

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Bruns, Michael

Kathodischer Korrosionsschutz der Bewehrung an der Fahrbahntafel einer Spannbetonbrücke

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102206>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

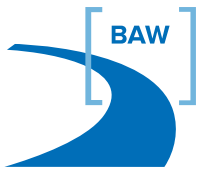
Bruns, Michael (2013): Kathodischer Korrosionsschutz der Bewehrung an der Fahrbahntafel einer Spannbetonbrücke. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Erhalten und Ertüchtigen von Bauwerken. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 17-22.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.





Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

BAW Kolloquium

Tagungsband

Erhalten und Ertüchtigen von Bauwerken
4. und 5. November 2013 in Karlsruhe



Kathodischer Korrosionsschutz der Bewehrung an der Fahrbahntafel einer Spannbetonbrücke

Dipl.-Ing. M. Bruns (Ingenieurbüro Raupach, Bruns, Wolff GmbH & Co. KG Aachen)

Bauwerkssituation

Die Straßenbrücke Nr. 23 über den Küstenkanal bei Bockhorst wurde im Jahr 1956 erbaut. Bei dem Bauwerk handelt es sich um eine Stahlverbundbrücke mit zwei stählernen Hohlkästen, die über eine Stahlfachwerkkonstruktion versteift sind. Auf diese lagert eine in Querrichtung vorge-spannte über Verbund planmäßig mittragende Fahrbahnplatte auf. Die als Einfeldträger ausgebildete Brücke besitzt eine Spannweite von 53,16 m. Die Stahlbetonplatte weist eine Gesamtbreite von 12,40 m auf. Die Fahrbahnbreite beträgt 8,00 m.



Bild 1: Straßenbrücke Nr. 23 bei Bockhorst, Seitenansicht (oben), Oberseite (unten)

Nach Auskunft des Bauherrn zeigten bereits frühere Untersuchungen eine erhebliche Chloridbelastung der Plattenoberseite, welche auch in einer Tiefe von 20 und 30 mm noch fast durchweg bei über 1,0 M.-% bezogen auf den Zementgehalt lag. Hinweise auf eine Korrosionsaktivität der Bewehrung wurden bei den früheren Untersuchungen nach Auskunft des Bauherrn jedoch nicht gefunden.

Im Vorfeld einer geplanten Grundinstandsetzung der Brücke sollte daher geklärt werden, ob und in welchem Maße eine Korrosionsschädigung der oberen Bewehrungslage der Fahrbahnplatte vorliegt und welche Maßnahmen zur Sicherstellung der Standsicherheit und Dauerhaftigkeit ggf. erforderlich sind.

Untersuchung der Fahrbahnplatte hinsichtlich Bewehrungskorrosion

Um den Korrosionszustand und die Korrosionsgefährdung der oberen Bewehrungslage der Fahrbahnplatte zu bewerten, wurden an der Plattenoberseite eine Potentialfeldmessung sowie Betondeckungsmessungen durchgeführt. Weiterhin wurden an zehn Stellen tiefengestaffelt Chloridgehalte des Betons ermittelt sowie an acht Stellen Inspektionsöffnungen zur Beurteilung des Bewehrungszustandes erstellt. Die Ergebnisse der Betondeckungsmessungen, der Potentialfeldmessung sowie der Chloridanalysen sind in Bild 2, projiziert auf die untersuchte Fläche, dargestellt.

Wie aus dem Potentialfeld zu erkennen ist, lassen sich anhand lokal niedriger Potentialwerte und starker Potentialgradienten insbesondere auf einer Fahrbahnseite sowie im Bereich des Radwegs deutliche Hinweise auf stattfindende Bewehrungskorrosion finden. Der Vergleich mit den Ergebnissen der Betondeckungsmessungen zeigt, dass diese Stellen i.d.R. sehr gut mit lokal geringeren Betondeckungen übereinstimmen. Die Chloridgehalte lagen an sieben von zehn Stellen selbst in der Tiefe von 30 bis 45 mm noch über 1,0 M.-% bezogen auf den Zementgehalt. An vier der acht erstellten Inspektionsöffnungen wurde Bewehrungskorrosion an den Betonstählen mit Querschnittsverlusten von bis zu ca. 15 % festgestellt. Die Betondeckungen an diesen Stellen lagen zwischen 27 und 37 mm und die Chloridgehalte in Höhe der Bewehrung zwischen 0,97 und 1,64 M.-%/z. Abplatzungen der Betondeckung waren an diesen Stellen nicht vorhanden.

Aus den Untersuchungsergebnissen ergab sich demnach das Bild einer vollflächigen, verhältnismäßig gleichförmigen Chloridbelastung, bei der bis zu einer Betondeckung von ca. 60 mm mit erhöhten Chloridgehalten gerechnet werden muss. Anhand des gemessenen Potentialfeldes, der durchgeführten Betondeckungsmessungen sowie der erstellten Inspektionsöffnungen zeigte sich jedoch, dass Bewehrungskorrosion, aufgrund der großflächig vorhandenen hohen Betondeckungen von über 50 mm, zum Zeitpunkt der Untersuchungen auf einzelne lokale Stellen mit geringeren Betondeckungen begrenzt war und auch hier bislang nur zu moderaten Querschnittsverlusten geführt hatte.

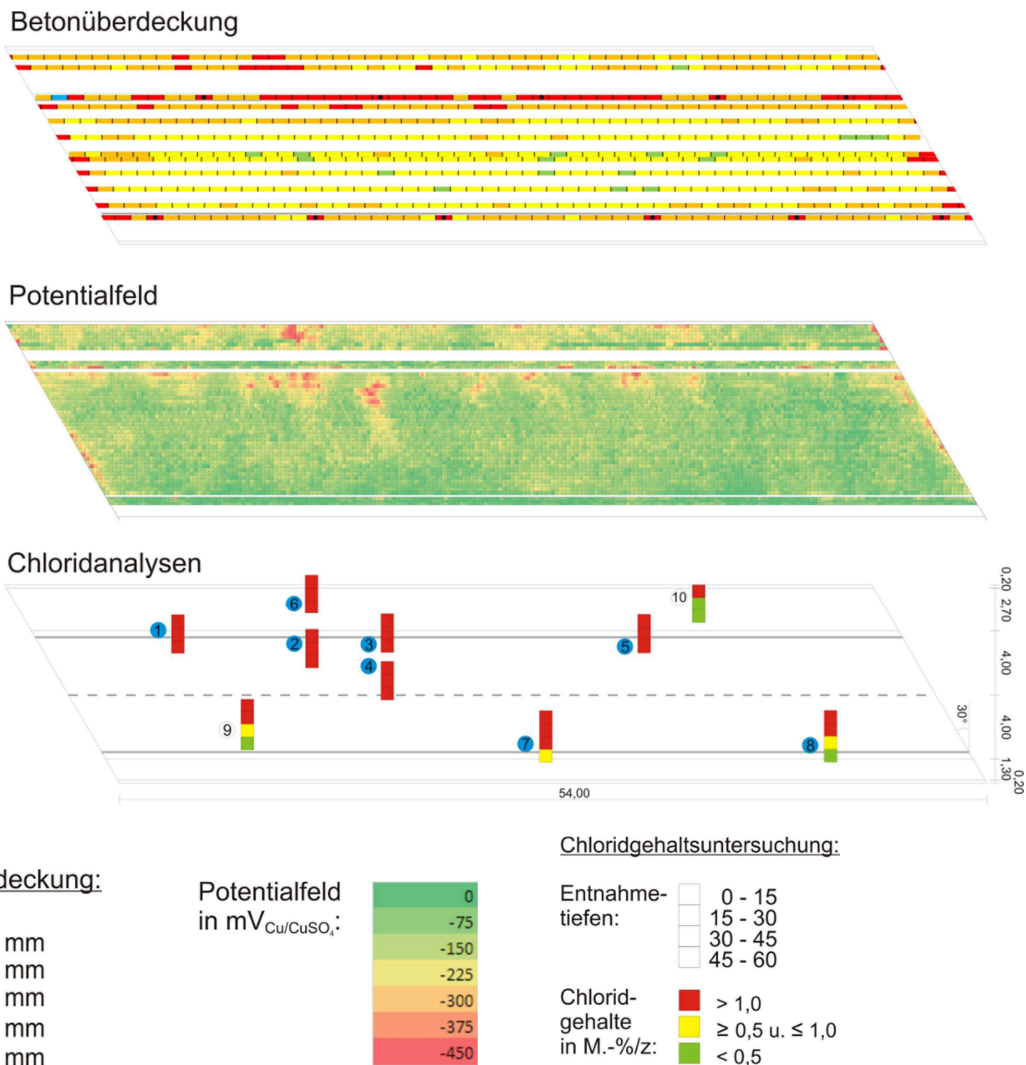


Bild 2: Ergebnisse der Betondeckungsmessungen, der Potentialfeldmessung sowie der Chloridgehaltsanalysen auf der Oberseite der direkt befahrenen Brückenplatte

Instandsetzung mittels KKS

Nach gemeinsamer Erörterung der Vor- und Nachteile sowie der Risiken verschiedener Instandsetzungskonzepte, entschied sich der Bauherr für den vollflächigen Einsatz des KKS auf der Brückenoberseite in Verbindung mit dem vollflächigen Auftrag eines reaktionsharzgebundenen Dünnbelages als Fahrbahnbelag.

Hinsichtlich des Anodensystems wurden MMO/Ti-Anodenbänder, eingebettet in gefräste Schlitze, aufgrund der vorhandenen Randbedingungen als die technisch sinnvollste Lösung hinsichtlich des Anodensystems ausgewählt und das KKS System auf dieser Basis geplant und umgesetzt.

Zur Überwachung der Wirksamkeit des KKS wurden insgesamt 15 Bezugselektroden eingebaut. Zehn dieser Bezugselektroden wurden zur Überwachung der Schutzwirkung an der Bewehrung nahe der Bewehrungsoberfläche installiert und fünf weitere wurden im Bereich der Hüllrohre der Spannglieder zur Überprüfung der Spanngliedpolarisation installiert.

Bild 3 zeigt die Fahrbahnoberseite der Straßenbrücke nach Erstellung der Schlitze zur Einbettung der Anodenbänder.

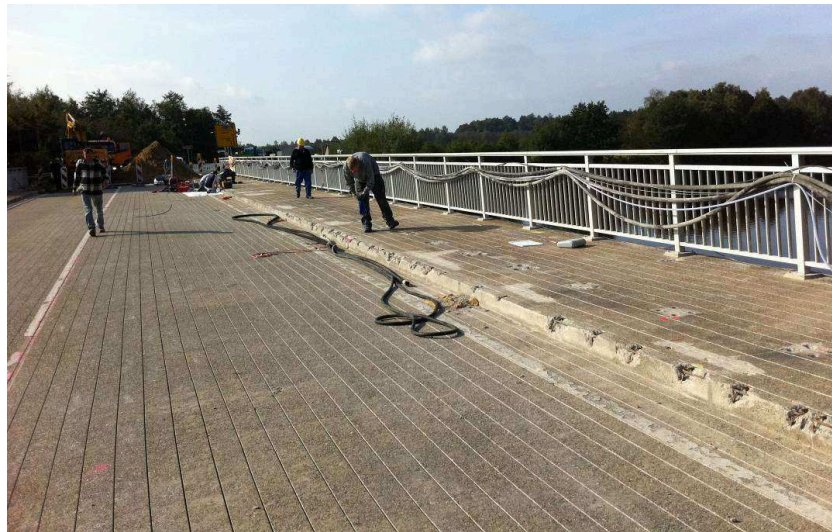


Bild 3: Schlitze zur Anodeneinbettung im Bereich der Fahrbahn und des Radweges.

Bild 4 zeigt links die in den Schlitzen verlegten MMO/Ti-Bandanoden im Bereich eines Anodenanschlusses und rechts das Vergießen der Schlitze mittels des Anodeneinbettmörtels. Sämtliche Anschlusskabel (Anoden, Bewehrung und Bezugselektroden) wurden über Bohrungen in der Platte zur Brückenplattenunterseite in die Hohlkästen geführt und dort an die in der Hohlkastendecke geführten Stränge der Hauptspeiseleitungen bzw. im Fall der Bezugselektroden an die Messeinheiten angeschlossen. Der Controller- und Gleichrichterschrank wurde im zugänglichen Bereich einer Widerlagerwand angeordnet (siehe Bild 5 links).

Bild 5 zeigt eine Ansicht der Brückenoberseite nach Abschluss der Grundinstandsetzung, bei der neben der KKS-Installation zahlreiche weitere Instandsetzungsarbeiten, wie die Erneuerung eines der Fahrbahnübergänge, eine umfangreiche Instandsetzung eines Widerlagers sowie eine Erneuerung des Korrosionsschutzes der Stahlbauteile durchgeführt wurden.



Bild 4: Links: In Schlitzen eingebettete MMO/Ti-Anodenbänder (im Bereich eines Anodenanschlusses). Rechts: Vergießen der Schlitze mittels des Anodeneinbettmörtels.



Bild 5: Links: Controller- und Gleichrichterschrank angeordnet im Bereiche einer Widerlagerwand, Rechts: Ansicht der Brückenoberseite nach Abschluss der Grundinstandsetzung der Brücke

Funktion des KKS-Systems

Die Inbetriebnahme des KKS-Systems erfolgte im Mai 2012. Ausgehend von der Inbetriebnahme im Mai 2012 bis Anfang Oktober 2012 erfolgte der Betrieb mit einer angelegten Spannung von 1,3 Volt. Schon bei dieser vergleichsweise geringen Spannung wurde das „100 mV-Kriterium“, welches gemäß DIN EN ISO 12696 /1/ zur Überprüfung der Wirksamkeit des Kathodischen Korrosionsschutzes angewendet werden kann, an 12 der 15 eingebauten Bezugselektroden erfüllt (siehe Bild 6 links). Im Oktober 2012 wurde die angelegte Spannung auf 1,6 Volt erhöht. Dies führte dazu, dass das „100 mV-Kriterium“ nun an 14 der 15 Bezugselektroden erreicht wurde. An der Bezugselektrode 15 war jedoch weiterhin nur eine sehr geringe Polarisation der Bewehrung festzustellen. Der Ursache hierfür wird noch nachgegangen.

Um eine Wasserstoffentwicklung an den Stahloberflächen infolge des KKS zu vermeiden, was das potentielle Risiko einer wasserstoffinduzierten Spannungsrisskorrosion der Spannstähle mit sich bringen könnte, darf das Ausschaltpotential gemäß DIN EN ISO 12696 /1/ bei Spannbetonbauwerken an der Stahloberfläche nicht negativer als -900 mV bezogen auf das Potential der Ag/AgCl/0,5 M KCl-Elektrode ($+250 \text{ mV}_{\text{NHE}}$) sein. Bezogen auf die hier verwendeten Mangandioxid-Bezugselektroden ($+405 \text{ mV}_{\text{NHE}}$) entspricht dies einem Grenzwert von -1055 mV. Wie in Bild 6 rechts zu erkennen ist, liegen die Ausschaltpotentiale an allen Bezugselektroden um mehr als 300 mV positiver als dieser Grenzwert, von einer erhöhten Spannungsrisskorrosionsgefahr für die Spannglieder infolge des KKS ist daher nicht auszugehen.

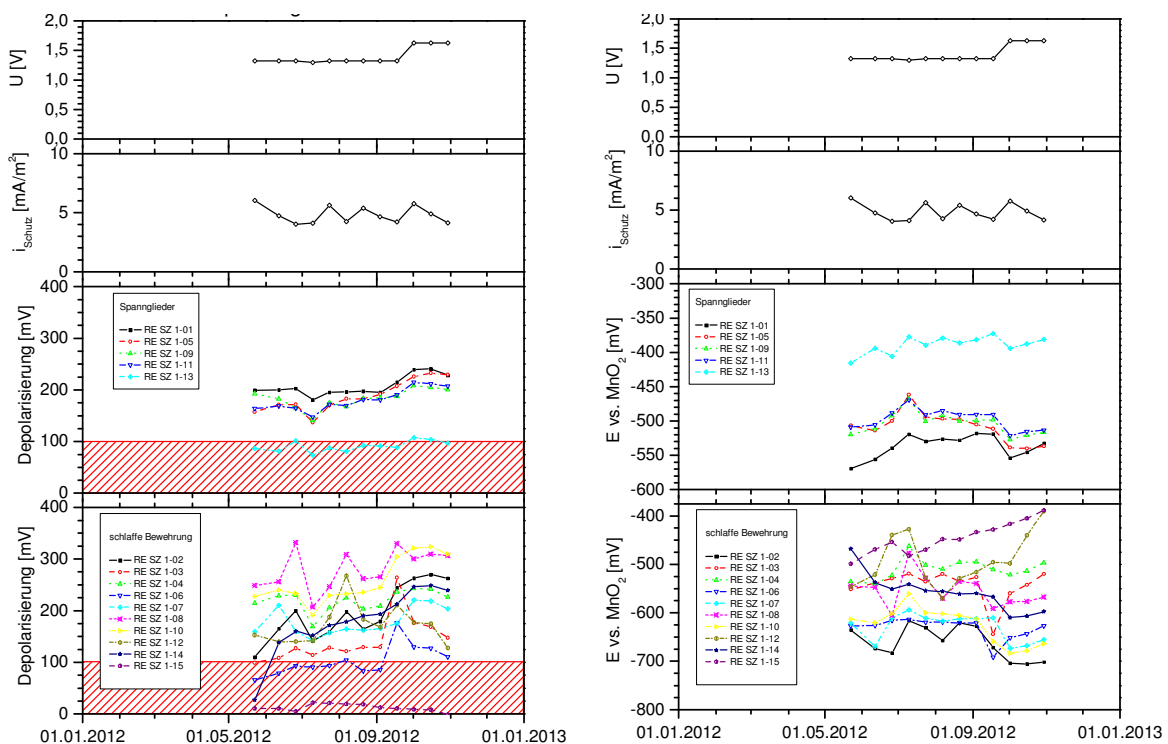


Bild 6: Betriebsdaten der KKS Installation: Links, von oben: angelegte Spannung, mittlere Schutzstromdichte und 24 h-Depolarisierung an den Bezugselektroden im Bereich der Spannglieder und des Betonstahls. Rechts, von oben: angelegte Spannung und mittlere Schutzstromdichte (wie links) und Ausschaltpotentiale an den Bezugselektroden im Bereich der Spannglieder und des Betonstahls. (Quelle: Korupp GmbH)

Literatur

- [1] DIN EN ISO 12696:2012-05: Kathodischer Korrosionsschutz von Stahl in Beton (ISO 12696:2012); Deutsche Fassung EN ISO 12696:2012