

Das Korrosionsverhalten von Stahlbewehrungen in Beton

Autor(en): **Oeteren, K.A. van**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **92 (1974)**

Heft 3: **Zur "Swissbau 1974"**

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-72231>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

nen, dass Zeichenprogramme für die Bedürfnisse der Bauausführung (Schalungs- und Armierungspläne, Detailzeichnungen usw.) weiter ausgebaut werden. Eine starke Entwicklung wird auch auf dem Gebiet der Managementsysteme und der mathematischen Modelle wirtschaftlicher Zusammenhänge mit entsprechender graphischer Ausgabe zu erwarten sein. Ein reizvolles Gebiet der Computer-Graphik dürfte weiterhin die Erstellung mehrfarbiger, stereoskopischer Bilder sein. Wohin diese Entwicklungen führen werden, ist schwer vorherzusagen. Doch hat sich die Computer-Graphik bereits auf ihrem heutigen Stand als leistungsfähiges Hilfsmittel des Ingenieurs erwiesen.

Literatur

- [1] *Beilfuss, Ch.*: Automated Graphics in an Industrial Environment. Emerging Concepts in Computer Graphics. 1967 University of Illinois Conference, W. A. Benjamin, Inc., New York, 1968.

- [2] Computer Graphics, a Revolution in Design. American Management Association; New York, 1966.
 [3] *Dallaire, G.*: Uses of Computer Graphics. «Civil Engineering», ASCE, Feb. 1973.
 [4] *Grieger, I.*: Über den Einsatz von Bildschirmgeräten bei der Berechnung von Tragwerken. Diss., Universität Stuttgart, 1972.
 [5] *Herzog, B.*: Computer Graphics for Designers. Emerging Concepts in Computer Graphics. 1967 University of Illinois Conference, W. A. Benjamin, Inc., New York, 1968.
 [6] *Jones, C.*: At last: real Computer Power for Decision Makers. «Harvard Business Review», Sept.-Okt. 1970.
 [7] The State-of-the-Art of Computer Graphics. Applications in Structural Engineering. Report of the Task Committee on Computer Graphics of the Committee on Electronic Computation, ASCE Structural Division. ASCE National Structural Engineering Meeting, Preprint 2024, 1973.

Adresse des Verfassers: Dr. D. Pfaffinger, dipl. Bauingenieur ETH, Fides Treuhand-Vereinigung, Bleicherweg 33, 8002 Zürich.

Das Korrosionsverhalten von Stahlbewehrungen in Beton

Von K. A. van Oeteren, D-4010 Hilden¹⁾

DK 624.012.45:693.554:620.197

Die Bewehrung von Stahlbetonbauwerken ist erfahrungsgemäss im allgemeinen ohne weitere Schutzmassnahmen sehr gut korrosionsgeschützt. Dies ist dadurch bedingt, dass im normal alkalischen Beton, dessen Porenfeuchtigkeit einen *pH*-Wert von 12,6 aufweist, der unlegierte Stahl elektrochemisch passiv ist. Die Korrosion wird durch eine submikroskopische dünne Oxidhaut in den angreifenden Elektrolyten praktisch völlig gehemmt.

Es ist zu beachten, dass die Alkalität des Betons grundsätzlich nicht konstant ist, da das als Alkalispeicher wirkende Calciumhydroxid, oder auch sonstige Hydroxide, mit dem Kohlendioxidgehalt der Luft langsam zum Carbonat reagiert. Die Geschwindigkeit dieser sogenannten Carbonatisierung des Betons hängt naturgemäss stark von der Dichte und Porigkeit des Betons, aber auch vom Vermahlungsgrad ab. Unter sonst konstanten Bedingungen ist ausserdem zu erwarten, dass die Carbonatisierung die nächste Umgebung der Bewehrungen um so später erreicht, je dicker die Betonüberdeckung der Bewehrungen ist. Mithin wird der natürliche Korrosionsschutz der Bewehrungen mit steigender Dichte und Betonüberdeckung dauerhafter, soweit der Beton selbst keine aggressiven Substanzen enthält.

Andererseits gehen die Bestrebungen eher in Richtung auf möglichst dünnchalige Beton- und besonders Spannbetonkonstruktionen. In diesen kann nach Erschöpfung des Alkalispeichers des Mörtels der durch die Passivität bewirkte Korrosionsschutz versagen. Die Bewehrungen beginnen dann nach Massgabe des Zutritts von Feuchtigkeit und Luftaustauschstoff zu rosten. Der Mechanismus des Rostens sollte in diesem Fall in seinen wesentlichen Zügen dem Mechanismus der gewöhnlichen Korrosion von unlegiertem Stahl an feuchter Luft ähneln, wobei allerdings das Fortschreiten der Korrosion durch Verwendung eines sehr dichten Betons stark verlangsamt werden kann.

Welche betontechnologischen Voraussetzungen sind für einen optimalen Korrosionsschutz der Stahlbewehrung in Beton erforderlich?

Der Verband zwischen Bewehrung und Beton ist durch eine ausreichend dicke und dichte Betondeckung zu sichern. Sie muss in der Lage sein, den Stahl dauerhaft gegen

Korrosion zu schützen. Nach DIN 1045 «Beton- und Stahlbeton» sind drei Grund-Parameter zu berücksichtigen:

1. Mindestmasse der Betondeckung, bezogen auf die Durchmesser der Bewehrung (siehe Tabelle 9, DIN 1045)
2. Mindestmasse der Betondeckung bezogen auf die Umweltbedingungen (siehe Tabelle 10, DIN 1045)
3. Risse des Betons unter Gebrauchslasten, höchstens haarfein, und zwar dürfen folgende Rissbreiten nicht überschritten werden:
 - 0,3 mm in trockener Umgebung
 - 0,2 mm in feuchter Umgebung
 - 0,1 mm bei Spannbeton bei beschränkter Vorspannung oder anspruchsvollem Sichtbeton
 - 0 mm bei Spannbeton mit Vorspannung.

Korrosion der Stahlbewehrung

Unter gewissen Bedingungen versagt der natürliche Korrosionsschutz der Stahloberfläche im Beton. Es kommt zur Korrosion. Bei der Korrosion der Bewehrung in Beton ist zu unterscheiden zwischen:

Korrosion von innen

- durch Fremdstrom von Gleichstromanlagen
- durch Korrosionselemente hervorgerufen durch unterschiedliche Belüftung oder Feuchtigkeit (fast kein Rost vorhanden)
- durch chloridhaltige Betonzusatzmittel (borkiger Rost).

Korrosion von aussen

- durch nicht ausreichend dicke Betondeckung
- durch nicht ausreichend dichte Betondeckung
- durch Risse infolge innerer oder äusserer Einwirkung.

Korrosionsformen und zwar an

- Bewehrungsstählen; Rostung
- Spannstählen; Rostung, Spannungsrisse.

Die Art und Intensivität der Korrosion von aussen hängt ab von den

Korrosionsbedingungen:

- Land-, Stadt-, See-, Industrieluft
- Feuchtigkeit
- Korrosionsstimulatoren:

Streusalze

Schwefeldioxid (mit Feuchtigkeit schweflige Säure).

¹⁾ Vortrag anlässlich der Tagung «Vorbeugende Instandhaltung von Bauten» im Haus der Technik e. V., Essen, am 9. Oktober 1972.

Beispiele für Korrosionsfälle aus der Praxis

Eis- und Schneebeseitigung

Die Anwendung von Chloriden in Form von Tausalzen bei der Beseitigung von Eis und Schnee auf Strassen und Brücken schafft eine korrosive Umgebung. Diese Chemikalien werden durch die Reifen der Fahrzeuge verschleppt und können ungünstige Bedingungen auch im Inneren von Parkhäusern hervorrufen.

Luft- und Wasserverschmutzung

Ungünstige Bedingungen herrschen auch in Gegenden mit stärkerer Luft- und Wasserverschmutzung. Von besonde-

rer Bedeutung sind industrielle Abgase und Kläranlagen, wo die Schwefelwasserstoffkonzentration hoch sein kann.

Bauten in maritimer Umgebung

Die ständige Durchfeuchtung und Wiederaustrocknung im Tidebereich, die Durchfeuchtung durch Meerwasser-Aerosole und Meeresnebel in Küstennähe, die ebenfalls die Bauten befeuchten und austrocknen lassen, bringen ernsthafte Gefahren mit sich.

Anwendung von Betonzusätzen

Die Anwendung von Calciumchloridzusätzen vergrößert die Wahrscheinlichkeit der Korrosion sogar in nur schwach aggressiver Umgebung. Diese Zusätze sind in Deutschland verboten, sie werden jedoch teilweise trotzdem angewandt.

Fundamente von Bauten

Korrosion kann auftreten, wenn der Salzgehalt des umgebenden Erdreichs genügend hoch ist, wie im Brackwassergebiet oder in ausgedörrten Wüstengegenden.

Fremdstrome

Bauten können der Einwirkung von elektrischen Streuströmen ausgesetzt sein, wie sie beim kathodischen Schutz von Rohrleitungen, der Erdung von Maschinen, z. B. Schweißgeräten, oder starken Erdungen durch Kupfer in Kraftwerken und an elektrifizierten Eisenbahnstrecken auftreten.

Entwässerung

Schlechte Entwässerungssysteme können das gesammelte Wasser den Beton durchdringen lassen, statt das Wasser von den Bauten abzuziehen. Ansammlungen stehenden Wassers können auch die natürlichen korrosionsschützenden Bestandteile des Betons auslaugen, wenn das Wasser «weich» ist, also einen niedrigen Calcium- oder Magnesiumgehalt aufweist, oder wenn es in grösserem Umfang Sulfate enthält.

Bauzubehör und metallische Kleinteile

Abstandshalter, Formanker, Muffen, Rohre, Anker, Aufnehmer und ähnliche Stahlteile werden manchmal ungeschützt auf der Aussenseite von Beton verlegt und können zu Ausgangspunkten für den Beginn der Korrosion werden.

Folgen der Korrosion der Bewehrung

Mit der Rostung der Bewehrung ist zwangsläufig eine Volumenvergrößerung in der Grenzzone Stahl/Beton verbunden, die zum Absprengen von handtellergrossen Betonteilen führt, wie die Bilder zeigen. Eine Korrosion der Bewehrung führt zu:

- Schäden am Beton selbst
- Veränderung des optischen Charakters der gesamten darunter liegenden Fläche durch Rostfahnen und Läufer.

Warum ist eine Korrosion der Stahlbewehrung heute kritischer?

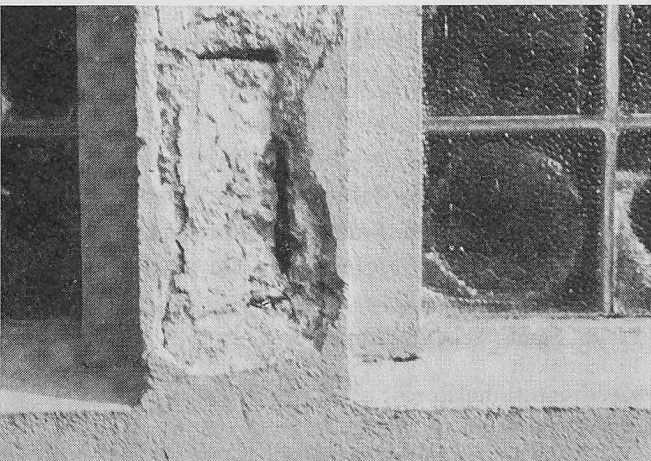
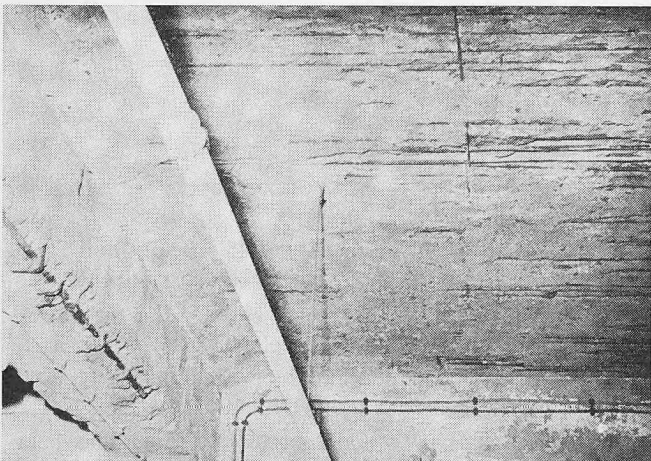
Dies hat eine Reihe von Gründen, beispielsweise:

- Verwendung der sichtbaren Betonoberfläche als Gestaltungselement
- Erhöhung der Stahlspannungen durch die Verwendung hochwertiger Stahlsorten
- Schlankere Gestaltung der Konstruktion aus architektonischen Gründen
- Schlankere Gestaltung der Konstruktion zur besseren Werkstoffausnutzung durch verfeinerte Berechnungsmethoden.

Wie kann man Korrosionsschäden verhindern?

Durch verschiedene Schutzmassnahmen ist eine Korrosion zu verhindern und zwar

Einige Beispiele für den Angriff von Bewehrungsstahl in Beton



aktive Korrosionsschutzmassnahmen:

- konstruktiv; Erfüllung der betontechnologischen Voraussetzungen
- kathodischer Schutz
- Werkstoffauswahl; z.B. feuerverzinkter Bewehrungsstahl
- Inhibitoren (Chromate, Natriumbenzoat, Natriumnitrit)

passive Schutzmassnahmen:

- Aussen: Imprägnierungen, Versiegelungen, Beschichtungen.
- Innen: Anstriche der Bewehrungen, z.B. mit Bleimennige.

Von den aufgeführten Schutzmassnahmen erscheint aus den mannigfachen Gründen der Schutz über die Werkstoffauswahl am zweckmässigsten.

Da Zink an feuchter Luft beständiger ist als unlegierter Stahl, kommt dazu u.a. grundsätzlich eine Feuerverzinkung der Bewehrungen in Frage. Feuerverzinkte Bewehrungen werden ausserhalb der Bundesrepublik in steigendem Umfang benutzt. Sie finden namentlich auch in Küstengebieten Verwendung, da die Ansicht besteht, dass verzinkte Bewehrungen auch dem Angriff chloridhaltiger Lösungen besser widerstehen als unverzinkte Bewehrungen.

Dagegen ist in der Bundesrepublik die Verwendung von Stählen mit einer Schutzschicht aus anderen Metallen, einschliesslich Zink, für Spannbeton z.Zt. nicht zugelassen.

Sanierung von Stahlbetonbauwerken mit Korrosionsschäden

Nachfolgend einige Beispiele für die Sanierung:

- Locker liegende Betonstellen mechanisch entfernen: Abklopfen, Abschlagen, Aufstemmen.
- Freigelegte Bewehrung metallisch blank machen: maschinelle Entrostung, Sandstrahl-Entrostung (Entrostungsgrad 3-2.213 der Rost, Sa 3)
- Korrosionsschutz der Bewehrung mittels Grundbeschichtung: Bleimennige- oder Zinkchromatgrundbeschichtung, z.B. auf Epoxidharzbasis. Die Grundbeschichtung muss gleichzeitig als Haftbrücke für die nachfolgende Ausgleichsmasse dienen.

- Ausgleichsmasse: Hydraulisch abbindender elastifizierter Ausgleichsspachtel
- Dispersionsanstrich zum Schutz der gesamten Oberfläche und Farbgebung

Je nach Schadenersatz und Umfang ist zu unterscheiden zwischen ganzflächigem und stellenweisem Aufbringen.

Forschungsergebnisse, die für feuerverzinkte Stahlbewehrung sprechen

Oft wird der Verzinkungsschicht eine schlechte Verträglichkeit und ein geringes Haftvermögen zum Beton nachgesagt. Mittlerweile konnten durch die Forschungsergebnisse verschiedener Länder folgende Aussagen untermauert werden:

- Das Haftungsvermögen verzinkten Stahls in Beton ist gleich gut oder besser als bei unverzinktem Stahl
- Durch das Feuerverzinken werden die mechanischen Eigenschaften des Bewehrungsstahls nicht verändert
- Die Zinkablösung kommt im Normalfall nach etwa 7 bis 10 Tagen zum Stillstand. Die absoluten Abtragungswerte bewegen sich zwischen 5 und 7 mm, so dass die Gefahr der Wasserstoffentwicklung und Versprödung nicht gegeben ist
- Die Korrosionsbeständigkeit verzinkten Stahls in Beton ist nach folgenden Methoden geprüft worden: Lagerung bei unterschiedlicher Luftfeuchtigkeit; Wechselstandversuche in CaCl₂-Lösungen; Beaufschlagung mit Gleichstrom. Bei allen Untersuchungen zeigten Betonprobekörper mit verzinkter Bewehrung eine erheblich bessere Korrosionsbeständigkeit als Proben mit unverzinkter Bewehrung
- Bei Beschädigungen der Zinkschicht wird auch im Beton der kathodische Schutz des umgebenden Zinks mit nachfolgender Deckschichtbildung voll wirksam
- Tonerdeschmelzzement ist beim Einsatz feuerverzinkten Bewehrungsstahls nicht zu empfehlen.

Adresse des Verfassers: Oberger, K. A. van Oeteren, Vereidigter Sachverständiger und Dozent für Korrosionsschutzverfahren (metallische und organische Überzüge), D-4010 Hilden.

Hydraulischer Pressrohrvortrieb im Kanalisationsbau

DK 628.247

Von Ivo Dasek, Bern

Der Pressrohrvortrieb hat sich in der Kanalisationstechnik bewährt. Diese Bauweise eignet sich nicht nur zur Unterquerung von verschiedenen Terrainhindernissen, sondern auch überall dort, wo die offene Bauweise wegen der grossen Tiefenlage oder aus verkehrstechnischen und anderen örtlichen Verhältnissen nicht gut und wirtschaftlich durchführbar wäre. Der Pressrohrvortrieb eignet sich vorzugsweise für Profile mit Durchmesser zwischen 100 und 220 cm. Die Ausführung des Pressrohrvortriebs ist an eine spezialisierte Bauunternehmung, die für diese Arbeiten gute Einrichtungen, geschultes Personal und Erfahrungen besitzt, zu vergeben.

Die gewaltige Wirtschaftsentwicklung der letzten Jahre kommt in den steigenden Ansprüchen an die Kapazitäten der städtischen Entwässerungsnetze zum Ausdruck. Durch den Umbau der Städte, durch die Abnahme der grünen Zonen und durch die stetige Zunahme der befestigten Flächen vergrössern sich grundsätzlich die Werte der Abflusskoeffizienten, und die Fliesszeit verkürzt sich; dies führt zu einer beträchtlichen Erhöhung der Abflussmengen in den Kanalisationsnetzen. Viele Entwässerungsnetze, obwohl einmal richtig bemessen, entsprechen den heutigen Bedingungen nicht mehr,

und es kommt zu Überlastungen, zum Rückstau und nicht selten zu Überschwemmungen von Kellergeschossen.

Kanäle in den überbauten Gebieten zu bauen bzw. zu sanieren ist eine anspruchsvolle und kostspielige Aufgabe. Die Aufrechterhaltung des Verkehrs, die Unmöglichkeit, gewisse Strassen zu schliessen oder Umleitungen zu schaffen, die Notwendigkeit, bestimmte Geländehindernisse oder wichtige Trassen wie Eisenbahnlinien, Autobahnen usw. zu unterfahren oder die Leitungen in grosser Tiefe zu bauen, haben andere, geeignete und oft auch wirtschaftlichere Leitungsbauverfahren als die offene Bauweise zur Anwendung gebracht. Am Anfang wurden dazu die klassischen bergmännischen Untertagebauweisen angewandt; diese Methoden finden heute ihre Anwendung eher für den Bau von grösseren Profilen. Für den Ausbau von kleineren Leitungsprofilen wurde in den letzten zehn Jahren das Pressrohrvortriebsverfahren entwickelt und erfolgreich angewandt.

1. Prinzip des hydraulischen Pressrohrvortriebs

Beim hydraulischen Pressvortrieb werden einzelne Rohrelemente nacheinanderfolgend in den Boden gepresst. Die dazu verwendeten hydraulischen Pressen sind meist in einem