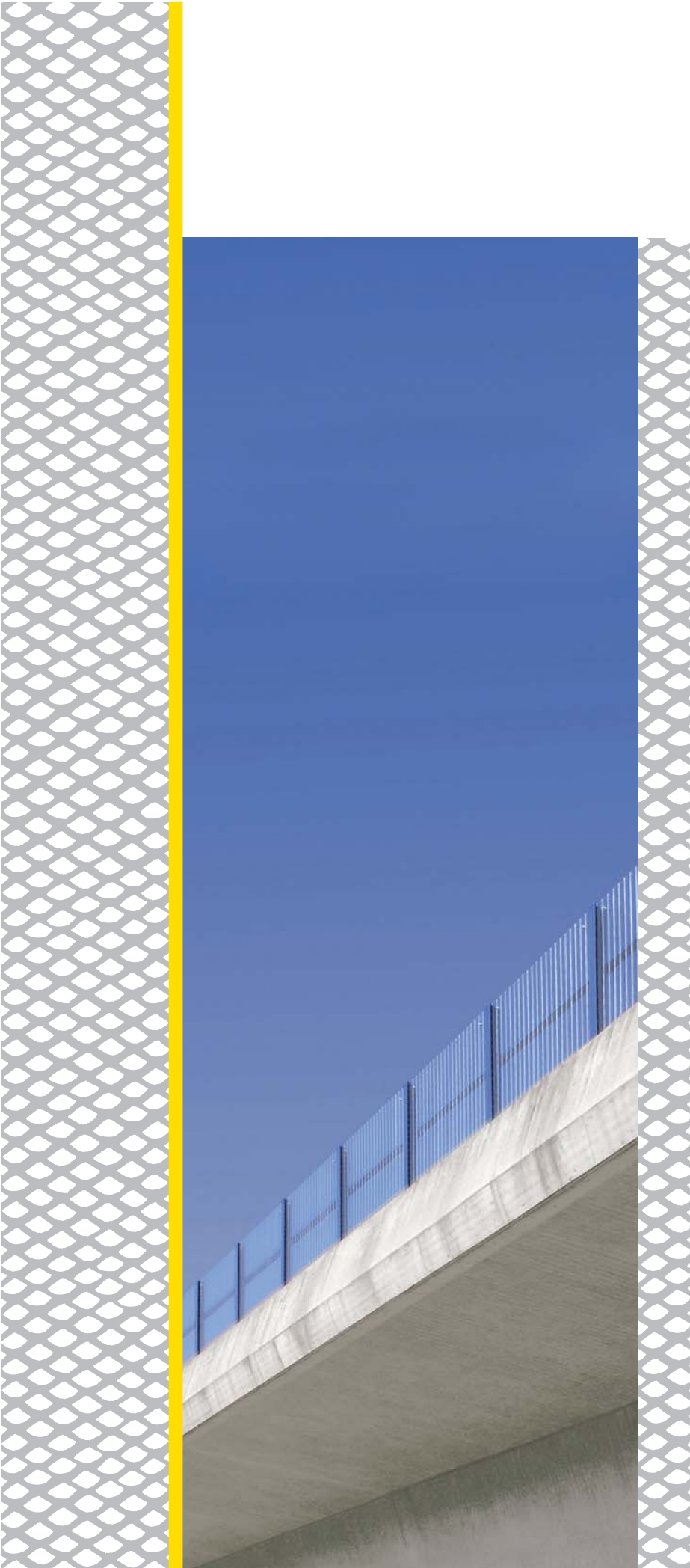


Kathodischer Korrosionsschutz
von Stahlbetonbauwerken





Know-How aus einer Hand

Wir sind ein Joint-Venture des Mainzer Bauunternehmens Karrié Bau und dem österreichischen Korrosionsschutzspezialisten V&C. Durch die jahrelangen Erfahrungen auf dem Gebiet des Kathodischen Korrosionsschutzes einerseits und der Betonsanierung andererseits vereinen wir höchstes Know-How in der Erhaltung und Instandsetzung von Stahlbetonbauwerken.

Mit unserem Angebot decken wir das gesamte Spektrum an beton- und elektrotechnischen Maßnahmen ab. Im Besonderen bieten wir:

- umfangreiche Voruntersuchungen und Zustandsanalysen
- Potentialmapping
- Planungen und Projektierungen
- Projektmanagement
- Ausführung und Installation der KKS-Anlagen
- Inbetriebnahmen
- Monitoringsysteme zur Kontrolle und Überwachung der Schutzanlagen und des Bauwerkszustandes

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

Kathodischer Korrosionsschutz als aktives Schutzverfahren greift - im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren - direkt an der Wurzel. 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.



Korrosion reduziert auf der einen Seite den Stahlquerschnitt und beeinträchtigt damit die Tragsicherheit der Bewehrung, auf der anderen Seite bewirkt die Ablagerung von Korrosionsprodukten an der Bewehrungsoberfläche eine Volumensvergrößerung des Bewehrungsstahls, welche ein Reißen und Abplatzen des Betons zur Folge hat.

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 (vergl. Abb. 1).

Von außen oft nicht erkennbar, führen Korrosionsschäden zu schweren Tragwerksverlusten und im schlimmsten Fall sogar zum Einsturz von Gebäuden.

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

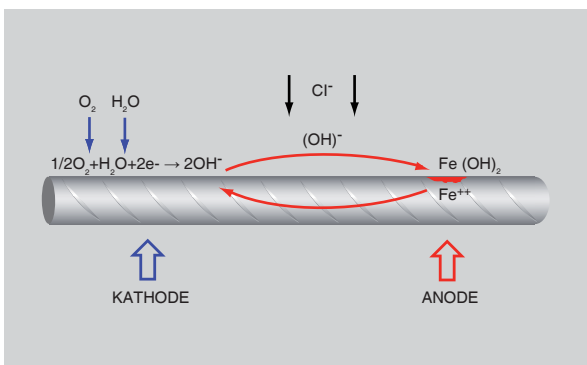


Abb. 2: Korrosion durch Lokalelementbildung

Oft ist die Karbonatisierung Auslöser für das Eintreten von Korrosion, da durch das Eindringen von CO₂ die Alkalität des Betons, d.h. die Grundlage für die Passivschicht, verloren geht. Außerdem nimmt die Dichtigkeit des Betongefüges ab.

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

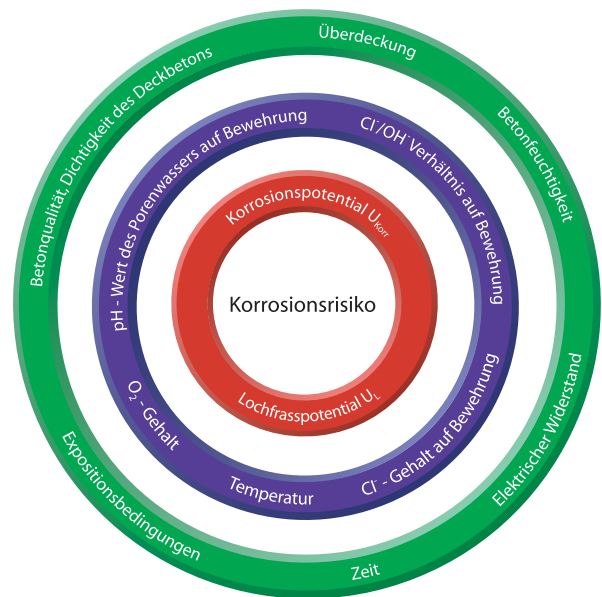


Abb. 1: Einflussfaktoren auf das Korrosionsrisiko der Bewehrung im Stahlbeton

den Bewehrungsstahl, sodass der Stahl thermodynamisch, 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.

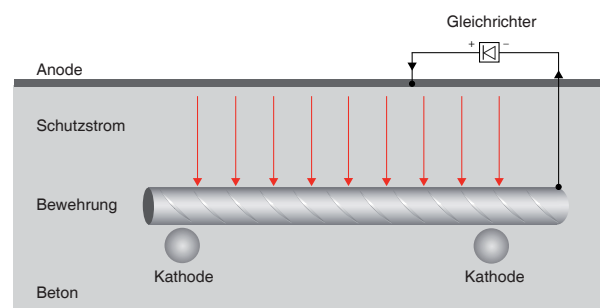


Abb. 3: Prinzip Kathodischer Korrosionsschutz

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

Elektrisch leitende Beschichtung

Eine leitende Beschichtung wird v.a. dann empfohlen, wenn aus statischen Gründen eine Zunahme des Gewichtes nicht möglich ist und der Beton nur eine geringe Beschädigung aufweist.

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.

Der Kontakt für den Stromfluss erfolgt über einen Kupfer- oder Titandraht bzw. in der Beschichtung eingelegte Bänder. Die Beschichtung wird in einer Stärke von ca. 0,5 - 10 mm in zwei Arbeitsgängen entweder durch Rollen, Bürsten oder Spritzen an der Betonoberfläche aufgebracht.

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

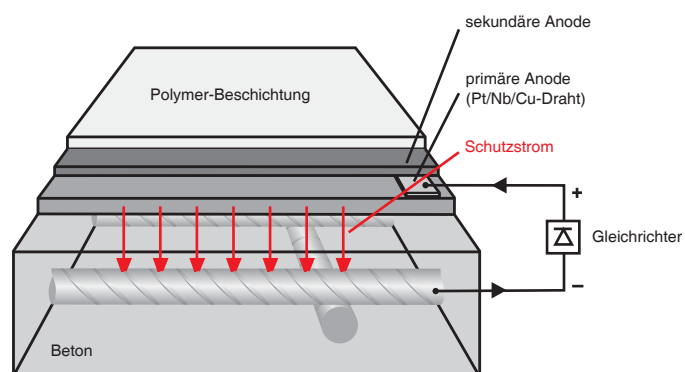


Abb. 4: Aufbau des Anodensystems leitende Beschichtung

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.

Titananodennetz

Das aktivierte Titannetz 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.

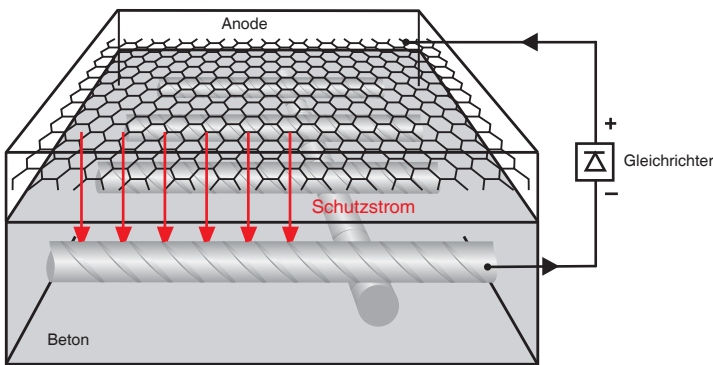


Abb. 5: Systemaufbau mit aktiviertem Titannetz

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 über 40 Jahren anzunehmen.

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 Bewehrungsseisen angeschweißt und mit Epoxydharz isoliert. Vom eingeschweißten Eisen führen Kabelverbindungen zum Korrosionsschutzgleichrichter.

Das Anodennetz wird von Titanleitern, die in Abständen punktgeschweißt werden, mit Strom ver-

sorgt. Die maximale Stromdichte beträgt 110 mA/m²/Titanoberfläche. In der Regel sind max. 20 mA/m²/Stahloberfläche ausreichend.

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

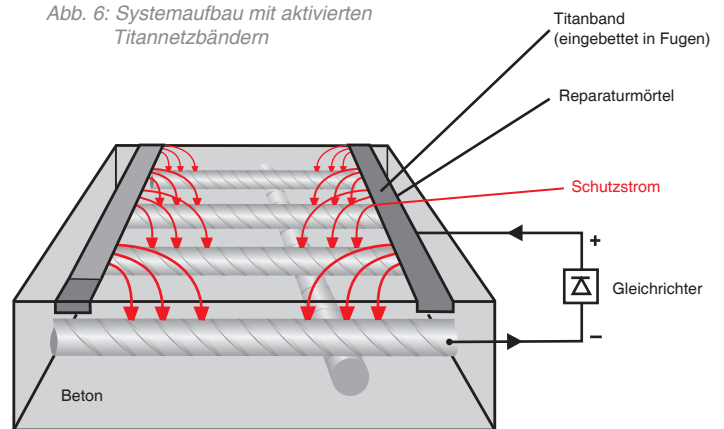
Titananodenbänder

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 Sanierung oder Instandsetzung werden die Titanbänder direkt an der Betonoberfläche in vorgefrästen Fugen oder Schlitzn montiert. Beim präventiven Schutz erfolgt die Installation mit Hilfe von Abstandshaltern direkt an den Bewehrungsstäben.

Der optimale Abstand der Bänder zueinander ist durch die Bewehrungsdichte und den erforderlichen Schutzstrombedarf bedingt. In der Regel liegt er aber bei ca. 20 bis 40 cm.

Abb. 6: Systemaufbau mit aktivierten Titananodenbändern



Die Vorteile von KKS

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 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 Stahlbetonfläche kathodisch schützen.



Der VCK-KKS-Controller

Zur Überwachung und Kontrolle der Wirksamkeit des Kathodischen Korrosionsschutzsystems kommt der VCK-KKS-Kontroller zum Einsatz.

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

Die immer größer werdenden Instandsetzungsaufwendungen erfordern zunehmend alternative Lösungen.



Bild: Der VCK-KKS-Kontroller: Vollautomatisch regelnder Schutzgleichrichter mit Remote Control

Steuerung, Datenaufzeichnung und Fernbedienung der KKS-Anlage

Schutzstromlieferant

In jeden VCK-KKS-Kontroller 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

Das Steuermodul führt in regelmäßigen Abständen Messroutinen durch. Dabei wird je nach Einstellung im 1 bis 8 Wochenrhythmus eine automatische Depolarisation von 4 oder 24 Stunden durchgeführt. Die Messergebnisse werden gespeichert und nach Ablauf der Messroutine angezeigt. So kann die Anlage jederzeit auf ihre Funktionstüchtigkeit überprüft werden.

Datenaufzeichnung

Das Steuermodul steuert ebenfalls die gesamte Messdatenaufzeichnung. Die Strom-, Spannungs- und Potentialwerte werden aufgezeichnet und in einem eigenen Datenspeicher abgelegt. Die Messdaten bleiben dabei auch nach einem Stromausfall erhalten.

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 vorgenommen werden.





Tiefgarage „Kreissparkasse“, Göppingen

präventiver Schutz für den Zubau zur bestehenden Garage

Schutzfläche: 1.500 m²

Anodensystem: Titanbänder, leitfähiger Anstrich

Schutz zonen: 5

Tiefgarage „SV Stuttgart“, Wiesbaden

Instandsetzung der Stützenpfeiler

Schutzfläche: 100 m²

Anodensystem: Titanbänder

Tiefgarage „Landratsamt“, München

Instandsetzung der Boden- sowie Stütz- und Sockelflächen

Schutzfläche: 2.000 m²

Anodensystem: Titanbänder

Schutz zonen: 14

Tiefgarage „Galeria Kaufhof“, Heilbronn

Instandsetzung der Boden- sowie Stütz- u. Sockelflächen

Schutzfläche: 6.500 m²

Anodensystem: Titanbänder

Schutz zonen: 5

Tiefgarage „Kreissparkasse“ Göppingen

Instandsetzung der Boden- sowie Stütz- u. Sockelflächen

Schutzfläche: 3.000 m²

Anodensystem: Titanbänder, leitende Beschichtung

Schutz zonen: 4

Parkhaus „Am Gericht“, Frankfurt am Main

Instandsetzung der Boden- sowie Stütz- u. Sockelflächen

Schutzfläche: 7.500 m²

Anodensystem: Titanbänder, Titannetz

Schutz zonen: 6

Industriekläranlage, Rheinland-Pfalz

Instandsetzung der Auffangbecken

Schutzfläche: 300 m²

Anodensystem: Titanbänder, Titannetz

Ausführung: bei laufendem Betrieb

Industriebrücke „Kalle“, Wiesbaden

Instandsetzung der Trogwände und Rampen

Schutzfläche: 500 m²

Anodensystem: Titanbänder, Titannetz

Schutz zonen: 6

Kontakt:

VCK Betonschutz + Monitoring GmbH
Robert-Bosch-Str. 40
D-55129 Mainz

Tel.: +49 (0)6131 9568-70
Fax: +49 (0)6131 9568-40

office@vck-betonschutz.de
www.vck-betonschutz.de

