



Elsterbrücke Osendorf – eine feuerverzinkte Verbundbrücke mit externer Bewehrung

Günter Seidl
Andreas Danders
Frank Gunkel
Dennis Rademacher
Thomas Pinger

Günter Seidl
 Andreas Danders
 Frank Gunkel
 Dennis Rademacher
 Thomas Pinger

Elsterbrücke Osendorf – eine feuerverzinkte Verbundbrücke mit externer Bewehrung

Die Elsterbrücke Osendorf ist die erste Brücke in Deutschland, die in Verbundfertigteil-Bauweise mit Walzträgern in Beton (VFT-WIB) mit feuerverzinkter Stahltragstruktur ausgeführt wurde. Auf Grundlage von Forschungsprojekten konnte die Ermüdungsfestigkeit von dynamisch beanspruchten Stahlbauteilen beurteilt werden. Die gewählte Bauweise bietet sich in ihrer Konstruktionsart für eine Feuerverzinkung an. Ihre externe Bewehrung aus halbierten Walzträgern ist arm an Eigenspannungen und mit Längen bis 16 m leicht in der Verzinkung zu handhaben. Im Projekt Brücke Osendorf zeigte sich die Wirtschaftlichkeit der Feuerverzinkung im Hinblick auf Qualität, Kosten und Unterhalt.

Elster bridge near by Osendorf – a hot-dip galvanized composite bridge with external reinforcement. *The viaduct over the river Elster next to Osendorf is the first bridge project using the VFT-WIB construction method in Germany with a hot-dip galvanized steel structure. The fatigue resistance of the steel structure under dynamic loads was already clarified on the basis of several research projects. The construction method is suitable to protect the steel by hot-dip galvanizing. The external reinforcement made out of halved rolled sections contains only a small ratio of residual stresses. The steel girders are easy to handle with a length up to 16 m. The Osendorf bridge project figures out the economic feasibility of the hot-dip galvanizing due to quality, costs, maintenance.*

1 Einführung

1.1 Anwendung der externen Bewehrung mit Verbunddübeln im Brückenbau

Die Verbunddübeln stellen eine Weiterentwicklung der Perfobond-Leiste [1] und des Betondübels [2] dar. Eine erste Anwendung fand die Verbunddübeln im Brückenbau bei der Verbundbrücke für die Gemeinde Pöcking [3].

Es handelt sich bei der Verbunddübeln um ein speziell zugeschnittenes Stahlblech bzw. -profil, das in einen Betonkörper zur Schubübertragung eingelegt wird. Die Schnittgeometrie des Stahldübels, die konstruktive Durchbildung und das Tragverhalten dieser Verbindung wurde im RFCS-Vorhaben „PrecoBeam“ [4] erarbeitet und auf der Grundlage von nationalen Forschungsprojekten der FOSTA [5] zur Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik gebracht [6]. Sehr wirtschaftlich wird die Bauweise, wenn halbierte Walzprofile

eingesetzt werden, wobei diese über die Verbunddübeln in einen Betonsteg variabler Höhe eingebunden werden. Ist das Profil im Vergleich zur Fertigteilträgerhöhe gedungen, spricht man von einer (T-förmigen) externen Bewehrung (vgl. Bild 1). In der Folge wurden verschiedene Bauwerke für die Straße und die Eisenbahn in

Deutschland und benachbarten Ländern mit diesem Konstruktionsprinzip entworfen und gebaut. Ein Überblick findet sich in [7].

Im Stahlwerk wird der Träger mit der Form der Verbunddübeln halbiert und entsprechend den Vorgaben aus der Planung überhöht. In der Regel wird noch in der Stahlanarbeitung der vollständige Korrosionsschutz aufgebracht und die Träger zum Fertigteilwerk transportiert, wo sie mit dem Betonfertigteil ergänzt werden. Nach einer Liegedauer von rund einem Monat werden die Fertigteilträger in die Brücke eingehoben und das Bauwerk fertiggestellt. Dabei kommt es immer wieder zu Schäden am Korrosionsschutz der Stahlträger, die auf der Baustelle nicht mehr in der gleichen Qualität behoben werden können, wie sie der bereits aufgebrachte Korrosionsschutz hat. In der Folge werden Ausbesserungen dieser nachträglich sanierten Stellen unausweichlich. Diese Arbeiten gestalten sich oft schwierig und teuer, da die Fertigteilbauweise meist über unzugänglichen Verkehrs-



Bild 1. Visualisierung der Bauweise VFT-WIB aus Fertigteilträgern mit externer Bewehrung

Fig. 1. Visualization of the VFT-WIB construction method implementing prefabricated girders with external reinforcement

2 Brücke Osendorf

2.1 Entwurf und Ausschreibung

Das Brückenbauwerk BR 086 befindet sich in Sachsen-Anhalt südöstlich von Halle in dem Ortsteil Osendorf. Es überführt einen Wirtschaftsweg im Zuge der Wilhelm-Grothe-Straße über die Weiße Elster. Der Wirtschaftsweg bildet die Zufahrt zum Naturschutzgebiet „Burgholz“ im Überschwemmungsgebiet der Saale-Elster-Aue. Der Querschnitt auf dem Bauwerk wurde mit einer Fahrbahnbreite von 3,50 m und Gehwege von 0,75 m bei einer Gesamtbreite von 4,50 m zwischen den Geländern ausgebildet (Bild 3). Im Bauwerksbereich ist der Wirtschaftsweg im Grundriss gerade trassiert.

Der Neubau ersetzt einen dreifeldrigen Überbau aus dem Jahr 1950. Aufgrund der einzuhaltenden Hochwasserabflusswerte musste das neue Bauwerk ohne Mittelpfeiler entworfen werden. Die Wirtschaftswegbrücke

über die Weiße Elster wurde als einfeldriges Rahmenbauwerk mit einer Stützweite von 21,00 m konzipiert und stellt den idealen Einsatzbereich für die VFT-WIB-Bauweise dar (Bild 4). Der Brückenquerschnitt besteht aus zwei VFT-WIB-Trägern, die mit einer Ort betonplatte ergänzt wurden.

Um die Abflussparameter der Weißen Elster und die Zwangspunkte aus der Gradienten im Anschluss an den Bestand einzuhalten, erforderte die Gesamtsituation eine sehr schlanke Konstruktion. Die Konstruktionshöhe beträgt in Brückenmitte 0,70 m und am Widerlager 1,40 m. Bei einer Stützweite von 21,00 m ergeben sich Schlankheiten von $l/30$ bzw. $l/15$.

Die Gründung des Bauwerks erfolgt als Tiefgründung mit je fünf Bohrpfählen $\varnothing 90$ cm und Längen von 7,50 m. Die sich an die Gründungspfähle anschließenden Widerlager wurden mit schrägen bzw. senkrechten Flügeln ausgebildet (Bild 5).

2.2 Fertigung und Baudurchführung

Die externe Bewehrung wurde aus zwei Profilen HD320 \times 300 der Stahlsorte S355ML mit einer Länge von jeweils 20,38 m hergestellt. Bei der Stahlauswahl wurde auf die Verzinkbarkeit geachtet, die in der Regel durch die Einhaltung folgender Spezifikation für den Silizium- und Phosphorgehalt gegeben ist: $0,14 \leq \text{Si} \leq 0,35$ und $\text{P} \leq 0,035$ Gewichtsprozent. Zusätzlich ist der Gehalt von Aluminium auf unter 0,03% zu begrenzen.

Die Profile wurden zunächst mit einem Brennschnitt in Klothoidenform (vgl. [6]) im ArcelorMittal Anarbeitungszentrum Eurostructures halbiert (Bild 6). Die Träger wurden mit dem Stichmaß von 1,08 m überhöht und die Schnittflächen der Stahldübel beschliffen (Bild 7). Anschließend wurden Stirnplatten und Steifen sowie Abtropfbleche angeschweißt, wobei die für die Verzinkung notwendigen Öffnungen bzw. Freischnitte direkt

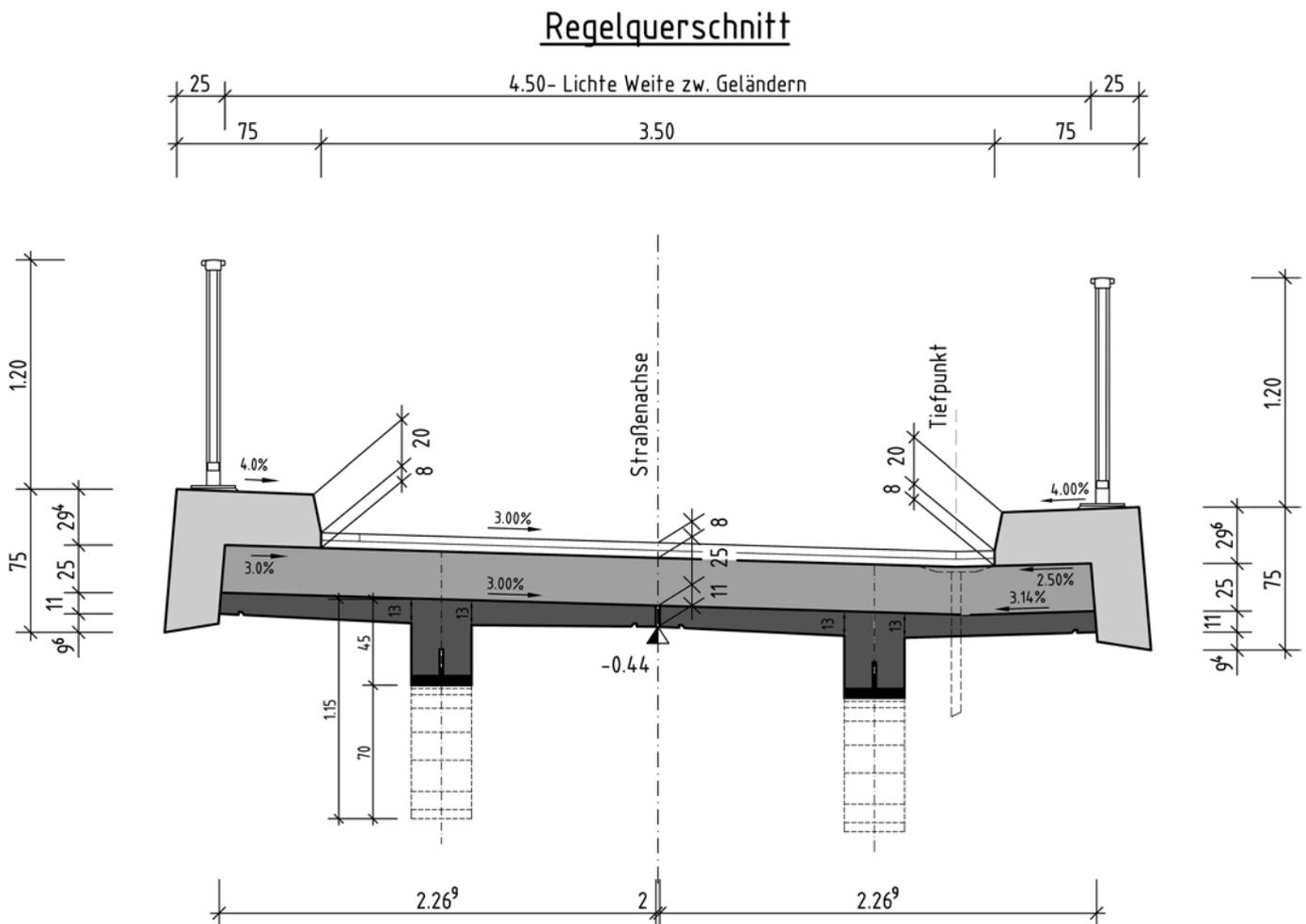


Bild 3. Querschnitt mit zwei VFT-WIB-Trägern
Fig. 3. Cross-section implementing two VFT-WIB girders

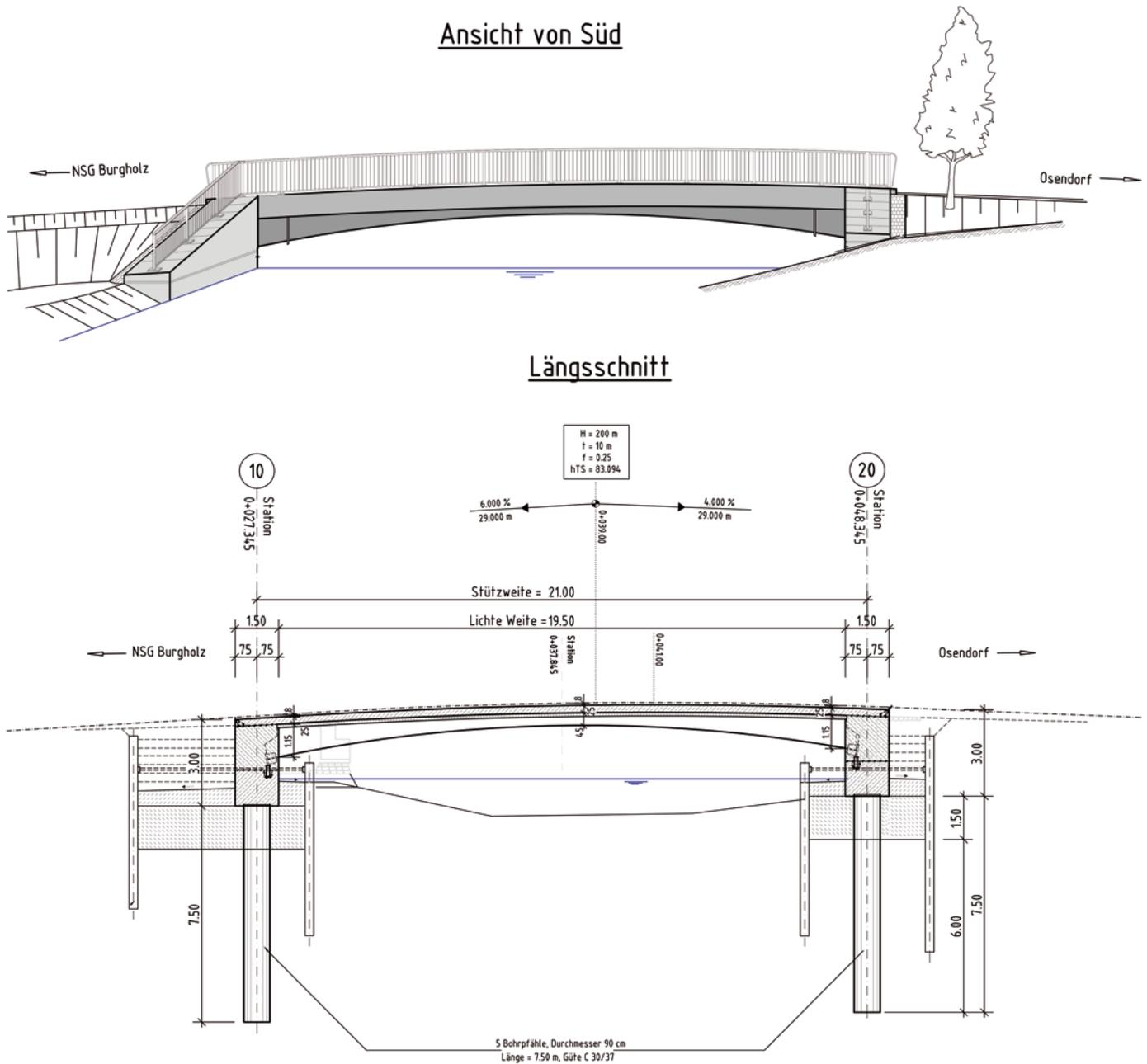


Bild 4. Ansicht und Längsschnitt Verbundrahmenbrücke mit 21 m Stützweite und hochgesetzten Widerlagern auf Bohrpfählen

Fig. 4. View and longitudinal section of the composite frame bridge with 21 m span and abutments on bored piles

vorgesehen wurden. Aus Transportgründen und wegen der begrenzten Länge des Zinkessels wurden die Träger in der Länge geteilt, so dass insgesamt vier T-förmige Profile entstanden. Diese Längen können am Stück verzinkt werden, da die in Deutschland flächendeckend verfügbaren Maximallängen der Verzinkungskessel von etwa 16 m eingehalten wurden. Jedes Profil erhielt zwei Löcher $\varnothing 25$ mm in den Stahldübel als Aufhängemöglichkeit für den Verzinkungsbetrieb.

Im Verzinkungsbetrieb Voigt & Schweitzer in Landsberg durchliefen

die Träger dann den üblichen Vorbehandlungsprozess von der Entfettung über die Beize (Bild 8) bis zum Trocknungssofen. Im Anschluss erfolgte das eigentliche Verzinken (Bild 9) gemäß DAST-Richtlinie 022 [12]. Die vorgesehenen Stellen für die Baustellenstumpfstöße wurden zuvor mit einem speziellen Abdecklack vor der Zinkannahme geschützt.

Sowohl vor dem Verzinken als auch nach dem Abkühlen (Bild 10) wurden die Träger vermessen, um Abweichungen in der Überhöhung zu erkennen und, falls erforderlich, Maßnahmen zur Korrektur vor dem Ein-

bau durchzuführen. Ein Verzug bzw. eine Veränderung der Überhöhung wurden durch das Verzinken nicht festgestellt. Zudem wurde die Zinkschichtdicke an allen Trägern auf die Einhaltung des Minimums von 200 μm für eine theoretische Schutzdauer von bis zu 100 Jahren kontrolliert. Die minimal erreichten Schichtdicken an den vier Walzprofilen wurden jeweils an den Flanschunterseiten mit ca. 350 μm gemessen. An den Oberseiten wurden auch größere Schichtdicken mit bis zu 600 μm erreicht. Die Schnittflächen der Dübelgeometrie hatten signifikant geringere

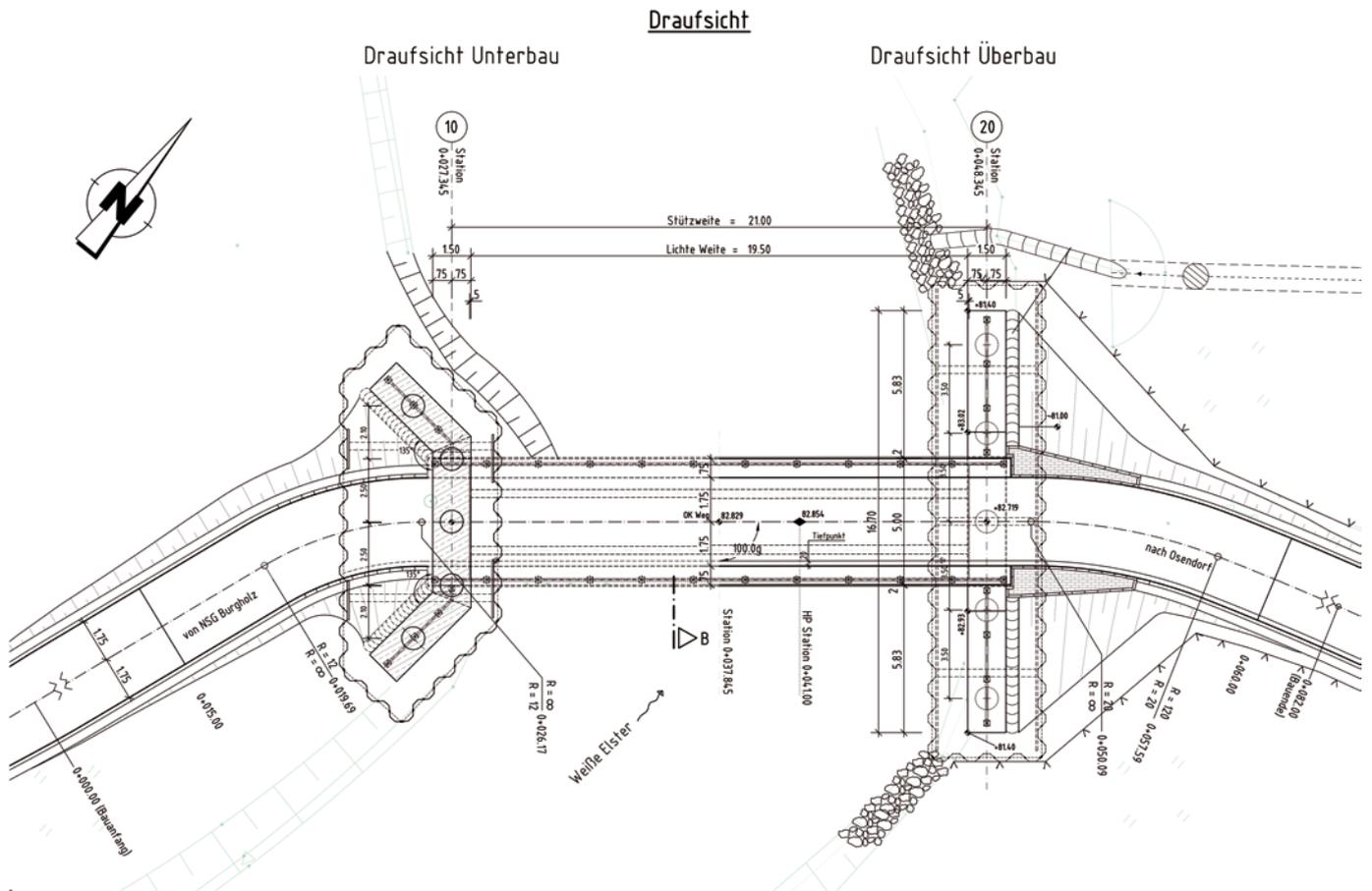


Bild 5. Grundriss der Brücke Osendorf
Fig. 5. Ground view of Osendorf Bridge



Bild 6. Schneiden des Walzprofils in zwei T-Profile mit Klothoidendübel
Fig. 6. Cut of the rolled section into two T-profiles with clothoidal shaped steel dowels



Bild 7. Detailaufnahme der Dübel am überhöhten Walzprofilträger
Fig. 7. Close up of the dowels and the pre-cambered rolled section



Bild 8. Beizen der Träger: Die Stelle des Baustellenstoßes ist mit Abdecklack maskiert
Fig. 8. Pickling of the girders: The welding joint is coated by a covering lacquer



Bild 9. Verzinkung der Träger
Fig. 9. Galvanizing of the girders



Bild 10. Verzinkte Träger beim Abkühlen
Fig. 10. Cooling of the galvanized girders

Schichtdicken. Da die Schnittflächen am fertigen Träger komplett im Beton liegen, hat dies keine negativen Auswirkungen auf die Dauerhaftigkeit im Hinblick auf Korrosion.

Nach dem Transport zur Baustelle (Bild 11) wurden die vier halben Profile mit einem Einzelgewicht von ca. 1,7 t in die vorbereitete Schalung gehoben (Bild 12). Das Schweißen der Stumpfstoße erfolgte nach kompletter Ausrichtung der Profile in der Schalung. Vor dem Schweißen der Doppel-V-Naht wurden die Rückstände des Beschichtungstoffes restlos entfernt und sichergestellt, dass kein Zink im Stoßbereich anhaftet.

Die Ausführung des Korrosionsschutzes im Bereich der Montageschweißstöße orientierte sich an dem in [9], [11] entwickelten Verfahren. Nach dem Schweißen wurden

Schweißnähte planeben geschliffen und die Flächen im Abstand von ca. 110 mm um den Stumpfstoß mit Oberflächenvorbereitungsgrad Sa3 gestrahlt. Anschließend wurde eine Spritzverzinkung aus dem Werkstoff ZnAl15 auf die gestrahlten Flächen und einige Millimeter überlappend bis auf die Feuerverzinkung aufgebracht. Die Überlappungsflächen der Feuerverzinkung wurden zuvor gesweept. Als Abschluss wurde eine dünnflüssige Versiegelung zum Verschließen der Poren der Spritzverzinkung appliziert.

3 Erfahrungen und Bewertung

Umfassende Forschungen in den letzten Jahren zeigen, dass die Feuerverzinkung von Stahlbauteilen in Brückenkonstruktionen wirtschaftliche



Bild 11. Verladene Träger zum Transport auf die Baustelle
Fig. 11. Mounted girders on the way to the construction site

und ökologische Vorteile über eine Lebensdauer von 100 Jahren bietet und der erste Korrosionsschutz die rechnerische Nutzungsdauer einer Brücke überdauern kann. Positive Erfahrungen mit der Verzinkung im Brückenbau liegen bereits von Anwendungen im Ausland, z. B. in den USA, und von einem aktuellen Projekt einer konventionellen Stahlverbundbrücke für eine Wirtschaftswegüberführung über einen Erweiterungsabschnitt der BAB A 44 in Hessen vor. Hierbei handelte es sich um ein integrales Bauwerk mit feuerverzinkten Schweißträgern und darüber liegender Betonplatte.

Die Elsterbrücke Osendorf ist nun die erste uneingeschränkt durch Straßenverkehr nutzbare Brücke, die in VFT-WIB-Bauweise mit feuerverzinkter Stahltragstruktur ausgeführt wurde (Bild 13). In diesem Bauwerk werden die ökonomischen und ökologischen Vorteile der VFT-WIB-Bauweise mit denen der Feuerverzinkung kombiniert und führen daher zu einem extrem wirtschaftlichen Bauwerk mit geringem Unterhaltsaufwand.

Die Nutzung von Walzprofilen mit klarer Geometrie und ohne aufwändige Schweißverbindungen ist besonders vorteilhaft für den späteren Verzinkungsprozess. Während die Schnittflächen bei aus Blechen zusammengesetzten Trägern nach dem thermischen Schneiden aufwändig mecha-



Bild 12. Einheben der Stahlträger in die Schalung (Foto: OST Bau)
 Fig. 12. Placing of the steel girders into the formwork (photo: OST Bau)



Bild 13. Feuerverzinkte Verbundträger
 Fig. 13. Galvanized composite girders

nisch nachgearbeitet werden müssen, damit eine ausreichende Zinkan-
 nahme möglich ist, ist dies bei der Ver-
 wendung von Walzprofilen nicht er-
 forderlich. Insbesondere bei der VFT-
 WIB-Bauweise sind somit keinerlei
 besondere Maßnahmen für die Feuer-
 verzinkung erforderlich, da die einzi-
 gen Schnittflächen später im Beton
 liegen, wo auch ganz ohne
 Feuerverzinkung keinerlei Gefahr von
 Korrosion besteht.

Walzprofile erfahren keinen ein-
 seitigen Verzug durch Schweißei-
 gen-
 spannungen von beispielsweise Hals-
 kehlnähten in Längsrichtung. Bei
 Schweißträgern ist besonderes Augen-
 merk auf die spannungsarme Ferti-
 gung zu richten, z. B. durch das Pilger-
 schrittverfahren als Festlegung im
 Schweißfolgeplan. Zudem haben
 Walzprofile nach dem Feuerverzinken
 eine optisch homogene Erscheinung
 durch gleichmäßiges Schichtwachs-

tum, da die chemische Zusammenset-
 zung im Steg und in den Flanschen
 einheitlich ist. Bei Verwendung von
 unterschiedlichen Werkstoffen sollte
 auf möglichst ähnliche chemische Zu-
 sammensetzungen innerhalb der in
 [13] angegebenen Grenzen geachtet
 werden, da ansonsten signifikante Ab-
 weichungen in Erscheinungsbild und
 Zinkschichtdicke auftreten können.

Neben der durch den Zinküber-
 zug zu erwartenden sehr langen, war-
 tungsfreien Lebensdauer der Stahl-
 komponenten zeigen sich auch im
 Bauablauf die Vorteile der gewählten
 Bauweise. Die sehr hohe Robustheit
 der Feuerverzinkung widersteht den
 üblichen im Zuge des Transportes und
 der Montage auftretenden mechani-
 schen Belastungen, ohne dass Beschä-
 digungen auftreten. Dadurch muss der
 Bauablauf nicht, wie häufig bei organi-
 schen Beschichtungssystemen, infolge
 notwendiger Reparaturarbeiten am
 Korrosionsschutzsystem unterbro-
 chen oder verzögert werden. Somit
 unterstützt die Verwendung verzink-
 ter Stahlkomponenten einen der wes-
 entlichen Vorteile der Verbundbau-
 weise mit Fertigteilen im Hinblick auf
 kurze Bauzeiten.

Literatur

- [1] Deutsches Institut für Bautechnik:
 Zulassungsbescheid Perfobond-Leiste,
 Zulassungsnummer Z-26.1-23, Berlin,
 22.07.1991.
- [2] Wurzer, O.: Zur Tragfähigkeit von Be-
 tondübeln. Dissertation, Institut für
 Konstruktiven Ingenieurbau, Universi-
 tät der Bundeswehr, München, 1997.
- [3] Schmitt, V., Seidl, G., Hever M.,
 Zapfe, C.: Verbundbrücke Pöcking – In-
 novative VFT-Träger mit Betondübeln.
 Stahlbau 73 (2004), H. 6, S. 387–393.
- [4] Seidl, G., Viefhues, E., Berthelley, J.,
 Lorenc, W. et al.: Prefabricated endur-
 ing composite beams based on innova-
 tive shear transmission (PrecoBeam).
 Final Report RFSR-CT-2006-00030,
 European Commission, Brussels 2011.
- [5] Feldmann, M., Gündel, M., Kopp, M.,
 Hegger, J., Gallwosus, J., Heinemeyer,
 S., Seidl, G., Hoyer, O.: Neue Systeme
 für Stahlverbundbrücken – Verbundfer-
 tigteilträger aus hochfesten Werkstof-
 fen und innovativen Verbundmitteln.
 FOSTA – Forschungsvereinigung für
 Stahlanwendung, Endbericht For-
 schungsvorhaben P804, Düsseldorf,
 2012.
- [6] Deutsches Institut für Bautechnik:
 Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Z-26.4-56 „Verbunddübelleisten“, Berlin, 13.05.2013.

- [7] Seidl, G., Stambuk, M., Lorenc, W., Kolakowski, T., Petzek, E.: Wirtschaftliche Bauweisen im Brückenbau – Bauweisen mit Verbunddübelleisten. Stahlbau 82 (2013), H. 7, S. 510–521. DOI: 10.1002/stab.201310072
- [8] DIN EN 1993-1-9: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-9: Ermüdung, Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2010.
- [9] Ungermann, D., Rademacher, D., Oechsner, M., Landgrebe, R., Adelman, J., Simonsen, F., Friedrich, S., Lebelt, P.: Feuerverzinken im Stahl- und Verbundbrückenbau. IGF-No. 351/ZBG, Endbericht FOSTA P835, Düsseldorf, 2014.
- [10] Ungermann, D., Rademacher, D., Oechsner, M., Simonsen, F., Friedrich, S., Lebelt, P.: Feuerverzinken im Brückenbau – Teil 1: Zum Einsatz feuer-

verzinkten Baustahls bei zyklisch beanspruchten Konstruktionen. Stahlbau 84 (2015), H. 1, S. 2–9. DOI: 10.1002/stab.201510225

- [11] Ungermann, D., Rademacher, D., Oechsner, M., Simonsen, F., Friedrich, S., Lebelt, P.: Feuerverzinken im Brückenbau – Teil 2: Zum Einsatz der Feuerverzinkung als lebenslangen Korrosionsschutz für den Brückenbau. Stahlbau 84 (2015), H. 2, S. 119–123. DOI: 10.1002/stab.201510227
- [12] Deutscher Ausschuss für Stahlbau: DASt-Richtlinie 022, Feuerverzinken von tragenden Stahlbauteilen, Düsseldorf: Stahlbau Verlags- und Service GmbH, 2016.
- [13] Ungermann, D., Rademacher, D., Pinger, T., Hechler, O.: Entwurfshilfe zum Einsatz von feuerverzinkten Bauteilen im Stahl- und Verbundbrückenbau. bauforumstahl Nr. B 505, Januar 2016.

Autoren dieses Beitrages:

Dr. Günter Seidl,
SSF Ingenieure AG,
Schönhauser Alle 149,
10435 Berlin,
gseidl@ssf-ing.de

Dipl.-Ing. Andreas Danders,
SSF Ingenieure AG,
Schillerstraße 46,
06114 Halle/Saale,
adanders@ssf-ing.de

Dipl.-Ing. Frank Gunkel,
Stadt Halle,
Abteilung Straßen- und Brückenbau,
Am Stadion 5,
06122 Halle/Saale,
frank.gunkel@halle.de

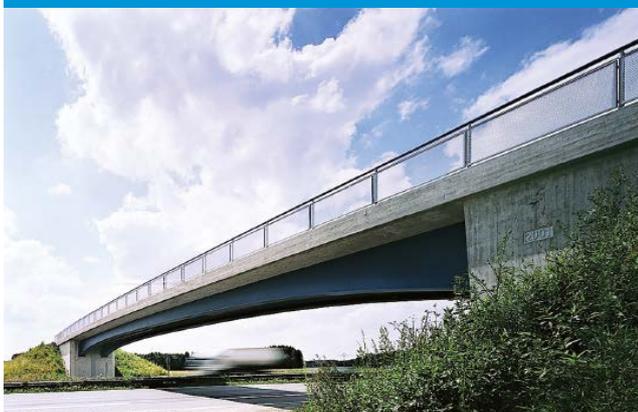
Dipl.-Ing., SFI/IWE Dennis Rademacher,
ArcelorMittal Europe – Long Products,
66, rue de Luxembourg,
4221 Esch-sur-Alzette,
Luxembourg,
dennis.rademacher@arcelormittal.com

Dr.-Ing. Thomas Pinger,
ZINQ Technologie GmbH,
An den Schleusen 6,
45881 Gelsenkirchen,
thomas.pinger@zinq.com

Entwicklung mit SSF



SSF Ingenieure



VFT Bauweise



VFT-WIB Bauweise

ssf-ing.de

