

# MITTEILUNGEN DES FACHVERBANDES KATHODISCHER KORROSIONSSCHUTZ E.V.

E 13001 F

September 2001

Nr. 41

## KASTELLO

Kathodische Korrosionsschutz-Technik mit solarelektrischer autarker Energieversorgung und spezieller Steuerelektronik für Stahlbetonbauwerke und gefährdete Objekte  
Abschlußbericht über ein Entwicklungsprojekt, gefördert unter dem Az: 06352 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt  
*Fachreferat, gehalten von Herrn Dipl.-Ing. Karl-Heinz Korupp, SET selected electronic technologies GmbH  
auf der Jahreshauptversammlung 2000 des Fachverbandes Kathodischer Korrosionsschutz e. V. in Fulda (Abschluß)*

### 5.1.4.2 Laderegler

Im Hinblick auf die 6V Systemspannung wurde eine komplette Neuentwicklung von Laderegler erforderlich. Ziel war es, mit einer möglichst kleinen Anzahl unterschiedlicher Komponenten etwa 80 % des für photovoltaische Anlagen infragekommenden Marktes abzudecken zu können. Wie die Beispielsrechnungen in Kapitel 5.1.8 zeigen, sind dafür mindestens zwei Systeme erforderlich. Ein kleines, kostengünstiges aber trotzdem professionelles System, das überall leicht montiert werden kann und eine absolut professionelle Lösung für größere Schutzobjekte, die in einen Datenverbund integriert werden kann und die Fernabfragen ermöglicht. Da alle Anlagenkomponenten nach der Installation auch von ungelerten Personal gewartet, geprüft und gegebenenfalls ausgetauscht werden können, wurde auch hier konsequent auf verpolungssichere Steckverbindertechnik und die Möglichkeit des „Hot Swapping“, d.h. Komponententausch ohne Abschaltung der Versorgungsspannung, geachtet.

Aufgrund der sich abzeichnenden Halbleiterentwicklung mit größenordnungsmäßiger Reduzierung des Kanalwiderstandes (CoolMOS (Siemens), TrenchMOS (Philips) etc.) erschien für kleinere Systeme erstmals der Einsatz eines Shuntregler sinnvoll. Ein Shuntregler ist elektronisch leichter zu realisieren als ein Längsregler, hat aber den Nachteil, das bei Leistungsüberschuß des Solargenerators erhebliche Verlustleistung durch den Kurzschlussstrom der Generatoren im Gerät anfällt. Da dieser Zustand bei professionellen Anlagen praktisch den ganzen Sommer über gegeben ist, wurde bei SET bisher auf den Einsatz solcher Geräte verzichtet. Unter Berücksichtigung der oben erwähnten neuen Technologien konnte aber als kostengünstige Lösung die 0604 Familie entwickelt werden, die speziell für den KKSB und den daraus resultierenden Randbedingungen geeignet ist.

Sie verfügt über drei Solargeneratoreingänge, die durch Dioden entkoppelt sind. Diese Aufteilung des Generators wurde erforderlich, weil sich unter realen Bedingungen eine teilweise Abschattung des Generators nicht vermeiden lässt und die erforderlichen 6V Sondermodule üblicherweise keine interne Möglichkeit zum Einbau einer externen Stringentkopplungsdioden haben. Der Laderegler ist geeignet für 3 Module mit je maximal 3,5A Kurzschlußstrom. Die Lastabschaltung im Tiefentladefall erfolgt praktisch verlustlos über ein bistabiles Relais mit Schaltzustandsüberwachung und separater Meldung, falls eine Redundanz erforderlich werden sollte.

Passend zur µC Protronic Serie wurde für die größeren Systeme der Laderegler CDC 125F als 19" Einschubkarte realisiert. Der Laderegler ist geeignet für 12V und 24V Systeme und kann Solargeneratoren bis zu einer Größe von 900Wp handhaben. Die Ladereglerkarte baut auf dem seit Jahren bewährten CDC 106 Konzept auf, das extrem robust, überlastfähig und bediensicher ist und über Approbationen namhafter Versicherer verfügt.

Der CDC 125F ist ein zweistufiges System und erlaubt die Abschaltung einer kompletten Solargeneratorgruppe in den Sommermonaten, was eine exaktere Batterieladung bei großem Leistungsüberschuß ermöglicht. Aus Sicherheitsgründen ist eine redundante Zwangsabschaltung des Solargenerators bei Überspannung vorgesehen, die im Fehlerfall der Steuerung eine Zweipunktregelung bewirkt. Die Systemzustände Gruppenabschaltung, Tiefentladung, Tiefentladevorwarnung und Sicherungsdefekte werden zur leichten Übersicht über 8 LED's an

der Frontplatte angezeigt und stehen über Optokopplerausgänge für angeschlossene Fernwartungssysteme zur Verfügung.

### Schutzmaßnahmen

Beide Laderegler verfügen über interne Verpolungsschutzmaßnahmen und diverse Maßnahmen gegen Fehlbedienung.

#### CDC 0604:

Fehlerfall: nicht angeschlossene Batterie!

Schutz: wird durch kurze Schaltimpulse des Shunttransistors detektiert

Fehlerfall: Verpolter Solargenerator!

Schutz: Kurzschluß durch die parasitäre Diode des Shunttransistors ohne das Schaden entsteht.

Fehlerfall: Verpolung der Batterie!

Schutz: Auslösung einer internen Sicherung.

Fehlerfall: Vertauschen der Solargeneratoranschlüsse und des Batterieanschlusses!

Schutz: führt entweder zum Ansprechen der internen Strombegrenzung oder bei falschem Anschluß und zusätzlichem Vertauschen der Polarität zur Unterbrechung des Stromflusses durch die Entkopplungsdioden.

#### CDC 125 :

Fehlerfall: nicht angeschlossene oder defekte Batterie!

Schutz: Über-/Unterspannungserkennung wird aktiviert.

Fehlerfall: Verpolter Solargenerator!

Schutz: Kurzschluß durch Shuntioden.

Fehlerfall: Verpolte Batterie!

Schutz: Ansprechen von Abwurfrelais für die Last und die Solargeneratoren.

Fehlerfall: Vertauschen der Solargenerator und der Batterieanschlüsse!

Schutz: entweder durch die Über-/Unterspannungserkennung oder bei zusätzlicher Verpolung Ansprechen der Sicherungen.

Grundsätzlich ist aber bei beiden Geräten die Fehlbedienungsgefahr gering, weil alle Anschlüsse verpolungssicher über eine Steckverbindung laufen.



Bild 19:  
Blick in den CDC0604 Regler



Bild 20:  
Blick auf den 19" Regler CDC125F

### 5.1.5 Anoden

Nach dem Entwurf der Europäischen Norm EN 12696-1 über den kathodischen Korrosionsschutz von Stahl in Beton muß das Anoden-System in der Lage sein, die von der Auslegung des kathodischen Korrosionsschutzes geforderte Leistung zu erbringen. Innerhalb der projektierten Lebensdauer muß das Anoden-System die benötigte anodische Schutzstromdichte zur Verfügung stellen können, ohne daß es dabei zu einer Beeinträchtigung des Verbundes zwischen Anode und Beton oder zu einer Beschädigung der Anode kommt.

Folgende bisher getesteten Anoden-Systeme werden in dem oben genannten Entwurf beschrieben:

1. Leitende organische Beschichtungen
2. Metallische Beschichtungen
3. Aktiviertes Titan
4. Leitende asphaltartige Überzüge
5. Leitende Polymere
6. Leitende Keramiken
7. Leitende zementartige Materialien

Die Norm schließt nicht aus, daß in Zukunft neuartige Anoden-Systeme entwickelt und eingesetzt werden können, sofern sie die oben genannten Eigenschaften erfüllen.

In Europa wurden bisher hauptsächlich leitende organische Beschichtungen, leitende Polymer-Kabelanoden und aktivierte Titan-Anoden eingesetzt.

Bei dem Forschungsprojekt „KASTELLO“ wurden elektrokatalytisch beschichtete Titan-Streckmetall-Anoden eingesetzt. Bei diesem Anoden-System dient das Titan-Substrat zur gleichmäßigen Stromverteilung in der zu schützenden Fläche; die elektrokatalytische Beschichtung garantiert den Stromübergang in den Beton.



Bild 21:

Montage der Titan- Anodenmatten. Es wurden insgesamt 14 Matten mit den Abmessungen 1 m x 4,33 m installiert. Zwischen den einzelnen Matten wurden ein Abstand von 50 mm eingehalten.



Bild 22:

Befestigte und kontaktierte Anodenmatten. Alle Anodenkabel wurden einzeln zum Schaltschrank geführt. Die Befestigung erfolgte mit Kunststoffdübeln. Anoden und Dübel wurden von De Nora Deutschland GmbH geliefert.

Die aktivierte Titan-Anoden haben den Vorteil, daß man durch die Geometrie-Auswahl (z. B. Streckmetalldicke, Streifen, Drähte, Rohre, Winkel usw.) jedem durch das Engineering geforderten Schutzstrom sowie jeder Stromverteilung Rechnung tragen kann.

Um den Schutzstrom gleichmäßig auf die Anode zu verteilen, können bei aktivierten Titan- Anoden unbeschichtete Titandrähte oder Titanstreifen als Stromverteiler aufgeschweißt werden. Diese Schweißverbindungen sind später – wenn sie im Beton eingebettet sind – stabil, so daß die vor dem Einbetten gemessenen niedrigen Anodenwiderstände während der gesamten Lebensdauer konstant bleiben.

Des weiteren kann die Lebensdauer der Anoden durch die Auswahl der elektrokatalytischen Beschichtung auf die erwartete Nutzungsdauer des Bauwerkes abgestimmt werden (bis zu 100 Jahren).

Da die geforderten Lebenserwartungen zu lang sind, um unter den gleichen Bedingungen wie im praktischen Einsatz nachgewiesen zu werden, wurden Schnelltests entwickelt, bei denen mit stark erhöhten Teststromdichten die Lebenserwartung für den Praxiseinsatz in absehbarer Zeit abgeschätzt werden kann. Diese Tests können auch zur Qualitätsüberwachung der laufenden Produktion eingesetzt werden.

Bei dem Einsatz von leitfähigen organischen Beschichtungen, leitenden asphaltartigen Überzügen und leitenden Polymeren kann aus den

Kohlenstoffverbindungen im anodischen Betrieb  $\text{CO}_2$  entstehen, welches dann mit dem vorhandenen Kalziumhydroxid im Beton durch Bildung von unlöslichem Kalziumkarbonat die Umgebung der Anode blockiert. Diese Reaktion kann beim Einsatz von katalytisch beschichteten Titan-Anoden nicht eintreten.

Die zuvor beschriebenen Eigenschaften/Vorteile der Titan-Anoden haben uns letztendlich dazu veranlaßt, diesen Anodentyp für unser Vorhaben einzusetzen.

### 5.1.6 Bezugs Elektroden/Messelektroden

Bezugs Elektroden haben grundsätzlich zwei Aufgaben im kathodischen Korrosionsschutz zu erfüllen, dieses gilt sowohl beim Objektschutz (Rohre, Tanks etc.) im Boden oder Wasser wie auch beim Schutz von Stahl in Beton. Sie werden erstens für die Regelung der elektronischen Schutzstromgeräte und zweitens für die objektive Messung bzw. für die Überprüfung der Schutzpotentiale eingesetzt. Die Bezugs Elektroden können je nach Elektrodentyp fest eingebaut oder als tragbare Elektroden für spontanen Messungen eingesetzt werden. Sie sollten in der Regel einen möglichst geringen Innenwiderstand besitzen, sie sollten schnell und reversibel ein verwertbares Bezugspotential einstellen und sie müssen weitestgehend unpolarisierbar sein.

Bei den im Rahmen dieses Vorhabens eingesetzten Bezugs Elektroden handelt sich um  $\text{MnO}_2$  und  $\text{CuCuSO}_4$  Elektroden. Im Anhang dieses Berichtes sind die Messergebnisse der ersten zwei Monate des Betriebes der Forschungsplattform als Diagramme beigefügt; die eingetragenen Potential sind direkt, d.h. Bezugs Elektrode gegen Bewehrung, gemessen. In den Vergleichsdiagrammen, objektiver Vergleich zwischen den beiden Elektrodentypen, wurden die gemessenen Potentiale auf Standard-Wasserstoff-Elektroden normiert. Die ERE Elektroden haben ein Potential von +405 mV, die Korrupt-Elektroden ein Potential von +320 mV gegen Wasserstoff.

Zur Messung des Feuchtegehaltes des Betons und der Beton-temperatur wurde eine Multiringelektrode eingesetzt, die auch in diesem Kapitel kurz beschrieben werden soll.

Zunächst sollen die ERE 20 Elektrode und die Multiringelektrode näher beschrieben werden.

#### $\text{MnO}_2$ -Bezugs Elektroden

Die  $\text{MnO}_2$ -Elektrode (Typ ERE 20 der Fa. Force) ist eine Bezugs Elektrode, die speziell für den Einbau in Beton konzipiert ist und zur Messung des Potentials des Bewehrungsstahls dient. Das Potential der Elektrode ist nahezu unabhängig von Veränderungen der chemischen Eigenschaften des Betons und kann daher sowohl in nassem als auch feuchtem Beton benutzt werden, unabhängig davon, ob Karbonatisierung oder Chloridverseuchung vorliegt. Das Bild 23 zeigt eine schematische Darstellung der Elektrode sowie ihre Abmessungen. Der Elektrolyt im Inneren besteht aus einem alkalischen Gel, dessen pH-Wert dem des Betonporenwassers entspricht, so dass Potentialverfälschungen durch Ionendiffusion durch den porösen Verschluss (Zementleim mit Faserverstärkung) vermieden werden.

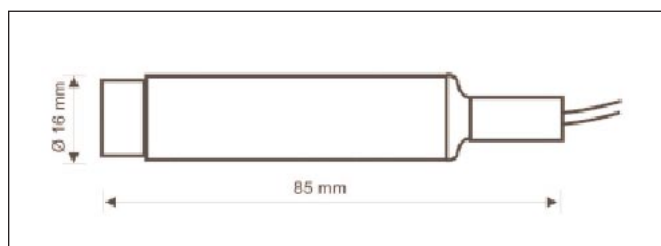


Bild 23: Schematische Darstellung der  $\text{MnO}_2$ -Bezugs Elektrode

#### Multiringelektrode

Die Multiringelektrode dient dazu, den Elektrolytwiderstand im Beton tiefenabhängig zu messen. Sie besteht aus mehreren Edelmetallringen, wobei die Zwischenräume der einzelnen Ringe (Elektroden) mit Epoxydharz vergossen sind. Jeder der Ringe ist mit einem Kabel verbunden, das im Inneren des Sensors nach außen geleitet wird, so dass der umgebende Beton nicht beeinflusst wird. Der Durchmesser beträgt 20 mm und die Länge 50 mm. Der Elektrolytwiderstand zwischen benachbarten Ringen wird mit Hilfe eines geeigneten Ohmmeters von außen gemessen. Aus den Messwerten kann ein Widerstandsprofil für den Beton in der Randzone abgeleitet werden.

## CuCuSO<sub>4</sub> Elektrode

Als Alternative zu den MnO<sub>2</sub>-Elektroden sollten in unserem Vorhaben KASTELLO auch die, für andere Anwendungsfälle (z.B. Rohrleitungen, Tanks) langjährig erprobten, CuCuSO<sub>4</sub> Feststoff-Elektroden getestet und in den folgenden Jahre in der Beton-Forschungsplattform erprobt werden. Darüber hinaus wurden modifizierte CuCuSO<sub>4</sub> Feststoff-Elektroden, die in einem Diphragma-Rohr eingebettet wurden, eingebaut. Die CuCuSO<sub>4</sub> Feststoff-Elektroden mit Diaphragma Mantel wurden speziell für dieses Vorhaben entwickelt.

Bei der CuCuSO<sub>4</sub> Elektrode (Typ Korupp ohne Diaphragma) handelt es sich um eine Feststoffelektrode, bei der ein Kupferstab in einer elektrisch leitfähigen, mit CuSO<sub>4</sub> Kristallen versetzten, Spachtelmasse eingebettet wird.

### 5.1.7 Meßdatenerfassungssystem

Das Meßdatenerfassungs-System für die Forschungsplattform wurde im Rahmen der Diplomarbeit von Herrn A. Trieglaff entwickelt und gebaut [TRIG02] und soll in den kommenden 5 Jahren für weitergehende Untersuchungen genutzt werden. In der Endausbaustufe sollen neben den zur Zeit schon automatisch gemessenen Potentialwerten der 30 Stück MnO<sub>2</sub> Bezugsselektroden und den Treibspannungen der Schutzstromgeräte auch die einzelnen Schutzströme der Bewehrungen gemessen und archiviert werden. Die Datensätze werden zur Zeit viertelstündlich aufgezeichnet. Alle anderen Werte, wie die Potentialwerte der Korupp CuCuSO<sub>4</sub> Bezugsselektroden und die Werte der Multiringelektrode werden einmal werktäglich manuell mit einem Multimeter bzw. mit einer Meßbrücke des Typs GEOHM gemessen.

Zukünftig sollen die Meßwerte in unserem Hause und bei der BAM ausgewertet werden. Das Meßsystem wurde am 13.10.1999 erstmalig mit der ersten Betonierphase der Platten 1 bis 3 in Betrieb genommen und hat damit auch die Werte vor dem Einschalten der Schutzanlagen aufgezeichnet.

Am 3.12.1999 wurden die Schutzanlagen ca. 30 Tage nach dem letzten Betoniervorgang probeweise eingeschaltet und übers Wochenende in Betrieb gehalten. Offiziell wurde die Plattform dann am 6.12.1999 zusammen mit der BAM und De Nora in Betrieb genommen. Für die Platten 2 und 4 wurden die Schutzstromgeräte auf Stromwerte für eine Stromdichte von 5 mA/m<sup>2</sup> und für die Platte 3 auf eine Stromdichte von 20 mA/m<sup>2</sup> eingestellt. Definitionsgemäß wird die Platte 1 zunächst ohne Schutzanlage vermessen.

Das Meßsystem besteht aus einem Standard PC, der Multiplex-Einheit mit einer Meß-, einer Treiber- und 13 Relaiskarten sowie den Filterkarten. (siehe auch Bild 17)

### 5.1.8 Photovoltaische Stromversorgung

Aufgrund der relativ niedrigen Schutzströme, der in der Regel dezentralen Anwendungen und einer oft fehlenden Stromversorgung bieten sich für den KKS besonders die photovoltaischen Stromversorgungssysteme als wirtschaftliche Alternative zu den konventionellen Stromanschlüssen an. Zu den Zielen dieses Vorhabens zählte unter anderem die Betriebs- Optimierung und Erprobung einer angepassten photovoltaischen Stromversorgung in Verbindung mit den entwickelten Laderegler und den Schutzstromgeräten.

Wie bei allen autarken solarelektrischen Stromversorgungs-Systemen, die in unseren Breiten Anwendung finden, liegt das Grundproblem in dem Sonneneinstrahlungsdefizit in den Wintermonaten. Dagegen gibt es in den Sommermonaten einen Energieüberschuß, der nur in den seltensten Fällen voll genutzt werden kann. Dieses führt zu einem generellen Auslegungsproblem und in der Folge zu einer individuellen Auslegung jedes einzelnen Schutzsystems. Erschwerend hinzu kommt die Tatsache, dass die Solarmodule nur in den seltensten Fällen unter optimalem Anstellwinkel und nach Süden ausgerichtet werden können. Dieses muss bei der Systemauslegung unbedingt berücksichtigt werden. Beim Solarladeregler CDC0604 können aufgrund der drei getrennten Eingänge auch Solarmodule in unterschiedlicher Ausrichtung angeschlossen werden.

Inwieweit das Sommer-Wintergefälle durch einen reduzierten Schutzstrom in den einstrahlungsarmen Monaten ausgenutzt werden kann, werden die laufenden Untersuchungen an unserer Forschungsplattform zeigen.

Im Rahmen des Vorhabens wurden verschiedene Tragkonstruktionen für marktübliche Solarmodule und für Sondermodule für die unterschiedlichsten Anbau- und Aufbautechniken konstruiert und zum Teil erprobt. Für die Forschungsplattform wurden letztendlich Standard-

(RSM100) und Sonder-Solarmodule (10 zellige Streifenmodule) der Shell Solar installiert.

Darüber hinaus wurden auch neuartige Montagetechniken (z.B. das Aufkleben von Modullaminaten) auf Betonoberflächen, in Erwägung gezogen. Erfolgreich getestet wurde diese Technik in einem anderen Vorhaben.

Um typische Verhältnisse zwischen erforderlicher Solargenerator-Leistung und der entsprechend schützbarer Stahlbeton-Oberfläche zu darzustellen, wurden folgende Beispielrechnungen durchgeführt.

#### Beispielrechnung 1 „kleines System“

Annahmen:

Installierte SG Leistung:	3:32W Wandmontage	max. Leistung für CDC0604. (6V Module)
Benötigter Schutzstrom:	5...20 mA/m <sup>2</sup>	gemäß Vorgabe.
Einstrahlung:	0,5 kWh/m <sup>2</sup> ·d	(Dezember/Januar, nicht optimale abschattungsfreie Anordnung)
Bewehrung:	zweilagig	Betonoberfläche/Bewehrungsstahloberfläche = 2,3/1

Daraus ergeben sich 5,25 Ah/d verfügbare SG Energie bzw. eine schützbar Beton-Oberfläche von ca. 80 m<sup>2</sup> bei 5 mA/m<sup>2</sup> oder 20 m<sup>2</sup> bei 20 mA/m<sup>2</sup> im Ganzjahresbetrieb. Es wurde ein Systemwirkungsgrad von ca. 80 % berücksichtigt.

#### Beispielrechnung 2 „großes System“

Annahmen:

Installierte SG Leistung:	6:75W Mastmontage	max. Leistung für CDC125. (12V Module)
Benötigter Schutzstrom:	5...20 mA/m <sup>2</sup>	gemäß Vorgabe.
Einstrahlung:	0,5 kWh/m <sup>2</sup> ·d	(Dezember/Januar, nicht optimale abschattungsfreie Anordnung)
Bewehrung:	zweilagig	Betonoberfläche/Bewehrungsstahloberfläche = 2,3/1

Daraus ergeben sich 25 Ah/d verfügbare SG Energie bzw. eine schützbar Beton-Oberfläche von ca. 380 m<sup>2</sup> bei 5 mA/m<sup>2</sup> oder 95 m<sup>2</sup> bei 20 mA/m<sup>2</sup> im Ganzjahresbetrieb. Es wurde ein Systemwirkungsgrad von ca. 80 % berücksichtigt.

## 5.2 Diskussion der Vorhabensergebnisse

Die Ergebnisse sind wie folgt zu bewerten:

### I Gesamtvorhaben

Die im Rahmen dieses Vorhabens entwickelten solarelektrisch versorgten Schutzsysteme sind nach Abschluß des Vorhabens als einsetzbar zu betrachten. Energetische Optimierungen des Gesamtsystems sind erst in Verlauf des weiteren Betriebes und nach weiteren Untersuchungen (siehe auch Kapitel 5.1.8) möglich. Die entwickelten Laderegler und Schutzstromgeräte haben bereits im Verlauf des Vorhabens ihre Zuverlässigkeit und Betriebsfähigkeit im Labor und bei artverwandten Einsätzen unter realen Bedingungen bewiesen. Sie wurden im SET-Prüflabor im Klimaschrank und auf dem EMC Prüfplatz eingehend gestresst und vermessen. Aufgrund der vorliegenden, erfreulichen Ergebnisse können die Systeme bereits jetzt in realen Anwendungen an Schutzobjekten eingesetzt werden. Die vorgesehenen Langzeitversuche an der Forschungsplattform stehen noch aus; hierfür ist die ca. fünfjährige Test-, Optimierungs- und Demonstrationsphase ab dem 01. 01. 2000 vorgesehen.

### II Forschungsplattform

Nach Abschluß der Bauarbeiten und nach einer ersten Messphase, die zum Zeitpunkt der Berichterstellung bereits über einen Zeitraum von ca. zwei Monaten lief, sind wir mit dem bisherigen Ergebnis zufrieden. Alle Messwerte machen einen durchaus plausiblen Eindruck.

Die Ergebnisse sind in Diagrammen zusammen gefasst. Die Potentialwerte für die Platten 1, 2, und 3 liegen vor dem Einschalten deutlich negativer (etwa 200 mV Unterschied) als die Werte für die Platte 4. Dies war zu erwarten, da die Platten 1 bis 3 Chloride enthalten und somit der Bewehrungsstahl korrodiert und ein Potential im aktiven Bereich sich einstellt. Der Stahl der Platte 4 ist dagegen im passiven Potentialbereich.

Bei den Werten nach dem Einschalten handelt es sich um sogenannte Einschaltwerte. In den ersten Betriebstagen wurden die Plattformen mit einem erhöhten Einschaltstrom, deutlich in den Diagrammen zu erkennen, betrieben; dieser wurden ab dem 6.12.99 auf den definierten Betriebswert reduziert wurde. Für die tatsächliche Beurteilung der Korrosionsschutzwirkung des KKS nimmt man üblicherweise Ausschaltpotentiale (IR-frei) bzw. führt Depolarisationsmessungen über

mehrere Stunden durch. Diese Messungen werden in bestimmten Abständen in den kommenden Jahren durchgeführt und ausgewertet werden. Unabhängig davon, ob es sich bei den dargestellten Werten um Ein- oder Ausschaltpotentiale handelt, sind die Werte interpretierbar: Unmittelbar nach der Aktivierung der Anlage ist eine Verschiebung zu stark negativen Potentialen festzustellen (-1000 bis -1200 mV). Nach einem Minimum steigen die Potentiale zunächst um etwa 100 mV an, dies ist auf die Absenkung der Stromdichte ab dem 6.12.99 zurückzuführen. Anschließend stellt sich ein in etwa konstantes Potential ein. Bei der Platte 3, die mit 20 mA/m<sup>2</sup> betrieben wird, liegt es bei etwa -1100 mV; bei den Platte 2 und 4, die mit 5 mA / m<sup>2</sup> betrieben werden, liegt es bei etwa -1000 mV. Bei der Platte 1 steigt es kontinuierlich an, was auf das komplette planmäßige Abschalten des Stromes zurückzuführen ist. Die Werte für die einzelnen Bezugselektroden streuen nur unbedeutend.

Die Plattform mit ihren zahlreichen Sensoren und der zugehörigen Messtechnik ist nach den zur Zeit vorliegenden Ergebnissen so ausgelegt und realisiert worden, wie es den Vorgaben entsprach. Die bisher aufgenommenen Messwerte zeigen das erwartete Verhalten.

Die Anlage ist somit geeignet, die geplanten Langzeituntersuchungen zum kathodischen Korrosionsschutz mit solarelektrischer Versorgung unter baupraktischen Bedingungen durchzuführen.

### 5.3 Ökologische, technische und ökonomische Bewertung der Vorhabensergebnisse

Durch die jetzt zur Verfügung stehenden PV-KKSB Systeme ist es möglich auch an den entlegensten Einsatzorten einen kathodischen Korrosionsschutz für Stähle in Beton zu realisieren. Die Systeme sind unabhängig von jeglicher konventioneller Stromversorgung und bieten sich besonders für den dezentralen Einsatz an. Mit einem 100 W Solarmodul können bis zu 80 m<sup>2</sup> Stahl-Betonfläche, bei ca. 35 m<sup>2</sup> oberflächennaher Stahlbewehrung, kathodisch geschützt werden. Die Mehrkosten für das Solarmodul mit Tragstruktur, dem Laderegler und das elektronische Schutzstromgerät sind marginal. Rechnet man bei konventionellem Stromanschluß die Kabelverlegung, den Netzanschlußkasten und ein konventionelles Schutzstromgerät dagegen, liegen die Kosten für ein solarversorgtes System in der Regel, bei zu schützenden Flächen bis zu einigen 100 m<sup>2</sup>, niedriger.

Die ökologische Bewertung ist zur Zeit schwierig, da noch nicht abzusehen ist, wie sich die vorgestellte Technik am Markt durchsetzen wird. Dieses ist leider nicht nur von der technischen Leistungsfähigkeit eines Systems abhängig. Die beteiligten Firmen werden durch entsprechende Öffentlichkeitsarbeit versuchen, die allgemeine Akzeptanz zu erhöhen.

In diesem Zusammenhang muß noch einmal darauf hingewiesen werden, dass die Sanierung von Korrosionsschäden z. B. an Brücken mit erheblichen Kosten verbunden ist. Es müssen Korrosions"nester" freigelegt, behandelt und neu versiegelt werden. Hierbei kommen oft Chemikalien wie z. B. Beizmittel, Betonfestiger zum Einsatz, deren Langzeitbelastungen für die Umwelt oft nicht bekannt sind.

Fachverband Kathodischer Korrosionsschutz e. V.  
Postfach 6004, 73717 Esslingen  
PVSt., DPAG, Entgelt bezahlt

E 13001

Impressum: Die Mitteilungen des Fachverbandes Kathodischer Korrosionsschutz e.V. werden vom Fachverband Kathodischer Korrosionsschutz e.V., Sitz Esslingen a. N., Postfach 6004, 73717 Esslingen, Telefon (07 11) 91 99 27 20, Telefax (07 11) 91 99 27 77 herausgegeben und erscheinen vierteljährlich. Der Bezugspreis ist durch den Mitgliedsbeitrag abgegolten. Für den Inhalt verantwortlich: Hans J. Spieth, Postfach 6050, 73717 Esslingen. Redaktion: Dipl.-Phys. W. v. Baeckmann, Essen, Hans J. Spieth, Esslingen. Für namentlich gekennzeichnete Beiträge trägt der Verfasser die Verantwortung. Nachdruck mit Quellenangabe und Übersendung von zwei Belegexemplaren erwünscht.

Im Sanierungsfall führen begleitende Verkehrsumleitungen (KFZ oder Bahn) in der Regel zu volkswirtschaftlichen Mehrkosten und zu einer Zusatzbelastung der Umwelt.

### 6.0 Fazit

Durch das technische know-how der beteiligten Firmen und durch die Fachkompetenz der beteiligten Mitarbeiter konnte das Vorhaben erfolgreich abgeschlossen werden; die konstruktive, interdisziplinäre und einsetzungsfreudige Zusammenarbeit des Teams hat ebenfalls zum Erfolg beigetragen.

Es wurden energetisch und gerätetechnisch optimierte Gesamtsysteme entwickelt und an der Forschungsplattform auf dem Betriebsgelände der SET GmbH eingesetzt. Durch die firmengebundene Plattform ist auch zukünftig eine weitere freie Erprobung und Weiterentwicklung sichergestellt. Da die Plattform keine bautechnischen Aufgaben – sie dient lediglich als Parkplatz – zu erfüllen hat, können auch zerstörend wirkende Versuche gefahren werden, um die Grenzen der angewandten Technik zu erforschen.

Nach unserem Kenntnisstand stehen jetzt erstmalig, nach Abschluß des Vorhabens, optimierte solarelektrische versorgte KKSB Systeme für reale Anwendungen zur Verfügung.

Ohne den Vorhabein in dem vorliegenden Umfang nicht durchgeführt werden können.



## Bericht von der Jahreshauptversammlung des Fachverbandes Kathodischer Korrosionsschutz e.V. am 26. und 27. April 2001 im Hotel „Hilton Dresden“

Eingebettet in die Kulisse der *Brühl'schen Terrasse* in Dresden fand die Jahreshauptversammlung 2001 des Fachverbandes Kathodischer Korrosionsschutz e.V. im Saal *St. Petersburg* des *Hilton Dresden* statt.

Nach den Regularien standen die Diskussion und Verabschiedung der neugefassten *Qualitätsanforderungen für die Zertifizierung von Fachfirmen des Kathodischen Korrosionsschutzes (QUAF)*, die als neuer Zertifizierungsstandard sowohl im FKKS e.V. als auch unter dem Titel *GW11 (nF)* beim DVGW Deutscher Verein des Gas und Wasserfaches e.V. Verwendung finden wird sowie des neuen Erscheinungsbildes des Fachverbandes hinsichtlich sei-

nes öffentlichen Auftrittes an. Im Anschluß daran fand der Erfahrungsaustausch, in dem ausgewählte Vorträge und Präsentationen den Stand der aktuellen Technik vermittelten, aber auch einen Rückblick auf die Entstehungsgeschichte des Kathodischen Korrosionsschutz gaben, statt. Eine geführte Busausfahrt nach Moritzburg und Meissen, mit anschließender Einkehr zum geselligen Beisammensein bei *Vinzenz Richter*, einem historischen Weinhaus, bildeten das Rahmenprogramm für die etwa 50 angereisten Mitglieder.

Für die begleitenden Damen wurde eine geführte Stadtrundfahrt mit einem historischen Raddampfer auf der Elbe angeboten.