

---

# ANFORDERUNG AN SPCC FÜR DIE ANODENEINBETTUNG BEIM KATHODISCHEN KORROSIONSSCHUTZ

---

## **REQUIREMENTS FOR SPCC AS AN EMBEDDING MORTAR FOR THE TITANIUM MESH IN CASE OF CATHODIC PROTECTION OF REINFORCED CONCRETE**

Dipl.-Ing. Susanne **Gieler-Breßmer**, IGF GmbH, Süßen, Deutschland

Beim kathodischen Korrosionsschutz im Stahlbetonbau sind als Anodensysteme aktivierte Titananoden in Form von Bändern oder Netzen, die auf die zu schützende Stahlbeton-Oberfläche aufgebracht werden, am gebräuchlichsten. Bei vertikalen Flächen werden diese Anoden mit Spritzmörteln- und betonen auf Zementbasis überdeckt. Dies dient der Fixierung auf dem Untergrund sowie der Schaffung einer elektrolytisch leitenden Verbindung zwischen Anode, Bauwerksbeton und Bewehrung.

Im vorliegenden Beitrag werden die Anforderungen an diese Materialien nach DIN EN 12696 [1], DIN EN 1504 [2], der Richtlinie des deutschen Ausschusses für Stahlbeton für Schutz und Instandsetzung von Betonbauwerken [3] und der österreichischen Richtlinie zum kathodischen Korrosionsschutz [4] dargestellt.

*Anodes based on titanium stripes or meshes, adapted to the entire surface of the structure, are widely used for the cathodic protection of reinforced concrete structures. On vertical areas the anode is usually embedded in an overlay of cementitious mortar. This is to be done for fixing reasons and to conduct protection current between anode, concrete and reinforcement.*

*In this paper the requirements for the embedding mortar according to DIN EN 12696 [1], DIN EN 1504-series [2], the German guidelines for protection and repair of concrete structures [3] as well as the Austrian guidelines for cathodic protection [4] are presented.*

### **1. Einleitung**

Kathodischer Korrosionsschutz (im Folgenden kurz KKS genannt) zur Instandsetzung chloridinduzierter Korrosion im Stahlbetonbau wurde im Jahr 1973 auf einem Parkdeck in Kalifornien zum ersten Mal von R.F. Stratfull [5] eingesetzt. Inzwischen gibt es weltweit zahlreiche Stahlbetonbauteile, die durch die Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes dauerhaft vor Korrosion der Bewehrung und daraus resultierenden Folgeschäden geschützt werden.

Der kathodische Korrosionsschutz von Stahlbetonbauteilen macht sich den elektrochemischen Vorgang bei der Korrosion der Bewehrung zu Eigen. Durch kathodische Polarisation der Bewehrung wird die anodische Eisenauflösung nahezu vollständig unterbunden. Der Haupteffekt ist dabei die Verringerung der Potentialdifferenz zwischen kathodischem und anodischem Bereich. Da die Korrosionsrate an der Bewehrung direkt von der Potentialdifferenz zwischen Anode und Kathode abhängig ist, kommt es dadurch zu einer Verringerung der Korrosionsaktivität.

Die Polarisation kann durch galvanische Anoden (früher: Opferanoden) oder Fremdstrom induzierte Systeme erfolgen. Bei kathodischem Korrosionsschutz mit Fremdstrom wird hierzu ein inertes Anodenmaterial auf die Oberfläche des zu schützenden Stahlbetonbauteils aufgebracht und durch eine Gleichstromquelle Schutzstrom zwischen der Anode und der als Kathode fungierenden Bewehrung eingebracht.

Das Prinzip des kathodischen Korrosionsschutzes mit Fremdstrom zeigt das nachfolgende Bild 1:

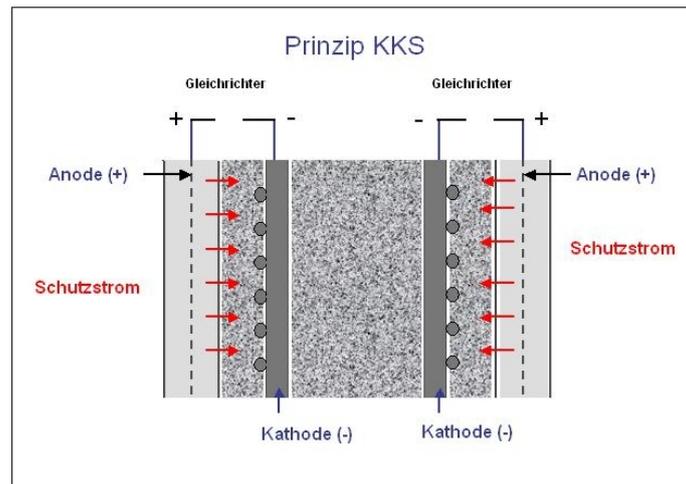


Bild 1: Prinzip KKS mit Fremdstrom

Als Anodenmaterial dienen in der Praxis unter anderem Titanbänder oder –netze. Diese wurden in den 80er Jahren auf den Markt gebracht und sind zwischenzeitlich die am häufigsten verwendeten Anodensysteme bei Fremdstromanwendung. Mit ihnen liegen langjährige positive Erfahrungen vor.

Zur Fixierung der Titananoden auf der Betonoberfläche und zur Herstellung einer elektrolytisch leitenden Verbindung zwischen Anode, Bauwerksbeton und Bewehrung werden die Anodensysteme mit einer zementösen Überdeckung eingebettet.

Diese zementösen Materialien können Spritzmörtel und –betone mit oder ohne Kunststoffzusatz sein. Neben der Einbettung der Anoden haben sie oftmals auch die Aufgabe Ausbruchstellen an der Betonoberfläche zu reprofilieren.

Damit der Schutzstrom zwischen Anode und Bewehrung ausreichend fließen kann, werden an diese Materialien Anforderungen hinsichtlich der elektrischen Leitfähigkeit gestellt. Da sie gleichzeitig die Funktion eines Reprofilierungsmörtels erfüllen müssen, unterliegen sie auch Anforderungen hinsichtlich der Eignung als Instandsetzungsmörtel und –betone nach nationalen und internationalen Regelungen.

Im vorliegenden Beitrag wird kurz auf die prinzipielle Vorgehensweise bei der Anwendung des KKS mit Fremdstrom unter Verwendung von Titananodensystemen eingegangen. Danach werden die Anforderungen an die Reprofilierungs- und Einbettungsmaterialien beim Instandsetzungsprinzip KKS dargestellt und deren Anwendung anhand der Instandsetzung der Stützenreihen der Überführungen Ü 13 bis Ü 22 der A 2-Südautobahn Wien-Graz gezeigt.

## 2. Kathodischer Korrosionsschutz in der Anwendung

Zur Instandsetzung von Stahlbetonbauteilen werden in der DIN EN 1504 [2] ebenso wie in den nationalen Regelwerken, z.B. der Richtlinie des deutschen Ausschusses für Stahlbeton für Schutz und Instandsetzung von Betonbauwerken [3] unterschiedlichste Instandsetzungsprinzipien dargestellt, die in der praktischen Ausführung in Methoden umgesetzt werden müssen.

Die DIN EN 1504 [2] führt insgesamt 11 Instandsetzungsprinzipien ein, die nach Schutz des Betons und Schutz der Bewehrung unterteilt werden.

Die für den Schutz der Bewehrung maßgeblichen Prinzipien in [2] sind aus Tabelle 1 ersichtlich.

*Tabelle 1: Prinzipien für den Schutz der Bewehrung gemäß [2]*

Prinzip	Beschreibung
Prinzip 7 (RP)	Erhalt oder Wiederherstellung der Passivität
Prinzip 8 (IR)	Erhöhung des elektrischen Widerstandes
Prinzip 9 (CC)	Kontrolle kathodischer Bereiche
Prinzip 10 (CP)	Kathodischer Schutz
Prinzip 11 (CA)	Kontrolle anodischer Bereiche

Das Prinzip 7 wird in der Praxis in der Regel so umgesetzt, dass der chloridkontaminierte Beton durch neuen Mörtel oder Beton ersetzt wird. Dabei ist der chloridkontaminierte Beton bis in Höhe des Korrosion auslösenden Chloridgehalts unabhängig von Korrosionserscheinungen an der Bewehrung zu entfernen, was einem erheblichen Eingriff in das Bauwerk gleichkommen kann.

Das Prinzip 10 „Kathodische Korrosionsschutz“ stellt hierzu eine sinnvolle und interessante Alternative dar, die in den letzten Jahren immer häufiger bei der Instandsetzung von Verkehrsbauwerken angewandt wird.

Ein entscheidender Vorteil ist dabei, dass bei seiner Anwendung Beton nur dort abgetragen werden muss, wo er geschädigt ist. Chloridkontaminierter Beton kann im Bauteil verbleiben.

Die generellen Arbeitsschritte bei der Anwendung von KKS mit Fremdstrom unter Verwendung von Titananoden sind:

1. Prüfen, ob die Bewehrung leitend verbunden ist. Falls nicht, müssen Verbindungen geschaffen werden.
2. Betonabplatzungen an der Oberfläche infolge korrodierender Bewehrung oder Oberflächendefekten sind gemäß DIN EN 1504 [2] abzutragen, chloridbelasteter Beton kann belassen werden. Ebenso sind Betonschäden an der Oberfläche, die nicht auf Korrosion der Bewehrung zurück zu führen sind, instand zu setzen.
3. Alte Instandsetzungsmörtel müssen ggf. entfernt werden, wenn ihr elektrischer Widerstand nicht mit den Anforderungen nach [1] konform ist.
4. Bewehrungsanschlüsse und Referenzelektroden sind zu installieren.

5. Die Ausbruchstellen im Bereich von abgetragenen Beton sind mit einem Reprofilierungsmörtel gemäß DIN EN 1504 [2], das den Anforderungen an ein für KKS verwendbares Material gemäß DIN EN 12696 [1], Abschnitt 5.10.4, entspricht, zu reprofilieren. Mit dem gleichen Material sind die Referenzelektroden und Bewehrungsanschlüsse einzubetten.
6. Danach ist die Oberfläche des zu schützenden Stahlbetonbauteils sorgfältig mit geeigneten Verfahren (Hoch- und Höchstdruckwasserstrahlen, Druckluftstrahlen mit festen Strahlmitteln u. a.) so vorzubereiten, dass ein tragfähiger Untergrund entsteht. Die Oberflächenzugfestigkeit sollte im Mittel  $1,5 \text{ N/mm}^2$  betragen.
7. Das Anodensystem ist zu applizieren.
8. Einbettung des Anodensystems mit einem zementösen Mörtel oder Beton, ggf. kunststoffmodifiziert.
9. Verkabelung.

Bei der Durchführung der Arbeiten ist auf eine sorgfältige Abstimmung zwischen den allgemeinen Arbeiten der Betoninstandsetzung und den besonderen Arbeiten des KKS, die üblicherweise von verschiedenen Firmen ausgeführt werden, zu achten. Die Maßnahmen der Betoninstandsetzung haben entscheidenden Einfluss auf die Qualität der KKS-Gesamtmaßnahme.

### 3. Anforderungen gültiger Normen und Regelwerke an Spritzmörtel und –betone beim KKS

Spritzmörtel und –betone werden bei der Instandsetzung geschädigter Betonbauwerke mittels KKS bei vertikalen Flächen und Überkopf eingesetzt. Dabei können sie vor der Installation der KKS-Komponenten bei folgenden Arbeitsschritten im Rahmen der Gesamtmaßnahme Anwendung finden:

- Reprofilierung von örtlichen Schadstellen infolge Betonschäden mit und ohne Bewehrungskorrosion (Bild 2)
- Einmörteln von Bewehrungsanschlüssen und Referenzelektroden (Bild 3)



*Bild 2: Örtliche Betonabplatzungen über korrodierender Bewehrung an den Stützen einer Brücke*



*Bild 3: Eingebetteter Bewehrungsanschluss*

Nach der Instandsetzung der Betonschäden werden die KKS-Elemente installiert. Die Anode, bestehend aus Titanbändern bzw. -netzen, ist mit einer zementhaltigen Überdeckung zu fixieren (Bilder 4 und 5), die gleichzeitig die Aufgabe erfüllt, als Elektrolyt zwischen Anode, Beton und Bewehrung zu fungieren. Auch hierzu werden bei vertikalen Flächen und Überkopf Spritzmörtel und -betone eingesetzt.



*Bild 4: Einzubettende Titannetze auf der Stützenreihe einer Überführung*



*Bild 5: Einzubettende Titanbänder auf einer Stütze*

Die eingesetzten Materialien müssen einerseits den Zweck erfüllen, die Betonoberfläche bzw. den Betonquerschnitt so wieder herzustellen, dass das Bauteil seinen vorgesehenen Verwendungszweck erfüllen kann, andererseits müssen sie bzgl. der elektrochemischen Eigenschaften den Anforderungen bei der Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes genügen.

Die DIN EN 12696 [1] fordert in Abschnitt 5.10.4, dass die Betonschadstellen unter Verwendung von zementhaltigen Materialien wieder herzustellen sind. Dabei darf das eingesetzte Material kein Metall, weder in Form von Fasern noch in Form von Staub, enthalten. Die Wiederherstellung der Betonoberfläche muss in Übereinstimmung zur EN 1504 [2] geschehen. Außerdem müssen der elektrische Widerstand sowie die mechanischen Eigenschaften ähnlich denjenigen des Originalbetons sein.

Für den elektrischen Widerstand des Reparaturmaterials werden Grenzwerte gefordert, die innerhalb 50 % bis 200 % des nominellen elektrischen Widerstandes des Ausgangsbetons liegen.

In Abschnitt 5.11 wird in DIN EN 12696 festgelegt, dass Anodenüberdeckungen 200 % des elektrischen Widerstandes des Ausgangsbetons bis zu einem Maximum von 100 kgΩ cm in den Umgebungsbedingungen überschreiten dürfen, solange die Anode in der Überdeckung in der Lage ist, den entsprechenden Strom bei dem entsprechenden Potential in einer Überdeckung dieses Widerstands fließen zu lassen.

Hintergrund dieser Forderungen an das Reprofilierungs- und Einbettungsmaterial ist das Ziel einer möglichst gleichmäßigen Verteilung der Schutzströme innerhalb der zu schützenden Bewehrungsflächen. Eine gleichmäßige Schutzstromverteilung ist jedoch nur dann möglich, wenn der elektrische Widerstand des Reparatur- bzw. Einbettungsmaterials dem des Originalbetons relativ ähnlich ist. Ist der Widerstand des Reparaturmaterials zu groß, so wird die Bewehrung innerhalb der Reparaturstelle ansonsten nicht ausreichend geschützt. Ist der Widerstand innerhalb der Reparaturstelle dahingegen zu klein, so kann es zu einem erhöhten Stromfluss im Bereich der Reparaturstelle kommen, was Einfluss auf die Dauerhaftigkeit des Anodensystems haben kann.

Der elektrische Widerstand des Ausgangsbetons ist keine feste Größe. Vielmehr unterliegt dieser Widerstand erheblichen materialspezifischen und umgebungsbedingten Streuungen. Das Gleiche gilt für die einzusetzenden Reparatur- und Einbettungsmaterialien.

In der Praxis stellte sich deshalb bei der Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes die Frage, welche Instandsetzungsmörtel und -betone, die bei Instandsetzungsmaßnahmen nach europäischen Normen sowie nationalen Normen und Richtlinien verwendet werden, auch für das Instandsetzungsprinzip des kathodischen Korrosionsschutzes geeignet sind und wie die Eignung nachgewiesen wird.

Der sachkundige Planer bzw. das ausführende Unternehmen muss sich im Vorfeld der Anwendung von Spritzmörteln und -betonen mit Kunststoffzusatz davon überzeugen, dass der elektrische Widerstand in den für kathodischen Korrosionsschutz geeigneten Grenzen liegt. Während es in Deutschland für die Einhaltung dieser Anforderungen ein Prüfprozedere entsprechend der Empfehlung des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton [7] gibt, bleibt es international mehr oder weniger dem sachkundigen Planer und dem ausführenden Unternehmen überlassen, wie der Nachweis der gemäß DIN EN 12696 geforderten Eigenschaften geführt wird.

Am Beispiel Deutschland und Österreich werden mögliche Wege zum Eignungsnachweis eines SPCC zur KKS-Anwendung in unterschiedlichen Ländern dargestellt.

### 3.1 Eignungsnachweise für SPCC zur KKS-Anwendung in Deutschland

In Deutschland müssen die Instandsetzungsmörtel und -betone grundsätzlich der Instandsetzungsrichtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton [3] entsprechen.

Grundsätzlich gilt für kunststoffmodifizierte Zementmörtel (PCC<sup>1</sup>, SPCC<sup>2</sup>):

- der Zementgehalt muss mind. 400 kg/ m<sup>3</sup> betragen

---

<sup>1</sup> PCC = Polymer Cement Concrete

<sup>2</sup> SPCC= Sprayed Polymer Cement Concrete

- der Wasser-/ Zementwert darf 0,5 nicht überschreiten
- die Festigkeit muss mindestens der Festigkeitsklasse 32,5 nach alter Norm entsprechen
- für die Beanspruchbarkeitsklassen M 2 und M 3 (Tabelle 2) muss ein CEM I nach DIN EN 197-I verwendet werden
- für die Beanspruchbarkeitsklassen M 2 und M 3 (Tabelle 2) müssen Zuschläge mit erhöhten Anforderungen an den Widerstand gegen Frost und Taumittel verwendet werden.

Die Eignung der Mörtel für den vorgesehenen Anwendungsfall ist durch Grundprüfungen ab zu klären. Als Verwendbarkeitsnachweis gilt ein allgemein bauaufsichtliches Prüfzeugnis.

*Tabelle 2: Beanspruchbarkeitsklassen von Instandsetzungsbetonen und -mörteln*

Beanspruchbarkeitsklasse	Anforderung
M 1	Die Betone bzw. Mörtel müssen zum Ausfüllen von Fehlstellen im Betonuntergrund geeignet sein. Sie müssen eine ausreichende Festigkeit als Untergrund für die vorgesehenen Oberflächenschutzsysteme aufweisen.
M 2	Zusätzlich zu den Anforderungen an die Beanspruchbarkeitsklasse M 1 müssen bei den zementgebundenen Betonen und Mörteln Mindestwerte des Karbonatisierungswiderstandes eingehalten werden. Eine einwandfreie Applikation und Auswertung bei dynamischer Beanspruchung muss gegeben sein.
M 3	Zusätzlich zu den Anforderungen an die Betone und Mörtel der Beanspruchbarkeitsklasse M 3 werden erhöhte Anforderungen im Hinblick auf die Berücksichtigung bei den Nachweisen auf Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit gestellt.

Erfüllt ein SPCC die Anforderungen der Instandsetzungsrichtlinie [3] so ist die Eignung für den Gebrauch bei KKS-Projekten gemäß EN 12696 ebenfalls zu prüfen.

Die in SPCC's enthaltenen Kunststoffanteile können den elektrischen Widerstand im Sinne des kathodischen Korrosionsschutzes negativ beeinflussen. Möglicherweise weisen sie dann keine ausreichende elektrische Leitfähigkeit mehr auf.

Derzeit bedarf es bei Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes in Deutschland einer Zustimmung im Einzelfall für den Betonersatz und die Einbettungsmaterialien.

Für den sachkundigen Planer bei einer Schutz- und Instandsetzungsmaßnahme nach dem Instandsetzungsprinzip des kathodischen Korrosionsschutzes stellt sich nun die Frage, wie er beurteilen kann, ob ein eingesetztes Material tatsächlich für KKS geeignet ist. Prüfverfahren für die elektrochemischen Eigenschaften werden weder in [1] noch in [2] angegeben.

Im Januar 2008 veröffentlichte der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton eine Empfehlung für eine KKS-Funktionsprüfung an Betonersatz und Einbettungsmörteln, die einen möglichst großen Bereich der in der Praxis auftretenden Fälle abdecken soll [7]. Darin werden für den Betonersatz und den Einbettungsmörtel folgende Nachweise zur einheitlichen Beurteilung der Eignung zur Erzielung der Zustimmung im Einzelfall empfohlen:

- KKS-Funktionsprüfung:  
Erreichen des Schutzkriteriums, z.B. 100 mV-Kriterium mit dem gesamten Anodensystem (z.B. Anode und Einbettungsmörtel, ggf. mit vorgesehendem Betonersatzsystem (Haftbrücke, Instandsetzungsmörtel etc.) für den KKS für die zu erwartenden Umgebungsbedingungen und Betondeckungen.
- Prüfung des elektrischen Widerstandes zur Abstimmung des Einbettungsmörtels auf den Betonuntergrund:  
Nachweis der Ähnlichkeit der elektrischen Widerstände des Einbettungsmörtels und des Betonuntergrundes für sämtliche zu erwartenden Umgebungsbedingungen. Dies ist insbesondere bei trockener Lagerung relevant, da die elektrischen Widerstände der Mörtel nach gewisser Austrocknung unter Umständen im Vergleich zum Ausgangsbeton erheblich ansteigen.

Die Prüfung der einzusetzenden Materialien nach der Empfehlung des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton ist eine Möglichkeit nachzuweisen, dass das einzusetzende Material den Anforderungen der DIN EN 12696 genügt und deshalb geeignet ist. Derzeit gibt es erst ein nach dieser Empfehlung geprüftes Material.

Der Nachweis der Eignung für den kathodischen Korrosionsschutz kann jedoch auch über Probeinstandsetzungen am Objekt erfolgen. In [8] wird über ein Tiefgaragenprojekt in Mainz berichtet, bei dem die Eignung des einzusetzenden Instandsetzungs- und Einbettungsmaterials über eine Machbarkeitsstudie nachgewiesen wurde.

Bei dieser Tiefgarage waren 67 stark chloridbelastete Stützensockel instand zu setzen. Auf der Tiefgarage steht ein 8-geschossiges Verwaltungsgebäude. Eine konventionelle Maßnahme mit umfangreichem Betonabtrag wäre somit schwierig gewesen, da die Abstützung der Lasten alle Geschosse tangiert hätte. Zusätzlich war die Bewehrungsführung so eng, dass zwischen der Längsbewehrung nur ein Abstand von 2,5 cm vorlag, was einen Betonabtrag hinter der Bewehrung sehr schwierig bzw. unmöglich machte (Bild 6).

Aus diesem Grund wurde eine Machbarkeitsstudie entwickelt und 2 Stützen zur Probe instand gesetzt; eine nach dem Instandsetzungsprinzip KKS, eine konventionell.

Es zeigte sich, dass die konventionelle Instandsetzung nicht möglich war, da die Bewehrung aufgrund der engen Bewehrungsführung nicht frei gelegt werden konnte.

Der Erfolg der KKS-Installation wurde durch Depolarisationsmessungen nach [1] nachgewiesen, die Gesamtmaßnahme von der Bundesanstalt für Materialprüfung Berlin gutachterlich begleitet.

Die Anodeneinbettung erfolgte sowohl mit Beton nach DIN 1045, als auch mit einem SPCC der Beanspruchbarkeitsklasse M3 mit Feuerwiderstandsklasse F90-Zulassung. Bei beiden Materialien wurde die Eignung für den Anwendungsfall KKS anhand der Machbarkeitsstudie nachgewiesen und die Zustimmung im Einzelfall erteilt.



*Bild 6: Enge Bewehrungsführung macht Betonabtrag hinter der Bewehrung unmöglich*

Eine andere Möglichkeit ist die Bestimmung des elektrischen Widerstands des Materials im Labor. Dabei wird der spezifische Widerstand des einzusetzenden Materials unter verschiedenen Umgebungsbedingungen in Bezug auf die Umgebungsfeuchte im Bereich üblicher Betone unter atmosphärischen Bedingungen geprüft. Die Bestimmung der Elektrolytwiderstände erfolgt dabei in der Regel an Mörtelprismen mit eingeklebten aktivierten Titanelektroden. Die Prüfungen finden bei unterschiedlichen relativen Luftfeuchten und Temperaturen statt, die den Anwendungsfall in der Praxis simulieren sollen.

Bei diesen Prüfungen wird die Entwicklung der elektrischen Widerstände überprüft. In der Regel steigt der Widerstand bei Austrocknung der Materialien.

Dem sachkundigen Planer ist anzuraten, die Durchführung einer solchen Prüfung auf jeden Fall bei der Anwendung von vorkonfektionierten kunststoffmodifizierten Spritzmörteln und –betonen zu fordern, bevor er diese Materialien für die Instandsetzung mit dem Verfahren des kathodischen Korrosionsschutzes freigibt.

### 3.2 Anforderungen an SPCC zur KKS-Anwendung in Österreich

Während in Deutschland die Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes bezüglich der Instandsetzungs- und Einbettungsmaterialien an die Zustimmung im Einzelfall gekoppelt ist, werden in Österreich gemäß [4] in Abschnitt 5.2.1.2 allgemein gültige Anforderungen an den zu verwendenden Zementmörtel gestellt. Diese sind im Einzelnen:

- Der spezifische Widerstand des Mörtels soll 5000 – 15000  $\Omega$  cm betragen, der elektrische Widerstand wird gemessen nach der Vorgabe des UK DoT (UK, Department of Transport).
- Der Zementmörtel darf keine latentlydraulischen Zusatzstoffe enthalten. Um die Lebensdauer des KKS-Systems zu gewährleisten, muss der Zementmörtel eine ausreichende Pufferkapazität gegen mögliche Säurebildung an der Anode aufweisen und ausreichend gasdurchlässig sein.
- Der Zementmörtel kann einen Polymeranteil enthalten, um die mechanischen Eigenschaften zu verbessern (K/ Z-Wert < 0,1).
- Der Zementmörtel soll ein geringes Schwindverhalten aufweisen.

- Für die allgemeinen Eigenschaften des Zementmörtels gelten die einschlägigen Normen und Richtlinien.
- Zementmörtel hat frost- und tausalzbeständig zu sein.
- Haftzugfestigkeit nach 28 Tagen auf Beton  $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$ .

Diese Anforderungen der österreichischen Richtlinie sind sehr praxisorientiert und lassen dabei ein breites Spektrum an unterschiedlichsten Mörtelsystemen zu.

Das österreichische Regelwerk orientiert sich dabei sehr eng an die DIN EN 12696. Nachweismethoden für die in den Verkehr zu bringenden Materialien werden dabei nicht explizit festgelegt.

Die Verantwortung hinsichtlich der Definition der Anforderungen an das Material liegt im Zuge der Ausschreibung direkt beim sachkundigen Planer. Das ausführende Unternehmen hat die Nachweise zu führen. Letztendlich obliegt es dann dem Hersteller der Materialien, die Eignungsnachweise zu führen.

#### **4. Anforderungen an Spritzmörtel und -betone als Betonersatz und Anodeneinbettung in der Praxis**

Unter Berücksichtigung der Anforderungen, die in Normen und Regelwerken an SPCC's bei der Anwendung in Verbindung mit KKS gestellt werden, gibt es allgemein gültige Anforderungen aus der Praxis:

- Eigenschaften ähnlich denjenigen des Bauwerksbetons
- Geringes Schwindverhalten
- Geringe Reißneigung
- Guter Verbund mit dem einzubettenden Bewehrungsstahl
- Gute Haftung am Betonuntergrund
- Gegebenenfalls dem Anwendungsfall angepasstes Brandverhalten
- Gegebenenfalls hoher Frost-/ Taumittelwiderstand.

Zusätzlich zu den materialspezifischen Anforderungen an kunststoffmodifizierte Spritzmörtel und Betone bei der Anwendung bei KKS-Projekten sind an diese Materialien auch Anforderungen hinsichtlich der Verarbeitungsfreundlichkeit zu stellen.

Besonders folgende Kriterien sind für die Praxis von Relevanz:

- Einfache Handhabung des Applikationsverfahrens
- Keine Neigung zu Wasserabsonderung
- Geringer Rückprall
- Zuverlässige Aufbringung praxisrelevanter Schichtdicken
- Korngröße dem Anodengitter angepasst.

Am Beispiel der Instandsetzung der Stützenreihen der Überführungen Ü 13 bis Ü 22 an der A 2-Südautobahn wird nachfolgend der Einsatz von einem Kunststoff modifizierten Spritzmörtel dargestellt.

## 5. Die Instandsetzung der Stützenreihen der Überführungen Ü 13 bis Ü 22 an der A 2-Südautobahn Wien/ Graz

Die Brücken an der A2-Südautobahn zwischen Guntramsdorf und Leobersdorf wurden in den Jahren 1959 bis 1964 in der auf dem nachfolgenden Bild 7 dargestellten typischen Bauweise errichtet.



*Bild 7: Typische Bauart der Überführungsobjekte an der A 2*

Die Tragwerke der Überführungsobjekte ruhen auf 3 Stützenreihen zwischen den Widerlagern. Diese Stützenreihen bestehen in der Regel jeweils aus 4 – 5 Einzelstützen, die über einen oberen und einen unteren Querriegel verbunden sind. Bei 2 Brücken werden die Stützen durch wandartige Scheiben ausgebildet. Einige der Brücken sind Doppelbrücken mit je 2 Stützenreihen.

Die Konstruktionsart der Stützenreihen ist sehr ähnlich, es kann zwischen 3 Arten differenziert werden:

- Quadratische Stützen mit Abmessungen 0,60 x 0,60 m
- Rechteckige Stützen mit Abmessungen 0,70 x 0,60 m und 0,50 x 0,60 m
- Wandartige Stützen

Die Höhen der Stützen differieren je nach örtlichen Gegebenheiten. Die Betonoberfläche der Stützen ist entweder gestockt oder aber mit Brettschalung glatt hergestellt. Einige Stützen sind nachträglich beschichtet worden.

Die eingelegte Bewehrung entspricht den statischen Erfordernissen des jeweiligen Überführungsobjekts. Es ist Längsbewehrung bis Durchmesser 34 mm sowie Bügelbewehrung mit Durchmessern bis 10 mm vorhanden. Die planmäßige Betondeckung der Bewehrung beträgt 2 cm.

Aufgrund jahrelanger Tausalzbeanspruchung durch Spritzwasser, Sprühnebel oder zusammen geschobene, Tausalz belastete Schneemassen weisen die Stützen insbesondere

im Sockelbereich aber auch in Zonen bis zu einer Höhe von 2 m Betonschäden infolge chloridinduzierter Korrosion auf.

Nach eingehender Untersuchung der Schadensursachen und Ausarbeitung von Instandsetzungskonzepten wurde entschieden, dass die Stützenreihen mit dem Instandsetzungsprinzip KKS über Fremdstrom instand gesetzt werden. Dabei wurden Titannetze als Anoden eingesetzt, die mit einem SPCC einzubetten waren.

Zur Anwendung kam ein vorkonfektionierter Betonersatz, der sowohl im Bereich der Schadstellen als PCC von Hand eingebracht werden konnte, als auch als SPCC im Nassspritzverfahren zur Anodeneinbettung. Der Mörtel ist nach der deutschen Instandsetzungsrichtlinie [3] für die Beanspruchbarkeitsklasse M 3 geprüft, d.h. es ist ein statisch anrechenbarer Betonersatz. Er verfügt über einen hohen Frost- und Taumittelwiderstand und kann ohne zusätzliche Oberflächenschutzsysteme bei Verkehrsbauten im Freien eingesetzt werden. Ein allgemein bauaufsichtliches Prüfzeugnis als PCC II gemäß den Technischen Lieferbedingungen für Betonersatzsysteme aus Zementmörtel/ -beton mit Kunststoffzusatz (TL BE-PCC) des deutschen Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Wohnungswesen (BMVBW) und M3 gemäß der Instandsetzungsrichtlinie [3] liegt vor.

Das Material war bei KKS-Projekten in Deutschland auf Eignung gemäß EN 12696 [1] geprüft und bereits mit Erfolg eingesetzt worden.

Da die Überführungsobjekte in einer exponierten Lage mit hoher Windbelastung stehen, wurde eine Einhausung der einzelnen Stützenreihen während der Ausführung vorgeschrieben.



*Bild 8: Einhausung der Stützenreihe zum Schutz gegen Wind*

Nachdem die KKS-Installation abgeschlossen war, wurden die 4 Seiten der Stützen und der obere Querriegel im Nassspritzverfahren eingebettet. Am horizontalen unteren Querriegel erfolgte die Einbettung händisch.

Der Untergrund wurde vor der Anodenmontage sorgfältig mittels Höchstdruckwasserstrahlen vorbereitet und musste danach eine Oberflächenzugfestigkeit von mindestens  $1,5 \text{ N/mm}^2$  aufweisen. Zur Beurteilung der Eignung des Untergrundes ist dabei nicht nur der Wert heran zu ziehen, sondern auch das Bruchbild (Bild 9). Betonbruch ist optimal.

Zur Begrenzung der Kanten und Überprüfung der Schichtdicken wurde eine Schalung installiert (Bild 10). Am Tag vor der Einbettung wurde die Betonoberfläche bereits gründlich

genässt. Zum Zeitpunkt der Applikation des SPCC musste sie mattfeucht vorliegen. Dazu war es notwendig, immer wieder nach zu nässen.



*Bild 9: Oberflächenzugfestigkeit nach dem HDW-Strahlen*



*Bild 10: Für Einbettung vorbereitete Stützenfläche*

Der Auftrag des SPCC erfolgte in einer Schichtstärke von ca. 30 mm im Nassspritzverfahren. Dabei war besonderer Wert auf eine sorgfältige Hinterspritzung der Anode zu legen (Bilder 11 und 12). Der SPCC wurde in 2 Lagen aufgebracht, die 2. Lage wurde zur Erzielung einer einwandfreien Optik geglättet. Nach dem Einbetten wurde mit feuchter Jute und Folie 5 Tage nachbehandelt.

Der Erfolg der Einbettungsmaßnahme und der Verbund mit dem Betonuntergrund wurden nach 28 Tagen anhand von Bohrkernen und Haftzugfestigkeitsprüfungen geprüft.

Das Ergebnis der Maßnahme hängt in entscheidendem Maße von einer sorgfältigen Untergrundvorbereitung, einer guten Vornässung, der handwerklichen Qualität der Düsenführung und intensiver Nachbehandlung durch Feuchthalten ab.



*Bild 11: Einbetten des Anodengitters*



*Bild 12: Nachbehandlung mit feuchter Jute und Folie*

Störfaktoren bei der Einbettung sind die Anodennetze, da sie sehr nah auf der Betonoberfläche liegen und hinterspritzt werden müssen. Ebenso stellen die Kunststoffdübel zur Befestigung der Anodengitter Störstellen da, die beim Einbetten sorgfältig eingespritzt werden müssen. Daher müssen die Korngröße des Zuschlags und der Bindemittelgehalt des SPCC auf diese Anwendung angepasst sein.

Bild 13 zeigt einen Bohrkern aus einer der Stützen. Durch richtige Materialauswahl und sorgfältige Ausführung wurde ein einwandfreier Verbund zwischen Altbeton und Anodeneinbettung erzielt, der sich auch in hohen Haftzugfestigkeiten niederschlug (Bild 14).



*Bild 13: Bohrkern zeigt gute Verdichtung und einwandfreien Verbund des SPCC zum Untergrund*



*Bild 14: Haftzugfestigkeit, 100 % Bruch im Beton*

Bild 15 zeigt eine fertig gestellte Stützenreihe.



*Bild 15: Fertig gestellte Stützenreihe nach der Inbetriebnahme des KKS*

## 6. Zusammenfassung

Der kathodische Korrosionsschutz ist eine sinnvolle Alternative zu herkömmlichen Instandsetzungsverfahren und wird bei Verkehrsbauwerken bereits mit Erfolg eingesetzt. Beim KKS mit Fremdstrom besteht das derzeit am häufigsten eingesetzte Anodensystem in der Regel aus Titanbändern oder -netzen, die auf der Betonoberfläche befestigt und mit einem zementösen Überzug eingebettet werden.

SPCC ist als Einbettungsmörtel durchaus geeignet, sofern er den Anforderungen der EN 12696 [1] bzgl. der elektrochemischen Eigenschaften genügt. Dabei muss der elektrische Widerstand demjenigen des Ausgangsbetons ähnlich sein.

Neben den für einen Betonersatz im statisch konstruktiven Bereich bestens bekannten Anforderungen (siehe [2] und [3]), muss der elektrische Widerstand des SPCC unter den Umgebungsbedingungen der Anwendung eine gleichmäßige Verteilung des Schutzstroms zulassen. Die Art des Nachweises ist in [1] nicht eindeutig definiert. Der sachkundige Planer hat diesen Nachweis jedoch zu fordern und die Anforderungen an das Material in seiner Ausschreibung eindeutig zu formulieren. Der Materialhersteller muss den Nachweis erbringen, was durch Laborprüfungen unter definierten Bedingungen erfolgen kann.

Im vorliegenden Beitrag werden die Anforderungen an SPCC's zum Einsatz beim KKS beschrieben und auf die Regelwerke eingegangen. Ein Beispiel aus der Praxis zeigt einen möglichen Anwendungsfall.

Der kathodische Korrosionsschutz wird sich in der Zukunft sicherlich weiter als Instandsetzungsprinzip durchsetzen. SPCC's werden dabei bei vertikalen Flächen und Überkopf mit Erfolg eingesetzt werden können.

## 7. Literatur

- [1] DIN EN 12696:  
Kathodischer Schutz von Stahl in Beton. Berlin, Juni 2000.
- [2] DIN EN 1504:  
Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Stahlbetonbauwerken. Teile 1 – 10, Berlin, Januar 2005 bis November 2006.
- [3] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:  
DAfStb-Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Stahlbetonbauteilen. Berlin, Oktober 2001.
- [4] Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik:  
Richtlinie Kathodischer Korrosionsschutz von Stahlbetonbauteilen. Wien, Dezember 2003.
- [5] Bertolini, L.; Elsener, B.; Pedferri, P.; Polder, R.:  
Corrosion of Steel in Concrete, Prevention, Diagnosis, Repair. ISBN 3-527-30800-8, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2004.
- [6] Raupach M.; Orłowsky J.:  
Schutz und Instandsetzung von Betontragwerken. ISBN 978-3-7640-0475-0, Verlag Bau + Technik 2008.
- [7] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:  
Empfehlung des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton zu den erforderlichen Nachweisen der Bauprodukte für den kathodischen Korrosionsschutz (KKS) im Betonbau. Stand 31. 01. 2008.
- [8] Gieler-Breßmer, S.:  
Die Aufgaben des sachkundigen Planers bei KKS-Projekten. Vortrag an der Technischen Akademie Esslingen im Rahmen des KKS-Symposiums am 20. / 21. 11. 2008.
- [9] Gieler-Breßmer, S.:  
Generalerneuerung der A2-Südautobahn Wien-Graz: Kathodischer Korrosionsschutz an den Stützenreihen der Überführungen Ü 13 bis Ü 22. Beton- und Stahlbetonbau, Heft 5, Mai 2008, S. 344 – 354.

## Die Autorin

Dipl.-Ing. Susanne Gieler-Breßmer  
Studium des Bauingenieurwesens an der Universität Dortmund, seit 1990 geschäftsführende Inhaberin des Ingenieurbüros IGF GmbH, seit 1992 öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige für Betonschäden und Betoninstandsetzung, Vorstandsmitglied der Technischen Akademie Esslingen  
[gieler-bressmer@igf-beton.de](mailto:gieler-bressmer@igf-beton.de)