

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Periodical Part, Published Version

**Binder, Günter**

**BAW-Brief 01/16**

BAWBrief

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/100472>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

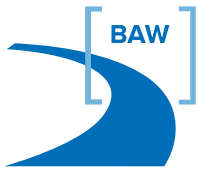
Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2016): BAW-Brief 01/16. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAWBrief, 01/16).

**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.





## BAW Brief 01/2016



# Empfehlungen zum Korrosionsschutz von Brücken- und Ingenieurbauten

---

## 1 Einleitung – Schutzsystem und die Fragestellungen

Der Korrosionsschutz an Brücken- und Ingenieurbauten der Bundesverwaltungen (Straße und Wasser) einschließlich der Deutschen Bahn AG wird seit Jahrzehnten überwiegend entsprechend dem Blatt 87 der ZTV-ING, Teil 4, Abschnitt 3 bzw. der TL/TP-KOR-Stahlbauten (früher: TL 918300 der Deutschen Bundesbahn) ausgeführt. Aufgrund des Ausführungsablaufes der Beschichtungsarbeiten, einerseits im Werk und andererseits nach der Errichtung der Brücke vor Ort, ist die vorliegende Zwischenbeschichtung (ZB) aus Epoxid (EP) einer zeitlich und klimatisch unbestimmten Bewitterung ausgesetzt. Die Applikation der Deckbeschichtung (DB) erfolgt dann üblicherweise nach einer Zwischenzeit von sechs bis zwölf Monaten. Dieses Vorgehen in der Praxis und die dabei auftretende Belastung werden als Ursache für die häufig vorkommenden Haftverbundprobleme mit Entschichtungserscheinungen zwischen der DB und ZB dieses Schutzsystems in Verbindung gebracht.

## 2 Verbundprüfung

Ausgehend von der Annahme, dass Haftverbundstörungen und Delamination im Zusammenhang mit der Formulierung der ZB- und DB-Stoffe stehen, wurde ein

entsprechender Test („Verbund 2-Prüfung“) in den TL/TP-KOR-Stahlbauten, Ausgabe 2002 aufgenommen, welcher die sog. Zwischenhaftung prüfen soll. Hierbei werden mit Epoxidharz (ZB) beschichtete Prüfplatten zwölf Monate frei bewittert. Anschließend wird nach der „Reinigung mit deionisiertem Wasser (60° C) unter Verwendung eines weichen Schwammes“ die farbgebende Polyurethanschicht (DB) aufgebracht. Nach dem Aushärten wird nun dieser Schichtaufbau einer kontinuierlichen Kondensationsprüfung (DIN EN ISO 6270-1) unterzogen und schließlich hinsichtlich Blasenbildung, Enthftung und Haftfestigkeit geprüft. Insbesondere in den Jahren 2008 und 2009 konnten die geprüften Beschichtungssysteme verschiedener Hersteller diese Zulassungsprüfung nicht mehr bestehen. Dies führte zu der Schlussfolgerung, dass das Prüfverfahren mit zweiwöchiger kontinuierlicher Kondensatwasserbelastung mit warmem Wasserdampf, im Vergleich zur Belastung am Bauwerk, zu hart sei. Gleichzeitig wurde festgestellt, dass die einjährige Freibewitterung keine reproduzierbaren Ergebnisse bringt. Aus diesen Gründen sowie allgemein guter Erfahrung mit dem Blatt 87 wurde die Verbund 2-Prüfung auf eine fünftägige definierte künstliche UVA-Bestrahlung mit Feuchtebelastung umgestellt und die kontinuierliche Kondensation durch Kondensation mit Ruhephasen ersetzt (DIN EN ISO 6270-2; siehe Hinweise zu ZTV-ING 4-3, Stand: 30.04.2010). Seitdem stellt die Verbund 2-Prüfung für Beschichtungssysteme nach Blatt 87 keine Hürde mehr dar und der ursprüngli-

che Gedanke der Selektion der geeigneten gegenüber den ungeeigneten Systemen traf hierbei nicht mehr zu.

Der aktuelle Zustand ist nun derart, dass die durch die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) ausgewiesenen Blatt 87 Systeme verschiedener Hersteller zwar in der Liste der zugelassenen Systeme (<http://www.bast.de/DE/Ingenieurbau/Qualitaetsbewertung/Listen/pdf/Korrosionsschutzsysteme-nach-tl-tp-kor.pdf>) geführt werden, jedoch alle diese Systeme nur für diese bestimmte Kombination der Witterungsbedingungen und deren Dauer geprüft sind. Es liegen demzufolge keine belastbaren Prüfergebnisse hinsichtlich der Zwischenhaftung mit den allgemein vorkommenden natürlichen Bewitterungszyklen vor, da die gewählte Prüfkombination sehr moderat im Vergleich zu natürlichen Abläufen ist. Die Frage der Eignungsprüfung der zuzulassenden Beschichtungssysteme für die o. g. Vorgehensweise bleibt damit wiederum offen.

### 3 Forschungsergebnisse

In verschiedenen Forschungsvorhaben (u. a. BAW, 2014; siehe auch: Binder und Baier, 2012) mit variablen Versuchsanordnungen, sowohl der Naturbewitterung wie auch der Belastung mit künstlicher Bewitterung, konnte jeweils mehr oder weniger deutlich die Haftverbundschwächung dieses Beschichtungssystemtyps bestätigt werden.

Somit ist eine gute Übereinstimmung der Labor- bzw. Technikumsversuche mit den Beobachtungen auf den Baustellen festzustellen: Durch Nachstellen der Verhältnisse konnte die Schwächung des Haftverbundes zwischen der ZB (Epoxid) und der DB (Polyurethan) belegt werden. Ursächlich tendiert die Epoxidschicht bei natürlicher und künstlicher Bewitterung (Faktoren: UV-Licht und Feuchte) zum Abbau unter Bildung von Hydroxyl- und Carbonylgruppen bzw. Carbonsäuren. Nach dem Aufbringen der Deckbeschichtung (PUR) laufen osmotische Vorgänge ab, wobei die noch vorhandenen hydrophilen Abbauprodukte des Epoxidharzes den Part der (Salz-)Verunreinigungen übernehmen. Die PUR-Deckbeschichtung stellt in diesem Osmose-System die semipermeable Wand dar, durch welche Wassermoleküle „angesaugt“ werden, da osmotische Vorgänge versuchen, das „Salzkonzentrationsgefälle“ Innen/Außen aufzuheben. Dies führt naturgemäß zu einer Volumenvergrößerung (Innen) und in Folge dessen zur Blasen-

bildung und Enthftung dieser „halbdurchlässigen“ Schicht (PUR DB; siehe Bild 1). Gleichzeitig scheint der ungünstige Zustand des Abbaus von Epoxiden in der Zwischenbeschichtung zeitlich zu schwanken: Je nach Sonneneinstrahlung und Feuchtezutritt bzw. Beregnung können Abbauprodukte gehäuft auftreten oder auch wieder, witterungsbedingt, abgewaschen werden. Die Nachprüfbarkeit der Eignung mittels Labor- bzw. Freilandversuche ist daher schwierig bzw. unmöglich, weil in der Praxis unvorhersehbare und daher nicht reproduzierbare witterungs- und zeitabhängige Bedingungen vorliegen. Eine Übertragung auf das spezifische Bauwerk ist damit ebenfalls nicht möglich!



Bild 1: Beginnender Enthftungsschaden bei Blatt 87 – blaue DB löst sich ab

### 4 Schadensfälle

Fakt ist, dass es derzeit eine Vielzahl von Bauwerken innerhalb und außerhalb der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) gibt, welche die oben erwähnten Enthftungerscheinungen aufweisen (siehe Bild 1). Beschichtungssysteme aller namhaften Hersteller sind davon betroffen. In oft vor Gericht endenden Streitfällen stehen sich zwei Sichtweisen bezüglich der Schadensursache gegenüber: Die vom Auftragnehmer (Zwischenhaftungsproblematik als systemimmanenter Fehler; siehe Motzke und Konermann, 2007) und die vom Auftraggeber (Ausführungsfehler wegen unzureichender Reinigung und/oder Applikation beim Unterschreiten des Taupunktes). Die Ursachenermittlung bei dieser Art der Enthftung der Deckbeschichtung gestaltet sich allerdings, im Unterschied zur Osmose durch Tausalze, als schwierig.

## 5 Alternative Systemvariante

Neben der Ursachenforschung wurde in den verschiedenen Forschungs- und Entwicklungs-(FuE)-Vorhaben (u. a. BAW, 2014) auch nach umsetzbaren, praxisgerechten Alternativen im Systemaufbau gesucht. Dabei konnte nachgewiesen werden, dass der Austausch der Zwischenbeschichtung – „lichtbeständiges“ Polurethan statt Epoxid – durchwegs positive Ergebnisse zeigte. Diese ließen sich sowohl bei Untersuchungen im Labor und Technikumsmaßstab wie auch zuletzt in der Praxis an Bauwerken nachvollziehen. Hierzu liegen der WSV z. B. sechsjährige Erfahrungen der Brücke Haldensleben vor (Birker et al., 2015). Dabei wurde die zwischen der ZB und der DB erforderliche Haftfestigkeit auch unter schärfsten Bedingungen („Nasspolsterprüfung“) nachgewiesen. Außerhalb der WSV liegen ebenfalls positive Erfahrungen vor (Gelhaar und Schneider, 2012).

Diese Erkenntnisse insgesamt haben dazu geführt, dass in ZTV-ING 4-3, 2 (12), Stand 2012, bzw. künftig in den TL/TP-KOR-Stahlbauten neben dem EP auch das 2K-PUR als Zwischenbeschichtungsvariante aufgenommen worden ist. Für die Praxis bedeutet dies, dass es dem Bauherrn obliegt, den „richtigen“ Schichtaufbau, nämlich PUR- oder EP- Zwischenbeschichtung, auszuwählen. Die Intention gemäß den Erkenntnissen der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) wäre hingegen, eine Präzisierung in dem Sinne herbeizuführen, dass das herkömmliche Blatt 87 mit Epoxid-Zwischenbeschichtung dann anzuwenden ist, wenn diese keiner Zwischenbewitterung ausgesetzt wird. Dies ist der Fall bei einer vollkommenen Beschichtung im Werk oder einer Vollerneuerung, z. B. nach 25 Jahren auf der Brücke vor Ort unter gleichzeitiger Einhausung. Es ist aber auch hierbei darauf zu achten, dass Zwischenbewitterun-

gen, auch bei vollkommener werkseitiger Beschichtung, in Form von Zwischenlagerung der Bauteile vor der Werkshalle, zu untersagen sind. Die Variante PUR (aliphatisch, weil „UV-stabil“) als Zwischenbeschichtung wäre demzufolge immer dann anzuwenden, wenn eine Zwischenbewitterung vorliegt – also bei der üblichen Vorgehensweise der Erstbeschichtung bei WSV-Brücken (Zinkstaub-GB, EP-ZB, PUR-ZB, PUR-RAL-DB; siehe Tabelle 1).

## 6 Geplante Änderungen in den ZTV-ING 4-3

In Negierung der vielfach gewonnenen Erkenntnisse ist im zukünftigen Regelwerk der ZTV-ING 4-3 geplant, beide Varianten – mit PUR- bzw. Epoxid-Zwischenbeschichtung – mehr oder weniger gleichwertig zu behandeln. Im derzeit vorliegenden Entwurf ist für die Epoxid-zwischenbeschichtung mindestens eine Reinigung durch Hochdruck-Wasserstrahlen mit rotierender Düse (150 bar Druck, 80° C heißes Wasser) bei einem Abstand von höchstens 30 cm zur Oberfläche durchzuführen. Die oben genannten Abbauprodukte des Epoxids (u. a. Carbonsäuren) sind jedoch nicht vollständig wasserlöslich. Daher ist der Reinigungserfolg unsicher, zumal sich diese Vorgehensweise bisher als unbrauchbar herausgestellt hat. Deshalb muss dieses nun formulierte Vorgehen hinsichtlich seiner Wirksamkeit noch untersucht werden. Zudem gilt generell, dass die Qualität der Reinigung der bewitterten Oberfläche auf der Baustelle nicht prüfbar ist (Anm.: Der Klebebandtest nach DIN FB-28 ist dafür nicht geeignet!).

Darüber hinaus ist die Art der Zwischenreinigung mit dem Beschichtungsstoffhersteller abzustimmen und bedarf der Zustimmung des Auftraggebers.

Systemaufbau	Neue Variante mit PUR-ZB		Herkömmlich mit EP-ZB	
	bei Zwischenbewitterung		ohne Zwischenbewitterung	
Einsatz	Stoff-Nummer	Bindemittel	Stoff-Nummer	Bindemittel
1 x GB; 70 µm*	Stoff-Nr. 687.03	EP, Zinkstaub	Stoff-Nr. 687.03	EP, Zinkstaub
1 x ZB; 80 µm	Stoff-Nr. 687.12	EP EG	Stoff-Nr. 687.12	EP EG
1 x ZB; 80 µm	Stoff-Nr. 687.60	PUR EG (aliph)	Stoff-Nr. 687.13	EP EG
1 x DB; 80 µm	Stoff-Nr. 687.89	PUR RAL/EG	Stoff-Nr. 687.89	PUR RAL/EG

\* Messwert mit Rauheitseinfluss; EG = Eisenglimmer, aliph = aliphatisch; NDFT (nominal dry film thickness = Gesamtschichtdicke): hier 310 µm

Tabelle 1: Systemaufbau nach Blatt 87 (ZTV-ING 4-3)

Als Alternative zur oben genannten Reinigung wird ein Sweepen (abgemildertes Strahlen mit kleinerem Korn und herabgesetztem Druck) immer wieder zur Sprache gebracht, was insbesondere im Labor sehr gute Ergebnisse bringt, am Bauwerk allerdings die intakte Werksbeschichtung beschädigen kann. Zudem stellt dieser zusätzliche Arbeitsgang einen bedeutenden Kostenfaktor dar.

Als weitere Alternative wird auf den Einsatz von alkalischen (ätzenden) Reinigern (Achtung: Arbeitssicherheit und Umwelt!) der Beschichtungsstoffherstellern zur Zwischenreinigung vor dem Aufbringen der PUR-Deckbeschichtung hingewiesen. Deren Auswirkungen auf die EP-Zwischenschicht sind aber unbekannt. Zudem muss mit erhöhtem Aufwand bei der Entsorgung des Waschwassers gerechnet werden und es ist gleichzeitig sicherzustellen, dass der Reiniger von der Oberfläche vollständig entfernt wird. Ein gesicherter Erfolgsnachweis dieses Vorgehens unter Baustellenbedingungen steht noch aus.

## 7 Korrosionsschutzprüfungen als Eignungstest

Die Korrosionsschutzprüfungen der Blatt 87-Variante mit PUR-ZB zeigen im Labor (Haftzugprüfungen, Prüfung der Beständigkeit im Anschluss an die kontinuierliche Kondensationsbelastung nach DIN EN ISO 6720-1; Prüfung der Beständigkeit gegen Salzsprühnebel nach DIN EN ISO 9227) sehr gute Resultate, die demzufolge einer Eignung gemäß TL/TP-KOR-Stahlbauten nicht im Wege stehen. Hinsichtlich der Unterrostung bei der Salzsprühnebelprüfung, welche als der Härtestest im Zulassungsprüfverfahren gilt, schnitt diese Blatt 87-Variante hervorragend ab – der Unterrostungsgrenzwert von 1,0 mm (Prüfdauer: 1.440 h) wurde dabei deutlich unterschritten!

Darüber hinaus schneiden die Systeme mit (aliphatischer) PUR-Zwischenschicht (RAL- und EG-Farbtönen) nach künstlicher Bewitterung (5 bzw. 30 Tage), in Kombination mit der Belastung durch kontinuierliche Kondensationsprüfung (DIN EN ISO 6270-1), deutlich besser ab als jene mit EP-Zwischenschicht. Wird eine PUR-Deckbeschichtung mit Eisenglimmer eingesetzt, verbessert sich das Ergebnis nochmals. Die Laboruntersuchungen bei BAW und BASt (AG 2.5, 2015) zeigen, dass diese Umstellung ohne jegliche Einbußen im Korrosionsschutzverhalten

des Gesamtsystems erfolgen kann. Auch die Praxiserfahrungen an verschiedenen Brückenbauwerken bestätigen dies!

## 8 Zusammenfassung und weiteres Vorgehen in der WSV

- An vielen Bauwerken wurden Enthftungsschäden bei Anwendung von Blatt 87 mit Zwischenbewitterung festgestellt. Eine Vielzahl von FuE-Vorhaben seit 1985 konnte bestätigen, dass Epoxid-Zwischenbeschichtungen (EP-ZB) nicht UV-stabil sind und bei der Bewitterung Abbauprodukte erzeugen, die osmotisch wirksam sind.
- Die Stärke des Abbaus der EP-ZB ist nicht vorhersehbar, nicht sichtbar und vor Ort nicht messbar, somit auch nicht der Erfolg der Reinigung.
- Die bekannten Zwischenreinigungsverfahren bei der Anwendung von Blatt 87 mit EP-ZB für die Baustelle, die derzeit in der AG 2.5 zur Überarbeitung der ZTV-ING 4-3 diskutiert werden, bergen Unsicherheiten in sich. Hier ist erstmals eine Klärung abzuwarten.
- In den verschiedenen Prüfverfahren zum Nachvollziehen der Umstände der Zwischenbewitterung ist festzustellen, dass der „richtige Zeitpunkt“ des Aufbringens der PUR-Deckbeschichtung auf bewitterten EP-Zwischenschichten nicht gefunden werden kann.
- Enthftungsschäden sind nicht mit vereinzelt Herstellern in Verbindung zu bringen – alle namhaften Hersteller sind davon betroffen.
- Die Untersuchungen zeigen ferner, dass ein alternativer Schichtaufbau zur Verfügung steht, um die Risiken eines Enthftungsschadens zu minimieren: Zwischenschicht aus 2K-PUR (EG, aliphatisch).
- In Praxis- und Labortests hat die PUR-ZB jeweils sehr gut hinsichtlich der Dauerhaftigkeit und des Unterrostungsschutzes abgeschnitten!
- Es werden verschiedene Varianten von Blatt 87 vorgeschlagen, wobei die Zwischenbeschichtung aus PUR (aliphatisch, mit Eisenglimmer) bei absehbarer Zwischenbewitterung eingesetzt werden muss.
- Das herkömmliche Blatt 87, mit Epoxid als Zwischenbeschichtung, darf nach dem allgemeinen Kenntnisstand nur ohne Zwischenbewitterung eingesetzt werden; z. B. bei der Vollerneuerung auf der (eingehausten) Baustelle!
- Zu beachten ist, dass bei den Blättern 94 und 97 die Umstände entsprechend dem herkömmlichen

Blatt 87 sind; hier besteht daher ebenfalls Regelungsbedarf. Beim Blatt 94 ist auf Grund der Schichtdickenvorgabe das Ersetzen der EP-Zwischenschicht durch eine PUR-Zwischenschicht unmittelbar nicht möglich.

- Als weiteres alternatives Beschichtungssystem nach TL/TP-KOR-Stahlbauten steht ein Aufbau mit einkomponentigem PUR zur Verfügung. Die Anwendung von Blatt 89 hat sich allerdings aus bisher nicht nachvollziehbaren Gründen in der WSV nicht durchgesetzt.

## 9 Literatur

AG 2.5 Dok. 15-17 (2015): Auswertung der Untersuchung „Erprobung des Prüfprogramms das neue Blatt 87“ im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch-Gladbach.

BAW (2014): Korrosionsschutz mit Blatt 87 – Untersuchungen zu Zwischenhaftungs- und Farbproblemen. FuE-Abschlussbericht A39510210209, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.

Binder, G., Baier, R. (2012): Untersuchungen zu Zwischenhaftungsproblemen bei Korrosionsschutzbeschichtungen für den Stahlhochbau. BAWBrief Nr. 3, S. 1-9.

Birker, A., Neithardt, P., Binder, G. (2015): Haldenslebener Brücke 474 – Untersuchungsbericht zur BI 87 – Alternative. BAW-Aussprachetag 2015, <http://vzb.baw.de/e-medien/aussprachetage>.

Gelhaar, A., Schneider, A. (2012): 2K-PUR-Zwischenbeschichtungen an Brückenbauwerken. Stahlbau 81 (2012) Heft 10, 796-802.

Motzke, G., Konermann, R. (2007): Haftung von PUR-Deckbeschichtungen – Haftungsfragen für Unternehmer und Hersteller. Stahlbau 76 (2007) Heft 10, 771-777.

Dr. rer. nat. Günter Binder  
Abteilung Bautechnik  
Referat Stahlbau, Korrosionsschutz (B2)  
Telefon: 0721-9726-3260  
Telefax: 0721-9726-2150  
E-Mail: [guenter.binder@baw.de](mailto:guenter.binder@baw.de)



**Bundesanstalt für Wasserbau**  
Kompetenz für die Wasserstraßen

# BAW Brief 01/2016

## Impressum

Herausgeber (im Eigenverlag):  
Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)  
Kußmaulstraße 17, 76187 Karlsruhe  
Postfach 21 02 53, 76152 Karlsruhe  
Telefon: +49 (0) 721 97 26-0  
Telefax: +49 (0) 721 97 26-4540  
E-Mail: [info@baw.de](mailto:info@baw.de), [www.baw.de](http://www.baw.de)

Übersetzung, Nachdruck oder sonstige Vervielfältigung – auch auszugsweise –  
ist nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.

ISSN 2196-5900

© BAW 2016