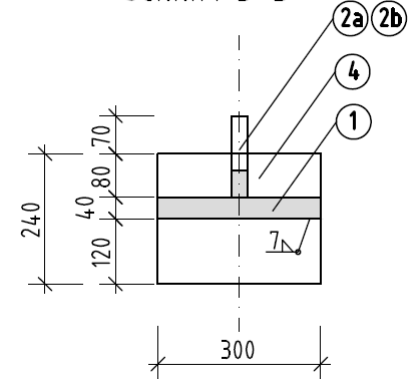
Herstellung FT 1 und 2 sowie FT 3 und 4



### Schnitt A-A



### Schnitt B-B



# Mühlgrabenbrücke

## Träger nach dem Feuerverzinken



Fotos: Coatinc

# Mühlgrabenbrücke

## Träger nach der ergänzenden 2-lagigen Beschichtung (Duplex-System)



Fotos: Coatinc / Glass Bau



# Mühlgrabenbrücke

Einhub: 19.03.2021



Fotos: Glass Bau

# Mühlgrabenbrücke



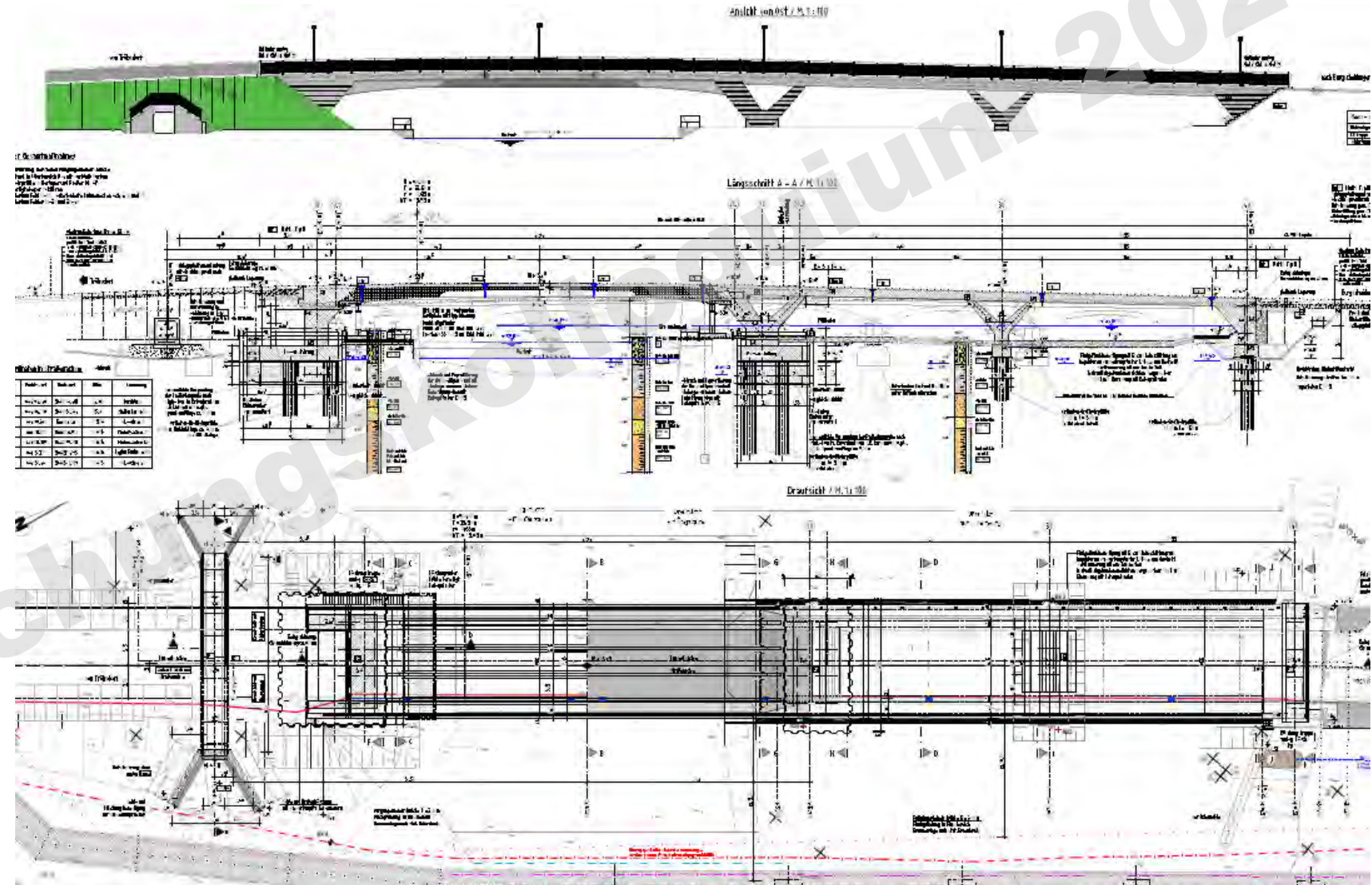
**Projektbeispiel**  
**Unstrutbrücke**

GAV-Forschungskolloquium 2023

# Unstrutbrücke

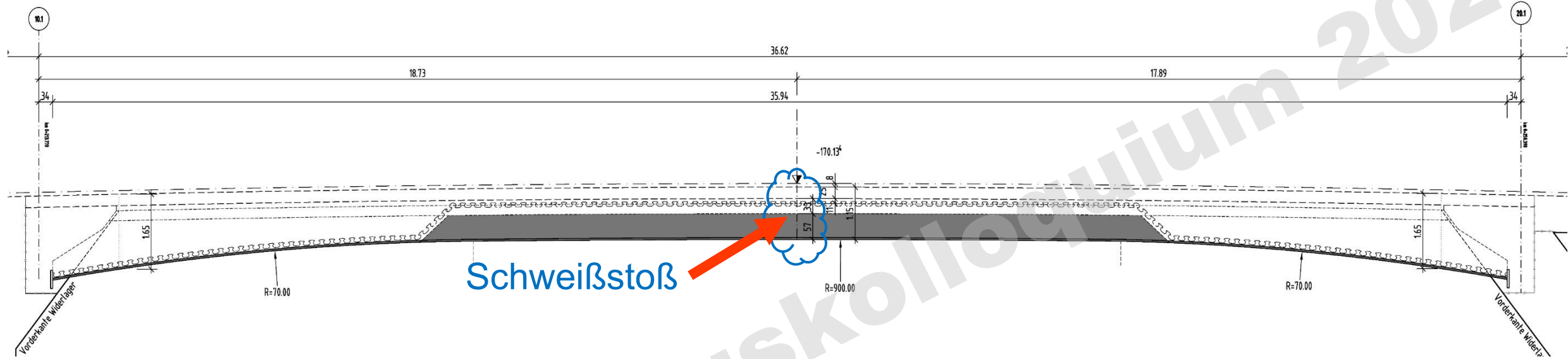
## Projektdate

- Profile HL920x656, S460M
- Feuerverzinkung mit anschließender Beschichtung (2 Schichten)
- Zink-Schichtdicke:  $\varnothing$  350-400 $\mu$ m
- Schweißstoß in der Mitte
- Planung: ssf
- GU: Glass-Bau
- Stahlbau: ArcelorMittal Steligence SBN (Schweißstoß)
- Korrosionsschutz: Coatinc, Kreuztal Korrotrend, Halle

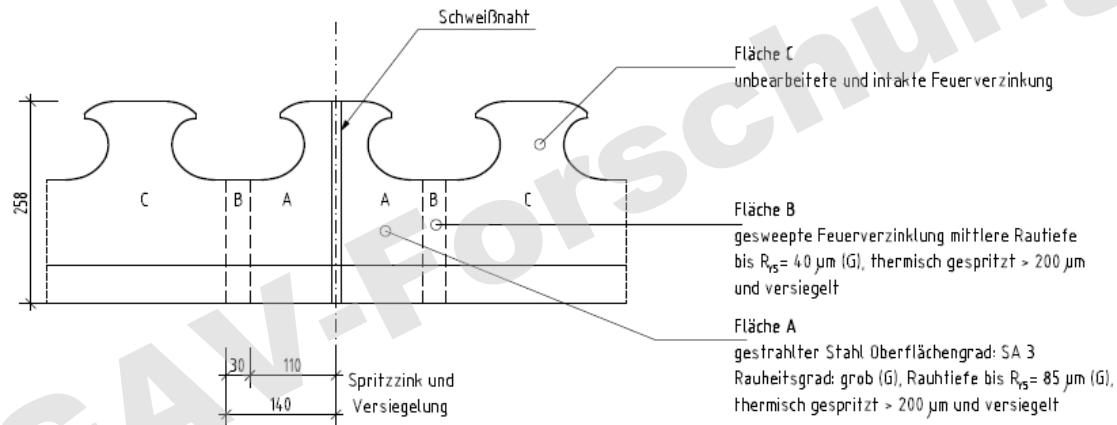


# Unstrutbrücke

## Schnitt und Korrosionsschutzplan



### Detail Baustellenschweißstoß / M. 1 : 5



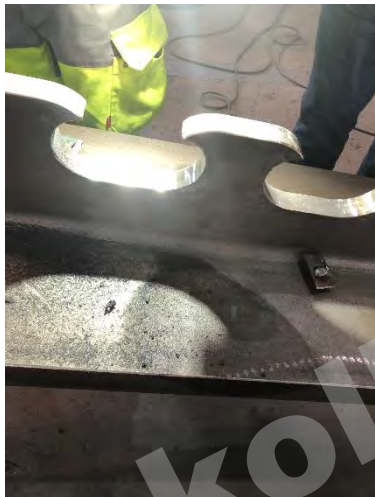
### Korrosionsschutz nach ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3

Korrosionsschutz-Position	Bauteil	Bauteil-Nummer	Korrosionsschutzsystem	Schichtaufbau	Ort der Beschichtung	Soilschichtdicke $\mu\text{m}$	Oberflächen-vorbereitung	Stoffe nach TL/TP-KOR-Stahlbauten Anhang E	Stoff-Nr.:	Farbton
1	Geländer	3.1.c	KSS Nr. 1	Feuerverzinkung	W	80	Be	87	687.72	RAL 7016, anthrazitgrau
				1 ZB EP 1 DB PUR	W/B					80
2	Hauptträger	—	—	Feuerverzinkung	W	200	SA 2 1/2	87	687.72	RAL 7016, anthrazitgrau
				1 ZB EP 1 DB PUR	W	80				87

LEGENDE: W = Beschichtung im Werk, B = Beschichtung Baustelle

# Unstrutbrücke

## Stahlbaufertigung mit Probemontage des Schweißstoßes

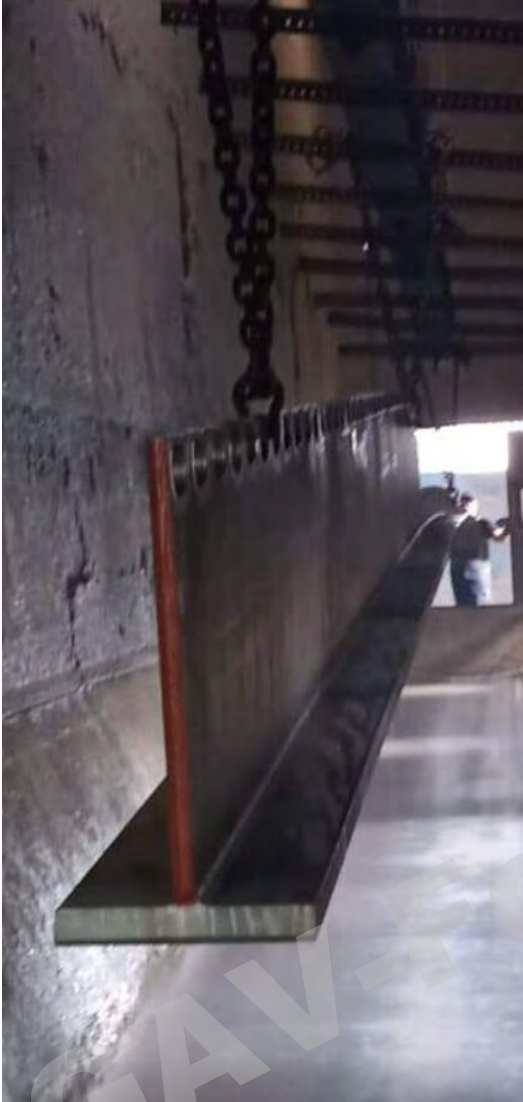


# Unstrutbrücke

## Träger nach der Stahlbaufertigung



# Unstrutbrücke Feuerverzinkung



Fotos: Coatinc



# Unstrutbrücke

## Trägerhälften nach der 2-lagigen Beschichtung (Duplex-System) im Fertigteilwerk



# Unstrutbrücke

Trägerhälften vormontiert zum Verschweißen im Fertigteilwerk



# Unstrutbrücke

Trägerhälften vormontiert zum Verschweißen im Fertigteilwerk



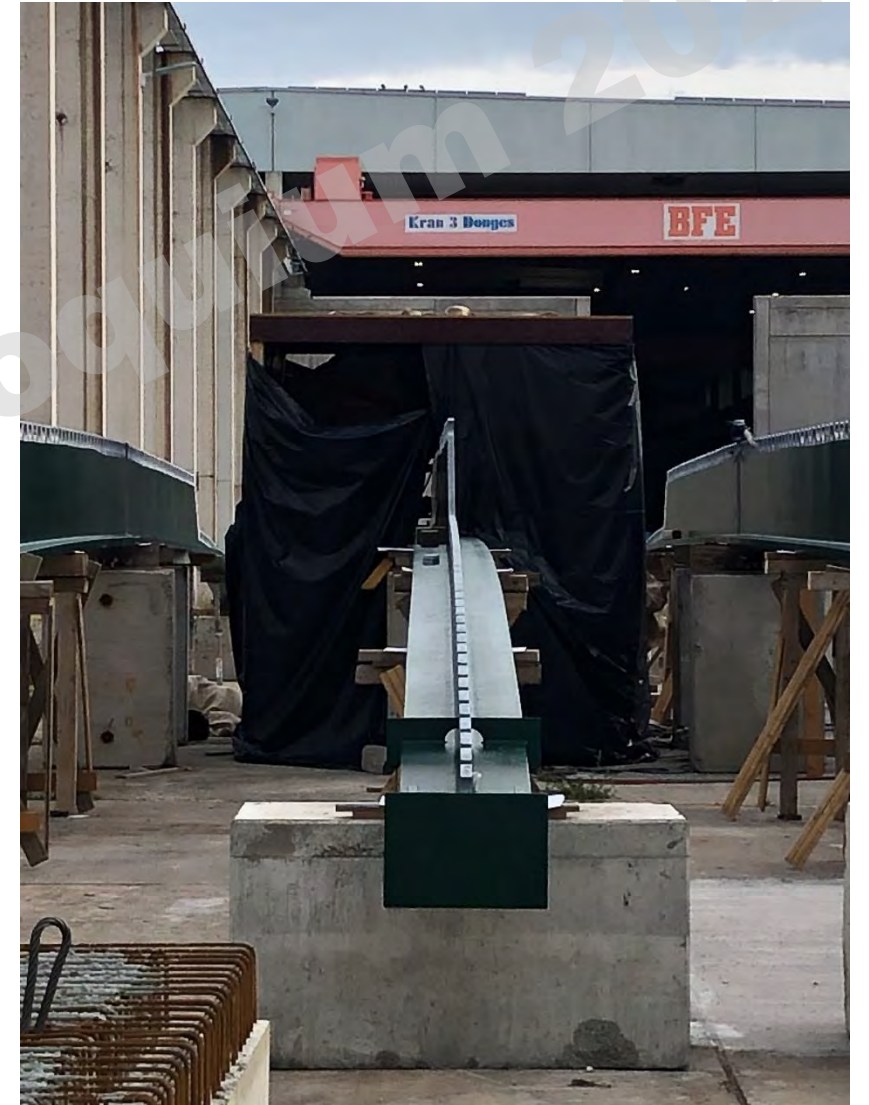
# Unstrutbrücke

## Trägerhälften vormontiert zum Verschweißen im Fertigteilwerk



# Unstrutbrücke

## Träger nach dem Schweißen mit Zwischenbeschichtung am Stoß



# Unstrutbrücke

## Einheben der VFT-WIB® Träger



Fotos: Glass Bau

# Unstrutbrücke

## Einheben der VFT-WIB® Träger



Fotos: Glass Bau







**Projektbeispiel**

**Hamburg**

**ENB BW 535 / Bergedorfer Str. / AKN**

GAV-Forschungskolloquium 2023

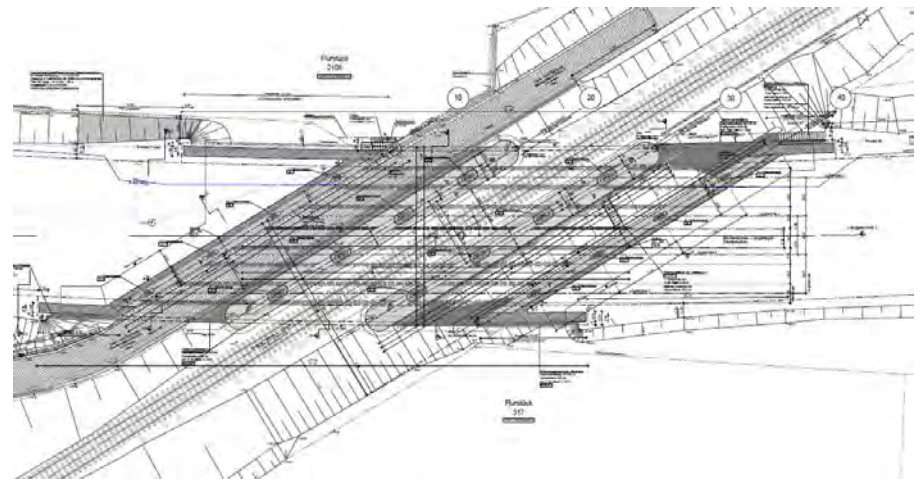
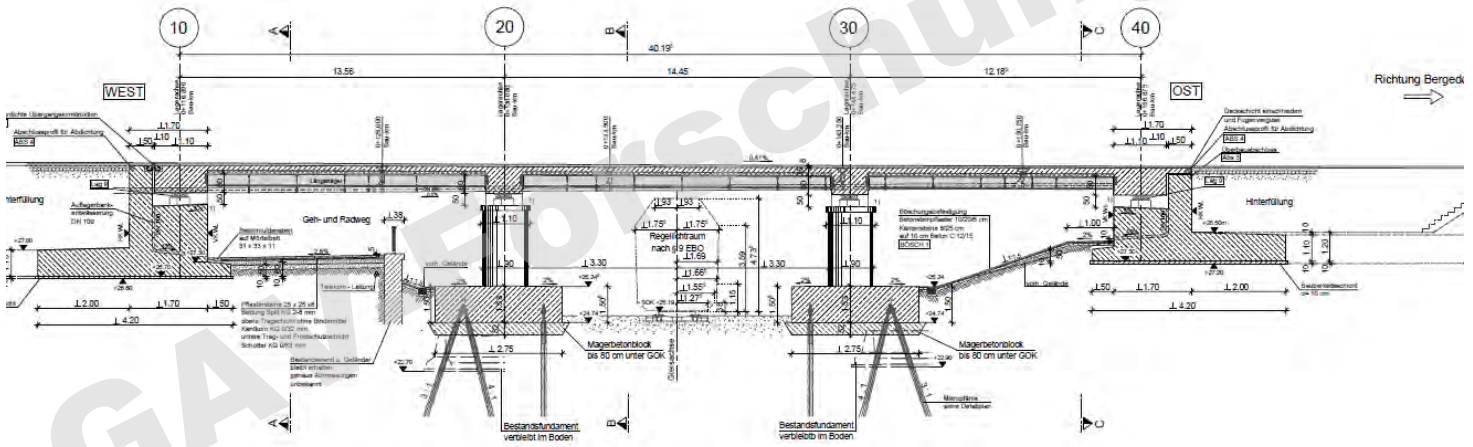
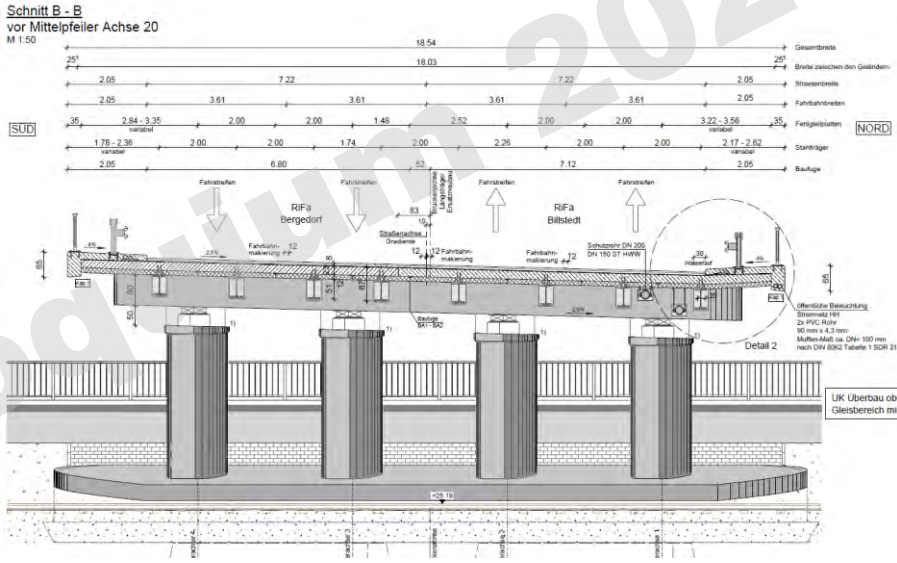
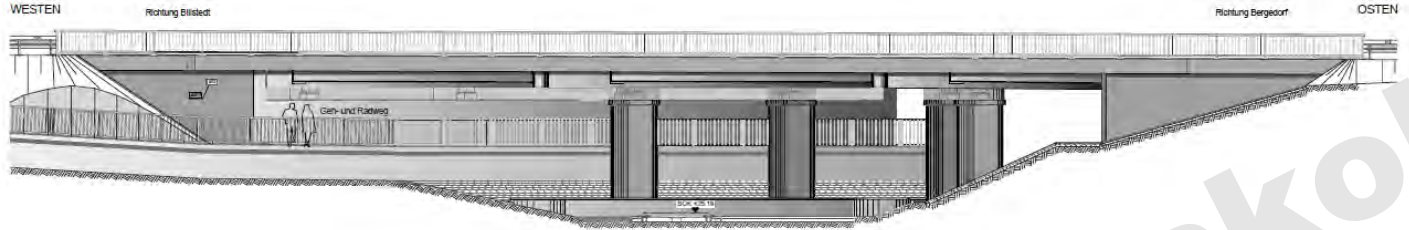


- Bauherr: LSBG Hamburg (Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer)
- Ersatzneubau BW 535 – Bergedorfer Str. über AKN (Privatbahn)
- Entwurf: G+S Planungsgesellschaft, Hamburg
- Bau: Bauunternehmung Gebr. Echterhoff, Hamburg
- Stahlbau: ArcelorMittal Steligence
- Verzinkung: Coatinc, Kreuztal
- 2 Teilbauwerke mit 35° Schiefwinkligkeit + leichte Krümmung

# Hamburg / Bergedorfer Str. / AKN Ansicht und Schnitte

- 3-Feld-Brücke
- Trägerlängen: 12,60m – 14,40m
- HE500M, S355M

Ansicht von Süden  
M 1:100

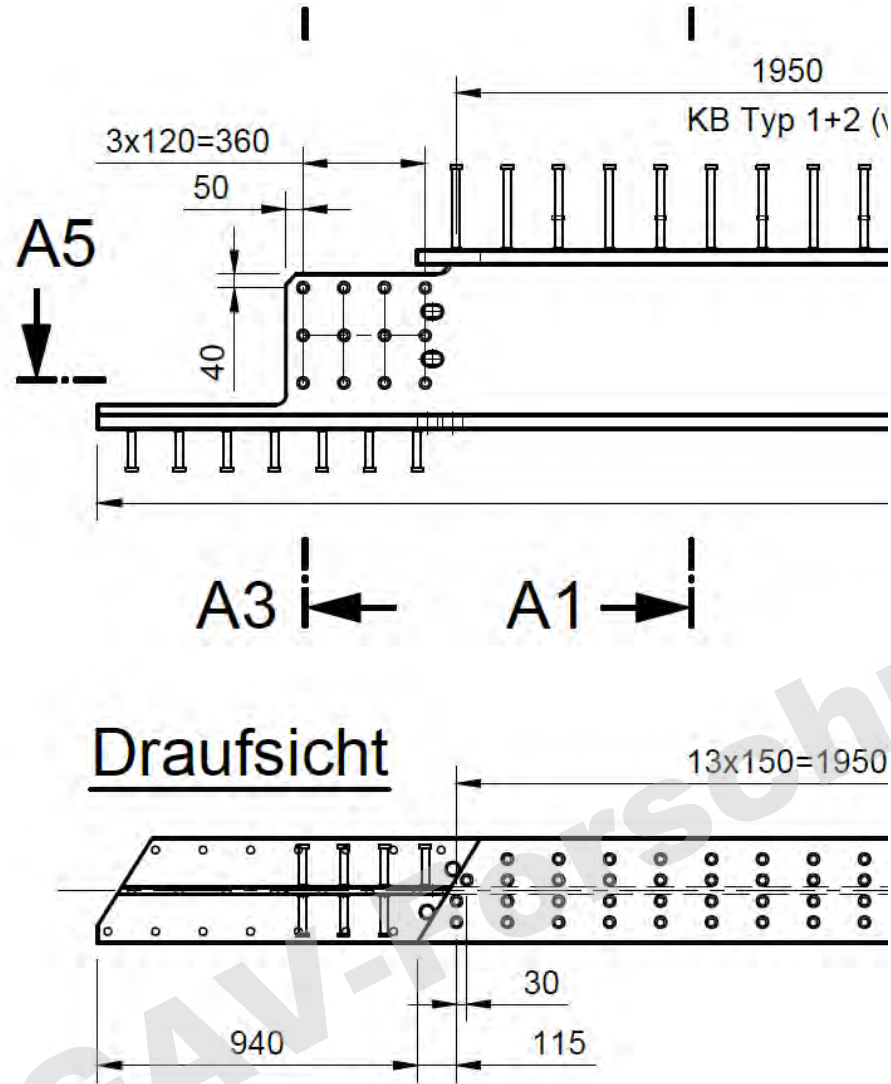


# Hamburg / Bergedorfer Str. / AKN Stahlbaufertigung



# Hamburg / Bergedorfer Str. / AKN

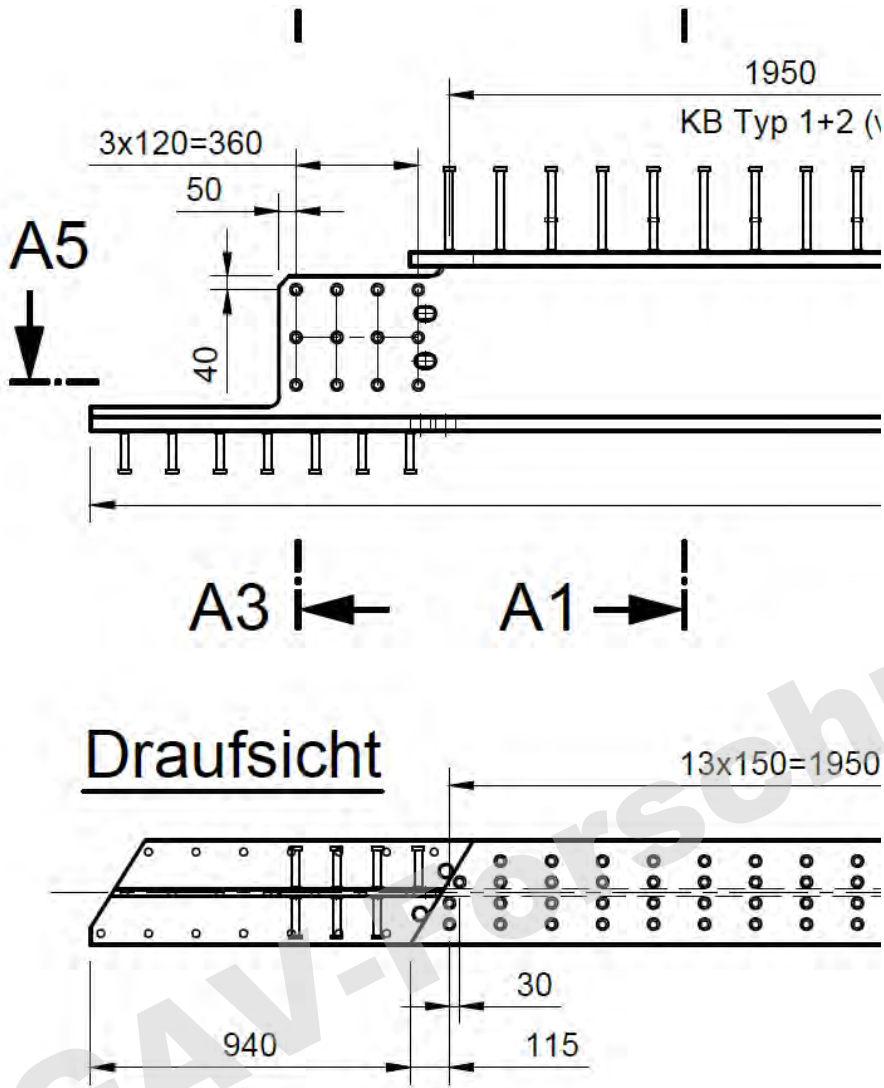
## Einordnung in Vertrauenszonen nach DASt-Ri 022



<b>Beschreibung der Konstruktion</b>		W-Profil:	HE 500 M	Pr-Höhe:	524 mm	
Max Materialdicke:	40 mm	Materialgüte:	S355M			
Pos der Lief-Bestell:	10 – 20 – 30	Ges. Stückzahl:	48			
Beschreib. des Bauteils:	Steg Ausklinkungen					
Bauteilskizze – Abmessungen:						
<b>Vertrauenszone 3</b>						
<b>Einstufung der Konstruktion:</b>	Konst-Klasse: (nach Tab 3)	<input type="checkbox"/> Ia	<input type="checkbox"/> Ib	<input type="checkbox"/> Ic	<input type="checkbox"/> II	<input checked="" type="checkbox"/> III
	Detail-Klasse: (nach Tab 4)	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input checked="" type="checkbox"/> C		
<b>Durchzuführende Prüfung</b> (nach Abs. 4,7):						
<b>Vertrauenszone:</b> (nach Abs. 4.2.2.(4))	<input type="checkbox"/> 1	100% Sichtkontrolle				
	<input type="checkbox"/> 2	100% Sichtkontrolle + stichprobenhafte Prüfungen mit dem MT-Verfahren nach Anl. 3 (nach Vereinbarung, mindestens aber ein Detail der maßgebenden Detailklasse pro Lieferlos)				
	<input checked="" type="checkbox"/> 3	100% Sichtkontrolle + systematische Überprüfung der Bauteile (nach Vereinbarung, min. aber ein Detail aller vorkommenden Detailtypen der Detailklasse C pro Lieferlos) mit dem MT-Verfahren nach Anl. 3.				
Detail und mindestprüfumfang für MT-Verfahren:						
Auf Übereinstimmung mit DASt-Richtlinie 022 geprüft:						
Datum:				Unterschrift:		



# Hamburg / Bergedorfer Str. / AKN Verzinktes Detail





# Hamburg / Bergedorfer Str. / AKN Feuerverzinkung der Träger



# Hamburg / Bergedorfer Str. / AKN Einheben der feuerverzinkten VFT-Träger



Fotos: Bauunternehmung Gebr. Echterhoff GmbH & Co. KG

ArcelorMittal

# Hamburg / Bergedorfer Str. / AKN

## 1. Teilüberbau im Betrieb



**Projektbeispiel**

**Leipzig**

**ENB Waldstraßenbrücke**

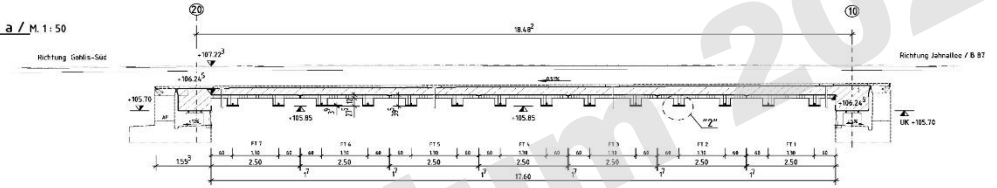
GAV-Forschungskolloquium 2023

# ENB Waldstraßenbrücke in Leipzig

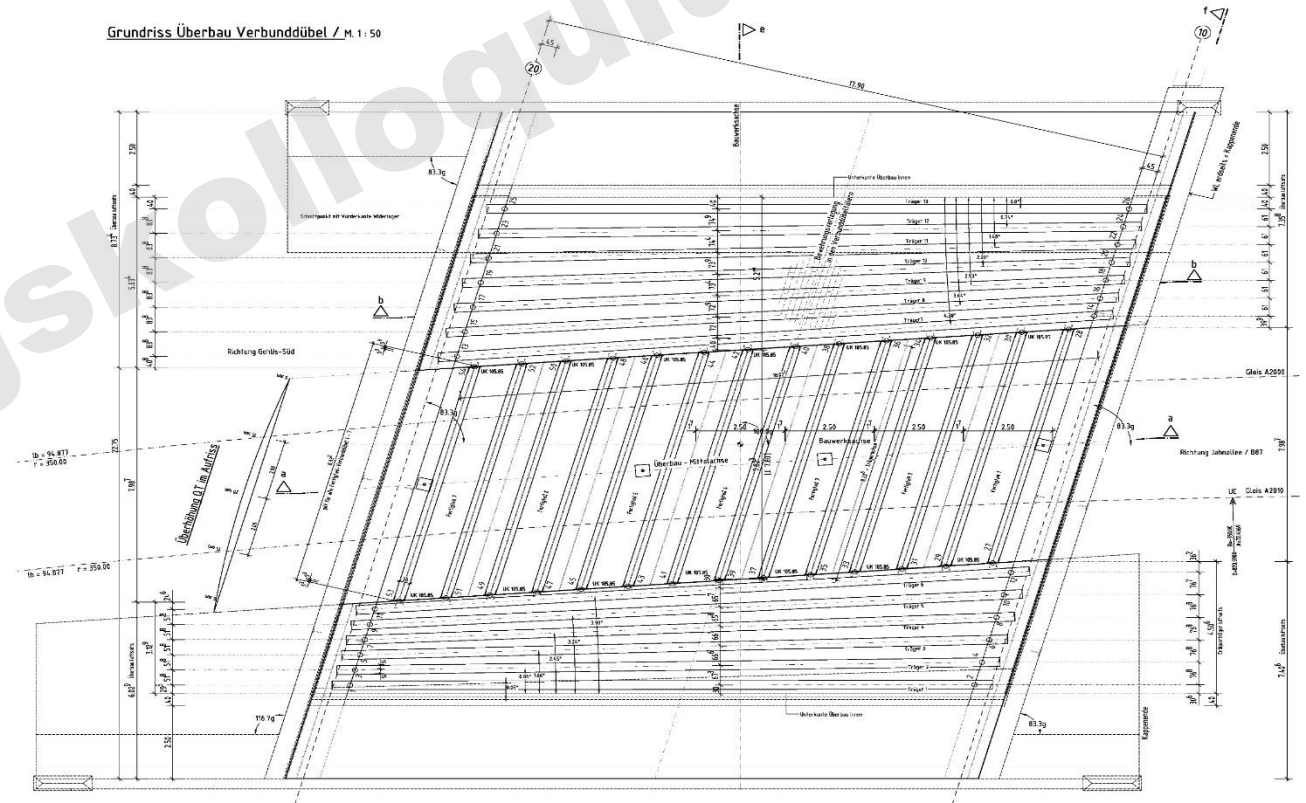
## Schnitt und Draufsicht

- Haupt- und Nebenträger: HE300M, S355J2+N im Doppelschnitt
- Länge: 8,50m - 18,75m
- Zink-Schichtdicke  $\varnothing \sim 350 \mu\text{m}$
- Planung: ssf
- GU: GP Verkehrswegebau GmbH
- Stahlbau: ArcelorMittal Steligenca
- Korrosionsschutz: Coatinc, Kreuztal  
Klein Lux, Dillingen

Längsschnitt a - a / M. 1:50

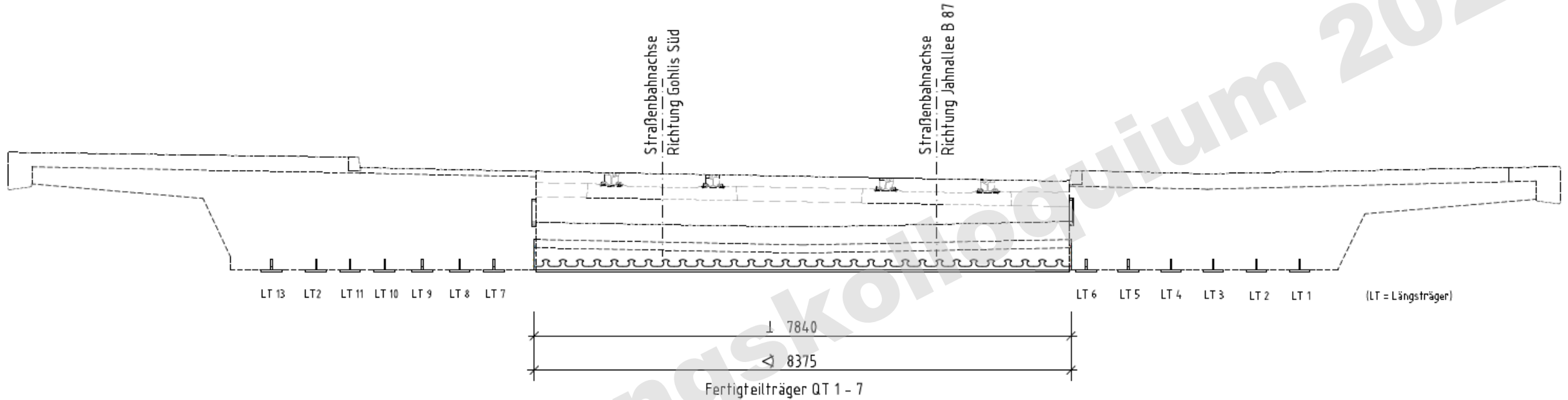


Grundriss Überbau Verbunddübel / M. 1:50



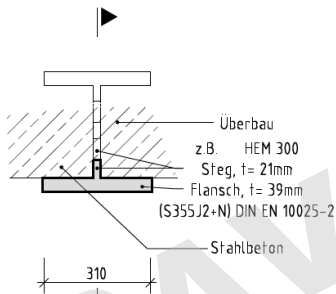
# ENB Waldstraßenbrücke in Leipzig

## Schnitt und Details

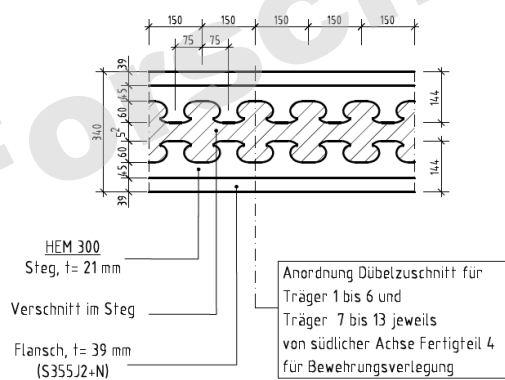


### Detail "1" / M. 1: 10

Verbundübelleiste Längsträger 1 bis 13  
allgemeine Bauartgenehmigung Z-26.4-56  
MCL 150x60 mm

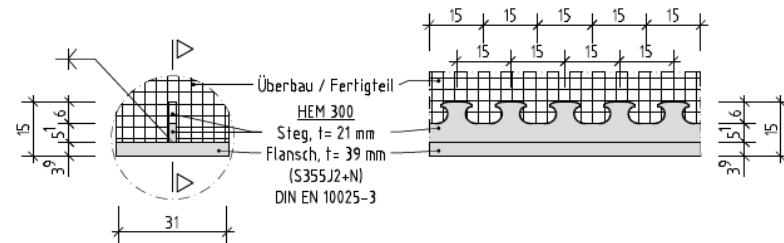


### Teilschnitt



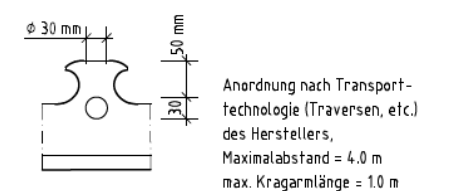
### Detail "2" Fertigteil-Verbundübelleiste im Querträger / M. 1: 10

Allgemeine Bauartgenehmigung Z-26.4-56  
MCL 150x60



### Detail "2" Trägersaufhängung / M. 1: 5

an Längs- und Querträger



# ENB Waldstraßenbrücke in Leipzig Querträger Stahlbaufertigung



# ENB Waldstraßenbrücke in Leipzig

## Längsträger, feuerverzinkt und beschichtet

2023





# ENB Waldstraßenbrücke in Leipzig

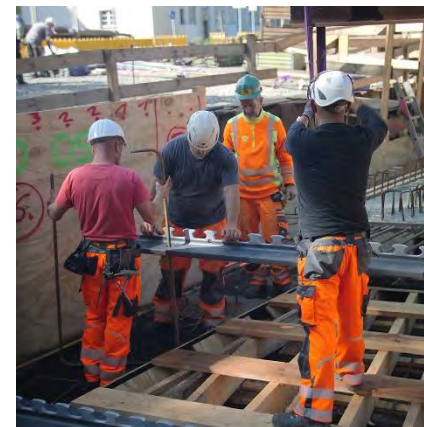
## Duplex-beschichtete Träger nach dem Transport

- Probleme: Transport- und Handling-Beschädigungen der dekorativen Beschichtung unvermeidbar
- Korrosionsschutz nicht beeinträchtigt, dennoch kostspielige Reparatur erforderlich



# ENB Waldstraßenbrücke in Leipzig

## Einheben der Duplex-beschichteten Verbunddübelleisten-Träger



Fotos: GP Verkehrswegebau GmbH

# Aktuelle Anwendungen von feuerverzinktem Stahl im Brückenbau

---

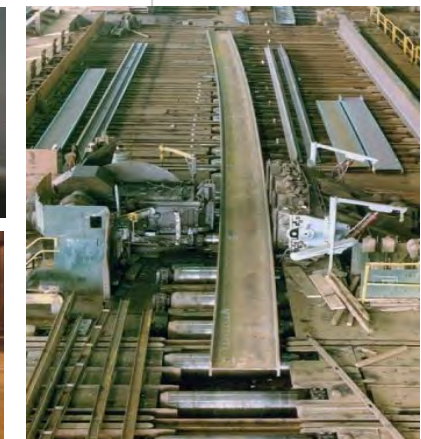
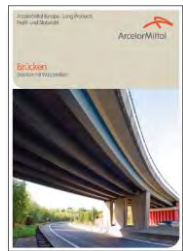
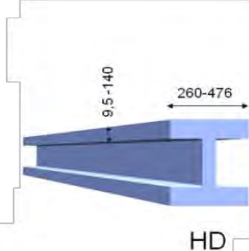
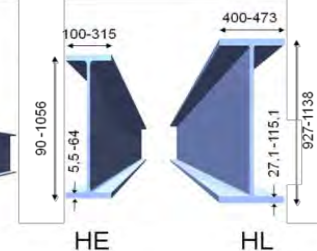
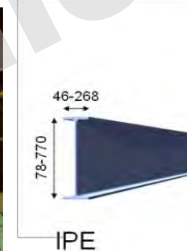
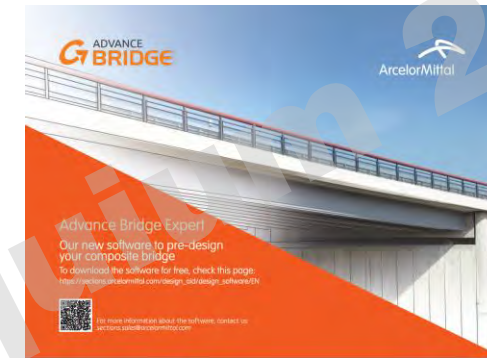
- 1 Nachhaltige Stahlproduktion
- 2 Brückenlösungen von ArcelorMittal Europe - Long Products
- 3 Walzprofile und Feuerverzinken
- 4 Beispiele feuerverzinkter Brücken
- 5 Technische Beratung und Anarbeitung
- 6 Zusammenfassung

GAV-Forschungskolloquium 2023

# Brückenkonzepte

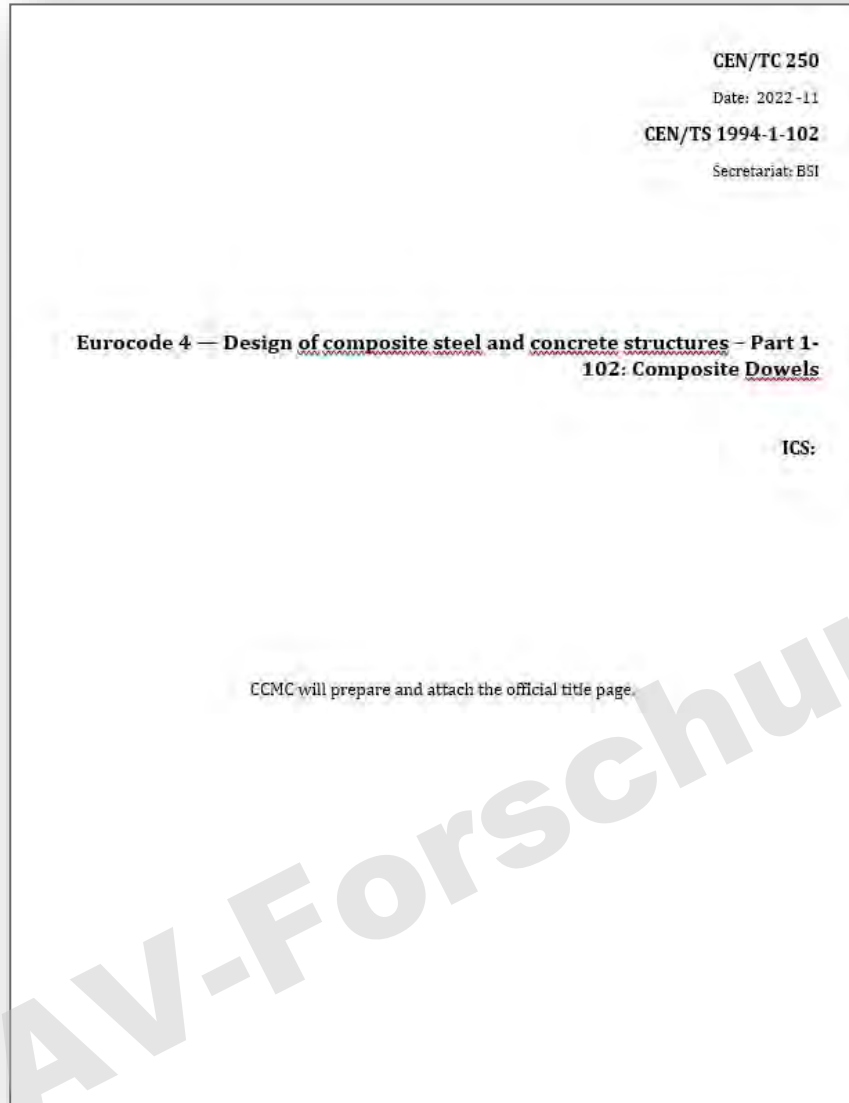
## Leistungen durch ArcelorMittal Europe – Long Products

- **Technische Beratung** und Unterstützung beim Entwurf
- Bereitstellung **typisierter Lösungen** auf Basis der eigenen **Vorbemessungs-Software** und für die Deutsche Bahn entwickelter **Tabellenwerke**
- **Vorbemessung als Service-Leistung**
- **Mitarbeit in Normungsgremien**
- **Herstellung Walzprofile**
  - Abmessungen/Güten nach: EN/BS/ASTM/GOST
  - Standardlängen ohne Stoß: bis ca. 40m
- **Anarbeitung (baustellenfertig)**
  - Sägen, Schneiden, Bohren, Schweißen, Überhöhen, Korrosionsschutz



# CEN/TS 1994-1-102 – Composite Dowels

## Normung der Verbunddübelleiste



base (global effects). It should include appropriate stress concentration factors. For a composite beam using composite dowels the stress range for the steel connectors should be calculated using equation (A.25).<sup>¶</sup>

$$\Delta\sigma = \left[ k_{f,L} \cdot \frac{\Delta V_{Ed} \cdot S_y}{I_y \cdot t_w} \right] + \left[ k_{f,G} \cdot \left( \frac{\Delta N_{Ed}}{A} + \frac{\Delta M_{y,Ed}}{I_y} \cdot z_d \right) \right]^{\square} \quad (\text{A.25})^{\square}$$

where<sup>¶</sup>

$\Delta V_{Ed}$  → load range of the vertical shear force of the composite member<sup>¶</sup>

$\Delta M_{y,Ed}$  → range of the bending moment of the composite member<sup>¶</sup>

$\Delta N_{Ed}$  → load range of the normal force of the composite member<sup>¶</sup>

$I_{e}$  → second moment of area of the effective composite section neglecting concrete in tension<sup>¶</sup>

$S_y$  → first moment of area of the effective composite section<sup>¶</sup>

$A$  → cross-sectional area of the effective composite section neglecting concrete in tension (see prEN 1994-1-1:7.4.2.2 and 7.4.2.3)<sup>¶</sup>

$z_d$  → distance from the base of the steel connector to the neutral axis of the composite section neglecting concrete in tension<sup>¶</sup>

$k_{f,L}$  → stress concentration factor for local effects (longitudinal shear)<sup>¶</sup>

$k_{f,L,PZ}$  = 8,6 for PZ geometry<sup>¶</sup>

$k_{f,L,MCL}$  = 7,3 for MCL geometry<sup>¶</sup>

$k_{f,G}$  → stress concentration factor for global effects<sup>¶</sup>

→  $k_{f,G,PZ}$  = 1,9 for PZ geometry<sup>¶</sup>

$k_{f,G,MCL}$  = 1,5 for MCL geometry<sup>¶</sup>

(6) For design checks detail categories in prEN 1993-1-9, Tab. 10.1 should be used. For hot-dip galvanized composite dowels detail category 125 for constructional details 4 or 5 apply. For not galvanized composite dowels detail categories 125 or 160 apply depending on the preparation of material surface in cut edges of the steel teeth.<sup>¶</sup>

(7) When weathering steel according EN 10025-5 is used, the detail of the cut edge according to Table 10.1 of prEN 1993-1-9 may be used for the edge of the dowel strip without considering reduction of the fatigue detail for exposed weathering steel as long as the edge is embedded in the concrete before excessive rusting occurs, or if the rust layer is adequately removed before concreting. Clause (6) also applies on weathering steel. These rules only apply if the weathering is protected against corrosion during the production and construction phase so that the surface requirements are maintained until the steel is covered by concrete.<sup>¶</sup>

# ACOBRI-Software

## ArcelorMittal Composite Bridges - Vorbemessung

The screenshot displays the ACOBRI software interface for bridge design. The main workspace shows a cross-section of a bridge with a total length of 8.000m, divided into three spans (Reihe 1, 2, 3) with widths of 1.000m, 2.000m, and 2.000m respectively. A 'Neue Berechnung' dialog box is open, allowing selection of bridge type and calculation standards. The 'System und Querschnitte' dialog box is also open, showing a list of beam types and a table for the position of longitudinal beams.

**Neue Berechnung Dialog:**

- Brückentyp:
  - Straßenbrücke
  - Eisenbahnbrücke
  - Fußgängerbrücke
- Berechnungsgrundlagen:
  - Eurocode EN
  - Vorgeschlagene Werte in EN
  - Französische NA
  - Deutsche NA
  - Italianische NA

**System und Querschnitte Dialog:**

Trägertyp: Teilvorgefertigter Verbundträger

Lage der Längsträger:

Nr.	Lage (m)
1	1.
2	3.
3	5.
4	7.

Felder:

Feld	Stützweite (m)
1	20.
2	20.

Querschnitt der Fahrbahnplatte:

- Gesamtbreite (m) = 8.
- Dicke (mm) = 300.
- Dicke vorgefert. Betonelement (mm) = 80.
- Voute (mm) = 0.

Project settings dialog (Projekt- / Benutzerangaben):

- Aufsteller: ArcelorMittal Europe - Long Products
- Projektname: [Empty]
- Projektnummer: [Empty]
- Bearbeiter: Dennis RADEMACHER
- Bemerkungen: [Empty]

Bottom status bar: 26.07.2019 | 17:57 | Einheiten : kN · m | Straßenbrücke | Eurocode (EN)



# NEU: AdvanceBridge Expert

- Kommerzielle Software mit eingeschränkter Funktion
- Kostenfrei für Anwender
- Neue Features
- Kostenlose Updates
- Vollversion zum reduzierten Preis

NEU  
seit 2021



# Aktuelle Anwendungen von feuerverzinktem Stahl im Brückenbau

---

- 1 Nachhaltige Stahlproduktion
  - 2 Brückenlösungen von ArcelorMittal Europe - Long Products
  - 3 Walzprofile und Feuerverzinken
  - 4 Beispiele feuerverzinkter Brücken
  - 5 Technische Beratung und Anarbeitung
  - 6 Zusammenfassung
- 
- 

GAV-Forschungskolloquium 2023



# Vorteile bei Verwendung von feuerverzinkten Walzprofilen von ArcelorMittal

---

- Die Feuerverzinkung bietet folgende Vorteile
    - Extrem **lange wartungsfreie Lebensdauer** (unter den derzeitigen atmosphärischen Bedingungen ist ein lebenslanger Korrosionsschutz möglich).
    - **Keine Beschädigungen** des Korrosionsschutzsystems durch Transport oder während der Montage bzw. kein Abblättern der Beschichtung
  - Besondere Vorteile, wenn **Walzprofile** verwendet werden:
    - Industriell gefertigtes, **standardisiertes Produkt hoher Qualität und Verfügbarkeit.**
    - Keine geschweißten Stumpfstoße vor der Verzinkung (Ermüdung, Optik)
    - **Einfache Konstruktionen** machen **Ermüdung** oft **nicht relevant**, daher führt Verzinken nur zu moderaten Anpassungen und selten zu Änderungen an den Querschnitten
    - **Keine Fehlstellen** der Zinkschicht an Kanten (kein Brennschnitt)
    - **Gleichmäßiges Aussehen der Oberflächen** über den gesamten Querschnitt
    - **Geringere Fertigungskosten**
- ➔ **Wirtschaftliche, robuste und dauerhafte Brücken für den Ausbau und störungsfreien Betrieb der Infrastruktur**

# Aktuelle Anwendungen von feuerverzinktem Stahl im Brückenbau

16. Oktober 2023  
GAV Forschungskolloquium, Hannover



## Kontakt:

Dr.-Ing. Dennis Rademacher  
Head of Production & Quality  
Tel.: +352 5313 3093  
dennis.rademacher@arcelormittal.com

