

Special-Ausgabe
Internationale Fachzeitschrift
www.feuerverzinken.com

FEUERVERZINKEN SPECIAL

Innovativer Brückenbau

Deutschlands erste feuerverzinkte Verbundbrücken | Deutschlands dienstälteste feuerverzinkte Stahlbrücke | Temporäre Brückenertüchtigung mit verzinktem Stahl | Deutschlands erste Brücke mit feuerverzinkten Fahrbahnübergängen | Feuerverzinkte Behelfsbrücken | Planungshilfe für feuerverzinkte Brücken



von Dr. Stefan Franz

Von der Forschung in die Praxis

Deutschlands erste feuerverzinkte Stahl-Verbundbrücke fertiggestellt

Im Herbst 2016 wurde Deutschlands erste feuerverzinkte Stahl-Verbundbrücke fertiggestellt. Sie ist ein Pilotprojekt, in das aktuelle wissenschaftliche Untersuchungen eingeflossen sind, die belegen, dass die Feuerverzinkung auch für den Einsatz an zyklisch belasteten Brückenbauteilen geeignet ist und eine Korrosionsschutzdauer von 100 Jahren ohne Wartung erreichen kann.

Für Brückenbauwerke wird in der Regel eine Lebensdauer von mindestens 100 Jahren gefordert. Werden Stahl- und Verbundbrücken durch Beschichten vor Korrosion geschützt, dann ist die Beschichtung erfahrungsgemäß nach rund 25-30 Jahren vollständig zu erneuern. Bezogen auf 100 Jahre sind somit neben einer Erstbeschichtung mehrfach Erneuerungsbeschichtungen erforderlich, die nicht nur hohe Kosten, sondern auch Verkehrsstörungen und zusätzliche Umweltbelastungen verursachen können. Indirekt kann sich somit auch ein erheblicher volkswirtschaftlicher Schaden ergeben.



1

Stahl- und Verbundbrücken sind zyklischen Belastungen ausgesetzt, die einen Nachweis gegen Werkstoffermüdung gemäß DIN EN 1993-2 und DIN EN 1994-2 erfordern. Feuerverzinkte Bauteile sind bislang nicht in der Bemessungsnorm erfasst. Um die grundsätzliche Eignung der Feuerverzinkung für zyklisch belastete Brückenbauteile zu erbringen, wurden im Rahmen des FOSTA-Forschungsprojektes P835 umfangreiche Studien und Untersuchungen durchgeführt. Hierzu gehörten Versuche zur Ermüdungsfestigkeit an für den Brückenbau typischen Details (Kerbfällen) im feuerverzinkten und unverzinkten Zustand. Die an dem Forschungsprojekt beteiligten Wissenschaftler der Technischen Universität Dortmund, der MPA Darmstadt und des Instituts für Korrosionsschutz Dresden kamen zu dem Ergebnis, dass die Feuerverzinkung für den Einsatz an zyklisch belasteten Brückenbauteilen geeignet ist, wenn bestimmte Konstruktions- und Ausführungsaspekte berücksichtigt werden, und dass eine Korrosionsschutzdauer von 100 Jahren durch Feuerverzinken erreichbar ist.

Gemeinsam mit dem Forschungsträger setzte sich die DEGES (Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH) dafür ein, die Feuerverzinkung einer Stahl-Verbundbrücke in einem Pilotprojekt erstmalig in Deutschland im Zuständigkeitsbereich der Straßenbauverwaltung von Bundesfernstraßen zu realisieren. Ziel war es, die im Forschungsvorhaben gewonnenen Erkenntnisse möglichst schnell in die Praxis zu überführen und zu erproben. Bei der Auswahl eines geeigneten Pilotprojektes fiel die Entscheidung auf ein Überführungsbauwerk bei Bischhausen, das die neu herzustellende BAB 44 Kassel-Herleshausen kreuzt.

Der Bauwerksentwurf

Die lichte Weite der Brücke beträgt am Fußpunkt der Widerlager 38,60 m und am Widerlagerkopf 35,64 m. Die Brücke hat eine Fahrbahnbreite von 4,00 m. Die beidseitige Kappenbreite liegt bei jeweils 0,825 m. Die kleinste lichte Höhe zwischen Unterkante Überbau und Oberkante der unterführten Autobahn beträgt 5,26 m. Das Bauwerk wurde für zivile Verkehrslasten nach DIN EN 1991-2 bemessen. Für die Ermüdungsnachweise wurde die Verkehrskategorie 4 (örtliche Straßen mit geringem LKW-Anteil) berücksichtigt. Die Brücke wurde als integrales Einfeld-Bauwerk mit einer Stützweite von 40,00 m ausgeführt. Der Überbau ist als Stahlver-

1 | *An der BAB 44 bei Kassel wurde Deutschlands erste feuerverzinkte Stahl-Verbundbrücke fertiggestellt.*

bund-Tragwerk mit einer parabolisch veränderlichen Konstruktionshöhe konzipiert, die in Feldmitte 1,40 m und am Anschnitt zu den Widerlagern 2,10 m beträgt.

Die beiden Hauptträger des zweistegigen Plattenbalken-Querschnittes wurden als geschweißter Stahlträger mit aufbetoniertem Halbfertigteil ausgebildet. Die Stahlträger wurden hierbei jeweils als I-Träger aus Stahl der Festigkeitsklasse S355 hergestellt, während für die Stahlbetonbauteile des Überbaus Beton der Festigkeitsklasse C35/45 und Betonstahl der Sorte B500B vorgesehen wurde. Die Fahrbahnplatte erhielt eine Gesamtdicke von 37 cm, wobei 12 cm auf die aufbetonierten Halbfertigteile und 25 cm auf die Ortbetonergänzung entfallen. Die Stahlbeton-Bauteile des Überbaus wurden in Längs- und Querrichtung schlaff bewehrt, Vorspannung war nicht vorgesehen.

Korrosionsschutz und Besonderheiten der Herstellung

Die rund 36 m langen Stahlträger wurden aufgrund verfahrenstechnischer Restriktionen beim Feuerverzinken (Zinkbadgrößen) in je drei Teilstücke segmentiert. Die Längen der Stahlträger-Teilstücke betragen hierbei 8,57 - 18,50 - 8,57 m. Um die Begutachtung bzw. eventuell erforderliche Nachbesserungen im Bereich der Stöße leichter möglich zu machen, wurden die Längen der Teilstücke so gewählt, dass die Stoßbereiche über den Standstreifen der BAB liegen. Der Zusammenbau erfolgte auf der Baustelle vor dem Einheben. Durch Schweißen wurden die Stahlträger-Teilstücke zu jeweils 35,64 m langen Hauptträgern gefügt. Mittels thermischen Spritzverzinkens wurde im Bereich der Schweißnaht-Verbindungen der Korrosionsschutz hergestellt. Die fertig zusammengeschweißten Längsträger wurden bauseitig parallel zueinander eingeschalt, bewehrt und zum Halbfertigteil teilbetoniert und danach mit Autokränen eingehoben. Erforderliche Ausbesserungen des Korrosionsschutzes der Stahlträger im Bereich von Auflagerungen, Montageverbänden und Beschädigungen erfolgten ebenfalls durch thermisches Spritzverzinken.

Mit der erfolgreichen Anwendung der Feuerverzinkung im Rahmen dieses Pilotprojektes und weiterer im Bau befindlicher Projekte steht mittelfristig die Berücksichtigung in künftigen Fassungen der Regelwerke in Aussicht. Derzeit ist für feuerverzinkte Brückenbauten in der Hoheit von Bund und Ländern noch eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) erforderlich.



2 | *Der frisch verzinkte Brückenträger wird aus dem Zinkbad gezogen.*

3+4 | *Vor dem Betonieren: Die rund 36 Meter langen Stahlträger wurden parallel zueinander eingeschalt und bewehrt.*

Drei Fragen an Dr. Stefan Franz

Unter der Federführung von Dr. Stefan Franz (DEGES Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH, Bereich P2/Abteilung P2.1/Projekt-Abteilungsleiter) wurde das Pilotprojekt „Feuerverzinkte Brücke über der A44“ initiiert und realisiert.



Frage: Herr Dr. Franz, wie sind die Kosten für das Feuerverzinken der Brücke über die A44 einzuschätzen?

Die Kosten für die Herstellung der Feuerverzinkung lagen in der gleichen Größenordnung wie die für eine konventionelle organische Beschichtung. Selbst wenn man einen erhöhten Aufwand für Transporte und die Stoßausbildung auf der Baustelle in einem Schutzzelt in Ansatz bringt, sind bei vergleichbarer Bauwerksgröße kaum mehr als 2.000 € bis 3.000 € Mehrkosten zu erwarten. In Anbetracht der erheblichen höheren Kosten allein für die Verkehrssicherung zur Einrichtung einer mehrwöchigen halbseitigen Verkehrsführung der unterführten BAB 44 bei der ersten Grundinstandsetzung einer konventionellen organischen Beschichtung ist die Nachhaltigkeit der Ausführung mit einer Feuerverzinkung schon belegt.

Frage: Brückenbau-Ingenieure als auch Bund, Länder und Kommunen haben ein hohes Interesse am Thema Feuerverzinken im Brückenbau. Wie können Dritte von Ihren Erfahrungen profitieren?

Die Erfahrungen, die wir in diesem Pilotprojekt sammeln konnten werden in einem Bericht zusammengefasst, der voraussichtlich im Sommer 2017 auf der Internetseite der BASt zur Verfügung stehen soll. Bis dahin stehen wir aber gerne für Auskünfte zur Verfügung.

Frage: Welche Potenziale sehen Sie für das Feuerverzinken im Brückenbau?

Wir erleben in den letzten Jahren in der gesamten Gesellschaft einen Prozess des langsamen Umdenkens. Es wird nicht mehr nur nach einer billigen Herstellung gefragt, sondern insbesondere bei langlebigen Gütern, zu denen auch zweifellos Brücken gehören, besteht ein wachsendes Interesse an einem nachhaltigen Einsatz unserer Ressourcen. Bislang haben diese Überlegungen aber nur pilothaft Eingang in öffentliche Vergabeverfahren für Bauleistungen gefunden. Ich hoffe, dass sich diese Entwicklung in Zukunft fortsetzt und so der Bewertungshorizont erweitert werden kann. Dies wird dann wieder vermehrt zu einer Konkurrenz der Bauweisen führen.

Aktuell ist die Stahl- bzw. Spannbetonweise hinsichtlich der Herstellkosten der Stahl- oder Stahlverbundbauweise überlegen. Erst wenn man darüber hinaus weitere Aspekte berücksichtigt, gleicht sich die Kostenbilanz aus bzw. weist auch auf andere Vorzugslösungen. Bislang ist diese Erkenntnis einer Entscheidung im Planungsprozess vorbehalten und wird nicht dem Markt überlassen.

Insofern sehe ich durchaus ein Potenzial für das Feuerverzinken im Brückenbau. Grenzen sind hinsichtlich der Fertigungseinschränkungen (Zinkbadgrößen) gegeben. Ggf. kann mit alternativen Stoßausbildungen hier noch eine Optimierung erreicht werden. Ein idealer Einsatz für einen derart langlebigen Korrosionsschutz ist immer dort gegeben, wo Konflikte mit kreuzenden Verkehrswegen schon in der Bauphase zu besonderen Überlegungen zwingen. Denn auch später wird die Erneuerung des Korrosionsschutzes dort immer ein erhebliches Problem sein. Ein Beispiel sind Unterführungen von Bahnanlagen, deren Sperrung zur Erneuerung des Korrosionsschutzes natürlich nicht gewünscht ist.



Weitere Informationen zum Thema:

www.feuverzinken.com/bruecken

Fotos | *Institut Feuerverzinken*





Elster-Brücke in Halle

Deutschlands erste feuerverzinkte Stahlverbundbrücke
in Verbunddübel-Bauweise

Als noch junges Konstruktionsprinzip haben sich Verbunddübelleisten im Brückenbau innerhalb weniger Jahren etabliert. Mit der Elster-Brücke in Halle wurde erstmals eine Brücke in feuerverzinkter Verbunddübel-Bauweise realisiert.

Verbunddübel-Konstruktionen sind eine spezielle Art der Verbund-Fertigteil-Bauweise, bei der mit Verbunddübeln versehene Walzträger als "externe" Bewehrung im Querschnitt eines Stahl-Beton-Verbundträgers verwendet werden. Die Verbunddübel (Abb. 4) werden hierzu in den Steg des Walzträgers geschnitten. Besonders materialeffizient ist die Verbunddübel-Bauweise, wenn halbierte Walzträger „verschnittfrei“ verwendet werden können. Verbunddübel-Konstruktionen zeichnen sich nicht nur durch eine sehr wirtschaftliche Stahlverwendung aus, sie werden auch eingesetzt, weil sie eine sehr schlanke Bauweise aufgrund relativ geringer Konstruktionshöhen ermöglichen.

Feuerverzinken im Brückenbau: Praxisnahe Forschung

Mit dem abgeschlossenen FOSTA-Forschungsprojekt P835 wurde die generelle Eignung der Feuerverzinkung für dynamisch belastete Brückenbauteile nachgewiesen und damit der Einsatz und die Bemessung der Feuerverzinkung im Stahl- und Verbundbrückenbau ermöglicht. Zudem wurde der Nachweis erbracht, dass feuerverzinkte Stahlbauteile mit Zinkschichtdicken über 200 Mikrometer ohne Instandhaltungsmaßnahmen eine Korrosionsschutzdauer von 100 Jahren erreichen, was in der Regel der geplanten Nutzungsdauer eines Brückenbauwerkes entspricht. Im Gegensatz dazu müssen organisch beschichtete Stahlbauteile im Brückenbau zumeist nach 25 bis 30 Jahren komplett erneuert werden. Im Hinblick auf die Ermüdungsfestigkeit feuerverzinkter Verbunddübelleisten im Verbundbrückenbau liefert das aktuelle FOSTA-Forschungsprojekt P1042 wichtige neue Erkenntnisse für die Praxis. An beiden Projekten war und ist der Industrieverband Feuerverzinken e.V. über den Gemeinschaftsausschuss



Verzinken (GAV) beteiligt. Eine Arbeitshilfe des Institutes Feuerverzinken bietet eine praxisgerechte Umsetzung der wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Planung und Anwendung der Feuerverzinkung im Straßenbrückenbau.

Neubau der Elsterbrücke in Halle

Da eine wirtschaftliche Sanierung der im Jahr 1950 erbauten dreifeldrigen Elsterbrücke in Halle-Osendorf aufgrund von Hochwasserschäden nicht möglich war, veranlasste die Stadt Halle einen Neubau der Brücke als einfeldrige Rahmenbrücke in VFT-WIB-Bauweise (Verbund-Fertigteil-Bauweise mit Walzträger in Beton). Mit der Konzeption und Ausführungsplanung wurde die SSF Ingenieure AG beauftragt, die seit Jahren wissenschaftliche Untersuchungen zur Anwendung der Verbunddübelleiste begleitet.

Die Stützweite der neuen Elsterbrücke beträgt 21 Meter. Der Querschnitt hat mit einer Fahrbahnbreite von 3,50 Meter und ergänzenden Gehwegen eine Gesamtbreite von 4,5 Metern. Die schlanke Konstruktion hat in der Brückenmitte eine Höhe von 0,7 Metern und an den Widerlagern eine Höhe von 1,4 Metern.

Zur Herstellung der externen Bewehrung wurden HD320x300-Profile der Stahlsorte S355ML mit 20,38 Metern Länge verwendet und per Brennschnitt in einem ArcelorMittal Anarbeitungszentrum halbiert. Aufgrund von Größen- bzw. Gewichtsbeschränkungen erfolgte eine Teilung der rund 20 Meter langen Bauteile.



2



3

Feuerverzinken der externen Bewehrung

Die Planung und Ausführung der Feuerverzinkung der externen Bewehrung für die Elsterbrücke in Osendorf entsprach hinsichtlich zentraler Aspekte wie beispielsweise Stahlauswahl, Ausführung und Prüfung der Feuerverzinkung oder Ausführung der Montage-Schweißstöße durch Spritzverzinken den Empfehlungen der vorgenannten Arbeitshilfe des Institutes Feuerverzinken. Schichtdickenmessungen ergaben, dass die externe Bewehrung ausreichend vor Korrosion geschützt ist, um eine Korrosionsschutzdauer von 100 Jahren zu erreichen. So zeigten sich beispielsweise an den Flanschunterseiten der Profile Zinkschichtdicken von rund 350 Mikrometern. An den Oberseiten der Flanche wurden sogar bis zu 600 Mikrometer gemessen.

4

- 1 | *Die Elster-Brücke in Halle ist Deutschlands erste Stahlverbundbrücke mit feuerverzinkten Verbunddübelleisten.*
- 2 | *Die Planung und Ausführung der Feuerverzinkung der externen Bewehrung entsprach den Empfehlungen der Arbeitshilfe des Institutes Feuerverzinken.*
- 3 | *Im eingebauten Zustand ist nur noch der Flansch des feuerverzinkten mit Verbunddübeln versehenen Walzträgers zu sehen.*
- 4 | *Feuerverzinkter Walzträger mit Verbunddübelleiste.*

Ingenieure | *SSF Ingenieure AG*
Fotos | *Institut Feuerverzinken*



Brücken in Schnellbauweise

Zwei feuerverzinkte Verbundbrücken ersetzen marode Stahlbetonbrücken

Im baden-württembergischen Albstadt wurden zwei neue Verbundbrücken erbaut, die feuerverzinkten Stahl mit Carbonbeton kombinieren. Sie dienen als Ersatz für zwei marode Stahlbetonbrücken und konnten mit extrem kurzen Vor-Ort-Bauzeiten montiert werden.

Die Brücken mit unterschiedlichen Geometrien und Abmessungen zeichnen sich durch eine ähnliche Bauweise aus. In Längsrichtung erfolgt der Lastabtrag über die feuerverzinkten Stahlträger, in Querrichtung durch Carbonbetonplatten. Die Ende 2016 erbaute Brücke in Albstadt-Margrethausen ist ca. 6,5 m lang und 5,7 m breit und für Fahrzeuge bis 24 Tonnen zugelassen. Die 2017 fertiggestellte Schwesterbrücke im Ortsteil Pfeffingen ist 9 Meter lang und ca. 4 Meter breit und kann von Fahrzeugen bis zu 40 Tonnen befahren werden. Beide Brücken bestehen aus jeweils sechs Stahlträgern und zwei Carbonbetonplatten. Für die Carbonbetonplatten wurde epoxidharzgetränktes Carbontextil mit einem Beton der Festigkeitsklasse C 70/85 verwendet. Bei der Entwicklung der Betonrezeptur wurden Anforderungen an die Verschleißigenschaften berücksichtigt, so dass auf eine Asphaltenschutzschicht verzichtet werden konnte. Schichtdickenmessungen an den feuerverzinkten Stahlträgern der Brücken ergaben Zinkschichtdicken, die allesamt weit über 200 Mikrometern lagen. Dies entspricht den Vorgaben der vom Institut Feuerverzinken herausgegebenen Planungshilfe für feuerverzinkte Stahl-Verbundbrücken um eine Korrosionsschutzdauer von 100 Jahren zu erreichen.

Die Vor-Ort-Montage der beiden Brücken fand in kürzestmöglicher Zeit statt, so dass Verkehrsbehinderungen kaum auftraten. Die vormontierten Brücken wurden jeweils in zwei Teilen zur Baustelle geliefert und konnten dort auf den vorhandenen Widerlagern platziert werden.

1 | *Die feuerverzinkte Stahl-Verbundbrücke in Albstadt-Pfeffingen ist 9 Meter lang und kann von Fahrzeugen bis 40 Tonnen befahren werden.*

Fotos | *Institut Feuerverzinken*



2 | Die Albstädter Brücken bestehen aus jeweils sechs feuerverzinkten Stahlträgern.

3 | Die Ende 2016 erbaute Brücke in Albstadt-Margrethausen ist ca. 6,5 m lang.

4 | Für die „Zwei-Werkstoff-Brücken“ kam feuerverzinkter Stahl und Carbonbeton zum Einsatz.

5 | Die vormontierten Brücken wurden auf den vorhandenen Widerlagern platziert.

6 | Die Brücke in Albstadt-Margrethausen ist für Fahrzeuge bis 24 Tonnen zugelassen.





Ölbrücke bei Hademstorf

Deutschlands dienstälteste feuerverzinkte Stahlbrücke (BJ 1977)

Im Jahr 1977 wurde Deutschlands erste feuerverzinkte Stahlbrücke für den Straßenverkehr fertiggestellt. Sie überspannt die Aller bei Hademstorf in Niedersachsen und ersetzte eine baufällige, 1942 errichtete Holzbrücke. Die sogenannte Ölbrücke diente ursprünglich der Erschließung eines Ölfeldes, wurde aber zunehmend für den öffentlichen Verkehr genutzt.

Die ca. 43 m lange und 3,25 m breite Brücke ist für eine Belastung von 120 kN ausgelegt. Ihr Unterbau besteht aus Stahlrohrpfählen mit 470 mm Durchmesser und einer Wandstärke von 10,5 mm, die in das Flussbett gerammt und danach mit Stahl armiert und mit Beton vergossen wurden. Alle 10,8 m erfolgte eine Unterstützung durch je 2 Pfähle. Die Querträger IPB 220 wurden an 2 durchlaufenden Längsträgern IPB 500 angehängt, diese geben die Lasten an die Pfahlkonstruktion ab. Sämtliche Stoßverbindungen der Brückenelemente wurden mit feuerverzinkten Paßverbindungen verschraubt. Die Gesamtkosten für die neue Brücke beliefen sich im Jahr 1977 auf ca. 160.000,- DM.

Aufgrund von Schäden wurden in den Jahren 2011 und 2012 die Brückenlager und der Fahrbahnbelag erneuert. Für die Sanierung wurden rund 180.000 € ausgegeben. Ein Sanierungsbedarf an den feuerverzinkten Stahlteilen der Brücke bestand nicht. Bei einer Inspektion der Brücke durch das Institut Feuerverzinken im Jahr 2016 wurde der Zustand der feuerverzinkten Stahlteile mit sehr gut bewertet. Rotrost war nicht festzustellen. Schichtdickenmessungen an den Brückenträgern ergaben Zinkschichtdicken zwischen 171 und 191 Mikrometer. An den Geländern wurden Schichtdicken über 110 Mikrometer gemessen. Es ist davon auszugehen, dass Deutschlands dienstälteste feuerverzinkte Stahlbrücke weiterhin für viele Jahrzehnte rostfrei sein wird.

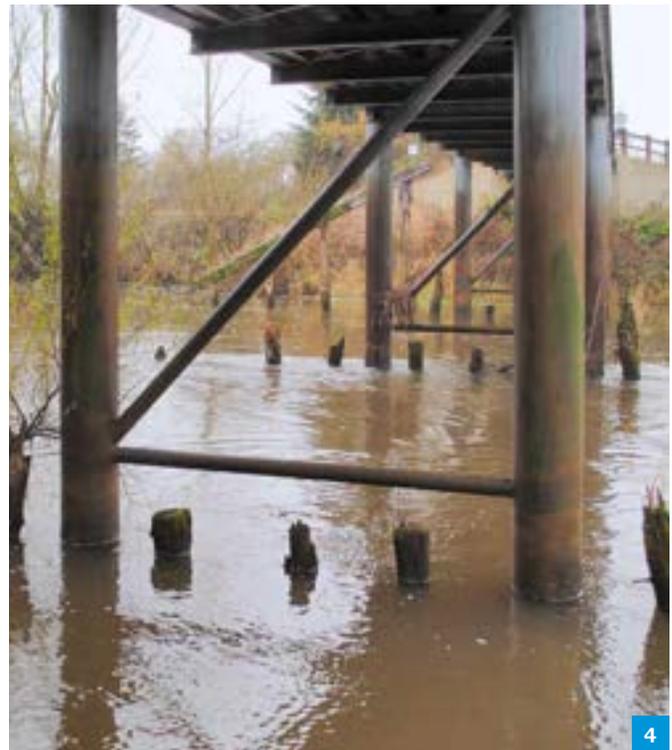
1 | *Die sogenannte Ölbrücke diente ursprünglich der Erschließung eines Ölfeldes.*

2 | *Die 1977 gebaute und 43 lange Brücke ist Deutschlands erste feuerverzinkte Stahlbrücke.*

3 | *Noch immer hohe Zinkschichtdicken: Die 40 Jahre alte Brücke wird weiterhin für viele Jahre rostfrei sein.*

4 | *Verschmutzt, aber korrosionsfrei: Auch die feuerverzinkten Pfähle befinden sich in einem sehr guten Zustand.*

Fotos | *Institut Feuerverzinken*



Impressum

Feuerverzinken – Internationale Fachzeitschrift der Branchenverbände in Deutschland, Großbritannien und Spanien.

Redaktion: Holger Glinde (Chefredakteur), Iqbal Johal, Javier Sabadell
Verlag: Institut Feuerverzinken GmbH, Geschäftsführer: Mark Huckshold

Anschrift Redaktion, Verlag, Herausgeber: Mörsenbroicher Weg 200, 40470 Düsseldorf, Telefon: (02 11) 69 07 65-0, Telefax: (02 11) 69 07 65-28, E-Mail: info@feuerverzinken.com, Internet: www.feuverzinken.com

Druckerei: Bösmann Medien und Druck GmbH & Co. KG, Ohmstraße 7, 32758 Detmold
Nachdruck nur mit ausdrücklicher, schriftlicher Genehmigung des Herausgebers



- 1 | *Detailansicht: Ertüchtigte Brücke am Magaretnensee.*
- 2 | *Eine feuerverzinkte Stahlkonstruktion unterstützt die Lippeumflutbrücke.*

Temporäre Ertüchtigung

Brücken der B 55-Umgehung mit feuerverzinktem Stahl ertüchtigt

Die Sperrung für LKW ist an maroden Brücken oft das letzte Mittel den Verkehr aufrecht zu erhalten. Da zwischen der Sperrung für den LKW-Verkehr an zu erneuernden Brücken und dem Ersatzneubau nicht selten längere Planungszeiträume liegen, kann eine temporäre Ertüchtigung eine akzeptable, kurzfristige Zwischenlösung darstellen, um beispielsweise eine für Anwohner belastende Verlagerung des LKW-Verkehrs auf Umleitungsstrecken zu vermeiden.



Die Ertüchtigung von drei Brücken auf der vierspurigen B 55-Umgehung in Lippstadt ist ein gutes Beispiel. Aufgrund nicht mehr ausreichender Tragfähigkeit für die heutigen Belastungen des Schwerverkehrs wurden die Lippebrücke, die Lippe-Umflutbrücke sowie die Brücke über die K 34 am Margaretensee rund um Lippstadt für LKW über 7,5 t gesperrt. Um die Sperrung möglichst schnell aufzuheben und für LKW bis 44 Tonnen wieder befahrbar zu machen, wurden die Brücken temporär ertüchtigt.

Sowohl die Margaretensee- als auch die Lippeumflutbrücke wurden jeweils mit einer feuerverzinkten Stahlkonstruktion unterstützt. Die Konstruktion wurde unterhalb der Brücken aufgestellt und auf den vorhandenen Fundamenten gegründet. Als Folge dessen wurden die Durchfahrtshöhen beschränkt. Der Überbau der Lippebrücke wurde mit einer sogenannten „externen Vorspannung“ aus zusätzlichen Spanngliedern und Anker-elementen aus Stahlbeton verstärkt. Auch hier kam feuerverzinkter Stahl zum Einsatz.



3



4

3 | Ertüchtigung mittels „externen Vorspannung an der Lippebrücke: Auch hier kam feuerverzinkter Stahl zum Einsatz.

4+5 | Brücke am Margaretensee: Die feuerverzinkte Konstruktion wurde auf den vorhandenen Fundamenten gegründet.



5

Naabbrücke der BAB 93

Deutschlands erste Brücke mit feuerverzinkten
Fahrbahnübergängen

Fahrbahnübergänge gleichen als Bauelemente einer Brücke Verformungen und Bewegungen des Brückenüberbaus gegenüber den Brückenenden aus. In eingebautem Zustand ist nur ein kleiner Teil dieser komplexen Konstruktionen sichtbar. Neben mechanischen Belastungen sind Fahrbahnübergänge vor allem hohen Korrosionsbeanspruchungen ausgesetzt. Hierzu zählen insbesondere Chlorid-Belastungen durch Tausalze. Durch die Verwendungen der robusten, dauerhaften Feuerverzinkung bietet sich hier eine sehr gute Korrosionsschutzlösung.

Doch während es in den USA, Kanada, Australien und in europäischen Ländern wie den Niederlanden oder der Schweiz bereits umfangreiche und gute Praxiserfahrungen mit feuerverzinkten Fahrbahnübergängen gibt, kamen in Deutschland erstmals im Jahr 2016 an der Naabbrücke langlebige feuerverzinkte Fahrbahnübergänge auf Entscheidung der Autobahndirektion Nordbayern zum Einsatz (Abb. 1 und 3). Die Naabbrücke bei Pfreimd gehört zur BAB 93, die von Hof nach Regensburg führt, und hat eine Länge von ca. 300 Metern.

Hochwertige Fahrbahnübergänge sparen Kosten

Im Gegensatz zu Brückenbauwerken, die zumeist für eine Lebensdauer von 100 Jahren ausgelegt werden, gilt gemäß aktuellem Entwurf der ZTV-ING, Abs. 8.1, dass die Nutzungsdauer eines Fahrbahnübergangs mindestens 50 Jahre gemäß Verkehrskategorie 1 nach DIN EN 1991-2, Tabelle 4.5 betragen muss (Tabelle 1).

Fahrbahnübergänge müssen folglich mindestens einmal im Leben einer Brücke erneuert werden. Daten aus Deutschland, Italien und der Schweiz belegen, dass die Lebensdauerkosten (Life cycle costs) in hohem

Maße von der Qualität der Fahrbahnübergänge abhängen. Ein qualitativ hochwertiger Fahrbahnübergang ist im Zeitverlauf deutlich wirtschaftlicher, da er weniger Wartungs-, Reparatur- und Ersatzkosten produziert und in 50 Jahren im Vergleich zu einem Standard-Produkt Einsparungen von mehr als 40 Prozent bezogen auf die Lebensdauerkosten ermöglicht.

Mängel durch Korrosion an Fahrbahnübergängen

Korrosion ist die häufigste Ursache für Mängelanzeigen an Fahrbahnübergängen. Ein wesentlicher Einflussfaktor zur Erschließung von mittel- und langfristigen Kosteneinsparungen an Fahrbahnübergängen ist deshalb eine verbesserte Korrosionsbeständigkeit. Dies gilt für die gesamte Konstruktion des Fahrbahnübergangs. Auch wenn die Korrosionsbelastung an befahrenen Oberflächen und Komponenten oberhalb von Dichtungsebenen besonders stark ist, zeigt sich mit zunehmender Nutzungsdauer eines Fahrbahnübergangs, dass auch Komponenten unterhalb der Dichtungsebene erhöhten Korrosionsbelastungen ausgesetzt sind und ebenfalls einen dauerhaften Korrosionsschutz zur Verlängerung der Nutzungsdauer benötigen.



1



2





3

Weil Beschichtungen aufgrund der hohen mechanischen und korrosiven Einwirkungen auf die Stahlkonstruktion eines Fahrbahnübergangs keine optimale Lösung darstellen, hat sich als umfassendes Korrosionsschutzverfahren für Fahrbahnübergänge das Feuerverzinken bewährt, das bei Bedarf durch eine zusätzliche Farbbeschichtung ergänzt werden kann (Duplex-System).

Normung für Fahrbahnübergänge in Europa

In ETAG 032, dem europäischen Regelwerk für Fahrbahnübergänge, werden Fahrbahnübergänge in die Korrosivitätskategorien C4 und C5 eingeordnet. In den aktuellen deutschen Regelwerken gibt es entsprechende Festlegungen zum Korrosionsschutz. Die Neufassung des Teils 8, Abs. 8.1 der ZTV-ING besagt, dass für den Korrosionsschutz ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 3 gilt. Dort ist ausdrücklich das Feuerverzinken nach DIN EN ISO 1461 und die DAST-Richtlinie 022 genannt. Die Einordnung der Lebensdauer der Feuerverzinkung erfolgt gemäß DIN ISO 14713 und DIN EN ISO 9223. In den Regelungen der Neufassung der TL/TP FÜ wird in Abs. 2.7 gefordert, dass bei Verwendung der Feuerverzinkung nach DIN EN ISO 1461 an ermüdungsbeanspruchten Bauteilen der Einfluss der Verzinkung auf die Ermüdungsfestigkeit zu

Verkehrskategorien		N _{abs} je Jahr und je LKW-Fahrstreifen
1	Straßen und Autobahnen mit zwei oder mehr Fahrstreifen je Fahrtrichtung mit hohem LKW-Anteil	2,0 x 10 ⁶

Tabelle 1 | Verkehrskategorie 1 nach DIN EN 1991-2, Tabelle 4.5

berücksichtigen ist. Dazu kann u. a. auf den FOSTA-Forschungsbericht P 835 „Feuerverzinken im Stahl- und Verbundbrückenbau“ zurückgegriffen werden.

Andere Länder gehen bezüglich der Verwendung der Feuerverzinkung weiter. Die für die Niederlande geltende Norm RTD 1007-2 schreibt sogar das Feuerverzinken- bzw. Flammsspritzverzinken zur Erreichung einer Lebensdauer von mehr als 25 Jahre zwingend vor, eventuell in Kombination mit einer zusätzlichen organischen Beschichtung als sogenanntes Duplex-System.

1 | Montage eines feuerverzinkten Fahrbahnübergangs an der Naabbrücke der BAB 93.

2 | Rundum dauerhaft geschützt: Feuerverzinkter Fahrbahnübergang der kanadischen Golden Ears Bridge.

3 | Naabbrücke der BAB 93: Deutschlands erste Brücke mit feuerverzinkten Fahrbahnübergängen.

4 | An der rund 1 km langen Golden Ears Bridge in Kanada kamen feuerverzinkte Fahrbahnübergänge zum Einsatz.

Feuerverzinken erfüllt die Anforderungen

Wenn Fahrbahnübergänge die Forderung an einen dauerhaften Korrosionsschutz unter Berücksichtigung der mechanischen Belastungen ernsthaft erfüllen sollen, kommt nur eine Feuerverzinkung in Betracht oder der Einsatz von Komponenten aus nicht rostendem Stahl, die jedoch erhebliche Mehrkosten verursachen. Mit Beschichtungen nach DIN EN ISO 12944 können lange Standzeiten erfahrungsgemäß nicht realisiert werden. „Hoch“ gemäß DIN EN ISO 12944-5 entspricht lediglich einer Standzeit >15 Jahren. Bei Verwendung einer Feuerverzinkung mit einer Zinkschichtdicke von 140 µm ergibt sich gemäß DIN EN ISO 9223 in der Korrosivitätskategorie C4 bei einer mittleren Zinkkorrosionsrate eine rechnerische Schutzdauer von mehr als 80 Jahren und in der Korrosivitätskategorie C5 bei einer mittleren Zinkkorrosionsrate eine rechnerische Schutzdauer von mehr als 36 Jahren. Ein Duplex-System aus einer Feuerverzinkung von 140 µm mit einer ergänzenden Beschichtung kann für Fahrbahnübergänge einen Korrosionsschutz von bis zu 60 Jahren bieten.

Fazit

Korrosion ist die häufigste Ursache für Mängelanzeigen an Fahrbahnübergängen. Durch den Einsatz der Feuerverzinkung als dauerhaften Korrosionsschutz kann dieser Mangel vermieden werden, die Nutzungsdauer von Fahrbahnübergängen verlängert und die Lebensdauerkosten gesenkt werden. Mehr Informationen zu feuerverzinkten Fahrbahnübergängen unter www.mageba-germany.de

Fotos | mageba (1, 2, 3), David A. Trim (4)



4



Feuerverzinkte Behelfsbrücken

Verzinkung als Erst- und Zweitkorrosionsschutz

Behelfsbrücken kommen zumeist als temporärer Ersatz für beschädigte oder zu erneuernde Brückenbauwerke zum Einsatz. In Katastrophengebieten und für militärische Zwecke finden sie ebenfalls Verwendung. Nicht selten werden Behelfsbrücken auch als dauerhafte Lösung eingesetzt, da sie kostengünstig sind und ohne schweres Gerät aufgebaut werden können.

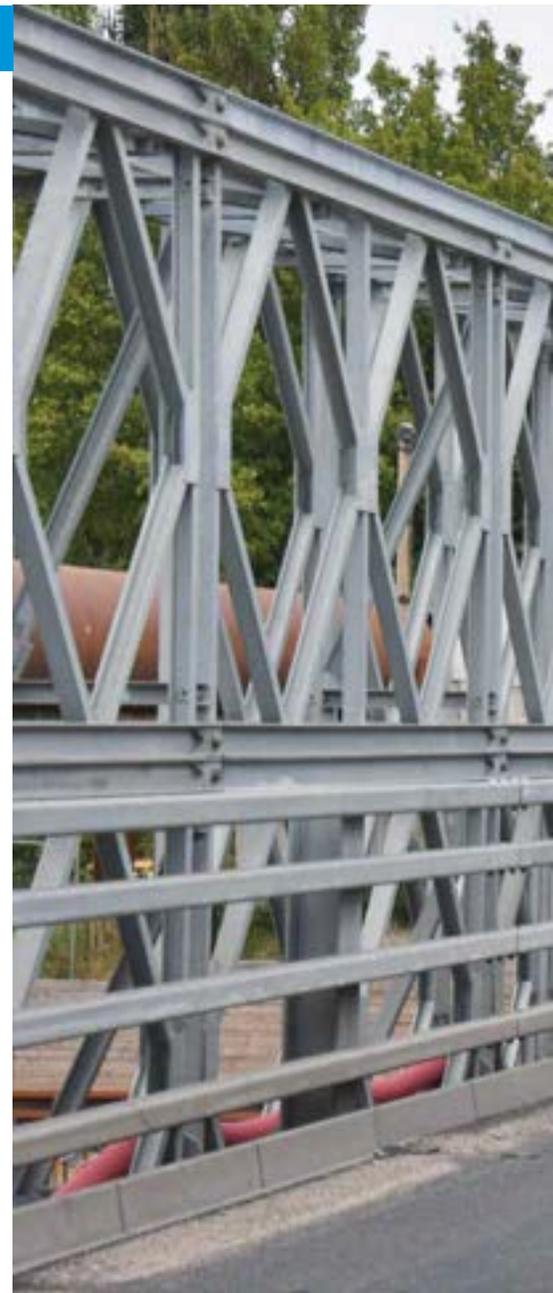
Zahlreiche heute eingesetzte Behelfsbrücken basieren auf Bautypen aus den 1940er und 1950er Jahren wie beispielsweise der Bailey-Brücke. In der Vergangenheit wurden Behelfsbrücken fast ausschließlich organisch beschichtet. Seit einigen Jahren kommen zunehmend auch feuerverzinkte Behelfsbrücken zum Einsatz. Zudem gibt es gute Erfahrungen hinsichtlich des Feuerverzinkens vor älteren beschichteten Bailey-Brücken. Für die Feuerverzinkung spricht die Dauerhaftigkeit und ihre mechanische Robustheit, die auch rauer Brückenmontage und häufigen Transportbelastungen standhält.

Beispiel: Feuerverzinktes Janson Paneelbrückensystem

Das Janson Paneelbrückensystem (Typ JPB) erlaubt Spannweiten von bis zu 80 Meter. Es basiert auf dem Bailey-Brückenkonzept und benutzt Hauptträger, die aus modularen Paneelen zusammengebaut sind. Die Längsträger des modularen Systems bestehen aus 3,048 m langen, rechteckigen modularen Paneelen die durch Schraubverbindungen gefügt werden.

Beispiel: Feuerverzinken älterer beschichteter Bailey-Brücken

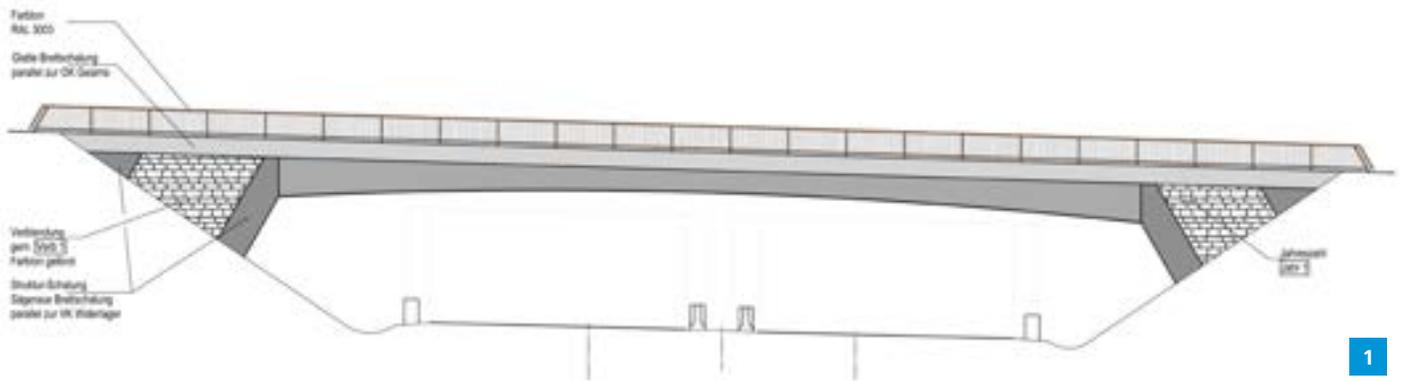
Beschichtete Bailey-Brücken verursachen kontinuierliche Wartungs- und Instandhaltungskosten. Um diese zu reduzieren, können ältere, beschichtete Bailey-Brücken feuerverzinkt werden. Erfahrungen zeigen, dass dies gut möglich ist. Vor dem Feuerverzinken sollten die generelle Eignung des Werkstoffes für die Feuerverzinkung überprüft werden und die beschichteten Brückenteile entlackt werden. Bailey-Brücken-Elemente können zumeist ohne konstruktive Änderungen feuerverzinkt werden.



- 1 | *Alte beschichtete Bailey-Brücke weisen zumeist großflächige Korrosionsschäden auf.*
- 2 | *Nach entsprechender Vorbereitung können alte Bailey-Brücken verzinkt werden.*
- 3 | *Feuerverzinkte Behelfsbrücke über die BAB 7 bei Hamburg.*

Fotos | *Institut Feuerverzinken*





Arbeitshilfe

zur Planung verzinkter Brücken

Die wichtigsten Inhalte im Überblick

Während das Feuerverzinken von Stahlbauteilen im Hochbau eine bewährte Bauweise ist, stellt das Feuerverzinken im Straßenbrückenbau derzeit noch eine Innovation dar. Eine Arbeitshilfe des Institutes Feuerverzinken bietet eine praxiserorientierte Umsetzung aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse zur Anwendung der Feuerverzinkung im Straßenbrückenbau. Sie unterstützt Bauherren, Architekten und Ingenieure bei der Realisierung des Korrosionsschutzes durch Feuerverzinken im Brückenbau.

Korrosionsschutznachweis

Das Forschungsprojekt „FOSTA P835 – Feuerverzinken im Stahl- und Verbundbrückenbau“ erbrachte unter anderem den Nachweis, dass durch Feuerverzinken von Brückenbauwerken eine wartungsfreie Korrosionsschutzdauer von 100 Jahren erreicht wird. Bei korrosiven Belastungen gemäß Korrosivitätskategorie C4 mit erhöhtem Tausalzeinfluss ist hierfür eine Zinkschichtdicke von mehr als 250 µm notwendig. An Brücken mit durchschnittlicher oder geringer Tausalbelastung wird bereits bei einer Überzugsdicke von mehr als 200 µm eine Schutzdauer von 100 Jahren erreicht.

Für die Erreichung dieser Schutzwirkung sind konstruktive und fertigungstechnische Anforderungen zu berücksichtigen, die im Folgenden beschrieben werden.

Stahlauswahl und Konstruktionshinweise

Die Stahlsortenauswahl richtet sich nach den statischen Erfordernissen der Brücke. In Bezug auf das Feuerverzinken ist die chemische Zusammensetzung des Stahls zu spezifizieren. Es sind Stähle gemäß DIN EN 10025-2, Pkt. 7.4.3 „Feuerverzinken“ mit folgendem Silizium- und Phosphorgehalt zu verwenden: $0,14 \leq \text{Si} \leq 0,35$ und $\text{P} \leq 0,035$ Gewichtsprozent.

Neben der korrosionsschutzgerechten Gestaltung nach DIN EN ISO 12944-3 und DIN EN ISO 14713-1 müssen zusätzliche Anforderungen entsprechend der feuerverzinkungsgerechten Konstruktion nach DIN EN ISO 14713-2, Anhang A und DAST-Richtlinie 022 sowie eine feuerverzinkungsgerechte Fertigung berücksichtigt werden. Die wesentlichen Grundlagen hierzu enthalten die Arbeitsblätter Feuerverzinken (www.fv.lc).

- 1 | *Ansicht einer feuerverzinkten Brücke über der A44. (Zeichnung: DEGES)*
- 2 | *Montagestöße an feuerverzinkten Bauteilen sind gemäß Arbeitshilfe auszuführen.*
- 3 | *Kerbfäll-Katalog der Arbeitshilfe (Auszug).*

Brücken-Hauptträger mit Bauteillängen über 16–18 Meter sind zu segmentieren und durch zu schweißende Montagestöße zu fügen. Die Lage der Schweißstöße ist unter Berücksichtigung eventueller Instandsetzungsarbeiten zu wählen. Für Schweißstöße ist nur eine Ausbesserung durch Thermisches Spritzen gemäß der Vorgaben der Arbeitshilfe zulässig.

Nachweis gegen Werkstoffermüdung

Der Nachweis gegen Werkstoffermüdung ist gemäß DIN EN 1993-2, DIN EN 1993-1-9 und DIN EN 1994-2 unter Berücksichtigung der in der Arbeitshilfe angegebenen Kerbfälle für feuerverzinkte Konstruktionsdetails zu führen (Abb. 3). In diesen sind die Ermüdungsfestigkeit von feuerverzinktem Stahl und die feuerverzinkungsbedingten Abminderungen bereits berücksichtigt.

Ausführung und Prüfung der Feuerverzinkung

Der Korrosionsschutz durch Feuerverzinken (Stückverzinken) ist gemäß DIN EN ISO 1461 und DASt-Richtlinie 022 und in für das Brückenbauwerk vorgegebenen Mindestzinkschichtdicken auszuführen.

Die Prüfung der Zinkschichtdicke ist gemäß DIN EN ISO 1461 auszuführen. Gemäß ZTV-ING sind Kontrollflächen an vorgegebenen Punkten gemäß Arbeitshilfe vorzusehen. Neben der optischen Prüfung ist für Brückenbauteile eine systematische Überprüfung mit dem Magnetpulver-Verfahren gemäß Anlage 3 der DASt-Richtlinie 022 verbindlich durchzuführen.

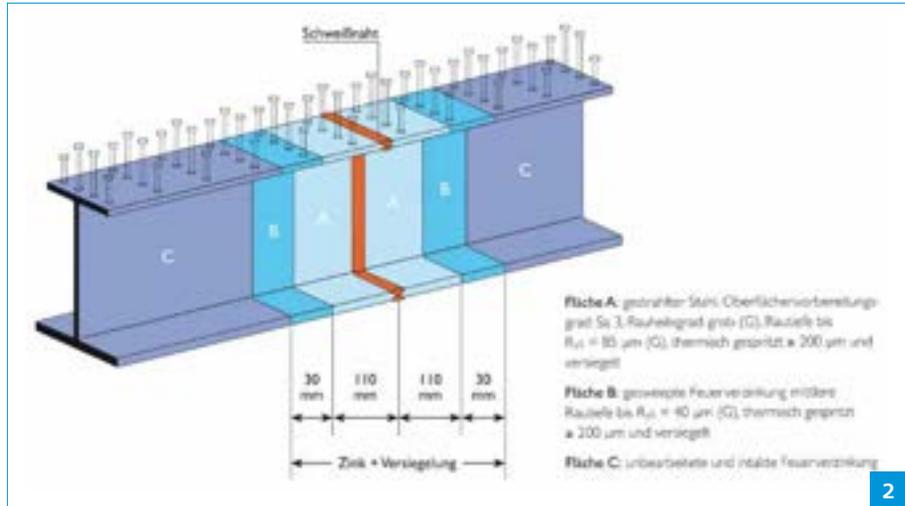
Ausführung von Montage-Schweißstößen

In Anlehnung und Ergänzung zu Pkt. 5.5 ZTV-ING: Baustellenschweißstöße sind Montageschweißstöße durch Spritzverzinken vor Korrosion zu schützen. Hierzu ist die in der Arbeitshilfe beschriebene Vorgehensweise verbindlich einzuhalten (Abb. 2).

Ausbesserung von Beschädigungen der Zinkschicht

Die Ausbesserung von Beschädigungen der Zinkschicht muss nach den Vorgaben der Arbeitshilfe durch Spritzverzinken erfolgen.

Feuerverzinkte Stahl- und Verbundbrücken müssen derzeit noch über eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) zugelassen werden, da der Korrosionsschutz durch Feuerverzinken noch nicht in den für den Straßenbau geltenden technischen Regelwerken eingeführt ist. Eine ZiE wird von der obersten Bauaufsichtsbehörde des jeweiligen Bundeslandes erteilt. Der Antragsteller (z. B. Bauherr, Planer, Bauausführender [Errichter], Sachverständiger) muss den Nachweis über die Verwendbarkeit des



Feuerverzinkens bezogen auf ein konkretes Brückenbau-Projekt erbringen. Dieser erfolgt in der Regel über eine gutachterliche Stellungnahme.

Das Institut Feuerverzinken unterstützt Bauherren, Planer, Bauausführende und Sachverständige bezüglich der ZiE mit weiteren Informationen und Kontaktdaten. Für eine individuelle Beratung stehen die Korrosionsschutzingenieure des Institutes Feuerverzinken zur Verfügung: Per Info-Hotline (0211) 6907650 oder per E-Mail: bruecken@feuerverzinken.com

Kerbfall	Konstruktionsdetail	Beschreibung	Anforderungen
10		Anmerkung: Der Kerbfall 10 ist der höchste Kerbfall für ein gegebenes Profil bei Spannungsübergängen aus hohen Bruchlastigkeiten zu wählen.	Sticht- und Nutflanken mit geschweißtem Kopf.
11		Flanschenbolzen oder Flanschenbolzen mit Nutbolzen; Flanschenbolzen oder Flanschenbolzen mit Nutbolzen; Flanschenbolzen oder Flanschenbolzen mit Nutbolzen.	Einseitige Bolzen sind durch Schellen (Flansch ± 1) zu fixieren oder durch zwei einseitigen Spanngewindestbolzen zu befestigen. Bolzen-Auslassungen durch Flanschen mit Schweißnaht.
12		Flanschenbolzen mit Nutbolzen.	Durch den Flansch und Bolzen ist eine gute Flangenausrichtung zu gewährleisten.
13		Über eine durchgehende Querschnittsfläche Bolzenansatz (Bolzen) an Nutbolzen.	
14		Bolzenansatz für $f = 25 \text{ mm}$, $s_1 = 200 \text{ mm}$.	<ul style="list-style-type: none"> 4) Alle Flanken über den in Längsrichtung gerichtet 4) Schweißnähte sind nach Möglichkeit mit s_1 abzurufen und abzurufen zu vermeiden, Bolzenflanken sind über den in Längsrichtung zu vermeiden. 4) Befestigung über den in Längsrichtung möglich (ZiE).
15		Bolzenansatz für $f = 25 \text{ mm}$, $s_1 = 200 \text{ mm}$.	<ul style="list-style-type: none"> 4) Die Flanschenflanke muss $\approx 90^\circ$ zur Flankenfläche und mit einer Flankenlänge in der Bolzenflanke ausgeführt werden. 4) Schweißnähte sind nach Möglichkeit mit s_1 abzurufen und abzurufen zu vermeiden, Bolzenflanken sind über den in Längsrichtung zu vermeiden.

Arbeitshilfe kostenlos bestellen

Die Arbeitshilfe zur Planung und Ausführung von feuerverzinkten Stahlkonstruktionen im Straßenbrückenbau ist Teil der Broschüre „Feuerverzinkte Stahl- und Verbundbrücken“ und kostenlos bestellbar unter www.feuverzinken.com/bruecken

Feuerverzinken im Brückenbau

Weitere Infos

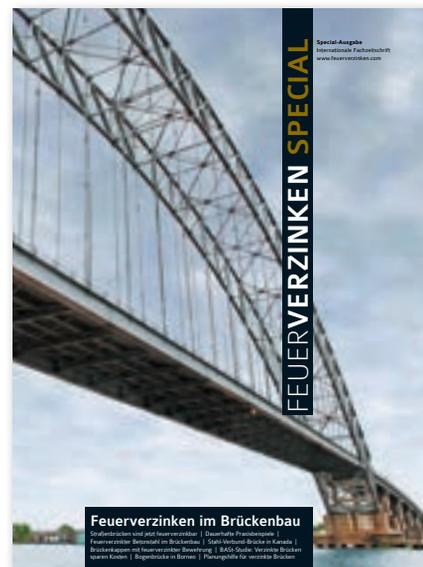
Broschüre Feuerverzinkte Stahl- und Verbundbrücken

mit Arbeitshilfe zur Planung und Ausführung von feuerverzinkten Stahlkonstruktionen im Straßenbrückenbau.
Kostenlos anfordern unter www.feuerverzinken.com/bruecken



Special Feuerverzinken im Brückenbau

Kostenlos downloaden unter www.feuerverzinken.com/bruecken



Info-Hotline zum Feuerverzinken im Brückenbau

Kostenlose Fachberatung für Planer und Ausschreiber unter: 0211/6907650