

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
Arbeitsgruppe Standardleistungsbeschreibungen im Wasserbau
- Arbeitskreis 18 - Korrosionsschutz im Stahlwasserbau

Empfehlungen für die Planung und Ausführung von Korrosionsschutzarbeiten im Stahlwasserbau

Ausgabe 2020



Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)

Kußmaulstraße 17

76187 Karlsruhe

Tel.: 0721 9726-0

Fax.: 0721 9726-4540

info@baw.de

www.baw.de

Als Download verfügbar auf der Webseite des Infozentrums Wasserbau der BAW unter
<https://izw.baw.de/wsv/planen-bauen/stlk-w-ztv-w>

Erarbeitet vom Arbeitskreis „AK 18 – Korrosionsschutz im Stahlwasserbau“ der Arbeitsgruppe
Standardleistungsbeschreibungen im Wasserbau des Bundesministeriums für Verkehr und
digitale Infrastruktur

unter Mitwirkung von

Klaus Fiedler (WNA Magdeburg, Obmann)

Norbert Kreutz (WSA Koblenz)

Olaf Nitsch (WSA Verden)

Rainer Saathoff (Niedersachsen Ports GmbH & Co. KG)

Norbert Fischer (WSA Trier)

Andreas Schneider (Institut für Stahlbau Leipzig)

Sven-Olaf Schütt (WNA Berlin)

Roland Baier (BAW)

Dr. Matthias Schmid (BAW)

Martin Stärker (Tractebel Hydroprojekt GmbH)

Dr. Günter Binder

Inhalt

1	Allgemeines	3
2	Anwendungsbereich	3
3	Hinweise zur Planung	3
3.1	Umgebungsbedingungen und Belastung des Bauwerks	4
3.2	Auswahl der Schutzsysteme für den Stahlwasserbau und Stahlhochbau	5
3.3	Korrosionsschutzgerechte Gestaltung und Verfahren	9
4	Hinweise für die Leistungsbeschreibung (Baubeschreibung und Leistungsverzeichnis)	13
4.1	Baubeschreibung	13
4.2	Leistungsverzeichnis	13
4.3	Sonstiges	13
5	Ausführung	14
5.1	Korrosionsschutzgerechte Stahlbaufertigung – Neubau	14
5.2	Sonderprodukte	18
5.3	Oberflächenvorbereitung	19
5.3.1	Vorbereitungsverfahren und Reinigen	20
5.3.2	Zwischenreinigung	22
5.4	Beschichten	24
5.4.1	Ausführung der Neubeschichtung	24
5.4.2	Ausführung der Instandsetzungsbeschichtung an gefahrstofffreien Beschichtungen	25
5.4.3	Ausführung der Instandsetzungsbeschichtung an gefahrstoffhaltigen Beschichtungen	28
5.4.4	Smart Repair	28
5.5	Überwachung – Qualitätssicherung	28
5.5.1	Abnahmeprüfzeugnisse für Beschichtungsstoffe	28
5.5.2	Überwachung der Ausführung – Überwachungs- und Prüfprogramm	29
5.5.3	Prüfungen/Qualitätssicherung – Korrosionsschutz Stahlwasserbau	30
5.5.4	Eigenschaftskennwerte, Qualitätsparameter, Nachweise	36
5.5.5	Gewährleistung	37
5.6	Arbeits- und Umweltschutz	38
5.6.1	Ermittlung gefährlicher Beschichtungsinhaltsstoffe	38
5.6.2	Abfallrechtliche Belange	39
5.6.3	Maßnahmen zum Arbeitsschutz	41
6	Literatur	42

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Zuordnung der Abriebwerte und -klassen zur mechanischen Belastung nach [7]	4
Tabelle 2:	Beispiele für den schweren Korrosionsschutz im Ingenieurbau	7
Tabelle 3:	Verbindungsmittel	12
Tabelle 4:	Anforderungen Vorbereitungsgrad P3 nach Stahlbau und Oberflächenvorbereitung (nach DIN EN ISO 8501-3, Spalte 1-3) und Prüfschwerpunkte (Spalte 4)	16

Tabelle 5:	Anforderungen an die Oberflächenvorbereitung bei Erstschutz und Vollerneuerung	20
Tabelle 6:	Übersicht und Einsatzgebiete von Strahlmitteln	21
Tabelle 7:	Einteilung der Wasserwasch- und Wasserstrahlverfahren	23
Tabelle 8:	Durchführung der Beschichtungsarbeiten bei Erstschutz und Vollerneuerung	24
Tabelle 9:	Instandsetzung des Korrosionsschutzes durch Ausbesserung	25
Tabelle 10:	Instandsetzung des Korrosionsschutzes durch Teilerneuerung	27
Tabelle 11:	Prüfzeugnisse und ihre Messparameter	29
Tabelle 12:	Mindestanzahl der Einzelmessungen bei der Schichtdickenprüfung	33
Tabelle 13:	Eigenschaftskennwerte der Beschichtungssysteme nach der Applikation	35
Tabelle 14:	Eigenschaftskennwerte Beschichtungssystem zum Ende der Gewährleistungszeit	37

Bildverzeichnis

Bild 1:	Rauheit, Schichten und Schichtdicke nach ZTV-W LB 218	34
---------	---	----

Anlagenverzeichnis:

Anlage 1:	Korrosionsschutzplan Kanalbrücke Niederfinow
Anlage 2:	Beispiele für ein Prüfzeugnis 3.2

Vorbemerkung

Mit der Überarbeitung der Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen – Wasserbau für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau – Leistungsbereich 218 (ZTV-W LB 218 [1]) im Jahre 2009 wurden ergänzende fachliche Erläuterungen bzw. Hinweise der vorherigen Ausgabe der ZTV, die keinen vertraglichen Charakter hatten, aus dem Text gestrichen. Der Arbeitskreis 18 (AK 18) hat beschlossen, diese Erläuterungen und Hinweise, die dem Anwender der ZTV-W LB 218 und des Standardleistungskatalogs für den Wasserbau, Leistungsbereich 218, Korrosionsschutz im Stahlwasserbau (STLK, LB 218 [2]) die nötigen ergänzenden Fachinformationen zur Seite stellen, in neuer Form zu veröffentlichen. Dieses vorliegende Dokument des AK 18 soll den Anwender unterstützen und die jeweiligen Hintergründe der ZTV-W und des STLK LB 218 erläutern. Darüber hinaus enthält dieses Dokument auch Empfehlungen für die Gestaltung des Korrosionsschutzes. Diese sind – soweit sie für die Baumaßnahme verbindlich sein sollen und nicht bereits in den ZTV-W und/oder den STLK geregelt sind – in die Leistungsbeschreibung aufzunehmen.

1 Allgemeines

Wegen der statischen Sicherheit und zum Erhalt der Dauerhaftigkeit müssen Konstruktionen aus Baustahl vor Korrosion geschützt werden. Die Herstellung eines funktionierenden Schutzes untergliedert sich in zwei wesentliche Abschnitte: Planung und Ausführung. In der Planung werden die wesentlichen Grundzüge des Korrosionsschutzes vorgegeben: Schutz durch Beschichten und/oder durch Kathodischen Korrosionsschutz (BAWMerklblatt für den Kathodischen Korrosionsschutz, MKKS [3] und Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für den Kathodischen Korrosionsschutz – Leistungsbereich 220, ZTV-W LB 220 [4]). Häufig wird dabei übersehen, dass auch die konstruktive Gestaltung eines Stahlbauwerks bereits einen Beitrag zum Korrosionsschutz leisten kann. Hinsichtlich des eigentlichen Schutzes sind Immersionsmedium (Gewässerart), Schutzbereiche (Lage zum Wasserspiegel) sowie mechanische und elektrochemische Belastungen (besonderer Abrieb, Einsatz Nichtrostender Stahl, vorhandene KKS-Anlage u. a.) zu berücksichtigen.

2 Anwendungsbereich

Die im Folgenden angeführten Hinweise betreffen die Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau (ZTV-W LB 218 [1]) hinsichtlich der Planung und Herstellung (Erstbeschichtung) sowie Unterhaltung (Vollerneuerung, Ausbesserung oder Teilerneuerung) von Beschichtungen für feste und bewegliche Teile von Stahlwasserbauten, für stählerne Ausrüstungsteile von Wasserbauwerken sowie auch für Spundwandbauwerke.

Die aktuelle ZTV-W LB 218 Ausgabe 2009 [1] wurde vor der Einführung des Eurocodes 3 (s. Erlass vom 15.09.2012) in der WSV eingeführt und ist nach wie vor gültig. Sie ist EU-notifiziert und widerspricht in keinem Punkt dem EU-Regelwerk.

Die Zuordnung von Maschinenbauteilen hat abhängig von der Art der korrosiven Belastung zu erfolgen. Eintauchte Maschinenbauteile sind der ZTV-W, LB 218 zuzuordnen, wohingegen atmosphärisch und gelegentlich spritzwasserbelastete Teile entsprechend der ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3 [5] bzw. TL/TP-KOR-Stahlbauten [6] vor Korrosion zu schützen sind.

Sonstige Teile wie z. B. Antriebsketten, Kolben, Zylinder o. ä. müssen gesondert betrachtet werden.

3 Hinweise zur Planung

Für die Planungsunterlagen sind zunächst die Belastungen des Bauwerks zu ermitteln und die Korrosionsschutzsysteme dementsprechend auszuwählen.

3.1 Umgebungsbedingungen und Belastung des Bauwerks

Die Umgebungsbedingungen bzw. Belastungskategorien sind nach DIN EN ISO 12944, Teil 2 (Umgebungsbedingungen) definiert. Für den Stahlwasserbau unterteilt man in Im1 (Süßwasser), Im2 (Brack- und Salzwasser) und Im3 (Erdreich), wobei bei Zulassungsprüfungen der Bundesanstalt für Wasserbau Im2 und Im3 zusammengefasst betrachtet werden. Die Kategorie Im4 (Brack- und Salzwasser mit KKS) ist nur für den Offshorebereich ausgelegt. Für atmosphärischen Schutz werden die Umgebungsbedingungen durchgängig mit dem Buchstaben C gekennzeichnet.

Mechanische Belastungen

Die zum Einsatz kommenden Beschichtungssysteme müssen für mechanische Belastungen nach DIN EN ISO 12944-2, Anhang B, geeignet sein und in Abhängigkeit von den bestehenden Anforderungsklassen „schwach“, „mäßig“ und „stark“ für Abriebbelastung ausgewählt werden.

Mechanische, abrasive Belastungen werden entsprechend auch in den Richtlinien zur Prüfung von Beschichtungssystemen für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau (RPB) [7] mit dem Abriebtest untersucht und mittels Abriebklassen eingeteilt (Tabelle 1). Die Bestimmung der Abriebwerte erfolgt über die Schichtdickenminderung bei definierter mechanischer Belastung. Je niedriger der Abriebwert (a_w) ist, desto höher ist die abrasive Belastbarkeit der Beschichtung. Entsprechend erfolgt die Zuordnung in die Abriebklasse mit einer Eignung von „geringe Belastung“ bis „starke Belastung“.

Tabelle 1: Zuordnung der Abriebwerte und -klassen zur mechanischen Belastung nach [7]

Abriebklasse nach RPB	Bewertung nach DIN EN ISO 12944-2	Abriebwerte (a_w) in μm je 10.000 Umdrehungen
geringe Belastung	schwache Belastung	61 – 100
mittlere Belastung	mäßige Belastung	41 – 60
starke Belastung	starke Belastung	0 – 40

Darüber hinaus können Schlag- und Stoßbelastungen vorliegen, z. B. bei Anprall von Treibgütern, Eisgang bzw. Schotter- und Schlickbelastung (zum Beispiel Fischbauchklappen im Lastfall). Diese sind – soweit erforderlich – vom Planer bei der Erstellung der Ausführungsplanung zu berücksichtigen. Für sehr stark mechanisch beanspruchte Objekte mit zusätzlicher Beanspruchung auf Schlag sind Beschichtungssysteme mit nachgewiesener hoher Schlagfestigkeit empfehlenswert. Untersuchungen zur Schlagfestigkeit können bei der BAW durchgeführt werden.

Elektrochemische Belastungen

Belastungen durch elektrischen Strom können vorliegen durch die ungewollte Bildung eines galvanischen Elementes, z. B. bei der Kombination unterschiedlich edler Metallwerkstoffe, durch das Auftreten von Streuströmen an elektrischen Ladestationen (z. B. Anlegepontons) und durch Anwendung von galvanischen Anoden bzw. einer Fremdstromanlage als Ausführungen des kathodischen Korrosionsschutzes (KKS).

In allen Fällen sind Beschichtungssysteme einzusetzen, welche einen KKS-Tauglichkeitsnachweis nach RPB vorweisen können (siehe [3] und [7]).

3.2 Auswahl der Schutzsysteme für den Stahlwasserbau und Stahlhochbau

In der DIN EN ISO 12944 wird zwischen Grund-, Zwischen- und Deckbeschichtung unterschieden, wobei die erste Lage immer die Grundbeschichtung (GB) darstellt und die letzte immer die Deckbeschichtung (DB). Alle Schichten zwischen Grund- und Deckbeschichtung werden als Zwischenbeschichtung (beispielsweise ZB Nr. 1 bis 3) bezeichnet. In den Tabellen der Listen der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW; empfohlene Systeme [8] und zugelassene Systeme [9]) werden Zwischen- und Deckbeschichtungen aus Platzgründen in einer Spalte dargestellt. Hinsichtlich der Aufgabe im Schichtverbund und der stofflichen Zusammensetzung können Zwischenschichten jedoch manchmal der Grund- und manchmal der Deckbeschichtung zugeordnet werden. Bei Einschichtsystemen wird in den o. g. Listen immer die Bezeichnung Deckbeschichtung verwendet.

Alle dort aufgeführten Beschichtungssysteme sind entsprechend der DIN EN ISO 12944, Teil 5 für die Schutzdauer „lang“ (15-25 Jahre) geprüft.

Grundsätzlich stellt die BAW für die Ausschreibung und Anwendung von Schutzsystemen für den passiven Korrosionsschutz folgende Unterlagen zur Verfügung:

Liste der empfohlenen Systeme [8]

Hier werden 22 Systeme aufgelistet, die auch gemäß STLK 218 [2] ausgeschrieben werden können. Die Verfügbarkeit von Produkten der jeweiligen Systemklassen sollte in der Liste der zugelassenen Systeme geprüft werden. Die Systemklassen (hier ohne Produktbezeichnung) sind nach Bindemitteltyp, Systemaufbau, Dicke der Schichten und deren jeweilige Anzahl gegliedert. Die Auswahl des „richtigen“ Systems durch den Bauwerksbesitzer bzw. durch den Auftraggeber wird durch die Hinweise in der Spalte „Anwendungsempfehlungen“ erleichtert.

Listen der zugelassenen Systeme [9]

In dieser Liste, die unter www.baw.de allgemein zugänglich ist und regelmäßig aktualisiert wird, sind alle Systeme der Hersteller aufgelistet, welche die Prüfungen gemäß Richtlinie zur Prüfung von Beschichtungssystemen (RPB [7]) bestanden haben. Es wird zwischen Eignung im Binnenwasserbereich und Eignung im Brack- und Meerwasserbereich (Im1 bzw. Im2/3) unterschieden. Hierbei umfasst der Meerwasserbereich auch die Anwendung in Böden. Ferner finden sich in dieser Liste Hinweise zur Abriebfestigkeit, zur Anwendbarkeit in Kombination mit kathodischem Korrosionsschutz (KKS), zum Lösemittelgehalt und ggf. zu besonderen Inhaltsstoffen.

Nicht alle der oben genannten 22 Systemklassen aus der Liste der empfohlenen Systeme sind in der Liste der zugelassenen Systeme aufgeführt, d. h. unmittelbar durch geprüfte Systeme abgedeckt. Oftmals unterscheiden sich die Systeme jedoch nur hinsichtlich der Schichtdicken (Trockenfilmschichtdicke DFT), so dass manche Leerplätze durch Schichtdickenmodifikation vorhandener Systeme ersetzt werden können.

Anmerkungen zu einzelnen Systemklassen

Systeme Nr. 1 und 2: Grundsätzlich sollten diese geringen Schichtdicken (350 µm) lediglich für Sonderfälle mit geringerer Belastung eingesetzt werden.

Systeme Nr. 3 und 4: Hierbei handelt es sich um Systeme des klassischen schweren Korrosionsschutzes, die üblicherweise in einer Vielzahl der Fälle für Stahlwasserbaukonstruktionen verwendet werden.

System Nr. 5: Dieses zweischichtige System entspricht den Systemen Nr. 3 und 4. Dadurch entstehen ggf. Einschränkungen bei der Anwendung auf feingliedrigen Konstruktionen. Wird ein in System Nr. 5 gelistetes System wie ein System Nr. 3/4 in mehreren Arbeitsgängen appliziert, ist es vollständig mit diesen vergleichbar. Die Zusicherung der Ausführbarkeit durch den Hersteller muss vor Ausführungsbeginn vorliegen.

Systeme Nr. 6-8: Diese Systeme für die Kategorie Im1 entsprechen den Systemen Nr. 3-5, allerdings ohne Zinkstaub-Grundierung. Stoffe der Systeme Nr. 3-5 können hier ersatzweise eingesetzt werden. System Nr. 8 kann als Ersatz für die Systeme 6/7 in mehreren Arbeitsgängen appliziert werden (analog zu System Nr. 5).

System Nr. 9: Dieses System ist grundsätzlich für eisenglimmer- bzw. aluminiumhaltige Grundbeschichtungsstoffe gedacht, die auch zur Ausbesserung eingesetzt werden können.

System Nr. 10: Lösemittelfreie Stoffe des Systems Nr. 5 können hier grundsätzlich eingesetzt werden. Entsprechend sind dann mehrere Schichten aufzubringen.

Die Zusicherung der Ausführbarkeit durch den Hersteller muss vor Ausführungsbeginn vorliegen.

System Nr. 11: Dieses Dickschichtsystem mit Zinkstaubgrundierung ist für den Einsatz unter mechanisch und abrasiv anspruchsvollen Bedingungen gedacht.

System Nr. 12: Lösemittelfreie Stoffe des Systems Nr. 11 können hier ersatzweise eingesetzt werden. Entsprechend sind dann mehrere Schichten aufzubringen. Die Zusicherung der Ausführbarkeit durch den Hersteller muss vor Ausführungsbeginn vorliegen.

System Nr. 13: Dieses Dickschichtsystem mit Zinkstaubgrundierung ist für den Einsatz unter mechanisch und abrasiv extrem anspruchsvollen Bedingungen gedacht.

System Nr. 14: Lösemittelfreie Stoffe der Systeme Nr. 8 und Nr. 5 können hier ersatzweise eingesetzt werden, sind dann jedoch in mehreren Schichten aufzubringen. Die Zusicherung der Ausführbarkeit durch den Hersteller muss vor Ausführungsbeginn vorliegen.

Systeme Nr. 15 bis 22: Diese Dickschichtsysteme für die Kategorie Im1 sind mit den Systemen Nr. 10-13 vergleichbar. Die Systeme Nr. 5, 8 und 10-13 können ggf. ersatzweise eingesetzt werden. Entsprechend sind dann mehrere Schichten aufzubringen. Die Zusicherung der Ausführbarkeit durch den Hersteller muss vor Ausführungsbeginn vorliegen.

Verstärkung von Beschichtungsstoffen

Die in der Liste der zugelassenen Systeme [9] gelisteten Beschichtungsstoffe können konstruktiv mithilfe einer Verstärkung wirksam gegen schlagende Beanspruchung geschützt werden. Zurzeit liegt hierfür das von der BAW geprüfte Prinzip der Verstärkung durch Glasfasergewebe vor ([HIRECO], Gebrauchsmuster Nr. DE 20 2013009 098.7). Hierbei handelt es sich um eine Schutzbarriere, welche innerhalb des identischen Beschichtungsstoffes auf ein zugelassenes Beschichtungssystem appliziert bzw. auflaminiert wird. Die Untersuchungen der BAW ergaben, dass diese Art der Verstärkung eine deutliche Verbesserung der Schlagbeständigkeit darstellt [10]

Die Ausgaben der „Liste der zugelassenen Systeme“ werden ständig aktualisiert; die Ausführungen hier beziehen sich auf die **30. Ausgabe** der Liste (Im1 wie auch Im2/3).

Dickschichtsysteme (>500 µm DFT) sind aus Harzen mit geringerer Molekülgröße und ggf. mit Reaktivverdünnern formuliert. Hier wird der flüssige Ausgangszustand auch ohne Lösemittel aufrechterhalten. Da somit keine Lösemittel entweichen müssen, können Schichtdicken bis zu 1.000 µm in einem Arbeitsgang (Airless-Spritzen) appliziert werden. Die Erfahrungen in der WSV sind grundsätzlich nicht schlecht, jedoch neigen derartige Systeme oftmals zur Sprödigkeit und zum Aufbau von inneren Spannungen, die ergänzende Prüfungen vor Ausführungsbeginn notwendig erscheinen lassen (Schlagprüfung, s. o.).

Die gelisteten Systeme sind grundsätzlich zur Vollerneuerung einzusetzen. Mit System Nr. 4 wurden bisher gute Erfahrungen bei der Ausbesserung gemacht. Hierbei sind vor allem die 1K-Polyurethansysteme zu nennen, da sie aufgrund der leichteren Anwendbarkeit für Ausbesserungsarbeiten vorteilhaft sind. Ist in den zu beschichtenden Bereichen der spätere Einsatz von Maßnahmen zum kathodischen Korrosionsschutz durch

galvanische Opferanoden oder Fremdstromanlagen vorgesehen, muss das ausgewählte Beschichtungssystem dafür nachweislich geeignet sein.

Für jedes zugelassene Beschichtungssystem sollten zusätzliche Systemvarianten für gleichzeitig zu beschichtende Oberflächen in der Ausführungsplanung vorgegeben bzw. vom Beschichtungsstoffhersteller abgefordert werden. Die gegenseitige Verträglichkeit und Überarbeitbarkeit muss gegeben sein.

Folgende Systemvarianten sind im Regelfall erforderlich:

- Standardsystem auf Stahl (laut Liste der zugelassenen Systeme)
- Ausführungsvariante Standardsystem auf Feuerverzinkung (Duplex-System)
- Ausführungsvariante Standardsystem auf nichtrostendem Stahl einschließlich Mischnahtbereiche
- Ausführungsvariante für örtliche Schadstellenausbesserung (Schadstellen $\leq 25 \text{ cm}^2$ oder Schadstellen $> 25 \text{ cm}^2$) im Standardsystem.

Schutzsysteme für atmosphärische Belastung

Die Systeme nach ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3 [5] bzw. TL/TP-KOR-Stahlbauten [6] können ebenfalls nur nach Zulassung eingesetzt werden (Listen unter www.bast.de). Für die allgemein anzuwendende Belastung C5 ist eine Schutzdauer „sehr lang“ (> 25 Jahre) gegeben. In der ZTV-ING sind ferner Beispiele aufgeführt, wo und an welchen Bauteilen bestimmte Schutzsysteme für den Stahlhochbau einzusetzen sind. Ansonsten ist die Kategorie der Belastung nach DIN EN ISO 12944 für den atmosphärischen Bereich (z. B. C4 oder C5), die am Bauwerk herrscht, zu beachten. Die Stoffe verschiedener Blätter nach TL/TP-KOR-Stahlbauten [6] ähneln denjenigen, welche im Stahlwasserbau eingesetzt werden (z. B. Grundbeschichtung mit Zinkstaub nach Blatt 87; s. Tabelle 2). Deshalb kann in Übergangsbereichen (z. B. Notverschlüssen) auch ein System nach ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3 bzw. TL/TP-KOR-Stahlbauten appliziert werden, wenn die atmosphärische Belastung überwiegt – nicht jedoch im Dauertauchbereich (siehe auch [11] und [12]).

Tabelle 2: Beispiele für den schweren Korrosionsschutz im Ingenieurbau

System	Belastung, Schutzdauer	Grund-beschichtung	Zwischen-beschichtung	Deck-beschichtung	DFT *
Blatt 87	C5, > lang	1x EP-Zn (80 μm)	2x EP (je 80 μm)	1x 2K-PUR (80 μm)	320 μm
	C5, > lang	1x EP-Zn (80 μm)	1x EP + 1x 2K-PUR** (je 80 μm)	1x 2K-PUR (80 μm)	320 μm
Blatt 94	C5, > lang	1x EP-Zn (80 μm)	1x EP (150 μm)	1x 2K-PUR (80 μm)	310 μm
		1x EP-Zn (80 μm)	1x EP + 1x 2K-PUR*** (je 80 μm)	1x 2K-PUR (80 μm)	320 μm
Blatt 97	C5, > lang	1x EP-Zn (80 μm)	2x EP (je 80 μm)	1x 2K-PUR (80 μm)	320 μm
	C5, > lang	1x EP-Zn (80 μm)	1x EP + 1x 2K-PUR**	1x 2K-PUR (80 μm)	320 μm

			(je 80 µm)		
Blatt 100 (in Entwicklung)	C5, extra lang	1x EP-Zn (80 µm)	noch offen	noch offen	400 µm

* Trockenschichtdicke nach TL/TP-KOR; **bei Zwischenbewitterung der Bauteile; *** Empfehlung in Anlehnung an Blatt 87, siehe BAW Brief 01/2016 [12]

ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3 versteht alle Schichtdicken als Sollschichtdicken nach DIN EN ISO 12944-5, d. h. als Dicke einer Beschichtung, die nach Aushärtung auf der Oberfläche verbleibt. Zur Bestimmung der Trockenschichtdicke schreibt die DIN EN ISO 12944-5 die Verwendung von ISO 19840 für Stahloberflächen und die DIN EN ISO 2808 für feuerverzinkte Oberflächen vor, falls nicht anders vereinbart. ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3 [5] sowie TL/TP-KOR-Stahlbauten [6] legt das magnetinduktive Verfahren nach DIN EN ISO 2808 als Messverfahren fest. ZTV-W LB 218 verwendet dagegen die Messung nach ISO 19840. Beide Normen enthalten prinzipiell die gleiche Aussage: Auf rauem Stahl (Rauheitsgrad mittel) nach ISO 8503-1 enthält das Schichtdickenmessergebnis nach magnetinduktivem Verfahren ca. 25 µm Oberflächenrauheit (siehe auch Abschnitt 5.5.3 und Bild 1). In den Schichtdickenangaben der ZTV-ING und TL/TP-KOR-Stahlbauten ([5], [6]) wird daher für die Grundbeschichtung die Sollschichtdicke inklusive Rautiefe angegeben. Abweichend zur DIN EN ISO 2808 wird implizit ein Korrekturwert von 30 µm angesetzt. Die in ZTV-W LB 218 [1] und der Liste der zugelassenen Systeme [9] angegebenen Schichtdicken verstehen sich als Schichtdicken, die nach Abzug der Rautiefe gemessen wurden.

Die Farbgebung von Korrosionsschutzsystemen für den Stahlhochbau kann durch Applikation einer zweikomponentigen Polyurethan(PUR)-Deckbeschichtung nach Blatt 87 bzw. Blatt 94 entsprechend TL/TP-KOR-Stahlbauten [6] erfolgen. Bei hohen Ansprüchen der Farbtönstabilität – dies betrifft vor allem die Farbtöne gelb, blau und rot – mit einem mittleren Gesamtfarbabstand zwischen Ausgangswert und bewittertem Zustand von dE_{ab}^* (DIN EN ISO 11664-4, CIE 1976) von 1,0 bis 5,0 sind ggf. zusätzliche Testserien vor der Ausführung vorzusehen (Naturauslagerung von beschichteten Blechen bzw. DIN EN ISO 16474-1 und -2). Nach der Ausschreibung kann auch am Ort der Baustelle der Naturbewitterungstest durchgeführt werden, falls der Bauablauf dies zulässt. Für gesättigte Farbtöne sollte nicht der mittlere Farbabstand dE_{ab}^* , sondern der verbesserte Farbabstand dE_{cmc} (BS 6923) bestimmt werden. Dieser entspricht stärker dem durch einen menschlichen Beobachter wahrgenommenen Farbunterschied. Bei besonderen Anforderungen an die Farbechtheit sollten Deckbeschichtungen mit besonders farbstabilen, anorganischen Pigmenten eingesetzt werden. Vielfach können Lackhersteller zusätzlich auch eine sehr hohe farbliche Übereinstimmung der einzelnen Produktionschargen (chargenkonforme Farbtönspezifikation, $dE_{cmc} < 1,0$) der jeweiligen Farbtöne liefern. Dies ist jedoch gesondert in der Leistungsbeschreibung festzulegen. Der Ausgangswert sollte bei der Abnahme bestimmt werden, der Wert für den bewitterten Zustand sollte vor Ablauf der Gewährleistung bestimmt werden. Aus diesen Werten ergibt sich der Farbabstand, der mit dem vertraglich vereinbarten verglichen wird.

Auf die Problematik der Zwischenbewitterung bzw. Zwischenhaftung bei Einsatz der Systeme nach Blatt 87, 94 und 97 sei hier besonders hingewiesen. [12] Ist eine Zwischenbewitterung vor dem Aufbringen der farbgebenden 2K-PUR-Deckbeschichtung zwangsweise gegeben, so ist zur Vermeidung osmotischer Effekte (mit der Folge der Delamination der Deckbeschichtung) eine 2K-PUR-Zwischenbeschichtung anstelle einer Epoxidharz-Zwischenbeschichtung in der Leistungsbeschreibung vorzusehen. Andernfalls müssen für die vorhandene Epoxidharz-Zwischenbeschichtung besondere Reinigungsverfahren in der Leistungsbeschreibung vereinbart werden, um schädliche Abbauprodukte vor dem Aufbringen der DB zu entfernen (siehe ZTV-ING [5] bzw. BAW-Brief 1/2016 [12]). Die Anwendung von alkalischen Abbeizern bzw. Reinigungsmitteln ist aufgrund schlechter Erfahrungen auszuschließen. Ein vollständiger Erfolg kann nur durch Sweepen der bewitterten Epoxidharz-Zwischenbeschichtung erzielt werden.

3.3 Korrosionsschutzgerechte Gestaltung und Verfahren

Erfolgt die Herstellung des Korrosionsschutzes von Stahlbauteilen für den Stahlwasserbau als Werkstattleistung mit anschließender Montage auf der Baustelle, so ist vorzugsweise das komplette Beschichtungssystem in der Werkstatt herzustellen. Falls in der Werkstatt nur ein Teilschutz erfolgt und die Komplettierung des Beschichtungssystems als Baustellenleistung vorgesehen ist, sind zusätzliche Maßnahmen zur Reinigung / Vorbereitung der Oberfläche der Werksbeschichtung erforderlich. Die Art und der Umfang der Maßnahmen ist unter anderem abhängig von

- dem Grad der Zwischenwitterung in Abhängigkeit vom Beschichtungssystem,
- den zulässigen maximalen Zwischenstandzeiten der Werksbeschichtung bis zur Überarbeitbarkeit,
- dem Grad und der Art der Verunreinigungen.

Der Einsatz von feuerverzinkten Bauteilen und Bauteilen aus nichtrostendem Stahl ohne zusätzliche Beschichtung ist auf das funktional notwendige Minimum zu beschränken. Im Regelfall ist für metallische Überzüge und nichtrostenden Stahl eine dafür geeignete Beschichtung vorzusehen, siehe Merkblatt „Einsatz von nichtrostendem Stahl im Stahlwasserbau“ (MNIS [13]).

Dürfen bestimmte Bereiche der Stahlwasserbauanlage, wie z. B. Dichtflächen aus nichtrostendem Stahl, nicht durch Strahlen vorbereitet werden, dann sind diese Flächen im Zuge der Planung festzulegen und in den Korrosionsschutzplan aufzunehmen. Des Weiteren sind alle nur mit Grundbeschichtung zu versehenden Kontaktflächen von Schraubenverbindungen einschließlich der Auflagestellen von Schraubenkopf und Mutter / Unterlegscheibe in den Zeichnungsunterlagen anzugeben.

Übergangsbereiche Stahl / Beton

Beim Neubau ist im Übergangsbereich von Stahl in den Beton eine Beschichtung der Stahloberfläche 5 cm in den Beton hinein herzustellen. Bei der Instandsetzung kann hier zusätzlich eine Fuge ausgebildet werden, die nach Abschluss der Betonarbeiten mit einem nachweislich dafür geeigneten dauerelastischen 1K-PUR-Dichtstoff verschlossen wird.

Ist im Falle der Sanierung die oben beschriebene Variante technisch nicht möglich oder unwirtschaftlich, dann ist im Übergangsbereich Stahl / Beton eine von der beschichteten Stahloberfläche bis auf den Beton reichende, nachweislich dafür geeignete Riss-überbrückende Beschichtung mit Gewebeeinlage wie folgt vorzusehen:

- Beschichtung mit ausreichender Schichtdicke zur Einbettung der Gewebeeinlage
- Überdeckungsbereich Gewebeeinlage im Übergangsbereich Stahl/Beton ca. 10 cm
- Ausführung mit einem zugelassenen Beschichtungsstoff (Liste der zugelassenen Systeme [9])

Verbindungsmittel Stahlwasserbau

Im Stahlwasserbau sind Kontaktflächen von Schraubenverbindungen Stellen mit erhöhter Korrosionsgefahr, so dass bei der Durchführung der Korrosionsschutzarbeiten spezielle Maßnahmen vorzusehen sind, die den Schutz der betroffenen Bereiche sicherstellen. Die Herstellung von Schraubenverbindungen sollte vorzugsweise in der Werkstatt vorgenommen werden, da hier im Regelfall die Ausführungsbedingungen für die Durchführung von Korrosionsschutzarbeiten besser als auf der Baustelle sind.

Kontaktflächen von Schraubverbindungen sind in den Korrosionsschutzplan mit aufzunehmen (ZTV-W LB 218 [1], (49)), was auch bedeutet, dass die Köpfe und Muttern ebenfalls einer Flächenvorbereitung zu unterziehen sind.

Werden Schraubverbindungen auf nicht ausgehärteten Beschichtungen angebracht, so ist eine optimale Abdichtung gewährleistet – allerdings dürfte sich die Verbindung kaum mehr zerstörungsfrei lösen lassen.

Werden bei Schraubverbindungen feuerverzinkte bzw. plasmanitrierte Schrauben bzw. Muttern eingesetzt, so sind diese zusätzlich zu beschichten [14].

Für die Beschichtung von Kontaktflächen planmäßig vorgespannter Schraubenverbindungen sind nur dafür zugelassene Beschichtungen / Beschichtungssysteme zu verwenden. Das gilt ebenso für gleitfeste Verbindungen bei atmosphärischer Belastung mit erforderlicher Haftreibungszahl (ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3 [5]).

Die folgenden Varianten mit der Zielstellung des Spaltverschlusses sind in Abhängigkeit von den jeweiligen spezifischen Anforderungen in der Leistungsbeschreibung vorzugeben.

1. Nass-In-Nass-Verschraubung

Verbindungen ohne erhöhte Anforderungen an die Maßhaltigkeit ohne Reibbeiwert

- Herstellung der Grundbeschichtung auf den Kontaktflächen und ggf. notwendigen Futterblechen; Schichtdicke (DFT): 50 µm
- Beschichtung der Kontaktflächen und Futterbleche mit der Zwischen- oder Deckbeschichtung mit einer Nassschichtdicke von ca. 100 µm und sofortige Herstellung der Verbindung einschließlich Einbringen der erforderlichen Vorspannkraft
- Verschlichten des aus der Verbindung herausgequetschten überschüssigen Beschichtungsstoffes um die Verbindung

2. Verfügung nach Verschraubung (Variante 1)

Verbindungen mit erhöhter Anforderung an die Maßhaltigkeit ohne planmäßigen Einsatz von Futterblechen mit und ohne Reibbeiwert

- Die Kontaktflächen der herzustellenden Verbindung sind bei der Stahlbaufertigung so auszubilden, dass nach dem Verschrauben der Kontaktbereich durch eine umlaufende Fuge abgedichtet werden kann
- Stahlbauseitige Herstellung einer umlaufenden 45°/5 mm-Phase an den Kanten der Kontaktflächen
- Ausführung des Korrosionsschutzes, wobei die zu verschraubenden Kontaktflächen nur die Grundbeschichtung erhalten; Schichtdicke (DFT): 50 µm
- Herstellung der Schraubenverbindung nach Trocknung der Grundbeschichtung einschließlich Maßeinstellung
- Herstellung einer umlaufenden Kehlfuge mit einem dafür geeigneten Dichtstoff

3. Verfügung nach Verschraubung (Variante 2)

Verbindungen mit erhöhter Anforderung an die Maßhaltigkeit mit planmäßigem Einsatz von Futterblechen ohne Reibbeiwert

- Die Futterbleche sind so zu bemaßen, dass nach deren Einbau eine umlaufende Fuge von ca. 5 bis 10 mm zwischen den Kontaktflächen der Schraubenverbindung ausgebildet wird
- Ausführung des Korrosionsschutzes, wobei die zu verschraubenden Kontaktflächen und die Futterbleche nur die Grundbeschichtung erhalten; Schichtdicke (DFT): 50 µm
- Herstellung der Schraubenverbindung
- Verschließen der umlaufenden Fuge

4. Verkittung nach Verschraubung

Verbindungen mit erhöhter Anforderung an die Maßhaltigkeit ohne Einsatz von Futterblechen ohne Reibbeiwert

- Ausführung des Korrosionsschutzes, wobei die zu verschraubenden Kontaktflächen nur die Grundbeschichtung erhalten; Schichtdicke (DFT): 50 µm
- Fertigstellung der Verbindung einschließlich Maßeinstellung
- Verfüllung des Spaltes über die gesamte Kontaktfläche nach Montage durch Einpressen einer geeigneten, geprüften und zugelassenen Metallspachtelmasse (allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erforderlich)

Verbindungsmittelvarianten in begründeten Ausnahmefällen in Abweichung zur ZTV-W LB 216/1 Nr. (20)

Feuerverzinkte Verbindungsmittel (Vorzugsvariante)

Im Stahlwasserbau sind ausnahmslos feuerverzinkte Verbindungsmittel anstelle von anderen Verzinkungsverfahren (z. B. galvanische Verzinkung) einzusetzen. Die Feuerverzinkung ist vorzugsweise einzusetzen (für häufig bewegte Verbindungsmittel als Ausnahme ohne Beschichtung). Zur Vorbereitung der Beschichtung ist zwecks Beseitigung des bei hochfesten Schraubenverbindungen eingesetzten Schmiermittels auf Molybdändisulfid-Basis eine geeignete Reinigung nach der Montage erforderlich. Das kann mit einem entfettend wirkenden Reinigungsmittel erfolgen.

Die zur Anwendung kommende Beschichtung muss für eine direkte Beschichtung von feuerverzinkten Oberflächen nachweislich geeignet sein und eine Gleichwertigkeit des Korrosionsschutzes des Verbindungsmittels zur zu verbindenden Konstruktion sicherstellen. Vor Ausführung der Beschichtung sollte zur Verbesserung der Haftung eine Oberflächenaufrauung der Feuerverzinkung mit anschließender Reinigung erfolgen (Sweepen oder Überschleifen mit Kunststoffvlies).

Plasmanitrierte Verbindungsmittel (Sondervariante)

Durch Plasmanitrierung oberflächenvergütete Verbindungsmittel können für Süßwasserbelastung (Im1) eingesetzt werden, wenn keine feuerverzinkten Verbindungsmittel in der erforderlichen Größe und Funktion erhältlich sind. Vor der Überbeschichtung sollte eine Entfettung der Oberfläche erfolgen. Ein Sweepen ist hierbei zu unterlassen. Eine entsprechende Zusatzbeschichtung (Gleichwertigkeit des Korrosionsschutzes zur zu verbindenden Konstruktion) ist auszuführen (siehe BAWMerkblatt „Einsatz von nichtrostendem Stahl im Stahlwasserbau“ (MNIS) [13]).

Verbindungsmittel aus nichtrostendem Stahl (Ausnahme)

Verbindungsmittel aus nichtrostendem Stahl (Niro bzw. CrNi-Stahl) sollten nach Möglichkeit nicht verwendet bzw. nur in begründeten Fällen eingesetzt werden. Es besteht die Gefahr der Kontaktkorrosion (siehe unten). Eine entsprechende Zusatzbeschichtung (Gleichwertigkeit des Korrosionsschutzes zur zu verbindenden Konstruktion) ist auszuführen (MNIS [13]).

Schraubverbindungen mit erhöhten Anforderungen

Für die Herstellung von Schraubenverbindungen mit erhöhten Anforderungen an die Maßhaltigkeit (Passschrauben) sind für die Sicherstellung des Korrosionsschutzes spezielle stahlbautechnische Maßnahmen notwendig.

Den empfohlenen Einsatz von Schraubenarten an unterschiedlichen Stahl-Werkstoffen zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3: Verbindungsmittel

	Schraubenwerkstoff		
Grundwerkstoff	Schwarze Schrauben	Verzinkte Schrauben (St, tzn)	Niro-Schrauben (A2/A4)
Baustahl	Wie das geplante System	Geplantes System ohne Zn-GB aber mit Zwischenreinigung, ggf. Sweep-Strahlen*, ggf. mit (eisenglimmerhaltiger) Haftvermittlerschicht	- eisenglimmerhaltige Haftvermittlerschicht - Aufbau des geplanten Systems ohne Zn-GB
Verzinkter Stahl	Nicht empfohlen	Ohne Beschichtung	Nicht empfohlen
Nichtrostender Stahl	Nicht empfohlen	Nicht empfohlen	Ohne
*) an allen Schraubverbindungen dürfen in den Schrauben- und U-Scheibenflächen vor der Verbindungsmittelmontage keine Dickbeschichtungen vorhanden sein			

Beschichtung von nichtrostendem Stahl

Zur Vermeidung von Kontaktkorrosion bei Verwendung von unterschiedlichen Werkstoffen ist der Einsatz von Bau- und Ausrüstungsteilen aus feuerverzinktem und nichtrostendem Stahl in Verbindung mit Baustahl zu minimieren. Diesbezüglich sind die Einsatzvorschriften des Merkblattes „Einsatz von nichtrostendem Stahl im Stahlwasserbau“ (MNIS) [13] der Bundesanstalt für Wasserbau zu beachten. Alle funktional nicht benötigten Bereiche der Bauteile aus nichtrostendem Stahl einschließlich Mischnähte sind grundsätzlich zu beschichten. Für die Beschichtung von Oberflächen aus nichtrostendem Stahl sind nach dem Sweepen geeignete Beschichtungssysteme einzusetzen. Unbeschichtet bleiben nur bestimmte Bereiche, wie z. B. Laufflächen von Rädern und Dichtflächen.

Das Beschichten von nichtrostendem Stahl ist sinnvoll, wenn diese Bauteile eine großflächige Kathode darstellen. Die Oberflächen von zu beschichtenden Flächen einschließlich der Mischnahtbereiche von Schweißverbindungen mit unlegiertem Baustahl sind durch Strahlen mit ferritfreiem Strahlmittel (siehe 5.3, Tabelle 6) zum Vorbereitungsgrad in Anlehnung an Sa 2½ nach DIN EN ISO 12944-4 und einer Rauheit fein bis mittel (G) nach DIN 8503-1 in der Leistungsbeschreibung vorzugeben. Die Flächenvorbereitung kann Rauheiten mit R_{y5} von 25 bis 60 µm (siehe 5.3.1) erreichen.

4 Hinweise für die Leistungsbeschreibung (Baubeschreibung und Leistungsverzeichnis)

Einleitung und Hinweise

Die Baubeschreibung sollte allgemeine Aussagen zu den Schutzzielen des Bauobjektes und Anforderungen an die spätere Nutzung beinhalten, z. B. Angabe der Korrosivitätskategorie: Das Objekt soll z. B. für eine Schutzdauer lang (Stahlwasserbau) oder sehr lang (Stahlhochbau), d. h. 15-25 oder >25 Jahre geschützt sein, soll widerstandsfähig gegen Stoßbelastungen aus Schiffsbetrieb sein usw.

Die Rangfolge der Vertragsbedingungen ergibt sich aus den besonderen Vertragsbedingungen (im Bereich der WSV Formblatt 352-B).

4.1 Baubeschreibung

Da die mitgeltenden „statischen“ / starren Vertragsbedingungen (ZTV-W, BVB, DIN usw.) vielfach verschiedene Verfahren und Möglichkeiten zulassen, sind in diesen Fällen in der Baubeschreibung oder im Leistungsverzeichnis (LV) konkretere Festlegungen zu treffen. Hierzu zählen Angaben wie:

- Umfang der Kontrollprüfungen (Abschnitte 5.5.1, 5.5.2, 5.5.3)
- Art, Größe, Lage und Anzahl eventueller Kontrollflächen (Abschnitt 5.5.4)
- Anzahl der herzustellenden Prüfplatten (Abschnitt 5.5.4)
- Arbeits- und Umweltschutz (Abschnitt 5.6)
- Weitere Angaben nach VOB/C, DIN 18299, DIN 18364 und ggf. weitere spezifische Normen

Die Empfehlungen dieses AK-Dokumentes, die über die aktuelle Normung hinausgehen, müssen insbesondere in der Baubeschreibung oder im Leistungsverzeichnis aufgenommen werden, falls sie so vereinbart werden sollen.

4.2 Leistungsverzeichnis

Die LV-Positionen für den Korrosionsschutz sind entsprechend dem STLK 218 [2] auszuschreiben. Dabei ist Folgendes zu beachten:

- Für eine neu zu beschichtende Fläche werden nur noch zwei STLK-Positionen benötigt: die Oberflächenvorbereitung nach Abschnitt 1 bzw. 2 und das Beschichtungssystem nach Abschnitt 3. Das Reinigen von Bewuchs, Salzbelastung u. a., das Erstellen eines Abnahmezeugnisses 3.2 für besonders ausgewiesene Bauteile und das Herstellen und Beschichten von Prüfplatten als Rückstellproben sind besondere Leistungen und müssen in einer eigenen LV-Position beschrieben werden (ZTV-W 218, Abs. 6.2, (122)). Zu letzterem gibt es mehrere Möglichkeiten: in zwei Positionen mit Herstellung nach STLK LB 216/1 und Beschichten nach STLK 218 oder falls erforderlich in einer Position als Freitext mit Hinweis auf ZTV-W LB 218 (42).
- Deklarationsanalysen (Probenahme, Analyse) erfolgen in gesonderten Positionen.
- Aufnahme möglicher Positionen entsprechend dem Ergebnis eventueller Deklarationsanalysen der zu entfernenden Altbeschichtung, s. Abschnitt 5.6.
- Hinsichtlich der besonderen Leistungen bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen nach DIN 18299 und DIN 18364 (VOB/C) wird auf die Ausschreibungstexte der „Blauen Mappe“ [15] der Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft verwiesen.

4.3 Sonstiges

Bei der Festlegung der Eignungskriterien für die zu vergebenden Bauleistung ist Folgendes zu beachten:

Mit Abgabe eines Teilnahmeantrags bzw. eines Angebots hat der Bewerber/Bieter eine Eigenerklärung seiner betrieblichen Eignung zur Durchführung von Korrosionsschutzarbeiten gemäß ZTV-W LB 218 [1] (17) zu erbringen. In die Aufforderung zum Teilnahmewettbewerb sind die auf gesondertes Verlangen zur Bestätigung der Eigenerklärung vorzulegenden Unterlagen (z. B. Referenzen über allgemeine und vergleichbare Projekte, betriebliche Einrichtungen, Geräte zur sachgerechten Applikation, Beschäftigung von ausführendem und beaufsichtigendem Personal) aufzunehmen. Zum Nachweis der Ausbildung und Qualifizierung des Personals entsprechend den Festlegungen nach ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3 [5] bzw. ZTV-W LB 218 [1] (18) ist der Besitz eines KOR-Scheins durch den Vorarbeiter zwingend erforderlich und auf Verlangen vor Beginn der Arbeiten gemäß ZTV-W LB 218 [1] (17) vorzulegen. Unter Umständen ist die Vorlage eines Zertifikates des vorgesehenen Entsorgungsbetriebes vorzulegen (siehe auch Abschnitt 5.6.2, Pkt. 4).

Bei Bedarf ist ZTV-W 202 „Technische Bearbeitung“ als Vertragsbestandteil mit zu vereinbaren.

Unter Umständen ist die Vorlage eines Zertifikates des vorgesehenen Entsorgungsbetriebes vorzulegen (siehe auch Abschnitt 5.6.2, Pkt. 4)

5 Ausführung

5.1 Korrosionsschutzgerechte Stahlbaufertigung – Neubau

Die Oberfläche der für die Herstellung der Stahlbauteile verwendeten Profile und Bleche ist im Zuge der Wareneingangskontrolle auf das Vorhandensein von löslichen Salzen zu überprüfen (siehe Abschnitt 5.3.1). Bei Verunreinigungen durch lösliche Salze $>50 \text{ mg/m}^2$ ist ein zusätzlicher Arbeitsgang Waschen vor dem Strahlen auszuführen, siehe ZTV-W LB 218 [1] (25, 26).

Zur stahlbaulichen Fertigung gehört die Oberflächenvorbereitung nach DIN EN ISO 8501-3. Für Korrosivitätskategorien größer C4 in Verbindung mit hoher Schutzdauer und damit auch für die Immersionskategorien Im1 – Im4, unter die der Stahlwasserbau fällt, fordert DIN EN ISO 12944-3 den höchsten Vorbereitungsgrad P3.

Die bestmögliche Oberflächenvorbereitung ist immer vorteilhaft für den Korrosionsschutz. Manche der Forderungen, die sich aus der Festlegung auf den Vorbereitungsgrad P3 ergeben, sind allerdings stahlbaulich nicht praktikabel bzw. übermäßig aufwändig. Aus diesem Grund wurde von den Bearbeitern der ZTV-W LB 216/1 (Stahlwasserbau) und LB 218 (Korrosionsschutz im Stahlwasserbau) sowie der BAW eine praktische Tabelle erarbeitet, in der der Vorbereitungsgrad nach Details differenziert und kommentiert wird, siehe Tabelle 4. Diese Differenzierung ist in der ZTV-W LB 216/1 [16] als Anhang 2 umgesetzt.

Es wird empfohlen, die Vorbereitungsgrade bauwirtschaftlich im Einzelfall in der Baubeschreibung festzulegen, d. h. Bestimmung in Abhängigkeit des Bauteils und der zugehörigen Korrosivitätskategorie, siehe DIN EN 1090-2, Kap. 4.1.3. Dies gilt speziell für Korrosionsschutzarbeiten an Bestandsbauwerken, wo unter Umständen keine Stahlbautätigkeiten wie z. B. ein Einebnen von Schweißnähten oder ein Brechen von Kanten angebracht sind.

Unterbrochene Schweißnähte sind zulässig. Thermisch geschnittene Kanten sind zu schleifen zwecks Entfernung der Aufhärtungsbereiche [ZTV-W LB 216/1 [16]]. Diese Bearbeitung ist Voraussetzung für die Realisierung der erforderlichen Rauheit der Oberfläche beim Strahlen. Die Größe der Aufhärtung ist u. a. abhängig von

- der Stahlgüte,
- dem Schneidverfahren (autogenes, Plasma- bzw. Laser-Verfahren),
- der Materialdicke (Temperaturverlauf).

Zur Festlegung des zu entfernenden Materials wird vor Ausführungsbeginn eine Verfahrensprüfung mit entsprechender Anfertigung, Bearbeitung und Probestrahlung sowie Rauheitsmessung empfohlen.

Die Bauteiloberfläche ist nach dem Strahlen zwingend nochmals auf Freiheit von Unregelmäßigkeiten zu überprüfen, siehe Merkblatt für Kontrollprüfungen bei Stahlwasserbauten (MeKS) [17] und ggf. nachzuarbeiten (gesonderter Verfahrensschritt). Prüfschwerpunkte sind in Tabelle 4, Spalte 4, zusammengestellt.

Tabelle 4: Anforderungen Vorbereitungsgrad P3 nach Stahlbau und Oberflächenvorbereitung (nach DIN EN ISO 8501-3, Spalte 1-3) und Prüfschwerpunkte (Spalte 4)

Art der Unregelmäßigkeit	Vereinbarter Vorbereitungsgrad nach ZTV-W LB 216/1	Kommentar	Prüfschwerpunkte
1 Schweißnähte			
1.1 Schweiß-spritzer	P3	Dies geht über die bisherigen Forderungen der ZTV-W LB 216/1 für nicht ermüdungsbeanspruchte Bauteile hinaus.	Prüfung auch nach der Oberflächenvorbereitung
1.2 Geriffelte/profilierter Schweißnaht	P2	Die zwingende Bearbeitung aller Schweißnähte ist unnötiger Aufwand. P2 ist ausreichend, da die gemäß ZTV-W LB 216/1 geforderte Bewertungsgruppe normalerweise eine ausreichend ebene Oberfläche liefert. Durch Nachschleifen werden immer Kerben erzeugt, die entgegen den Anforderungen nach Bewertungsgruppe B stehen.	-
1.3 Schweißschlacke	P3	-	Prüfung auch nach der Oberflächenvorbereitung
1.4 Randkerbe	P2 bzw. P3 bei ermüdungsbeanspruchten Bauteilen	Aus Sicht des Korrosionsschutzes wäre P2 ausreichend, für ermüdungsbeanspruchte Bauteile gilt nach ZTV-W LB 216/1 P3.	Prüfung auch nach der Oberflächenvorbereitung (Freilegung der schlackgefüllten Randkerben beim Strahlen möglich)
1.5 Schweißporosität	P3	Bewertungsgruppe B nach DIN EN ISO 5817	Prüfung auch nach der Oberflächenvorbereitung (Öffnung der Poren beim Strahlen möglich)
1.6 Krater am Schweißnahtende	P3	Aus Sicht des Korrosionsschutzes wäre P2 ausreichend, bei Bewertungsgruppe B (erforderlich bei EXC3) nach DIN EN ISO 5817 nicht zulässig. P3 wird durch die Anforderung an die Schweißnaht erreicht.	Prüfung auch nach der Oberflächenvorbereitung (Freilegung der schlackgefüllten Krater beim Strahlen möglich)

Art der Unregelmäßigkeit	Vereinbarter Vorbereitungsgrad nach ZTV-W LB 216/1	Kommentar	Prüf Schwerpunkte
2 Kanten			
2.1 Gewalzte Kanten	P3 An freien scharfen Kanten muss durch Nacharbeiten ein Radius von 2 mm hergestellt werden. In Bereichen in denen keine Rundung mehr möglich ist, können alternativ die scharfen Kanten auch unter 45° gebrochen werden.	Durch den Walzprozess sind die gewalzten Kanten i.d.R. bereits ausreichend gerundet.	-
2.2 Kanten hergestellt durch Stanzen, Schneiden oder Sägen	P3 In Bereichen in denen keine Rundung mehr möglich ist, können alternativ die scharfen Kanten auch unter 45° gebrochen werden.	P3 ist hier für den Korrosionsschutz wichtig. An kleinen Löchern ist ein 2 mm Radius nicht realistisch umsetzbar. Ausnahme: bei unverschlossenen Löchern mit geringem Radius (auch kleine Radien z. B. an Freischnitten) sind die Kanten zu brechen.	Bohrlöcher sind zu entgraten (Senken)
2.3 Thermisch geschnittene Kanten	P3 In Bereichen in denen keine Rundung mehr möglich ist, können alternativ die scharfen Kanten auch unter 45° gebrochen werden.	-	Entfernung der Aufhärtung durch Abtrag bis zur Beseitigung der Riefen (Sicherstellung der Rauheit mittel (G) nach DIN EN ISO 8503-1 durch Strahlen)
3 Oberflächen allgemein			
3.1 Löcher und Krater	P2 Scharfkantige Oberflächenfehler mit einem Kantenradius kleiner 2 mm sind auf P3 zu bearbeiten.	DIN EN 10163-1 und -2 geben Grenzwerte vor, ab denen eine Ausbesserung zu erfolgen hat und in der ZTV-W 216 sind die mindestens einzuhaltenden Klassen benannt. Lediglich scharfkantige Oberflächenfehler mit einem Kantenradius kleiner 2 mm (P2), die nicht durch die o. g. Regeln abgedeckt werden, sind zu bearbeiten.	Ausschleifen mit einem Winkel von 45 °

Art der Unregelmäßigkeit	Vereinbarter Vorbereitungsgrad nach ZTV-W LB 216/1	Kommentar	Prüfeschwerpunkte
3.2 Schuppen	P3	-	Prüfung auch nach der Oberflächenvorbereitung (Schuppen werden teilweise neu aufgestellt beim Strahlen)
3.3 Überwalsungen/ Trennungen (Dopplungen)	P3	-	Prüfung auch nach der Oberflächenvorbereitung (Überwalsungen werden teilweise freigelegt beim Strahlen)
3.4 Eingewalzte Fremdstoffe	P3	-	Prüfung auch nach der Oberflächenvorbereitung
3.5 Riefen und Furchen	P2 Scharfkantige Oberflächenfehler mit einem Kantenradius kleiner 2 mm sind auf P2 zu bearbeiten bzw. P3 bei ermüdungsbeanspruchten Bauteilen	Umfang von 3.1 wäre für den Korrosionsschutz ausreichend, für ermüdungsbeanspruchte Bauteile gilt nach ZTV-W LB 216/1 P3, ansonsten siehe Bemerkung zu 3.1	-
3.6 Eindrücke und Markierungen vom Walzen	P2 Scharfkantige Oberflächenfehler mit einem Kantenradius kleiner 2 mm, sind auf P2 zu bearbeiten bzw. P3 bei ermüdungsbeanspruchten Bauteilen	Umfang von 3.1 wäre für den Korrosionsschutz ausreichend, für ermüdungsbeanspruchte Bauteile gilt nach ZTV-W LB 216/1 P3, ansonsten siehe Bemerkung zu 3.1	Auch frei von Grat und Veränderungen an den Kanten z. B. durch Anschlagmittel

5.2 Sonderprodukte

„Unterwasseranstriche“ sind tatsächlich für die Verarbeitung im Tauchgang formuliert, bedürfen aber für gewöhnlich einer Ausführung durch Spezialisten. Die Prüfungen unterliegen den Vorschriften der RPB [7], wobei grundsätzlich die Applikation der Prüftafeln sozusagen im Trockenen erfolgt.

Fertigungsbeschichtungen, sogenannte shop primer, dienen dem temporären Schutz beim Transport und während der Ausführungen der Stahlbauarbeiten. Sie sind nicht Teil der Systeme in den Zulassungsprüfungen und nach ZTV-W LB 218 [1] (16) vor Beginn der Korrosionsschutzarbeiten durch Strahlen zu entfernen (siehe auch ZTV-W LB 216/1 [16]).

Beschichten von besonderen Bauteilen

Für Maschinenbau-Bauteile und Bauteile, die nur teilweise dem Stahlwasserbau zuzuordnen sind, gilt es, auf die strikte Trennung zwischen der ZTV-W und der ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3 [5] hinzuweisen, d. h. diese Trennung ist in der Baubeschreibung festzulegen. Es wird empfohlen, daher nur die wasserbenetzten Flächen dieser Bauteile entsprechend der ZTV-W LB 218 zu beschichten. Dies gilt im Übrigen auch für Seeschiffahrtszeichen und Schiffe der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (MKWAS [18]).

Die Farbgebung von Seezeichen, Schifffahrtszeichen und Schiffen kann, bei Umgehung der Tagesleuchtfarben, entsprechend vorgenommen werden. Hierfür gilt das entsprechende Merkblatt (MKWAS [18]).

Feuerverzinken

Feuerverzinkung ist grundsätzlich nicht als Substrat bzw. Ersatz für Stahlwasserbaubeschichtungen vorgesehen, da das unedle amphotere Zink in natürlichen Gewässern erhebliche Abtragsraten aufweist und bei Dauerfeuchte bzw. in Gegenwart von Salz nicht korrosionsbeständige, lockere Reaktionsprodukte (Weißrost) ausbildet. Damit ist die Feuerverzinkung lediglich für Ausrüstungsteile des Stahlwasserbaus bzw. für Stahlbauteile des Stahlhochbaus gestattet. Stehen feuerverzinkte Oberflächen in Kontakt mit unlegiertem Baustahl oder sogar nichtrostendem Stahl, so kommt es in Kombination mit Wasser zur Kontaktkorrosion der Zinkschicht und somit zur schnellen Auflösung.

Soll eine Feuerverzinkung beschichtet werden, so ist eine erforderliche Oberflächenvorbereitung durch Sweepen durchzuführen. Das Sweepen kann entfallen, wenn eine Beschichtung unmittelbar und ohne Zwischenbewitterung ausgeführt wird. Grundsätzlich sind nur für Duplex geeignete Beschichtungssysteme einzusetzen.

Der einzusetzende Baustahl muss nach DIN EN ISO 10025 für eine Stückverzinkung geeignet sein (Baustähle Nr. 1 und Nr. 3). Die Zinkschichtdicke soll den Vorgaben in Abhängigkeit der Stahlstärke nach DIN EN ISO 1461 entsprechen und kann mit magnetinduktiven Messgeräten nach DIN EN ISO 2178 gemessen werden. Zur feuerverzinkungsgerechten Gestaltung ist der Anhang A der DIN EN ISO 14713 zu beachten (z. B. ausreichende Anzahl und Größe von Entgasungsöffnungen von Kameramasten).

Für Stahlbauteile nach ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3 [5] gilt: Alle zu verzinkenden Flächen sind wesentliche Flächen gemäß DIN EN ISO 1461. Die im Beiblatt 1 zur DIN EN ISO 1461 zum Ausbessern von Fehlstellen genannten Zinkstaub-Beschichtungsstoffe mit den Bindemitteln Epoxidharz- und 1K-Polyurethan müssen der TL/TP-KOR Stahlbauten [6], Anhang E, mit den Blättern 87 und 89 entsprechen. Als Oberflächengüte ist lokal Sa 2½ erforderlich. Zur Ausbesserung von Fehlstellen stückverzinkter Bauteile sind Zinklote und Zinksprays nicht zulässig, siehe ZTV-ING 4/3 [5] 4.3.4 (4).

Qualitätssicherung: Bei Beschichtung bereits im Verzinkungsbetrieb ist die Anforderung „t Zn b“ nach DIN EN ISO 1461 zu erfüllen. Werden feuerverzinkte Bauteile außerhalb des Verzinkungsbetriebes zusätzlich beschichtet (Duplex-Systeme), so ist die Anforderung „t Zn k“ zu erfüllen. Die feuerverzinkte Oberfläche muss die Anforderungen zur Ausführung einer optisch und technisch einwandfreien Beschichtung erfüllen. Alle Unebenheiten wie Schlackeneinschlüsse, Flussmittelreste, Hartzinkkristalle und sogenannte Haifischzähne sind nicht zulässig und müssen entfernt werden. Zusätzlich ist ein Feinverputzen der Feuerverzinkung erforderlich.

5.3 Oberflächenvorbereitung

Die Oberflächenvorbereitung beginnt bereits vor der erforderlichen Präparation des Stahlsubstrats für die Beschichtung. Wesentliche Teile hat dabei bereits der Stahlbauer zu übernehmen, siehe auch ZTV-W LB 216/1 [16] Abschnitt 3.2. Einzelheiten sind in der DIN EN 1090-2 geregelt. Unter anderem sind auf Basis der ISO 8501 die Kanten zu brechen, Risse auszuschleifen und Schweißnähte zu glätten, siehe Abschnitt 5.1. Weitere Auswirkungen der DIN 1090-2 auf den Stahlbau und Korrosionsschutz sind im Stahlbaukalender 2015 [19] Kapitel 5.3 DIN 1090-2 Auswirkungen für den Stahlbau und Korrosionsschutz, S. 367-408, ausgeführt.

5.3.1 Vorbereitungsverfahren und Reinigen

Für die Durchführung der Oberflächenvorbereitung bestehen folgende spezifische Anforderungen:

Tabelle 5: Anforderungen an die Oberflächenvorbereitung bei Erstschutz und Vollerneuerung

	Unlegierter Baustahl	Feuerverzinkung und nichtrostender Stahl
Vorbereitungsverfahren	Strahlentrostung	Sweepen
Vorbereitungsgrad	Sa 2½	mattes Aussehen der Oberfläche
Strahlmittel	metallisch oder mineralisch	ferritfrei
Kornform Strahlmittel	Grit (kantig)	Grit (kantig)
Rauheit Vergleichsmuster	mittel (G)	fein (G) bis mittel (G)
Rauheit Tastschnittmessung	R _{V5} >60 bis <100 µm	R _{V5} >25 bis <60 µm
Rauheit über magnetinduktive Schichtdickenmessung	R _{V5} (Anzeige) ≥40 bis 50 µm	Feuerverzinkung R _{V5} (Anzeige) ≥15 bis 30 µm
Materialabtrag	unbedeutend	max. 15 µm

Bei Mischbauweise unlegierter Stahl / nichtrostender Stahl ist die Mischnaht mit ferritfreiem Strahlmittel von mindestens 20 mm bis maximal 50 mm auf den nichtrostenden Stahl übergehend mit vorzubereiten.

Die vorbereiteten Flächen sind durch Abblasen, Abkehren, Absaugen oder kombinierte Anwendung dieser Verfahren zu entstauben, sodass die Grenzwerte Staubmenge ≤m2 und Staubgröße ≤g2 nach DIN SPEC 55684 (vgl. auch DIN-Fachbericht 28 [20]) eingehalten werden.

Die Belastung der zu beschichtenden Oberflächen durch lösliche Salze darf 50 mg/m² nicht überschreiten (DIN SPEC 55684). Die Oberfläche von neu herzustellenden Stahlbauteilen oder im Bestand vorhandenen Anlagenteilen ist deshalb nach der Oberflächenvorbereitung auf das Vorhandensein von Salzverunreinigungen zu überprüfen. Dafür geeignete Prüfverfahren sind das Bresle-Verfahren nach DIN EN ISO 8502-6 und die Bestimmung der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit der Prüfflüssigkeit nach DIN EN ISO 8502-9.

Bei Erfordernis ist die Oberfläche durch ein dafür geeignetes Reinigungsverfahren, z. B. Hochdruckheißwasser- oder Dampfstrahlen, zu reinigen, siehe ZTV-W LB 218 [1] (25). Wird der notwendige Reinigungseffekt nicht erreicht, ist die Reinigung zu wiederholen.

Zur Reinigung und Vorbereitung durch Druckluftstrahlen kommen folgende Strahlmittel zum Einsatz:

Tabelle 6: Übersicht und Einsatzgebiete von Strahlmitteln

Strahlmittel	Handelsname/ Bezeichnung	Eigenschaft	Einsatzgebiet
Aluminumoxid weiß	Edelkorund	- eisenfreies Mehrwegstrahlmittel - sehr hart und spröde - aggressiv im Abtrag	- Reinigung metallischer Oberflächen mit Materialabtrag - Entfernen von Rost- und Zunderschichten - Entfernen von Beschichtungen auf Stahl - Einsatz bei CrNi-Stahl und Entfernung von Anlauffarben
Aluminumoxid braun	Normalkorund	- eisenhaltiges Mehrwegstrahlmittel - zäh und hart - im Vergleich zu Edelkorund spröde und weniger standfest	- Reinigung von metallischen Oberflächen - nicht für CrNi-Stahl geeignet - Entfernen von Rost und Zunderschichten - Entfernen von Beschichtungstoffen auf Stahl
Granatsand	Natürliches Eisen- Aluminium- silikat	- eisenhaltiges Einwegstrahlmittel mit kantigem Korn - natürlicher Sand mit aggressiver Reinigungswirkung	- nicht für den Einsatz auf CrNi-Stählen und NE-Metallen geeignet - Entfernen von Beschichtungen, Rost und Zunder von metallischen Oberflächen - Entfernen von hartnäckigen Verschmutzungen - Fassadenreinigungen
Glaskugeln		- eisenfreies Einwegstrahlmittel - schonende Reinigung mit geringer abrasiver Wirkung	- Entfernen von Rost und Zunder von empfindlichen Flächen - zum Strahlen von Guss- und Formstücken - zum Verfestigen von Oberflächen (Shot Peening) - Reinigen, Sweepen und Strahlen von CrNi-Stahl und feuerverzinkten Flächen
Eisensilikat- gestein	Kupferhütten- schlacke MCU	- extreme Härte - hohe Zähigkeit - staubarm	- Strahlvorgänge auf nahezu allen Materialien - nicht für empfindliche Oberflächen - auch zum Feuchtstrahlen geeignet - Weiterverwertung der Strahlmittelrückstände durch Einschmelzen der Schlacke - für Feuerverzinkungen

Hochofenschlacke	Schmelzkammerschlacke MSK	• Hochofenschlacke aus der Stahlproduktion • kantige Kornform • glasig amorph • helle, sandähnliche Farbe	• Verwendung als Strahlmittel auf nahezu allen Untergründen • besonders für Naturstein und Betonoberflächen geeignet • für Feuerverzinkungen
Hartgusskies, Stahlkies	Steelgrit	• metallisches Strahlmittel, aus der Zerkleinerung von Hartgussteilchen gewonnen • Mehrwegstrahlmittel mit bis zu 70 Umläufen • sehr hart • scharfkantige Form • Material stumpft durch wiederholte Strahlprozesse langsam ab	• Einsatz in Druckluftanlagen mit Reinigungsanlagen • Einsatz auf Baustellen nur bei extrem guter Abdichtung • korrodiert bereits bei hoher Luftfeuchtigkeit und verklumpt • hoher Energiebedarf für die Strahlmittelreinigung notwendig
Stahlkugeln	Steelshot	• Metallisches Strahlmittel • runde, kugelige Form • durch Siebung genormte Kugeldurchmesser	• Verwendung in Schleuderstrahlanlagen • Härten die Stahloberfläche auf durch die kugelige Form

Beim Sweepen besitzt das Strahlgut in der Regel eine Korngröße von 0,2 bis 0,5 mm, beim Strahlen eine Korngröße von 0,6 bis 1,4 mm.

5.3.2 Zwischenreinigung

Zunächst sind Hinweise zu Zwischenstandzeiten und Belastungen für bereits vorbereitete Stahloberflächen oder schon aufgebrachte Beschichtungen zu beachten. Unterschiedliche Stoffgruppen können unterschiedlich lange überarbeitet werden. Hier ist das Technische Datenblatt des Herstellers zu konsultieren. Gegebenenfalls muss die vorgelegte Schicht angesweept werden.

Grundsätzlich sind bereits vorbereitete Stahloberflächen umgehend mit einem Korrosionsschutz (Grundbeschichtung oder Fertigungsbeschichtung) zu versehen. Die weiteren Zwischen- und Deckschichten sind unverzüglich aufzubringen, siehe auch ZTV-W LB 218 [1] (26), (27) und (38). Treten zwischen den einzelnen Applikationsschritten zeitliche Verzögerungen auf, so sind die Vorgaben der Stoffhersteller für die Dauer der Zwischenstandzeit zu beachten. Sofern Zweifel an der Überarbeitbarkeit der Beschichtung bestehen, ist die bereits vorgelegte Schicht zu sweepen oder mit Hochdruck-Wasserstrahlen mit abrasivem Zusatz zu bearbeiten. Hierdurch werden Zwischenhaftungsprobleme vermieden.

Sind bereits bei der Planung längere Zwischenstandzeiten zu erwarten, so sind die erforderlichen Oberflächenvorbereitungsverfahren (Sweepen, Hochdruck-Wasserstrahlen, Waschen etc.) als Einzelpositionen in die Ausschreibung aufzunehmen. Die Dauer der Überarbeitungszeiten ist entsprechend der Stoffgruppen unterschiedlich. Hierüber geben die Technischen Datenblätter des Stoffherstellers genauere Auskunft.

Gemäß ZTV-W LB 218 [1] (25) bis (27) kann eine Reinigung der Stahlfläche bzw. der Altbeschichtung (z. B. vor der Ausbesserung oder bei Salzbelastung sowie bei der Inspektion) vor dem Abstrahlen erforderlich sein. Hierzu eignen sich Verfahren des sog. Wasserwaschens bzw. -strahlens (siehe Verfahren Nr. 1 bis 3 der Tabelle 7; Einteilung der Wasserstrahlverfahren). Diese sind grundsätzlich bei längeren Standzeiten und bei Verschmutzungen vorzusehen. Gegebenenfalls ist diese Leistung in einer gesonderten Position aufzunehmen. Verfahren Nr. 4 ist auch zur Entschichtung geeignet. Je nach Regelwerk ist auf die unterschiedlichen Begrifflichkeiten bzw. Druckangaben zu achten.

Tabelle 7: Einteilung der Wasserwasch- und Wasserstrahlverfahren

Nr.	DIN EN ISO 8501-4	DIN EN ISO 8501-4 bzw. NACE VIS 7 / SSPC-VIS 4
1	-	Niederdruck-Wasserreinigen <34 MPa
2	-	Hochdruck-Wasserreinigen 34 bis 70 MPa
3	Hochdruck-Wasserwaschen 70 bis 200 MPa	Hochdruck-Wasserwaschen 70 bis 200 MPa
4	Ultrahochdruck-Wasserwaschen >200 MPa	-

1 MPa = 10 bar = 145,083 psi

Hinweis auf mögliche Verunreinigungen

Grundsätzlich sollte darauf geachtet werden, Stahlbaufertigungen und durchzuführende zerstörungsfreie Prüfungen (ZfP) möglichst öl- und fettfrei durchzuführen, siehe auch ZTV-W LB 216/1 [16] (18). Der Einsatz von Spritzer-abweisenden Mitteln beim Schweißen und die Anwendung von Silikonen und Silikonölen sind ggf. in den Vertragsunterlagen zu verbieten. Schwerpunkte der öl- und fettfreien Fertigung und Prüfung sind:

- Verwendung von ölfreien Mitteln bei allen Trenn-, Bohr- und Bearbeitungsvorgängen
- Verwendung von ölfreien Prüfmitteln und Prüfhilfsmitteln für die Durchführung der zerstörungsfreien Materialprüfung

Bei unvermeidbarer Verunreinigung durch Öl und Fett ist nach Abschluss der Stahlbaufertigung vor der Oberflächenvorbereitung eine Reinigung der Stahloberfläche durch den Verursacher (Stahlbau) durchzuführen. Dafür ist eine Leistungsposition vorzusehen. Die dafür technisch notwendigen Voraussetzungen sind vom AN vor Beginn der Arbeiten nachzuweisen. Folgende Reinigungsverfahren sind in Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad anzuwenden:

- Örtliche Wischentfettung von lokalen Verunreinigungen mit dem Verdünnungsmittel des eingesetzten Beschichtungsstoffes
- Ganzflächige Entfettung durch Druckwasserwäsche mit Heißwasser oder Dampf vorzugsweise ohne Zusatz von Reinigungsmitteln; ist die Verwendung von Reinigungsmitteln notwendig, dann ist die Oberfläche mit Klarwasser nachzureinigen.

Die ordnungsgemäße Reinigung der Oberfläche ist vor der Oberflächenvorbereitung durch ein in DIN SPEC 55684 (vgl. auch DIN-Fachbericht 28 [20]) ausgewiesenes Prüfverfahren, z. B. Fettrotprüfung, zu kontrollieren und nachzuweisen.

5.4 Beschichten

Die Korrosionsschutzwirkung für das zu schützende Bauteil hängt wesentlich von der Qualität des Aufbringens der Beschichtung ab. Maßnahmen der Ausführung und Überwachung sind im Folgenden ausführlich beschrieben.

5.4.1 Ausführung der Neubeschichtung

Bei Durchführung der Beschichtungsarbeiten sind folgende Anforderungen zu berücksichtigen:

Tabelle 8: Durchführung der Beschichtungsarbeiten bei Erstschutz und Vollerneuerung

	Grundbeschichtung	Zwischenbeschichtung(en)	Deckbeschichtung
Vorbereitung	-	Abkleben / Abdecken von nicht zu beschichtenden Bereichen wie Kontaktflächen von Schraubenverbindungen, Bohrungen usw.	
Applikationsverfahren	Streichen oder Spritzen Rollen nur für Nachlegen von Unterschichtdicken	Spritzen oder Streichen Rollen der Einzelbeschichtungen nur in 2 Arbeitsgängen unter Einhaltung der vorgegebenen Zwischentrockenzeiten und wenn es der Hersteller explizit zulässt	
bevorzugte Verfahrensweise	Spritzen Nachlegen von Spritzschatten, Freischnitten, Bohrungen, schwer zugänglichen Bereichen usw. zur sicheren Einhaltung des vorgegebenen Schichtdickenfensters Vorlegen ist alternativ ebenfalls zulässig unter Einhaltung der Zwischentrockenzeit nach Produktdatenblatt	Vorlegen nur 1. Zwischenbeschichtung zur Vermeidung zu hoher Schichtdicken, alle Kanten umgreifend, Freischnitte, alle Schweißnähte, schwer zugängliche Bereiche – Kantenschutz entfällt	Vorlegen schwer zugänglicher Bereiche, Freischnitte, frei liegende Bohrungen, Schweißnähte, Kanten usw.
Farbton	Wechsel zwischen allen Einzelbeschichtungen		
Overspray	Vermeidung auf unbeschichteter Oberfläche, ggf. durch Abdeckung Wenn nicht vermeidbar: gründliche Beseitigung mittels geeigneter Werkzeuge (Schaber, Spachtel o. ä.)		
Zwischentrockenzeit	mindestens 48 Stunden nach ganzflächiger Beschichtung (außer bei Überarbeitung mit sich selbst oder nachgelegten Bereichen)	nach Produktdatenblatt	
max. zulässige Schichtdicke	2-fache Sollschichtdicke	2-fache Sollschichtdicke nach Abstimmung zwischen Auftraggeber, Auftragnehmer und Beschichtungsstoffhersteller sind stellenweise höhere Schichtdicken möglich	
min. Schichtdicke	Die Spitzen der gestrahlten Stahloberfläche müssen nachweislich überdeckt sein, siehe auch Bild 1	80% der Sollschichtdicke	

mittlere Schichtdicke	Sollschichtdicke	Sollschichtdicke
Nachbereitung	rückstandsfreie Beseitigung von Abklebungen und Abdeckungen vorzugsweise unmittelbar nach dem Beschichten	

Hinweise für die Beschichtung von Kanten

Korrosionstechnisch sind Bauteilkanten stets problematischer als glatte Flächen einer Konstruktion. An Bauteilkanten können korrosive Medien intensiver angreifen. Sie sind durch mechanische Einflüsse stets stärker gefährdet als andere Bereiche. Aus diesem Grunde muss an Bauteilkanten für herkömmliche Korrosionsschutzsysteme mit einer deutlichen Beeinträchtigung der Schutzwirkung gerechnet werden, wenn nicht besondere Maßnahmen ergriffen werden.

Auslöser ist der physikalische Effekt der Kantenflucht, der bewirkt, dass Flüssigkeiten sich aufgrund ihrer Oberflächenspannung stets von Bauteilkanten zurückziehen, um einer Tropfenform nahezukommen. Dieses hat zur Folge, dass eine flüssige Beschichtung an Werkstückkanten stets deutlich dünner ausfällt als auf den benachbarten glatten Flächenbereichen. Da die Wirksamkeit eines Korrosionsschutzes jedoch im Wesentlichen auch von seiner vorhandenen Schichtdicke abhängt, können sich hieraus Korrosionsprobleme entwickeln.

Das geschilderte Phänomen tritt natürlich umso stärker auf, je schärfer die Kante ausgebildet ist. Zur Vermeidung der Kantenflucht sind die Kanten zu runden und die Beschichtung vorzulegen.

5.4.2 Ausführung der Instandsetzungsbeschichtung an gefahrstofffreien Beschichtungen

Instandsetzung durch Ausbesserung

Bei der Ausbesserung lokaler Korrosionsstellen und montagebedingt zu beschichtender Bereiche (z. B. Montageschweißnahtbereiche) ist in Abhängigkeit von deren Größe wie folgt zu verfahren:

Tabelle 9: Instandsetzung des Korrosionsschutzes durch Ausbesserung

Arbeitsschritt / Technische Parameter	Großflächige Schadstellen >25 cm ²	Kleinflächige Schadstellen ≤25 cm ²
Oberflächenvorbereitung Schadstelle		
Prüfung der Oberfläche auf Öl- und Fettverunreinigungen analog zu Erstschutz und Vollerneuerung		
Vorbereitungsverfahren (1)	partiell Strahlen	
Vorbereitungsverfahren (2)	-	partiell maschinelles Schleifen PMA + Nacharbeit z. B. mit Bristle Blaster
Vorbereitungsgrad	PSa 2½	
Strahlmittel	mineralisch bzw. ferritfrei für nichtrostenden Stahl / Zinküberzug	
Oberflächenvorbereitung Übergangsbereiche intakte Bestandsbeschichtung		
Randbereiche Schadstellen	Aufrauen mindestens 50 mm umlaufend um die Schadstelle	
Reinigung vor Beschichtungsausführung		
Reinigung zu beschichtende Flächen	Abkehren, Abblasen, Absaugen oder Kombination	

Prüfung auf Verunreinigungen durch lösliche Salze	Verfahrensweise und Parameter analog zu Erstschutz und Vollerneuerung	
Beschichtung		
Zinkstaub-Grundbeschichtung	nur Stahloberfläche ohne Überlappung zur Bestandsbeschichtung	entfällt
Alternative Grundbeschichtung (zinkstaubfrei)	Stahloberfläche mit Überlappung zur Bestandsbeschichtung	
Zwischen-/ Deckbeschichtung	Herstellung spezifizierter Systemaufbau	

Bei der Durchführung der Ausbesserungsarbeiten ist darauf zu achten, dass diese nur innerhalb der vorbereiteten Flächen ausgeführt werden.

Es wird empfohlen, in Abhängigkeit des Umfangs der örtlichen Schäden die Schadstellen zur örtlichen Ausbesserung durch Vorprüfung am Objekt zu kennzeichnen und das Sanierungsverfahren in Abhängigkeit von der Schadstellengröße festzulegen sowie am Objekt zu markieren.

Bei Korrosionsschutzarbeiten an alten Stahlbauteilen sind häufig Stahloberflächen anzutreffen, die tiefe Korrosionsmulden aufweisen. Sofern keine Standsicherheitsprobleme vorliegen, können die betroffenen Stahlbleche und -träger im Bauwerk verbleiben. Der Bericht zur Bauwerksinspektion kann hier evtl. Auskunft geben. Die Entscheidung hierzu ist möglichst früh – am besten schon vor Ausschreibungsbeginn – zu treffen, um die erforderliche Verfahrensbeschreibung zur Bearbeitung dieser Oberflächen bereits im Bauvertrag festschreiben zu können. Dadurch können Nachträge im Zuge der Bauabwicklung vermieden werden.

Das Bearbeiten der vernarbten Stahloberflächen erfordert eine Intensivierung sämtlicher Arbeitsprozesse – Entfernen der Altbeschichtungen oder des Rostes (Rostnester und Blattroste), Herstellung des Vorbereitungsgrades (evtl. Prüfung auf Salzbelastung / Bresle-Test erforderlich), Auftragen der Grund-, Zwischen- und Deckbeschichtungen – da die zu bearbeitenden Flächen mehr räumlich als flächig zu betrachten sind.

Oftmals setzt, bedingt durch die Korrosionsmulden, gerne auch in Verbindung mit Bauteildoppelungen (Spaltkorrosion), wieder ein schnelleres Rosten (Anlaufen) der Bauteiloberflächen ein. Daher empfiehlt es sich, unmittelbar nach Erreichen des Vorbereitungsgrades (grundsätzlich Sa 2½) und nach sachgerechter Reinigung der Oberflächen die entsprechende Grundbeschichtung aufzubringen. In Abhängigkeit des Korrosionsbildes ist die Grundbeschichtung mit dem Pinsel oder der Knolle in die vernarbte Oberfläche einzuarbeiten (ggf. Pinselhaare auf etwa 2 cm kürzen). Die Applikation im Airless-Spritzverfahren ist dabei meist nicht zielführend.

Häufig ist es sinnvoll, auch die erste Zwischenbeschichtung mit dem Pinsel aufzutragen. Danach kann die Applikation im Airless-Spritzverfahren fortgesetzt werden.

Korrosionsmulden können mit dem produktgleichen (vorzugweise lösemittelfreien) Beschichtungsstoff ggf. unter Einsatz von zusätzlichen Stellmitteln vor Applikation der ersten Zwischenbeschichtung aufgespachtelt bzw. egalisiert werden. Die Applikation der ersten Zwischenbeschichtung darf erst nach kompletter Aushärtung der Spachtelung erfolgen.

Instandsetzung durch Teilerneuerung

Für die Ausbesserung vorhandener Schadstellen vor der flächigen Teilerneuerung sind die Vorgaben gemäß der **Instandsetzung durch Ausbesserung** (s. o.) in der Baubeschreibung zu berücksichtigen und auszuführen. Es wird ebenfalls empfohlen, die Schadstellen zur örtlichen Ausbesserung durch Vorprüfung am Objekt

zu kennzeichnen und das Sanierungsverfahren in Abhängigkeit von der Schadstellengröße festzulegen sowie am Objekt zu markieren.

Bei der ganzflächigen Herstellung der Beschichtung auf der Bestandsbeschichtung nach örtlicher Instandsetzung ist wie folgt zu verfahren:

Tabelle 10: Instandsetzung des Korrosionsschutzes durch Teilerneuerung

Arbeitsschritt / Technische Parameter	Großflächige Objektbereiche	Kleinflächige Objektbereiche
Oberflächenvorbereitung Bestandsbeschichtung		
Reinigung	Beseitigung von Verschmutzungen, Bewuchs, Anhaftungen, Öl- und Fettverunreinigungen, lösliche Salze usw. durch dafür geeignete Reinigungsverfahren (Hochdruckheißwasser- oder Dampfstrahlen), Reinigungsparameter analog zu Erstschutz bzw. Vollerneuerung	
Vorbereitungsverfahren	Sweepen	Überschleifen mit Kunststoffschleifvlies
Vorbereitungsgrad	aufgeraute, matt aussehende, festhaftende Oberfläche, keine Durchschläge bis zum Stahl	deutlich sichtbare, flächige Bearbeitungsspuren, mattes Aussehen der festhaftenden Oberfläche
Strahlmittel	ferritfrei	-
Kornform Strahlmittel	Grit	-
Rauheit Vergleichsmuster	fein (G) bis mittel (G)	-
Rauheit Tastschnittmessung	R _{V5} >25 bis <60 µm	-
Materialabtrag (Richtwert) Bestandsbeschichtung	max. 30 µm	-
Reinigung vor Beschichtungsausführung		
Reinigung der gesamten Oberfläche	- Grobreinigung durch Abblasen - Feinreinigung durch Absaugen mit Bürste ggf. in Kombination mit Abkehren	
Randbereiche von Schadstellen	Anschleifen oder Sweepen mindestens 50 mm umlaufend um die Schadstelle	
Beschichtung		
Herstellung Instandsetzungsbeschichtung	ganzflächige Ausführung des spezifizierten Beschichtungssystems	

Bei Bedarf können Korrosionsmulden mit dem verwendeten lösemittelfreien Beschichtungsstoff (ggf. unter Einsatz von zusätzlichen Stellmitteln) reprofiliert werden.

5.4.3 Ausführung der Instandsetzungsbeschichtung an gefahrstoffhaltigen Beschichtungen

Werden zur Durchführung der Arbeiten eigene Beschäftigte eingesetzt, so hat der Arbeitgeber gemäß § 5 ArbSchG und § 6 GefStoffV eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen und die erforderlichen Maßnahmen zu veranlassen. Im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung als Bestandteil der Beurteilung der Arbeitsbedingungen nach § 5 des Arbeitsschutzgesetzes hat der Arbeitgeber festzustellen, ob die Beschäftigten Tätigkeiten mit Gefahrstoffen ausüben oder bei Tätigkeiten Gefahrstoffe entstehen oder freigesetzt werden können. Ausreichende Erkenntnisse über das Schadstoffpotenzial an der zu bearbeitenden Altbeschichtung im Stahl(wasser)bau erhält man i. d. R. durch eine Feststoff-Analyse auf Asbest, PAK, PCB und Blei.

Bei Arbeiten an gefahrstoffbelasteten Beschichtungen ist der neue Leitfaden für die Entschichtung von mit schadstoffhaltigen Altanstrichen beschichteten Stahl(wasser)bauten und sonstigen Bauwerken der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (Asbest-/PAK-/PCB-/Blei-Leitfaden) [21] verbindlich zu verwenden.

5.4.4 Smart Repair

Smart Repair stellt eine Ausbesserung bei minimaler Oberflächenvorbereitung und ggf. unvollständigem Systemaufbau dar. Diese ist häufig zeitlich begrenzt und wird mit Eigenmitteln durchgeführt. Im Umgang mit schadstoffhaltigen Altbeschichtungen wird auf Abschnitt 5.6.3 dieser Empfehlung verwiesen. Für die Ertüchtigung schadstofffreier kleiner Schadflächen (< ca. 100 cm²) kann nach einer geringen Oberflächenreinigung, z. B. durch „Kärchern“, die Applikation von drei Arbeitsgängen einer feuchtigkeithärtenden 1K-Polyurethanbeschichtung (Liste der zugelassenen Systeme [9], Systeme Nr. 3-4, 1K-PUR) erfolgen. Hierbei wird auf eine Zinkstaubgrundierung verzichtet und als Gesamttrockenschichtdicke 500 µm angestrebt. Die Applikation kann neben dem Airless-Spritzen auch händisch mit Pinsel oder Knolle erfolgen. Eine Zugabe von Verdünnung ist bei diesen lösemittelhaltigen Beschichtungen nicht erwünscht. Die Übergangsbereiche zur noch intakten Altbeschichtung werden durch großzügiges Überstreichen dieser Bereiche bei der Applikation des letzten Arbeitsganges an der Schadstelle realisiert. Als Korrosionsschutzziel können meist maximal sechs Jahre (Intervall der Inspektion) veranschlagt werden.

5.5 Überwachung – Qualitätssicherung

Soweit nachfolgend nicht anders geregelt, werden die Kosten für die Qualitätssicherung nicht gesondert vergütet (ZTV-W LB 218 [1] (116)). Gemeint ist hierbei, dass die Kosten für die laut ZTV-W LB 218 [1] geforderte Eigenüberwachung des Auftragnehmer (AN), aber auch die Kosten des AN bei der Mitwirkung der Kontrollprüfungen durch den AG keine besonderen Leistungen sind und damit mit den LV-Positionen abgegolten sind.

5.5.1 Abnahmeprüfzeugnisse für Beschichtungsstoffe

Die Fremdüberwachung sollte mit der Überprüfung der eingesetzten Beschichtungsstoffe vor Ort (im Werk und auf der Baustelle) beginnen. Dazu ist ein Abgleich der zu übergebenden Aufzeichnungen des AN (Abnahmezeugnisse, Lieferscheine, Chargen-Nummer usw. (siehe ZTV-W 218 LB [1] (95))) vorzunehmen, einerseits mit den festgelegten Beschichtungsstoffen laut Korrosionsschutz-Anweisung bzw. -Plan und andererseits mit den wirklich zum Einsatz kommenden vorrätigen Beschichtungsstoffen.

Für die Beschichtungsstoffe ist dabei im Normalfall das Vorlegen des Werkszeugnisses 3.1 (Nebenleistung gemäß ZTV-W LB 218 [1] (115)) der werkseigenen Produktkontrolle (WPK) ausreichend. Die ZTV-W LB 218 [1] (86) regelt das Erfordernis für Prüfzeugnisse 3.2. Kriterien für ein Abnahmeprüfzeugnis 3.2 (besonders auszuweisende Bauwerke, Bauteile und Flächen) können sein:

- erkennbar lange Inspektionsintervalle
- besondere Beanspruchungen

Erforderliche Abnahmeprüfzeugnisse 3.2 sind besondere Leistungen und als Position im LV aufzunehmen, s. ZTV-W LB 218 [1] (122).

Die notwendigen Prüfungen für ein 3.1-Zeugnis bzw. für ein 3.2-Zeugnis (Beispiel siehe Anlage 2) sind in Tabelle 11 wiedergegeben.

Tabelle 11: Prüfzeugnisse und ihre Messparameter

	3.1-Zeugnis	3.2-Zeugnis	
Prüfkriterien / Prüfzeugnis	Herstellerzeugnis*	Prüflabor**	BAW
Ablaufneigung	X	X	
Viskosität	X	X	
Epoxidwert bzw. Isocyanatzahl (bei EP bzw. PUR-Beschichtung)	X	X	
Aminzahl (nur bei Härterkomponente der EP-Beschichtung)	X	X	
Dichte	X		
Abriebwert			X
Stoffkomponenten			X
Identitätsprüfung (GC/IR)			X

* WPK = werkseigene Produktkontrolle, Werkszeugnis = Herstellerzeugnis (Abnahmeprüfzeugnis nach EN 10204)

** z. B. bei zugelassenen PÜZ-Stellen nach ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3 [5]

5.5.2 Überwachung der Ausführung – Überwachungs- und Prüfprogramm

Folgende Punkte sind bei der praktischen Qualitätssicherung zu beachten:

- korrosionsschutzgerechte Stahlbaufertigung / Konstruktion
- Vorbereitungsgrad P2 oder P3 nach DIN EN ISO 8501-3, siehe ZTV-W LB 216/1 [16]
- Öl- und Fettfreiheit der gesamten Stahlkonstruktion bzw. des Substrates (vor dem Strahlen)
- Strahlbild nach ZTV-W LB 218 [1] (28) auf Sa 2½
- Beschichtungsausführung.

Diese Empfehlungen bzw. Anforderungen gehen über die Regelungen der DIN EN 1090-2 im Abschnitt 10.2 und der Stahlwasserbaunorm DIN 19704-2 (Punkt 5.6.1) hinaus. Falls weitergehende Anforderungen festgelegt werden sollten, muss dies in der Ausschreibung, d. h. in den Vertragsunterlagen erfolgen.

Die Ausführung der Arbeiten muss in allen Arbeitsgängen überwacht werden. Obwohl der AN für diese Arbeiten verantwortlich ist, sollte eine zusätzliche Kontrolle durch den Auftraggeber (AG) – auch bei Arbeiten im Werk – erfolgen. Insbesondere bei eng terminierten Bauabläufen ist eine frühzeitige Überwachung (z. B. Schichtdickenmessungen im Werk usw.) erforderlich. Bereits gelieferte und bemängelte Bauteile sind meist nur mit einer Störung des Bauablaufes und technisch minderwertiger aufzuarbeiten.

Den Umfang der zu dokumentierenden Eigenüberwachung des AN regelt die ZTV-W LB 218 [1], Abschnitt 5.2.2. Haltepunkte bei der Ausführung der Korrosionsschutzarbeiten sind vom AG in der Leistungsbeschreibung vorzugeben. Das Merkblatt für Kontrollprüfungen an Stahlwasserbauten (MeKS [17]) ist also den VOB-Ausschreibungen beizulegen, unabhängig davon, ob es sich um Stahlwasserbauarbeiten mit Korrosions-

schutzarbeiten oder um „reine“ Korrosionsschutzarbeiten handelt. Entsprechend können einige Kontrollpunkte für den Stahlwasserbau innerhalb des MeKS [17] übersprungen werden.

Für Neuaufträge gilt die aktuelle MeKS-Fassung von 2018 (nach Einführung der DIN EN 1090-2) [17].

Der Umfang der Kontrollprüfungen (siehe ZTV-W LB 218 [1], Abschnitt 5.2.3 und MeKS [18]) kann darüber hinaus objektspezifisch festgelegt und in die Leistungsbeschreibung aufgenommen werden.

Bei der Einplanung der Kontrollprüfungen von Korrosionsschutzarbeiten durch den AG (oder einen vom AG beauftragten Vertreter) in der WSV ist der Fertigungsablauf auf der AN-Seite zu beachten.

Die Korrosionsschutzarbeiten an Stahlwasserbauteilen können dabei grundsätzlich in drei Varianten (1. werkseigen bei der Stahlwasserbaufirma, 2. werkseigen mit Fremdpersonal sowie 3. bei Untervergabe an eine externe Korrosionsschutzfirma) durchgeführt werden (Stahlbaukalender 2015, [19], S. 384). Alle drei genannten Varianten sind übliche Vorgehensweisen bei VOB-Aufträgen.

- In der Variante 1 führt der Stahlbaubetrieb in eigener Regie die Korrosionsschutzarbeiten durch, wodurch dessen werkseigene Produktionskontrolle (WPK) auch die Korrosionsschutzarbeiten mit einschließt. Für Kontrollprüfungen entsprechend MeKS gilt das gleiche. Die Variante ist damit am einfachsten auszuführen.
- In der Variante 2 gibt es lediglich vertragstechnische Verschiebungen auf Seiten des AN, ansonsten erschweren sich die Kontrollprüfungen für den AG nicht.
- In der Variante 3, bei einem Nachunternehmer im Werk oder auf der Baustelle in Untervergabe, sollte die WPK durch die Korrosionsschutzfirma als Zuarbeit in die WPK des AN (üblicherweise die Stahlbaufirma) einfließen. Die Abstimmung zwischen dem AG und dem AN zu den erforderlichen Kontrollprüfungen wird hierbei allerdings schwieriger.

Zunächst gilt es, auf die ZTV-W LB 218 [1] (90) hinzuweisen, nach welcher die Korrosionsschutz-Ausführungszeiten rechtzeitig nach Vereinbarung beim AG anzuzeigen sind.

Bei Vereinbarung der aktuellen ZTV-W LB 216/1 für den Stahlwasserbau [16] ist der Beginn der Fertigung in der Werkstatt und auf der Baustelle sowie der Fertigstellungstermin dem AG mindestens sieben Kalendertage vorher schriftlich anzuzeigen.

Auf die Vereinbarung und Einhaltung der in der MeKS [17] vorgesehenen Haltepunkte ist zu achten. Bei Bedarf sind die oben aufgeführten Prüfschwerpunkte anzupassen.

Als sinnvoll hat sich eine Fertigungsanlaufberatung bei jedem zugelassenen Nachunternehmer mit den für die Eigenüberwachung zuständigen leitenden Mitarbeitern sowie mit den seitens des AG für die Kontrollprüfung zuständigen Mitarbeitern bzw. mit dem vom AG beauftragten Vertreter herausgestellt. Hierbei sollte auch immer der konkrete Umfang der Kontrollprüfungen abgesprochen werden (auch evtl. notwendige Kontrollen bei Zulieferern und Nachunternehmern).

5.5.3 Prüfungen/Qualitätssicherung – Korrosionsschutz Stahlwasserbau

Grundlage für die Realisierung der geforderten Qualität des Korrosionsschutzes ist, dass die dafür notwendigen personellen und technischen Voraussetzungen bei den diese Arbeiten ausführenden Firmen vorhanden sind. Dies kann im Rahmen eines Qualitätssicherungssystems nach DIN EN ISO 9001 nachgewiesen werden. Der Auftragnehmer muss für alle Verfahrensschritte nachweisen können, dass die ausgeschriebene Qualität erreicht wird, siehe MeKS [17].

Sofern im Rahmen der Ausschreibung keine Leistungsvorgaben für den Korrosionsschutz bestehen, hat der Auftragnehmer mit Beauftragung der Korrosionsschutzarbeiten die Planung des Schutzsystems auf der Grundlage der Korrosionsschutzrichtlinie vorzunehmen und dem Auftraggeber das spezifizierte System vor

Ausführungsbeginn (siehe ZTV-W LB 218 [1] (91)) zur Bestätigung einzureichen. Der Fertigungsbeginn ist grundsätzlich erst nach Vorlage dieser Bestätigung zulässig.

Der Auftragnehmer der Korrosionsschutzarbeiten hat im Rahmen der Qualitätssicherung seiner Leistung alle Arbeitsschritte durch dafür geeignetes Personal zu überwachen. Die Arbeiten dürfen grundsätzlich nur von Personal ausgeführt werden, das über entsprechende Qualifikationen verfügt. Der Verantwortliche für die Korrosionsschutzarbeiten muss nachweislich über eine Bescheinigung des Ausbildungsbeirates des Bundesverbandes Korrosionsschutz e.V. (KOR-Schein) verfügen.

Hinsichtlich der Lieferung und Lagerung der Beschichtungsstoffe ist insbesondere zu beachten, dass die Technischen Merkblätter und die Sicherheitsdatenblätter der verwendeten Beschichtungsstoffe am Ort der Korrosionsschutzarbeiten vorhanden sind und dass das Personal, das die Arbeiten ausführt, Kenntnis über die verarbeitungstechnischen Parameter besitzt, siehe ZTV-W LB 218 [1] (34).

Jede Einzelschicht des Beschichtungssystems ist möglichst gleichmäßig und geschlossen herzustellen, siehe DIN EN ISO 12944-6. Alle beim Applikationsverfahren „Spritzen“ nicht oder schwer erreichbaren Bereiche sind händisch zu beschichten. Die kumulativen Einzelbeschichtungen des Gesamtsystems müssen die Sollschichtdicke erreichen, vergleiche ZTV-W LB 218 [1] (12).

Die Messung der Schichtdicke von Beschichtungen auf nichtmagnetischen Werkstoffen (Zinküberzug bzw. Feuerverzinkung) ist auf der Grundlage der DIN EN ISO 2360 durchzuführen, wobei die Messsonde auf einer polierten Nichteisenmetallplatte zu kalibrieren ist, vergleiche DIN EN ISO 12944-6 bzw. DIN EN ISO 2808.

Die Messung der Ausführungsbedingungen und des Trocknungsprozesses sind während der Korrosionsschutzarbeiten über automatische digitale/analoge Messgeräte (Temperatur-/ Luftfeuchtigkeitsmessgeräten bzw. Thermo-Hygrographen zur Ermittlung des Taupunktes) arbeitstäglich mindestens zweimal oder besser kontinuierlich durchzuführen, siehe ZTV-W LB 218 [1] (99). Wird nicht kontinuierlich gemessen, sollte ein Zeitpunkt zu Beginn und während des Applizierens der Beschichtung gewählt werden.

Die Protokollierung der Ausführung der Korrosionsschutzarbeiten ist in der Anlage „Qualitätsdokumentation der Korrosionsschutzarbeiten“ durch den AN vorzunehmen. Bestandteile der Qualitätsdokumentation sind des Weiteren Bautagesberichte bzw. Protokolle der Werkstattfertigung, in denen alle für die Durchführung der Arbeiten relevanten Angaben zu erfassen sind. Folgende Punkte sollten dokumentiert werden (s. auch ZTV-W LB 218 [1] (95)):

- Datum und Ausführungsbedingungen
- Angaben zum Objekt (Bauvorhaben mit Teilabschnitt oder Bauteilnummern)
- Verfahren der Oberflächenvorbereitung und erreichte Vorbereitungsqualität
- verwendeter Beschichtungsstoff mit Chargen-Nummer
- Art und Menge der Zugabe von Verdünnung (zulässige, abgestimmte Zugabe – Verweis auf ZTV-W)
- Applikationsverfahren
- Nassschichtdicke
- Trockenschichtdicke (elektronische Messprotokolle)
- zur Prüfung verwendete Messgeräte
- Besonderheiten

Es wird empfohlen zusätzlich in den Vertragsunterlagen zu vereinbaren: „Die Qualitätsdokumentation der Korrosionsschutzarbeiten ist mindestens 14 Tage vor Anlieferung der Bauteile auf die Baustelle an den Auftraggeber zu übergeben. Bei Baustellenleistungen ist die Dokumentation vor der technischen Abnahme zu übergeben. Wird diese Frist durch den AN nicht eingehalten, so ist der Auftraggeber berechtigt, die betroffenen Lieferungen zurückzuweisen und alle damit in Zusammenhang stehenden Kosten an den Lieferanten weiterzugeben.“

Erläuterungen zu den Messungen der Qualitätskontrolle

Grundsätzlich stehen neben den visuellen Beobachtungen auch Messverfahren zur Messung der Umgebungsbedingungen (Taupunkt), der Beschichtung (DFT) und der Stahloberfläche (Rauheit, z. B. mit Vergleichsmuster nach ISO 2632-1+2, ISO 8501-1 und DIN 4769 oder Tastschnittmessgerät (R_{y5}) oder auch mit magnetinduktivem Verfahren) zur Verfügung. Da es oftmals erhebliche Diskrepanzen zwischen den einzelnen Messverfahren wie auch Messgeräten gibt, wird im Folgenden das jeweilige Messverfahren beschrieben:

Visuelle Prüfung

Jede fertiggestellte Einzelbeschichtung ist durch visuelle Prüfung auf Vorhandensein der geforderten Ausführungsqualität zu kontrollieren. Die Deckbeschichtung muss vollständig deckend sein und darf keinerlei Verlaufsstörungen und Fehlstellen aufweisen.

Luft-/Objekttemperatur

Die Messungen der Luft-/Objekttemperatur und der Luftfeuchtigkeit am Beschichtungsort zur Bestimmung des Taupunktes sind unabdingbar.

Besondere Beachtung erfordert die Überprüfung von Beschichtungen an Schraubverbindungen und auf Feuerverzinkung. Wird nicht kontinuierlich gemessen, sollte ein Zeitpunkt zu Beginn und während des Applizierens der Beschichtung gewählt werden.

Schichtdickenmessung

Das Vorhandensein der spezifizierten Schichtdicke (Sollschichtdicke) ist für jede Einzelbeschichtung und das fertiggestellte Gesamtsystem repräsentativ auf der gesamten Beschichtungsoberfläche nachzuweisen. Es sind ausschließlich elektronische Messgeräte (magnetinduktives Messverfahren, z. B. für ferromagnetischen Baustahl) einzusetzen, die ein Schichtdickenmessprotokoll ausdrucken können. Das Schichtdickenmessprotokoll muss folgende Parameter enthalten:

- bestehende Schichtdickenvorgaben (Korrekturwert Grundbeschichtung hinsichtlich der Rautiefe beachten, s. Abb. 1; bzw. [22])
- gemessener Mittelwert $\pm$ Standardabweichung
- Anzahl der Messwerte insgesamt
- gemessener Minimal- und Maximalwert
- Anzahl Messwerte unterhalb des zulässigen Minimalwerts
- Anzahl Messwerte oberhalb des zulässigen Maximalwerts (2-fache Sollschichtdicke jeder Einzelbeschichtung)

Der Messumfang bzw. Messplan zum Messen der Trockenschichtdicke sowie das Auswerteverfahren sollte bereits in der Baubeschreibung dargestellt werden. Dabei kann der in ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3 [5], Tab. 4.3.3 vorgegebene Umfang verwendet werden. Bei der Auswertung ist die DIN EN ISO 12944-7, Abschnitt 6 zu beachten. Empfehlenswert ist es, die Mindestzahl der Einzelmessungen nach der spezifischen Bauteiloberfläche der Stahlkonstruktion zu richten und wie folgt vorzusehen:

Tabelle 12: Mindestanzahl der Einzelmessungen bei der Schichtdickenprüfung

	Mindestanzahl der Einzelmessungen pro m ² Beschichtungsoberfläche		
	Schwerer Stahlbau <15 m ² /t	Mittlerer Stahlbau 15 bis 20 m ² /t	Leichter Stahlbau >20 m ² /t
Oberfläche der Stahlkonstruktion Beschichtung			
Grundbeschichtung	2	3	4
Zwischenbeschichtung	1	2	3
Deckbeschichtung	3	4	5

Die neue Fassung der DIN EN ISO 12944-7, Abs. 6.1 (2018) enthält nicht mehr die Forderung, dass bei Messungen der Trockenschichtdicke einzelne Messwerte 80% der Sollsichtdicke nicht unterschreiten dürfen. In ZTV-W LB 218 [1] (12) wird dies allerdings weiterhin gefordert. Einzelwerte zwischen 80% und 100% der Sollsichtdicke sind zulässig, vorausgesetzt, dass der Mittelwert aller Messergebnisse gleich der Sollsichtdicke oder größer ist. Die Schichtdickenobergrenze (Gesamtschichtdicke wie auch Einzelfilmdicke) darf nach ZTV-W LB 218 [1] (13) das Zweifache der ausgeschriebenen Trockenfilmdicke (DFT) nicht überschreiten (abweichend zum Dreifachen der DFT nach DIN EN ISO 12944-7). Bei Messwerten, die außerhalb des Toleranzbereiches liegen, ist wie folgt zu verfahren:

Unterschreitungen des zulässigen Minimalwertes sind bei der Überprüfung der Schichtdicke zu kennzeichnen und im Anschluss je nach Erfordernis örtlich oder größerflächig nachzubeschichten.

Bei Überschreitungen des zulässigen Höchstwertes ist eine Entscheidung zur erforderlichen Verfahrensweise vorzunehmen. Hierbei sind insbesondere in Abhängigkeit von Größe und Lage der betroffenen Stellen, der Schichtdickenverteilung innerhalb des Systems und der Durchtrocknung die voraussichtlichen Auswirkungen auf die Schutzwirkung zu analysieren. Folgende Varianten zur Verfahrensweise sind prinzipiell möglich:

- Belassen der Bereiche mit Überschichtdicken im Fall fachtechnischer Unbedenklichkeit
- Beseitigung zu hoher Schichtdicken durch örtlichen Abtrag und Nachbesserung mit der Deckbeschichtung (nicht stoßen, hingegen sind Schleifen und Sweeney besser geeignet. Vorsicht beim Abschaben!).
- ganzflächige Entfernung der Beschichtung und Neuaufbau des Gesamtsystems

Die Entscheidung zu den o. g. Verfahrensweisen erfolgt durch den AG, ohne dass daraus Gewährleistungseinschränkungen des Auftragnehmers resultieren.

Bei der üblichen magnetinduktiven Bestimmung der Schichtdicke geht ein Anteil der Rautiefe in den Messwert mit ein. Daher kann der Rautiefenmesswert (Korrekturwert) mit demselben Messverfahren vorab bestimmt werden oder bei einem mittleren Rauheitsgrad ein magnetinduktiver Wert von 25 µm angenommen werden (vergl. ISO 19840 sowie DIN EN ISO 2808).

Die Schichtdicken sind gemäß Ausschreibung letztlich „auf den Spitzen“ zu registrieren (entspricht Sollsichtdicke), so dass die Rautiefe vom jeweils aktuellen Messwert abgezogen werden muss. Dies ist vor allem bei Grundbeschichtungen aus Zinkstaub interessant, damit Über- und Unterschichtdicken vermieden werden können. Aus diesem Grund wird der Schichtdickengrenzwert hier auf 75 bis 125 µm Messwert begrenzt (ein- bzw. zweifache Schichtdicke (50 bzw. 100 µm) plus der Rautiefenanteil (25 µm)). Im Unterschied zur ZTV-W (siehe nachfolgendes Bild 1) wird in ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3 [5] implizit ein Rautiefenwert von 30 µm verwendet. Der Schichtdickengrenzbereich für Grundbeschichtungen liegt dementsprechend zwischen 80 und 130 µm, siehe Anmerkung zu Tabelle 2.

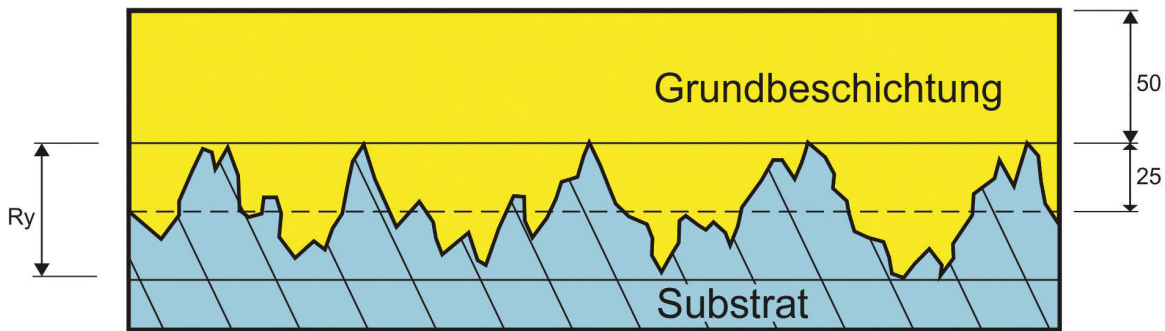


Bild 1: Rauheit, Schichten und Schichtdicke nach ZTV-W LB 218

Die Definition der Begriffe und die aus der Erfahrung hergestellten Beziehungen lassen sich folgendermaßen beschreiben:

R_a = arithmetischer Mittenrauwert

$R_{y\max} = R_y$ = Maximale Rautiefe

$R_{y5} = R_z$ = gemittelte maximale Rautiefe

Prüfung auf Poren und Risse

Im Zuge der Qualitätssicherung der Korrosionsschutzarbeiten kann das vollständige Beschichtungssystem frühestens nach Erreichung des Trockengrades 6 nach DIN EN ISO 9117-5 durch Hochspannungsporenprüfung nach DIN 55670 auf Poren und Risse geprüft werden. Die Hochspannungsprüfung ist eine zerstörende Prüfung. Der Prüfumfang ist im Rahmen der Korrosionsschutzarbeiten festzulegen und in Fällen mit begründetem Verdacht auf Qualitätsmangel durchzuführen. Die Prüfspannung ist in Abhängigkeit von der Sollschichtdicke des Gesamtsystems als Richtwert mit 0,3 bis 0,4 kV / 100 µm Schichtdicke vorzusehen und mit dem Beschichtungsstoffhersteller abzustimmen. Bei der Festlegung der Prüfspannung sind vorhandene leitfähige Beschichtungen (z. B. Zinkstaubgrundbeschichtungen) zu berücksichtigen. Eine entsprechende Reduzierung der Prüfspannung ist durch rechnerische Senkung der Sollschichtdicke um die Schichtdicke der leitfähigen Beschichtung als Festlegungsgrundlage vorzunehmen. Festgestellte Anzeigen sind zu kennzeichnen und nach Beseitigung der Fehlerursache, wie z. B. Schweißspritzer, Strahlmitteleinschluss, Dopplung, Überwalzung o. ä., im vollständigen Systemaufbau auszubessern.

Haftungs- und Haftfestigkeitsprüfung

Das vollständige Beschichtungssystem muss nach Erreichen von Trockengrad 6 nach DIN EN ISO 9117-5 folgende Kennwerte aufweisen:

Tabelle 13: Eigenschaftskennwerte der Beschichtungssysteme nach der Applikation

Kennwert	Erstschutz / Vollerneuerung	Ausbesserung / Teilerneuerung
Abreißprüfung DIN EN ISO 16276-1 Haftfestigkeit	$\geq 5 \text{ MPa}^*$	Ausbesserungsbeschichtung $\geq 5 \text{ MPa}^*$
Abreißprüfung DIN EN ISO 16276-1 Trennfall bezogen auf den einzelnen Prüfstempel	- kein Adhäsionsbruch Stahl / Beschichtung - kein Adhäsionsbruch zwischen den Einzel- beschichtungen	- Kein Adhäsionsbruch Stahl / Ausbesserungsbeschichtung - kein Adhäsionsbruch zwischen den Einzel- beschichtungen Teilerneuerung - kein Adhäsionsbruch Bestandssystem / Teilerneuerung
Gitterschnittprüfung DIN EN ISO 16276-2 (nur bei DFT $\leq 250 \mu\text{m}$)	$\leq \text{Gt } 2$	Ausbesserungsbeschichtung $\leq \text{Gt } 2$
Kreuzschnittprüfung DIN EN ISO 16276-2	$\leq \text{Kt } 2$	Ausbesserungsbeschichtung $\leq \text{Kt } 2$
Rostgrad DIN EN ISO 4628-3	Ri0	Ri0
Riss-, Blasen und Abblät- terungsgrad nach DIN EN ISO 4628-2, -4 und -5	Keine	Keine

*stoffspezifisch kann der Wert abweichen, siehe ggf. Prüfzeugnis der Zulassung

Diese Eigenschaftskennwerte sind bei Verdacht durch jeweils mindestens drei Einzelprüfstellen an den Kontrollflächen und an weiteren von AG und AN festgelegten Flächen nachzuweisen. Können im Zuge dieser Qualitätsprüfung die geforderten Eigenschaften nicht nachgewiesen werden, dann ist der Prüfumfang mit der Zielstellung zu erhöhen, den durch Qualitätsabweichungen betroffenen Objektbereich einzugrenzen.

Die sich daraus ableitenden fachtechnischen Erfordernisse richten sich nach der bestehenden Art der Abweichung und den während der konzipierten Nutzungsdauer auf die Schutzeigenschaften des Systems zu erwartenden Auswirkungen. In Abhängigkeit davon kommen grundsätzlich folgende Verfahrensweisen in Betracht (nach Wahl des Auftraggebers):

- keine Maßnahmen, da aus den bestehenden Abweichungen keine Auswirkungen auf die Schutzwirkung resultieren
- Verlängerung der Gewährleistung auf 7 bis 10 Jahre bei bestehendem geringem Risiko
- Entfernung und Neuaufbau der Beschichtung in Teilbereichen oder vollflächig

Im Falle des erforderlichen Neuaufbaus der Beschichtung hat der AN hierfür die notwendigen technischen und technologischen Bedingungen (u. a. Klimatisierung, Befahranlagen / Rüstungen, Strahl- und Beschichtungsausrüstung), die zur Durchführung einer fach- und sachgerechten Instandsetzung erforderlich sind, zu schaffen.

5.5.4 Eigenschaftskennwerte, Qualitätsparameter, Nachweise

Die Qualität der Applikation ist zu überprüfen. Dazu eignen sich u. a. folgende Maßnahmen. Diese sind üblicherweise bereits im Vergabeverfahren zu berücksichtigen:

Kontrollflächen

Kontrollflächen dienen dazu, einen technischen Ausführungsstand zu dokumentieren und das Verhalten der Beschichtung zu jedem Zeitpunkt nach deren Fertigstellung beurteilen zu können. In Verbindung mit der zwischen Korrosionsschutzbetrieb und Beschichtungsstoffhersteller abzuschließenden Gewährleistungsvereinbarung besitzt die Kontrollfläche vertragsrechtlichen Charakter. In die Gewährleistungsvereinbarung sollte folgender Passus nach Merkblatt 405 des Stahl-Informations-Zentrums [23] aufgenommen werden:

„Treten Mängel am Korrosionsschutzsystem der Kontrollfläche(n) und der Objektfläche auf, ist davon auszugehen, dass die Beschichtungsstoffe mangelhaft oder nach Art und/oder Aufbau der Beschichtung für die Korrosionsbelastung nicht ausreichend sind oder dass eine unvorhersehbare Veränderung der Korrosionsbelastung des Objektes aus Umwelt und/oder Betrieb eingetreten ist. Treten Mängel am Korrosionsschutzsystem der Objektfläche auf, ohne dass die Kontrollfläche(n) davon betroffen ist (sind), ist davon auszugehen, dass diese auf mangelhafter Ausführung der Oberflächenvorbereitung und/oder der Beschichtung beruhen.“

Es wird empfohlen, dies mit der Baufirma bzw. dem Korrosionsschutzbetrieb abzustimmen.

Im Regelfall sollte, unabhängig von der Größe des Objektes, eine Kontrollfläche angelegt werden. Bei größeren Objekten sollte als Richtwert pro 3.000 m² Beschichtungsoberfläche eine Kontrollfläche vorgesehen werden. Zur Orientierung können die DIN EN ISO 12944 bzw. ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3 dienen.

Sofern das Anlegen von Kontrollflächen (als mögliche Vertragsgrundlage der Gewährleistung) beabsichtigt ist, ist der Hersteller der Beschichtungsstoffe in Bezug auf die in den Technischen Merkblättern ausgewiesene Produktqualität in die Gewährleistung des Korrosionsschutzes einzubeziehen. Zu diesem Zweck sind auf der Grundlage der dazu in der DIN EN ISO 12944-7 enthaltenen Regelungen in Anwesenheit des Beschichtungsstoffherstellers Kontrollflächen anzulegen. Anzahl und Lage der Kontrollfläche werden unter Berücksichtigung der DIN EN ISO 12944-7 durch den AG festgelegt. Im Einzelfall kann auf Kontrollflächen verzichtet werden.

Rückstellproben / Prüfplatten (Gesonderte Leistungsposition – Besondere Leistungen)

Nach ZTV-W LB 218 [1] (42) werden Rückstellproben in Form von Prüfplatten vom AN erstellt (z. B. für die nachträgliche Bestimmung des Abriebwertes an beschichteten Blechen). Bei der Korrosionsschutzausführung repräsentativer bzw. bedeutender Baugruppen (z. B. Torflügel) sind die Probebleche im Zuge der Korrosionsschutzausführung unter den gleichen Ausführungszeiten und Ausführungsbedingungen zu beschichten (im Verdachtsfall von BAW zu prüfen).

Anzahl der Prüfplatten: drei Stück je vorgesehene Baugruppe

Größe: 200 x 300 x 4 mm

Im Schadensfall durchzuführende Prüfungen:

- Nachweis der Eigenschaftskennwerte nach Ausführung der Korrosionsschutzleistung und zum Ende der Gewährleistung
- Sonderprüfungen, z. B. Abriebverhalten, Schlagfestigkeit

Die generelle Entnahme von Nassmustern sollte entfallen, da bedingt durch die vorgegebene Lagerfähigkeit eine Bewertung innerhalb der Gewährleistungszeit nur eingeschränkt möglich ist und der Lieferzustand der Beschichtungsstoffe im 3.1-Prüfzeugnis erfasst wird.

Rückstellproben des Beschichtungstoffherstellers sind im Bedarfsfall an den Auftraggeber zu übergeben (Anmerkung: Nassmuster sind in der Regel nur innerhalb von eineinhalb Jahren zuverlässig auswertbar).

Das Liefern der Prüfplatten muss bereits in der Leistungsbeschreibung behandelt werden. Entsprechende Leistungspositionen sind im Leistungsverzeichnis aufzunehmen (besondere Leistungen gemäß ZTV-W LB 218 [1] (121)).

5.5.5 Gewährleistung

Der Auftragnehmer der Korrosionsschutzarbeiten hat die Leistung fach- und vertragsgerecht erbracht, wenn zum Ende der Gewährleistungsfrist bei einem bestimmungsgemäßen Einsatz der Stahlkonstruktion der Rostgrad Ri 0 nach DIN EN ISO 4628-3 zu verzeichnen ist. Das Vorhandensein von Blasen, Rissen oder Abblätterungen ist ein Mangel.

Zum Abschluss der vertraglich vereinbarten Gewährleistungszeit muss das Korrosionsschutzsystem folgende Eigenschaftskennwerte aufweisen:

Tabelle 14: Eigenschaftskennwerte Beschichtungssystem zum Ende der Gewährleistungszeit

Kennwert	Erstschutz / Vollerneuerung	Teilerneuerung
Abreißprüfung DIN EN ISO 16276-1 Haftfestigkeit	$\geq 2,5$ MPa	Ausbesserungsbeschichtung $\geq 2,5$ MPa
Abreißprüfung DIN EN ISO 16276-1 Trennfall bezogen auf den einzelnen Prüfstem- pel	- überwiegend kein Adhäsionsbruch Stahl / Beschichtung - überwiegend kein Adhäsionsbruch zwischen den Einzelbeschichtungen	- überwiegend kein Adhäsionsbruch Stahl / Ausbesserungsbeschichtung - überwiegend kein Adhäsionsbruch zwischen den Einzelbeschichtungen Teilerneuerung - überwiegend kein Adhäsionsbruch Bestandssystem / Teilerneuerung
Gitterschnittprüfung DIN EN ISO 16276-2 (nur bei DFT ≤ 250 μ m)	$\leq$ Gt 3	Ausbesserungsbeschichtung $\leq$ Gt 3
Kreuzschnittprüfung DIN EN ISO 16276-2	$\leq$ Kt 3	Ausbesserungsstellen $\leq$ Kt 3
Blasengrad DIN EN ISO 4628-2	keine Blasen	keine Blasen in der Ausbesserungsbeschichtung und in der Teilerneuerungsbeschichtung
Rostgrad DIN EN ISO 4628-3	Ri 0	
Rissgrad DIN EN ISO 4628-4	keine Risse	keine Risse in der Ausbesserungsbeschichtung und in der Teilerneuerungsbeschichtung
Abblätterungsgrad DIN EN ISO 4628-5	keine Abblätterungen	keine Abblätterung an den Ausbesserungsstellen und der Teilerneuerungsbeschichtung

5.6 Arbeits- und Umweltschutz

Bei Korrosionsschutzarbeiten sind die Belange des Arbeits- und Umweltschutzes durch eine Reihe von Maßnahmen zu berücksichtigen, wie z. B. die Nutzung von Einhausungen und Auffangwannen, siehe auch ZTV-W LB 218 [1] Abschnitt 4. Im folgenden Abschnitt werden die besonderen Anforderungen bei Arbeiten mit schadstoffhaltigen Altbeschichtungen dargestellt.

In Bezug auf den Arbeits- und Umweltschutz ist der aktuelle Leitfaden für die Entschichtung von mit schadstoffhaltigen Altanstrichen beschichteten Stahl(wasser)bauten und sonstigen Bauwerken der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (Asbest-/PAK-/PCB-/Blei-Leitfaden, Index 1 vom 15.11.2017 [21]) verbindlich zu verwenden.

5.6.1 Ermittlung gefährlicher Beschichtungsinhaltsstoffe

- (1) Bei der Ausführung von Korrosionsschutzleistungen sind die allgemeinen Anforderungen an die Arbeitssicherheit, die Arbeitshygiene und den Umweltschutz zu beachten. Spezifische Anforderungen erwachsen dann, wenn im Zusammenhang mit den auszuführenden Arbeiten Gefahrstoffimmissionen verbunden sind. Daraus ergeben sich besondere Anforderungen an die Vorbereitung und Abwicklung der auszuführenden Leistungen hinsichtlich Arbeits- und Umweltschutz.
- (2) Die Ausführung von Korrosionsschutzarbeiten ist immer mit Immissionen verbunden. Daher tragen die auftraggebenden Stellen und ausführenden Betriebe besondere Verantwortungen zur Wahrung des Arbeits- und Umweltschutzes. Während bei Neubaumaßnahmen die Einstufung der zu verwendenden Beschichtungsstoffe hinsichtlich ihres Gefahrenpotenzials eher eine geringere Rolle spielt, kommt bei Arbeiten im Bestand der Frage nach gefährlichen Inhaltsstoffen in den zu bearbeitenden Altbeschichtungen eine besondere Bedeutung zu.

Dazu ist zunächst von Vorteil, wenn allgemeine Kenntnisse zu den Beschichtungsstoffen vorliegen. Sollte dies nicht gegeben sein, können hilfreiche Erstinformationen in der Ausführungsdokumentationen aus dem Bestandswerk (DVtU oder Archive in den Dienststellen) oder aus alten Bauverträgen entnommen werden (s. auch Asbest-/PAK-/PCB-/Blei-Leitfaden [21]).

Unabhängig hiervon muss jedoch grundsätzlich im Vorfeld jeder Bearbeitung an Altbeschichtungen, bei Vergabe des Auftrags vor Ausschreibungsbeginn, mittels Feststoffanalysen festgestellt werden, ob in diesen Altanstrichen möglicherweise Schadstoffe wie Asbest-/PAK-/PCB-/Blei-Fraktionen enthalten sein können. Die Untersuchungen sind bei gegebener Veranlassung auch auf Chromate oder andere für Altbeschichtungen und Beschichtungssysteme typische Gefahrstoffe auszuweiten.

- (3) Auf eine Feststoffanalyse kann nur aus folgenden Gründen verzichtet werden:
 1. Wenn nachweislich eine komplette Erneuerung der Beschichtungen eines Bauwerkes mit vorheriger Entschichtung auf Oberflächenreinheitsgrad Sa 2 ½ stattgefunden hat. Im Hinblick auf Bauwerke, welche nach 1993 saniert wurden, gilt dies ebenfalls, da diese nicht immer Sa 2 ½ entschichtet wurden und sich noch Schadstoff-Fraktionen unter der Neubeschichtung befinden können.
 2. Bei Gefahr in Verzug, sofern die tätigen Personen eine ausreichende PSA tragen (A2/P2-Maske & Schutzhandschuhe und Einweganzug).
 3. Wenn den Arbeiten der „Worst Case“ zugrunde gelegt wird, dann aber nur unter Anwendung emissionsarmer Verfahren nach TRGS 519 Pkt. 2.9, Verfahren WSA 01-08 oder Verfahren nach DGUV-Information 201-012 [24].

5.6.2 Abfallrechtliche Belange

(1) Allgemeines

Nachstehende Hinweise sollen den Bearbeiter bei der Einarbeitung in die abfallrechtlichen Belange unterstützen. Sie sind in Bezug zur Bauvertragsgestaltung unverbindlich; sie vermitteln allerdings in allgemeiner Form, welchen Pflichten der AG als Erzeuger von Abfällen unterliegt.

Sofern in einzelnen Bundesländern eine Andienungspflicht besteht, stehen die Mitarbeiter der dort zuständigen Behörden (z. B. SAM in Rheinland-Pfalz) in der Regel gerne beratend zur Verfügung.

Informationen zu nachstehenden Ausführungen (und weitere zweckdienliche Dokumente) können im Internet der Sonderabfall-Management-Gesellschaft Rheinland-Pfalz auf der Seite <https://www.sam-rlp.de/aufgaben/nachweisverfahren/> [25] nachgeschlagen werden.

- (2) Das Entsorgen (Verwertung bzw. Beseitigung) von Strahlmittelabfällen bzw. Strahlmittelrückständen (unter der Voraussetzung, dass der AG Erzeuger der Strahlmittelabfälle ist; Erzeuger der Strahlmittelabfälle ist in ZTV-W LB 218 [1] (74) definiert) kann zusammen mit der Korrosionsschutzmaßnahme ausgeschrieben werden. Auf die abzuwickelnde Maßnahme bezogene Informationen sind in die Baubeschreibung aufzunehmen. Bei der Aufstellung der Vergabeunterlagen ist das VHB-W, Teil 1, Abschn. 7.6 zu beachten.

Dem Bauvertrag zwingend zugrunde zu legen sind:

- Analyse zu den Beschichtungsstoffen (System, Produkthersteller, Produktname und Schadstoffpotential),
 - vorhandene Schichtdicken,
 - Anforderungen des AG an das Vorhalten und Verpacken der Strahlmittelabfälle bis zur Verwertung,
 - Festlegung der Baustellenbereiche, in denen die verpackten Strahlmittelabfälle zur Abholung bereitgestellt werden,
 - Sicherung und Kennzeichnung der vorgenannten Bereiche gegen unbefugten Zutritt,
 - Entnahme von repräsentativen Strahlmittelabfallproben (ggf. nach LAGA PN98; https://www.laga-online.de/documents/m32_laga-pn-98_1530018041.pdf [26]),
 - Festlegungen für die durchzuführenden Untersuchungsparameter,
 - Anforderungen an die Entsorgungsbetriebe,
 - Anforderungen an die Nachweisführungen und Festlegung bei gefährlichen Abfällen nach der Nachweisverordnung – NachwV und ggf. frei zu formulierende Anforderungen bei nicht gefährlichen Abfällen. Es ist vom AG festzulegen, welche Unterlagen nach NachwV (insb. Entsorgungsnachweis und Begleit-/Übernahmescheine) vom AN im Zuge der laufenden oder abschließenden Entsorgung vorzulegen sind.
- (3) Es besteht zwar die Möglichkeit, in der Leistungsbeschreibung die zu erwartende Zusammensetzung des Strahlschuttes einschließlich der zugeordneten Abfallschlüsselnummer auf der Grundlage der Strahlschutt-Typenanalysen (vgl. ZTV-ING Teil 4, Abschnitt 3, Anhang D [5]) anzugeben. Sofern der ausschreibenden Stelle keine Typenanalyse zur Verfügung steht, müsste vor der Ausschreibung bei Verwendung von mineralischen Strahlmitteln eine Strahlschuttprobe z. B. gemäß „Merkblatt zur Entnahme repräsentativer Strahlschuttproben“ (MES 93 [27]) entnommen und analysiert werden, um Informationen über mögliche Entsorgungswege zu gewinnen. Diese Vorgehensweise lehnt sich an die ZTV-ING, Teil 4, Abschnitt 3, Anhang D an.

Beim Korrosionsschutz im Stahlwasserbau ist dies in der Regel aufgrund der Unkenntnis der Altbeschichtungen oftmals nicht zielführend. Daher sind nach Ausführungsbeginn entsprechend

ZTV-W LB 218 [1] (80) repräsentative Proben der Strahlmittelrückstände zu nehmen und eine belastbare Deklarationsanalyse zum vorliegenden Schadstoffpotential (qualitativ und quantitativ) durchführen zu lassen, damit anhand der Ergebnisse die Verwertung bzw. Entsorgung der Strahlmittelabfälle erfolgen kann.

- (4) Vor der Entsorgung von Strahlmittelabfällen mit dem Abfallschlüssel 12 01 16* (Strahlmittelabfälle, die gefährliche Stoffe enthalten) gemäß Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung AVV) ist vom Auftraggeber zu prüfen, ob im jeweiligen Bundesland eine Andienungspflicht besteht. Falls diese nicht besteht sowie beim Abfallschlüssel 12 01 17 (Strahlmittelabfälle, mit Ausnahme derjenigen die unter 12 01 16* fallen) ist die Darlegung des vorgesehenen Entsorgungsweges vom Bieter zu verlangen, sofern ihm die Entsorgung bauvertraglich übertragen wird. Der AG muss den AN zur Vorlage des Zertifikates des vorgesehenen Entsorgungsfachbetriebes (einschließlich der zertifizierten Abfallarten/Abfallschlüsselnummern) bei Angebotsabgabe oder zu einem vom AG festgelegten Zeitpunkt auffordern (Aufforderung zur Angebotsabgabe und Angebotserklärung).
- (5) Der Auftraggeber muss als Abfallerzeuger ein Register über die Entsorgung der gefährlichen Strahlmittelabfälle nach der „Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen (Nachweisverordnung-NachwV)“ führen. Die erforderlichen Unterlagen für das Register sind § 24 NachwV zu entnehmen (z. B. je nach Entsorgungslage Entsorgungsnachweise, Sammelentsorgungsnachweise, Nachweiserklärungen, Begleitscheine, Übernahmescheine, Anzeigen, Freistellungen).
- (6) Gemäß der NachwV besteht bei nicht gefährlichen Abfällen formell keine Nachweispflicht. Aus der Verantwortung für eine ordnungsgemäße Entsorgung und Dokumentation des Entsorgungsvorganges heraus soll entsprechend der ZTV-W LB 218 [1] (82) bei der selbst vorgenommenen oder dem Auftragnehmer übertragenen Abfallentsorgung der Begleitschein Anwendung finden.
- (7) Für Kleinmengen (< 2 t) sämtlicher im Betrieb (hier bezogen auf die WSV als Auftraggeber, da man erwarten muss, dass bei einem Korrosionsschutzbetrieb die Kleinmengenregelung nicht zum Tragen kommt) anfallenden gefährlichen Stoffe gibt es eine Kleinmengenregelung. Die Entsorgung dieser Mengen kann im Rahmen der Selbstanlieferung zu einem Entsorgungsunternehmen mit einem Übernahmeschein dokumentiert werden, der von einem Entsorgungsbetrieb ausgestellt wird. Bei Selbstanlieferung von Kleinmengen muss kein gültiger Entsorgungs- oder Sammelentsorgungsnachweis vorliegen.
- (8) Abfallmengen < 20 t je gefährliche Abfallart und Jahr können über eine Sammelentsorgung durch einen Einsammler unter Anwendung des Übernahmescheines entsorgt werden. Der Einsammler weist seine Eignung in Form eines gültigen Sammelentsorgungsnachweises nach. Mögliche Einsammler für die zu entsorgende Abfallart können bei den zuständigen Behörden der Länder (z. B. SAM in Rheinland-Pfalz) angefragt werden. Über einen Sammelentsorgungsnachweis kann auch eine Kleinmenge (s. o.) entsorgt werden.
- (9) Der Nachweis der Befähigung zum Transport von Abfällen (siehe ZTV-W LB 218 [1] (83)) sollte auch auf den Transport von Abfällen zur Verwertung angewendet werden. Da in der Regel Entsorgungsfachbetriebe an der Entsorgung mitwirken, werden die Nachweise ohne besondere Anstrengungen zu führen sein. Der Transportgenehmigung kommen andere „amtliche“ Unterlagen gleich (z. B. Zertifizierungen für den nachzuweisenden Tätigkeitsbereich).
- (10) Die vom AN beauftragten Probenahmen und Materialprobenanalysen und die zu liefernden Deklarationsanalysen sollten in gesonderten Positionen im Leistungsverzeichnis beschrieben werden.

- (11) Bei Verwendung metallischer Mehrwegstrahlmittel müssen auf den Einzelfall abgestimmte Regelungen getroffen werden. Die Zusammensetzung der Strahlmittelabfälle kann in der Regel nur durch die Deklarationsanalyse einer Probe aus der laufenden Maßnahme nachgewiesen werden.

5.6.3 Maßnahmen zum Arbeitsschutz

- (1) Bei Korrosionsschutzarbeiten im Bereich der Anlagen der WSV ist die Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz auf Baustellen (Baustellenverordnung-BaustellV) zu beachten. Notwendige bauvertragliche Festlegungen sind entsprechend den Regelungen dieser Verordnung und der des Vergabehandbuches (VHB-W) in der Baubeschreibung maßnahmenspezifisch vorzusehen (siehe auch Angaben zum Leistungsverzeichnis).

Grundsätzlich sollte die Koordination des Sicherheits- und Gesundheitsschutzes auf Baustellen nach BaustellV nicht im Bauvertrag mit vergeben werden.

- (2) Strahlarbeiten und Beschichtungsarbeiten sind unter Beachtung des Umwelt- und Arbeitsschutzes durchzuführen. Bei Altbeschichtungen des Stahlwasserbaus, die Schadstoffe enthalten, sind die entsprechenden Technischen Regeln für Gefahrstoffe sowie der „Leitfaden für die Entschichtung von mit schadstoffhaltigen Altanstrichen beschichteten Stahl(wasser)bauten und sonstigen Bauwerken der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (Asbest-/PAK-/PCB-/Blei-Leitfaden)“ [21] anzuwenden bzw. zu beachten. Notwendige bauvertragliche Festlegungen sind entsprechend den Regelungen dieser Unterlagen in der Baubeschreibung maßnahmenspezifisch vorzusehen (siehe auch Angaben zum Leistungsverzeichnis).
- (3) Der AG muss sich alle vom AN geforderten Nachweise der Eignung von Stoffen, Verfahren und Unternehmen von diesem schriftlich vorlegen zu lassen. Es ist eine Angabe zum Zeitpunkt der Vorlage der Nachweise zu vereinbaren. Entsprechende Festlegungen sind an maßgebender Stelle und in Abhängigkeit vom notwendigen oder gewünschten Nachweiszeitpunkt (z. B. Aufforderung zur Abgabe eines Angebots, Baubeschreibung, Leistungsverzeichnis) vorzunehmen. Hierbei sind die Vorgaben im VHB-W zu beachten.
- (4) Entschichtung schadstoffhaltiger Bauwerke: Insbesondere bei Entschichtungsarbeiten an Bauteilen mit „gefährlichen“ Altbeschichtungen sind technische Schutzmaßnahmen erforderlich, die in gesonderten Positionen im Leistungsverzeichnis zu beschreiben sind. Einhausungen können auch bei gegebenen örtlichen Möglichkeiten durch Kombinationen von Gerüsten mit fertigen Wandelementen hergestellt werden.
- (5) Des Weiteren kann hinsichtlich der besonderen Leistungen bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen nach DIN 18299 und DIN 18364 (VOB/C) auf die Ausschreibungstexte der „Blauen Mappe“ [15] der Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft verwiesen werden, die z. B. im Internet auf der Seite <http://www.bgbau-medien.de/bau/bm/12.htm> eingesehen werden kann.

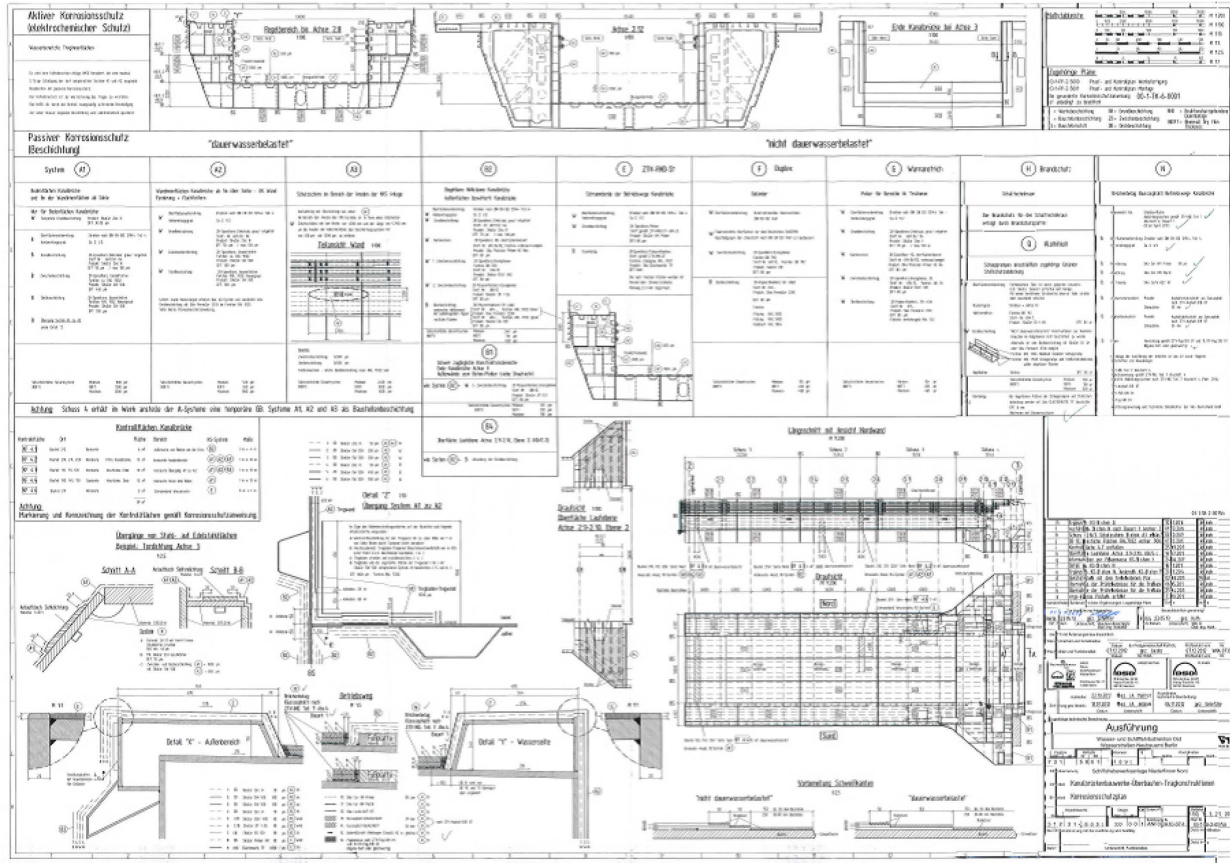
6 Literatur

- [1] ZTV-W LB 218 (2009): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen-Wasserbau für Korrosionsschutz im Stahlwasserbau (Leistungsbereich 218). Bonn: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.
- [2] STLK LB 218 (2011): Standardleistungskatalog für den Wasserbau – Korrosionsschutz im Stahlwasserbau (Leistungsbereich 218). Bonn: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.
- [3] Bundesanstalt für Wasserbau (2015): BAWMerkblatt Kathodischer Korrosionsschutz im Stahlwasserbau (MKKS). Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien).
- [4] ZTV-W LB 220 (2011): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau für Kathodischen Korrosionsschutz im Stahlwasserbau (Leistungsbereich 220). Bonn: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.
- [5] Bundesanstalt für Straßenwesen: ZTV-ING, Teil 4, Abschnitt 3 (2012): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, Teil 4, Stahlbau, Stahlverbundbau, Abschnitt 3, Korrosionsschutz von Stahlbauten. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen
- [6] Bundesanstalt für Straßenwesen: TL/TP-KOR-Stahlbauten (2012): Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Beschichtungssysteme für den Korrosionsschutz von Stahlbauten. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen
- [7] Bundesanstalt für Wasserbau (2011): BAWRichtlinie Prüfung von Beschichtungssystemen für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau (RPB). Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien).
- [8] Liste der empfohlenen Beschichtungssysteme für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau. Online verfügbar unter http://www.baw.de/DE/service_wissen/publikationen/qualitaetsbewertung/qualitaetsbewertung.html zuletzt geprüft am 22.01.2020.
- [9] Bundesanstalt für Wasserbau (2017): Liste der zugelassenen Systeme I und II, für Im1 bzw. Im2/3 Online verfügbar unter http://www.baw.de/DE/service_wissen/publikationen/qualitaetsbewertung/qualitaetsbewertung.html zuletzt geprüft am 22.01.2020.
- [10] Fischer, Norbert (2018): Verschleißfeste Beschichtung. [HIRECO] High Resistant Coating ®. Präsentation am 06.06.2018 im Rahmen der Veranstaltung "BAW-Aussprachetag: Stahlbau und Korrosionsschutz 2018, Karlsruhe"
- [11] FGSV (2009): LB 122 Standardleistungskatalog für den Straßen- und Brückenbau, Korrosionsschutz von Stahl (3. Auflage, 2009).
- [12] Bundesanstalt für Wasserbau (2016): Empfehlungen zum Korrosionsschutz von Brücken- und Ingenieurbauten. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW Brief, 01/2016).
- [13] Bundesanstalt für Wasserbau (2012): BAWMerkblatt Einsatz von nichtrostendem Stahl im Stahlwasserbau (MNIS), Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien).
- [14] Baier, R.; Mrachatz, M.; Binder, G. (2011): Oberflächenvergütete Stahlbauteile und deren Beitrag zum Korrosionsschutz. In: Tagungsband HTG-Kongress. Hamburg: HTG, S. 490-492.
- [15] Baugenossenschaft der Bauwirtschaft: Blaue Mappe. Online verfügbar unter https://www.bgbau-medien.de/handlungshilfen_gb/daten/bau/bm/inhalt.htm, zuletzt geprüft am 22.01.2020.

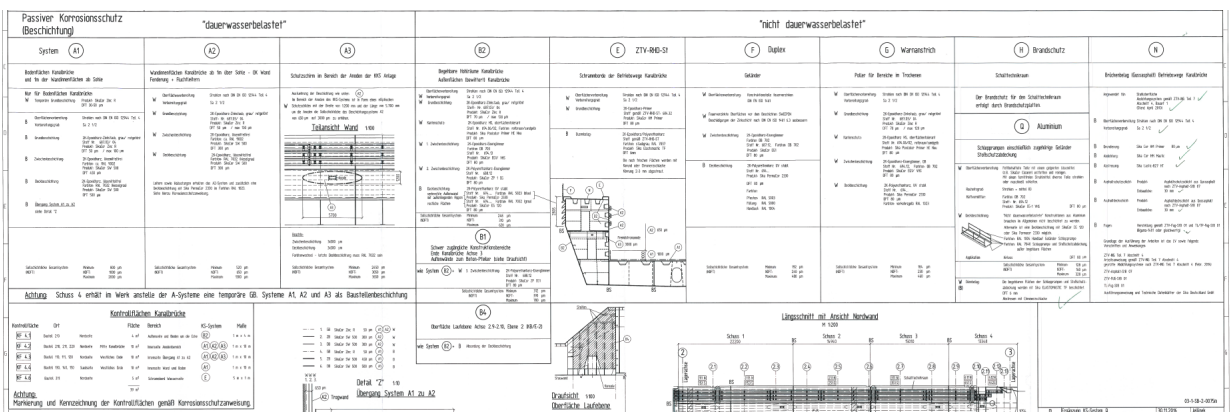
- [16] ZTV-W LB 216/1 (2015): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen-Wasserbau – Stahlwasserbau (Leistungsbereich 216/1) einschließlich A1-Änderung zu ZTV-W LB 216/1: Stahlwasserbau (12/2018) Bonn: Bundesministerium für Verkehr, und digitale Infrastruktur.
- [17] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2018): Merkblatt für Kontrollprüfungen bei Stahlwasserbauten (MeKS). Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und –Richtlinien).
- [18] Bundesanstalt für Wasserbau (2005): BAWMerkblatt Korrosionsschutzempfehlungen für Wasserfahrzeuge und schwimmende Schifffahrtszeichen in der WSV (MKWAS). Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und –Richtlinien).
- [19] Gabrys, U., Binder, G., Kunz, C., Stahl H. (2015): Stahlwasserbau – neue Entwicklungen. In: Stahlbaukalendar 2015: Eurocode 3 – Grundnorm, Leichtbau, hg. v. U. Kuhlmann, Kapitel 5, S. 367-408.
- [20] DIN-Fachbericht 28 (2002): Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen – Prüfung von Oberflächen auf visuell nicht feststellbare Verunreinigungen vor dem Beschichten.
- [21] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2017): Leitfaden für die Entschichtung von mit schadstoffhaltigen Altanstrichen beschichteten Stahl(wasser)bauten und sonstigen Bauwerken der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (Asbest-/PAK-/PCB-/Blei-Leitfaden). Bonn: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Index 1 vom 15.11.2017).
- [22] Binder, G. (2006): Einfluss der Rautiefe bei der Schichtdickenmessung. In: JOT 10 46 (10), S. 114-120.
- [23] Stahl-Informations-Zentrum (2005): Merkblatt 405 Korrosionsschutz von Stahlkonstruktionen durch Beschichtungssysteme.
- [24] DGUV Informationen 201-012 (2000), Online verfügbar unter <https://www.dguv.de/ifa/praxishilfen/praxishilfen-gefahrstoffe/asbestsanierung/index.jsp>, zuletzt geprüft am 07.01.2020
- [25] Nachweisverfahren der Sonderabfall-Management-Gesellschaft Rheinland-Pfalz mbH, Online verfügbar unter <https://www.sam-rlp.de/aufgaben/nachweisverfahren>, zuletzt geprüft am 13.07.2018.
- [26] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (2001): LAGA PN 98 Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen.
- [27] Bundesanstalt für Straßenwesen (1993): Merkblatt zur Entnahme repräsentativer Strahlschuttproben MES-93. (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Heft B4).

Anlage 1

Korrosionsschutzplan des neuen Schiffshebewerkes Niederfinow



Nur passiver KS durch Beschichtung



Anlage 2

Beispiele für ein Prüfzeugnis 3.2



INSTITUT FÜR KORROSIONSSCHUTZ DRESDEN GMBH

Privatwirtschaftliche Forschungsstelle

**Beratung - Schadensfallaufklärung - Qualitätssicherung - Forschung - Prüfung**

- Akkreditiertes Prüflabor für Korrosion, Korrosionsschutz und Korrosionsanalytik
DAkkS-Registrierungsnummer: D-PL-19138-01-00
- Institut im Verbund der Technischen Akademie Wuppertal e. V.
- Institut an der TU Bergakademie Freiberg

☎ 0351 871 7100
Fax 0351 871 7150

Institut für Korrosionsschutz Dresden GmbH • Gostritzer Str. 65 • 01217 Dresden

Abnahmeprüfzeugnis 3.2 PB300/058/17

Auftraggeber: ELBKO Marine Service GmbH
Walddörferstraße 90a
22041 Hamburg

Auftragsdatum: 22.02.2017
Laborauftrags-Nummer: 3/49/17/173048
Datum des Probeneingangs: 28.02.2017 (IKS-Proben-Nr. 54/17 und 54_{II}/17)
Beschichtungsstoff: SikaCor SW 500, schwarz

Komponente A: Chargen-Nr. 3002180565
Komponente B: Chargen-Nr. 3002184357

Tabelle 1: Prüfergebnisse

Prüfkriterium	Sollwert (entsprechend Abnahmeprüfzeugnis 3.1 und Angaben der Fa. Sika)	Istwert
Dichte (20°C)	Komponente A: 1,68 bis 1,72 g/ml Komponente B: 1,00 bis 1,02 g/ml	Komponente A: 1,69 g/ml (20 °C) Komponente B: 1,01 g/ml (20 °C)
Viskosität (20°C)	Einpunktmessung, MC1 Komponente A ($D = 50 \text{ s}^{-1}$): 10 – 15 Pas Komponente B ($D = 500 \text{ s}^{-1}$): 0,45 – 0,65 Pas	Rheometer RC 20-CPS, Fa. Rheotec, Kegel-Platte Komponente A (90 Sekunden Vorscheren von $D = 0$ bis 50 s^{-1} 5 Minuten Scheren bei $D = 50 \text{ s}^{-1}$): 12,25 Pas Komponente B (90 Sekunden Vorscheren von $D = 0$ bis 500 s^{-1} 5 Minuten Scheren bei $D = 500 \text{ s}^{-1}$): 0,51 Pas
Epoxidwert	0,23 – 0,26 mol / 100g	erfüllt (0,25 mol / 100 g)
Aminzahl	310 – 350 mg (KOH) / g	erfüllt (337 mg (KOH) / g)

Tabelle 2: Verwendete Normen und Regelwerke

Norm / Regelwerk	Ausgabe
TL/TP-KOR-Stahlbauten	2002-12
Präzisionen einzelner Regelungen der TL/TP-KOR-Stahlbauten	2007-07
DIN EN ISO 2811-1	2016-08
DIN 16945 (nicht zum akkreditierten Bereich gehörend)	1989-03
DIN EN ISO 3219 (nicht zum akkreditierten Bereich gehörend)	1994-10

Die geprüfte Beschichtungsstoffcharge entspricht in den genannten Prüfparametern den angegebenen Sollwerten.

Institut für Korrosionsschutz Dresden GmbH
Gostritzer Straße 65

Institut für Korrosionsschutz Dresden GmbH 01217 Dresden		Hersteller
Erstellt: Dipl.-Ing. Susanne Berger wiss. Mitarbeiterin	Geprüft und freigegeben: Dr. Andrea Rudolf Abteilungsleiterin	
Unterschrift: <i>Susanne Berger</i>	Unterschrift: <i>Andrea Rudolf</i>	Stempel/Unterschrift:
Datum: 14.03.2017	Datum: 14.03.17	Datum:

Die auszugsweise Veröffentlichung von Prüfberichten, der Hinweis auf Prüfungen zu Werbezwecken und die Verarbeitung des Inhaltes des Prüfberichtes bedarf in jedem Einzelfall der schriftlichen Einwilligung der Institut für Korrosionsschutz Dresden GmbH. Falls nicht anders vereinbart, behalten wir uns vor, das Probenmaterial drei Monate nach Aushändigung des Prüfberichtes zu entsorgen. Die Aussagen beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.



INSTITUT FÜR KORROSIONSSCHUTZ DRESDEN GMBH

Privatwirtschaftliche Forschungsstelle



Beratung - Schadensfallaufklärung - Qualitätssicherung - Forschung - Prüfung

- **Akkreditiertes Prüflabor für Korrosion, Korrosionsschutz und Korrosionsanalytik**
DAKKS-Registrierungsnummer: D-PL-19138-01-00
- Institut im Verbund der Technischen Akademie Wuppertal e. V.
- Institut an der TU Bergakademie Freiberg

☎ 0351 871 7100
Fax 0351 871 7150

Institut für Korrosionsschutz Dresden GmbH • Gostritzer Str. 65 • 01217 Dresden

Abnahmeprüfzeugnis 3.2 PB300/059/17

Auftraggeber: ELBKO Marine Service GmbH
Walddörferstraße 90a
22041 Hamburg

Auftragsdatum: 22.02.2017
Laborauftrags-Nummer: 3/49/17/173048
Datum des Probeneingangs: 28.02.2017 (IKS-Proben-Nr. 55/17 und 55_H/17)
Beschichtungsstoff: SikaCor Zink R, zinkgrau, 687.03

Komponente A: Chargen-Nr. 3002156919
Komponente B: Chargen-Nr. 3002083281

Tabelle 1: Prüfergebnisse

	Prüfkriterium	Sollwert	Istwert
	nichtflüchtiger Anteil	> 80 %	89,4 %
2.4	Viskosität	Beurteilung anhand der Verarbeitbarkeit und des Ablaufverhaltens	i. O.
3.1	Trocknungszeit (nach DIN EN ISO 9117-3 und DIN EN ISO 9117-5)	NK 23/50 (nach DIN EN 23270) 7°C / 85 % rel. Feuchte	TG 1: ≤ 1 h TG 6: ≤ 8 h TG 1: ≤ 2 h TG 6: ≤ 16 h
3.2	Verarbeitbarkeit	≥ 10°C: streichfähig ohne Verdünner	erfüllt (77 ± 3 µm) erfüllt (77 ± 3 µm) erfüllt (74 ± 2 µm) erfüllt (75 ± 1 µm)
3.3	Ablaufneigung	erreichbare Trockenschichtdicke: 80 µm	erfüllt
3.4	Verarbeitungszeit (Topfzeit)	≥ 8 h	erfüllt (94 ± 3 µm)
3.5	Überstreich- und Überspritzbarkeit (mit SikaCor EG1)	möglichst nach einer Trocknungszeit ≤ 16 h (Trockenschichtdicke: 80 µm)	erfüllt

Tabelle 2: Verwendete Normen und Regelwerke

Norm / Regelwerk	Ausgabe
TL/TP-KOR-Stahlbauten	2002-12
Hinweise zu ZTV-ING Teil 4 Abschnitt 3	2010-04
DIN EN ISO 9117-3	2010-07
DIN EN ISO 9117-5	2012-11
DIN EN 23270 (nicht zum akkreditierten Bereich gehörend)	1991-09

Die geprüften Eigenschaftskennwerte entsprechen den genannten Prüfparametern in TL/TP-KOR-Stahlbauten, Anhang E, Blatt 87.

Institut für Korrosionsschutz Dresden GmbH
Gostritzer Straße 65

Institut für Korrosionsschutz Dresden GmbH	01217 Dresden	Hersteller
Erstellt: Dipl.-Ing. Susanne Berger wiss. Mitarbeiterin	Geprüft und freigegeben: Dr. Andrea Rudolf Abteilungsleiterin	
Unterschrift: <i>Susanne Berger</i>	Unterschrift: <i>Andrea Rudolf</i>	Stempel/Unterschrift:
Datum: 13.03.2017	Datum: 14.03.17	Datum:

Die auszugsweise Veröffentlichung von Prüfberichten, der Hinweis auf Prüfungen zu Werbezwecken und die Verarbeitung des Inhaltes des Prüfberichtes bedarf in jedem Einzelfall der schriftlichen Einwilligung der Institut für Korrosionsschutz Dresden GmbH. Falls nicht anders vereinbart, behalten wir uns vor, das Probenmaterial drei Monate nach Aushändigung des Prüfberichtes zu entsorgen. Die Aussagen beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.



INSTITUT FÜR KORROSIONSSCHUTZ DRESDEN GMBH
Privatwirtschaftliche Forschungsstelle



Beratung - Schadensfallaufklärung - Qualitätssicherung - Forschung - Prüfung

- Akkreditiertes Prüflabor für Korrosion, Korrosionsschutz und Korrosionsanalytik
DAKS-Registrierungsnummer: D-PL-19138-01-00
- Institut im Verbund der Technischen Akademie Wuppertal e. V.
- Institut an der TU Bergakademie Freiberg

☎ 0351 871 7100
Fax 0351 871 7150

Institut für Korrosionsschutz Dresden GmbH • Gostritzer Str. 65 • 01217 Dresden

Abnahmeprüfzeugnis 3.2 PB300/057/17

Auftraggeber: ELBKO Marine Service GmbH
Walddörferstraße 90a
22041 Hamburg

Auftragsdatum: 22.02.2017
Laborauftrags-Nummer: 3/49/17/173048
Datum des Probeneingangs: 28.02.2017 (IKS-Proben-Nr. 53/17 und 53_w/17)
Beschichtungsstoff: SikaCor SW 500, rotbraun

Komponente A: Chargen-Nr. 3002212985
Komponente B: Chargen-Nr. 3002184357

Tabelle 1: Prüfergebnisse

Prüfkriterium	Sollwert (entsprechend Abnahmeprüfzeugnis 3.1 und Angaben der Fa. Sika)	Istwert
Dichte (20°C)	Komponente A: 1,68 bis 1,72 g/ml Komponente B: 1,00 bis 1,02 g/ml	Komponente A: 1,70 g/ml (20 °C) Komponente B: 1,01 g/ml (20 °C)
Viskosität (20°C)	Einpunktmessung, MC1 Komponente A ($D = 50 \text{ s}^{-1}$): 10 – 15 Pas Komponente B ($D = 500 \text{ s}^{-1}$): 0,45 – 0,65 Pas	Rheometer RC 20-CPS, Fa. Rheotec, Kegel-Platte Komponente A (90 Sekunden Vorscheren von $D = 0$ bis 50 s^{-1} 5 Minuten Scheren bei $D = 50 \text{ s}^{-1}$): 15,39 Pas Komponente B (90 Sekunden Vorscheren von $D = 0$ bis 500 s^{-1} 5 Minuten Scheren bei $D = 500 \text{ s}^{-1}$): 0,45 Pas
Epoxidwert	0,23 – 0,26 mol / 100g	erfüllt (0,25 mol / 100 g)
Aminzahl	310 – 350 mg (KOH) / g	erfüllt (332 mg (KOH) / g)

Tabelle 2: Verwendete Normen und Regelwerke

Norm / Regelwerk	Ausgabe
TL/TP-KOR-Stahlbauten	2002-12
Präzisierungen einzelner Regelungen der TL/TP-KOR-Stahlbauten	2007-07
DIN EN ISO 2811-1	2016-08
DIN 16945 (nicht zum akkreditierten Bereich gehörend)	1989-03
DIN EN ISO 3219 (nicht zum akkreditierten Bereich gehörend)	1994-10

Die geprüfte Beschichtungsstoffcharge entspricht in den genannten Prüfparametern den angegebenen Sollwerten.

Institut für Korrosionsschutz Dresden GmbH
Gostritzer Straße 65

Institut für Korrosionsschutz Dresden GmbH 01217 Dresden	Hersteller
Erstellt: Dipl.-Ing. Susanne Berger wiss. Mitarbeiterin	Geprüft und freigegeben: Dr. Andrea Rudolf Abteilungsleiterin
Unterschrift: <i>Susanne Berger</i>	Unterschrift: <i>Andrea Rudolf</i>
Datum: 14.03.2017	Datum: 14.03.17
	Stempel/Unterschrift:

Die auszugsweise Veröffentlichung von Prüfberichten, der Hinweis auf Prüfungen zu Werbezwecken und die Verarbeitung des Inhaltes des Prüfberichtes bedarf in jedem Einzelfall der schriftlichen Einwilligung der Institut für Korrosionsschutz Dresden GmbH. Falls nicht anders vereinbart, behalten wir uns vor, das Probenmaterial drei Monate nach Aushändigung des Prüfberichtes zu entsorgen. Die Aussagen beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.