

# Mitteilungen der Bundesanstalt für Straßenwesen 1/2008

An dieser Stelle erscheinen regelmäßig Kurzberichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) aus dem Gebiet der Straßenbautechnik. Über ihre Aktivitäten auf dem Gebiet der Straßenverkehrstechnik berichtet die BASt in gleicher Form in der Zeitschrift „Straßenverkehrstechnik“.

## Abteilung S Straßenbautechnik

### Korrosionserscheinungen an Duplexsystemen durch Randkorrosion – Ursachen und Vermeidung

Duplexsysteme, eine Kombination aus verzinktem Stahl und einer organischen Beschichtung, finden als langlebiger, praktisch wartungsfreier Korrosionsschutz verbreitet Anwendung an Brücken, Schildern, Pfosten und Geländern. In jüngerer Zeit werden vermehrt Roststellen an solchen Systemen beobachtet. Betroffen sind Bereiche, in denen entweder konstruktiv bedingt oder durch Verletzung der Beschichtung die Feuerverzinkung freiliegt. Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) untersuchte im Rahmen eines Forschungsprojektes die Ursachen, um die Gefahr eines vorzeitigen Versagens von Bauteilen auszuschließen.

### 1 Duplexsysteme als Langzeitkorrosionsschutz

Bei der Duplexbeschichtung handelt es sich um verzinkte Stahlbauteile, die mit einer organischen Beschichtung überzogen sind. Feuerverzinkte Stahlbauteile werden zusätzlich mit einer organischen Beschichtung überzogen, die den Korrosionsschutz verbessert und darüber hinaus gestalterische Möglichkeiten eröffnet. Die Duplexbeschichtung wird in zunehmendem Maße in allen Bereichen des Bauwesens verwendet und als optimales Korrosionsschutzsystem angesehen.

Nach bisherigen Erkenntnissen ermöglicht die kombinierte Schutzwirkung zwischen Feuerverzinkung und organischer Beschichtung Standzeiten von vielen Jahrzehnten. Die Kosten für den Korrosionsschutz von Bauwerken können auf diese Weise reduziert werden.

In jüngerer Zeit werden allerdings vermehrt Korrosionsanzeichen an Duplexsystemen im Brückenbau, der Straßenausstattung (z. B. Fußplatten von Verkehrsschildern und Schilderbrücken) und anderen

freibewitterten Bauteilen beobachtet (Bild 1). Im Grenzbereich von organisch beschichteten Flächen und freiliegenden Verzinkungen treten deutlich sichtbare Korrosionspuren, teilweise bereits nach weniger



Bild 1: Randkorrosion an einem Brückengeländer

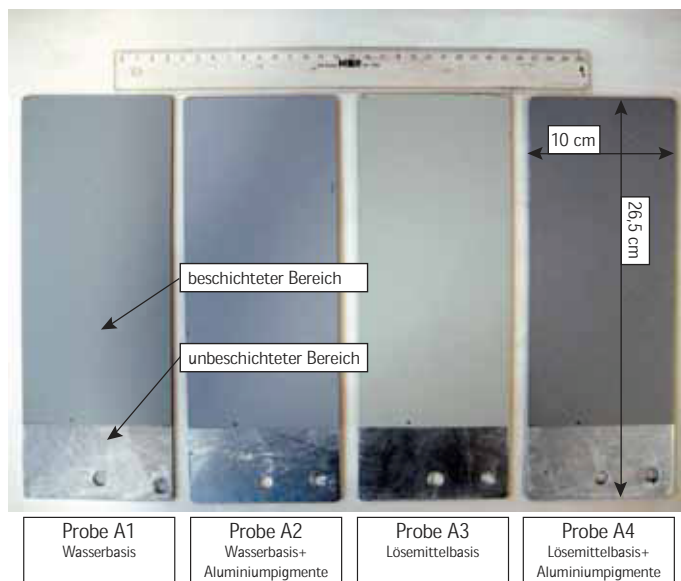


Bild 2: Frisch hergestellte, teilbeschichtete Duplexsysteme

Probe	A1	A2	A3	A4
Dicke ± 5 %	111 µm	121 µm	76 µm	94 µm
Bindemittel	Wasserbasis Acryl-Copolymere	Wasserbasis Acryl-Copolymere	Lösemittelbasis 2K-Epoxidharz	Lösemittelbasis 2K-Epoxidharz
Aluminiumpigmente	Nein	Ja	Nein	Ja

Tabelle 1: Eigenschaften der hergestellten Duplexsysteme

als 2 Jahren, auf. Freiliegende Verzinkungsflächen sind entweder konstruktiv bedingt oder durch Schäden an der organischen Beschichtung entstanden. Der Korrosionsprozess wurde erstmals von Prof. Schwenk<sup>1)</sup> beobachtet und mögliche Ursachen hergeleitet. Die Bundesanstalt für Straßenwesen

(BAST) bearbeitete ein Projekt, um die Gefahr des frühzeitigen Versagens von Stahlkonstruktionen auszuschließen. Voraussetzung für die Entwicklung geeigneter Präventiv- und Abhilfemaßnahmen ist das Verständnis der zugrunde liegenden Mechanismen.

## 2 Untersuchungskonzept

Zwei unterschiedliche Mechanismen können für das Phänomen der Randkorrosion verantwortlich sein:

- Korrosion durch Lokalelementbildung zwischen der organischen Beschichtung und der freien Verzinkung
- thermodynamisch begünstigte Zinkauflösung.

Zur Untersuchung wurden vier Duplexsysteme, bestehend aus nach DIN 1461 verzinkten Stahlblechen mit den Maßen 26,5 x 10 x 0,2 cm<sup>3</sup> (h x b x d) hergestellt:

- Probe A1: Wasserbasis ohne Aluminiumpigmente
- Probe A2: Wasserbasis mit Aluminiumpigmenten
- Probe A3: Lösemittelbasis ohne Aluminiumpigmente
- Probe A4: Lösemittelbasis mit Aluminiumpigmenten.

Die beschichtete Fläche ist 215 cm<sup>2</sup> groß, die Restfläche von 50 cm<sup>2</sup> bleibt unbeschichtet (Bild 2, Tabelle 1). Mit unterschiedlichen Untersuchungsmethoden sollten die Ursachen für die Randkorrosion geklärt und kritische Bedingungen in der Praxis erkannt werden (Bild 3).

<sup>1)</sup> Gemeinschaftsausschuss Feuerverzinken (GAV)-Bericht 138/1998: Prof. Schwenk: „Untersuchungen zum Problem der „Randkorrosion“ bei Duplexsystemen“

Bild 3: Übersicht der durchgeführten Untersuchungen

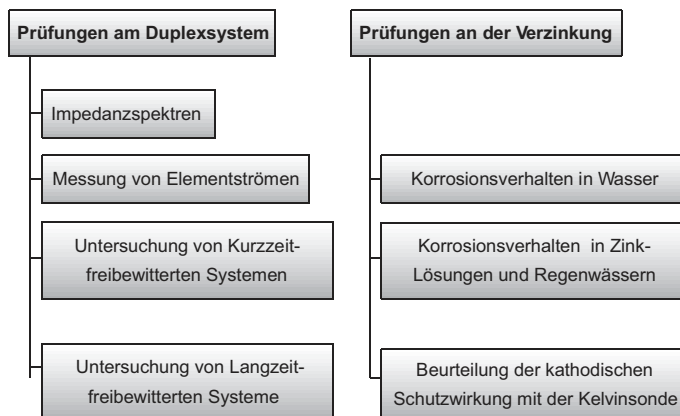


Diagramm 1: Abnahme der Beschichtungswiderstände bei den Impedanzmessungen

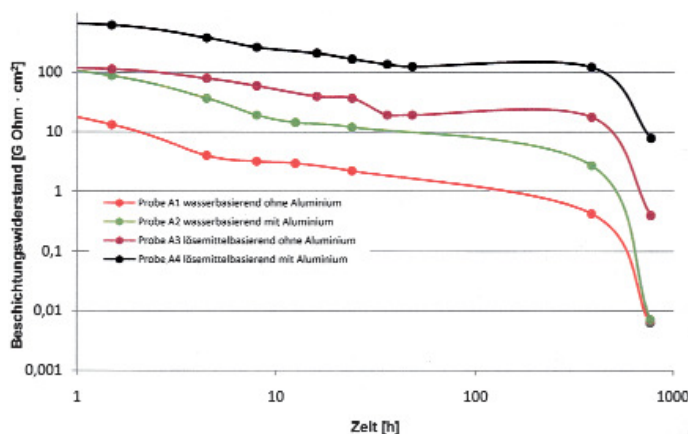


Diagramm 2: Zunahme der Kapazitäten bei den Impedanzmessungen

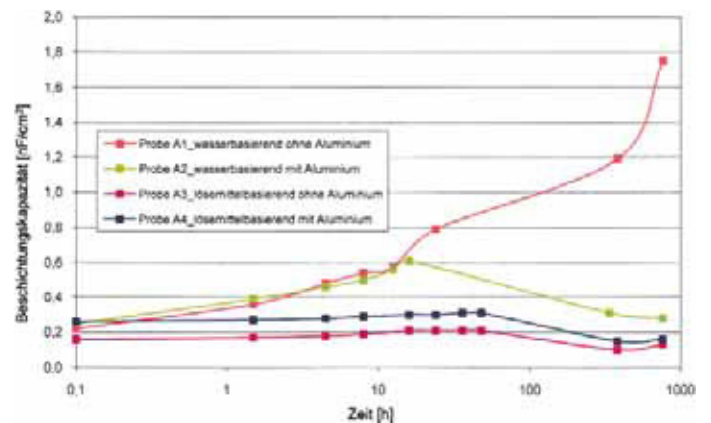


Diagramm 3: Abnahme der Zinkkonzentration in vollentsalztem Wasser

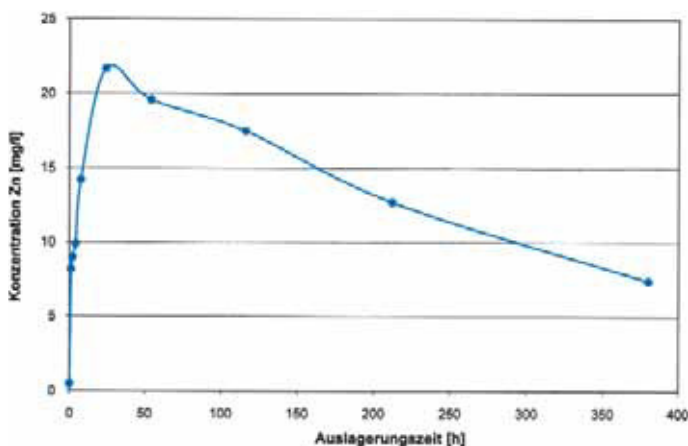
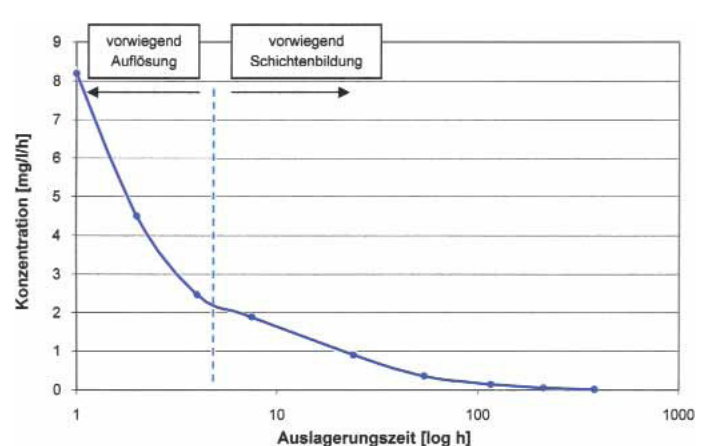


Diagramm 4: Abnahme der Auflösegeschwindigkeit in vollentsalztem Wasser



### 3 Methoden

Ermittlung der Beschichtungseigenschaften mit der Impedanzspektroskopie

Die Impedanzmessung ist ein elektrochemisches Verfahren, bei dem unter anderem die Änderung des elektrischen Wechselstromwiderstands eines Beschichtungssystems verfolgt werden kann. Organische Beschichtungen nehmen Wasser auf und verändern dabei ihren elektrischen Widerstand und ihre Kapazität. Diese Parameter lassen Rückschlüsse auf die Geschwindigkeit und den Umfang der Wasseraufnahme zu. Die Duplexsysteme wurden bis zu 760 Stunden in 3%iger Kochsalzlösung gelagert und es wurden zunächst in kurzen, dann in länger werdenden Zeitabständen die Widerstands- und Kapazitätsänderungen gemessen.

Reaktionen der Feuerverzinkung mit Wasser

Ein Stück feuerverzinkten Blechs wurde über 380 Stunden in 100 ml vollentsalztem, belüftetem Wasser gelagert. Zunächst in kurzen, dann in länger werdenden Zeitabständen wurde ein kleines Aliquot zur Bestimmung des Zinkgehaltes mit Hilfe Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) entnommen. Auf diese Weise können die Auflösengeschwindigkeit der Verzinkung als Funktion der Auslagerungszeit verfolgt und Rückschlüsse über kinetische Einflüsse gewonnen werden.

Polarisation der Feuerverzinkung

Mit Hilfe der Stromdichte-Potenzialkurven können die elektrochemischen Korrosionskennwerte erhalten werden. Mit Hilfe einer Dreielektrodenanordnung (Bild 4) wird ein Stück feuerverzinkten Blechs als Arbeitselektrode geschaltet und gegen ein Platinnetz kathodisch und anodisch polarisiert. Eine wesentliche Kenngröße, die bei diesen Versuchen gewonnen werden kann, ist der Korrosionsstrom als Maß für die Korrosionsgeschwindigkeit. Der Mechanismus der Korrosionsreaktion ergibt sich aus dem Kurvenverlauf der Stromdichte-Potenzialkurve.

Da bei dieser dynamischen Prüfung die Bildung schützender Deckschichten aus Zinkverbindungen im kathodischen Bereich eine untergeordnete Rolle spielt, lässt sich damit der Einfluss unterschiedlicher Zinkionenkonzentrationen im Elektrolyten auf die Kinetik der Korrosionsreaktion untersuchen.

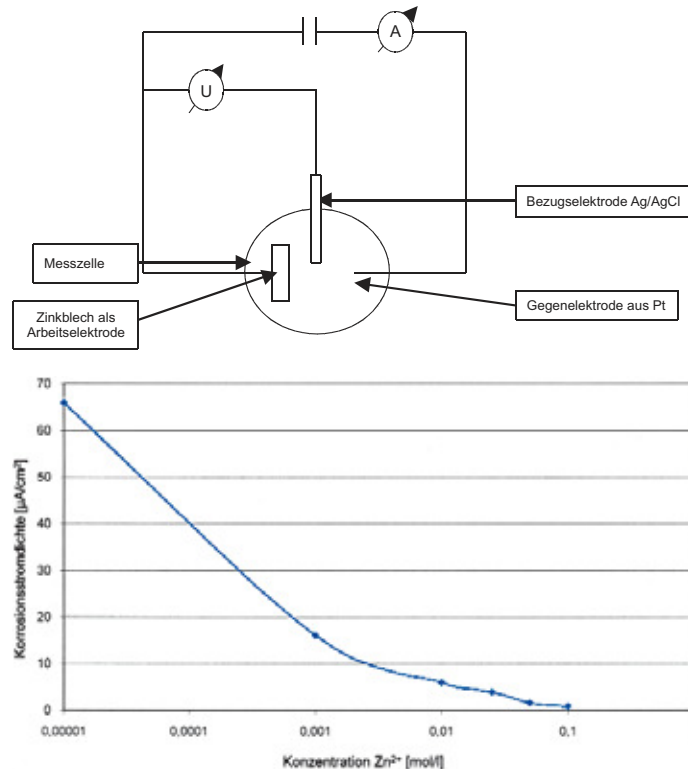


Bild 4: Dreielektrodenanordnung zur Bestimmung der Korrosionskenngrößen

Diagramm 5: Korrosionsgeschwindigkeit des Zinks in Abhängigkeit des Mediums

Potenzialscan der Oberfläche mit der Rasterkelvinsonde

Mit der Rasterkelvinsonde lassen sich berührungslos Potenziale von metallischen Probenoberflächen bestimmen. Einflüsse durch flüssige Medien, die bei den meisten Untersuchungsverfahren notwendig sind, werden somit ausgeschlossen. Die Potenziale sind ein Maß für die Reaktivität der Metalle unter korrosiven Bedingungen. Durch die Rasterung des Untersuchungsbereiches ist es möglich, Potenzialänderungen auf der Oberfläche ortsgenau zu untersuchen. Zusätzlich zu der Wirkung als Schutzschicht auf Stahl wirkt die Zinkschicht als kathodischer Schutz für den Stahl an Schnittkanten oder Beschichtungsschäden. Das bedeutet, dass Zink den Stahl schützt, indem es sich bevorzugt der Korrosion „opfert“. Man spricht von einer galvanischen Opferanode, da die Metalle leitend miteinander verbunden sind. Mit Hilfe der Rasterkelvinsonde kann die Effektivität des kathodischen Schutzes für den umgebenden Stahl ermittelt werden, indem die Reichweite der Schutzwirkung gemessen wird.

#### 3.1 Bewitterung im Freien

Zur Beurteilung der langfristig entstehenden Schäden durch die Randkorrosion wurden fünf Prüfbleche mit verschiedenen Beschichtungssystemen ausgewählt, die für unterschiedliche Zeitspannen am sel-

ben Ort der Witterung ausgesetzt waren (Bild 6). Sie wurden im Großraum Karlsruhe auf einem nach Süden ausgerichteten Stand mit 45° Neigung zum Himmel gelagert. An diesen Proben wurde der Einfluss verschiedener Beschichtungssysteme und des Flächenverhältnisses von beschichteter zu verzinkter Fläche untersucht. Ziel der **Kurzzeit-Freibewitterung** war es zu ermitteln, wie schnell die Randkorrosion beginnt. Dazu wurden im Spätsommer 2007 zwei Sätze der frisch hergestellten Duplexsysteme (Tabelle 2) für 10 Wochen auf dem Dach der Fachhochschule Südwestfalen, Iserlohn, freibewittert. Die Orientierung war 45° geneigt und nach Süden ausgerichtet. Ein Satz Prüfbleche wurde so ausgelagert, dass das Regenwasser von der Verzinkung auf die organische Beschichtung abließ. Ein anderer Satz wurde so montiert, dass das Regenwasser von der organischen Beschichtung über die verzinkte Fläche abließ.

### 4 Ergebnisse

Die Impedanzspektroskopischen Messungen ergaben, dass alle Systeme relativ schnell Wasser aufgenommen haben, was sich in einer Erniedrigung der Widerstände äußert. Dieser Vorgang erfolgte bei Beschichtungen mit wässrigen Lösemitteln erheblich schneller als bei Beschichtungen, die organische Lösemittel enthalten.



Tabelle 2: Herstellerangaben zu den freibewitterten Duplexsystemen

Probe-Nr.	Beschichtungssystem	Schichtdicke [µm]	Bindemittel/Pigmente	Bewitterungszeit
1	a) Haftgrund, Wasserbasis	30 ± 5	Styrol-Acrylat-Copolymer/ keine Pigmente	7 Jahre, 8 Monate
	b) Deckschicht Reinacrylat, Wasserbasis	60 ± 5	Acryl-Copolymere/ CaCO <sub>3</sub> ; TiO <sub>2</sub> ; Fe <sub>x</sub> O <sub>y</sub>	
	a) Haftgrund, Wasserbasis	30 ± 5	Styrol-Acrylat-Copolymer/ keine Pigmente	
	b) Deckschicht 2K-PUR, Lösemittelbasis	60 ± 5	Hydroxy-Acrylat, Isocyanat/Talkum, BaSO <sub>4</sub> , TiO <sub>2</sub> , Fe <sub>x</sub> O <sub>y</sub>	
2	a) Grundbeschichtung 2K-EP, Lösemittelbasis	80 ± 5	Epoxidharze/ Eisenglimmer, Al, Talkum, BaSO <sub>4</sub>	11 Jahre
	b) Deckschicht 2K-PUR, Lösemittelbasis	80 ± 5	Hydroxy-Acrylat, Isocyanat/Talkum, BaSO <sub>4</sub> , TiO <sub>2</sub> , Fe <sub>x</sub> O <sub>y</sub>	
3	Deckbeschichtung, Wasserbasis	80 ± 5	Styrol-Acrylat-Copolymer, leitfähig/CaCO <sub>3</sub> , Ruß	4 Jahre, 2 Monate
4	a) Haftgrund, Wasserbasis	60 ± 5	Styrol-Acrylat-Copolymer/ TiO <sub>2</sub> , Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , Talkum	11 Jahre, 1 Monat
	b) Deckschicht 2K-PUR, Lösemittelbasis	80 ± 5	Hydroxy-Acrylat, Isocyanat/Talkum, BaSO <sub>4</sub> , Fe <sub>x</sub> O <sub>y</sub> , Al, Eisenglimmer	
5	a) Haftgrund, Wasserbasis	60 ± 5	Styrol-Acrylat-Copolymer/TiO <sub>2</sub> , Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , Talkum	11 Jahre, 1 Monat
	b) Deckschicht 2K-PUR, Lösemittelbasis	80 ± 5	Ähnlich Blatt 87, TiO <sub>2</sub> , Fe <sub>x</sub> O <sub>y</sub> , BaSO <sub>4</sub>	

Daher fallen die Widerstandskurven deutlich steiler ab als bei den lösemittelhaltigen Systemen (Diagramm 1). Die gleichzeitige Erhöhung der elektrischen Kapazität ist ebenfalls eine Folge der Wasseraufnahme (Diagramm 2).

Nach 760 Stunden Lagerung in 3%iger Kochsalzlösung sind bei den wässrigen Beschichtungsstoffen Schäden durch osmotische Blasen vorhanden. Bei diesen Beschichtungen sind Elementströme zwischen der beschädigten Beschichtung und der unbeschichteten Verzinkung festzustellen.

Die **Auslagerung der Verzinkung** in vollentsalztem Wasser führt zunächst zu einer raschen Auflösung der Reinzinkphase, da Zink unter diesen Bedingungen thermodynamisch instabil ist. Dadurch nimmt die Konzentration an Zn<sup>2+</sup> in der Lösung zunächst stark zu und fällt dann immer weiter ab, da das Löslichkeitsprodukt schwerlös-

licher Zinkhydroxide überschritten wird (Diagramm 3). Sie bilden schützende Deckschichten auf der Zinkoberfläche, die die weitere Auflösung der Verzinkung behindern. Zeitnormiert dargestellt, nimmt die Korrosionsgeschwindigkeit der Feuerverzinkung während der Auslagerungszeit immer mehr ab (Diagramm 4).

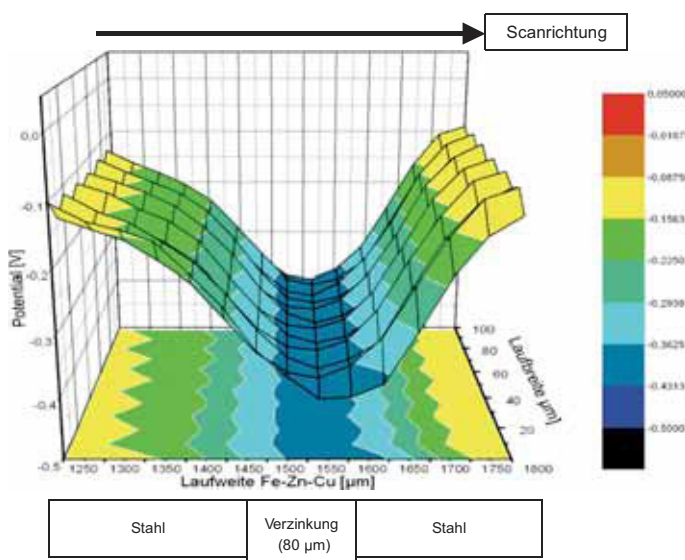
Die Stromdichte-Potenzialkurven aus den **Polarisationsversuchen der Verzinkung** beweist, dass eine Zunahme der Zinkionenkonzentration im Medium einen deutlichen Abfall der Korrosionsstromdichte und damit der Korrosionsgeschwindigkeit (Diagramm 5) bewirkt. Steigt die Zinkionenkonzentration auf Werte größer 10<sup>-3</sup> mol/l ändert sich der Reaktionsmechanismus. Bei kleineren Konzentrationen wird die Zinkkorrosion durch die maximale Diffusion (Antransport) des Sauerstoffs an die Zinkoberfläche bestimmt. Bei größeren Zinkkonzentrationen im Elektrolyten ist

der Ladungsdurchtritt in der Nähe des Ruhepotenzials sehr langsam und damit geschwindigkeitsbestimmend.

Vollentsalztes Wasser als Korrosionsmedium zeigt, entsprechend den bisherigen Erfahrungen, ein hohes Auflösungsvermögen für Zink. Es wurde im Sommer und im Herbst jeweils 3 bis 4 Tage Regenwasser aufgefangen. Trotz annähernd identischem pH-Wert haben die beiden Wässer eine stark unterschiedliche korrosive Wirkung. Offensichtlich beeinflussen im Wasser gelöste Komponenten aus der Luft, wie Stickoxide oder Schwefeldioxid, das Korrosionsverhalten erheblich. Das im Herbst aufgefangene Regenwasser mit einem pH-Wert von 5,8 korrodiert die Verzinkung fast doppelt so schnell wie Regenwasser aus dem Sommer mit dem pH-Wert 5,7.

Der **Potenzialscan mit der Rasterkelvinsonde** belegt, dass die Feuerverzinkung nur eine räumlich eng begrenzte Schutzwirkung auf den Stahl hat. Der Potenzialscan eines polierten Querschliffs vom Stahl über die einzelnen Legierungsphasen der Verzinkung hinweg ergibt, dass die kathodische Schutzwirkung durch Absenkung des Potenzials von Stahl nur ca. 1 mm im Umkreis um die Verzinkung wirksam ist (Bild 5). Nur in diesem Wirkraum ist daher eine verringerte Korrosionsneigung freigelegten Stahls möglich. Die **Untersuchungen an langzeitbewitterten, teilflächig beschichteten Verzinkungen** haben ergeben, dass die Randkorrosion in Abhängigkeit der Formulierung des organischen Beschichtungssystems unterschiedliche Erscheinungsformen annehmen kann. Bei den untersuchten Systemen B1, B3 und B5 (Bild 6) deutet sich eine zunehmend starke Ausprägung der Randkor-

Bild 5: Schutzzreichweite der Feuerverzinkung für Stahl



rosion mit steigender Höhe der organischen Beschichtung über der Verzinkung an. Die Ursache liegt an der unterschiedlich großen Auffangfläche für das Regenwasser. Je größer die Fläche bei gegebener Niederschlagsmenge ist, desto größer ist der Volumenstrom des Regenwassers am Übergang Beschichtung – Verzinkung. Thermodynamisch entspricht eine Zunahme der Regenwassermenge einer Gleichgewichtsverschiebung zur Zinkauflösung.

Bei Probe B1 ist zu erkennen, dass die Randkorrosion nur bei oben angeordneter Beschichtung auftritt. Bemerkenswert ist, dass die Proben B2 und B4, bei denen Aluminiumpigmente in einer der organischen Schichten vorhanden sind, einen schwarzen Belag auf der Verzinkungsschicht aufweisen. Dieser Belag enthält, zusammen mit anderen Korrosionsprodukten, große Konzentrationen Aluminium, welches nur aus dem Abbau der Pigmente stammen kann. Der Abtrag der Zinkschicht unterhalb des Belags erscheint gleichmäßiger zu sein als bei den Proben ohne Schwarzschiebt. Der korrosive Angriff beschränkt

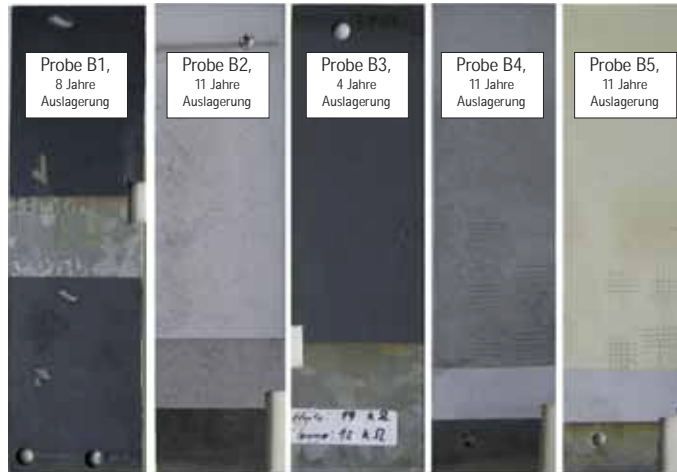


Bild 6: Unterschiedliche Duplexsysteme aus der Langzeit-Freibewitterung

sich im Wesentlichen auf die Reinzinkschicht.

Eine gewisse Schutzwirkung der Zinkschicht vor dem ablaufenden Regenwasser ist daher wahrscheinlich. Sie dürfte jedoch aufgrund der Porosität der Schicht begrenzt sein. Ein ähnlicher Effekt ist bei der Korrosion von Aluminiumbauteilen z. B. in heißem Wasser bekannt und wird als „Brunnenschwärze“ bezeichnet. Eine Unterwanderung der organischen Beschich-

tung am Übergang Beschichtung – Verzinkung ist in keinem Fall zu erkennen.

Die Kurzzeit-Freibewitterung in Iserlohn ergab, dass bei einigen Proben bereits nach 2,5 Monaten ein Angriff auf die oberste Reinzinkschicht der Feuerverzinkung stattgefunden hat (siehe auch Bild 7).

## 5 Schlussfolgerung

Die Impedanz- und Elementstrommessun-

# Der **Peter Glowalla** Führerscheintausch

## Auf der Fährte unserer Führerscheine

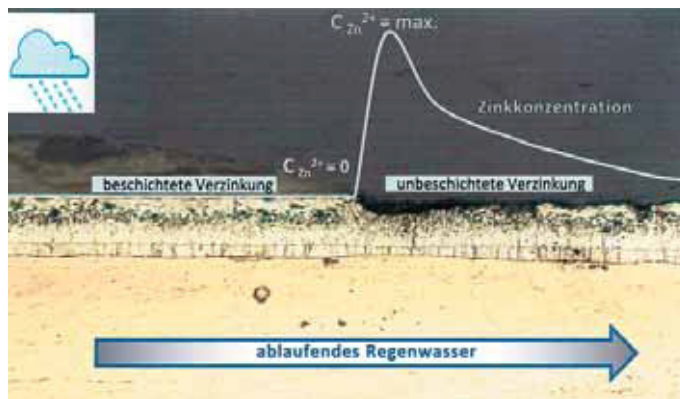


64 Seiten, kartoniert,  
mit vielen farbigen  
Abbildungen,  
Format 12,5 x 19 cm,  
15,80 €  
ISBN 978-3-7812-1627-3

**M**uss der alte Führerschein umgetauscht werden und wie erkennt man, welche Fahrzeuge man mit dem neuen Kartenführerschein fahren darf? Immer häufiger werden bei Führerscheinbehörden, bei polizeilichen Kontrollen und bei Fahrschulen diese Fragen gestellt. Übersichtlich stellt der Autor die heutigen 17 Führerscheinklassen sowie ihre Vorläufer in den alten und neuen Bundesländern dar. Dabei wurde im Besonderen darauf Rücksicht genommen, das Werk so zu verfassen, dass es auch Führerscheinbesitzer verstehen, die den feinen juristischen Unterschied zwischen „Führerschein“ und „Fahrerlaubnis“ oder zwischen „Umstellung“ und „Umtausch“ des Führerscheins nicht kennen und auch nicht kennen lernen wollen.

**KIRSCH  
BAUM**

Bild 7: Randkorrosion nach 10 Wochen Freibewitterung an Probe A3



gen belegen, dass nur im Fall der Beschichtungszerstörung durch Bildung osmotischer Blasen ein Stromfluss und damit Elementbildung möglich ist. Die Bildung von Lokalelementen zwischen organisch beschichteten Bereichen und freiliegender Feuerverzinkung kann somit als Ursache für die Randkorrosion ausgeschlossen werden. Die Potenzialmessungen mit der Kelvinsonde ergeben, dass die Reichweite der kathodischen Potenzialabsenkung durch Zink auf maximal 1 mm Abstand begrenzt ist. In diesem Bereich sind jedoch keine Schädigungen oder Enthaltungen an der organischen Beschichtung festzustellen. Größere Schadstellen mit freigelegter Stahloberfläche werden nicht kathodisch geschützt.

Beschichtungssysteme auf Basis organischer Lösemittel zeigen einen deutlich höheren Widerstand gegen die Aufnahme von Wasser und Blasenbildung als die Systeme auf Wasserbasis.

Die Messung der Korrosionsströme in Lösungen mit unterschiedlichen Zinkkonzentrationen liefert die Erklärung, warum die Korrosion nur in einem engen Bereich der unmittelbar an die organisch beschichtete Fläche angrenzenden Verzinkung auftritt. Aufgrund der kinetischen Hemmung durch die Zinkionen sinkt der Korrosionsstrom mit zunehmender Zinkkonzentration. Das bedeutet, dass mit zunehmendem Abstand von der Grenze zwischen organisch beschichteter Fläche und verzinkter Fläche die Zinkkonzentration ansteigt und als Folge davon die Korrosionsgeschwindigkeit abnimmt. Bei der Auslagerung in Wasser ohne Polarisation zeigt sich darüber hinaus, dass nach dem Überschreiten einer Maximalkonzentration schützende Deckschichten aus Zinksalzen, vor allem Zinkhydroxide, gebildet werden.

Ein von der organischen Beschichtung ablaufender Regentropfen enthält kein ge-

löstes Zink. Auf der Verzinkung nimmt er zunächst aufgrund des großen Konzentrationsgefälles viel Zink auf (Bild 7). Folglich wird die Zinkschicht unmittelbar in der Übergangszone stark angegriffen. Mit zunehmender Zinkkonzentration im ablaufenden Regentropfen wird die Reaktion kinetisch gehemmt und die Korrosionsgeschwindigkeit nimmt ab, schützende Deckschichten bilden sich. Ist die oberste Zinkschicht abgetragen, dann wird die Korrosion durch Rotrostbildung der Eisen-Zink-Legierung sichtbar. Durch das herablaufende Rostwasser entsteht nach längerer Bewitterungszeit oft der Eindruck, die ganze Zinkfläche wäre korrodiert.

Die Untersuchung Langzeit-bewitterter Proben ergibt Hinweise darauf, dass die Korrosion umso stärker fortschreitet, je höher der Anteil der organisch beschichteten Fläche im Verhältnis zur verzinkten Fläche ist. Dieses Phänomen ist unabhängig von der Art der organischen Beschichtung.

Bei Aluminium-pigmentierten Beschichtungssystemen kam es zur Bildung schwarzer Beläge auf der Verzinkung. Dieser Belag entstand offensichtlich durch Abbau und Auswaschung der Pigmente, der bei hochwertigen Korrosionsschutzsystemen nach jahrelanger Bewitterung an der Atmosphäre einsetzte. Der Belag bildet eine Art „Selbstversiegelung“ der Oberfläche und bietet einen gewissen Schutz vor dem ablaufenden Regenwasser. Korrosionsphänomene unterhalb dieses Belags beschränken sich bei den untersuchten Proben auf die Reinzinkphase. Ein vollständiger Korrosionsschutz der Verzinkung ist aufgrund seiner Porosität nicht zu erwarten. Genauere Erkenntnisse müssen aus weiteren Langzeituntersuchungen mit Aluminium-pigmentierten Systemen gewonnen werden.

Der korrosive Angriff auf die Verzinkung im Übergangsbereich Beschichtung-Ver-

zinkung begann sehr schnell, bereits nach 10 Wochen ist bei einigen Proben die Reinzinkphase teilweise wegkorrodiert.

## 6 Empfehlungen

Nach den vorliegenden Erkenntnissen ist die Duplexbeschichtung als Korrosionsschutzsystem sehr gut geeignet. Selbst nach langen Freibewitterungszeiten werden keine Haftungsverluste oder Korrosionsschäden am Stahlsubstrat in organisch beschichteten Bereichen festgestellt. Die Beobachtungen an Langzeit-bewitterten, Aluminium-pigmentierten Systemen deuten darauf hin, dass über die Formulierung der Beschichtung Einfluss auf die Korrosionsreaktionen an unbeschichteten Stellen genommen werden kann. Weitergehende, systematisch durchgeführte Versuche sind zur Verifizierung dieser Ergebnisse notwendig.

Zur Vermeidung fortschreitender Korrosion an Stahlbauwerken lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Konstruktionsbedingt unbeschichtete Bereiche feuerverzinkter Bauteile sind zu vermeiden, insbesondere wenn Regenwasser von beschichteten Flächen über freiliegende Verzinkungen ablaufen kann.
- Schadstellen an der organischen Beschichtung bestehender Bauwerke sollten so früh wie möglich ausgebessert werden, da die Randkorrosion schnell einsetzt.
- Freigelegte Stahloberflächen in der Verzinkung werden nur bis zu einem Durchmesser von ca. 1 mm kathodisch geschützt und sollten zügig mit geeigneten Ausbesserungsbeschichtungen versiegelt werden.

Dipl.-Ing. (FH) Stephan Killing,  
Dr.-Ing. Volker Hirsch