

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

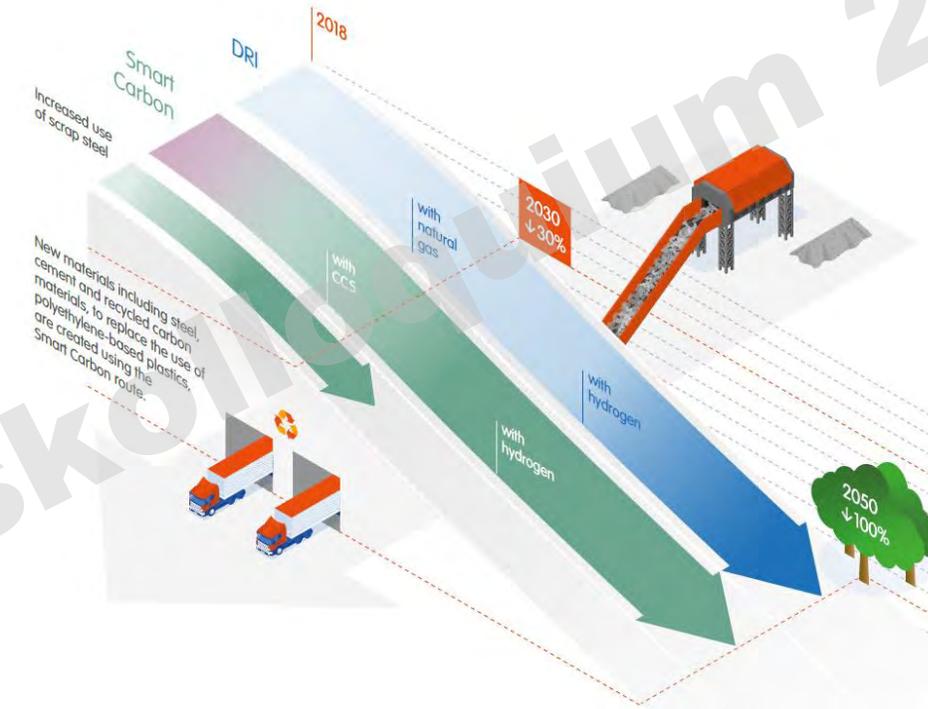
Strategien zur Verminderung der CO₂-Emissionen

1. Technologische Verbesserung der Stahlherstellung

2. Wiederverwendung vorhandener Produkte

3. Recycling mit stark verringerten Emissionen

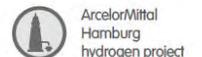
4. Stärkerer Einsatz höherfesten Stahls und innovativer Bauformen, dadurch Verringerung der erforderlichen Stahl-Menge



Smart Carbon includes:

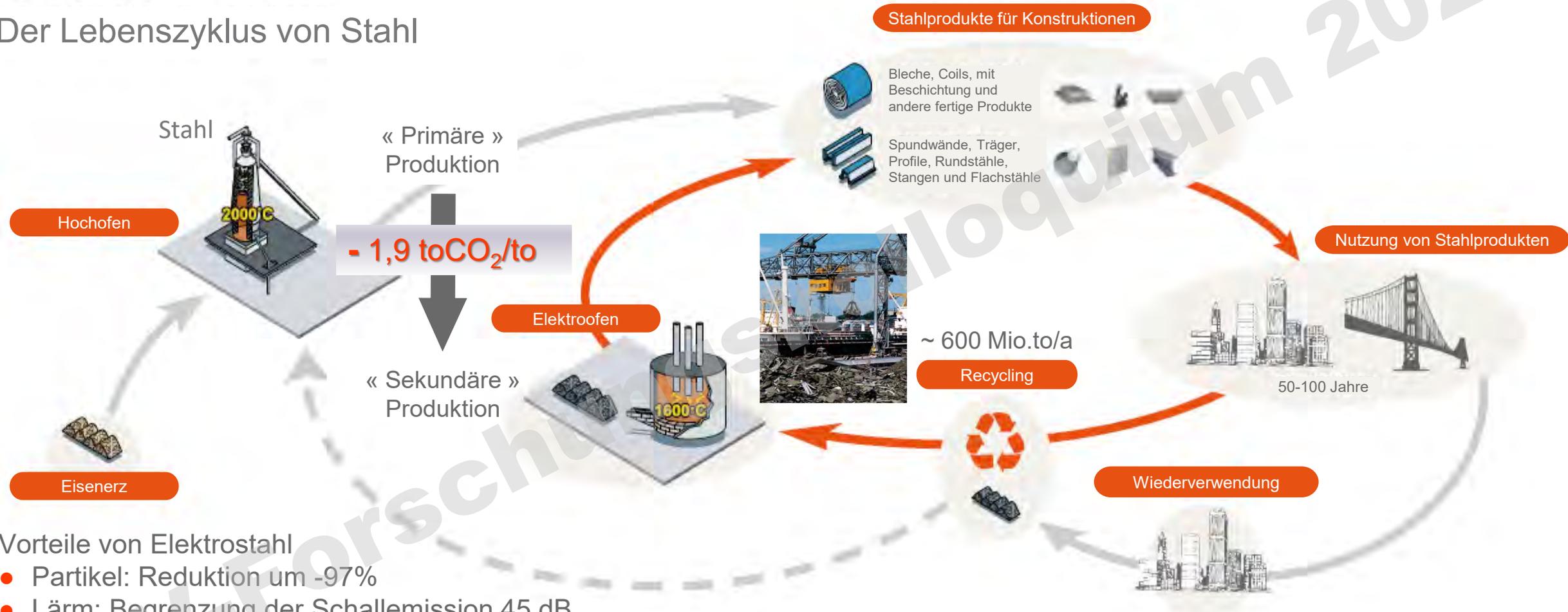


DRI includes:



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



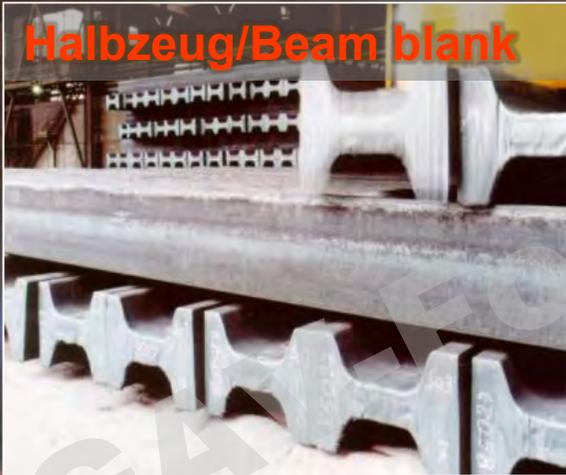
“Pfanne” v. Strangguß



Stranggußverfahren



Halbzeug/Beam blank



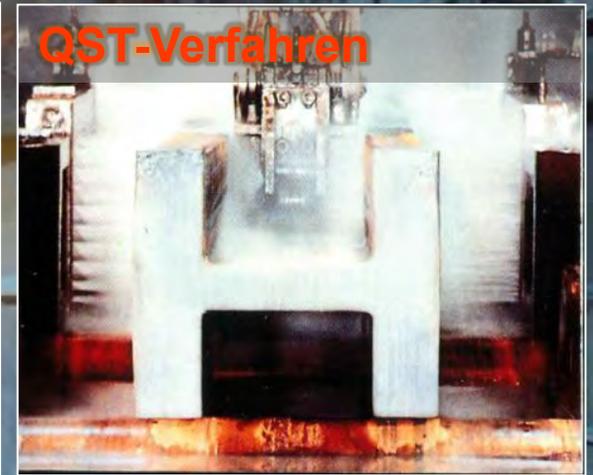
Walzwerk



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 CO₂-Ausstoß

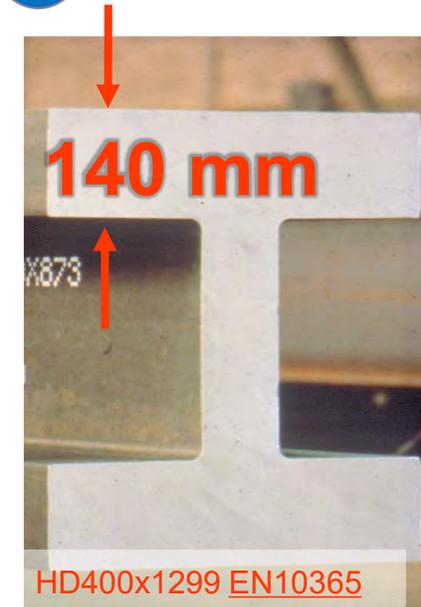


**IPE-Profile
gebunden zur Auslieferung**



**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 CO₂-Emissionen von nur etwa **0,3 Tonnen CO₂** pro Tonne Stahl (anstatt bis zu 2,3 to CO₂ / 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)

PRODUCT STAGE	CONSTRUCTION PROCESS STAGE							USE STAGE				END OF LIFE STAGE			BENEFITS AND LOADS BEYOND THE SYSTEM BOUNDARIES		
	Raw material supply	Transport	Manufacturing	Transport from the gate to the site	Assembly	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	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	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 ₂ -Eq]	3.33E+2	1.60E+0	1.43E-1	2.14E+2
Depletion potential of the stratospheric ozone layer	[kg CFC11-Eq]	4.94E-11	4.86E-14	7.83E-16	4.74E-12
Acidification potential of land and water	[kg SO ₂ -Eq]	7.45E-1	2.30E-3	8.57E-4	3.22E-1
Eutrophication potential	[kg (PO ₄)-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	2.7E-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 ³]	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 CO₂/tonne

Modules A1-A3 (Produktion): 333 kg CO₂/t

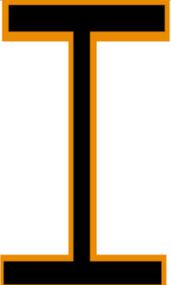
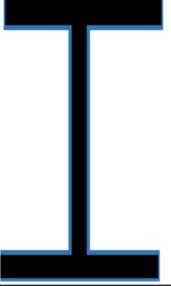
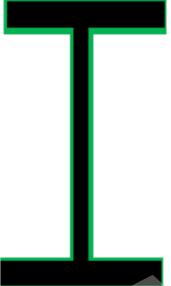
Module C3 (Abfallbehandlung): 1,6 kg CO₂/t

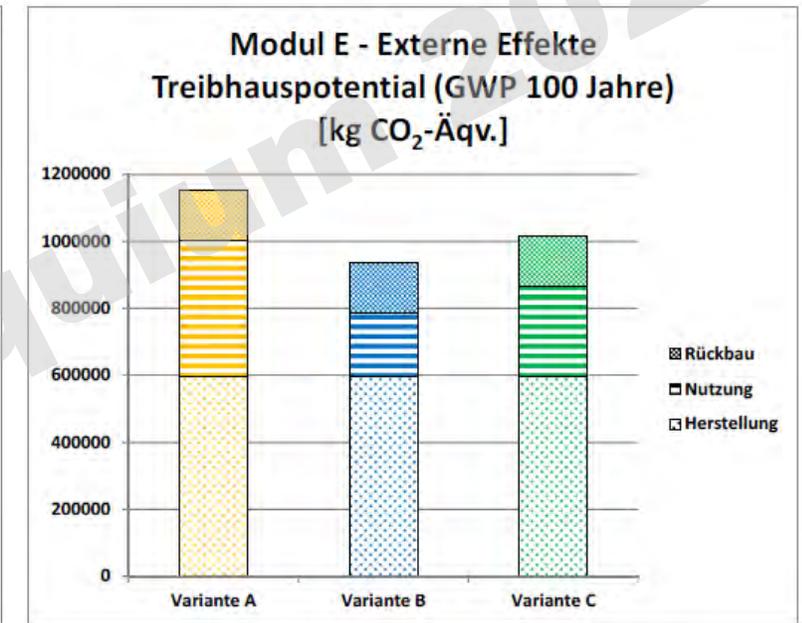
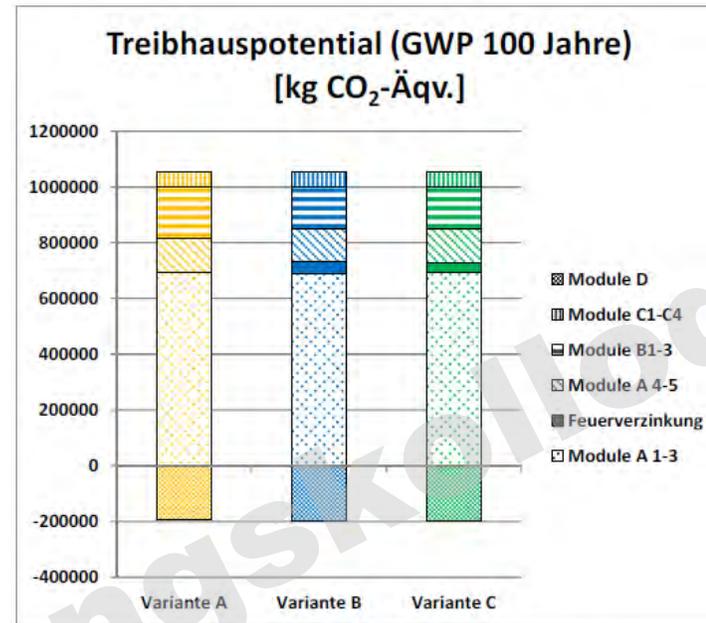
Module C4 (Beseitigung): 0,1 kg CO₂/t

Module D (Wiederverwendung/Recycling): 214 kg CO₂/t

Geringste CO₂-Emissionen für den Brückenbau

XCarb™ recycelt und erneuerbar hergestellter Stahl mit anschließender Feuerverzinkung

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



- CO₂-Äquivalent für das Bauwerk bei allen drei Varianten nahezu gleich (~5% besser bei Variante B)
- Deutliche Vorteile der Variante B beim CO₂-Äquivalent der externen Effekte.
- Kombination XCarb Walzprofil aus Elektrostahlroute mit anschließender Feuerverzinkung ist die derzeitige CO₂-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

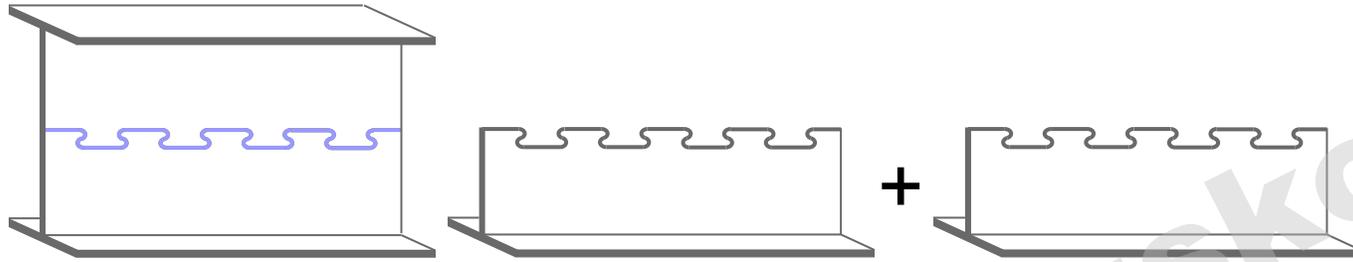
Autobahnbrücke A1 über ICE-Strecke – Hagen-Hengstey (D)



PreCoBeam (PREcast COmposite BEAM)

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

Herstellung:

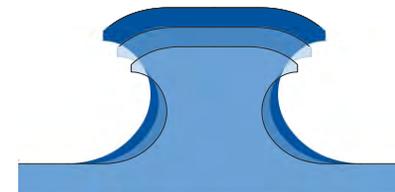


Bewehrte Betonplatte

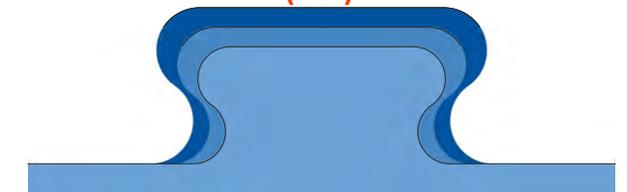
Aus Walzprofil
geschnittenes
T-Profil mit
Dübelleiste



Klothoidenform (MCL)



Puzzleform (PZ)



Aktuelle Anwendungen von feuerverzinktem Stahl im Brückenbau

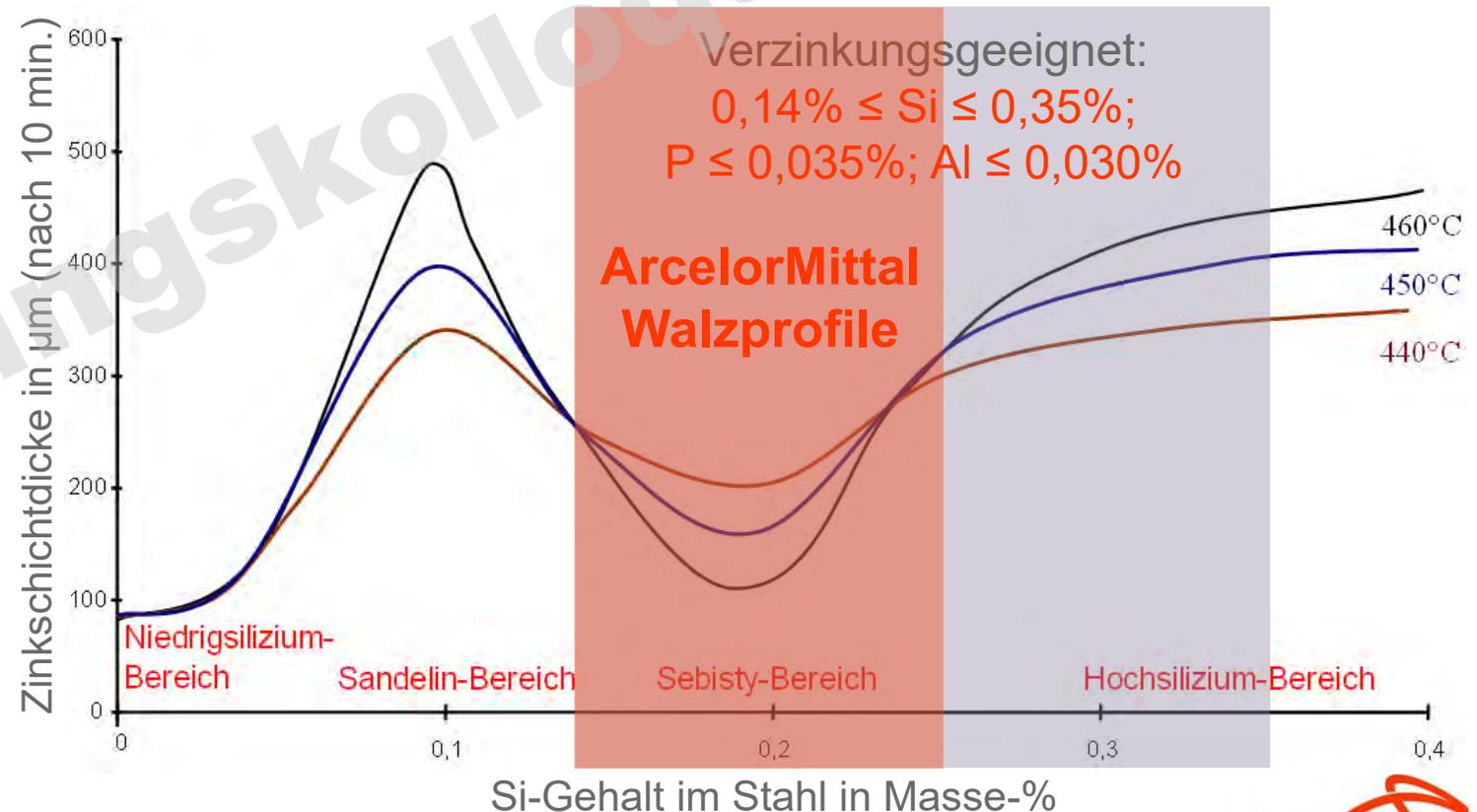
- 1 Nachhaltige Stahlproduktion
- 2 Brückenlösungen von ArcelorMittal Europe - Long Products
- 3 **Walzprofile und Feuerverzinken**
- 4 Beispiele feuerverzinkter Brücken
- 5 Technische Beratung und Anarbeitung
- 6 Zusammenfassung

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

 ArcelorMittal <small>Beam Finishing Centre – site de Differdange</small>	Informationsblatt	IP 005
		Erstellt : 28-07-2017
Arbeitsstandard <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.

 ArcelorMittal <small>Beam Finishing Centre – site de Differdange</small>	Informationsblatt	IP 005
		Erstellt : 28-07-2017
Arbeitsstandard <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:



 ArcelorMittal <small>Beam Finishing Centre – site de Differdange</small>	Informationsblatt	IP 005
		Erstellt : 28-07-2017
Arbeitsstandard <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

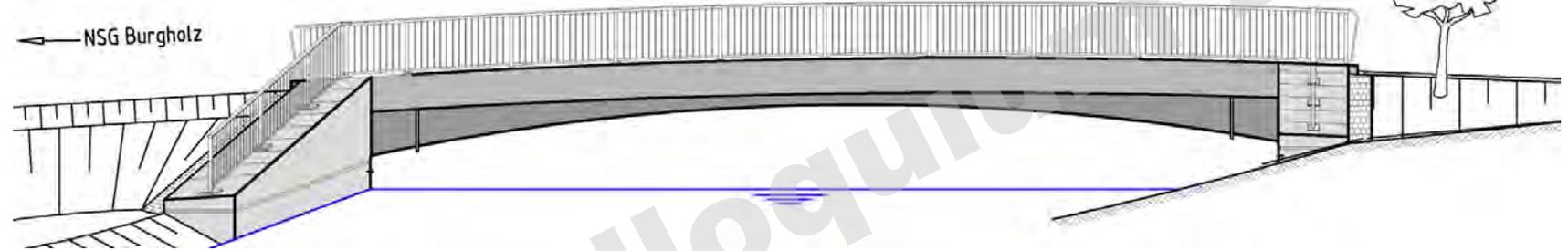
GAV-Forschungskolloquium 2023

Erste feuerverzinkte PreCoBeam-Brücke

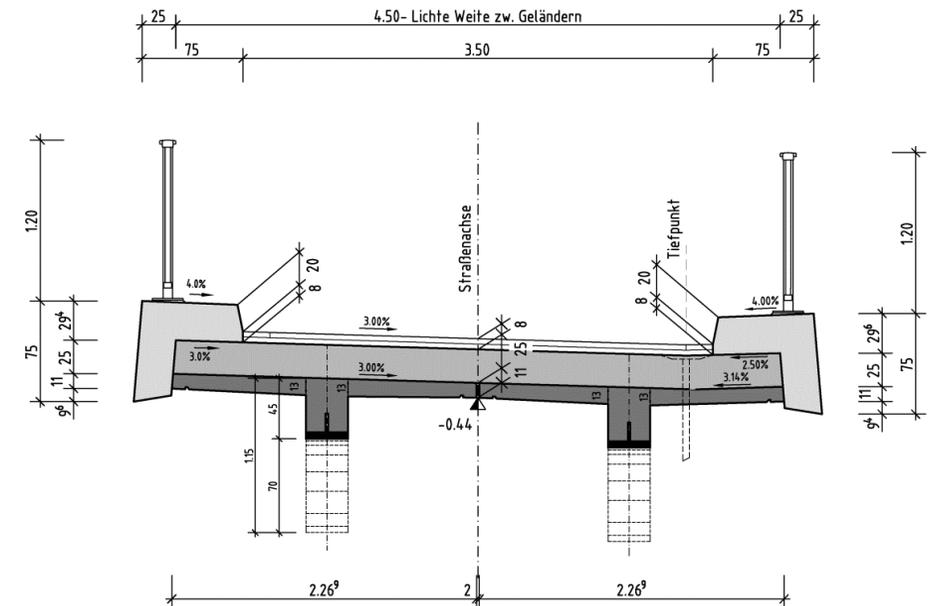
Elsterbrücke Halle-Osendorf



← NSG Burgholz



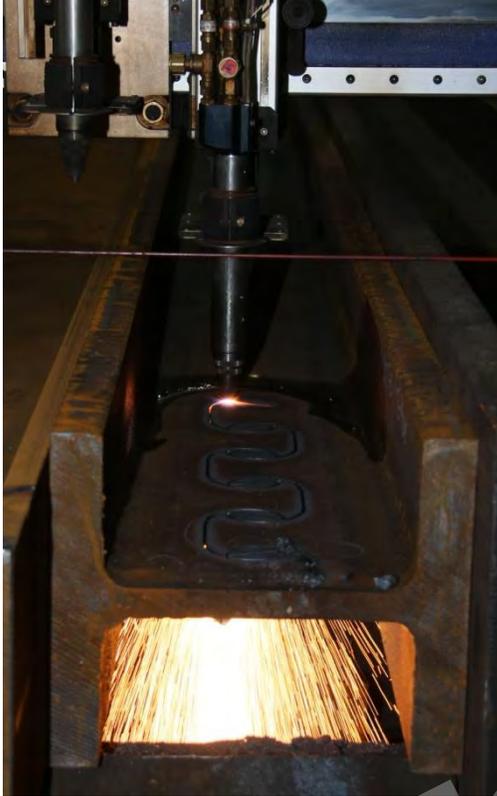
Regelquerschnitt



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

23



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



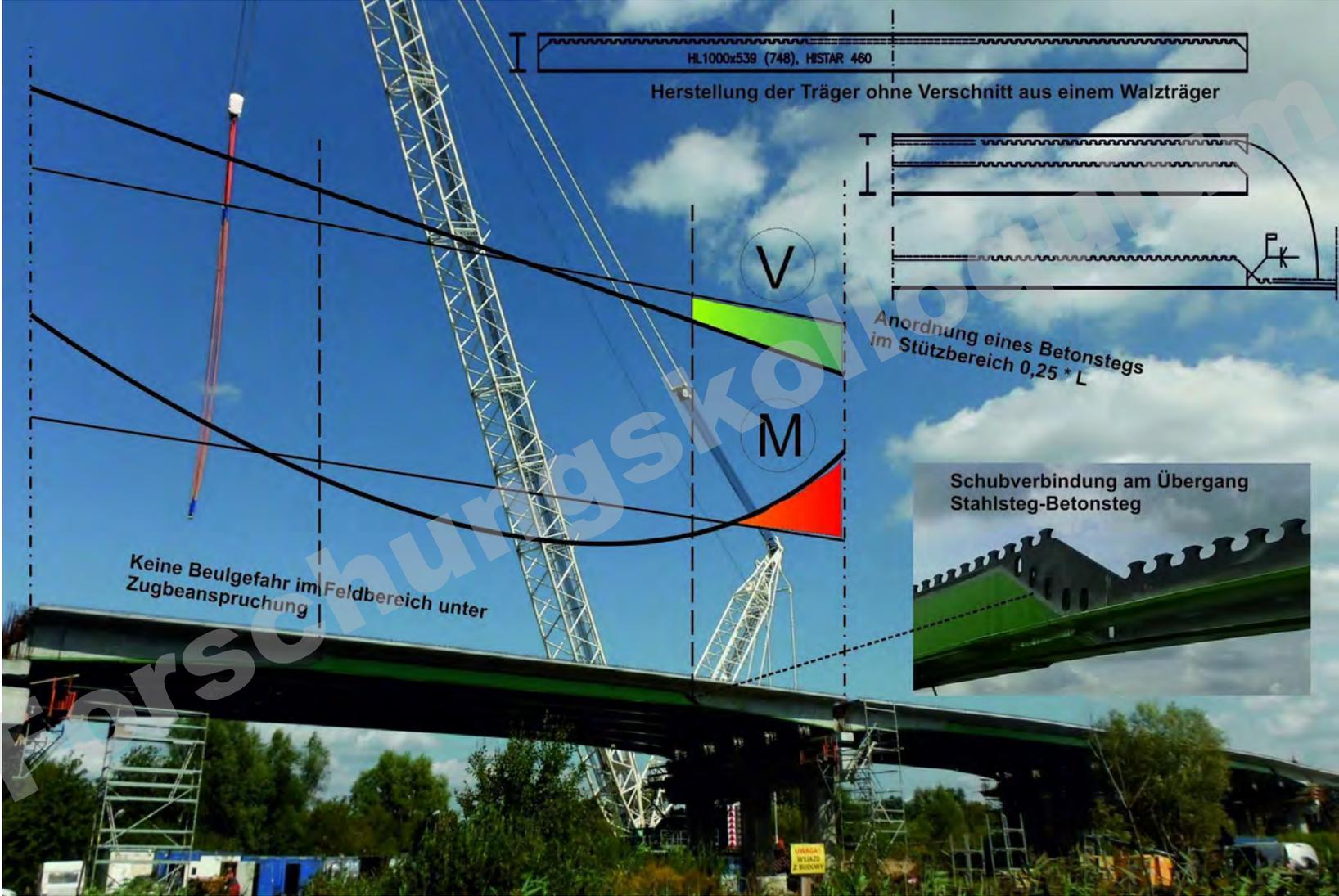
Foto: Institut Feuerverzinken

Projektbeispiel

Mühlgrabenbrücke

GAV-Forschungskolloquium 2023

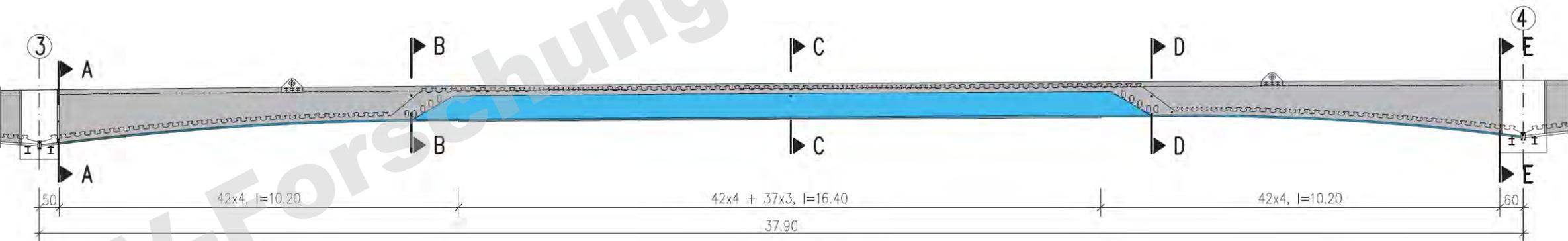
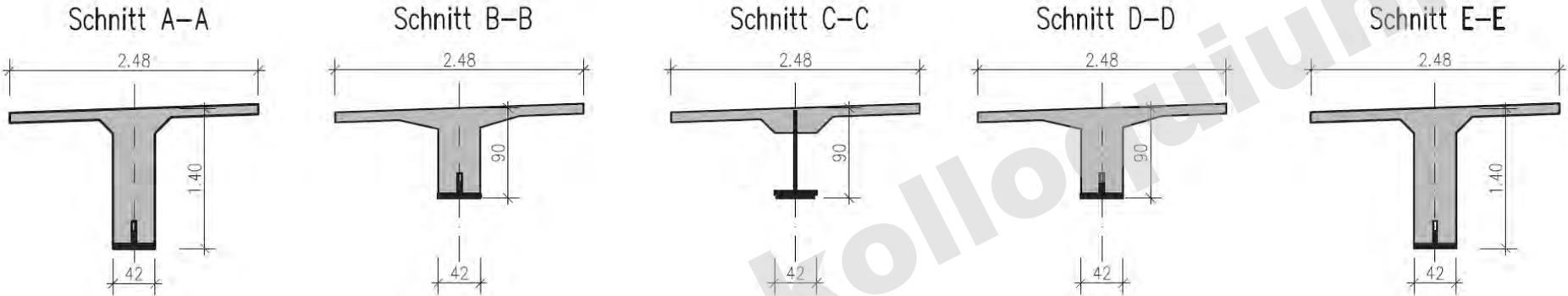
Weiter optimierte PreCoBeams in Polen Pilotbauwerk: Brücke bei Elbląg



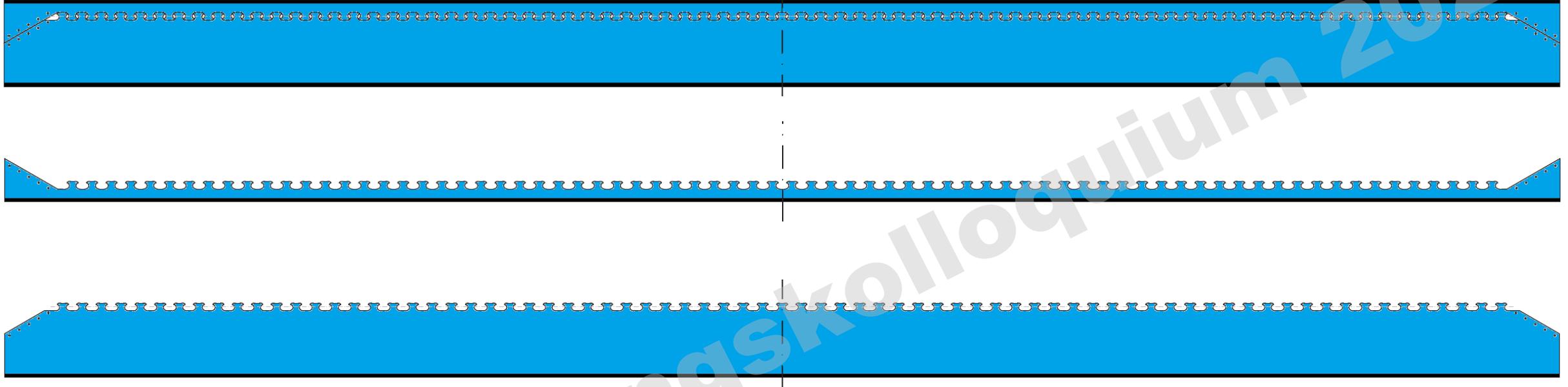
2023

Brücke bei Elbląg (Polen)

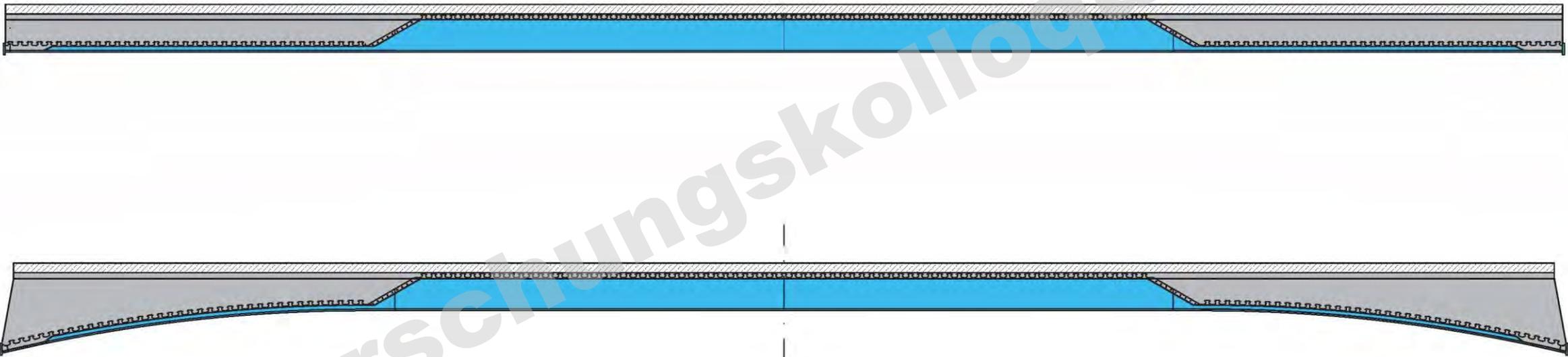
Mittelfeld



Brücke bei Elbląg (Polen)



Brücke bei Elbląg (Polen)



GAV-Forschungskolloquium 2023

Mühlgrabenbrücke

Projektdate

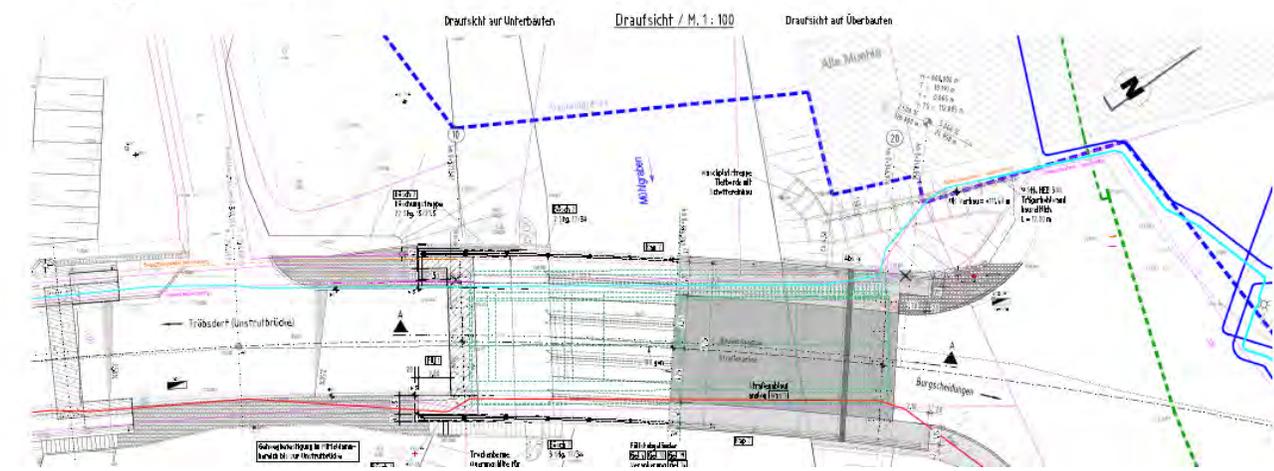
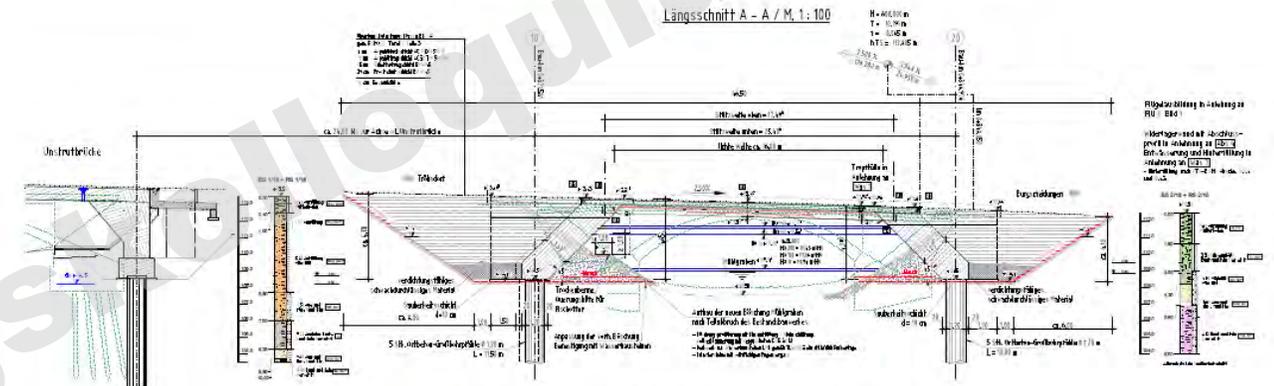
- Mittelteil: HE550M, S355M
- Randstücke Blech S355J2+N
- Alternativvorschlag mit HE600x399 leider nicht angenommen
- Länge: 18,50m
- Zink-Schichtdicke \varnothing 250 μm
- Planung: ssf
- GU: Glass-Bau
- Stahlbau: ArcelorMittal Steligenca
- Korrosionsschutz: Coatinc/InProCoat, Kreuztal

Legende

	Umräumung Erdarbeiten abgeräumt
	Grünfläche
	Trödelteil (Hohlkasten) (H)



Blatt	Blatt	Blatt
1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12

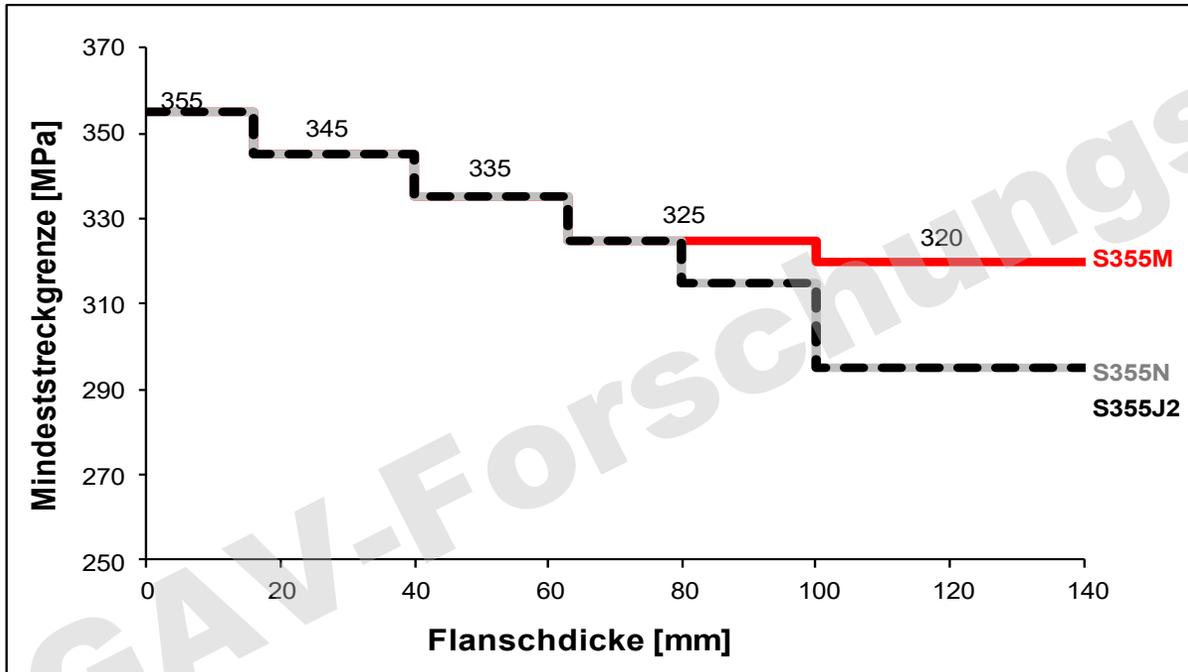


Vergleich mechanischer Eigenschaften

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

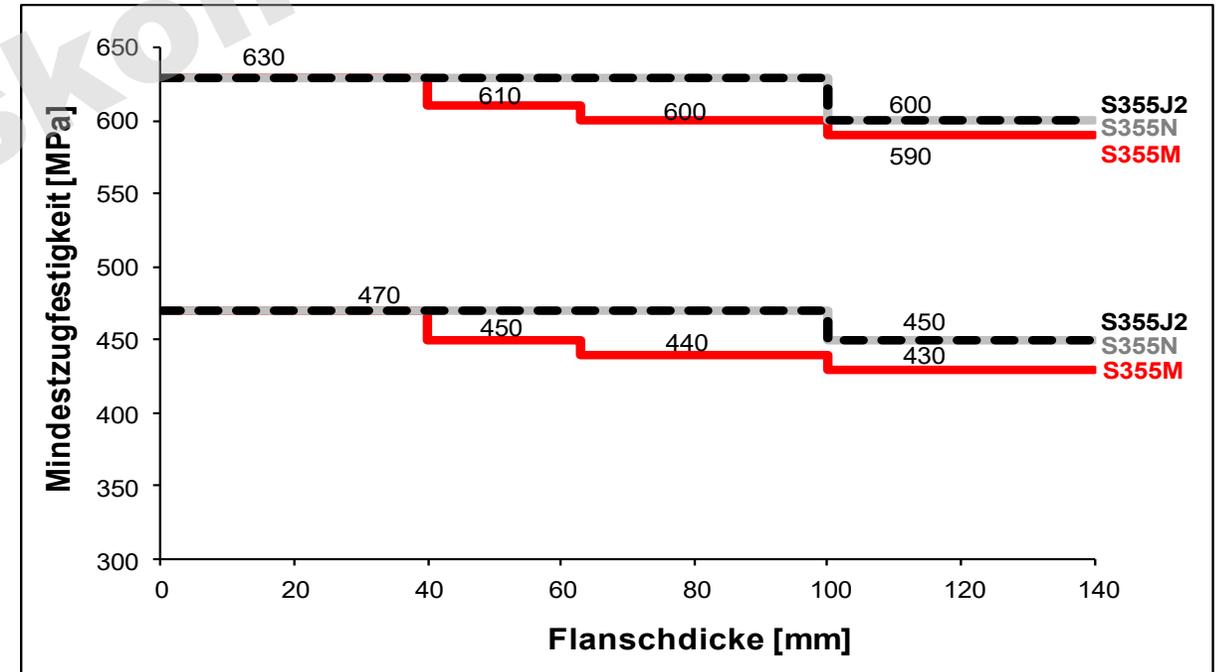
Streckgrenze

- 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

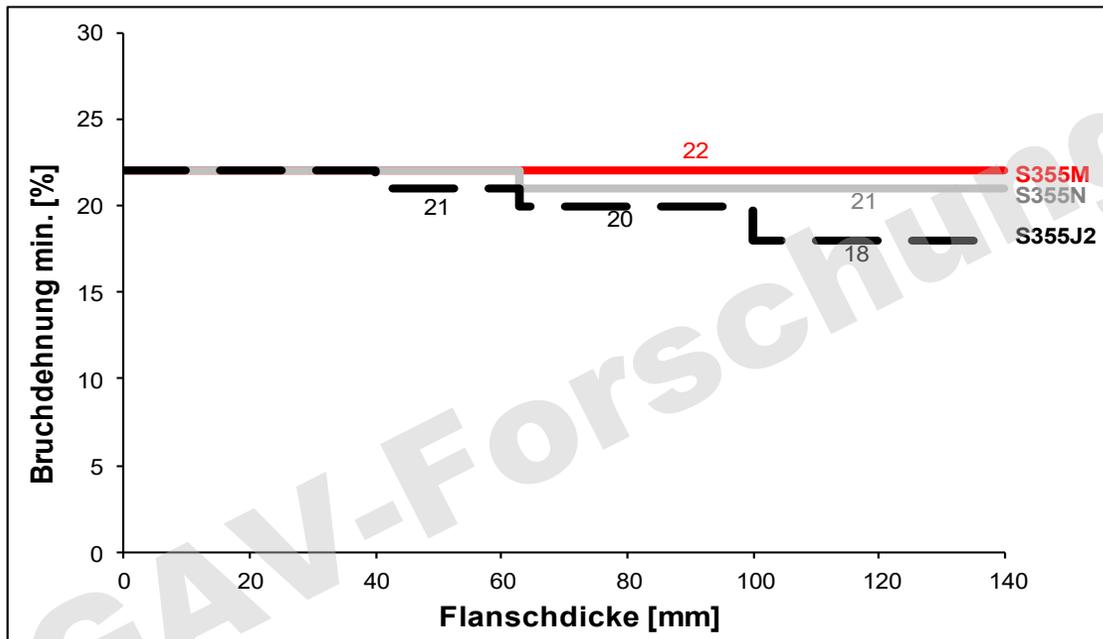


Vergleich mechanischer Eigenschaften

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

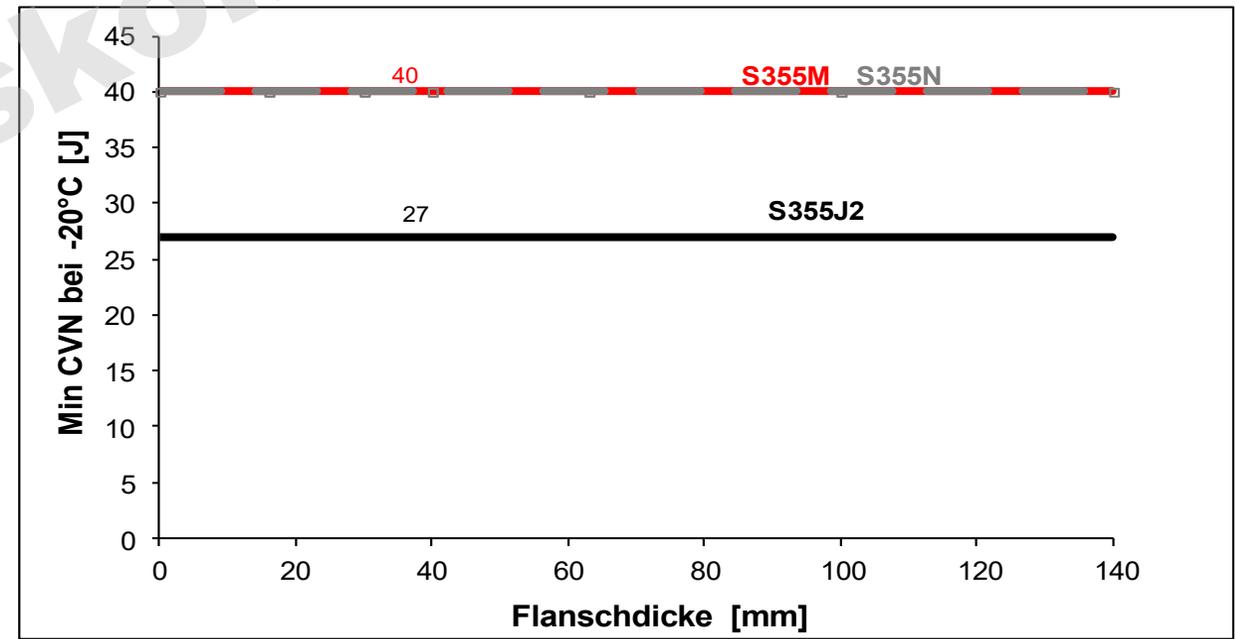
Bruchdehnung

- Für S355M höhere Bruchdehnung als bei S355N und S355J2



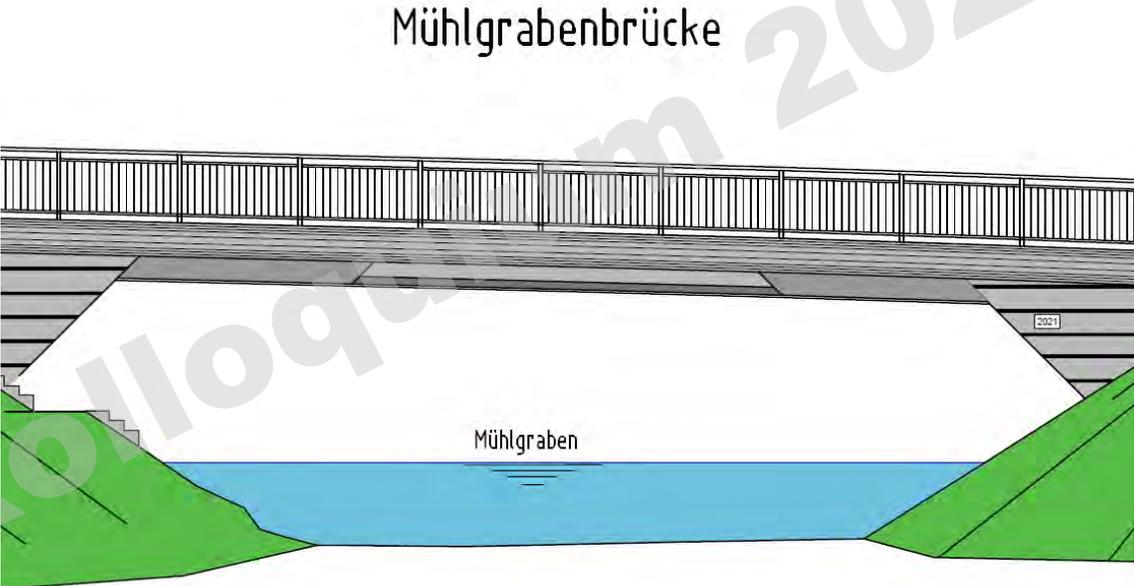
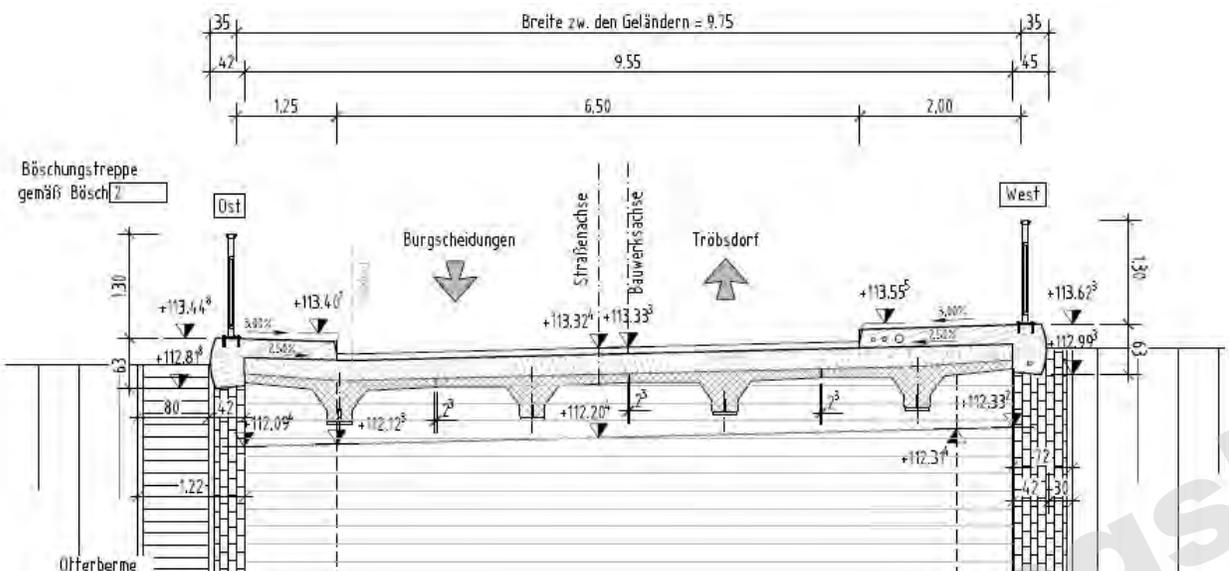
Kerbschlagarbeit

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

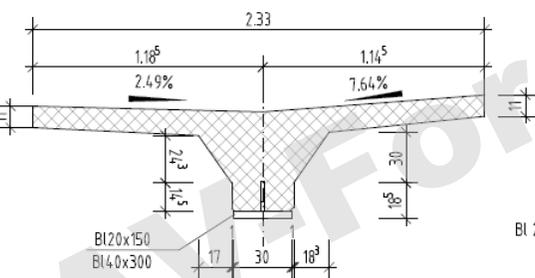


Mühlgrabenbrücke

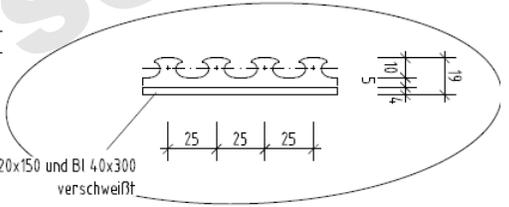
Schnitte und Ansicht



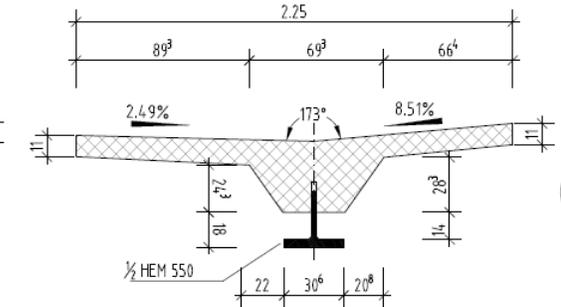
Fertigteilträger 4



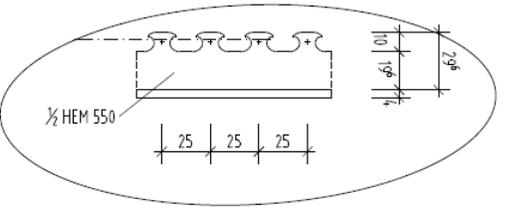
Stahlträger Widerlagerachse



Fertigteilträger 4



Stahlträger Bauwerksmitte

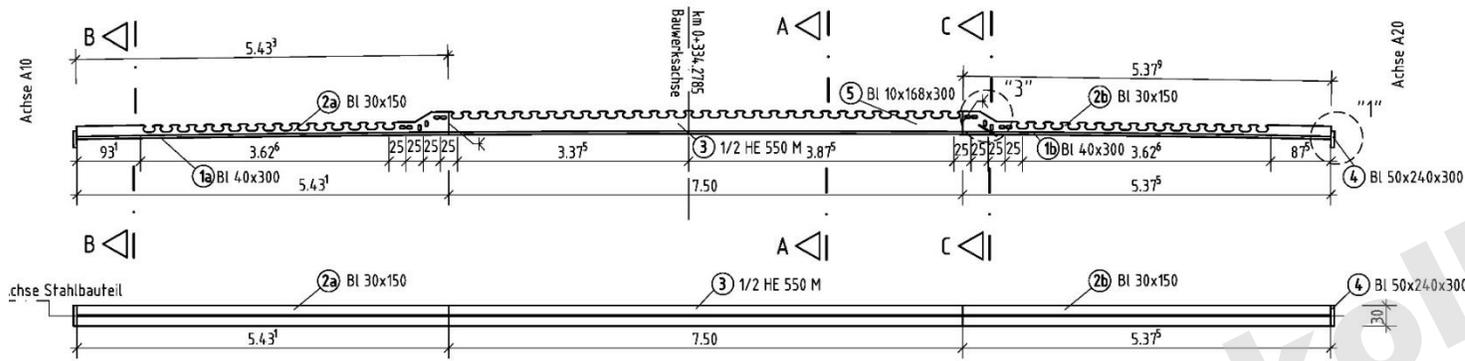


Mühlgrabenbrücke

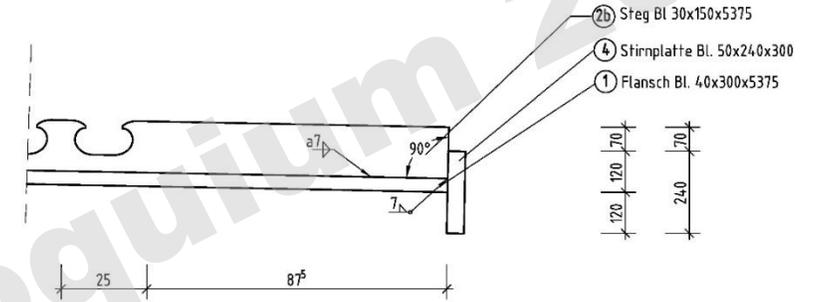
Details der Stahlbaupläne

Längsschnitt / M. 1:50

Träger nicht in Endlage

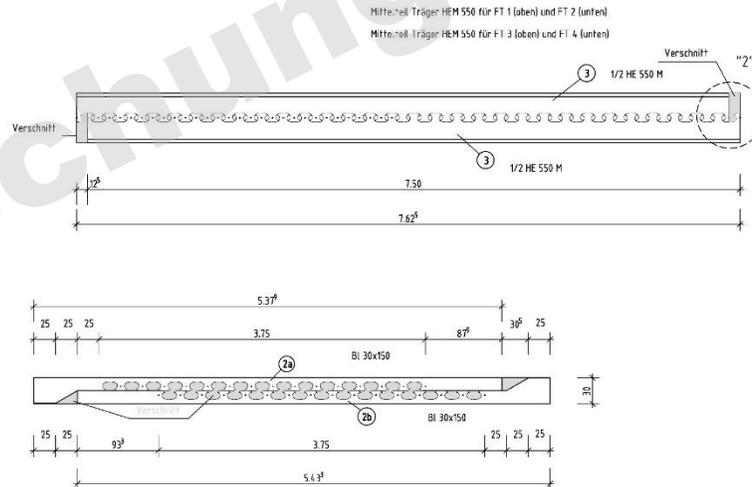


Detail "1" / M. 1:10

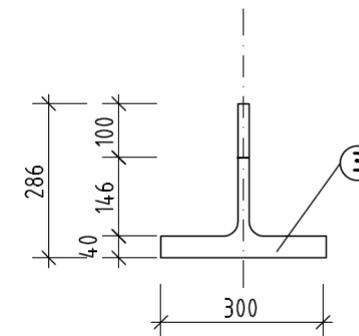


Trägertrennschnitt / M. 1:50

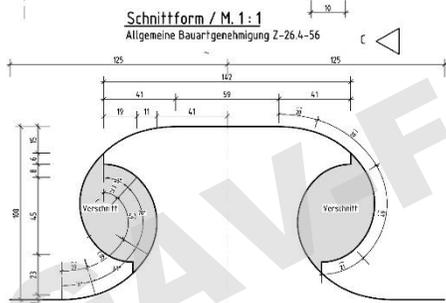
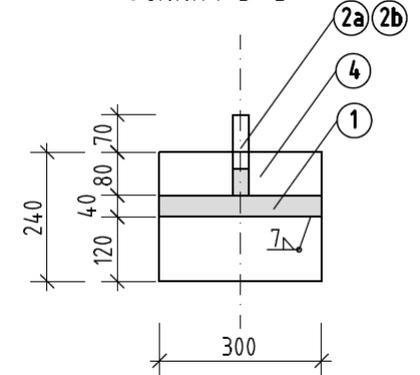
Herstellung FT 1 und 2 sowie FT 3 und 4



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



2023

© ArcelorMittal Forschungskolloquium



ArcelorMittal

Projektbeispiel

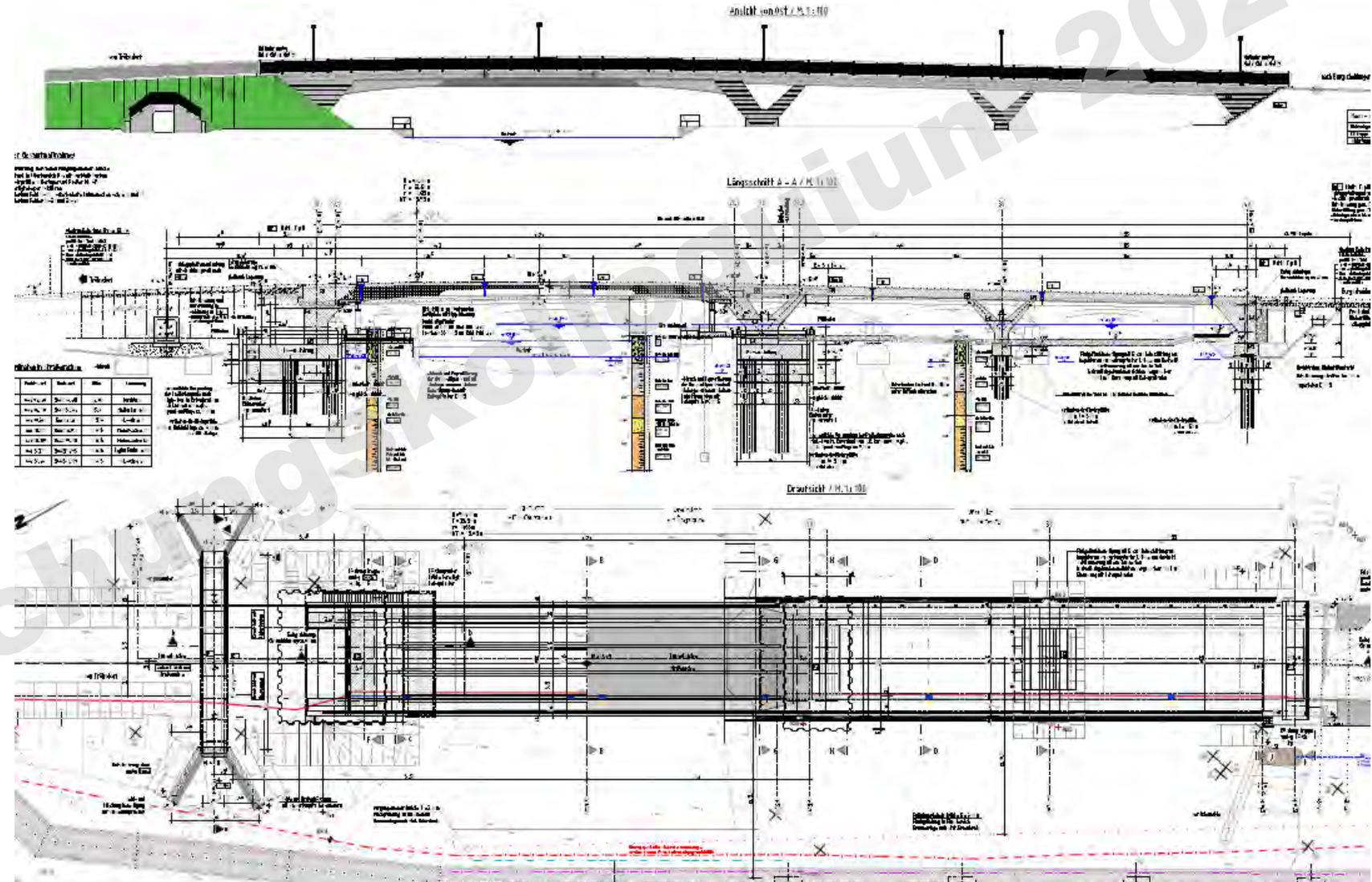
Unstrutbrücke

GAV-Forschungskolloquium 2023

Unstrutbrücke

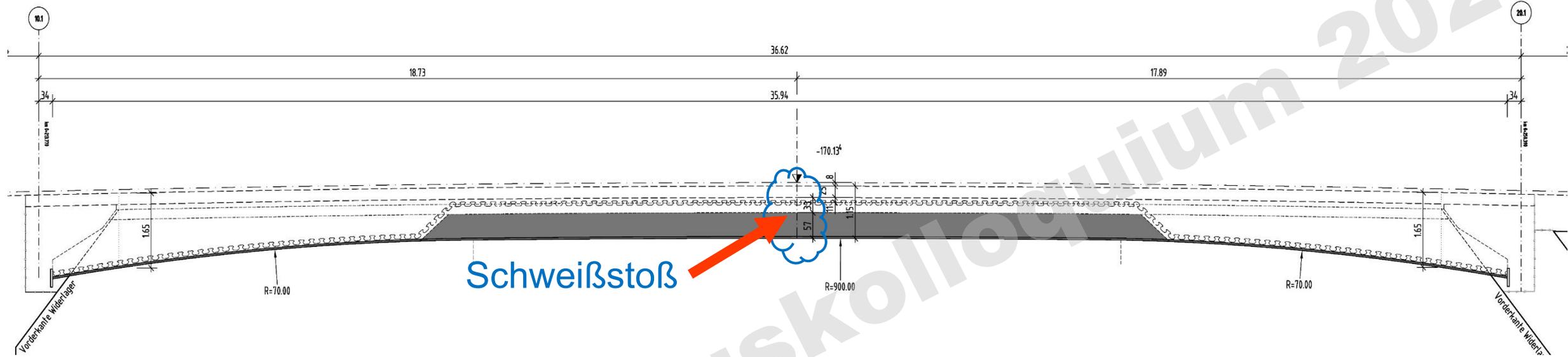
Projektdaten

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

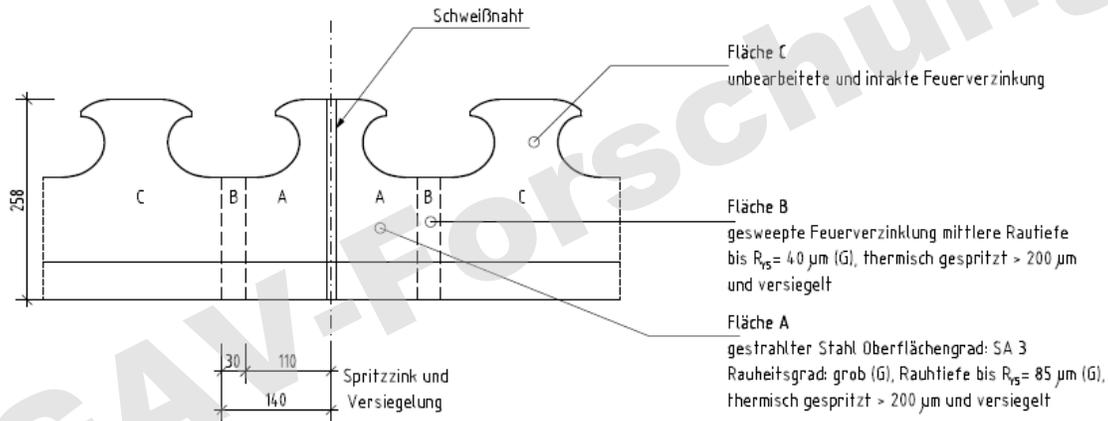


Unstrutbrücke

Schnitt und Korrosionsschutzplan



Detail Baustellenschweißstoß / M. 1 : 5



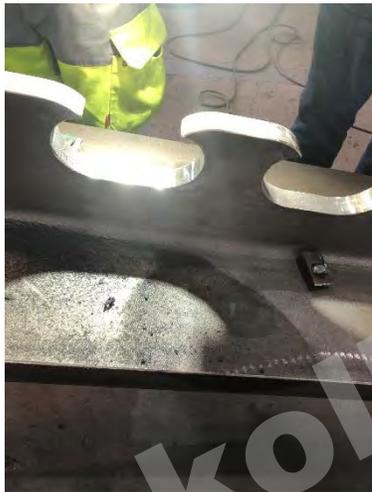
Korrosionsschutz nach ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3

Korrosionsschutz-Position	Bauteil	Bauteil-Nummer	Korrosionsschutzsystem	Schichtaufbau	Ort der Beschichtung	Sollschichtdicke μm	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	87	687.72	RAL 6005, moosgrün	
2	Hauptträger	—	—	Feuerverzinkung	W	200	SA 2 1/2	87	687.72	RAL 7016, anthrazitgrau
				1 ZB EP 1 DB PUR	W	80	87	687.72	RAL 6005, moosgrün	

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



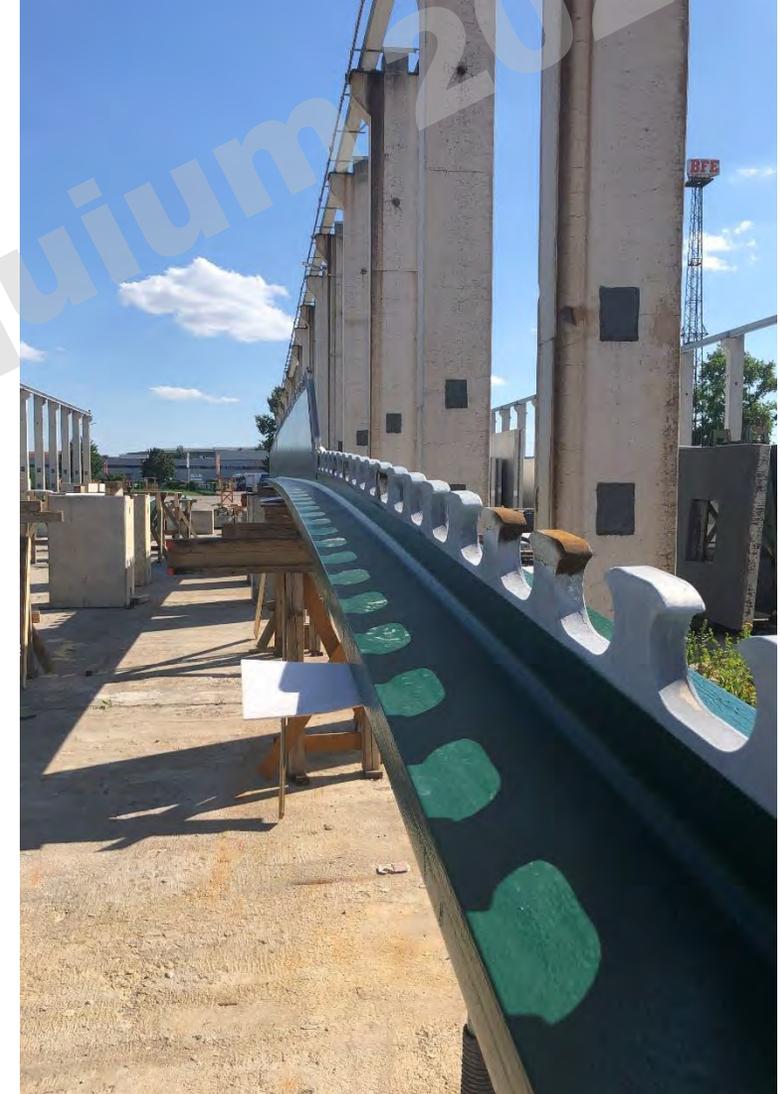
Unstrutbrücke

Trägerhälften vormontiert zum Verschweißen im Fertigteilwerk



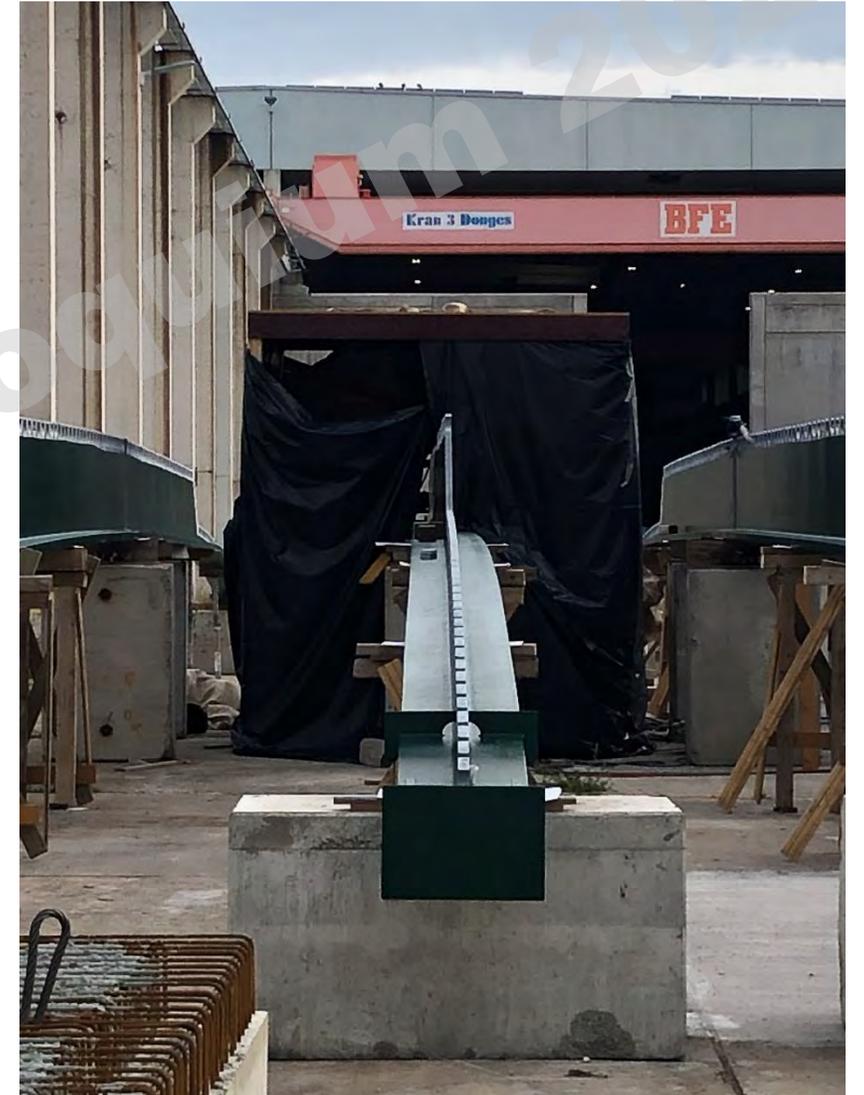
Unstrutbrücke

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

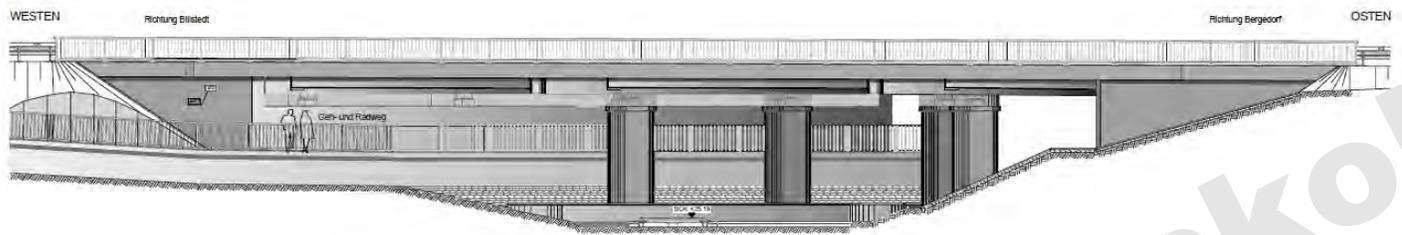


- Bauherr: LSBG Hamburg (Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer)
- Ersatzneubau BW 535 – Bergedorfer Str. über AKN (Privatbahn)
- Entwurf: G+S Planungsgesellschaft, Hamburg
- Bau: Bauunternehmung Gebr. Echterhoff, Hamburg
- Stahlbau: ArcelorMittal Steligenca
- Verzinkung: Coatinc, Kreuztal
- 2 Teilbauwerke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

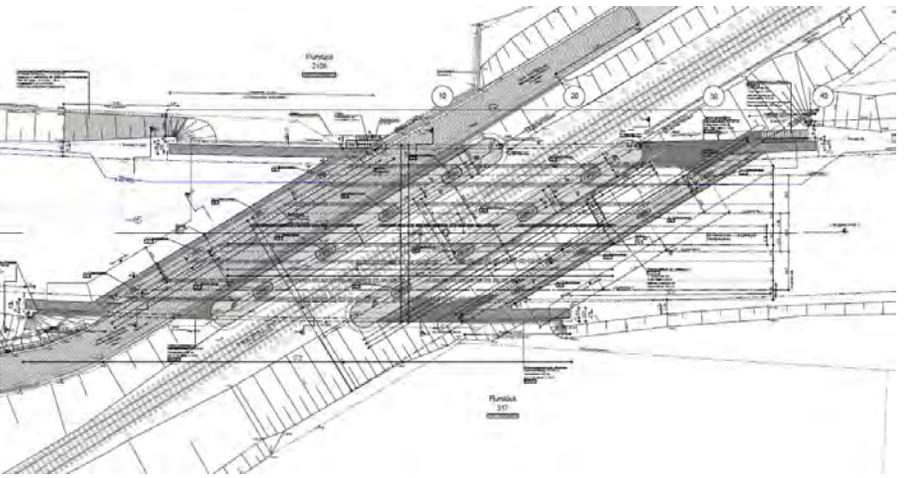
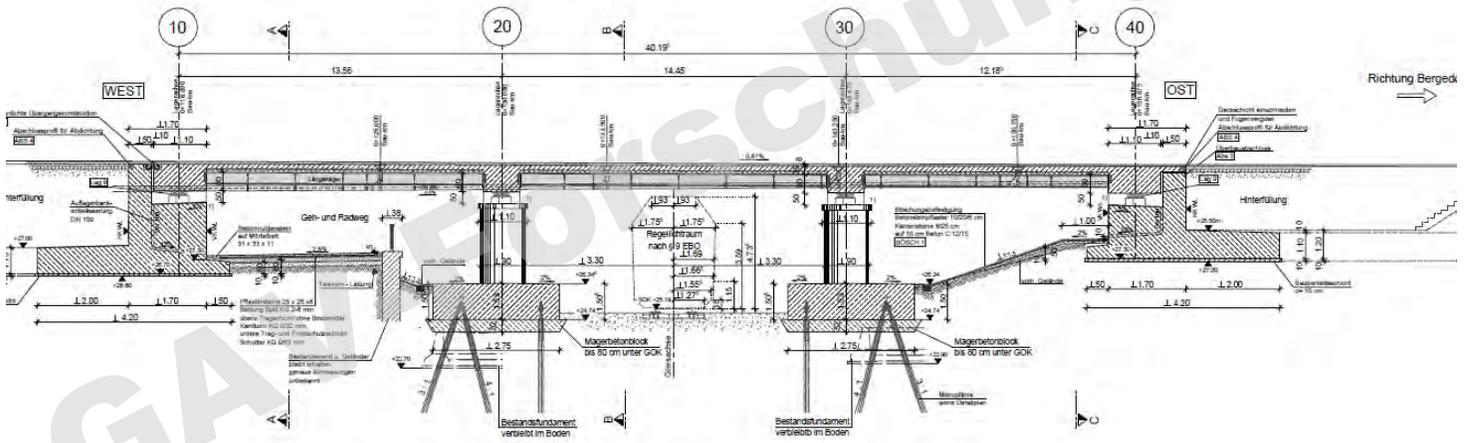
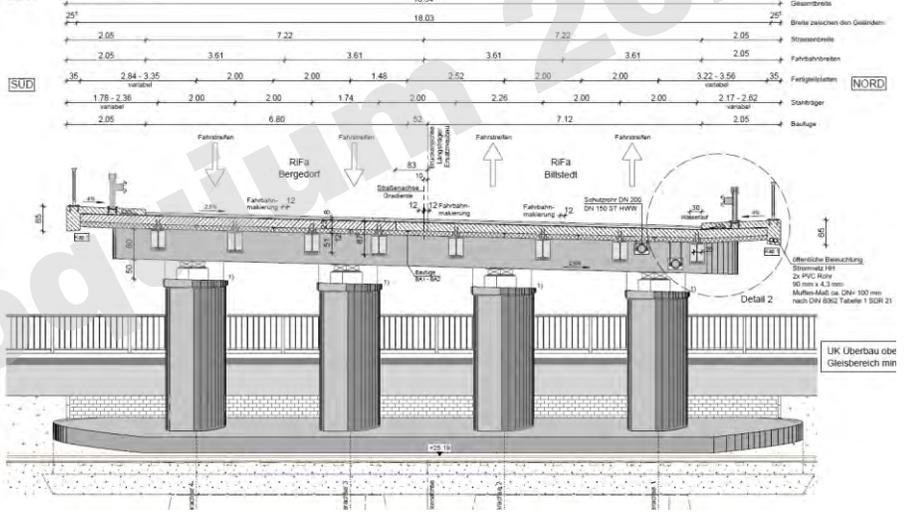
Hamburg / Bergedorfer Str. / AKN Ansicht und Schnitte

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

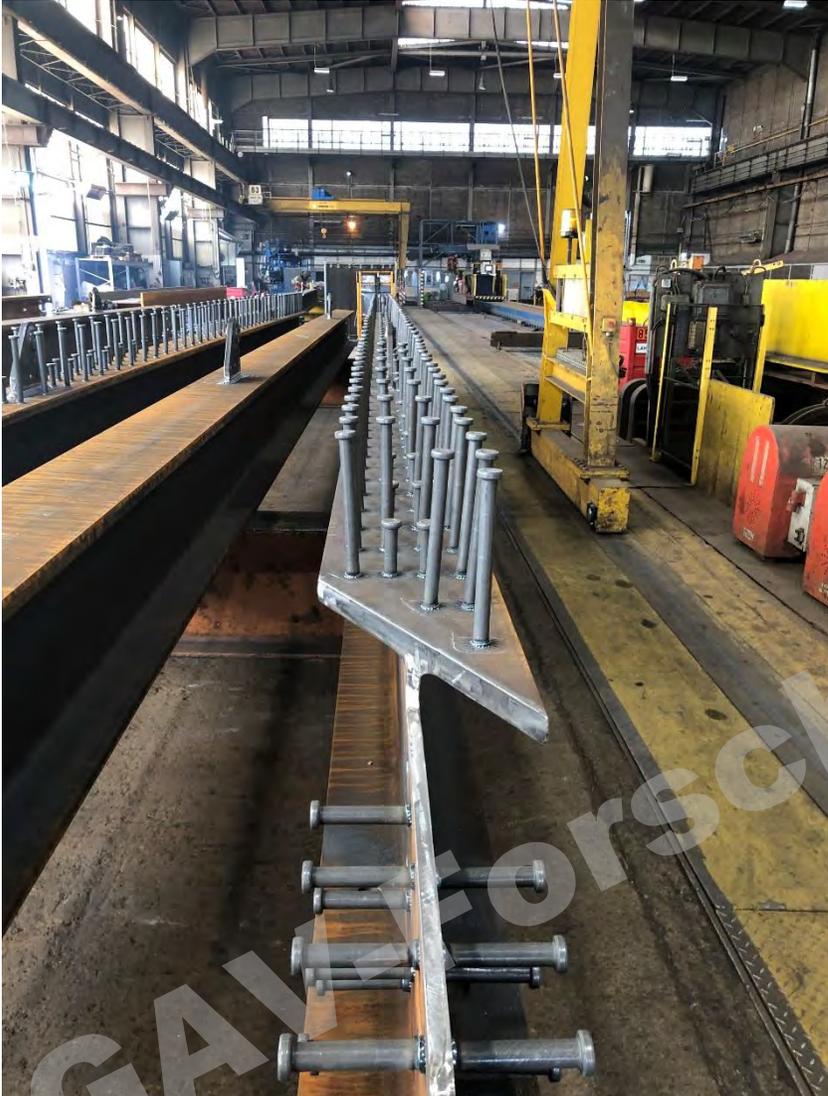
Ansicht von Süden
M 1:100



Schnitt B - B
vor Mittelpfeiler Achse 20
M 1:50

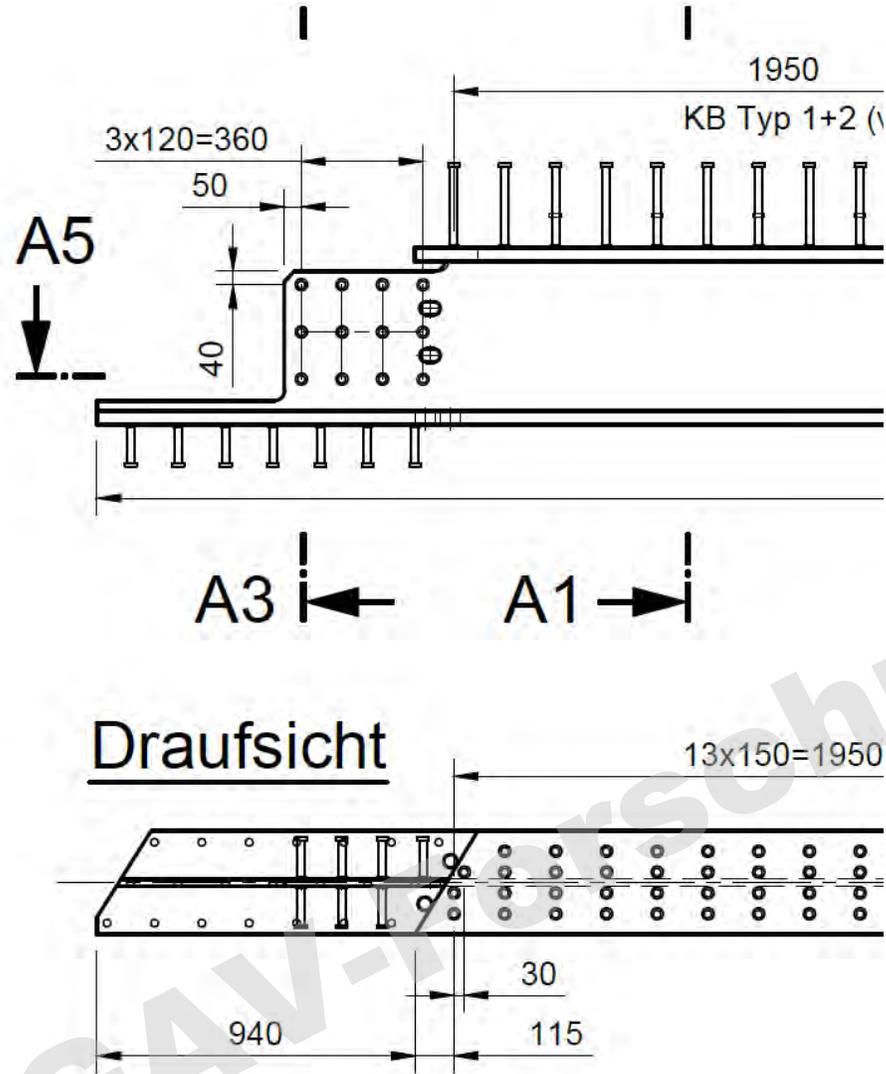


Hamburg / Bergedorfer Str. / AKN Stahlbaufertigung



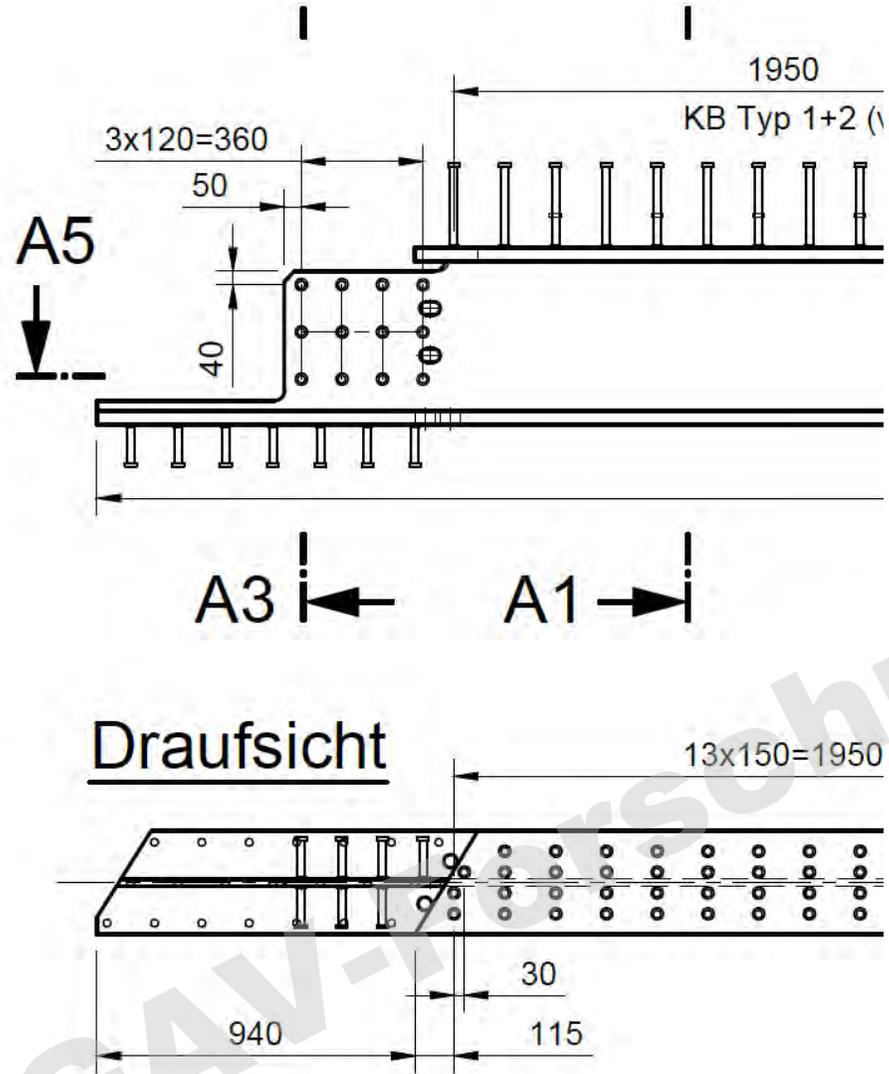
Hamburg / Bergedorfer Str. / AKN

Einordnung in Vertrauenszonen nach DASt-Ri 022

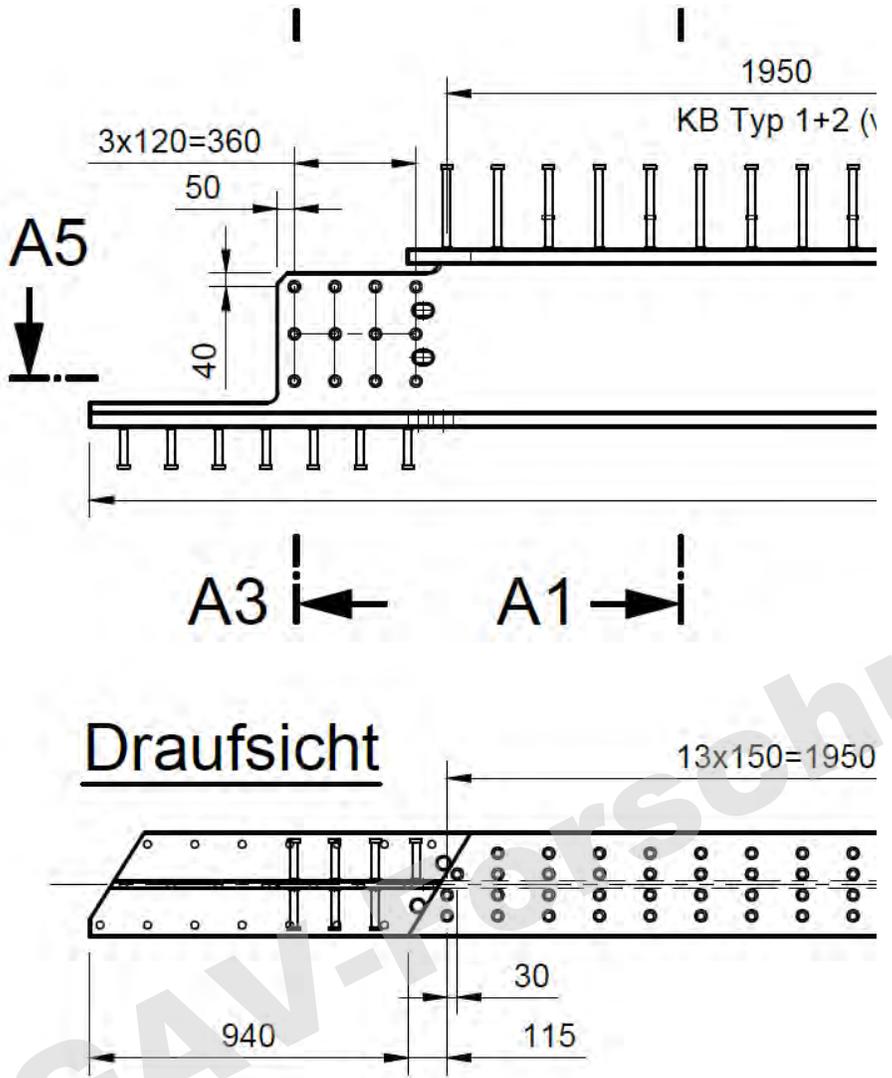


Beschreibung der Konstruktion		W-Profil:	HE 500 M	Pr-Höhe:	524 mm		
Max Materialdicke:	40 mm	Materialgüte:	S355M				
Pos der Lief-Bestell:	10 – 20 – 30	Ges. Stückzahl:	48				
Beschreib. des Bauteils:	Steg Ausklinkungen						
Bauteilskizze – Abmessungen:							
Vertrauenszone 3							
Einstufung der Konstruktion:		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		
Durchzuführende Prüfung (nach Abs. 4,7):							
Vertrauenszone: (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 Detailansicht



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

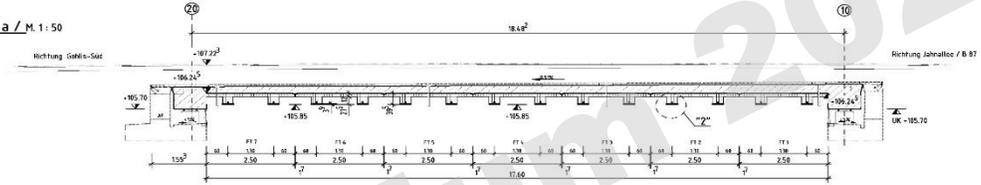
GAV-Forschungskolloquium 2023

ENB Waldstraßenbrücke in Leipzig

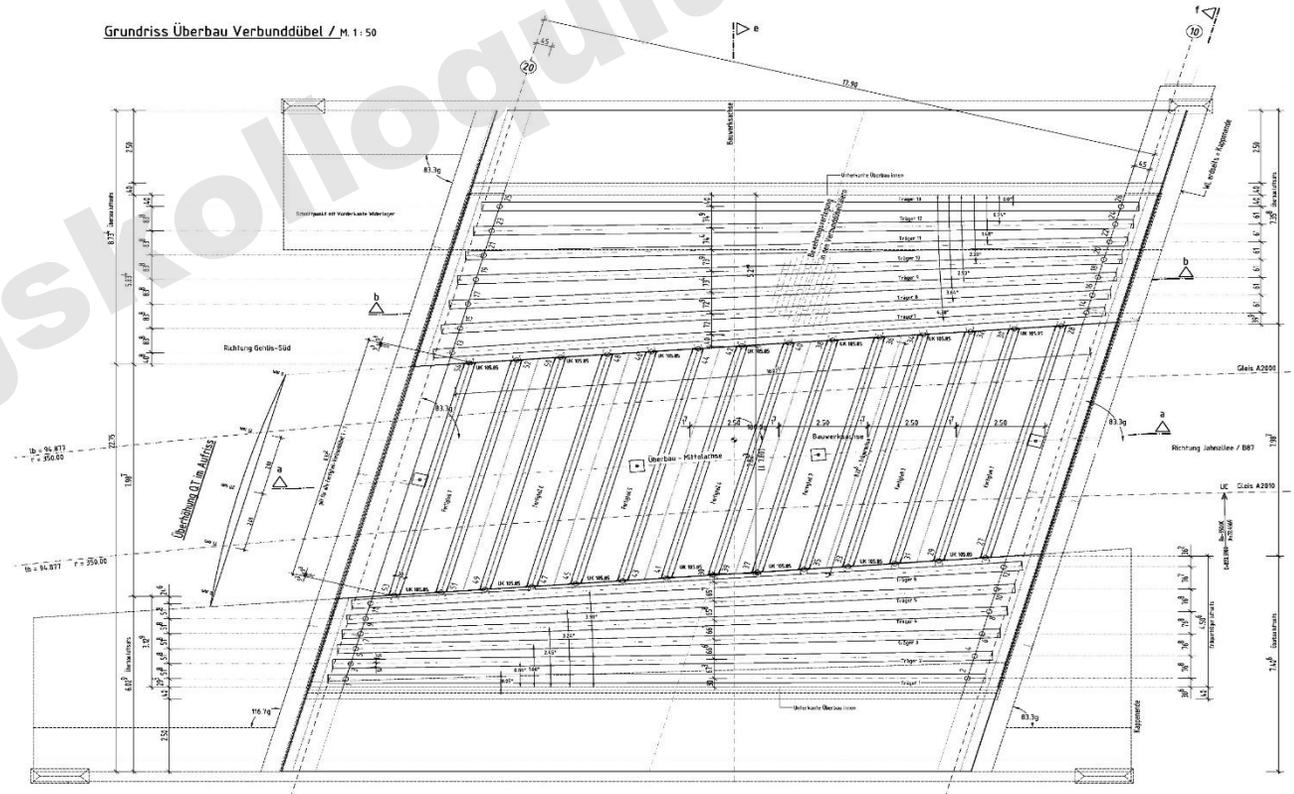
Schnitt und Draufsicht

- 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

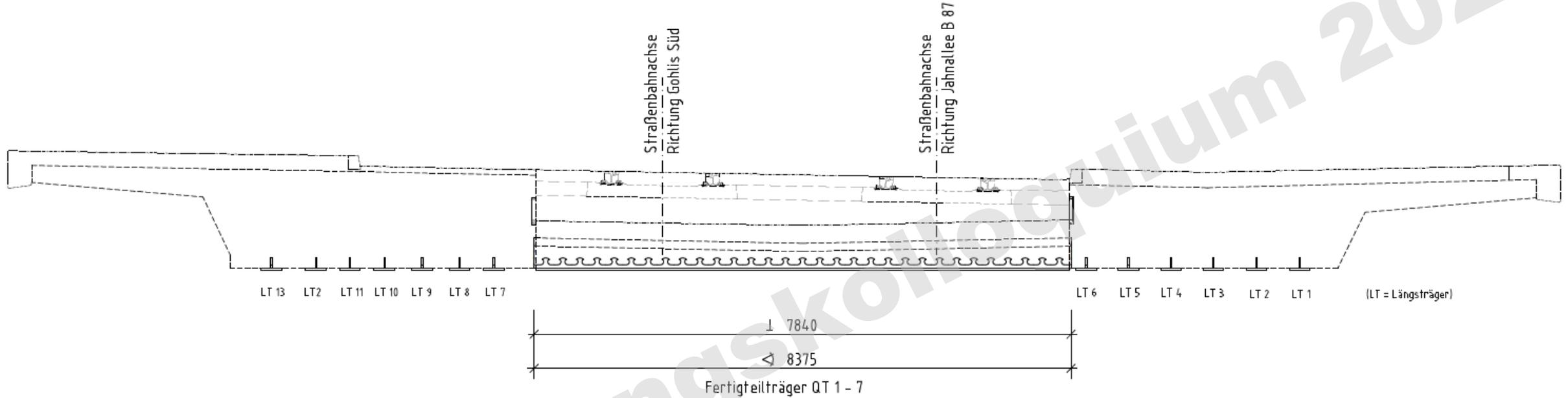


Grundriss Überbau Verbunddübel / M. 1:50



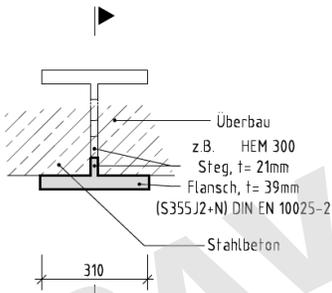
ENB Waldstraßenbrücke in Leipzig

Schnitt und Details

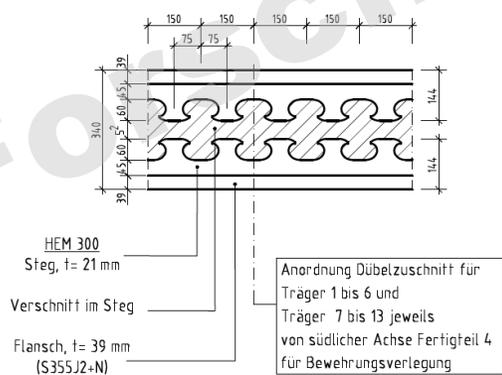


Detail "1" / M. 1: 10

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



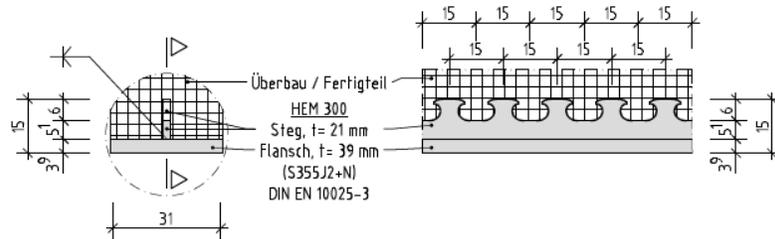
Teilschnitt



Anordnung Dübelzuschnitt für Träger 1 bis 6 und Träger 7 bis 13 jeweils von südlicher Achse Fertigteil 4 für Bewehrungsverlegung

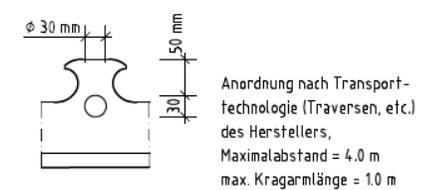
Detail "2" Fertigteil-Verbunddübelleiste im Querträger / M. 1: 10

Allgemeine Bauartgenehmigung Z-26.4-56
MCL 150x60



Detail "2" Trägersaufhängung / M. 1: 5

an Längs- und Querträger



Anordnung nach Transport-technologie (Traversen, etc.) des Herstellers, Maximalabstand = 4.0 m max. Kragarmlänge = 1.0 m

ENB Waldstraßenbrücke in Leipzig Querträger Stahlbaufertigung



ENB Waldstraßenbrücke in Leipzig

Längsträger, feuerverzinkt und beschichtet



2023

ENB Waldstraßenbrücke in Leipzig

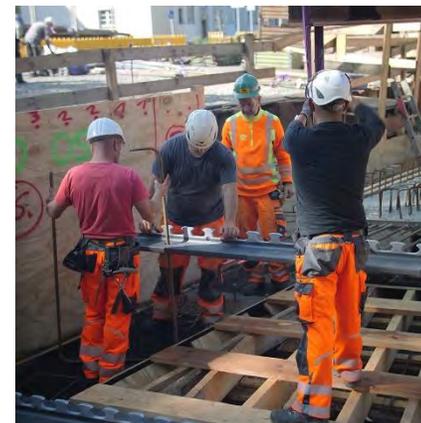
Duplex-beschichtete Träger nach dem Transport

- 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

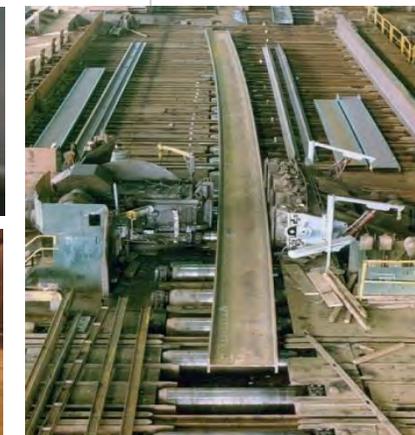
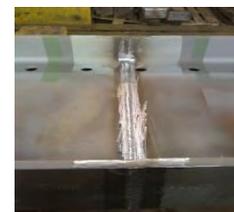
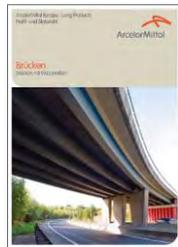
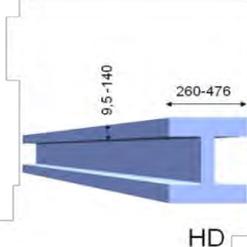
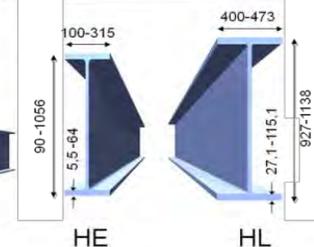
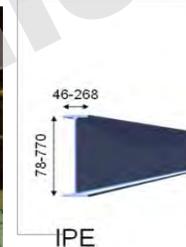
- 1 Nachhaltige Stahlproduktion
 - 2 Brückenlösungen von ArcelorMittal Europe - Long Products
 - 3 Walzprofile und Feuerverzinken
 - 4 Beispiele feuerverzinkter Brücken
 - 5 Technische Beratung und Anarbeitung
 - 6 Zusammenfassung
-

GAV-Forschungskolloquium 2023

Brückenkonzepte

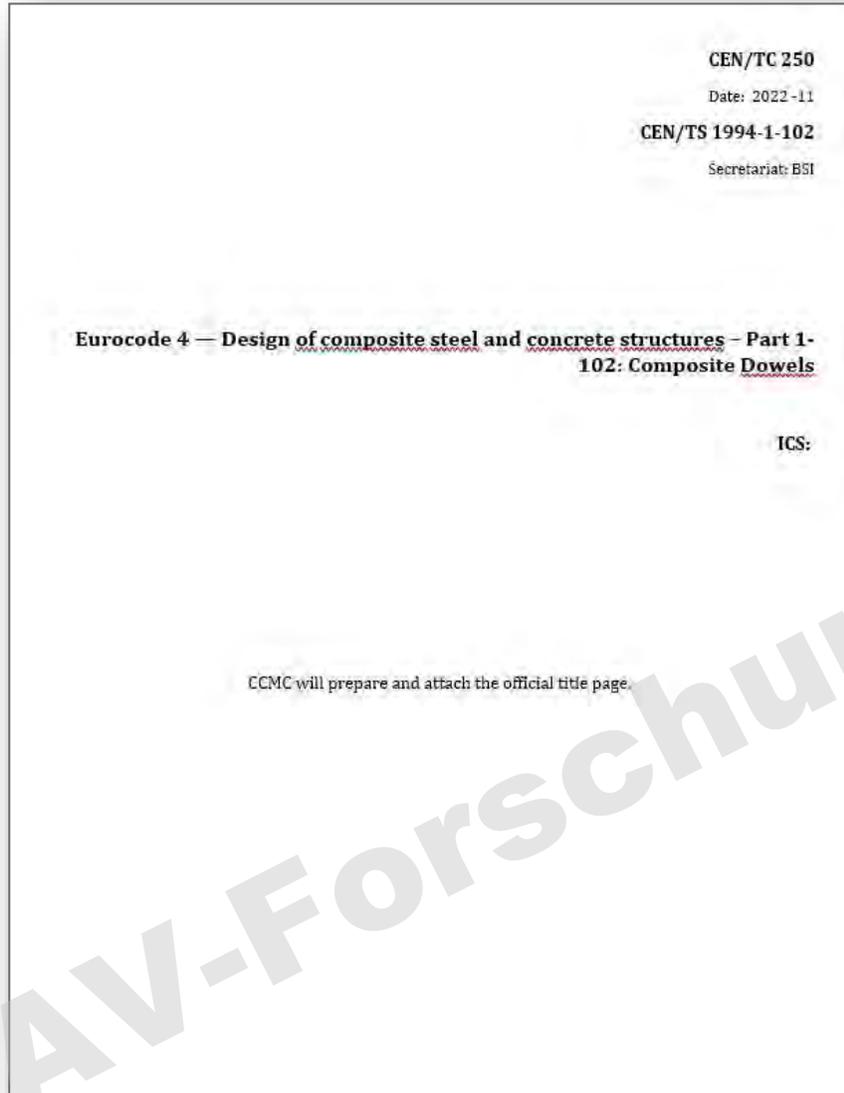
Leistungen durch ArcelorMittal Europe – Long Products

- **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).[¶]

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

where[¶]

ΔV_{Ed} → load range of the vertical shear force of the composite member[¶]

$\Delta M_{y,Ed}$ → range of the bending moment of the composite member[¶]

ΔN_{Ed} → load range of the normal force of the composite member[¶]

I_{e} → second moment of area of the effective composite section neglecting concrete in tension[¶]

S_y → first moment of area of the effective composite section[¶]

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)[¶]

z_d → distance from the base of the steel connector to the neutral axis of the composite section neglecting concrete in tension[¶]

$k_{f,L}$ → stress concentration factor for local effects (longitudinal shear)[¶]

$k_{f,L,PZ}$ = 8,6 for PZ geometry[¶]

$k_{f,L,MCL}$ = 7,3 for MCL geometry[¶]

$k_{f,G}$ → stress concentration factor for global effects[¶]

→ $k_{f,G,PZ}$ = 1,9 for PZ geometry[¶]

$k_{f,G,MCL}$ = 1,5 for MCL geometry[¶]

(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.[¶]

(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.[¶]

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 cross-section parameters.

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
 - Klassischer Verbundträger
 - Teilvorgefertigter Verbundträger
 - Kastenträger
 - Ausbetonierter Kastenträger
 - Walzträger in Beton
 - Mono VFT-WiB | Mono Precobeam
 - Duo VFT-WiB | Duo Precobeam
- Querschnitt der Fahrbahnplatte:
 - Gesamtbreite (m) = 8
 - Dicke (mm) = 300
 - Dicke vorgefert. Betonelement (mm) = 80
 - Voute (mm) = 0

Projekt- / Benutzerangaben Dialog:

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

System und Querschnitte - Lage der Längsträger Table:

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

System und Querschnitte - Felder Table:

Feld	Stützweite (m)
1	20.
2	20.

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

