

Schluss mit verblasster Farbe

Im Zuge der Erneuerung des Korrosionsschutzes an einer Eisenbahnbrücke wurden Musterflächen mit vier unterschiedlichen Beschichtungssystemen angelegt. Es wurde getestet, ob alternative Beschichtungen die korrosionsschutztechnischen Anforderungen gewährleisten und die Farbstabilität verbessern können.

Andreas Gelhaar, Andreas Schneider

Für den Korrosionsschutz von Stahl- und Stahlverbundbrücken im Zuge von Straßen und Eisenbahntrassen werden im Regelfall Beschichtungssysteme auf Bindemittelbasis 2K-Epoxidharz/2K-Polyurethan nach Blatt 87 der TL/TP-KOR Stahlbauten [1] eingesetzt. In Bezug auf die Schutzfunktion dieser Systeme besteht dabei die Anforderung, dass diese über den Zeitraum der konzipierten Schutzdauer sichergestellt und ein vorzeitiges Versagen, also das Auftreten von stoffspezifischen Schäden, wie Blasen, Risse oder Ablätterungen, ausgeschlossen wird. Der Deckbeschichtung des Systems kommt darüber hinaus die Funktion zu,

die Farbstabilität des gewählten Farbtones sicherzustellen. Wie bereits in einer früheren Veröffentlichung zum Problem der Farbstabilität [2] thematisiert, treten bei Bauwerken mit Beschichtungen in intensiven RAL-Farbtönen bereits nach kurzer Zeit teilweise deutliche Farbabweichungen auf.

In der Praxis ist das insbesondere bei Rot- und Blaufarbtönen zu verzeichnen, indem durch Bindemittelabbau verursachte Ausbleichungen das visuelle Erscheinungsbild des Bauwerkes zum Teil erheblich beeinträchtigen (*Bild 1a* und *Bild 1b*). Dieser Effekt ist häufig sogar auch bei eisenglimmerpigmentierten 2K-PUR-Deckbeschich-

tungen vorhanden, denen im Allgemeinen eine gute Farbstabilität bescheinigt wird.

Objekt und Aufgabenstellung

An der Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Roßlau wurde im Jahr 2010 der Korrosionsschutz durch ein dreischichtiges Beschichtungssystem nach Blatt 87 der TL/TP-KOR Stahlbauten [1] mit einer Deckbeschichtung im Farbton DB 703 erneuert (*Bild 2*). Im Zuge dieser Maßnahme wurden mit Zustimmung des Eigentümers in einem Praxistest Probeflächen mit vier alternativen Beschichtungssystemen angelegt (*Bild 3*), die sich in Bezug auf Systeme



© Institut für Stahlbau

Bild 1 > Farbabweichungen einer Deckbeschichtung im Farbton RAL 3003 in Bauwerksbereichen a) ohne und b) mit UV-Beanspruchung.



Bild 2 > An der Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Roßlau wurde 2010 der Korrosionsschutz durch ein dreischichtiges Beschichtungssystem erneuert.

maufbau, Bindemittelbasis und Stoffformulierung (Tabelle 1) von den Produkten nach Blatt 87 unterscheiden. Dabei kamen sowohl zugelassene Beschichtungsstof-

fe als auch Neuentwicklungen der Firma Geholit+Wiemer zum Einsatz. Für alle vier Beschichtungssysteme wurde vor der Erprobung am Objekt ihre Eig-

nung für die Schutzdauer „Hoch“ in der Korrosivitätskategorie C4 nachgewiesen. Bei der 2015 im Auftrag des Beschichtungsstoffherstellers durchgeführten Ab-

Beschichtungsanlagen

- Komplett Pulverbeschichtungsanlagen und Nasslackieranlagen
- Umbauten / Erweiterungen
- Takt- oder Durchlaufanlagen
- Schlüsselfertig inkl. Montage, Steuerung und Installation

Vorbehandlungsanlagen

- Zum Reinigen und Vorbehandeln von Objekten
- Sprühanlagen oder Tauchbadanlagen
- Takt- oder Durchlaufanlagen

Nasslackierkabinen

- Zum Beschichten der Objekte
- Nasslackierkabinen oder Lackier-Sprühstände

Öfen und Trockner

- Haftwassertrockner, Einbrennöfen, Nasslacktrockner
- Spezialöfen
- Hochtemperaturöfen bis 500 °C
- Energieträger: Gas, Öl, Elektro, Hackschnitzel

Transportsysteme

- Zum Transportieren der Objekte durch die gesamte Anlage
- Power+Free-Systeme, Handschiebebahnen, Kreisförderanlagen
- Senkstationen, Gehänge-Lifte (Vertikal-Lifte)
- Integration von Roboter- und Handlings-Anlagen



Leutenegger + Frei AG



**Gesamtlösungen
Oberflächentechnik.**

L+F lohnt sich.



www.leutenegger.com

	System M1	System M2	System M3	System M4
Bindemittelbasis	2K-Epoxidharz / 1K-Hydro-Acrylharz	2K-High-Solid Epoxidharz / 2K-High-Solid-Polyurethan	2K-High-Solid Epoxidharz Rapid / 1K-Hydro-Acrylharz	2K-Hydro-Epoxidharz / 2K-Hydro-Polyurethan
Grundbeschichtung	2K-EP-Zink 70 µm, grau E87-790 Blatt 87, 687.03	2K-EP HS-Metallgrund 160 µm, kieselgrau O094-732	2K-EP HS-Rapid-Metallgrund 160 µm, hellelfenbein E4R-115	2K-EP-Hydro-Metallgrund 80 µm, lichtgrau EW18-735 (LP-4058)
Kantenschutz	2K-EP-Metallgrund 80 µm, rotbraun E87-812 Blatt 87, 687.06	2K-EP-HS-Metallgrund 80 µm, rotbraun O094-812	2K-EP-HS-Metallgrund-Rapid 80 µm, rotbraun E4R-812	2K-EP-Hydro-Metallgrund 80 µm, rotbraun EW18-812 (LP-4059)
Zwischenbeschichtung	1K-AY-Hydro-Eisenglimmer 80 µm, DB 601 W92-E6901 Blatt 92, 692.61	-	-	2K-EP-Hydro-Eisenglimmer 80 µm, DB 601 EW18-6901 (LP-4062)
Deckbeschichtung	1K-AY-Hydro-Eisenglimmer 80 µm, DB 703 W92-E7603 Blatt 92, 692.73	2K-PUR-Eisenglimmer 80 µm, DB 703 O094-E7603	1K-AY-HYDRO-Eisenglimmer 80 µm, DB 703 W92-E7603 Blatt 92, 692.73	2K-PUR-Hydro-Eisenglimmer 80 µm, DB 703 DW18-E7603 (LP-4060)
Sollschichtdicke Beschichtungssystem	230 µm	240 µm	240 µm	240 µm

Tabelle 1: Musterflächen mit vier alternativen Beschichtungssystemen an der Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Roßlau

musterung sollten die korrosionsschutztechnischen Eigenschaften der verschiedenen Systeme und das Aussehen der Deckbeschichtung im Vergleich zu Blatt 87 geprüft werden.

Durchgeführte Untersuchungen

An den Musterflächen wurden, neben der Beurteilung der Farbstabilität der Deckbeschichtung, Prüfungen des korrosionstechnischen Zustandes durchgeführt (Tabelle 2). Es wurde die spezifikationsgerechte Ausführung in Bezug auf Systemaufbau und Schichtdicke sowie die Haftungseigenschaften der Beschichtung geprüft.

An allen vier Musterflächen wurde dabei die Beschichtung in Anlehnung an DIN EN ISO 12944-6 [13] auch einer Beanspruchung durch Kondenswasser unterzogen. Dafür wurden auf der Oberfläche mit destilliertem Wasser gefüllte Nässepolster befestigt (Bild 4). Diese wurden nach einer Einwirkzeit von 72 Stunden entfernt und die Beschichtung ohne Konditionierung, also ohne Trocknung, unmittelbar nach der Beanspruchung geprüft.

Sichtbarer Farbunterschied

Nach fünf Jahren Bewitterungszeit war an allen vier Musterflächen ein deutlich sichtbarer Farbtonunterschied zwischen

der 2K-PUR-Deckbeschichtung nach Blatt 87 und den alternativen Deckbeschichtungen zu verzeichnen. Beispielsweise weist die Musterfläche mit der 1K-AY-Hydro-Deckbeschichtung nach Blatt 92 eine wesentlich weniger durch Bindemittelabbau verursachte Auskreidung auf (Bild 5). Der markante Unterschied war insofern nicht in dieser Deutlichkeit zu erwarten, da die drei Eisenglimmerfarbtöne DB 701, 702 und 703 der 2K-PUR-Deckbeschichtungen nach Blatt 87 als diejenigen gelten, bei denen die Auswirkungen von UV-Beanspruchung am wenigsten sichtbar sind.

Keine Korrosionserscheinungen

Die visuelle Prüfung des korrosionsschutztechnischen Zustandes ergab, dass an allen vier Musterflächen, ebenso wie an der Bestandsbeschichtung selbst, keine Korrosionserscheinungen oder sonstige auf Beeinträchtigungen des Schutzsystems hinweisende Störungen, zum Beispiel Risse, Blasen oder Enthaltungen, zu verzeichnen waren.

Bei der korrosionsschutztechnischen Tiefenprüfung wurde an allen Musterflächen ein spezifikationsgerechter Zustand vorgefunden. Der spezifizierte zwei- bis dreischichtige Systemaufbau war in der vorgegebenen Sollschichtdicke vorhanden und die Schichtdicke lag generell inner-

halb des nach ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 3 [14] vorgegebenen Toleranzbereiches. Das heißt, der jeweils gemessene Minimalwert lag nicht unter 80 % der Vorgabe und die zweifache Sollschichtdicke wurde nicht überschritten.

Sehr gute Haftungskennwerte

Bei der Durchführung von Abreiß- und Kreuzschnittprüfung wurden durchgängig sehr gute Haftungskennwerte des Korrosionsschutzsystems ermittelt (Tabelle 3). Die im trockensten Zustand ohne zusätzliche Kondenswasserbeanspruchung ermittelten Haftfestigkeitswerte liegen bei allen geprüften Systemen sehr deutlich über denen, die nach Blatt 94 der TL/TP-KOR Stahlbauten [1] im Rahmen der Zulassungsprüfung unter Laborbedingungen gefordert werden. Die Werte für die 1K-Produkte fallen dabei erwartungsgemäß etwas geringer aus. Auch bei den sofort nach Kondenswasserbeanspruchung durchgeführten Prüfungen wurden Haftfestigkeitswerte ermittelt, die bei den 2K-Deckbeschichtungen überwiegend über den nach TL/TP KOR-Stahlbauten bestehenden Vorgaben [1], jedoch stets generell deutlich über den für Feldprüfungen bestehenden Erfahrungswerten liegen.

Unabhängig davon, ob mit oder ohne Beanspruchung durch Kondenswas-

Durchgeführte Prüfung	Prüfgrundlage	Zielstellung
Farbstabilität	In Anlehnung an DIN EN ISO 3668 [3]	Visueller Farbvergleich der Musterflächen mit der Deckbeschichtung des regulären Systems nach Blatt 87
Visuelle Prüfung	DIN EN ISO 4628-1 bis 5 [4]	Allgemeine Bewertung der Musterflächen in Bezug auf Korrosionsschäden und sonstige Auffälligkeiten
Schichtdickenmessung	DIN EN ISO 2178 [5] DIN EN ISO 2360 [6]	Ermittlung der vorhandenen Schichtdicke repräsentativ an den Musterflächen
Keilschnittprüfung	DIN 50986 [7]	Systemaufbau farblich
Abreißprüfung		Ermittlung von Haftfestigkeit und Trennfall im trockenem, nicht zusätzlich belasteten Zustand
Abreißprüfung nach 72 h Kondenswasserbelastung ohne Konditionierung der Beschichtung	DIN EN ISO 4624 [8] DIN EN ISO 16276-1 [9]	Ermittlung von Haftfestigkeit und Trennfall unmittelbar nach zusätzlicher Kondenswasserbelastung
Kreuzschnittprüfung	DIN EN ISO 16276-2 [10]	Ermittlung der Haftungseigenschaften
Gitterschnittprüfung	In Anlehnung an DIN EN ISO 2409 [11] DIN EN ISO 16276-2 [10]	Ermittlung der Haftungseigenschaften
Radierprobe	Interne Prüfvorschrift Geholit+Wiemer [12]	Verbundprüfung durch schichtweisen Abtrag der Einzelbeschichtungen

Tabelle 2: Durchgeführte Prüfungen des korrosionsschutztechnischen Zustandes an den Musterflächen.

ser geprüft wurde, war ausnahmslos an allen Prüfstellen der Trennfall Kohäsionsbruch zu verzeichnen, wobei bei allen Systemen die Trennung in der Deck-

beschichtung erfolgte. Es war im Zuge der erhöhten Beanspruchung der Systeme durch Kondenswasser keine Veränderung in Richtung Trennfall Adhäsion-

bruch mit einer Enthftung des Gesamtsystems von der Stahloberfläche oder zwischen den Einzelbeschichtungen zu verzeichnen.

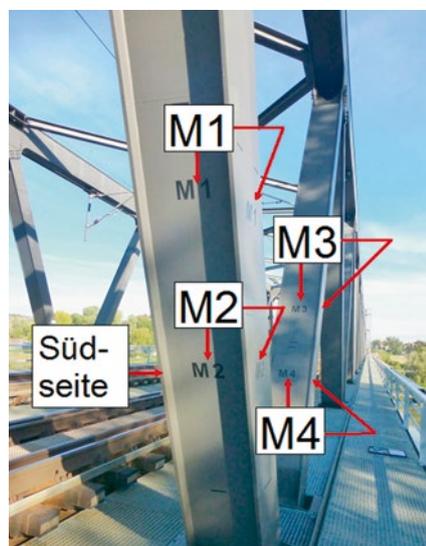


Bild 3 > Musterflächen M1 bis M4 mit vier alternativen Beschichtungssystemen am Tragwerk.



Bild 4 > An allen vier Musterflächen wurde die Beschichtung einer Beanspruchung durch Kondenswasser unterzogen. Dafür wurden auf der Oberfläche mit destilliertem Wasser gefüllte Nässepolster befestigt. Diese wurden nach einer Einwirkzeit von 72 Stunden entfernt und die Beschichtung unmittelbar nach der Beanspruchung geprüft.

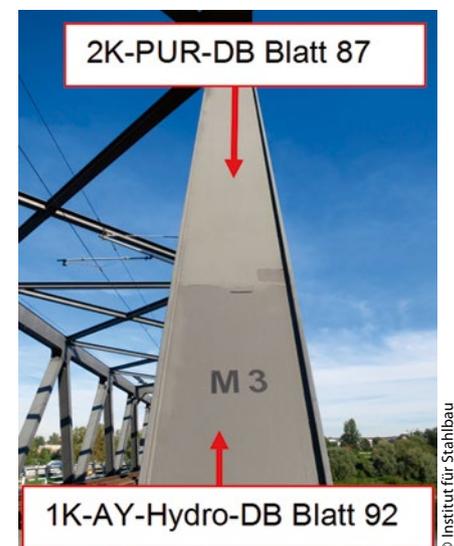


Bild 5 > Farbunterschied zwischen 2K-PUR- und 1K-AY-Hydrodeckbeschichtung nach fünf Jahren Bewitterung.

Prüfergebnisse Haftungseigenschaften

Prüfung / Prüfumfang	Erforderlicher Kennwert / Zustand	Prüfergebnis / Bewertung
Art und Anzahl der Prüfstellen	Prüfstellen mit und ohne Kondenswasserbelastung	7 Prüfstellen je Musterfläche - 4 Prüfstellen ohne Kondenswasserbelastung - 3 Prüfstellen nach Kondenswasserbelastung ohne Konditionierung
Abreißversuch DIN EN ISO 4624 [8] DIN EN ISO 16276-1 [9] Betrachtung Haftfestigkeit	Erfahrungswert bei Feldprüfungen Soll Haftkraft $\geq 2,5$ MPa TL/TP-KOR-Stahlbauten [1] bei Zulassungsprüfung für Blatt 94 ≥ 5 MPa (mit Konditionierung)	Haftfestigkeit ohne Kondenswasserbelastung - System 1: 9,5 ... 10,5 MPa - System 2: 12,6 ... 13,6 MPa - System 3: 8,0 ... 11,1 MPa - System 4: 13,0 ... 13,9 MPa ▶ sehr gute Haftfestigkeit für Feldprüfungen Haftfestigkeit mit Kondenswasserbelastung ohne Konditionierung - System 1: 2,5 ... 2,8 MPa - System 2: 6,1 ... 7,5 MPa - System 3: 3,9 ... 4,7 MPa - System 4: 4,5 ... 8,2 MPa ▶ sehr gute Haftfestigkeit für kondenswasserbelastete Beschichtungen
Abreißversuch DIN EN ISO 4624 [8] DIN EN ISO 16276-1 [9] Betrachtung Trennfall	Erfahrungswert bei Feldprüfung Kein oder ein nur möglichst geringer Anteil des Trennfalls Adhäsionsbruch vom Stahl beziehungsweise zwischen den Beschichtungen TL/TP-KOR-Stahlbauten [1] bei Zulassungsprüfung für Blatt 94 Kein Trennfall Adhäsionsbruch	Trennfall an allen Prüfstellen - Generell Kohäsionsbruch in der Deckbeschichtung - Kein Trennfall Adhäsionsbruch Stahloberfläche/Beschichtung beziehungsweise zwischen den Einzelbeschichtungen ▶ Anforderung erfüllt
Kreuzschnittsprüfung DIN EN ISO 16276-2 [10]	Erfahrungswert bei Feldprüfungen Kennwert $\leq X3$	Kreuzschnitt alle Prüfstellen Kennwert X1 ▶ sehr gute Beschichtungshaftung bei Feldprüfungen
Radierprobe (Prüfverfahren Geholit+Wiemer) [12]	Vorgabe Geholit+Wiemer Kennwert $\leq Rp3$	Radierprobe alle Prüfstellen Kennwert Rp 0 bis 1 (glatte Schnittränder) ▶ sehr guter Kennwert bei Feldprüfungen

Tabelle 3: Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse der Haftungsprüfung.

Vielversprechende Ergebnisse

Bei allen vier Musterflächen war eine deutlich bessere Farbstabilität der Deckbeschichtung gegenüber der von Blatt 87 zu verzeichnen. Die vier Beschichtungssysteme wurden spezifikationsgerecht appliziert und die Schichtdicke lag innerhalb der bestehenden Toleranzgrenzen. Die durch Abreiß- und Kreuzschnittprüfung untersuchten Haftungseigenschaften ergaben generell sehr gute Kennwerte mit ausgesprochen guten Haftfestigkeitswerten und einem durchgängigen Trennfall Kohäsionsbruch.

Im Rahmen der Abmusterung wurden in Analogie zu DIN EN ISO 12944-6 [13] auch die Haftungseigenschaften durch Abreißprüfung nach Kondenswasserbeanspruchung geprüft, wobei die Prüfung ohne Konditionierung der Beschichtung

unmittelbar nach Abschluss der Belastung erfolgte.

Diese Prüfung stellt dabei keine, wie teilweise kritisiert, überzogene Beanspruchung der Beschichtungssysteme dar, sondern sie repräsentiert im Gegenteil genau die Bedingungen, die an realen Bauwerken unter typischen Nutzungsbedingungen vorhanden sind. Denn wenn an den Unterseiten von horizontalen oder auch geneigten Flächen Feuchtigkeit vorhanden ist, kommt es in diesen Bereichen aufgrund der vergleichsweise lang andauernden Zeit bis zur Abtrocknung der Oberfläche zu eben dieser Beanspruchung, die mit den Nässepolstern simuliert wird.

Da das Beschichtungssystem während dieser Zeit der bestehenden Belastung widerstehen muss, sind Beschichtungssysteme, die bei der Abreißprüfung den

Trennfall Kohäsionsbruch aufweisen, grundsätzlich deutlich besser geeignet als Systeme, bei denen die Adhäsion zwischen den Einzelbeschichtungen der Schwachpunkt ist.

Aus den Prüfergebnissen leitet sich ab, dass alle vier Systeme für den Korrosionsschutz von Brückenbauwerken und anderen Stahlbauten mit den dabei auftretenden Beanspruchungen mindestens in der Korrosivitätskategorie C3 geeignet sind. Durch die nach fünfjähriger Nutzungszeit zu verzeichnende bessere Farbstabilität der Deckbeschichtungen aller vier Systeme ist zudem davon auszugehen, dass das Aussehen des Bauwerkes über einen deutlich längeren Zeitraum den Anforderungen des Eigentümers entspricht.

Die durchgängig positiven Prüfergebnisse sind als gute Grundlage dafür anzu-

sehen, die Systeme nicht nur mit Zustimmung im Einzelfall einsetzen zu können, sondern diese auch in das für Brückenbauwerke bestehende Regelwerk zu übernehmen. //

Literatur

- / 1 / TL/TP KOR-Stahlbauten. Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Beschichtungsstoffe für den Korrosionsschutz von Stahlbauten
- / 2 / Gelhaar, A., Schneider, A.: Farbstabilität der Ziegelgrabenbrücke, Stahlbau 83 (2014), 12, S. 913 – 914
- / 3 / DIN EN ISO 3668: Beschichtungsstoffe – Visueller Vergleich der Farbe von Beschichtungen
- / 4 / DIN EN ISO 4628-1 bis 5: Beschichtungsstoffe – Beurteilung von Beschichtungsschäden – Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen

- / 5 / DIN EN ISO 2178: Nichtmagnetische Überzüge auf magnetischen Grundmetallen – Messen der Schichtdicke – Magnetverfahren
- / 6 / DIN EN ISO 2360: Nichtleitende Überzüge auf nichtmagnetischen metallischen Grundwerkstoffen – Messen der Schichtdicke – Wirbelstromverfahren
- / 7 / DIN 50986: Beschichtungsstoffe – Bestimmung der Trockenschichtdicke mit dem Keilschnittverfahren (Ritz- und Bohrmethode)
- / 8 / DIN EN ISO 4624: Beschichtungsstoffe – Abreißversuch zur Beurteilung der Haftfestigkeit
- / 9 / DIN EN ISO 16276-1: Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Beurteilung der Adhäsion/Kohäsion (Haftfestigkeit) einer Beschichtung und Kriterien für deren Annahme – Teil 1: Abreißversuch
- / 10 / DIN EN ISO 16276-2: Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Beurteilung der Adhäsion/Kohäsion (Haftfestigkeit) einer Beschichtung und Kriterien für deren Annahme – Teil 2: Gitterschnitt- und Kreuzschnittprüfung
- / 11 / DIN EN ISO 2409: Beschichtungsstoffe – Gitterschnittprüfung

- / 12 / Interne Prüfvorschrift Geholit+Wiemer
- / 13 / DIN EN ISO 12944-6: Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 6: Laborprüfungen zur Bewertung von Beschichtungssystemen
- / 14 / ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten der Bundesanstalt für Straßenwesen – BAST – 12/2012 „Korrosionsschutz von Stahlbauten“

Die Autoren

Dipl.-Ing. Andreas Gelhaar
andreas.gelhaar@islnet.de

Dipl.-Chem. Andreas Schneider
andreas.schneider@islnet.de

Sachverständige für Korrosionsschutz
Institut für Stahlbau Leipzig GmbH, Leipzig
Tel. 0341 65227 12
kor@islnet.de
www.islnet.de



**DIE PAINTER-
WORKSTATION®
DER PERFEKTE
SYSTEMWAGEN
INTELLIGENTE
LÖSUNG FÜR
IHREN MOBILEN
ARBEITSPLATZ!**

Die Revolution in der Lackiervorbereitung:
schnelleres sauberes
Arbeiten, mehr Sicherheit,
geringere Kosten.

www.keller-professional.de

Keller
PROFESSIONAL GMBH