

# Verbesserter Korrosionsschutz durch Mörtel: neuer Mörtel mit erhöhter Leitfähigkeit für den kathodischen Korrosionsschutz (KKS) von Stahlbeton

Autor(en): **Müller, Reinhard O.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **107 (1989)**

Heft 48

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-77211>

## **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.

Wandlungen zu bremsen und so die Lebensdauer künstlich zu verlängern.

### Die geistigen Strömungen und Ansichten

Dass Strassentunnels auch Wandlungen infolge geistiger Strömungen und Ansichten ausgesetzt sind, lässt sich wie folgt darlegen:

□ Strassentunnel in der Schweiz und anderswo haben sich von einer unabdinglichen technischen Notwendigkeit heraus hin zu einem eigentlichen Vehikel zur Überwindung von Opposition gegen den Strassenbau gewandelt. Die gegenwärtige Devise scheint zu lauten: Keine Strasse ohne Strassentunnel.

□ Galten Bau-, Betriebs-, Unterhalts- und Erneuerungskosten früher als stichhaltige Argumente gegen Strassentunnels, rücken diese Aspekte immer mehr ins Hintertreffen und scheinen völlig in Vergessenheit zu geraten.

□ Anfänglich betrachtete man Strassentunnel bloss als finstere Löcher; heute haben sie dem Umweltschutz zu dienen. Strassentunnels sollen künftig sogar als Abgaskollektoren erhalten. Mit Luftreinigungsanlagen versehen würden sie dann in «Frischluftfabriken» verwandelt. Letzteres erscheint heute noch als völlig abwegig. Ob dies in einer entfernten Zukunft auch so sein wird, ist vermessen zu behaupten. Schliesslich lässt sich mit ausreichenden Geldmitteln fast alles realisieren, auch Unvernünftiges.

Obige Wandlungen scheinen heute irreversibel zu sein. Ob dies, in Anbetracht der Kosten, weiter so bleibt, darf jedoch bezweifelt werden. Geistige Strömungen und Ansichten ändern sich ja bekanntlich mit der Zeit und den Umständen.

### Die Genealogie der Strassentunnel

Die oben aufgezeigten Wandlungen verleiten dazu, eine Art Genealogie der Strassentunnels der Schweiz zu formulieren. Diese kann ohne allzu grosse Mühe über bloss «neu» und «alt» hinaus formuliert werden. Von den ersten bis zu den neusten Objekten zeichnen sich eigentliche Tunnelgenerationen ab. Jede davon hat eine besondere Daseinsberechtigung, die den Wandlungen der jeweiligen Zeit entspricht. Beispielsweise lassen sich beim Nationalstrassenbau diese Generationen in chronologischer Folge recht gut wie folgt aufzeichnen. Dabei hat man sich zu vergegenwärtigen, dass jüngere Tunnel, von ihren Merkmalen her, durchaus einer älteren Generation zugehörig sein können.

1. Rein topographisch bedingte Tunnel, z.B. Urnerloch N 2, UR; Schieferenegg N 4, SZ
2. Tunnel zur Gewährleistung der Wintersicherheit und -tauglichkeit einer Strassenverbindung, z.B. Gottshard N 2; San Bernardino N 13, GR
3. Tunnel bedingt durch eine grosszügigere Linienführung als Folge einer

höheren Ausbaugeschwindigkeit, z.B. Rampentunnel N 2, UR; N 13, GR; N 2, BL

4. Tunnel in stark überbauten Gebieten, bedingt durch fehlenden Raum, z.B. Sonnenberg N 2, LU; Milchbuck, ZH; N 5, Stadt NE; Fäsenstaub N 4, SH

5. Tunnel zur Wahrung wertvoller Landschaften, Kulturgüter oder genutzter Gelände, z.B. Mariazell N 2, LU; Isabella N 13, GR; Brünnen N 1, BE; Thunerallmend N 6, BE

6. Tunnel als Lärmschutz, z.B. Stettlen N 1, ZH; Ligerz N 4, BE

7. Tunnel zur Schaffung bzw. Erhaltung von Kultur- oder Freiflächen, z.B. Verlängerung Confignon N 1, GE; St-Maurice N 9, VS

8. Tunnel als nachträgliche Eideckung aus reinen Umweltschutzgründen (Lärm, Abgase), z.B. Verlängerung Sonnenberg N 2, LU.

Die oben dargelegte Genealogie zeigt auf, wie Strassentunnel in der Schweiz eine grosse «kulturelle» Wandlung durchlaufen haben. Vom anfänglichen Pionierstadium, bei dem Tunnels einfache, nicht zu vermeidende Löcher darstellten, über rein strassenbautechnisch bedingte, anspruchsvolle Objekte wandelten sie sich beim Nationalstrassenbau mit der Zeit allmählich in ein Hilfsmittel zum Schutz bzw. Nutzen höherer Güter, der Lebensqualität und Umwelt.

Adresse des Verfassers: F. Ruckstuhl, Sektionschef, Bundesamt für Strassenbau, Monbijoustrasse 49, 3003 Bern.

## Verbesserter Korrosionsschutz durch Mörtel

Neuer Mörtel mit erhöhter Leitfähigkeit für den kathodischen Korrosionsschutz (KKS) von Stahlbeton

Die Bewehrung in Stahlbeton verhält sich in der Regel passiv und bleibt frei von Korrosion, weil sie in der hochal-

kalischen Umgebung des Betons durch die Bildung einer schützenden Deckschicht vor Korrosion geschützt ist. Das zeigt sich darin, dass die Stahloberflä-

che mit der Zeit ein relativ hohes Potential annimmt. Gegen die Kupfersulfat-Elektrode gemessen beträgt es  $-200$  bis  $+100$  mV. Es ist aber bekannt, dass eindringende Chloride die Passivität aufheben und zu Lochkorrosion führen können. Auch ohne die Einwirkung von Chloridionen wird mit der Zeit die hohe Alkalität des Betons durch Eindiffundieren von Kohlensäure aus der Luft neutralisiert; es bildet sich Kalziumkarbonat,

und bei mittleren bis hohen Luftfeuchtigkeiten beginnt der Stahl zu korrodieren. Durch die gebildeten Korrosionsprodukte wie Magnetit wird der umliegende Beton gesprengt. Es entstehen Risse und Abplatzungen. Als Folge davon müssen Betonstrukturen und Bauwerke saniert werden (Bild 1).

### Klassische Sanierung

Bei der klassischen Sanierung wird der karbonatisierte oder chloridhaltige Beton entfernt und durch neue Betonmasse ersetzt. Es ist aber ein Problem, den chloridverseuchten Beton vollständig zu entfernen, ohne dabei die Tragfähigkeit der Struktur zu beeinträchtigen.

VON REINHARD O. MÜLLER,  
ZÜRICH

kalischen Umgebung des Betons durch die Bildung einer schützenden Deckschicht vor Korrosion geschützt ist. Das zeigt sich darin, dass die Stahloberflä-



Bild 1. Korrodierte Bewehrungsstähe haben die Betonüberdeckung abgesprengt

**Kathodischer Korrosionsschutz von chlorhaltigem Stahl-Beton**

Eine neue Methode der Sanierung von versalzenerm oder karbonatisiertem Eisen-Beton besteht darin, die Bewehrung mit Hilfe des kathodischen Korrosionsschutzes vor weiterer Korrosion zu schützen (Bilder 2, 3). Diese Schutzart wird für erdverlegte Systeme, wie zum Beispiel Gas- oder Wasserleitungen, schon lange benützt und hat sich in der Praxis bewährt.

Bei Betonstrukturen besteht der grosse Vorteil darin, dass die Korrosion gestoppt werden kann, ohne dass Chloride entfernt werden müssen. Dadurch wird auch chloridhaltiger oder karbonatisierter Stahl-Beton beständig.

Bei Bauwerken ist es notwendig, eine Anode in den Beton einzubetten und elektrischen Strom in die Struktur einzuleiten (Bild 3).

Dabei werden die Bewehrungen an den negativen Pol und die Anode an den positiven Pol gelegt. Die Anoden sind in einem Verputz oder in einem Mörtel eingebettet, der den Strom ionisch, das heisst durch Transport von Ionen, leitet. Während dies in feuchtem Erdboden oder in Meerwasser kein Problem darstellt, ist es bei kathodisch geschützten Betonstrukturen notwendig, dass die Verputzmasse eine gewisse Leitfähigkeit aufweist. Gerade hochwertige Verputzmassen, die durch den Zusatz von Kunststofflatex oder Epoxiharzen vergütet sind, leiten den elektrischen Strom nicht so gut. Als Folge davon muss die Anodenspannung angehoben werden, um die gewünschte Stromdichte zu erreichen. Dies beinhaltet aber das Problem, dass bei unhomogen ver-

salzenen Betonstrukturen (Bild 4) der Strom unregelmässig verteilt wird.

Wegen den erhöhten Anodenspannungen kann dann in gewissen Bereichen ein zu hoher Schutzstrom fliessen, wodurch der Beton lokal gefährdet werden kann (Bild 5).

Diese Probleme liessen sich vermeiden, indem der Mörtel durch Zugabe von Salzen wie Natrium- oder Calciumchlorid leitfähig gemacht würde. Das hätte aber den Nachteil, dass dadurch die noch nicht chloridverseuchten Teile der Struktur ebenfalls korrosionsgefährdet würden.

**Neuer Mörtel**

Es wurden daher Stoffe gesucht, die die Leitfähigkeit des Verputzes anheben, ohne für die Bewehrung eine Korrosionsgefährdung darzustellen. Zusätzlich müssen solche Stoffe ausreichend hygroskopisch sein, damit die Wirkung des kathodischen Schutzes über einen weiten Feuchtigkeitsbereich aufrecht erhalten bleibt.

Mit eigenen Forschungsarbeiten wurden Stoffe gefunden, die hygroskopisch sind, eine gute Leitfähigkeit aufweisen und für Stahloberflächen korrosionsschützend, d.h. inhibierend sind. Vorteilhafterweise lassen sich zum Beispiel Natriumnitrit einsetzen; ebenso Natriumborax oder alkalische Stoffe wie Triethanolamin, Kaliumcarbonat oder Mischungen der genannten Stoffe. Eine Mörtel- oder Vergussmasse, die durch Zusatz von Inhibitoren besser leitfähig gemacht wird, hat den Vorteil, dass die Anodenspannung geringer sein kann, das heisst, der zum kathodischen Kor-

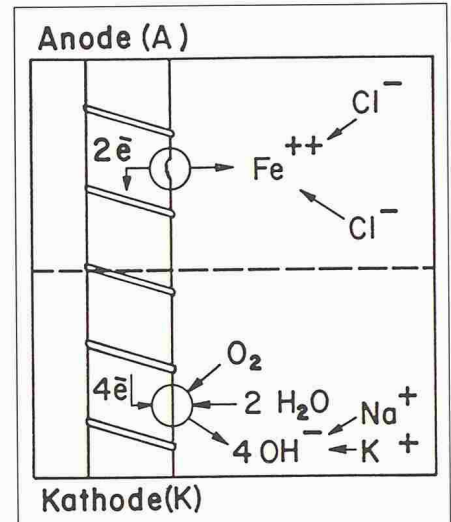


Bild 2. Korrosion des Bewehrungsstahls ohne KKS

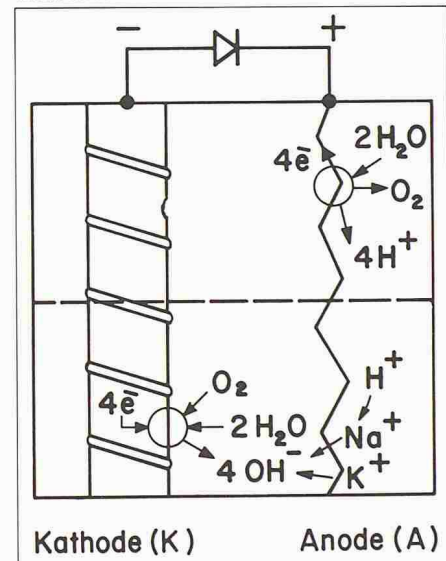


Bild 3. Kathodischer Korrosionsschutz (KKS) des Bewehrungsstahls

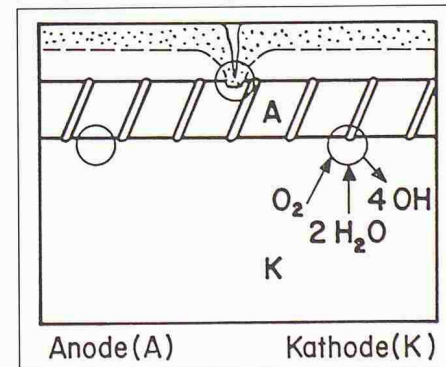


Bild 4. Korrosion des Bewehrungsstahls bei inhomogen versalzener Betonstruktur

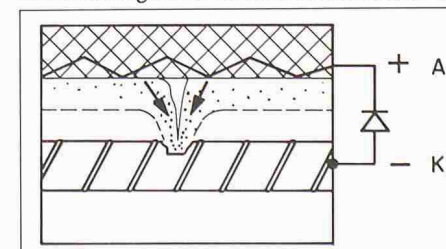


Bild 5. KKS bei inhomogen versalzener Betonstruktur mit ungleichmässiger Stromverteilung

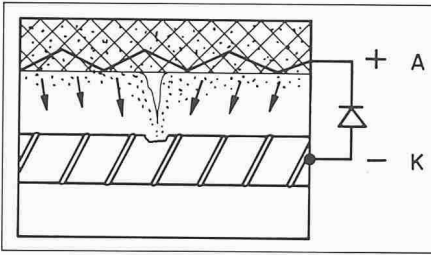


Bild 6. KKS mit neuem Mörtel erhöhter Leitfähigkeit. Es resultiert auch in inhomogen versalztem Beton eine gleichmässiger Stromverteilung und damit eine bessere Schutzwirkung

rosionsschutz der Bewehrung notwendige Schutzstrom wird schon bei geringen Anodenspannungen abgegeben. Dadurch wird auch eine ungleichmässig versalzene Struktur gleichmässiger mit Schutzstrom beaufschlagt, und es ist möglich, die ganze Betonstruktur homogen und gleichmässig kathodisch zu schützen, ohne den Beton lokal zu gefährden (Bild 6). Dieses Verfahren wurde in der Schweiz schon zum Patent angemeldet und wird sicher der Ausbreitung der Methode des kathodischen Korrosionsschutzes von versalzten Betonstrukturen weiter Auftrieb geben.

## Anwendungen

Bauwerke, die für diese Schutzmethode speziell geeignet sind, stellen Brücken dar oder Brückenpfeiler sowie Parkdecks. Alle diese Strukturen zeichnen sich dadurch aus, dass sie im Gebrauch mit der Zeit inhomogen versalzen können.

Bei Brückenpfeilern ist vor allem die Spritzwasserzone chloridverseucht, während darüberliegende Teile nur wenig Chlorid aufweisen und sich in viel besserem Zustand befinden.

Bei Brückenkonstruktionen ist ein Chlorideintritt vor allem bei beschädigten Abdichtungen oder Isolationen zu beobachten, während andere Teile der Brückenplatte sich noch in gutem Zustand befinden.

Parkdecks wurden in gewissen Fällen mit unzureichendem Gefälle gebaut. Mit der Zeit haben sich die Platten unter der Wirkung der Schwerkraft durchgebogen, so dass sich an gewissen Stellen Wasserlachen bilden konnten. An solchen Orten trat nun bevorzugt Chlorid in die Struktur ein, so dass auch Parkhausplatten häufig sehr inhomogen

gen mit Salz verseucht sind und dann lokal zu korrodieren beginnen.

Die Methode des kathodischen Schutzes, kombiniert mit inhibierten und leitfähigen Mörtelschichten, macht in solchen Fällen günstige Sanierungen möglich, die erwartungsgemäss eine lange Schutzwirkung versprechen. In der Schweiz sind schon Erfahrungen mit diesem Sanierungssystem vorhanden. Beispielsweise wurde, in Bern der Muristaldensteg, eine Passerelle, die von Robert Maillart gebaut wurde, in dieser Weise geschützt. Ebenso Teile im San-Bernardino-Tunnel sowie Pfeiler einer Kantonsstrassenbrücke im Tessin bei Rodi.

Aus Erfahrungen mit erdverlegten Systemen darf auf eine Lebenserwartung von über 50 Jahren, aber mindestens solange wie der Verputz stabil ist, geschlossen werden.

Adresse des Verfassers: Reinhard O. Müller, Dr. sc. techn., dipl. Ing. chem. ETH, Helbling Ingenieurunternehmung AG, Hohlstr. 610, 8048 Zürich.

# Polymerbeton

Produkte für die allgemeine Bauindustrie

**Bauteile aus Polymerbeton, die in den 60er Jahren zur Serienproduktion herangereift sind, bestehen im wesentlichen aus einem Gemisch von mineralischen Zuschlagstoffen und kalthärtenden Reaktionsharzen (Polymeren). Mit diesem Polymerbeton haben wir einen Bauwerkstoff, der die positiven Eigenschaften der Reaktionsharze mit den einfachen Verarbeitungsmöglichkeiten des Betons verbindet, und uns so in zunehmendem Masse neue Anwendungs- und Gestaltungsmöglichkeiten bietet.**

Die eigentliche Polymerbeton-Technologie begann Mitte der 60er Jahre, als spezielle Bauteile wie Rohre, Schächte

VON HEINZ DIETER BRINK,  
UETTLINGEN

und Auffangwannen für die chemische Industrie in kleinen und mittleren Losgrößen gefertigt wurden.

Neue Impulse gingen von der 1967 entwickelten kontinuierlich arbeitenden Polymerbeton-Giessmaschine aus. Eines der ersten Polymerbeton-Serienprodukte wurde das in der Bundesrepublik Deutschland entwickelte und heute in vielen Ländern der Welt produ-

zierte Entwässerungsrinnen-Programm aus Polyesterbeton. Allein in Europa wurden seit 1968 bis heute von diesen Rinnen mehr als 12 Mio. Stück gefertigt, was einem Polyesterbetonausstoss von ca. 220 000 t entspricht. Produktionen von Strassengullies und Fassadenelementen reihten sich dann schon relativ früh in den Reigen der damals noch mit Skepsis betrachteten Neuentwicklung ein. Was Mitte der 60er Jahre als Serienproduktion aus Sand und Polyesterharz begann, hat sich dann etwa Mitte der 70er Jahre durch ständige Versuche und immer neue in die Produktion einflussende Erkenntnisse zu einem hochwertigen Polymerbeton herausgebildet.

*Aber was ist denn nun dieser Polymerbeton wirklich*

Wir alle kennen den zementgebundenen Beton, der aus Wasser, Zement und Zuschlagstoffen (Gesteine) besteht und nach Erhärten des Zementleimes einen Festkörper bildet. Ein Werkstoff, ohne den eine Bauindustrie undenkbar wäre.

Ebenso kennen wir den GFK-Werkstoff (glasfaserverstärkter Kunststoff), der aus Glasfasermatten, Schnitzeln oder Schnüren (Rovings), mit Kunstharzen als Bindemittel, einen Feststoff bildet. Ein moderner Chemiewerkstoff, der bei der Produktion von Booten oder anderen grossflächigen Kunststoffartikeln nicht mehr wegzudenken ist.

Vergleichen wir den Polymerbeton mit dem zementgebundenen Beton, dann ist er nichts anderes als ein Beton, bei dem wir Wasser und Zement durch kalthärtendes Reaktionsharz (ein Polymer) und einen Feinstfüllstoff ersetzt haben.

Vergleichen wir den Polymerbeton mit einem glasfaserverstärkten Kunststoff (GFK), dann ist er nichts anderes als ein moderner Chemiewerkstoff, bei dem wir den Füllstoff Glasfaser durch einen mineralischen Füllstoff (in der Regel Quarz) ersetzt haben.