

Ingenieurbüro Raupach Bruns Wolff GmbH & Co. KG  
Büchel 13/15 · 52062 Aachen

DAW SE  
Geschäftsbereich Disbon  
Roßdörfer Straße 50  
64372 Ober-Ramstadt

Vorgang: B 5831

Kontakt: Herr Dipl.-Ing. Michael Bruns

Telefon: +49 241 94 37 74 08

Telefax: +49 241 94 37 74 16

E-mail: bruns@bauwerkserhaltung.ac

Datum: 07.07.2014

**Gutachtliche Stellungnahme**  
**zum Anwendungsbereich des Systems Disbocret 714 PCC I-Grobmörtel**  
**mit der Disbocret 713 PCC-Haftbrücke als Anodeneinbettmörtel für**  
**Titanmischoxidanoden beim KKS von Stahlbeton**

**B 5831**

Auftraggeber: DAW SE  
Geschäftsbereich Disbon  
Roßdörfer Straße 50  
64372 Ober-Ramstadt

Dieses Gutachten umfasst 16 Seiten

## Inhaltsverzeichnis

1	AUFTRAG .....	3
2	UNTERLAGEN .....	3
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN .....	3
4	GEPRÜFTES SYSTEM UND WESENTLICHE ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN DES IBAC .....	6
4.1	Sorptionsisothermen .....	6
4.2	Prüfung des elektrischen Widerstandes in Abhängigkeit der Baustofffeuchte .....	7
4.3	KKS-Funktionsprüfung am Gesamtsystem.....	8
5	BEWERTUNG DER ERGEBNISSE HINSICHTLICH DES EINSATZBEREICHES SYSTEMS DISBOCRET 714 PCC I- GROBMÖRTEL MIT DER HAFTBRÜCKE DISBOCRET 713 PCC- HAFTBRÜCKE FÜR DEN EINSATZ BEIM KKS .....	12
5.1	Allgemeines .....	12
5.2	Reparaturmaterial .....	12
5.3	Anodeneinbettung.....	12
5.4	Einsatzbereiche und Anwendungsbedingungen.....	14
6	ZUSAMMENFASSUNG .....	15
7	LITERATUR .....	16

## 1 AUFTRAG

Das Ingenieurbüro Raupach Bruns Wolff wurde am 07.03.2014 mit dieser gutachtlichen Stellungnahme zum Anwendungsbereich des Betonersatzsystems Disbocret 714 PCC I-Grobmörtel in Verbindung mit der Haftbrücke Disbocret 713 PCC-Haftbrücke als Reparaturmaterial und Anodeneinbettmaterial für Titanmischoxidanoden beim KKS von Stahlbeton beauftragt. Insbesondere soll dabei bewertet werden, unter welchen Randbedingungen seitens des zu schützenden Bauwerksbetons das oben genannte System für den Einsatz beim Kathodischen Korrosionsschutz (KKS) geeignet ist.

## 2 UNTERLAGEN

- Materialprüfbericht M 1913 des Instituts für Bauforschung der RWTH Aachen, ibac, vom 11.03.2014

## 3 TECHNISCHE GRUNDLAGEN

Das Prinzip des KKS beruht darauf, die Bewehrung kathodisch zu polarisieren, so dass die anodische Eisenauflösung nahezu vollständig behindert wird. Um diese Polarisation zu erreichen, werden Elektroden (Anoden) entweder auf der Bauteiloberfläche (Flächenanoden) oder im Betonkörper (z.B. Kernanoden) installiert und zwischen diesen und der Bewehrung ein elektrischer Strom mittels einer Gleichstromquelle (KKS mit Fremdstrom) eingebracht (siehe Bild 1).

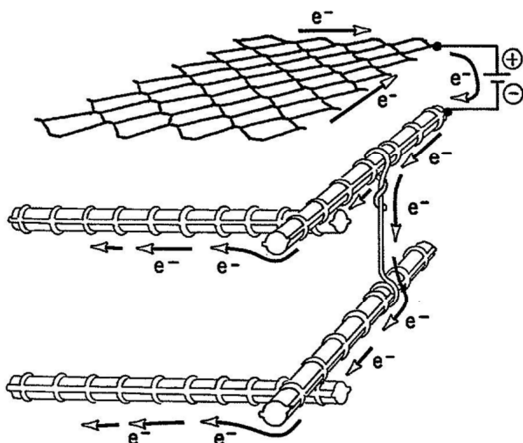


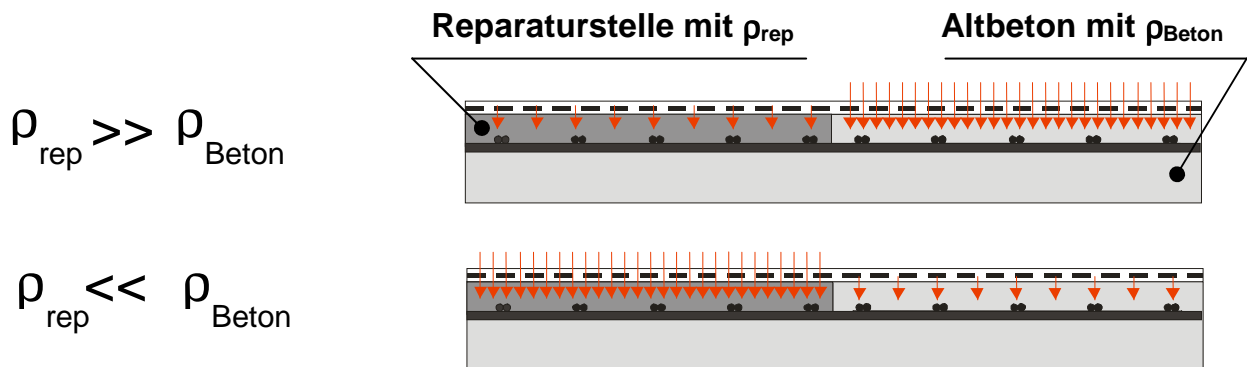
Bild 1: Prinzip des KKS der Bewehrung

Die umfangreichsten Erfahrungen hinsichtlich des Anodenmaterials liegen international für so genannte Titanmischoxid-Netzanoden vor /2/, die in einer Mörtel-, Spritzmörtel- oder Spritzbetonschicht eingebettet auf der Bauteiloberfläche angebracht werden. Diese Anodeneinbettung dient dabei der Fixierung der Anode auf der Betonoberfläche und schafft die für die Polarisierung der Bewehrung erforderliche elektrolytisch leitende Verbindung zwischen der Anode und dem Bauwerksbeton bzw. der Bewehrung. Aus dieser Funktion der Anodeneinbettung ergeben sich die wesentlichen technischen Anforderungen an das Einbettmaterial. Einerseits muss das Material unter den vorhandenen Bauwerksbedingungen und Bauteilbelastungen eine ausreichende und dauerhafte Haftung am Betonuntergrund mit sich bringen, andererseits muss die elektrolytische Leitfähigkeit der Anodeneinbettung unter den vorhandenen Umgebungsbedingungen ausreichend groß sein, um den erforderlichen Stromfluss zwischen der Anode und dem Beton bzw. der Bewehrung zu ermöglichen.

Weiterhin ist beim KKS üblicherweise bereichsweise ein Betonersatz erforderlich. Zwar muss ungeschädigter chloridhaltiger Beton beim KKS nicht entfernt werden, in abgeplatzten, hohl liegenden oder bereits mit schlecht leitenden Materialien reparierten Bereichen muss jedoch ein Abtrag bis zum tragfähigen Betonuntergrund sowie eine Reprofilierung mit einem für den KKS geeigneten Betonersatzsystem erfolgen.

Die Eignung des Betonersatzsystems für den KKS ergibt sich auch hier wieder aus seiner Funktion. Einerseits muss das Betonersatzsystem die jeweiligen Anforderungen der RL SIB /3/ für den entsprechenden Anwendungsfall (M1, M2, M3) erfüllen und einen entsprechenden bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis, z.B. ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP) besitzen. Andererseits muss es hinsichtlich seiner elektrolytischen Leitfähigkeit unter den vorhandenen Umgebungsbedingungen ähnliche Eigenschaften aufweisen wie der originale Bauwerksbeton, um eine ausreichend gleichmäßige Stromverteilung zwischen reparierten und nicht reparierten Bereichen zu erzielen. Ist der Elektrolytwiderstand des Reparaturmaterials im Verhältnis zu dem des Originalbetons zu groß, wird die Bewehrung im Bereich bzw. unterhalb der jeweiligen Reparaturstelle nicht ausreichend geschützt. Ist der Elektrolytwiderstand des Reparaturmaterials dagegen deutlich kleiner als der des Originalbetons, kommt es zu einem erhöhten Stromfluss im Bereich der Reparaturstelle (siehe Bild 2). Dieser erhöhte Stromfluss kann insbesondere die Dauerhaftigkeit des Anodensystems im Bereich der Reparaturstellen beeinträchtigen. Wenn die Steuerung der KKS-Anlage ausschließlich anhand von Bezugselektroden, die im Randbereich von Reparaturstellen angeordnet

werden, erfolgt, kann zudem ein unzureichender Schutz der Bewehrung im Originalbeton resultieren.



**Bild 2:** Einfluss des spezifischen Widerstands von Reparaturmaterial und Bauwerksbeton auf die Stromverteilung beim KKS

Entsprechend fordert die DIN EN ISO 12696 /1/, dass der spezifische elektrolytische Widerstand von Instandsetzungsmaterialien beim KKS ähnlich dem des Originalbetons sein muss.

Jedoch sind weder der nominelle elektrolytische Widerstand des Ausgangsbetons noch die maßgeblichen Umgebungsbedingungen genauer definiert, so dass eine zielgerichtete Prüfung nur schwer möglich ist, da üblicherweise sowohl die Betonwiderstände wie auch die Umgebungsbedingungen, oftmals selbst am gleichen Bauteil, erheblichen Schwankungen unterworfen sind. Zudem werden die Umgebungsbedingungen für den Originalbeton in der Regel durch die Instandsetzung massiv verändert. Das Aufbringen von Oberflächenschutzsystemen auf die Bauteiloberfläche bzw. auf den Anodeneinbettmörtel führt beispielsweise langfristig zu einer Trocknung des Einbettmörtels, des Reparaturmaterials und des Originalbetons und damit zur Erhöhung der elektrolytischen Widerstände. Weiterhin unterliegen die elektrolytischen Widerstände von Reparaturmörtel und Altbeton aufgrund der unterschiedlichen Ausbildung des Porenraums naturgemäß nicht der gleichen Feuchteabhängigkeit. Eine exakte Anpassung der Widerstände der Reparaturmaterialien über das gesamte relevante Feuchtigkeitsspektrum ist daher in der Regel nicht möglich.

In /2/ werden daher die nachfolgenden Prüfungen empfohlen:

- KKS-Funktionsprüfung: Erreichen des Schutzkriteriums, z. B. 100 mV-Kriterium, mit dem gesamten Anodensystem (z.B. Anode und Einbettungsmörtel, ggf. mit vorgesehenem Betonersatzsystem (Haftbrücke, Instandsetzungsmörtel, etc.)) für den KKS für die zu erwartenden Umgebungsbedingungen und Betondeckungen.
- Prüfung des elektrischen Widerstandes zur Abstimmung des Einbettmörtels auf den Betonuntergrund: Nachweis der Ähnlichkeit der elektrischen Widerstände des Einbettmörtels und des Betonuntergrunds 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.

Diese Prüfungen sind für das System Disbocret 714 PCC I-Grobmörtel mit der Haftbrücke Disbocret 713 PCC-Haftbrücke als Reparaturmörtel und Anodeneinbettmörtel für Titanmischoxidanoden im Materialprüfbericht M 1913 vom 11.03.2014 des Instituts für Bauforschung der RWTH Aachen (ibac) dokumentiert.

## **4 GEPRÜFTES SYSTEM UND WESENTLICHE ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN DES IBAC**

### **4.1 Sorptionsisothermen**

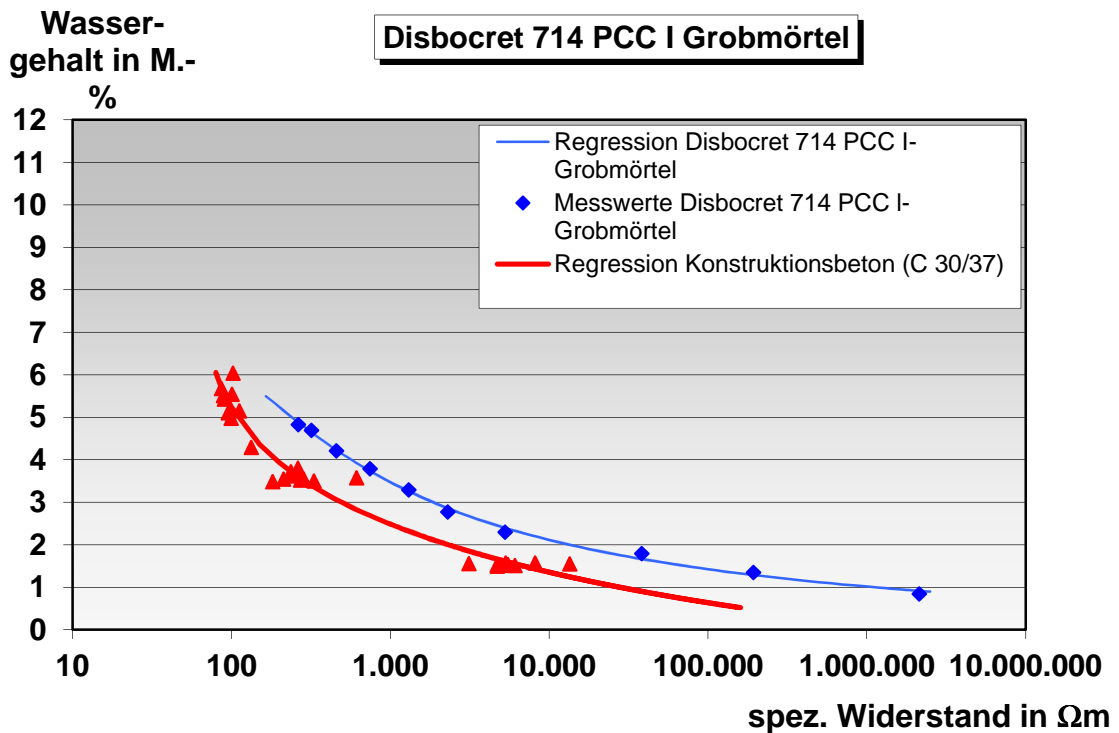
Bei üblichen freibewitterten Bauteilen in Deutschland, aber auch bei Parkbauten, ist i.d.R. von mittleren Luftfeuchten von deutlich über 50 % r. F. auszugehen. In Parkbauten ist erfahrungsgemäß eher mit deutlich höheren Luftfeuchten von im Mittel etwa 80 % r. F. zu rechnen. Für die Bewertung der sich bei diesen Luftfeuchten einstellenden Bauteilfeuchte im Mörtel Disbocret 714 PCC I-Grobmörtel ist die Desorptionstherme heranzuziehen. So wird der Mörtel zunächst mit nahezu 100 % Wassergehalt eingebaut. Mit zunehmender Standzeit findet, je nach Umgebungsbedingungen, langsam eine Austrocknung statt. Bei einer mittleren Luftfeuchte von 80 % r. F. wird sich, basierend auf der in M 1913 dokumentierten Desorptionstherme, im Mörtel etwa eine Feuchte von knapp unter 4 M.-% einstellen, bei 50 % r. F. eine Mörtelfeuchte von etwa 2,5 M.-%.

## 4.2 Prüfung des elektrischen Widerstandes in Abhängigkeit der Baustofffeuchte

Im Rahmen der Materialprüfung M 1913 des ibac wurde die Materialfeuchte-Widerstandsbeziehung untersucht, um zu ermitteln, in welchem Maße der spezifische Elektrolytwiderstand bei zunehmender Trocknung der Proben ansteigt. Dabei gilt es im Wesentlichen zu erörtern, ob jeweils eine Grenzfeuchte existiert, bei deren Unterschreitung das Material praktisch zum Isolator wird. In Bild 3 ist die am PCC Disbocret 714 PCC I-Grobmörtel ermittelte Feuchte-Widerstandsbeziehung zusammen mit einer an einem Beton (C 30/37 hergestellt mit CEM I) ermittelten, dargestellt. Grundsätzlich ist bei beiden Beziehungen ein sehr ähnlicher Kurvenverlauf erkennbar.

Bei Wassersättigung liegen die Widerstände beim Disbocret 714 PCC I-Grobmörtel bei etwa 270  $\Omega\text{m}$ , beim Vergleichsbeton bei ca. 60  $\Omega\text{m}$ . Der Disbocret 714 PCC I-Grobmörtel weist allerdings einen etwas geringeren Wassergehalt bei Wassersättigung auf. Direkte Schlüsse auf den spezifischen Elektrolytwiderstand in Abhängigkeit der Umgebungsbedingungen können aus diesen Feuchte-Widerstandsbeziehungen nicht ohne weiteres abgeleitet werden, da diese von den Sorptionseigenschaften des Materials abhängen, was bedeutet, dass sich bei zwei unterschiedlichen Materialien bei gleicher relativer Luftfeuchte deutlich unterschiedliche Wassergehalte einstellen können.

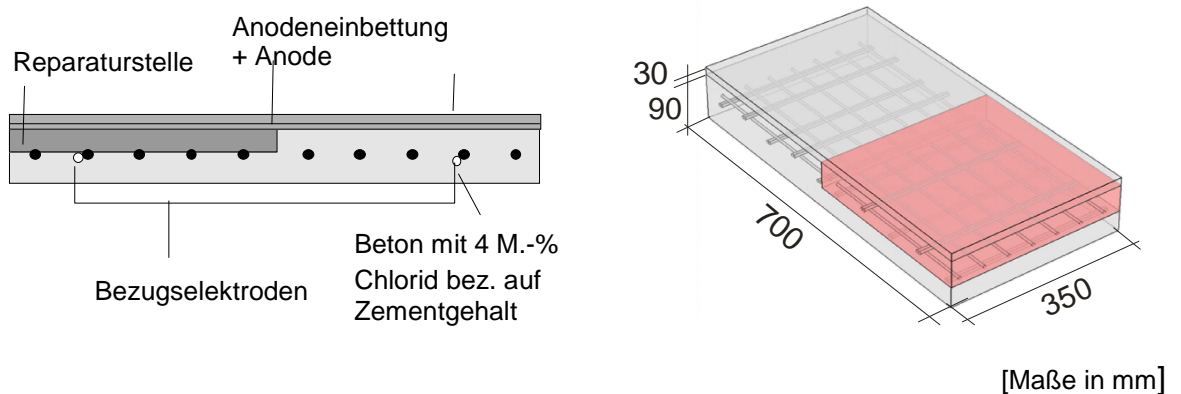
Wie im vorangegangenen Kapitel 4.1 erläutert, stellen sich beim Disbocret 714 PCC I-Grobmörtel bei 80 % r. F. Wassergehalte von knapp unter 4 M.-% ein, bei 50 % r. F. Wassergehalte von etwa 2,5 M.-%. Basierend auf der ermittelten Feuchte-Widerstandsbeziehung ergeben sich daraus spezifische elektrolytische Widerstände des Mörtels von etwa 530  $\Omega\text{m}$  bzw. 4.000  $\Omega\text{m}$ .



**Bild 3:** Vergleich der in der Materialprüfung M 1913 des ibac dargestellten Materialfeuchte- Widerstandsbeziehung des PCC Disbocret 714 PCC I- Grobmörtel mit einem Vergleichsbeton (C 30/37 hergestellt mit CEM I)

### 4.3 KKS-Funktionsprüfung am Gesamtsystem

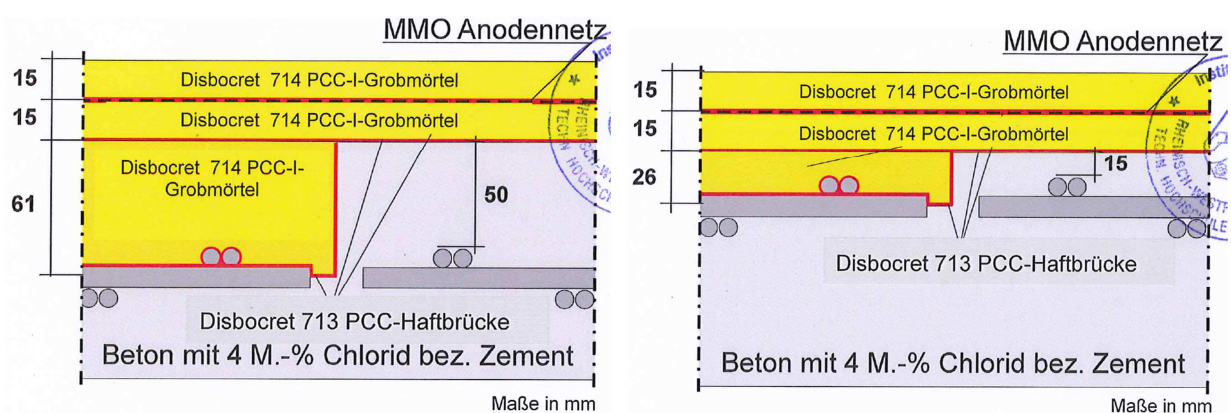
Im Materialprüfbericht M 1913 des ibac wurden Untersuchungen an Systemprüfkörpern dokumentiert, deren Aufbau in Bild 4 dargestellt ist.



**Bild 4:** Prüfkörperaufbau (Grundplatte:  $35 \cdot 70 \cdot 9 \text{ cm}^3$ , Bewehrung:  $2 \cdot Q 636$  Mattenabschnitte mit je  $5 d = 10 \text{ mm}$  Zulagen) [Maße in mm]



Anhand dieses grundsätzlichen Prüfkörperaufbaus wurde die Schutzstromaufteilung auf die Bewehrung im reparierten und nicht reparierten Bereich für die beiden in Bild 5 dargestellten Prüfkörperaufbauten nachgestellt. Je Prüfkörperaufbau (Reparaturstellentiefe) wurden zwei verschiedene Betone untersucht, um ein breites Spektrum der in der Praxis vorkommenden mit CEM I hergestellten Bauwerksbetone hinsichtlich ihres Feuchte-Widerstandsverhaltens abzubilden. Die Zusammensetzungen der verwendeten Betone sind in Tabelle 1 angegeben. Insgesamt wurden somit vier verschiedenen Systemprüfkörper untersucht.



**Bild 5:** In Rahmen der Materialprüfung M 1913 des ibac geprüfte Systemaufbauten. (aus M 1913 entnommen)

**Tabelle 1:** Betonparameter der Varianten der Systemprüfkörper

Variante	Zementart	w/z	Zementgehalt	Sieblinie	$f_{c,cube}$
-	-	-	kg/m <sup>3</sup>	-	N/mm <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6
CI-45	CEM I 42,5 R	0,45	375	AB16	44,9
CI-65	CEM I 32,5	0,65	275		25,7

Die Applikation des Mörtelsystems und der Anode erfolgte dabei wie folgt: Im Bereich der Reparaturstelle wurde zunächst die Haftbrücke Disbocret 713 PCC-Haftbrücke aufgetragen und daraufhin frisch in frisch die Reparaturstelle mit dem PCC Disbocret 714 PCC I-Grobmörtel reprofiliert. Die Oberfläche wurde dann gesandstrahlt und auf die gestrahlte Oberfläche erneut die Haftbrücke aufgetragen, gefolgt von einer weiteren Lage Disbocret 714 PCC I-Grobmörtel in einer Schicht von 15 mm, die eine Ausgleichmörtellage nachstellen soll. Nach dem Strahlen (Sandstrahlen) der Oberfläche der Ausgleichmörtellage wurde das Titanmischoxidnetz (MMO Anodennetz) fixiert. Auf

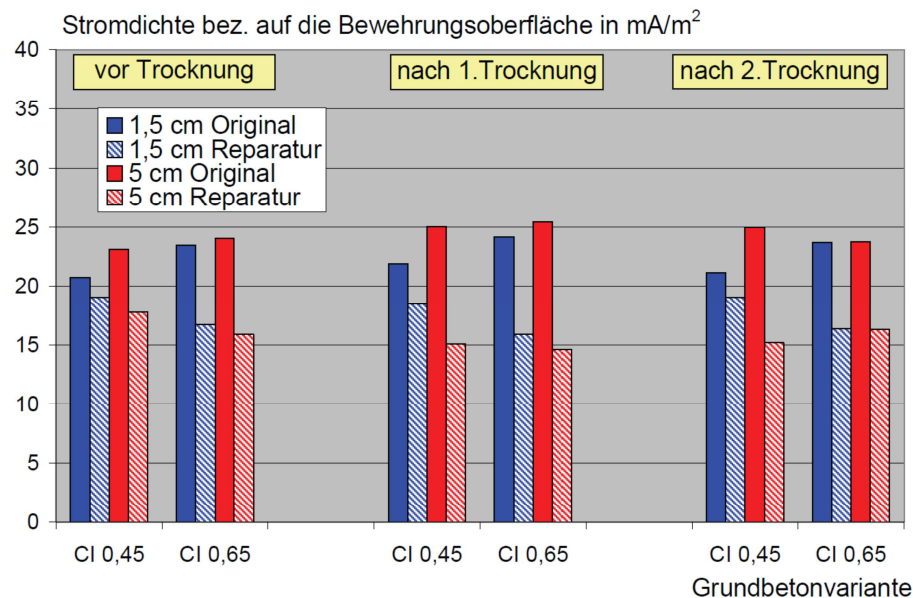
die vollflächig mit dem Titanmischoxidnetz versehene Oberfläche wurde erneut die Haftbrücke aufgetragen, wobei darauf geachtet wurde, dass die Haftbrücke das Netz vollständig umschließt. Auf die so vorbereitete Oberfläche wurde wiederum frisch in frisch die abschließende Lage Disbocret 714 PCC I-Grobmörtel aufgebracht.

Die in der Materialprüfung M 1913 beschriebene Systemprüfung erfolgte durch Untersuchung der Schutzstromaufteilung auf den reparierten und nicht reparierten Prüfkörperbereich bei Anlegen einer konstanten mittleren Schutzstromdichte zwischen Anode und Bewehrung von  $20 \text{ mA/m}^2$  bez. auf die Bewehrungsoberfläche. Die Schutzstromdichte von  $20 \text{ mA/m}^2$  bez. auf die Bewehrungsoberfläche wurde dabei gewählt, da diese einen oberen Grenzwert üblicherweise angesetzter Bemessungsstromdichten darstellt. Der Einfluss einer Trocknung von Mörtel und Beton auf die Stromverteilung wurde durch Messung der Stromverteilung vor sowie nach zwei Trocknungsperioden untersucht. Zur Trocknung wurden die Prüfkörper dabei in einer Klimakammer bei  $45 \text{ °C}$  und  $10 \text{ \% r.F.}$  gelagert. Die Dauer der Trockenlagerung betrug bei der ersten Trocknung 22 Tage, bei der zweiten Trocknung 21 Tage.

Als wesentliches Ergebnis der Systemprüfungen der Materialprüfung M 1913 zeigt Bild 6 die jeweils im reparierten Bereich und im Bereich des Originalbetons für die 3 Trocknungszustände an den Prüfkörperbereichen ermittelten Schutzstromdichten. Die jeweils zu den Messzeitpunkten zwischen dem Anodennetz und der jeweiligen Bewehrung gemessenen Wechselstromwiderstände (bei  $1000 \text{ Hz}$ ) zeigt Tabelle 2.

Aus den Ergebnissen der Schutzstromverteilung (Bild 6) ist zu erkennen, dass bei beiden Betondeckungen ( $15 \text{ mm}$  und  $50 \text{ mm}$ ) bei allen Prüfkörpervarianten die Schutzstromdichte im Bereich der Reparaturstelle stets leicht geringer ist als im Bereich des Originalbetons. Jedoch ist in allen Fällen der Unterschied zwischen den gemessenen Stromdichten im Reparaturbereich und im Bereich des Originalbetons ausreichend klein, d.h. in allen Fällen kann eine üblicherweise für den kathodischen Schutz ausreichende Stromdichte in beiden Bereichen erreicht werden, ohne jeweils im anderen Bereich zu hohe Stromdichten aufbringen zu müssen.

Die Ergebnisse der Wechselstromwiderstandsmessungen (Tabelle 2) zeigen bei allen Feuchtezuständen nur sehr geringe Unterschiede in den Widerständen der beiden Bereiche des jeweiligen Prüfkörpers. Der Einfluss der Reparaturstellentiefen bzw. Betondeckungen ist dabei gering. Auch ein signifikanter Einfluss des w/z-Wertes des Grundbetons auf die Stromverteilung lässt sich nicht feststellen.



**Bild 6:** Schutzstromdichteverteilung gemessen an den Systemprüfkörpern bei verschiedenen Trocknungszuständen an der Bewehrung im Reparaturbereich und im Bereich des Originalbetons bei Beaufschlagung einer mittleren Schutzstromdichte von 20 mA/m<sup>2</sup> (Quelle: Materialprüfung M 1913 des ibac)

**Tabelle 2:** Absolutwiderstände zwischen dem Anodennetz und dem jeweiligen Bewehrungsbereich vor und nach den beiden Trocknungsphasen (Quelle: Materialprüfung M 1913 des ibac)

Prüfkörper			Bereich	Wechselstromwiderstand zwischen Anode und Bewehrung bei 1000 Hz		
Bindemittel	w/z-Wert	Betondeckung		vor 1. Trocknung	nach 1. Trocknung	nach 2. Trocknung
[-]	[-]	[mm]	[-]	[Ω]	[Ω]	[Ω]
1	2	3	4	5	6	7
CEM I	0,45	50	Original	90	191	493
			Reparatur	112	295	430
		15	Original	74	164	263
			Reparatur	86	203	300
	0,65	50	Original	72	181	315
			Reparatur	112	283	427
		15	Original	55	139	226
			Reparatur	73	181	275

## **5 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE HINSICHTLICH DES EINSATZ- BEREICHES SYSTEMS DISBOCRET 714 PCC I-GROBMÖRTEL MIT DER HAFTBRÜCKE DISBOCRET 713 PCC-HAFTBRÜCKE FÜR DEN EINSATZ BEIM KKS**

### **5.1 Allgemeines**

Die Ergebnisse der durchgeführten Materialprüfung zeigen für die geprüften Systemaufbauten eine ausreichend gleichmäßige Stromverteilung beim KKS im Bereich von Reparaturstellen für die untersuchten Betonvarianten, Betondeckungen und Trocknungszustände. Die im Zusammenhang mit den Systemaufbauten untersuchten Betonvarianten decken den Bereich üblicher mit CEM I hergestellter Betone ohne nennenswerte Gehalte an Zusatzstoffen, wie z.B. Flugaschen, Hüttensand etc., ab und damit einen weiten Bereich der heute von chloridinduzierter Korrosion betroffenen Stahlbetonbauwerke.

### **5.2 Reparaturmaterial**

Grundsätzlich zeigte sich bei Verwendung des Systems Disbocret 714 PCC I-Grobmörtel als Reparaturmaterial sowohl für geringe wie auch für größere Betondeckungen unabhängig vom w/z-Wert eine ausreichend gleichmäßige Stromverteilung auf die reparierten und nicht reparierten Bereiche. Es wurden zwar an allen Prüfkörpern leicht geringere Stromdichten im Bereich der Reparaturstellen festgestellt, jedoch sind die Unterschiede vergleichsweise gering. Die Wechselstromwiderstandsmessungen in beiden Bereichen zeigen ebenfalls insbesondere bei zunehmender Trocknung nur geringfügige Unterschiede, so dass bei Vorhandensein eines mit CEM I hergestellten Bauwerksbetons von einer ausreichend gleichmäßigen Stromverteilung ausgegangen werden kann.

### **5.3 Anodeneinbettung**

Hinsichtlich der Einsetzbarkeit des Systems Disbocret 714 PCC I-Grobmörtel und der Haftbrücke Disbocret 713 PCC-Haftbrücke als Anodeneinbettung können aus den Untersuchungen folgende Schlüsse gezogen werden:

In Rahmen der Systemprüfungen wurden Schutzstromdichten in Höhe einer üblichen Bemessungsstromdichte von  $20 \text{ mA/m}^2$  bez. auf die Bewehrungsoberfläche aufgebracht. Bei den Versuchskörpern betrug das Verhältnis Betonoberfläche im Bereich der Anode zu Bewehrungsoberfläche etwa 1 zu 1,25. Die Stromdichte bezogen auf die Betonoberfläche lag damit bei etwa bei  $25 \text{ mA/m}^2$ . Die maximal zu verwendende Langzeit-Anodenstromdichte, die von den Herstellern von Titanmischoxid-Netzanoden angegeben wird, liegt für die handelsüblichen Titanmischoxid-Netzanoden je nach Ausführung zwischen etwa  $20$  und  $30 \text{ mA/m}^2$  bezogen auf die Bewehrungsoberfläche. Selbst nach der zweiten Trocknung konnte die Stromdichte von  $20 \text{ mA/m}^2$  noch erreicht werden. Die dazu benötigten Treibspannungen lagen bei etwa  $2,8$  bis  $3,3 \text{ V}$ .

In der Praxis übliche Schutzstromdichten beim KKS liegen zwischen  $2$  und  $15 \text{ mA/m}^2$  bezogen auf die Bewehrungsoberfläche, wobei die erforderlichen Stromdichten mit zunehmender Dauer des KKS und mit zunehmender Austrocknung des Betons grundsätzlich abnehmen. Die im Rahmen der Versuche applizierte Stromdichte liegt deutlich über diesen Werten und ist in der Regel bei weitem ausreichend für einen sicheren kathodischen Korrosionsschutz der Bewehrung.

Wie nach DIN EN ISO 12696 /1/ gefordert, ist demnach die Anode in dem hier verwendeten Systemaufbau (Einbettung/Überdeckung) in der Lage, den in der Praxis erforderlichen Strom bei einer praxisüblichen Treibspannung zu liefern.

Hinsichtlich der Langzeitwirkung des Schutzstromes auf den Einbettmörtel existiert derzeit keine anerkannte Testmethode. Entsprechend lassen sich auch aus den hier durchgeführten Kurzzeitversuchen diesbezüglich keine Rückschlüsse ziehen. Mineralische Einbettmörtel haben sich jedoch seit vielen Jahren bei der Anodeneinbettung bewährt. Die Anordnung des Anodennetzes innerhalb der Haftbrücke bringt für die Langzeitstabilität des Einbettmaterials dabei den Vorteil eines hohen Zementgehaltes im unmittelbaren Oberflächenbereich des Anodenmaterials mit sich, was einer schnellen Ansäuerung entgegenwirkt.

## 5.4 Einsatzbereiche und Anwendungsbedingungen

Auf Basis der durchgeführten Untersuchungen kommen wir zu folgenden Schlüssen hinsichtlich des Einsatzbereiches des untersuchten Systemaufbaus beim KKS mit Titanmischoxid-Netzanoden:

- Hinsichtlich des Widerstandes des vorhandenen Bauwerksbetons kann das System eingesetzt werden, wenn die spezifischen Widerstände des Originalbetons im Kernbereich des Bauteils (außerhalb der Randzone) unter den vorhandenen Umgebungsbedingungen im Bereich üblicher mit CEM I (ohne nennenswerte Gehalte an Zusatzstoffen) hergestellter Betone liegen (Erfahrungsgemäß liegen diese spezifischen Widerstände etwa im Bereich von 150 bis 700  $\Omega\text{m}$ ).

Dabei sollte die Bestimmung des Elektrolytwiderstandes an aus dem Bauwerk entnommenen Bohrkernen kurz nach deren Entnahme erfolgen. Werden an den Bohrkernen Werte außerhalb des oben genannten Bereichs ermittelt, sind weitere Untersuchungen (z.B. die Messung des Widerstandes bei Wassersättigung) erforderlich, um eine Bewertung zu ermöglichen.

- Wird eine Ausgleichsmörtellage angeordnet, sollte die Dicke der Ausgleichsmörtellage zwischen Anodennetz und Oberfläche des Originalbetons die Mindestschichtdicke gemäß dem technischen Merkblatt des Herstellers von 20 mm nicht wesentlich überschreiten. Ein Gefälleausgleich oder ähnliches sollte also in der Mörtellage oberhalb des Anodennetzes erfolgen.
- Die Mörtelüberdeckung oberhalb des Anodennetzes muss ausreichend sein, um einen ausreichenden mechanischen Schutz des Anodennetzes sicherzustellen. Um den Ausbreitwiderstand an der Anode zu reduzieren und eine zu rasche Austrocknung zu vermeiden. Die Mindestdicke beträgt gemäß des allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses P 8488/13-408 ca. 20 mm.
- Aus der Applikation von Oberflächenschutzsystemen auf die Anodenüberdeckung ergeben sich keine Einschränkungen für den oben genannten Einsatzbereich.

- Für das Betonersatzsystem liegt ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis (abP) mit Nummer P 8488/13-408, ausgestellt durch die Kiwa Polymer Institut GmbH mit einer derzeitigen Geltungsdauer bis zum 16.09.2018 vor.


## 6 ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des Gutachtens wurden Prüfungen am PCC System Disbocret 714 PCC I-Grobmörtel mit der Haftbrücke Disbocret 713 PCC-Haftbrücke als Reparaturmörtel und Anodeneinbettmörtel für Titanmischoxidanoden beim KKS von Stahlbeton bewertet, die in dem Materialprüfbericht M 1913 des Instituts für Bauforschung dokumentiert sind. Aus der Bewertung der Ergebnisse wurde im Rahmen dieser gutachtlichen Stellungnahme der mögliche Einsatzbereich für das System als Reparatur- und Anodeneinbettmaterial für Titanmischoxidnetz-Anoden beim KKS von Stahlbeton abgeleitet und in Kapitel 5 dargestellt. Es zeigt sich, dass das untersuchte System nach derzeitigem Kenntnisstand als Reparatur- und Einbettmaterial für Titanmischoxidanoden für den KKS bei üblichen, mit CEM I hergestellten Bauwerksbetonen verwendet werden kann.



---

Dipl.-Ing. M. Bruns



---

Dr.-Ing. L. Wolff

## 7 LITERATUR

- /1/ DIN EN ISO 12696, 2012-05: Kathodischer Korrosionsschutz von Stahl in Beton; Deutsche Fassung EN ISO 12696:2012
- /2/ Empfehlung des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) zu den erforderlichen Nachweisen der Bauprodukte für den kathodischen Korrosionsschutz (KKS) im Betonbau, Stand: 05.06.2009
- /3/ Deutscher Ausschuss für Stahlbeton ; DAfStb ; DAfStb-Instandsetzungs-Richtlinie: Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen. Teil 1: Allgemeine Regelungen und Planungsgrundsätze. Teil 2: Bauprodukte und Anwendung. Teil 3: Anforderungen an die Betriebe und Überwachung der Ausführung. Teil 4: Prüfverfahren. Ausgabe Oktober 2001. Berlin : Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, 2001