

Zeitschrift: Cementbulletin
Herausgeber: Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)
Band: 60-61 (1992-1993)
Heft: 3

Artikel: Epoxidharzbeschichtete Bewehrung
Autor: Hermann, Kurt
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-153766>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 30.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

CEMENTBULLETIN

MÄRZ 1992

JAHRGANG 60

NUMMER 3

Epoxidharzbeschichtete Bewehrung

**Korrosionsschutz von Bewehrungen. Epoxidharzbeschichteter Betonstahl:
Eigenschaften, Anwendungen, Erfahrungen.**

In der Norm SIA 162 wird festgehalten: «Die Bewehrung muss zur Gewährleistung des Verbundes zwischen Beton und Stahl und zur Sicherung eines dauerhaften Korrosionsschutzes eine ausreichend starke und dichte Betonüberdeckung aufweisen.» Für Tragwerke und Bauteile, die der Witterung oder entsprechenden Temperatur-

Sichtbare Folgen der Chloridkorrosion am unsachgemäß sanierten Hochkamin einer Kehrichtverbrennungsanlage. (Foto: TFB)



2 und Luftfeuchtigkeitswechselln sowie anderen schädlichen Einwirkungen dauernd entzogen sind, hat die Überdeckung der schlaffen Bewehrung mindestens 20 mm zu betragen. In allen übrigen Fällen sind mindestens 30 mm (geschalte Flächen) bzw. 35 mm (ungechalte Flächen) vorgeschrieben.

Und sie rosten doch!

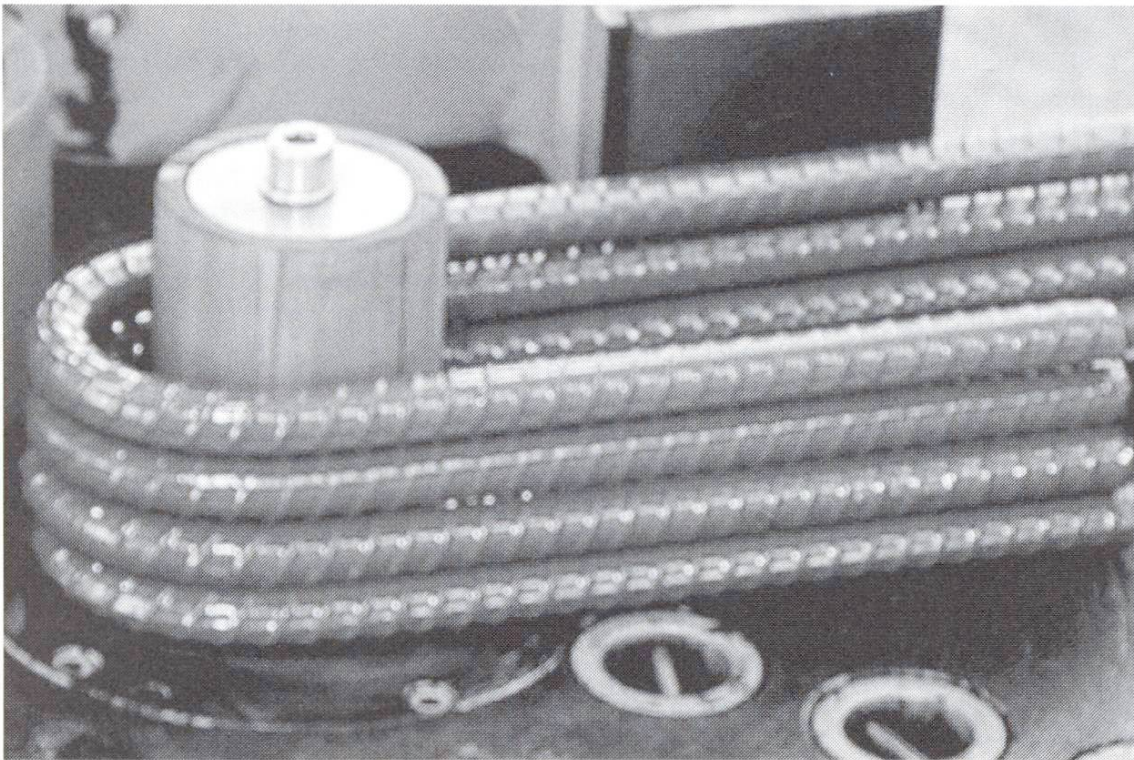
Die hohe Alkalität des Betons schützt Bewehrungsstahl vor Korrosion: Es bildet sich eine oberflächliche oxidische Schicht, die die Auflösung des Eisens verhindert. Soweit die Theorie. Die Wirklichkeit sieht leider oft anders aus. Korrosionsschäden treten nicht nur unter extremen, vielmehr gelegentlich auch unter zunächst als unkritisch und beherrschbar eingestuften Umweltbedingungen auf. Besonders gefährdet sind Stahlbetonteile, auf die neben Regen, Frost und starken Temperaturwechselln auch Chloride aus Streusalzen einwirken, also Kunstbauten im Strassenbereich.

Hier drängen sich besondere Schutzmassnahmen auf. Dazu gehören unter anderem:

- höhere Betonüberdeckungen
- künstlich erzeugte Luftporen im Beton
- Erhöhung des Diffusionswiderstandes der Überdeckung gegen Chloride bzw. Kohlendioxid
- Versiegelung oder Beschichtung der Betonoberfläche
- Verwendung verzinkter Bewehrungsstähle
- kathodischer Korrosionsschutz
- Verwendung von rostfreiem Stahl.

Diese Massnahmen garantieren leider nicht in allen Fällen einen sicheren Korrosionsschutz. So sind beispielsweise Versiegelungen und Beschichtungen von Betonoberflächen nicht sehr dauerhaft und können auftretende Risse nur ungenügend überbrücken. Bei verzinkten Bewehrungsstählen lässt sich ein Chloridangriff im einbetonierten Zustand zwar kurzfristig hinauszögern, aber nicht unterbinden. Zudem treten beim nachträglichen Biegen verzinkter Stäbe Risse auf. Gute Erfahrungen wurden teilweise mit dem kathodischen Korrosionsschutz gemacht; sein Einsatz ist aber des hohen Aufwandes wegen auf Sonderbauwerke beschränkt. Und die «ideale» Bewehrung aus rostfreiem Stahl ist fast immer zu teuer.

In den Vereinigten Staaten und in Kanada setzt man seit bald 20 Jahren zunehmend auf kunststoffbeschichtete Bewehrungen, vor allem dort, wo Korrosionsschäden durch Chloride möglich sind. Treibende Kraft war die Federal Highway Administration (FHWA), die – wie viele lokalen Organisationen auch – die Verwendung von epoxidharzbeschichteten Bewehrungen bei neuen Strassenbrücken zwingend vorschreibt. Der Bereich, in dem epoxidharzbeschichtete



Zu den zahlreichen Qualitätsüberwachungen der beschichteten Betonstähle gehört auch die Kontrolle der Biegefähigkeit um einen Biegedorn mit vier- oder sechsfachem Stabdurchmesser. Die Abwesenheit von Rissen ist ein Beweis dafür, dass die Beschichtung gut haftet.

(Foto: Von Roll)

Bewehrungen sinnvoll eingesetzt werden können, ist jedoch wesentlich breiter. Er umfasst ganz allgemein Bauteile, die aggressiven Medien ausgesetzt oder sehr feingliedrig sind.

Korrosionsverhalten von beschichteter Bewehrung

Beim beschichteten Stahl bildet die Epoxidharzschicht eine physikalische Barriere gegen die korrosive Umgebung. Dies setzt allerdings eine dauerhafte Beschichtung mit hohem Wasser-, Sauerstoff- und Chlorid-Diffusionswiderstand voraus. Zahlreiche Untersuchungen zeigen, dass diese Voraussetzungen gegeben sind. Dennoch muss auch bei epoxidharzbeschichteten Bewehrungen mit Korrosion gerechnet werden, lassen sich doch Fehlstellen und mechanische Verletzungen bei der Herstellung, beim Transport und beim Einbau selbst bei grösster Sorgfalt nicht vollständig verhindern. Lochfrass, eine typische Korrosionsform chloridbeanspruchter Stahlbetonbauten, tritt zwar auf, die Gesamtmenge des aufgelösten Stahls ist aber im Vergleich zum unbeschichteten Stahl mindestens um den Faktor 10 geringer.

In den USA sind gegenwärtig rund 5 % der verwendeten Betonstähle beschichtet. Basierend auf der bald 20jährigen Erfahrung kann festgestellt werden, dass die Schutzwirkung auch bei erhöhter Chloridbelastung des Betons dauerhaft erhalten bleibt. Schäden sind – abgesehen von einem einzigen Fall in Florida durch unsachgemässe Anwendung – keine bekannt.

- 4 Zwei mit epoxidharzbeschichteten Bewehrungen ausgeführte Brückenbrüstungen wurden kürzlich in Kanada detailliert untersucht. Nach neun Jahren Frost-, Chlorid- und Korrosionsbeanspruchung liessen sich selbst an Verletzungen der Beschichtung nur oberflächliche Rostspuren feststellen.

Beschichtete Bewehrung in der Schweiz

Seit Dezember 1991 gelten in der Schweiz die «Richtlinien zur Anwendung von epoxidharzbeschichteten Betonstählen» [1] des Bundesamts für Strassenbau. Sie sind verbindlich für besonders korrosionsgefährdete Kunstbauten oder Teile davon, die zum National- und Hauptstrassennetz gehören. Ein Anhang enthält Angaben zur Qualitätssicherung und umfangreiche Prüfungsvorschriften.

In der einzigen Schweizer Beschichtungsanlage im Tessin wird herkömmlicher Betonstahl durch Sandstrahlen gereinigt, induktiv auf 240 °C erhitzt und dann mit elektrostatisch aufgeladenem Epoxidharzpulver besprüht. Im anschliessend durchlaufenen Wasserbad werden die jetzt beschichteten Stäbe auf Umgebungstemperatur abgekühlt. Bevor sie zur Bearbeitung (Schneiden und Biegen) oder ins Lager abtransportiert werden, durchlaufen sie die vorgeschriebenen Kontrollen. Dazu gehört beispielsweise die kontinuierliche Überwachung der Schichtdicke. Weitere Prüfungen führt auch die amtliche Prüfstelle (EMPA) periodisch durch.

An die beschichteten Stähle werden hohe Anforderungen gestellt [1]:

- nicht mehr als sechs Poren pro Laufmeter
- Fläche einer einzelnen Fehlstelle nicht grösser als 25 mm²

Verlegen der Bewehrung für die Brückenbordüren der Überführung der N8 bei Spiezwiler, des ersten Bauwerks mit beschichteten Betonstählen in der Schweiz. (Foto: Von Roll)





Betonieren der Bodenplatte einer Käserei. Der Beton wird bei beschichteten Bewehrungen wie bei normaler Bewehrung eingebracht. (Foto: Von Roll)

- Schichtdicke zwischen 0,130 und 0,300 mm (90 % der Messwerte)
- minimale Schichtdicke an den Kanten der Längs- und Querrippen 0,080 mm
- hohe Haftfestigkeit (Biegeversuch)
- hohe Beständigkeit gegen Wasser, Calciumchlorid-, Natriumhydroxid- und Calciumhydroxidlösung.

Kontrolliert werden auch die Beanspruchung der beschichteten Betonstähle unter anodischer und kathodischer Polarisierung, ihre Abriebbeständigkeit, Schlagfestigkeit und Witterungsbeständigkeit sowie der Eindruckwiderstand. Durch Auslagerungsversuche von einbetonierten beschichteten Betonstählen wird ihr Verhalten in chloridhaltigem Beton untersucht. Schliesslich geben Ausziehversuche gemäss Norm SIA 162/1 Auskunft über das Verbundverhalten zwischen beschichteten Betonstählen und Beton.

Bemessung und Konstruktion

Ganz allgemein gilt, dass sich beschichtete Betonstähle sehr ähnlich wie unbeschichtete verhalten. In den «Richtlinien zur Anwendung von epoxidharzbeschichteten Betonstählen» [1] wird denn auch festgehalten, dass grundsätzlich die Bestimmungen der Norm SIA 162 gelten. Abweichungen bestehen allerdings auch. Beispielsweise sind die Verankerungslängen sowie die sich daraus ergebenden Längen der Übergreifungsstöße um 25 % zu erhöhen.

6 Aus wirtschaftlichen Überlegungen kann es sinnvoll sein, beschichtete und unbeschichtete Bewehrung im gleichen Bauteil einzusetzen. Dies ist zulässig, wenn ein elektrisch leitender Kontakt zwischen den beiden Bewehrungsarten durch wirksame Massnahmen ausgeschlossen wird. Von den Herstellern beschichteter Betonstähle wird deshalb verlangt, dass sie eigentliche Systemlösungen anbieten. Dazu gehören kunststoffbeschichtete Bindedrähte, Abstandhalter, Unterstützungsbügel, Distanzkörbe und Ausbesserungsmaterial (Zweikomponentenlack) für Schnitt- und Fehlstellen.

Die elektrische Isolation ist gewährleistet, wenn sich beschichtete und unbeschichtete Stäbe berühren, ohne dass es durch praktisch vorgegebene Beanspruchungen zu Verletzungen der Beschichtung kommen kann. Innerhalb zusammengebundener Lagen sollen grossflächige Mischbewehrungen vermieden werden, wenn bei der Ausführung ein erhebliches Verletzungsrisiko für die Epoxidharzschicht besteht, beispielsweise durch das Begehen. Zudem ist darauf zu achten, dass die beschichtete Bewehrung zwangsfrei eingebaut werden kann. Auftretende Schäden an der Beschichtung müssen laufend mit dem Ausbesserungsmaterial beseitigt werden.

Erste Erfahrungen in der Schweiz

Epoxidharzbeschichtete Betonstähle wurden in der Schweiz erstmals im Dezember 1988 bei der Überführung der Umfahrungsstrasse Spiezwiler (Objekt J4c) an der N8 am Thunersee verwendet. Bei der Projektierung und Ausführung der beschichteten Bewehrung

Verlegen der beschichteten Bewehrung für die Trogplatte der SBB-Brücke in Bodio.

(Foto: Von Roll)



7 arbeiteten der Bauherr (Tiefbauamt des Kantons Bern), das Bundesamt für Strassenbau, der Hersteller der Bewehrung (Von Roll) sowie das Institut für Baustoffe, Werkstoffchemie und Korrosion der ETH Zürich eng zusammen.

Das Bauwerk dient auch der Langzeituntersuchung. Zu diesem Zweck wurden je die Hälfte der Brückenbordüren mit beschichtetem bzw. normalem Stahl erstellt. An ausgewählten Stählen in unterschiedlichem Abstand von der Fahrbahnplatte wurden absichtlich Verletzungen angebracht. Die Hälfte der untersuchten Stähle sind zudem über Drahtbrücken elektrisch mit der unbeschichteten Bewehrung in der Fahrbahnplatte gekoppelt.

Die mit fest eingebauten Messanlagen gewonnenen ersten Ergebnisse belegen, dass sämtliche Verletzungsstellen, an denen Korrosion auftreten könnte, zur Zeit im passiven Zustand sind; aufgrund des Stromflusses zwischen der unbeschichteten Bewehrung und den beschichteten Stählen mit Verletzungen beträgt die Abtragungsrate maximal 0,005 mm/Jahr.

In der Schweiz sind beschichtete Betonstähle bis zum jetzigen Zeitpunkt in mehr als 150 Objekten des Hoch- und Tiefbaus eingesetzt worden. Beispiele sind Fabrikneubauten, in denen aggressive Bedingungen herrschen (Verzinkereien, Grosskäsereien), Fassaden- und Balkenelemente sowie Brücken- und Unterführungsteile, Tunnels, Stützen und Wände von Galerien und Klärbecken von Abwasserreinigungsanlagen.

Der Einkauf und das Verlegen sind beim beschichteten Betonstahl 50 bis 60 % teurer als beim unbeschichteten. Die höheren Kosten sollten sich aber bei korrosionsgefährdeten Bauwerken durch längere Lebensdauer sowie niedrigere Unterhalts- und Sanierungskosten bezahlt machen.

Kurt Hermann

8 Literatur

- [1] «Richtlinien zur Anwendung von epoxidharzbeschichteten Betonstählen», Bundesamt für Strassenbau, Bern (1991).
- [2] *Elsener, B.*, «Einsatz epoxidbeschichteter Stähle», SIA-Dokumentation **D 021**, 17–25 (1988).
- [3] *Schiessl, P.*, «Beschichten von Betonstählen», *Bautenschutz – Bautensanierung* **10**, 62–65 (1987).
- [4] *Rehm, G., und Fielker, E.*, «Bautechnische Eignung von kunststoffbeschichteter Bewehrung», *Bautenschutz – Bautensanierung* **10**, 79–86 (1987).
- [5] *Thielen, G.*, «Einsatzbereiche pulverbeschichteter Bewehrung im Betonbau», *Bautenschutz – Bautensanierung* **10**, 87–89 (1987).
- [6] *Isecke, B.*, «Praktische Erfahrungen mit epoxidharzbeschichteten Bewehrungsstählen in den USA», *Bautenschutz – Bautensanierung* **10**, 72–78 (1987).
- [7] *Rehm, G.*, «Kunststoffbeschichtete Bewehrung im Stahlbetonbau», *Betonwerk + Fertigteile-Technik* **53**, 6–13 (1987).
- [8] Unterlagen zur Fachtagung «Optimar – Epoxy-beschichteter Betonstahl», veranstaltet am 20. September 1990 von der Von Roll AG in Giornico und Bodio.

In eigener Sache

Während beinahe sechs Jahren hat Herr Bruno Meyer, dipl. Bauing. ETH, das «Cementbulletin» als verantwortlicher Redaktor betreut. Fachliche Kompetenz und persönliches Engagement kennzeichneten seinen Stil. Wir verdanken ihm eine Fülle interessanter, praxisbezogener Beiträge zur Anwendung von Zementen und Betonen in der bauindustriellen Praxis, ja bis in die bildende Kunst.

Herr Bruno Meyer wendet sich neuen Aufgaben ausserhalb unseres Instituts zu. Wir wünschen ihm dabei Befriedigung, viel Erfolg und danken ihm für die geleistete Arbeit. Sein Nachfolger ist Herr Dr. Kurt Hermann, der seit September 1991 als technischer Redaktor im Dienst der TFB steht. Er ist Chemiker und verfügt über eine langjährige Erfahrung als Fachjournalist.

*Prof. Willy Wilk
Direktor der TFB*

TFB

Zu jeder weiteren Auskunft steht zur Verfügung die
TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE
DER SCHWEIZERISCHEN ZEMENTINDUSTRIE
Postfach
Lindenstrasse 10 5103 Wildegg Telefon 064 57 72 72
Telefax 064 53 16 27