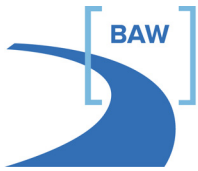


Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

BAWRichtlinie

**Prüfung von Beschichtungssystemen für den
Korrosionsschutz im Stahlwasserbau (RPB)**

Ausgabe 2011



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

BAW-Merkblätter und -Richtlinien Herausgeber

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Kußmaulstraße 17
76187 Karlsruhe

Postfach 21 02 53
76152 Karlsruhe

Tel.: 0721 9726-0
Fax: 0721 9726-4540

info@baw.de
www.baw.de

Übersetzung, Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung des Herausgebers: © BAW 2011

Vorbemerkung zur vorliegenden Fassung

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

© BAW 2011

Die Verpflichtungen aus der Richtlinie 98/34/E des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der Normen und technischen Vorschriften (Abl. EG Nr. L 204 S. 37), zuletzt geändert durch die Richtlinie 98/48/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Juli 1998 (Bl. EG Nr. 217 S. 18), sind beachtet worden.

EU-Notifizierung

Nr. 2010/576/D vom 18.08.2010

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Allgemeines zur Prüfung von Beschichtungsstoffen	1
2	Identitätsprüfung und Prüfung der Zusammensetzung	1
2.1	Abnahmeprüfzeugnis und Kontrollprüfungen	1
2.2	Angabe der Komponenten	2
2.3	Nassprobenuntersuchung	2
2.4	Untersuchungen am ausgehärteten Material	3
2.5	Probenvorbereitung	4
3	Prüfung der Korrosionsbeständigkeit – Grundprüfung	6
3.1	Labortestverfahren	6
3.1.1	Beständigkeit gegen Kondensatwasserwechsellagerung (BAW)	6
3.1.2	Beständigkeit gegen Flüssigkeiten – Verfahren mit Eintauchen in Wasser (DIN EN ISO 2812-2)	7
3.1.3	Beständigkeit gegen neutralen Salzsprühnebel (DIN EN ISO 9227)	8
3.1.4	Beständigkeit gegen Feuchtigkeit – Kontinuierliche Kondensation (DIN EN ISO 6270-1)	8
3.2	Testverfahren mit natürlicher Bewitterung	8
3.2.1	Beständigkeit gegen natürliche Einflüsse in der Langzeitauslagerung	8
3.2.2	Testverfahren am Bauwerk	9
3.3	Prüfung der mechanischen Eigenschaften	10
3.3.1	Bestimmung der Abriebwiderstände (BAW)	10
4	Eignungsprüfungen	11
4.1	Untersuchungen in Flüssigkeiten und Wechselbeanspruchungen	11
4.1.1	Bestimmung der Beständigkeit gegen Flüssigkeiten (DIN EN ISO 2812-1)	11
4.1.2	Zyklustest (ISO 20340)	11
4.2	Elektrochemische Prüfverfahren	12
4.2.1	Prüfung der Verträglichkeit mit dem Kathodischen Korrosionsschutz (KKS) – Verfahren nach BAW/STG	12
4.2.2	Bestimmung des Widerstandes gegen kathodische Enthftung (DIN EN ISO 15711 – Verfahren A Fremdstrom)	13
5	Prüfkriterien - Prüfmethode	14
5.1	Bestimmung der Abreißfestigkeit (DIN EN ISO 4624 und DIN EN ISO 16276-1)	14
5.2	Bestimmung des Kreuzschnittwertes (DIN EN ISO 2409 und DIN EN ISO 16276-2)	14
5.3	Bestimmung der Schlagfestigkeit (DIN EN ISO 6272-1)	14
6	Prüfbericht und Zulassung von Beschichtungssystemen	15
7	Literatur	16

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Prüfparameter bei Qualitätsüberprüfungen	3
Tabelle 2:	Prüfungen und erforderliche Probenplatten	5
Tabelle 3:	Prüfkriterien und Grenzwerte nach Prüfende	7
Tabelle 4:	Wasserqualität und Richtwerte der Unterrostung der Auslagerungsstätten	9
Tabelle 5:	Zuordnung der Abriebwerte (a_w) in Abriebklassen (AW)	11
Tabelle 6:	Verwendung der einzelnen Prüfplatten bei der KKS-Pfufung	13
Tabelle 7:	Elektrolytzusammensetzung [g/L] für elektrochemische Testverfahren	13

Anlagenverzeichnis

Anlage 1:	Zusammensetzung der Grundbeschichtung (GB)	19
Anlage 2:	Zusammensetzung der Zwischenbeschichtung (ZB)	20
Anlage 3:	Zusammensetzung der Deckbeschichtung (DB)	21
Anlage 4:	Aufbau des Beschichtungssystems	22
Anlage 5:	Prüftafeln und Probenplatten für Prüfungen im Labor	24
Anlage 6:	Prüftafeln für Langzeitauslagerung in der Natur	25
Anlage 7:	Kodierungsnummern für Langzeitauslagerung	26

Richtlinien zur Prüfung von Beschichtungsstoffen (RPB)

Vorbemerkungen

Produkte und Ursprungswaren aus anderen Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder der Türkei oder einem EFTA-Staat, der Vertragspartei des EWR-Abkommens ist, die diesen technischen Spezifikationen nicht entsprechen, werden einschließlich der im Herstellerstaat durchgeführten Prüfungen und Überwachungen als gleichwertig behandelt, wenn mit ihnen das geforderte Schutzniveau - Sicherheit, Gesundheit und Gebrauchstauglichkeit - gleichermaßen dauerhaft erreicht wird.

Die Evaluierung der vorzulegenden Prüfzeugnisse und Zertifikate von im Herstellerland durchgeführten Prüfungen wird von der Bundesanstalt für Wasserbau vorgenommen.

Insoweit als die Richtlinie 2006/95/EG zur Anwendung kommt, gilt das Sicherheitsniveau der ihr entsprechenden Produkte als den Normen entsprechend.

1 Allgemeines zur Prüfung von Beschichtungsstoffen

Im Bereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung dürfen für den Korrosionsschutz nur Systeme verwendet werden, die den nachfolgenden Prüfverfahren unterzogen worden sind und die geforderten Anforderungen erfüllen.

Für den passiven Korrosionsschutz gilt die DIN EN ISO 12944 [1]. Prüfungen sind in Teil 6 beschrieben. Beschichtungssysteme für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau sind im Teil 5 dieser Norm angeführt. Die „Liste der empfohlenen Beschichtungssysteme für den Stahlwasserbau“ [2] beschreibt Systemaufbauten, welche für den Korrosionsschutz einsetzbar sind. Der Geltungsbereich ist in den „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen - Wasserbau (ZTV-W) für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau (Leistungsbereich 218)“ [3] festgelegt.

Die Zulassungsdauer eines Beschichtungssystems beträgt fünf Jahre ab Abschluss der Grundprüfung. Mit der einmaligen Verlängerungsprüfung kann eine Gesamtzulassungsdauer von maximal zehn Jahren erreicht werden. Die reine Prüfdauer im Labor beträgt etwa sieben Monate. Nach Ablauf der Gültigkeit kann, bei unveränderter Rezeptur, eine Verlängerungsprüfung beantragt werden (siehe Abschnitt 6). Eignungsprüfungen sind für Einsatz bei speziellen Anforderungen durchzuführen. Die Prüfdauer beträgt dabei bis zu 15 Monate (siehe Abschnitt 4.2).

Für Ausbesserungsstoffe gelten gesonderte Prüfverfahren, die einer Vereinbarung des Herstellers und der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) bedürfen.

2 Identitätsprüfung und Prüfung der Zusammensetzung

2.1 Abnahmeprüfzeugnis und Kontrollprüfungen

Für die eingesetzten Stoffe werden im Sinne der Qualitätsüberprüfungen Abnahme-, Kontroll- und Identitätsprüfungen entsprechend den Parametern der Tabelle 1 vorgenommen. Die Untersuchungen werden an Nassmusterproben durchgeführt bzw. an ausgehärteten Mustern der Prüftafeln. Die Er-

gebnisse der Nassmusteruntersuchungen sind mit den Sollwerten der Herstellerangaben zu vergleichen. Bei den Proben mit ausgehärtetem Material sind Vergleiche mit den Resultaten der Grundprüfung anzustellen.

2.2 Angabe der Komponenten

Für den zu prüfenden Beschichtungsstoff hat der Antragsteller der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) die Anteile folgender Komponenten mitzuteilen (siehe Anlage 1 bis 3):

- Bindemittel (bei Reaktionsstoffen getrennt nach Komponenten)
- Anteile an Kohlenwasserstoffharz bzw. Anthracenöl sind bei Kombination mit dem Bindemittel anzugeben
- Pigmente und Füllstoffe
- Lösemittelkomponenten und Lösemittelgehalte
- Additive: Thixotropiermittel, Entschäumer, Filmbildehilfsmittel, Weichmacher usw.

Diese Angaben dienen zu Kontrollzwecken und werden von der BAW vertraulich behandelt. Maßgebliche Abweichungen von der Rezeptur der Zulassungsprüfung erfordern eine Wiederholung der Grundprüfung bzw. eine vorzeitige Verlängerungsprüfung. EG-Sicherheitsdatenblätter sowie Verarbeitungsrichtlinien bzw. Technische Datenblätter mit verbindlichen Angaben der Verarbeitungsbedingungen sind unbedingt beizufügen.

2.3 Nassprobenuntersuchung

Etwa 500 mL repräsentatives Probenmaterial pro Komponente ist der BAW zu übersenden. Bei der Prüfung der mengenmäßigen Zusammensetzung des Beschichtungsstoffes wird folgendermaßen verfahren:

- Der Pigment- und Füllstoffanteil wird durch Auswiegen, nach dessen Abtrennung vom Harz mittels Zentrifugieren und Trocknung an der Luft, bestimmt.
- Der Anteil flüchtiger Komponenten wird durch den Trocknungsverlust (bei 80 - 125 °C je nach Bindemitteltyp) ermittelt (DIN EN ISO 3251) [4]. Zweikomponentige Systeme werden vorher entsprechend der Rezepturvorgabe eingewogen und vermischt. Dabei wird auch das Aushärteverhalten bei Raumtemperatur verfolgt und überprüft.
- Der Bindemittelgehalt wird indirekt durch Subtraktion ermittelt.

Die stoffliche Beschaffenheit der Einzelkomponenten bzw. Gesamtmischung wird wie folgt bestimmt:

- Bestimmung des Lösemittelgehaltes mit Hilfe der Headspace-Gaschromatografie (HS-GC) und Thermogravimetrie (TG)

- Bindemittelcharakterisierung mittels Fouriertransformationsinfrarotspektroskopie (FTIR-Spektroskopie) und TG
- Pigmente und Füllstoffe gegebenenfalls durch FTIR-Spektroskopie, Röntgenbeugung oder chemische Analytik
- Überprüfung des Aushärteverhaltens.

2.4 Untersuchungen am ausgehärteten Material

Diese Untersuchungen können meist ebenfalls mit o. g. Verfahren durchgeführt werden. In begründeten Einzelfällen wird dabei der Abgleich von Nassmusterprobe zum applizierten, ausgehärteten Stoff gesucht.

Tabelle 1: Prüfparameter bei Qualitätsüberprüfungen

Prüfungen	Abnahmeprüfzeugnis		Kontrollprüfung	Identitätsprüfung
	3.1 Werkszeugnis	3.2 Prüflabor	Prüflabor	Zulassungsprüfung Grundprüfung
Nassmuster				
Viskosität (Brookfield)	x	x		
Epoxid-Äquivalent (DIN 16945) [5]	x	x		
Isocyanatzahl (DIN EN ISO 11909) [6]	x	x		
Aminzahl (DIN 16945) [5]	x	x		
Dichte (DIN EN ISO 2811-1) [7]	x	x		
Einzelkomponenten				x
Identitätsprüfung (FTIR, TG, HS-GC)				x
Ausgehärtete Proben¹				
Abriebwert [8]			x	x
Identitätsprüfung (FTIR, TG, HS-GC)			x	x

¹ Prüftafel 300 x 200 x 4 mm

2.5 Probenvorbereitung

Die Probenplattenvorbereitung auf unlegiertem Baustahl (z. B. S235) erfolgt durch Strahlen mit dem Oberflächenvorbereitungsgrad Sa 2½ (DIN EN ISO 8501-1) [9]. Der Mittenrauwert (R_a) liegt bei mindestens 12,5 µm (DIN EN ISO 8503-1) [10]. Dies entspricht etwa einem R_z -Wert von 50 bis 60 µm.

Der Beschichtungsaufbau erfolgt beim Beschichtungsstoffhersteller. Die Angaben über den Aufbau sind in ein Formblatt entsprechend Anlage 4 einzutragen. Alternativ können anerkannte Prüfstellen [11] den Schichtaufbau durchführen.

Die Systemzuordnung erfolgt auf Basis der „Liste der empfohlenen Systeme“ [2]. Die gemessenen Schichtdicken (entsprechend ISO 19840 [12]) dürfen von den nominellen Schichtdicken in folgender Weise abweichen:

- Schichtdicken ≤ 50 µm: Maximal um Faktor 1,50
- Schichtdicken > 50 µm: Maximal um Faktor 1,20.

Mit Ausnahme bestimmter Heißspritzanstriche sind die Beschichtungen nicht über Raumtemperatur zu erhitzen. Die Applikationsbedingungen sind genau zu dokumentieren und vom Ausführenden zu unterzeichnen (Anlage 4).

Nach sieben Tagen Lagerung bei Normalklima 23/50 (DIN EN 23270) [13] im Labor wird frühestens mit den Untersuchungen begonnen.

Die Probenplatten für die verschiedenen Grundprüfungen sind einheitlich herzustellen, d. h. zeitgleich mit identischem Systemaufbau und Applikationsverfahren. Vorder- und Rückseite sind mit gleichem Aufbau zu versehen. Probenplatten für Eignungstests, bzw. für die Langzeitauslagerungsversuche können nachgereicht werden.

Zur Übersicht sind in Tabelle 2 die Probenplatten, deren Abmessungen, sowie die erforderliche, notwendige Anzahl für die einzelnen Prüfungen aufgeführt (siehe auch Anlage 5 und 6).

Tabelle 2: Prüfungen und erforderliche Probenplatten

Prüfverfahren	Ab-schnitt	Abmessungen ¹ [mm]	An-zahl	Prüfart	Immersions- klassen ²	Prüfdauer
Kondensatwasserwechsel-lagerung (BAW/DB)	3.1.1	150 x 100 x 4	8	G, V	Im1	480 h
				E	Im2/Im3	480 h
Beständigkeit gegen Flüssigkeiten (DIN EN ISO 2812-2) [14]	3.1.2	150 x 100 x 4 150 x 100 x 4	4	G	Im1, Im2/Im3	3.000 h
			4	G		
Beständigkeit gegen neutralen Salzsprühnebel (DIN EN ISO 9227) [15]	3.1.3	150 x 100 x 4	4	G, V	Im2/Im3	1.440 h
Beständigkeit gegen Feuchtigkeit (DIN EN ISO 6270-1) [16]	3.1.4	150 x 100 x 4	4	G	Im1	1.440 h
Langzeitauslagerung in der Natur (BAW) [17]	3.2.1	400 x 400 x 4	12	G	Im1, Im2/Im3	5 Jahre
Bestimmung des Abriebwiderstandes (BAW) [8]	3.3.1	300 x 200 x 4	5	G, V	Im1, Im2/Im3	10 Tage
Bestimmung der Chemikalienbeständigkeit (DIN EN ISO 2812-1) [14]	4.1.1	298 x 198 x 4	4	E	Säure, Lauge, Öl	168 h
Zyklustest (ISO 20340) [18]	4.1.2	150 x 75 x 4	4	E*	C5I, Im2	4.200 h
Verträglichkeit mit dem Kathodischen Korrosionsschutz (BAW) [19]	4.2.1	150 x 150 x 4	8	E	Im1/Im2	15 Monate
Kathodische Enthftung (DIN EN ISO 15711) [20]	4.2.2	150 x 75 x 4	4	E*		6 Monate
Bestimmung der Schlagfestigkeit (DIN EN ISO 6272-1) [21]	5.3	300 x 200 x 4	1	E*		

¹ Toleranz: ± 0,5 mm,

² Im1: Binnenwasser, Im2: Meer- oder Brackwasser, Im3: Erdreich

G = Grundprüfung, E = Eignungsprüfung, V = Verlängerungsprüfung

n = Anzahl der Prüfplatten

* = nicht zwingend für den Einsatz im Bereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung

3 Prüfung der Korrosionsbeständigkeit – Grundprüfung

3.1 Labortestverfahren

Die Prüfungen für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau sind grundsätzlich auf „lange Schutzdauer“ (über 15 Jahre) gemäß DIN EN ISO 12944-1 [1] ausgerichtet. Visuelle Bewertungen sind sofort nach Beendigung der Prüfverfahren vorzunehmen. Nicht zerstörungsfreie Prüfungen sind im Anschluss an eine 24-stündige Konditionierung im Normalklima durchzuführen.

Die Prüfung der Haftfestigkeit erfolgt durch Abreißverfahren (Durchführung nach DIN EN ISO 4624 [22], Auswertung nach DIN EN ISO 16276-1 [23]) bzw. ergänzend durch Schnittprüfungen nach DIN EN ISO 16276-2 [23] in Form einer Kreuzschnittprüfung.

Die künstliche Verletzung für Unterrostungsprüfungen wird wegen der besseren Reproduzierbarkeit grundsätzlich maschinell, mittels Fräsen, angebracht. Die Bewertung der Unterrostung und Unterwanderung wird beiderseits der Verletzung vorgenommen - beginnend mit 1 cm Abstand von der Prüftafelkante – und der Mittelwert der einseitigen Unterrostung (abzüglich der Breite der künstlichen Verletzung) berechnet. Zur Bestimmung dürfen Bildanalyse wie auch Ausmessen mittels Messschieber herangezogen werden. Üblicherweise erfolgt die Freilegung der Unterrostung durch schonendes Freibohren (Hohlbohrer).

Kennzeichnend für die Unterrostung sind deutlich sichtbare Korrosionsprodukte, ausgehend von der künstlichen Verletzung. Die Unterwanderung hingegen kann sich durch Verfärbungen am Stahlsubstrat und Haftungsverlust, ohne sichtbare Unterrostung, auszeichnen. Grundsätzlich müssen zwei von drei Probenplatten den Prüfkriterien (s. Grenzwerte in Tabelle 3) genügen. Eine weitere Probenplatte wird jeweils als Nullprobe bzw. Rückstellprobe verwendet. Ansonsten gelten die in DIN EN ISO 12944-6 [1] festgelegten Verfahrensweisen.

3.1.1 Beständigkeit gegen Kondensatwasserwechsellagerung (BAW)

Die Probenplatten (siehe Tabelle 2) werden aus den eingesandten Probenplatten herausgearbeitet (150 x 100 x 4 mm) und jeweils mit einer definierten Verletzung (maschinell mit 2,0 mm Breite) bis zum metallischen Untergrund versehen. Diese Bearbeitung der Probenplatten erfolgt bei der BAW. Der Prüfzyklus wird an drei Prüftafeln 20-mal wiederholt.

Prüfbedingungen für Im1:

Drei Probenplatten werden 2 h in destilliertem Wasser (bei 20 °C) und anschließend 22 h im Kondenswasser-Konstantklima bei 40 °C [16] geprüft.

Prüfbedingungen für Im2/Im3:

Im 20-tägigen Rhythmus sind 2 h in gesättigter Natriumchlorid-Lösung bei -15 °C und 22 h im Kondenswasser-Konstantklima bei 40 °C vorgesehen.

Nach Beendigung der Belastung erfolgt eine Konditionierung der Probenplatten bei Normalklima über mindestens 24 h. Zerstörungsfreie Prüfungen sind sofort nach Prüfende durchzuführen. Aufzuzeichnen sind u.a. alle Merkmale der Schädigung nach DIN EN ISO 4628 [24] wie Blasenbildung, Rostbil-

dung, Rissbildung, Ablätterungsgrad, Versprödung und Farbveränderung. Die Prüfkriterien für Im1 sowie Im2/Im3 (nach der Belastung) sind in Tabelle 3 aufgelistet.

Tabelle 3: Prüfkriterien und Grenzwerte nach Prüfende

Prüfung	Verschiedene Verfahren*	Zyklustest (ISO 20340)	KKS (BAW)	KKS (DIN EN ISO 15711)
Prüfkriterien Fläche				
Blasengrad (DIN EN ISO 4628-2)	m0/g0	m0/g0	m0/g0	m0/g0
Rostgrad (DIN EN ISO 4628-3)	Ri 0	Ri 0		
Rissgrad (DIN EN ISO 4628-4)	0	0		
Ablätterungsgrad (DIN EN ISO 4628-5)	0	0		
Kreidung (DIN EN ISO 4628-6)		optional		
Abreißwert (DIN EN ISO 16276-1)	≥ 1,5 MPa	≥ 2,0 ¹ MPa	≥ 1,5 MPa	≥ 1,5 MPa
Abreißwert bei Adhäsionsbruch A/B ²	≥ 5 MPa	≥ 5 MPa	≥ 5 MPa	≥ 5 MPa
Kreuzschnitt (DIN EN ISO 16276-2)	≤ 1		≤ 3	
Quellung	keine ³⁾			
Prüfkriterien Verletzung				
Blasengrad (DIN EN ISO 4628-2)	m1/g2	m0/g0	m0/g0	m0/g0
Kreuzschnitt	≤ 1			
Unterrostung (einseitig)	≤ 1,0 mm	3,0 mm		
Unterwanderung (einseitig)	≤ 1,5 mm	4,0 mm	≤ 10 mm	≤ 20 mm
Schutzstromstärke			≤ 50 µA	≤ 20 µA

* Verschiedene Verfahren: Kondensatwasserwechseltest (BAW), Eintauchtest (DIN EN ISO 2812-2), Salzsprühnebeltest (DIN EN ISO 9227), Kontinuierliche Kondensation (DIN EN ISO 6270-1)

¹ zusätzlich: ≥ 50 % des Abreißwertes der Eingangsprüfung; ² bei Flächenanteil > 50 %, ³ für DIN EN ISO 2812-1; 1 MPa = 1 N/mm²

3.1.2 Beständigkeit gegen Flüssigkeiten – Verfahren mit Eintauchen in Wasser (DIN EN ISO 2812-2)

Insgesamt werden vier Probenplatten mit den Abmessungen 150 x 100 x 4 mm benötigt (siehe Tabelle 2). Entsprechend DIN EN ISO 2812-1 [14] ist das Tauchverfahren (Verfahren 1) anzuwenden. Die Probenplatten sind zu ¾ ihrer Länge, in einer Neigung von 20° im Abstand von 30 mm in die Apparatur einzubringen. Die Prüflüssigkeitstemperatur beträgt während der gesamten Prüfdauer (3.000 h) 40 °C. Spätestens alle drei Tage ist die Position der Probenplatten zu verändern. Für eine Belüftung des Immersionsmediums ist zu sorgen.

Prüfbedingungen für Im1:

Eintauchen in belüftetes, gereinigtes Wasser (Leitfähigkeit ≤ 20 µS/cm) bei 40 °C

Prüfdauer: 3.000 h

Prüfbedingungen für Im2/Im3:

Eintauchen in eine belüftete wässrige Natriumchlorid-Lösung ($w = 0,05$) bei 40 °C

Prüfdauer: 3.000 h

Nach Beendigung der Belastung erfolgt eine Konditionierung der Probenplatten bei Normalklima über mindestens 24 h. Zerstörungsfreie Prüfungen sind sofort nach Prüfende durchzuführen. Aufzuzeichnen sind u.a. alle Merkmale der Schädigung nach DIN EN ISO 4628 [24] wie Blasenbildung, Rostbildung, Rissbildung, Abblätterungsgrad, Versprödung und Farbveränderung etc. Die Prüfkriterien (nach der Belastung) für Im1, sowie Im2/Im3 sind in Tabelle 3 aufgelistet.

3.1.3 Beständigkeit gegen neutralen Salzsprühnebel (DIN EN ISO 9227)

Die Prüfung erfolgt ausschließlich für die Immersionsmedien Im2 und Im3. Drei Probenplatten mit den Abmessungen $150 \times 100 \times 4$ mm werden benötigt. Parallel zur Längsseite im Abstand von mindestens 30 mm zur Kante wird eine künstliche Verletzung mit 2,0 mm Breite maschinell angebracht. Die Lagerung im Prüfgerät erfolgt in einem Winkel von $20 \pm 5^\circ$ zur Vertikalen. Die Prüfflüssigkeit besteht aus einer wässrigen Natriumchlorid-Lösung ($w = 0,05$; pH: 6,5 - 7,2), welche während der Prüfung konstant auf $35 \pm 2\text{ °C}$ gehalten wird. Die Prüfdauer beträgt 1.440 h. Eine rein visuelle Überprüfung der Prüftafeln erfolgt in einem Abstand von ca. 500 h.

Nach Beendigung der Belastung erfolgt eine Konditionierung der Probenplatten bei Normalklima über mindestens 24 h. Zerstörungsfreie Prüfungen sind sofort nach Prüfende durchzuführen. Aufzuzeichnen sind u.a. alle Merkmale der Schädigung [24] wie Blasenbildung, Rostbildung, Rissbildung, Abblätterungsgrad, Versprödung und Farbveränderung. Die Prüfkriterien für Im2/Im3 (nach der Belastung) sind in Tabelle 3 aufgelistet.

3.1.4 Beständigkeit gegen Feuchtigkeit – Kontinuierliche Kondensation (DIN EN ISO 6270-1)

Für die Prüfung werden drei Probenplatten mit den Abmessungen $150 \times 100 \times 4$ mm benötigt (siehe Tabelle 1). Die Prüfapparatur besteht aus einem Wasserbad $40 \pm 2\text{ °C}$ mit einem aus Probenplatten gebildeten Dach, dessen Schenkel einen Winkel von $15 \pm 5^\circ$ zur Horizontalen bilden. Die Temperatur an den Probenplatten soll $\pm 2\text{ °C}$ konstant gehalten werden und 35 °C nicht unterschreiten. Die Prüfdauer beträgt 1.440 h.

Nach Beendigung der Belastung erfolgt eine Konditionierung der Probenplatten bei Normalklima über mindestens 24 h. Zerstörungsfreie Prüfungen sind sofort nach Prüfende durchzuführen. Aufzuzeichnen sind u.a. alle Merkmale der Schädigung nach [24] wie Blasenbildung, Rostbildung, Rissbildung, Abblätterungsgrad, Versprödung und Farbveränderung.

Prüfkriterien für Im1 (nach der Belastung) sind in Tabelle 3 ersichtlich.

3.2 Testverfahren mit natürlicher Bewitterung

3.2.1 Beständigkeit gegen natürliche Einflüsse in der Langzeitauslagerung

Das Verhalten der Beschichtung nach der natürlichen Bewitterung ist letztlich ausschlaggebend für die Tauglichkeit eines Korrosionsschutzsystems (DIN EN ISO 12944-6, Abschnitt 4.1 [1]). Im Verfahren der Zulassung entsprechend einer Grundprüfung wird das Resultat der natürlichen Bewitterung nachträglich, zur Überprüfung der durch Laborprüfung erworbenen Zulassung, herangezogen.

Ersatzweise kann eine entsprechende Beurteilung eines fünf Jahre alten Objektes, in praktischer Erprobung, herangezogen werden.

Prüfkriterien für Im1 bzw. Im2/Im3:

Für die Auslagerung werden zwölf beschichtete Probenplatten der Größe 400 x 400 x 4 mm benötigt (siehe Tabelle 2, bzw. Anlage 6 und 7). Vor dem Beschichten sind Bohrungen zum Zwecke der Befestigung und Kodierung vom Hersteller gemäß Plan anzubringen. Nach dem Beschichten wird bei der BAW eine definierte Verletzung (maschinell mit 2,0 mm Breite) bis zum Stahlsubstrat eingefräst.

Je Lokalität (siehe Tabelle 4) werden drei Probenplatten an der Atmosphäre (Luft), halb eingetaucht (Wasserwechsel) und unter Wasser (Unterwasser) ausgelagert.

Die Probenplatten werden auf Schäden an der Verletzung, wie Blasen, Ablösung, Unterrostung u. ä. nach zwei (Zwischenauswertung) und fünf Jahren (Endbeurteilung) untersucht. Die Prüfkriterien nach der Belastung sind in Tabelle 4 aufgelistet. Die Beurteilung der mittleren (einseitigen) Unterrostung erfolgt nach dem Freibohren der Bereiche der künstlichen Verletzung, entsprechend dem gängigen Verfahren, beginnend mit einem Kantenabstand von 2 cm. Richtwerte für die Unterrostungen sind ebenfalls in Tabelle 4 angeben.

Die Flächenschäden (FS; maximal 85) wurden aus fünf Einzelparameter wie folgt errechnet:

FS = Oberflächenrisse + (Blasen n • Blasen h) + Erweichung + Ablösung + 5 • Rost

$$FS_{\text{Max}} = 7 + (5 \cdot 5) + 4 + 4 + 5 \cdot 9 \leq 85$$

Tabelle 4: Wasserqualität und Richtwerte der Unterrostung der Auslagerungsstätten

Immersionsklasse	Im1	Im1	Im2	Im2
Lokalität	Trier/Mosel	Windheim/Weser	Kiel/Ostsee	Büsum/Nordsee
Gewässertyp	verschmutztes Flusswasser	niedrig salinares Flusswasser	Brackwasser	Meerwasser
Leitfähigkeit [µS/cm]	1.300	1.600*	19.000	30.000
Richtwerte für die Unterrostung an der künstlichen Verletzung [mm]				
Unterwasser	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 2,5	≤ 2,5
Wasserwechsel	≤ 2,0	≤ 2,0	≤ 10,0	≤ 5,0
Luft	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 6,0	≤ 2,0

* kann periodisch erhöht sein

3.2.2 Testverfahren am Bauwerk

In Ausnahmefällen oder in Ergänzung zur Langzeitauslagerung können Versuche am Objekt durchgeführt werden. Einzelheiten sind zwischen dem Stofflieferanten und der BAW vorab zu klären.

3.3 Prüfung der mechanischen Eigenschaften

3.3.1 Bestimmung der Abriebwiderstände (BAW)

Für diese Prüfung [8] sind vier beschichtete Probenplatten (siehe Anhang 5) eines Systems erforderlich. Zwei Tafeln werden nach 7-tägiger Lagerung im Normalklima, zwei weitere Tafeln nach 6-monatiger Lagerung in Leitungswasser, geprüft. Die möglichen Schichtdickenänderungen durch Quellen sowie Beschichtungsstoffabbau und Schrumpfung können hierbei bestimmt werden. Die Wasseraufnahme wird durch die Differenz der Prüftafelmasse vor und nach Wasserlagerung bestimmt.

Die mechanische Abriebfestigkeit wird mit einer Prüfmaschine ermittelt, die aus einer Trommel mit horizontaler Achse besteht. Die beschichteten Probenplatten haben nach der Beschichtung die Abmessung 300 x 200 x 4 mm (siehe Tabelle 2). Die Trommel wird mit einem Wasser-Splitt-Gemisch gefüllt und mit 16 Umdrehungen/Minute bewegt.

Das Reibgut hat folgende Zusammensetzung:

2,0 kg Basaltsplitt Körnung 8/12 mm
1,0 kg Basaltsplitt Körnung 5/8 mm
1,0 kg Basaltsplitt Körnung 3/5 mm
8,0 kg Wasser

40.000 Trommelumdrehungen bilden einen Prüfzyklus, wobei nach jeweils 5.000 Umdrehungen die Drehrichtung gewechselt wird. Die verbliebene Schichtdicke wird nach jedem Zyklus auf der Probeplatte an acht Punkten, die durch eine Schablone festgelegt sind, mit dem magnet-induktiven Verfahren (DIN EN ISO 2808 [25] bzw. ISO 19840 [12]) gemessen. Insgesamt werden fünf Zyklen, bei Verschleißbeschichtungen mit Schichtdicken von über 1.000 µm zehn Zyklen, angestrebt. Ist die Beschichtung früher abgerieben, wird nur die Anzahl der Zyklen berücksichtigt, wonach an allen Messpunkten eine messbare Schichtdicke vorhanden ist. Es müssen jedoch mindestens zwei Zyklen durchgeführt werden können.

Der Abriebwert a_w wird nach untenstehender Formel errechnet und gibt die mittlere Schichtdickenabnahme (in µm) nach 10.000 Trommelumdrehungen (U) an.

Beispiel zur Ermittlung des Abriebwertes a_w :

Gesamtschichtdickenminderung	450 µm
Gesamtumdrehungszahl	200.000 U

$$a_w = 450 \mu\text{m} \cdot 10.000 \text{ U} / 200.000 \text{ U} = 22,5 \mu\text{m je } 10.000 \text{ U}$$

Die Abriebwerte werden entsprechend der mechanischen Belastung in drei Abriebklassen eingestuft (Tabelle 5). Maßgeblich ist der Mittelwert nach der Wasserlagerung.

Tabelle 5: Zuordnung der Abriebwerte (a_w) in Abriebklassen (AW)

Abriebklasse (AW)	Abriebwertbereich
geringe Belastung	$60 < a_w \leq 100$
mäßige Belastung	$40 < a_w \leq 60$
starke Belastung	$a_w \leq 40$

Mögliches Quellen darf die Ausgangstrockenschichtdicke, nach 3-tägiger Konditionierung im Normal-klima, nicht mehr als um 10 % überschreiten lassen.

Bei Wechsel des (natürlich vorkommenden) Reibgutes kann sich die Abriebswirkung ändern. Daher ist jegliches neu verwendetes Reibgut zu kalibrieren.

4 Eignungsprüfungen

4.1 Untersuchungen in Flüssigkeiten und Wechselbeanspruchungen

4.1.1 Bestimmung der Beständigkeit gegen Flüssigkeiten (DIN EN ISO 2812-1)

Die drei beidseitig beschichteten Probenplatten in den Abmessungen 150 x 100 x 4 mm (siehe Tabelle 3) werden nach Anforderung gemäß

- Verfahren 1: Tauchverfahren nach Punkt 7 der DIN EN ISO 2812-1 [14]
- Verfahren 2: Mit saugfähigem Material nach Punkt 8 der DIN EN ISO 2812-1 [14]

geprüft. Eine vierte Probenplatte dient als Vergleichsmuster. Die Prüfflüssigkeiten sowie die Prüfzeiten sind zu vereinbaren. Als Mindestbelastungen gelten 168 h für

- Säurebeständigkeit in verdünnter Schwefelsäure ($w = 0,10$)
- Laugenbeständigkeit in verdünnter Natronlauge ($w = 0,10$)
- Ölbeständigkeit in Hydrauliköl.

Die Prüfkriterien für chemische Beständigkeit sind in Tabelle 3 aufgelistet.

4.1.2 Zyklustest (ISO 20340)

Für die Prüfung nach ISO 20340 [18] sind vier Probenplatten (davon eine Platte als Referenz) der Abmessungen 150 x 75 x 4 mm erforderlich, welche eine bis zum Stahlsubstrat durchgehende horizontale künstliche Verletzung mit 2,0 mm Breite und 50,0 mm Länge aufweisen. Die Verletzung ist mittig anzubringen, was einen jeweiligen seitlichen Abstand von 12,5 mm ergibt. Der Abstand von der unteren Kante beträgt dabei 20,0 mm. Die Testdauer weist üblicherweise 25 Wochen (entsprechend 4.200 h) auf, wobei der wöchentliche Rhythmus folgendermaßen zu beschreiben ist:

- drei Tage im vierstündigen Wechsel UV_A -Belastung ($\lambda = 340 \text{ nm}$; $60 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$) und Wasserkondensation bei $50 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ entsprechend DIN EN ISO 11507 [26]

- drei Tage Salzsprühnebeltest gemäß DIN EN ISO 9227 (35 ± 2 °C)
- einen Tag trockene Lagerung bei -20 ± 2 °C bzw. Raumtemperatur.

Die drei Prüfplatten sind nach der Belastung einer 24-stündigen Konditionierung bei Raumtemperatur zu unterziehen. Die Erfordernisse zum Bestehen des Tests hinsichtlich Haftfestigkeit, Unterrostung und flächigen Erscheinungen sind in Tabelle 3 aufgelistet.

4.2 Elektrochemische Prüfverfahren

4.2.1 Prüfung der Verträglichkeit mit dem Kathodischen Korrosionsschutz (KKS) – Verfahren nach BAW/STG

Für die Prüfung eines Systems im Labor sind acht beidseitig beschichtete Probenplatten (unlegierter Baustahl, z.B. S235) mit den Abmessungen 150 x 150 x 4 mm erforderlich. Sechs Platten müssen einen 5 mm starken und 100 mm langen angelöteten Schweißdrahtanschluss haben (siehe Anlage 5), an dem der Kabelanschluss als elektrische Verbindung zum Potentiostaten erfolgt (siehe auch: STG-Richtlinie Nr. 2220, 1. Ausgabe 1988 [27]).

Lötstelle und Ränder (siehe Anlage 5, Abb. 2) sollten zusätzlich mit Beschichtungsmaterial versiegelt sein. Die Anbringung einer definierten Kreisverletzung (Außendurchmesser 30,0 mm mit einer Breite von 1,0 mm; Innendurchmesser 5,0 mm) in der Mitte der Prüfplatte bis zum Stahl erfolgt unmittelbar vor der Prüfung in der Prüfstelle mit einem Fräsautomaten.

Die einzelnen Probenplatten Nr. 1 bis 6 werden entsprechend den Kriterien der Tabelle 6 geprüft, während die Probenplatten Nr. 7 bis 8 als Referenz dienen

Die Prüflösung wird von einem ständigen Luftstrom durchperlt und setzt sich folgender-

maßen zusammen (s. auch Tabelle 7):

- Künstliches Meerwasser gemäß DIN 50905, Teil 4.1 [28] (Prüfplatten Nr. 1 bis 5)
- Künstliches Brackwasser gemäß DIN 50905, Teil 4.2 [28] (Prüfplatte Nr. 6)

Die Prüfkriterien für die Kathodenschutzverträglichkeit sind in Tabelle 3 aufgelistet. Ergänzend hierzu wird eine Prüfung der Schlagfestigkeit nach DIN EN ISO 6272-1 [21] (1,00 kg aus 1,0 m Höhe) durchgeführt, wobei als Eignungsvoraussetzung weder Riss noch Ablösung auftreten darf. Zur Bewertung wird der Strombedarf während der Prüfung herangezogen. Zum Prüfende soll dieser unter 50 µA liegen.

Tabelle 6: Verwendung der einzelnen Prüfplatten bei der KKS-Pfufung

Prüfplatten	Präparation	Einsatz	Potential Ag/AgCl/KCl _{ges.}	Prüfdauer Monate	Medium
Nr. 1	einseitig verletzt	KKS	-930 ± 5 mV	9	Meerwasser ¹
Nr. 2	einseitig verletzt	KKS	-930 ± 5 mV	12	„
Nr. 3	einseitig verletzt	KKS	-930 ± 5 mV	15	„
Nr. 4	einseitig verletzt			15	„
Nr. 5	unverletzt	KKS	-930 ± 5 mV	15	„
Nr. 6	einseitig verletzt	KKS	-930 ± 5 mV	15	Brackwasser ²
Nr. 7	unverletzt	Kenndaten			
Nr. 8	unverletzt	Kenndaten			

¹ Wasser gemäß DIN 50905, Teil 4.1; ² nach DIN 50905, Teil 4.2

4.2.2 Bestimmung des Widerstandes gegen kathodische Enthftung (DIN EN ISO 15711 – Verfahren A Fremdstrom)

Für die Prüfung [21] sind vier Prüfplatten der Abmessung 150 x 75 x 4 mm mit jeweils einem gelöteten Kabelanschluss sowie einer jeweils definierten Verletzung nötig. Die Prüfplatten werden in luftdurchströmtem, künstlichem Meerwasser (Zusammensetzung s. Tabelle 7), bei 23 ± 2 °C über einen Zeitraum von sechs Monaten, gelagert. Drei Prüfplatten werden dabei einem kathodischen Schutzstrom bei einem Potential von -1.000 ± 5 mV Ag/AgCl/ges. KCl ausgesetzt.

Die künstliche Verletzung erfolgt durch eine Bohrfräse von 10,0 mm Durchmesser in der Mitte der jeweiligen Platte, wobei diese bis zum Stahlsubstrat durchgängig zu gestalten ist. Außerhalb eines radialen Abstandes von 20,0 mm dürfen keine sichtbaren und messbaren Anzeichen einer Schwächung des Haftverbundes auftreten. Die Prüfkriterien nach der Belastung sind in Tabelle 3 aufgelistet.

Tabelle 7: Elektrolytzusammensetzung [g/L] für elektrochemische Testverfahren

Eingesetztes Salz	Chemische Formel	Meerwasser (DIN 50905-4.1)	Brackwasser (DIN 50905-4.2)	Meerwasser (DIN EN ISO 15711)
Natriumchlorid	NaCl	28,0	5,6	23,0
Natriumhydrogencarbonat	NaHCO ₃	0,2		
Natriumsulfat-Dekahydrat	Na ₂ SO ₄ *10H ₂ O			8,9
Magnesiumchlorid-Hexahydrat	MgCl ₂ *6H ₂ O	5,0	1,0	9,8
Magnesiumsulfat-Heptahydrat	MgSO ₄ *7H ₂ O	7,0	1,4	
Calciumchlorid	CaCl ₂			1,2
Calciumchlorid-Hexahydrat	CaCl ₂ *6H ₂ O	2,4	0,48	
Natriumcitrat-Dihydrat	C ₆ H ₅ Na ₃ O ₇ *2H ₂ O		0,2	
Thioacetamid	CH ₃ CSNH ₂		0,1	
pH-Wert		7 bis 8	7,5	7 bis 8

5 Prüfkriterien - Prüfmethoden

Im Folgenden werden allgemeine, wichtige Prüfverfahren zur Ermittlung der Kennwerte genauer beschrieben.

5.1 Bestimmung der Abreißfestigkeit (DIN EN ISO 4624 und DIN EN ISO 16276-1)

Zur Bestimmung der Haftzugfestigkeit von Beschichtungen wird ein Abreißverfahren in Anlehnung an DIN EN ISO 4624 [22] und DIN EN ISO 16276-1 [23] durchgeführt bzw. bewertet. Die Prüfung wird generell frühestens 48 h nach Ende der jeweiligen Belastung begonnen. Hierbei werden Prüfstempel (\varnothing : 20,0 mm) auf die zu prüfende beschichtete Fläche aufgeklebt. Bei Stahlplatten mit geringer Dicke (<4 mm) wird die Rückseite entsprechend verstärkt, wenn einseitig abgerissen wird. Die Prüffläche ist vorher zu entfetten und wird leicht angeraut. Nach dem Aushärten wird die Prüffläche mit einem Schneidwerkzeug bis auf das Substrat freigelegt. Die Zugprüfmaschine (kontinuierliche Zugspannungserhöhung nach DIN EN ISO 7500-1 [29]) ist für starren Untergrund ausgerichtet und zieht unter gleichmäßiger Krafterhöhung.

Bestimmt werden die Abreißfestigkeit (in MPa), der Trennfall (Adhäsions-, Kohäsionsbruch), dessen Lage (z. B. zwischen Grund- und erster Zwischenbeschichtung) sowie die prozentualen Anteile der jeweiligen Schichtlage bzw. Grenzflächen. Der Anteil des Kleberisses muss im Zweifelsfall unter 20 % liegen. Die Auswertung erfolgt vorzugsweise mit der rechnergestützten Bildanalyse, kann aber auch geschätzt werden.

5.2 Bestimmung des Kreuzschnittwertes (DIN EN ISO 2409 und DIN EN ISO 16276-2)

Der Kreuzschnitt für Beschichtungsstoffe für den Stahlwasserbau kann mit herkömmlichen Schneidwerkzeugen, wie z.B. einem stabilen Teppichmesser, nach DIN EN ISO 2409 [30] durchgeführt werden. Die Bewertung der Haftung der Beschichtung erfolgt entsprechend den Bruchbildern von DIN EN ISO 16276-2 [23]. Das Bruchbild ist mit der Beschreibung der Lage im Schichtaufbau (Trennfall) zu ergänzen.

Eine Gitterschnittprüfung gemäß DIN EN ISO 16276-2 ist auf Grund der hohen Schichtdicken und der hohen mechanischen Festigkeiten der Beschichtungen nicht erlaubt.

5.3 Bestimmung der Schlagfestigkeit (DIN EN ISO 6272-1)

Zur Simulation von Praxisbeanspruchungen wird auf eine nicht federnd gelagerte, beschichtete Probenplatte (ca. 150 x 200 x 4 mm) aus der Fallhöhe von 1,0 m, ein Kugelstößel (Masse: 1,00 kg) frei fallengelassen.

Nach dem Einschlag wird auf eine mögliche Rissbildung nach DIN EN ISO 4628-4 [24] geprüft.

Zusätzlich wird mit einem Hochspannungsverfahren auf Porenfreiheit geprüft. Bei der vorgegebenen Spannung (U [kV] = 0,004 x Schichtdicke [μm]) darf kein elektrischer Durchschlag erfolgen.

Im Zweifelsfalle einer Schädigung bzw. Nichtschädigung der Beschichtung hinsichtlich des Korrosionsschutzes kann die Probenplatte dem Kondensatwasserwechsellagerungstest (Abschnitt 3.1.1) zur Bestimmung der Unterrostung ausgesetzt werden.

6 Prüfbericht und Zulassung von Beschichtungssystemen

Die Prüfung erfolgt durch die Bundesanstalt für Wasserbau oder durch eine von ihr anerkannte Prüfstelle [11]. In jedem Fall sind die Prüfunterlagen (Anlagen 1 bis 4), einschließlich Nassmuster bei der BAW einzureichen. Die Grundprüfungen sind stets durchzuführen. Sind alle Kriterien der Grundprüfungen erfüllt, werden Prüfberichte der Einzeluntersuchungen und ein Zulassungszeugnis erstellt und es erfolgt die Aufnahme in die „Liste der zugelassenen Systeme“ [31] für die Dauer von fünf Jahren. Dabei wird wie folgt unterschieden:

- Zulassung für Binnenwasser (Im1), optional mit/ohne KKS
- Zulassung für Meerwasser (Im2) und Erdreich (Im3), optional mit/ohne KKS
- Zulassung nur in Kombination mit KKS

Diese Liste wird in kontinuierlichen Abständen von der BAW herausgegeben und steht über das Internet (www.baw.de) zur Verfügung.

Die Eignungsprüfungen zum Nachweis der Verwendbarkeit bei speziellen Anforderungen ersetzen nicht die Grundprüfungen, sondern ergänzen diese. Die Ergebnisse der Eignungsprüfungen werden in Prüfberichten niedergelegt. Die Gültigkeit der Prüfzeugnisse beträgt grundsätzlich fünf Jahre, wohingegen das Prüfzeugnis für die „Verträglichkeit mit dem Kathodischen Korrosionsschutz“ zehn Jahre Bestand hat.

Zur Verlängerung der Gültigkeitsdauer der Prüfzeugnisse wird ein verkürztes Prüfverfahren

- Abriebtest nach Wasserlagerung (Abschnitt 3.3.1)
- Beständigkeit gegen Kondensatwasserwechsellagerung (Abschnitt 3.1.1) für Im1, sowie
- Salzsprühnebeltest (DIN EN ISO 9227 [15]) für Im2/Im3
- Stoffidentitätsprüfung an Nassmustern (Abschnitt 2.3 bzw. 2.4)

durchgeführt. Die Gültigkeit des Prüfzeugnisses entsprechend der Grundprüfung kann dadurch um weitere fünf Jahre verlängert werden. Nach zehn Jahren sind alle Prüfungen zu wiederholen.

Sind alle Labortestverfahren mit positivem Resultat abgeschlossen worden, jedoch die Langzeitauslagerung noch nicht beendet, so wird ein vorläufiges Zulassungszeugnis ausgestellt, welches ebenfalls die Funktion einer Zulassung, bis zum Abschluss der Langzeitauslagerung, besitzt.

Die Kosten der Prüfungen sind in der Vergütungsordnung für Leistungen der Bundesanstalt für Wasserbau für Dritte (VL-BAW-Dritte) festgelegt.

7 Literatur

- [1] DIN EN ISO 12944: Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme:
 - Teil 1: Allgemeine Einleitung
 - Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen
 - Teil 3: Grundregeln zur Gestaltung
 - Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung
 - Teil 5: Beschichtungssysteme
 - Teil 6: Laborprüfungen zur Leistungsbewertung und Bewertungskriterien
 - Teil 7: Ausführung und Überwachung der Beschichtungsarbeiten
 - Teil 8: Erarbeiten von Spezifikationen für Erstschutz und Instandsetzung

- [2] Liste der empfohlenen Systeme: Zusammenstellung der empfohlenen Beschichtungssysteme für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau <http://www.baw.de>

- [3] ZTV-W (LB 218): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen-Wasserbau (ZTV-W) für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau-Leistungsbereich 218

- [4] DIN EN ISO 3251: Beschichtungsstoffe und Kunststoffe: Bestimmung des Gehaltes an nicht-flüchtigen Anteilen

- [5] DIN 16945: Reaktionsharze, Reaktionsmittel und Reaktionsharzmassen – Prüfverfahren: Bestimmung des Epoxid-Äquivalents und Aminzahl

- [6] DIN EN ISO 11909: Bindemittel für Beschichtungsstoffe - Isocyanatharze - Allgemeine Prüfverfahren

- [7] DIN EN ISO 2811-1: Beschichtungsstoffe - Bestimmung der Dichte - Teil 1, Pyknometerverfahren

- [8] Abriebwiderstand (BAW): Schröder, H. Th.: Abriebfestigkeiten der Korrosionsschutzbeschichtungen im Stahlwasserbau, Werkstoffe und Korrosion 31, 866 (1980)

- [9] DIN EN ISO 8501: Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen - Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit
 - Teil 1: Rostgrade und Oberflächenvorbereitungsgrade von unbeschichteten Stahloberflächen und Stahloberflächen nach ganzflächigem Entfernen vorhandener Beschichtungen
 - Teil 2: Oberflächenvorbereitungsgrade von beschichteten Oberflächen nach örtlichem Entfernen der vorhandenen Beschichtungen
 - Teil 3: Vorbereitungsgrade von Schweißnähten, Kanten und anderen Flächen mit Oberflächenunregelmäßigkeiten
 - Teil 4: Ausgangszustände, Vorbereitungsgrade und Flugrostgrade in Verbindung mit Hochdruck-Wasserwaschen

- [10] DIN EN ISO 8503: Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Beschichten - Rauheitskenngrößen von gestrahlten Stahloberflächen
Teil 1: Anforderungen und Begriffe für ISO-Rauheitsvergleichsmuster zur Beurteilung gestrahlter Oberflächen
Teil 2: Verfahren zur Prüfung der Rauheit von gestrahltem Stahl: Vergleichsmusterverfahren
Teil 3: Verfahren zur Kalibrierung von ISO-Rauheitsvergleichsmustern und zur Bestimmung der Rauheit; Mikroskopverfahren
Teil 4: Verfahren zur Kalibrierung von ISO-Rauheitsvergleichsmustern und zur Bestimmung der Rauheit; Tastschnittverfahren
Teil 5: Abdruckverfahren zum Bestimmen der Rauheit
- [11] PÜZ-Liste: Verzeichnis der anerkannten PÜZ-Stellen: www.bast.de
- [12] ISO 19840: Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Messung der Trockenschichtdicke auf rauen Substraten und Kriterien für deren Annahme
- [13] DIN EN 23270: Lacke, Anstrichstoffe und deren Rohstoffe: Temperaturen und Luftfeuchten für Konditionierung und Prüfung
- [14] DIN EN ISO 2812: Beschichtungsstoffe - Bestimmung der Beständigkeit gegen Flüssigkeiten
Teil 1: Eintauchen in Flüssigkeiten außer Wasser
Teil 2: Verfahren mit Eintauchen in Wasser
- [15] DIN EN ISO 9227: Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären – Salzsprühnebelprüfungen
- [16] DIN EN ISO 6270: Beschichtungsstoffe - Bestimmung der Beständigkeit gegen Feuchtigkeit
Teil 1: Kontinuierliche Kondensation
Teil 2: Verfahren zur Beanspruchung von Proben in Kondenswasserklimate
- [17] Langzeitauslagerung (BAW): Eignungsprüfung von Beschichtungsstoffen für den Stahlwasserbau - Langzeitauslagerung in natürlichen Gewässern; G. Binder, Hansa 133 Nr. 2, 52-56 (1996)
- [18] ISO 20340: Beschichtungsstoffe - Leistungsanforderungen an Beschichtungssysteme für Bauwerke im Offshorebereich (Zyklustest)
- [19] Verträglichkeit KKS (BAW): Eignungsprüfungen von Beschichtungssysteme für den Stahlwasserbau - Kathodenschutzverträglichkeit von Beschichtungen; M. Baumann, Hansa 134, Nr. 2, 56-61 (1997)
- [20] DIN EN ISO 15711: Beschichtungsstoffe - Bestimmung des Widerstandes gegen kathodische Enthaltung von Beschichtungen in Meerwasser

- [21] DIN EN ISO 6272: Beschichtungsstoffe - Prüfung der Widerstandsfähigkeit bei schlagartiger Verformung (Schlagprüfung)
Teil 1: Prüfung durch fallendes Gewichtsstück, große Prüffläche
Teil 2: Prüfung durch fallendes Gewichtsstück, kleine Prüffläche
- [22] DIN EN ISO 4624: Abreißversuch zur Beurteilung der Haftzugfestigkeit
- [23] DIN EN ISO 16276: Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungsstoffe – Beurteilung der Adhäsion/Kohäsion (Haftfestigkeit) einer Beschichtung
Teil 1: Abreißversuch
Teil 2: Gitter- und Querschnittprüfung
- [24] DIN EN ISO 4628: Beurteilung von Beschichtungsschäden- Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen
Teil 2: Bewertung des Blasengrades
Teil 3: Bewertung des Rostgrades
Teil 4: Bewertung des Rissgrades
Teil 5: Bewertung des Abblätterungsgrades
Teil 6: Bewertung der Kreidung nach dem Klebebandverfahren
- [25] DIN EN ISO 2808: Beschichtungsstoffe - Bestimmung der Schichtdicke
- [26] DIN EN ISO 11507. Beschichtungsstoffe - Beanspruchung von Beschichtungen durch künstl. Bewitterung - Beanspruchung durch fluoreszierende UV-Strahlung und Wasser
- [27] STG-Rili 2220: Prüfung und Beurteilung der Verträglichkeit von Unterwasserbeschichtungssystemen für Schiffe und Seebauwerke mit dem kathodischen Korrosionsschutzverfahren (Ausgabe 1980)
- [28] DIN 50905: Korrosion der Metalle – Korrosionsuntersuchungen
Teil 4: Durchführung von chemischen Korrosionsversuchen ohne mechanische Belastung in Flüssigkeiten im Laboratorium
- [29] DIN EN ISO 7500-1: Metallische Werkstoffe - Prüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen
Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen - Prüfung und Kalibrierung der Kraftmesseinrichtung
- [30] DIN EN ISO 2409: Beschichtungsstoffe - Gitterschnittprüfung
- [31] Liste der zugelassenen Systeme: Zusammenstellung der zugelassenen Systeme I (Im 1) und Systeme II (Im 2/3) <http://www.baw.de>

Anlage 1: Zusammensetzung der Grundbeschichtung (GB)

Hersteller:	Stammkomp.	Härter
Produktbezeichnung: .....	.....	.....
Materialgruppen: .....	.....	.....
Kennzeichnung: .....	.....	.....
Zusätzliche Hinweise (Farbe etc.): .....	.....	.....

Stammkomponente		Härter	
Bindemittel:	M.-%	Härter:	M.-%
Teerersatz:	M.-%	.....	M.-%
Zink:	M.-%	.....	M.-%
Andere Pigmente und Füllstoffe	M.-%	Lösemittel:	M.-%
Lösemittel:	M.-%	Dichte:	kg/dm ³
Dichte:	kg/dm ³		

Mischungsverhältnis (Stammkomp./Härter)	Massenteile
--	--------------------------

Einzelangaben (Stammkomp./Härter)

Kohlenwasserstoffharz:	chem. Bezeichnung:
Spezielle Zusätze:	chem. Bezeichnung:

Pigmente und Füllstoffe (Stammkomponente)		Pigmente und Füllstoffe (Härter)	
.....	M.-%	.....	M.-%
.....	M.-%	.....	M.-%
.....	M.-%	.....	M.-%
Glühverlust bei ° C:	M.-%		

Lösemittel (mit Angabe der Gefahrklasse)		Lösemittel (mit Angabe der Gefahrklasse)	
.....	M.-% , Gfkl. ....	.....	M.-% , Gfkl.
.....	M.-% , Gfkl. ....	.....	M.-% , Gfkl.
.....	M.-% , Gfkl. ....	.....	M.-% , Gfkl.
.....	M.-% , Gfkl. ....	.....	M.-% , Gfkl.

Unbedingt beizulegen:

EU-Sicherheitsdatenblatt, Technisches Datenblatt, Verarbeitungsrichtlinien

....., den

.....

Unterschrift

Anlage 2: Zusammensetzung der Zwischenbeschichtung (ZB)

Hersteller:	Stammkomp.	Härter
Produktbezeichnung: .....	.....	.....
Materialgruppen: .....	.....	.....
Kennzeichnung: .....	.....	.....
Zusätzliche Hinweise (Farbe etc.): .....	.....	.....

Stammkomponente		Härter	
Bindemittel:	M.-%	Härter:	M.-%
Teerersatz:	M.-%	.....	M.-%
Zink:	M.-%	.....	M.-%
Andere Pigmente und Füllstoffe	M.-%	Lösemittel:	M.-%
Lösemittel:	M.-%	Dichte:	kg/dm ³
Dichte:	kg/dm ³		

Mischungsverhältnis (Stammkomp./Härter)	Massenteile
--	--------------------------

Einzelangaben (Stammkomp./Härter)

Kohlenwasserstoffharz:	chem. Bezeichnung:
Spezielle Zusätze:	chem. Bezeichnung:

Pigmente und Füllstoffe (Stammkomponente)		Pigmente und Füllstoffe (Härter)	
.....	M.-%	.....	M.-%
.....	M.-%	.....	M.-%
.....	M.-%	.....	M.-%
Glühverlust bei ° C:	M.-%		

Lösemittel (mit Angabe der Gefahrklasse)		Lösemittel (mit Angabe der Gefahrklasse)	
.....	M.-% , Gfkl. ....	.....	M.-% , Gfkl.
.....	M.-% , Gfkl. ....	.....	M.-% , Gfkl.
.....	M.-% , Gfkl. ....	.....	M.-% , Gfkl.
.....	M.-% , Gfkl. ....	.....	M.-% , Gfkl.

Unbedingt beizulegen:

EU-Sicherheitsdatenblatt, Technisches Datenblatt, Verarbeitungsrichtlinien

....., den

.....

Unterschrift

Anlage 3: Zusammensetzung der Deckbeschichtung (DB)

Hersteller:	Stammkomp.	Härter
Produktbezeichnung: .....	.....	.....
Materialgruppen: .....	.....	.....
Kennzeichnung: .....	.....	.....
Zusätzliche Hinweise (Farbe etc.): .....	.....	.....

Stammkomponente		Härter	
Bindemittel:	M.-%	Härter:	M.-%
Teerersatz:	M.-%	.....	M.-%
Zink:	M.-%	.....	M.-%
Andere Pigmente und Füllstoffe	M.-%	Lösemittel:	M.-%
Lösemittel:	M.-%	Dichte:	kg/dm ³
Dichte:	kg/dm ³		

Mischungsverhältnis (Stammkomp./Härter)	Massenteile
--	--------------------------

Einzelangaben (Stammkomp./Härter)

Kohlenwasserstoffharz:	chem. Bezeichnung:
Spezielle Zusätze:	chem. Bezeichnung:

Pigmente und Füllstoffe (Stammkomponente)		Pigmente und Füllstoffe (Härter)	
.....	M.-%	.....	M.-%
.....	M.-%	.....	M.-%
.....	M.-%	.....	M.-%
Glühverlust bei ° C:	M.-%		

Lösemittel (mit Angabe der Gefahrklasse)		Lösemittel (mit Angabe der Gefahrklasse)	
.....	M.-% , Gfkl. ....	.....	M.-% , Gfkl.
.....	M.-% , Gfkl. ....	.....	M.-% , Gfkl.
.....	M.-% , Gfkl. ....	.....	M.-% , Gfkl.
.....	M.-% , Gfkl. ....	.....	M.-% , Gfkl.

Unbedingt beizulegen:

EU-Sicherheitsdatenblatt, Technisches Datenblatt, Verarbeitungsrichtlinien

....., den

.....

Unterschrift

Anlage 4: Aufbau des Beschichtungssystems

- 4.1 Name des Auftraggebers/Herstellers:
Ansprechpartner/Telefon:
- 4.2 Substrat (Stahlsorte):
- 4.3 Oberflächenvorbereitung DIN EN ISO 8501:
- 4.4 Rauheitsbereich: Mittenrauwert DIN EN ISO 8503-2:.....[μm]
Abweichung:..... [μm]
- 4.5 Beschichtungsaufbau: Grundbeschichtung:
Zwischenbeschichtungen:
Deckbeschichtung:
- 4.6 Beschichtungsprotokoll:

Produktbezeichnung der einzelnen Beschichtungsstoffe (Stoffart)	Chargen-Nummer (Farbe)	Applikationsverfahren	Trocknungsbedingungen			DFT [μm]
			Temperatur [$^{\circ}\text{C}$]	relat. Luftfeuchte [%]	Datum	
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
Gesamtschichtdicke						

DFT: Dry film thickness

Applikationsverfahren:

AS: Airless Spritzen PS: Pneumatisch Spritzen

Str: Streichen R: Rollen

Verdünnerzugabe*: ja: 0 nein: 0

Wenn ja, welche Verdünnung und welcher Massenanteil?

.....

Zu welcher Beschichtung (gemäß Anlage 1-3) wurde Verdünner zugegeben?

.....

* : nicht erlaubt bei lösemittelfreien Beschichtungsstoffen (Lösemittel: $\leq 1,0$ M.-%)

....., den

.....

Unterschrift

Anlage 5: Prüftafeln und Probenplatten für Prüfungen im Labor

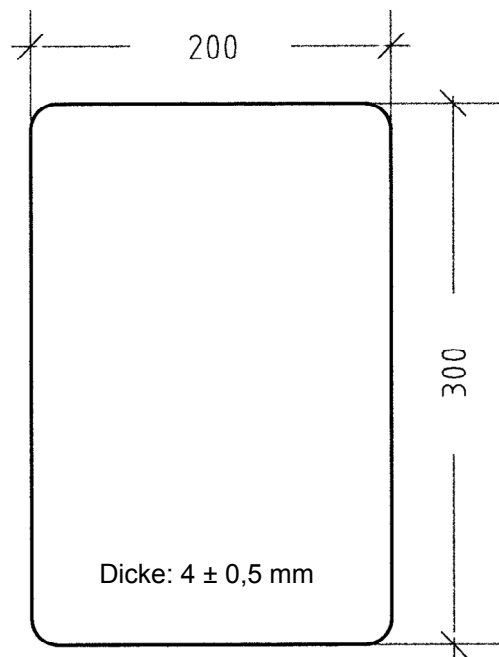


Bild 1: Prüftafel zur Ermittlung der Abriebfestigkeit (Maße nach dem Beschichten)

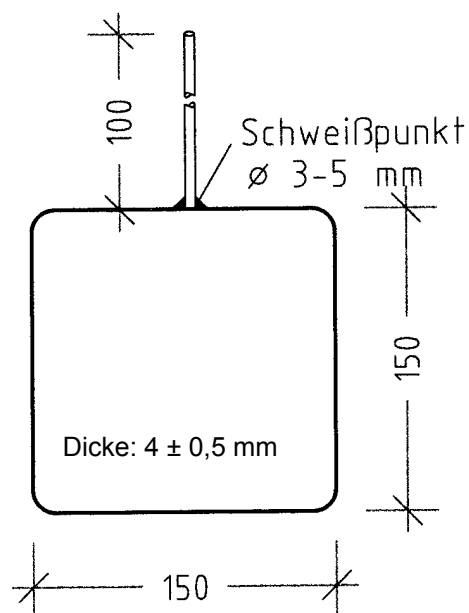


Bild 2: Probenplatte zur Prüfung der Kathodenschutztauglichkeit mit angelötetem Schweißdraht (Lötstelle versiegelt)

Anlage 6: Prüftafeln für Langzeitauslagerung in der Natur

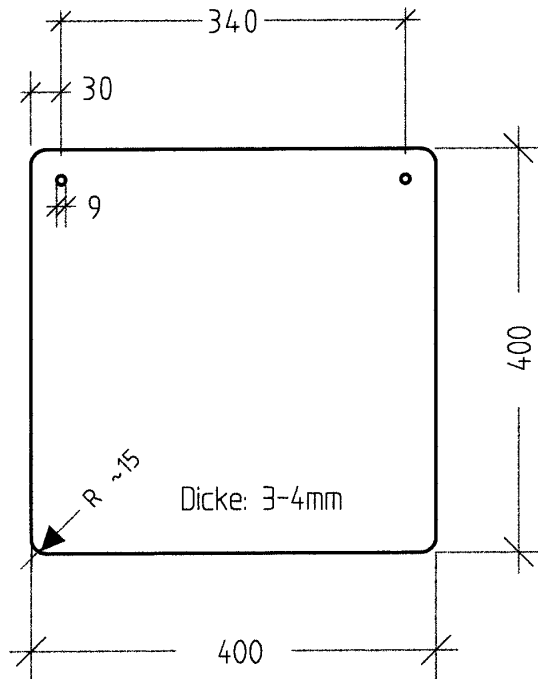


Bild 3: Prüftafel für Langzeitauslagerung mit Bohrungen zur Befestigung

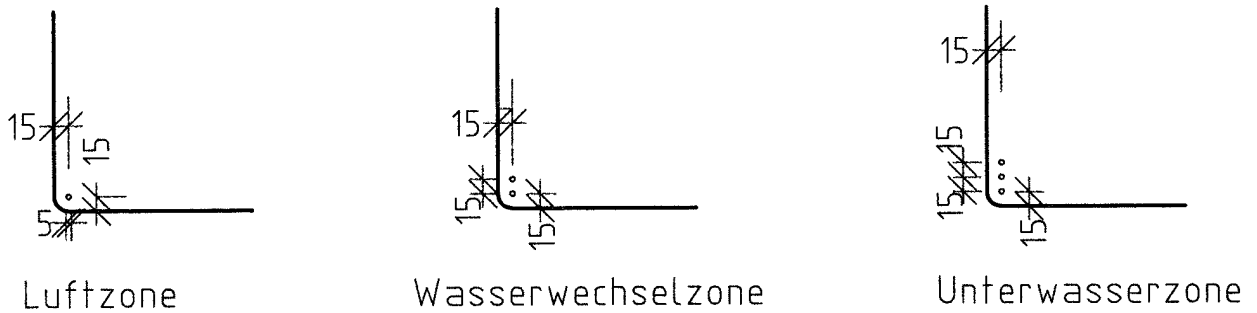
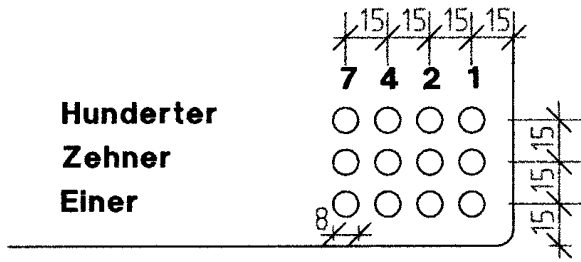


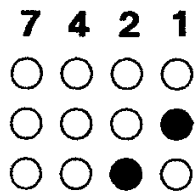
Bild 4: Kennzeichnung der Prüftafeln durch Bohrungen bezüglich der Lage zum Wasserspiegel
(Vorderseite, unten links)

Anlage 7: Kodierungsnummern für Langzeitauslagerung

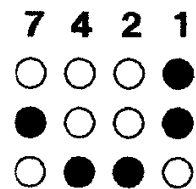


Zahl	Bohrung(en)
1	1
2	2
3	1 + 2
4	4
5	1 + 4
6	2 + 4
7	7
8	1 + 7
9	2 + 7

Bild 5: System zur Nummerierung der Prüfserien durch Kombination von Bohrlöchern (Vorderseite, unten rechts)



Bohrungen entsprechen der Zahl 12



Bohrungen entsprechen der Zahl 186

Bild 6: Beispiele von Zahlenkombinationen durch Bohrlochanordnungen; das „Lesen“ der Zahlen erfolgt mit Hilfe einer Schablone