



**Kathodischer
Korrosionsschutz**



Kathodischer Korrosionsschutz von Stahlbetonbauwerken



Eine wirtschaftliche Alternative

Der kathodische Korrosionsschutz als eine Erhaltungs- aber auch vorbeugende Korrosionsschutzmethode findet in einem weiten Gebiet des Hoch- und Ingenieurbaus Anwendung.

Das Bild eines wartungsfreien Baumaterials stimmt mit den Erfahrungen der letzten Jahrzehnte nicht mehr überein. Der Beton ist verschiedenen Abbaumechanismen ausgesetzt. Frühere Ausführungsmängel, wie z.B. eine nicht ausreichende Betonüberdeckung zusammen mit Abbauprozessen am Beton führen heute zu einem enormen Wartungs- und Instandsetzungsaufwand. Betroffen sind v.a. Bauwerke aus den 60iger und 70iger Jahren, vorrangig Brückenbauwerke und Gebäude, die einer Streusalzbelastung ausgesetzt sind (z.B. Parkhäuser).



Die positiven wirtschaftlichen Aspekte des Kathodischen Korrosionsschutzes treten v.a. dann zu Tage, wenn die Schädigung an der Bewehrung und am Beton nicht allzu fortgeschritten ist und die Bauteile strukturell intakt sind.

Eine zu erreichende Lebensdauer von 20 bis zu über 40 Jahren lässt diese Methode zu einer attraktiven Alternative und/oder Ergänzung zu herkömmlichen Instandsetzungsmethoden werden.

Erprobte Wirkung

Verschiedenste Sanierungs- und Instandsetzungsmaßnahmen, wie z.B. Reprofilierung, Betonbeschichtung, Inhibitoren oder beschichtete Bewehrung haben sich in der Praxis nur teilweise bewährt. Mit einem stetem „Flicken am Bau“ ist die Bauwerkserhaltung jedoch weder sinnvoll noch kostengünstig. Die einzige Möglichkeit den Korrosionsfortschritt langfristig zu stoppen ist daher die Anwendung eines Kathodischen Korrosionsschutzes.

Die Methode

Die Methode des kathodischen Korrosionsschutzes (KKS) bei Stahlbetonobjekten anzuwenden, wurde Mitte der 70er Jahre in den USA entwickelt. Den Hintergrund für diese Entscheidung bildeten die enorm hohen Korrosionsschäden an den Stahlbetonoberflächen der Brücken des Interstate Highway Systems. Es hatten keine der konventionellen Sanierungsmethoden zum Erfolg geführt. In Europa war es Großbritannien, das in den 80er Jahren die ersten Versuche an Stahlbetonbauwerken unternahm. V&C befasst sich seit 1996 mit Kathodischem Korrosionsschutz von Stahl in Beton und leistete damit Pioniersarbeit im mitteleuropäischen Raum.

Kathodischer Korrosionsschutz als aktives Schutzverfahren greift - im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren - direkt an der Wurzel an. Die Methode beruht auf dem Zusammenhang zwischen Potential und Korrosionsgeschwindigkeit. Kathodischer Korrosionsschutz bringt das Potential der Bewehrung durch den angelegten negativen Schutzstrom in einen stabilen passiven Zustand - der Korrosionsprozess wird gestoppt. Durch Bildung von OH-Ionen an der Bewehrung wird auch die schützende Passivschicht des Bewehrungsstahls wiederhergestellt.

Verlust der Dauerhaftigkeit

Weshalb nimmt die Dauerhaftigkeit von Brücken, Parkhäusern, Stützwänden, Tunnelbauten, Müllverbrennungsanlagen oder Meerwasserbauten ab? Kann der Beton die Bewehrung nicht ausreichend schützen?

Das Hauptproblem im mitteleuropäischen Raum ist das Tausalz auf den Straßen. Im Streusalz enthaltene Chloride dringen in das Bauwerk ein und zerstören dort die schützende Passivschicht der Bewehrung. Die Folge: Korrosion.

Weitere Quellen sind, sich in den Abgasen von Verbrennungsanlagen niederschlagende aggressive Stoffe oder chloridhaltige Bodenwässer.

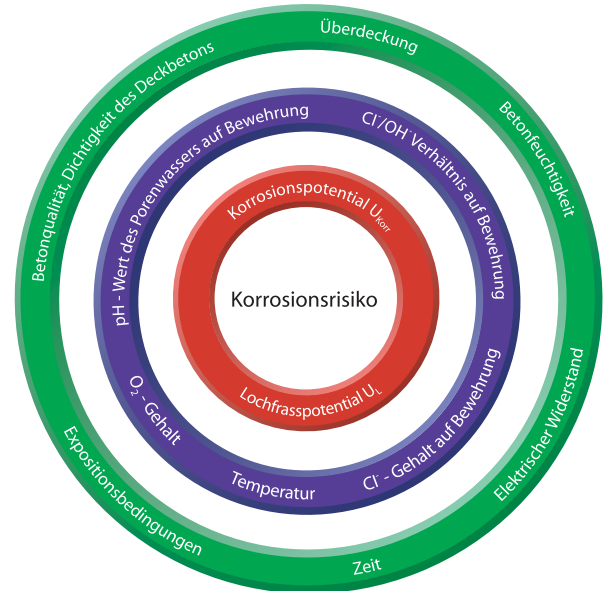


Abb. 1: Einflussfaktoren auf das Korrosionsrisiko der Bewehrung im Stahlbeton

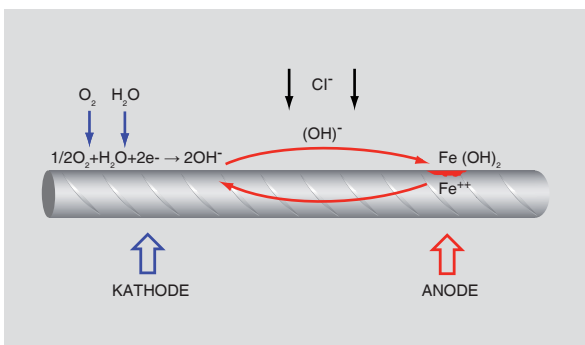


Abb. 2: Korrosion durch Lokalelementbildung

Korrosionsschäden beeinträchtigen insbesondere die Tragsicherheit der Bewehrung, der Stahlquerschnitt reduziert sich und durch Volumenvergrößerung des Rostes bilden sich Risse.

Überall dort, wo Salz in der Luft oder im Wasser vorhanden ist, Bauwerke wechselnden Wetterverhältnissen ausgesetzt sind, der Beton nicht genügend dicht und die Betonüberdeckung zu gering ist, dort besteht ein erhöhtes Korrosionsrisiko.

Prinzip der Korrosion und des Kathodischen Korrosionsschutzes

Der Bewehrungsstahl ist im alkalischen Beton durch eine sehr dünne Passivschicht vor Korrosion geschützt. Dringen Chloride bis zur Bewehrung vor, kommt es bei Überschreiten eines kritischen Chloridgehaltes und gleichzeitigem Vorhandensein von Feuchtigkeit und Sauerstoff zu einer lokalen Zerstörung dieser schützenden Schicht und in weiterer Folge zu Korrosion.

Der Korrosionsherd bildet dabei die Anode und der danebenliegende - noch passive Stahl - die Kathode. Ein Korrosionsstrom fließt. Die Metallauflösung stellt die anodische, die Sauerstoffreak-

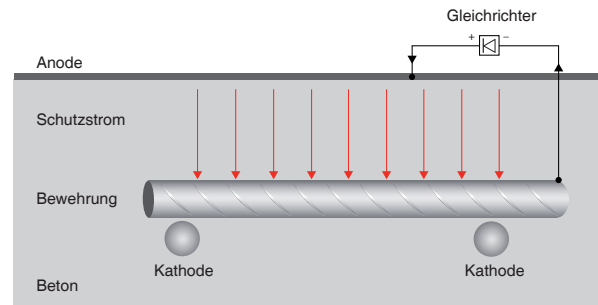


Abb. 3: Prinzip Kathodischer Korrosionsschutz

Der kathodische Korrosionsschutz setzt dort an, wo in den elektrochemischen Vorgang der Korrosion eingegriffen werden kann. Durch Applikation eines Anodensystems an der Betonoberfläche, wird dem Korrosionsstrom ein Schutzstrom entgegengesetzt. Dieser Schutzstrom polarisiert den Bewehrungsstahl, sodass der Stahl thermo-



tion die kathodische Teilreaktion dar (siehe dazu Abb. 2). Die leitende Verbindung besteht sowohl durch den Bewehrungsstahl als auch durch die Porenlösung des Betons.

Oft ist die Karbonatisierung Auslöser für das Eintreten von Korrosion, da durch das Eindringen von CO_2 die Alkalität des Betons, d.h. die Grundlage für die Passivschicht, verloren geht. Außerdem nimmt die Dichtheit des Betongefüges ab.

dynamisch, elektrisch und chemisch praktisch nicht mehr korrodieren kann. Die an einer Stelle freigelegte Bewehrung wird an den Minuspol und die Anode an den Pluspol eines als Stromquelle dienenden Gleichrichters angeschlossen. Nach Einschalten der Stromquelle wird durch den Elektronenfluss die Bewehrung kathodisch polarisiert, sodass neben der Metallauflösung die damit verbundene pH-Wert-Erhöhung die Bewehrung repassiviert.

Anodensysteme

Je nach Anwendungsfall können unterschiedliche Anodensysteme zum Einsatz kommen. Eine sehr kostengünstige Lösung ist die leitende Beschichtung, bei der je nach Schutzstrombedarf eine Lebensdauer von bis zu 20 Jahren erreicht wird. Bei Verwendung von Anodennetzen oder Anodenbändern kann hingegen eine Lebensdauer von über 40 Jahren erzielt werden.

Elektrisch leitende Beschichtung

Die Methode der leitenden Beschichtung wird in den USA und Großbritannien bereits seit den 80er Jahren angewendet. Sie wird v.a. dann empfohlen, wenn aus statischen Gründen eine Zunahme des Gewichtes nicht möglich ist, der Beton eine geringe Beschädigung aufweist und die zu schützenden Bauteile aus kleineren Korrosionsherden bestehen.

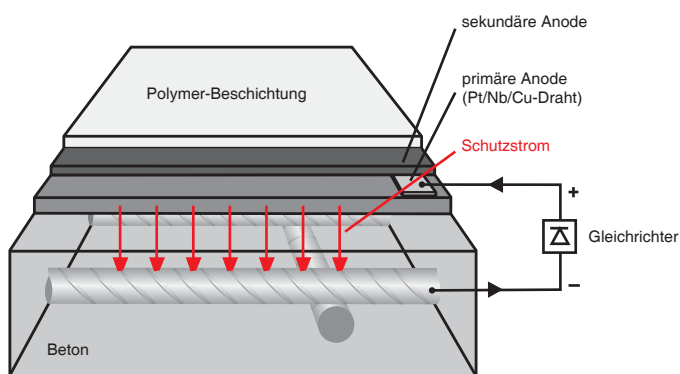


Abb. 4: Aufbau des Anodensystems leitende Beschichtung

Die meisten Beschichtungen werden auf Wasser-, bzw. Polymerbasis hergestellt. Die Herstellung des leitenden Füllers basiert entweder auf Acrylharz in dem Fasern mit hoher Leitfähigkeit verteilt sind oder auf Kohlenstoff-, oder Graphitbasis.

Für die optimale Ausführung und Dauerhaftigkeit des kathodischen Korrosionsschutzes ist die richtige Vorbereitung des Untergrundes wesentlich.

So muss sichergestellt sein, dass die Oberfläche sauber, trocken und von losem Beton befreit ist.

Der Kontakt für den Stromfluss erfolgt über einen Kupfer- oder Titandraht bzw. in der Beschichtung eingelegte Bänder. Man spricht hier von einer sogenannten Primäranode. Das Aufbringen der leitenden Beschichtung erfolgt in zwei einfachen Arbeitsschritten durch Rollen, Bürsten oder Spritzen. Eine Auftragsstärke von ca. 0,5 - 10 mm ist ausreichend.

Eine leitende Beschichtung kann generell einen maximalen Schutzstrom von ca. 20mA/m² Betonoberfläche abdecken. Sie muss einen geringen elektrischen Widerstand aufweisen und gewährleistet einen homogenen Stromfluss.

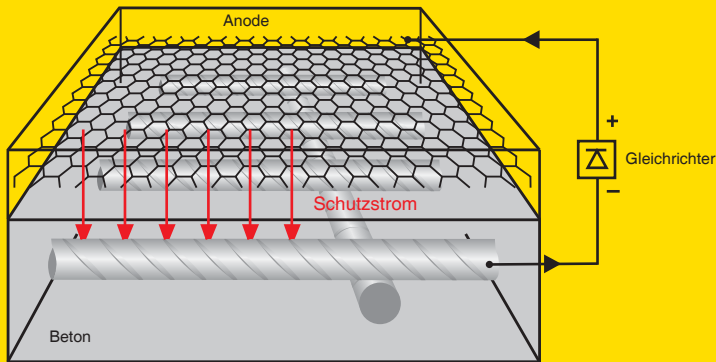
Die Lebensdauer dieses Systems liegt nach bisherigen Erfahrungen bei ca. 20 Jahren. Sie kann jedoch bei lokalen Fehlstellen nachträglich erneuert werden.

Titananodennetz

Die Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes mit aktiviertem Titanetz ist weltweit das am häufigsten verwendete System. Die Methode ist vorwiegend für den Schutz bestehender Bauwerke ausgelegt und ist sowohl für die Applikation an vertikalen als auch an überhängenden Bauteilen geeignet.

Das Anodenmaterial besteht aus Titan in Form eines Netzes mit aktivierter Oxidschicht, welches in Spritzbeton eingebettet wird. Der Verbrauch des Anodenmaterials und die Dauerhaftigkeit des Einbettungsmaterials bestimmen dabei die Lebensdauer des Systems. In der Praxis ist eine Lebensdauer von bis zu über 40 Jahren anzunehmen.

Abb. 5: Systemaufbau mit aktiviertem Titannetz



Durch Sandstrahlen oder Hochdruckwasserstrahlen wird die Betonoberfläche zunächst von losem oder schadhaftem Beton befreit und für die Applikation des Anodennetzes vorbereitet. Das Anodenmaterial wird direkt auf die vorbereitete Betonoberfläche appliziert. Der Mindestabstand der Bewehrung zur Anode darf dabei 1,5 cm nicht unterschreiten.

Zur Überwachung der Anlagen werden Referenzelektroden auf Basis Silber-Silberchloride (Ag/AgCl) miteingebaut. Im Bereich der Referenzelektroden wird ein sogenannter Bewehrungsanschluss hergestellt. Dabei wird ein Stück Bewehrungsstahl an das bestehende Bewehrungsstahl angeschweißt und mit Epoxydharz isoliert. Vom eingeschweißten Eisen führen Kabelverbindungen bis zum Korrosionsschutzgleichrichter.

Das Anodennetz wird von Titanleitern, die in Abständen punktgeschweißt werden, mit Strom versorgt. Die maximale Stromdichte beträgt 110 mA/m^2 /Titanoberfläche. In der Regel sind $\text{max. } 20 \text{ mA/m}^2$ /Stahloberfläche ausreichend.

Mit einem Mörtel oder Beton wird das Anodensystem eingebettet, sodass das Bauwerk wieder sein ursprüngliches Aussehen erhält.

Titananodenbänder

Anodenbänder (auch Ribbon Mesh genannt) finden ihre Anwendung vorwiegend in Form von kathodischer Prävention im Neubau bzw. dann, wenn aus statischen Gründen keine Gewichtszunahme der Konstruktion erlaubt ist.

Bei der Installation der Anodenbänder werden diese in Abständen von ca. 20 bis 40 cm in vorgefrästen Fugen oder Schlitzen verlegt und in Mörtel eingebettet. Die Bänder haben eine Breite von ca. 2 cm.

Die wesentlichen Vorteile von Ribbon Mesh sind eine einfache Installation, ein geringer Platzbedarf, es sind keine optischen Veränderungen der

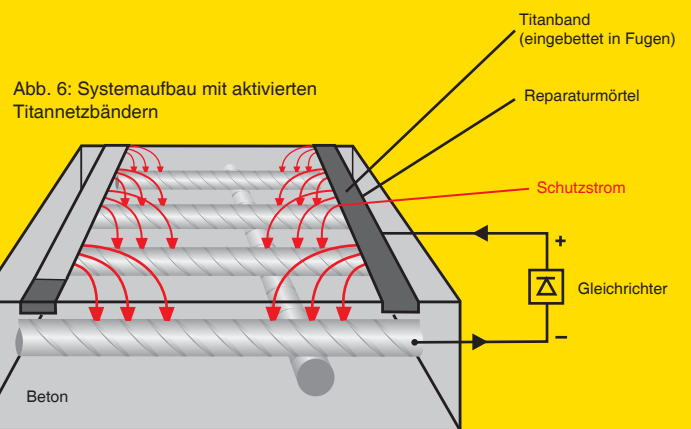


Abb. 6: Systemaufbau mit aktivierten Titananodenbändern

Bauwerksoberfläche notwendig sowie die Beibehaltung der Konstruktionsstärke und des Gewichts.

Unabhängig vom verwendeten Anodensystem sorgen vor, während und nach der Inbetriebnahme Kontrollmessungen sowie die Prüfung der von der EN-ÖNorm 12696-1 vorgeschriebenen Schutzkriterien für eine optimale Wirkungsweise des kathodischen Schutzes.



Die Vorteile von KKS überzeugen

Anstatt wiederkehrend Instandsetzungsarbeiten lokal am Bauwerk vorzunehmen, bietet KKS dauerhaften Schutz des gesamten Bauwerks. Die Vielzahl an Vorteilen überzeugt auf ganzer Linie:

- Chloridbeaufschlagter Beton muss nicht entfernt werden.
- Eine weitere Chloridbeaufschlagung verursacht kein Gefahrenpotential.
- Der Korrosionsvorgang wird gestoppt.
- Durch schnelle Instandsetzung und Sanierung bei laufendem Betrieb werden Ausfallzeiten auf ein Minimum reduziert.
- Der Verkehr wird nur geringfügig beeinflusst (keine Staus, Umleitungen, Sperren).

Der V&C KKS Controller

Zur Überwachung und Kontrolle der Wirksamkeit des Kathodischen Korrosionsschutzsystems kommt der V&C KKS Controller zum Einsatz.

Aufgrund der Erfahrungen und Erkenntnisse der Entwicklung auf dem Gebiet des kathodischen Stahlbetonschutzes, hat V&C mit dem KKS Controller ein eigenes Steuersystem für den kathodischen Korrosionsschutz von Stahl in Beton entwickelt. Der V&C KKS Controller liefert nicht nur den Schutzstrom sondern sorgt auch für strom- oder spannungskonstanten Betrieb, automatische Messroutine zum Nachweis der Wirksamkeit, laufende Datenaufzeichnung sowie die Fernsteuerung und Datenfernübertragung.



- Der Bauwerkszustand und die Wirksamkeit des Korrosionsschutzes werden über ein Monitoring-System permanent überwacht.
- Steuernde Eingriffe ins System können jederzeit vorgenommen werden.
- Weitere Sanierungsarbeiten sind in den nächsten 30 bis 40 Jahren nicht mehr notwendig.
- Der Stromverbrauch ist eine zu vernachlässigende Größe. Die Leistung einer Glühlampe (100 Watt) kann 5.000 m² kathodisch schützen.

Das V&C Service Paket

- Zustandserfassung des Bauwerks in Zusammenarbeit mit Betonspezialisten
- Evaluierung des KKS-Systems

Steuerung, Datenaufzeichnung und Fernbedienung der KKS Anlage

Schutzstromlieferant

In jedem V&C KKS Controller kann eine individuelle Anzahl von „Spannungsmodulen“ integriert werden. Die Spannungsmodule sind für die Lieferung des erforderlichen Schutzstromes verantwortlich. Die einzelnen Module werden dabei in 19“ Einschubtechnik in einem Steuerschrank montiert und mit dem Steuermodul verbunden.

Strom- oder spannungskonstanter Betrieb

Das Steuermodul übernimmt die Steuerung der Anlage. So kann jedes einzelne Spannungsmodul

individuell strom- oder spannungskonstant betrieben werden. Je nach Betriebsart kann zusätzlich eine Strom- oder Spannungsbegrenzung zur Sicherheit vor einem Überschutz im Fehlerfall eingestellt werden.

Automatische Messroutine zum Nachweis der Wirksamkeit des KKS

Das Steuermodul führt in regelmäßigen Zeitabständen Messroutinen durch. Dabei wird je nach Einstellung im 1 bis 8 Wochenrhythmus eine automatische Depolarisation von 4 oder 24 Stunden durchgeführt. Die Messergebnisse werden auf



- Ausführung und Installation
- Inbetriebnahme (und Abnahme)
- Kontrolle und Überwachung

einem eigenen Kontrollblatt abgespeichert und nach Ablauf der Messroutine angezeigt. So kann die Anlage jederzeit mit nur einem Blick auf ihre Funktionstüchtigkeit überprüft werden.

Datenaufzeichnung

Das Steuermodul steuert ebenfalls die gesamte Messdatenaufzeichnung. Es werden die Strom-, Spannungs- und Potentialwerte aufgezeichnet



und in einem eigenen Datenspeicher abgelegt. Die Messdaten bleiben dabei auch nach einem Stromausfall erhalten.

Für die Registrierung der Messdaten kann eine Aufzeichnungsrate von bis zu 100 ms im Tagesrhythmus eingestellt werden. Die Erfassung des ersten Messwertes nach der Einleitung einer automatischen Depolarisation kann ebenfalls auf 100 ms genau eingestellt werden.

Fernsteuerung und Datenfernübertragung

Durch eine anwenderfreundliche Software können über ein Modem oder GSM-Netz die Messdaten einfach und unkompliziert im Büro ausgewertet werden. Auch etwaige, notwendige Nachregulierungen können auf diese Weise völlig unproblematisch vom Schreibtisch aus vorgenommen werden.



Abb. 7: Der V&C KKS-Kontroller: Automatisch regelnder Schutzgleichrichter mit Remote Control

Kontakt:

V&C Kathodischer Korrosionsschutz Ges.m.b.H.
Josef Perger-Str. 2/A-05
A-3031 Pressbaum

Tel.: +43 (0)2233 57 771
Fax: +43 (0)2233 57 771 -15

office.engineering@vc-austria.com
www.vc-austria.com