

Feuerverzinken verhindert Bewehrungskorrosion

Schutz gegen Carbonatisierung und Chloridbelastung

Bewehrungskorrosion ist an Brückenbauteilen aus Beton ein häufig auftretendes Problem. Die Ursachen hierfür sind vielfältig. Neben Rissen und Fugen im Beton, einer zu geringen Betonüberdeckung oder Kiesnestern führen vor allem Carbonatisierung sowie aggressive Belastungen durch Tausalzangriffe und Salzbelastung in Küstennähe zu Bewehrungskorrosion.

Carbonatisierung

Unter normalen Bedingungen ist der Bewehrungsstahl im Beton durch die Alkalität des Betons vor Korrosion geschützt. Durch Feuchtigkeit und Kohlendioxideinflüsse verliert er jedoch langfristig seine Alkalität und wird depassiviert. Als Folge kommt es zu Bewehrungskorrosion und zu schwerwiegenden Schäden am Bauteil, deren Sanierung nicht immer oder nur mit hohem Aufwand möglich ist. Faktoren wie das Alter des Betons, die Betonfeuchte und die Porosität des Betons beeinflussen die Geschwindigkeit der Carbonatisierung. Bewehrungskorrosion durch Carbonatisierung kann durch Feuerverzinken dauerhaft verhindert werden. Da Brückenbauwerke und -bauteile zumeist für eine Nutzungsdauer von 100 Jahren geplant werden, ist die Verwendung von feuerverzinkter Bewehrung unter Wirtschaftlichkeits- und Nachhaltigkeitsaspekten sinnvoll.



Chloridbelastung

Feuerverzinkter Betonstahl bietet auch da zusätzlichen Schutz, wo eine Chloridbelastung zu erwarten ist. Denn auch unter Einfluss von Chloriden sind verzinkte Bewehrungsstähle deutlich beständiger als unverzinkte. Schwerlösliche basische Zinkchloride werden von der Verzinkung abgebunden und damit unschädlich gemacht. Die Verwendung von feuerverzinktem Betonstahl empfiehlt sich daher für Brückenbauten und -bauteile im Küstenbereich sowie mit unmittelbarem Kontakt zu Meerwasser gemäß Expositionsklasse XS1 und XS3 und bei zu erwartender Streu- und Tausalzbeanspruchung gemäß Expositionsklasse XD 1 und XD3 (Tabelle 1).

Feuerverzinkter Bewehrungsstahl

Feuerverzinkte Betonstähle dürfen wie unverzinkte Betonstähle zur Bewehrung von Stahlbeton unter Berücksichtigung der Regelungen der Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung (AbZ) Z-1.4-165 „Feuerverzinkte Betonstähle“ eingesetzt werden. Es können nahezu alle in Deutschland zugelassenen Bewehrungsstähle feuerverzinkt und in Verbindung mit allen Normalzementen nach DIN EN 197-1 verwendet werden.



1 | *Bewehrungskorrosion an einer Autobahnbrücke der A661.*
(Foto: Karl-Heinz Wellmann)

2 | *Bewehrungskorrosion an einer Brückenzugangstreppe im Küstenbereich nach 30 Jahren Standzeit*

Weitere Informationen, Ausschreibungstexte sowie die AbZ „Feuerverzinkte Betonstähle“ unter www.feuerzinken.com/betonstahl

Expositionsklassen XC, XD und XS nach Eurocode 2 (EN 1992)		
Expositionsklasse	Umgebungsbedingung	Beispiele für die Zuordnung (informativ) nach nationalem Anhang DIN EN 1992-1-1/NA [2011-01]
XC: Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Carbonatisierung		
XC1	Trocken oder ständig nass	Bauteile in Innenräumen mit üblicher Luftfeuchte (Küche, Bad in Wohngebäuden o.ä.)
XC2	Nass, selten trocken	Teile von Wasserbehältern, Gründungsbauteile
XC3	Mäßige Feuchte	Bauteile mit häufigem o. ständigem Kontakt zur Außenluft (offene Hallen), Innenräume mit hoher Luftfeuchtigkeit, Feuchträume von Hallenbädern und Viehställen
XC4	Wechselnd nass und trocken	Außenbauteile mit direkter Beregnung, Bauteile in Wasserwechselzonen
XD: Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Chloride, ausgenommen Meerwasser		
XD1	Mäßige Feuchte	Bauteile im Sprühnebelbereich von Verkehrsflächen
XD2	Nass, selten trocken	Schwimmbekken, Bauteile, die chloridhaltigen Industrieabwässern ausgesetzt sind
XD3	Wechselnd nass und trocken	Teile von Brücken, Fahrbahndecken, Parkdecks
XS: Bewehrungskorrosion, ausgelöst durch Chloride aus Meerwasser		
XS1	Salzhaltige Luft, kein unmittelbarer Kontakt mit Meerwasser	Außenbauteile in Küstennähe
XS2	Unter Wasser	Bauteile in Hafenbecken, die ständig unter Wasser liegen
XS3	Tidebereiche, Spritzwasser- und Sprühnebelbereiche	Kaimauern in Hafenanlagen

Hier ist feuerverzinkter Betonstahl sinnvoll.

Tabelle 1 | Expositionsklassen XC, XD und XS nach Eurocode 2 (EN 1992): Durch Feuerverzinken wird Bewehrungsstahl vor Korrosion geschützt.



Wegweisend dauerhaft

Feuerverzinkte Stahl-Verbund-Brücke in Kanada

1

Die in Stahlverbund-Bauweise realisierte Stoneham-Brücke zeichnet sich durch eine wegweisende Verwendung von feuerverzinktem Stahl aus. Sowohl das Stahltragwerk der Brücke als auch der Bewehrungsstahl der Betonbögen und der Fahrbahn wurden feuerverzinkt ausgeführt.

Beim Entwurf der Brückenkonstruktion schied eine Lösung mit einem Mittelpfeiler aus Sicherheitsgründen aus. Die Ingenieure von CIMA+ entschieden sich für eine Brücke aus zwei Parallelbögen, die bis zu 20 Meter über den Highway 73 ragen. Die Beton-Bögen haben an den Auflagern eine Breite von 1500 mm und eine Höhe von 2400 mm und verjüngen sich nach oben jeweils auf die Hälfte. Die Spannweite der Brücke beträgt 68,5 Meter, die Gesamtbreite einschließlich Bögen und Überhängen 18,5 Meter. 34 Stahlseile mit einem Durchmesser von 48 mm sind über integrierte Ankerplatten in den Beton-Bögen mit dem Stahltragwerk der Fahrbahn verbunden. Die Querträger des Stahltragwerkes bilden dabei das Rückgrat der Brücke. In der Regel übernehmen die Längsträger diese Funktion.

Die Stoneham-Brücke wurde für eine Nutzungsdauer von mindestens 75 Jahren geplant, wobei Instandhaltungsmaßnahmen nur auf den

- 1 | *Das Stahl-Tragwerk der Stoneham-Brücke bei Quebec ist feuerverzinkt ausgeführt.*
- 2 | *Feuerverzinkter Bewehrungsstahl macht den Betonbelag der Fahrbahn dauerhafter.*
- 3 | *Ebenfalls feuerverzinkt: Die Bewehrung der Betonbögen der Stoneham-Brücke.*
- 4 | *Aufgrund der langen Winter ist die Brücke starken Tausalzeinflüssen ausgesetzt.*



Ersatz von „Verschleißteilen“ wie dem Fahrbahnbelag reduziert werden sollen. Da schneereiche, lange Winter mit Minusgraden über einen Zeitraum von 5 Monaten das Klima der Region Quebec prägen, ist die Brücke vor allem starken Tausalzeinflüssen ausgesetzt. Aus diesem Grund wurde der Korrosionsschutz durch Feuerverzinken sowohl für das Stahltragwerk der Brücke und für den Bewehrungsstahl der Betonbögen und der Fahrbahn eingesetzt. Hierdurch wird über die gesamte Nutzungsdauer ein wartungsfreier Schutz gewährleistet.

Langzeiterfahrungen

Langzeituntersuchungen beweisen den hochwirksamen Schutz der Feuerverzinkung an chloridbelasteten Betonbauwerken. Messungen an Brücken zeigten, dass der verwendete feuerverzinkte Bewehrungsstahl nach 26 bis 29 Jahren Nutzungsdauer noch immer hohe Zinkschichtdicken aufwies, die zwischen 155 und 236 Mikrometer betrugen (Tabelle unten). Die untersuchten Brücken waren regelmäßig Tausalzen bzw. Salzeinflüssen durch unmittelbare Meeresnähe ausgesetzt.

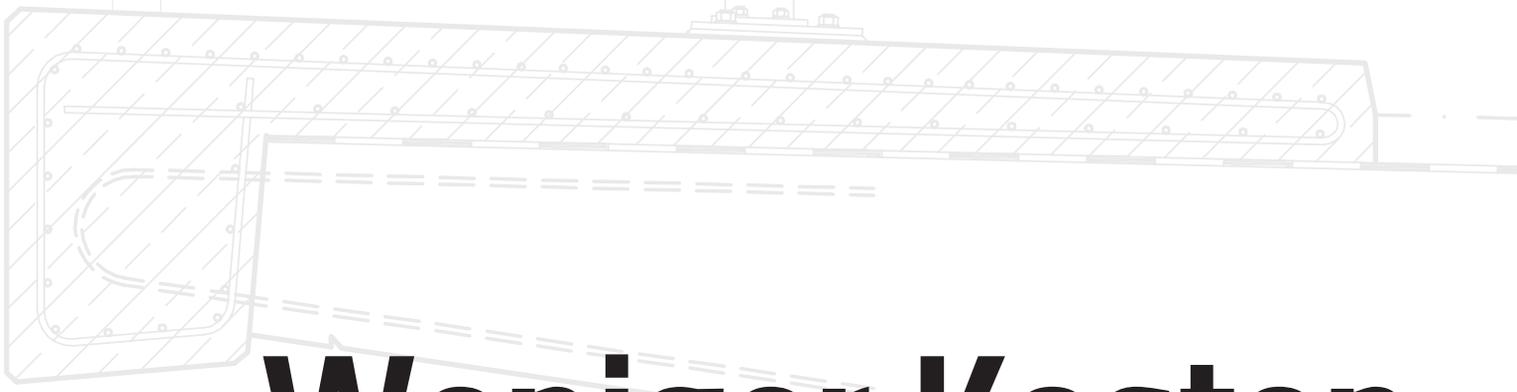
Brücke und Ort	Erbaut Jahr	Inspektion Jahr	Chloride lb/y3	Zinkschichtdicke µm
Boca Chica Brücke, Florida	1972	1999	3,21	170
Tioga Brücke, Pennsylvania	1974	2001	2,23	198
Curtis Road Brücke, Michigan	1976	2002	6,88	155
Spring Street Brücke, Vermont	1971	2002	4,17	191
Evaston Interchange, Wyoming	1975	2002	2,55	236

Chlorid- und Schichtdickenmessungen an Beton-Brückenbauwerken mit feuerverzinktem Bewehrungsstahl in den USA. (Quelle: International Zinc Association)

Architekten | Lemay & Associés

Ingenieure | CIMA+

Fotos | American Galvanizers (1,2,3), Stéphane Groleau (4)



Weniger Kosten und weniger Staus

Bund, Länder und PPP-Betreiber setzen zunehmend auf Brückenkappen mit feuerverzinkter Bewehrung

Die Kappe einer Brücke übernimmt wichtige Funktionen. Sie dient der Einspannung der Dichtungsschicht und ist der Abschluss des Fahrbelages. Zudem werden an den Kappen, als seitliche Verblendung der Konstruktionsbetondecke, Absturzsicherungen und Schutzvorrichtungen montiert. Nicht selten werden Brückenkappen auch als Rad- und Gehweg benutzt.

Brückenkappen, die mit unverzinkten Stählen bewehrt sind, müssen zumeist nach rund 30 Jahren erneuert werden. Die Schadenbilder gleichen sich in der Regel immer. An den Kappen der sanierungsbedürftigen Brücken ist eine fortgeschrittene Korrosion im Bereich des durch Schneeräumfahrzeuge mechanisch beanspruchten „Schramm“-Bordes und an der



Gesimsunterkante, die eine Tropfkante ist, festzustellen. Aufgrund der Volumenvergrößerung des korrodierenden Betonstahls kommt es zu Abplatzungen des Betons. Faktoren wie eine verringerte Betondeckung oder schlecht verdichteter Beton wirken verstärkend. Die Sanierung von Brückenkappen ist immer mit hohen Kosten und Verkehrsbehinderungen verbunden.

Durch die Verwendung von feuerverzinkter Bewehrung können die Standzeiten von Brückenkappen deutlich erhöht werden, so dass ein vorzeitiger Eingriff in den Straßenverkehr durch Reparaturen vermieden wird. Hierdurch werden Baukosten eingespart, Instandhaltungsintervalle verlängert und reparaturbedingte Staus vermieden. Bund, Länder und vor allem private Betreiber von Straßen im Rahmen von PPP-Projekten haben dies bereits erkannt und setzen zunehmend auf feuerverzinkte Bewehrung bei der Sanierung von Brückenkappen als auch beim Neubau.



2



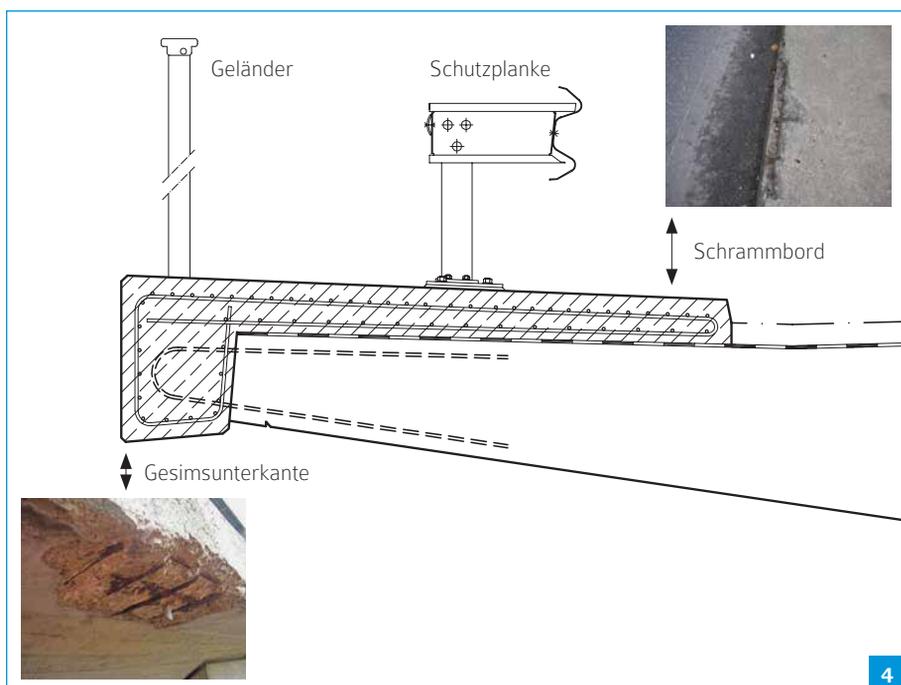
3

1 | *Beim Ausbau der Autobahn 44 kam feuerverzinkter Betonstahl zur Bewehrung von Brückenkappen zum Einsatz.*

2 | *Sanierung: Brückenkappe mit feuerverzinkter Bewehrung an der Autobahn 99.*

3 | *Bund, Länder und PPP-Projekt-Betreiber verwenden zunehmend bei Sanierung und Neubau feuerverzinkte Brückenkappen.*

4 | *Brückenkappe: Bewehrungskorrosion tritt häufig am Schrammbord und der Gesimsunterkante auf*



4

Fotos | *Autobahndirektion Südbayern (2, 3)*