2-2

Schwerer Korrosionsschutz – Hinweise zu beschichtungsgerechtem Konstruieren und Vorbereiten

QIB
Qualitätsgemeinschaft
Industriebeschichtung

Inhalt

1	**Einführung**	**S.4**
2	**Korrosivitätskategorien**	**S.4**
3	**Vorbereitungsgrade**	**S.6**
4	**Anforderungen an die Konstruktion**	**S.8**
4.1	Spalte/Fugen/Überlappungen	S.8
4.2	Mulden/Senken/Sacklöcher/Taschen	S.8
4.3	Materialkombination	S.9
4.4	Hohlbauteile	S.10
4.5	Erreichbarkeit der Oberfläche bei Beschichtungsarbeiten	S.10
4.6	Transport, Handhabung, Montage, Lagerung	S.11
5	**Anforderungen an die Oberflächenvorbereitung**	**S.12**
5.1	Mechanische Vorbereitung	S.12
5.1.1	Strahlen	S.12
5.1.2	Maschinelle Vorbereitung / Vorbereitung von Hand	S.14
5.2	Chemische Vorbehandlung	S.14
6	**Handhabung besonderer Bauteilmerkmale**	**S.14**
6.1	Kantenabdeckung	S.14
6.2	Schweißnähte	S.16
6.3	Wärmeeinflusszonen von Schweißpunkten	S.17
6.4	Schraubenverbindungen	S.18
6.5	Laserschnittkanten	S.18
7	**Beschichtungssysteme**	**S.19**
8	**Abschließende Bewertung**	**S.20**
9	**Verzeichnisse**	**S.21**
9.1	Literaturverzeichnis	S.21
9.2	Abbildungsverzeichnis	S.22
9.3	Tabellenverzeichnis	S.23

1 Einführung

Soll ein hoher Korrosionsschutz durch die Lohnbeschichtung erreicht werden, sind bereits in der Konstruktion oder der Vorbereitung der zu beschichtenden Bauteile wichtige Details zu beachten.

In der täglichen Beschichterpraxis kommt es häufiger zu Unstimmigkeiten bei der Warenannahme in Bezug auf die Beschichtbarkeit. So können in den oftmals standardisierten Vorbehandlungsprozessen Tätigkeiten wie z.B. das Entgraten der Schnittkanten oder das Entfernen von Zunderschichten einen Mehraufwand darstellen, der im Angebotspreis nicht berücksichtigt ist.

In diesem Merkblatt sollen die als Regel der Technik geltenden vorbereitenden Maßnahmen übersichtlich und anschaulich zusammengefasst werden.

2 Korrosivitätskategorien

Jede Umgebung und die damit einhergehende Korrosionsbelastung auf Metalle ist nach ISO 9223 einer Korrosivitätskategorie zugeordnet. Zur Bestimmung der Korrosivitätskategorie für atmosphärische Umgebungsbedingungen wird eine Auslagerung von standardisierten Proben durchgeführt und die Schichtdickenabnahme und Massenverlust nach dem ersten Jahr bestimmt. Eine Schätzung der Korrosionskategorie bei bekannten Umgebungsbedingungen ist prinzipiell möglich.

Sowohl die Ausführung des Beschichtungssystems als auch die Oberflächenvorbereitung muss entsprechend dem Verwendungszweck des Bauteils, seinem Verbauungsort und der damit verbundenen Korrosionsbelastung gestaltet und dem Beschichtungsbetrieb bekannt sein.

	Beispiele für typische Umgebungen	
Kategorie, Belastung	**außen**	**innen**
C1 – unbedeutend	-	Geheizte Gebäude mit neutralen Atmosphären, z.B. Büros oder Hotels
C2 – gering	Atmosphären mit geringer Verunreinigung, bspw. ländliche Gebiete	Ungeheizte Gebäude, wo Kondensation auftreten kann, z.B. Lager- und Sporthallen
C3 – mäßig	Stadt- und Industrieatmosphäre, mäßige Verunreinigungen durch Schwefeldioxid und Küstenbereiche mit geringer Salzbelastung	Produktionsräume mit hoher Feuchte und etwas Luftverunreinigung, z.B. Wäschereien, Brauereien, Molkereien
C4 – stark	Industrielle Bereiche und Küstenbereiche mit mäßiger Salzbelastung	Chemieanlagen, Schwimmbäder, Bootsschuppen über Meerwasser

C5 – sehr stark	Industrielle Bereiche mit extrem hoher Feuchte und aggressiver Atmosphäre und Küstenbereiche mit starker Salzbelastung	Gebäude oder Bereiche mit nahezu ständiger Kondensation und mit starker Verunreinigung
CX – extrem [1]	Offshore-Bereiche mit hoher Salzbelastung, Industrielle Bereiche mit extrem hoher Feuchte und aggressiver Atmosphäre, subtropische und tropische Atmosphären	Industrielle Bereiche mit extrem hoher Feuchte und aggressiver Atmosphäre

Tabelle 1: Korrosivitätskategorien für Verwendung an der Atmosphäre
(Quelle: DIN EN ISO 12944-2)

Überdies gibt es eigene Kategorien für die Verwendung in Wasser oder im Erdreich [1].

Kategorie	Umgebung	Beispiele für Umgebung und Stahlbau
Im1	Süßwasser	Flussbauten, Wasserkraftwerke
Im2	Meer- oder Brackwasser	Stahlbauten in Wasser **ohne** kathodischen Korrosionsschutz (z.B. Hafenbereiche mit Stahlbauten wie Schleusentore, Staustufen, Mole; Offshore-Anlagen)
Im3	Erdreich	Behälter im Erdreich, Stahlspundwände, Stahlrohre
Im4	Meer- oder Brackwasser	Stahlbauten in Wasser **mit** kathodischem Korrosionsschutz (z.B. Hafenbereiche mit Stahlbauten wie Schleusentore, Staustufen, Mole; Offshore-Anlagen)

Tabelle 2: Korrosivitätskategorien für Verwendung in Wasser/im Erdreich
(Quelle: DIN EN ISO 12944-2)

3 Vorbereitungsgrade

Darüber hinaus setzt nach DIN EN 1090-2 die Schutzdauer, das ist die erwartete Standzeit des Beschichtungssystems bis zur ersten Instandsetzung [2], des Korrosionsschutzsystems eines Bauteils in einer Umgebung mit bestimmter Korrosivitätskategorie einen bestimmten Vorbereitungsgrad der Oberfläche nach DIN EN ISO 12944-4 und DIN EN ISO 8501 voraus. Je einfacher der Vorbereitungsgrad umso höher ist das Risiko von Fehlstellen und damit verbundenen Korrosionsmerkmalen.

Schutzdauer des Korrosionsschutzes	Korrosivitätskategorie	Vorbereitungsgrad
> 15 Jahre	C1	P1
	C2 bis C3	P2
	Oberhalb C3	P2 oder P3 wie festgelegt
5 bis 15 Jahre	C1 bis C3	P1
	Oberhalb C3	P2
< 5 Jahre	C1 bis C4	P1
	C5 - Im	P2

Tabelle 3: Übersicht über geforderte Vorbereitungsgrade um geforderte Schutzdauern bei gegebener Korrosivitätskategorie zu erzielen.
(Quelle: DIN EN 1090-2)

Art der Unregelmäßigkeit	Vorbereitungsgrad		
	P1 – leichte Vorbereitung	P2 – gründliche Vorbereitung	P3 – sehr gründliche Vorbereitung
Schweißnähte			
Schweißspritzer	Die Oberfläche muss frei von allen losen Schweißspritzern sein.	Die Oberfläche muss frei von allen losen und leicht anhaftenden Schweißspritzern sein. Stark anhaftende Schweißspritzer mit niedrigem Kontaktwinkel dürfen verbleiben.	Die Oberfläche muss frei von allen Schweißspritzern sein.
Geriffelte/profilierte Schweißnaht	Keine Vorbereitung	Die Oberfläche muss bearbeitet werden, um unregelmäßige und scharfe Profilierungen zu entfernen.	Die gesamte Oberfläche muss bearbeitet werden, d.h. glatt sein.
Schweißschlacke	Die Oberfläche muss frei von Schweißschlacke sein.	Die Oberfläche muss frei von Schweißschlacke sein.	Die Oberfläche muss frei von Schweißschlacke sein.
Randkerbe	Keine Vorbereitung	Oberfläche wie erhalten.	Die Oberfläche muss frei von Randkerben sein.
Schweißporosität	Keine Vorbereitung	Oberflächenporen müssen ausreichend offen sein, um das Eindringen des Beschichtungsstoffes zu ermöglichen.	Die Oberfläche muss frei von sichtbaren Poren sein.
Krater am Schweißnahtende	Keine Vorbereitung	Endkrater müssen frei von scharfen Kanten sein.	Die Oberfläche muss frei von sichtbaren Endkratern sein.

Art der Unregelmäßigkeit	Vorbereitungsgrad		
	P1 – leichte Vorbereitung	P2 – gründliche Vorbereitung	P3 – sehr gründliche Vorbereitung
Kanten			
Gewalzte Kanten	Keine Vorbereitung	Keine Vorbereitung	Die Kanten müssen mit einem Mindestradius von 2 mm gerundet sein. (s. DIN EN ISO 12944-3)
Durch Stanzen, Schneiden, Sägen hergestellte Kanten	Kein Teil der Kanten darf scharf sein; die Kanten müssen frei von Graten sein.	Die Kanten müssen halbwegs glatt sein.	Die Kanten müssen mit einem Mindestradius von 2 mm gerundet sein. (s. DIN EN ISO 12944-3)
Thermisch geschnittene Kanten	Die Oberfläche muss frei von Schlacke und losem Zunder sein	Kein Teil der Kante darf ein unregelmäßiges Profil haben.	Die Schnittfläche muss nachgearbeitet und die Kanten müssen mit einem Mindestradius von 2 mm gerundet sein. (s. DIN EN ISO 12944-3)
Oberflächen allgemein			
Löcher, Krater	Löcher und Krater müssen ausreichend offen sein, um dem Beschichtungsstoff ein Eindringen zu erlauben.	Löcher und Krater müssen ausreichend offen sein, um dem Beschichtungsstoff ein Eindringen zu erlauben.	Die Oberfläche muss frei von Löchern und Kratern sein.
Schuppen	Die Oberfläche muss frei von abgehobenem Material sein.	Die Oberfläche muss frei von sichtbaren Schuppen sein.	Die Oberfläche muss frei von sichtbaren Schuppen sein.
Überwalzungen, Trennungen	Die Oberfläche muss frei von abgehobenem Werkstoff ein.	Die Oberfläche muss frei von sichtbaren Überwalzungen/Trennungen sein.	Die Oberfläche muss frei von sichtbaren Überwalzungen/Trennungen sein.
Eingewalzte Fremdstoffe	Die Oberfläche muss frei von eingewalzten Fremdstoffen sein.	Die Oberfläche muss frei von eingewalzten Fremdstoffen sein.	Die Oberfläche muss frei von eingewalzten Fremdstoffen sein.
Riefen, Furchen	Keine Vorbereitung	Der Radius von Riefen und Furchen muss mind. 2 mm betragen.	Die Oberfläche soll frei von Riefen sein und der Radius von Furchen muss größer als 4 mm sein.
Eindrücke und Markierungen von Walzen	Keine Vorbereitung	Eindrücke und Markierungen von Walzen müssen glatt sein.	Die Oberfläche muss frei von Eindrücken und Markierungen von Walzen sein.

Tabelle 4: Spezifizierung der Vorbereitungsgrade
(Quelle DIN EN ISO 8501-3)

4 Anforderungen an die Konstruktion

4.1 Spalte/Fugen/Überlappungen

Diese sind bevorzugte Stellen für Korrosionsangriffe und sollten daher unbedingt vermieden werden. Die kritische Spaltbreite liegt bei 0,01 – 0,5 mm [3]. Hier besteht die Gefahr auf Spaltkorrosion. Durch komplett durchgezogene Schweißnähte oder das Abdichten mit überbeschichtbaren dauerelastischen Massen, ist dies zu verhindern.

Ein abgehobener Werkstoff wie Trennungen, Überwalzungen und Schuppen bilden ebenfalls Spalten und müssen daher entsprechend mechanisch entfernt werden [4].

Bei der Konstruktion können auch bereits Schweißfüße berücksichtigt werden. Wichtig ist hier im geplanten Abstand der Schweißnähte ein sogenanntes Fenster einzuplanen, das mindestens einen 15 mm großen Abstand besitzt, der gut beschichtbar ist.

Abbildung 1: Spezialprüfkörper aus dem QIB-Projekt C5-2016 nach 1440 h neutralem Salzsprühnebeltest DIN EN ISO 9227, man beachte die Korrosionserscheinung an der nicht durchgezogenen Schweißnaht aufgrund von Spaltkorrosion.

4.2 Mulden/Senken/Sacklöcher/Taschen

Generell muss alles, was das Ablaufen von Flüssigkeiten erschwert, vermieden werden.

Erfahrungsgemäß müssen Löcher mit einem Durchmesser von ≤ 5 mm ausführlicher gespült werden, um Restchemie aus der chemischen Vorbehandlung ausreichend zu entfernen. Für ein ungehindertes Ablaufen von Prozesslösungen ist nach Möglichkeit auf eine entsprechende Orientierung der Bauteile zu achten.

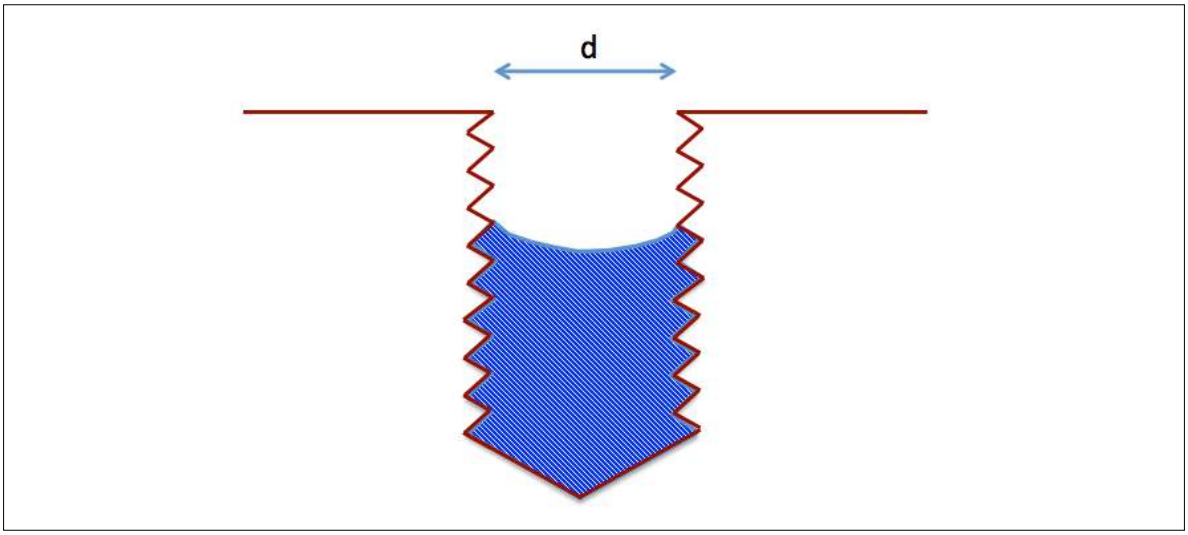


Abbildung 2: Schematische Zeichnung eines Sackloches mit Gewinde. Durchmesser d ≤ 5 mm sind problematisch.

4.3 Materialkombination

Sind konstruktionsbedingt verschiedene Werkstoffe zu verwenden, müssen ungünstige Materialkombinationen, z.B. unlegierter Stahl an rostfreiem Edelstahl, vermieden werden, da andernfalls an Lokalelementen Kontaktkorrosion auftreten kann. Voraussetzung hierfür ist das Vorhandensein zweier Werkstoffe, die eine Potentialdifferenz aufweisen und über einen Elektrolyten in Kontakt stehen.

Sollten aus technischen Gründen verschiedene Materialien notwendig sein, so sind diese durch isolierende Schichten voneinander zu trennen [4]. Isolierende Beschichtungen können auch Beschichtungen sein, die ein direktes Aufliegen der Materialkombination verhindert.

Abbildung 3: Beispiel für Kontaktkorrosion, Edelstahlgeländer verzinkter Verschraubung

Das Risiko für eine Kontaktkorrosion wird von Faktoren wie der Leitfähigkeit des Elektrolyten und vor allem auch durch das Flächenverhältnis von Anode zu Kathode beeinflusst. Hierbei gilt es gerade bei Verbindungselementen wie Schrauben nach Möglichkeit ein hohes Flächenverhältnis von Anode zu Kathode zu realisieren, um die Wahrscheinlichkeit für Kontaktkorrosion zu verringern. Daher sind verzinkte Schrauben nicht ohne weiteres zur Befestigung von Elementen aus Edelstahl geeignet, während es umgekehrt hingegen in der Regel problemlos möglich ist.

		Werkstoff mit kleiner Fläche				
		C-Stahl / Guss	Zink / Verz. Stahl	Aluminium	Kupfer	Rostfreier Edelstahl
Werkstoff mit großer Fläche	C-Stahl / Guss	gut*	schlecht	schlecht	gut*	gut*
	Zink / verz. Stahl	gut*	gut	gut	unsicher	gut
	Aluminium	unsicher bis schlecht	unsicher	gut	unsicher bis schlecht	gut
	Kupfer	schlecht	schlecht	schlecht	gut	gut
	Rostfreier Edelstahl	schlecht	schlecht	unsicher bis schlecht	gut	gut

Tabelle 5: Kritische und unkritische Materialkombinationen unter atmosphärischer Belastung
**Kombination beeinflusst Korrosion kaum, aufgrund starker Eigenkorrosion des unedleren Werkstoffs nicht zu empfehlen.*

4.4 Hohlbauteile

Offene Hohlbauteile müssen mit Umluft- und Entwässerungsbohrungen versehen werden, geschlossene Hohlbauteile müssen absolut dicht sein [5,6].

Abbildung 4: Beispiele für geschlossene Hohlbauteile. Links: Metallpfosten. Mitte und Rechts: Detailaufnahmen von Schweißnähten an einer Straßenlaterne

4.5 Erreichbarkeit der Oberfläche bei Beschichtungsarbeiten

Es müssen Mindestabstände bei der Konstruktion beachtet werden, so dass im Falle einer Beschichtung die Oberfläche vollständig durch das Beschichtungssystem bedeckt werden kann (Schatten-

fugen vermeiden). Die Mindestabstände orientieren sich an der Beschichtungstechnik. Bei großen, offenen Hohlbauteilen, die in der Regel mit Flüssiglack beschichtet werden, müssen Öffnungen vorgesehen werden, damit sie eingesehen und mit Arbeitsgeräten erreicht werden können. Rechteckige Öffnungen sind mindestens in einer Größe von 500x700mm und runde Öffnungen mit 600 mm Durchmesser vorzusehen. Siehe hierfür DIN EN ISO 12944-3 Anhänge B und C.

Unzugängliche Bauteilbereiche müssen aus korrosionsbeständigem Material gefertigt oder so geschützt werden, dass sie dieselbe Lebensdauer wie das restliche Bauteil erreichen [5].

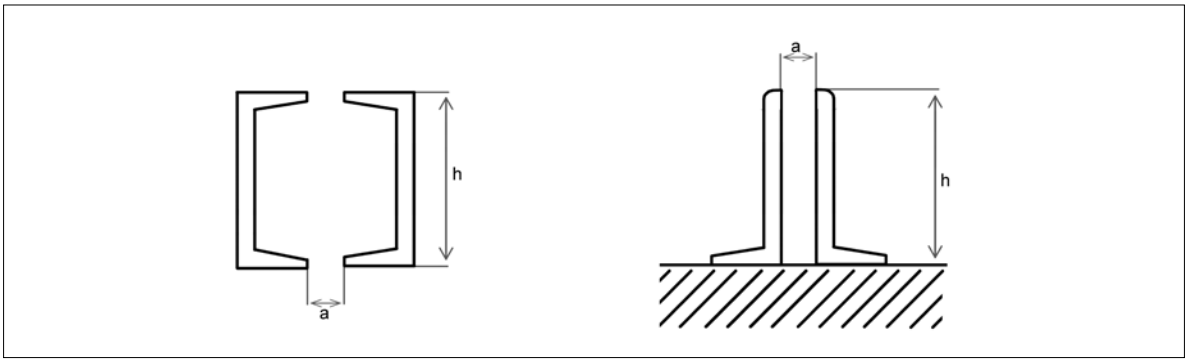


Abbildung 5: Mindestmaße bei engen Abständen zwischen Oberflächen
(siehe auch: DIN EN ISO 12944-3)

4.6 Transport, Handhabung, Montage, Lagerung

Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um Transportschäden oder Beschädigungen bei Handhabung und Montage, aber auch durch Montage- oder Baustellenarbeiten wie Schweißen, Schneiden oder Schleifen zu vermeiden [5,7]. Zur Vermeidung von Schäden ist auf eine sachgemäße Lagerung zu achten. So können Temperaturwechsel bei verpackten Bauteilen zu einer Unterschreitung des Taupunktes und damit letztlich zu Feuchteschäden führen. Dies führt wie in Abbildung 6 dargestellt zu Farbveränderungen. Diese sind in der Regel durch eine Temperaturbehandlung von > 120°C wieder zu entfernen. Hierdurch wird eingelagerte Feuchtigkeit wieder ausgetrieben.

Abbildung 6: Feuchteschäden an pulverbeschichteten Aluminiumplatten:
Durch die Einlagerung von Feuchtigkeit kommt es zu sichtbaren Farbveränderungen

5 Anforderungen an die Oberflächenvorbereitung

Sämtliche arteigenen (Zunder, Laserzunder, Rost und Walzhaut) und artfremde (Signierungen, alte Beschichtungen, Öle, Fette, Restchemikalien etc.) Verunreinigungen müssen entfernt werden. [4,8]

5.1 Mechanische Vorbereitung

Die mechanische Vorbereitung der Oberfläche soll nach den Vorbereitungsgraden nach DIN EN ISO 8501-3 durchgeführt werden und ist den Bedingungen anzupassen.

Für eine lange Schutzdauer bei hohen Korrosivitätskategorien schreibt die DIN EN ISO 12944-3 den Vorbereitungsgrad P3 vor (keine Löcher, keine Schuppen, keine Überwalzungen, keine eingewalzten Fremdstoffe usw.) Siehe hierzu auch Abschnitt 3 [5]

5.1.1 Strahlen

Zu strahlende Oberflächen müssen auf Vorbereitungsgrad Sa 2½ (sehr gründlich) oder besser gestrahlt werden. Sa 2½ heißt, dass sämtliche Verunreinigungen wie Walzhaut, Zunder, Rost, unerwünschte Beschichtungen und artfremde Verunreinigungen entfernt wurden. Abweichungen vom reinen Metallglanz von lediglich optischer Natur sind erlaubt. [9]

Segment	Nennwert R_{y5} - Grit	Nennwert R_{y5} - Shot	Rauheitsgrad
1	25 µm	25 µm	Fein
2	60 µm	40 µm	Mittel
3	100 µm	70 µm	Grob
4	150 µm	100 µm	

Tabelle 6: Rauheitsnennwerte der einzelnen Segmente eines Komparators

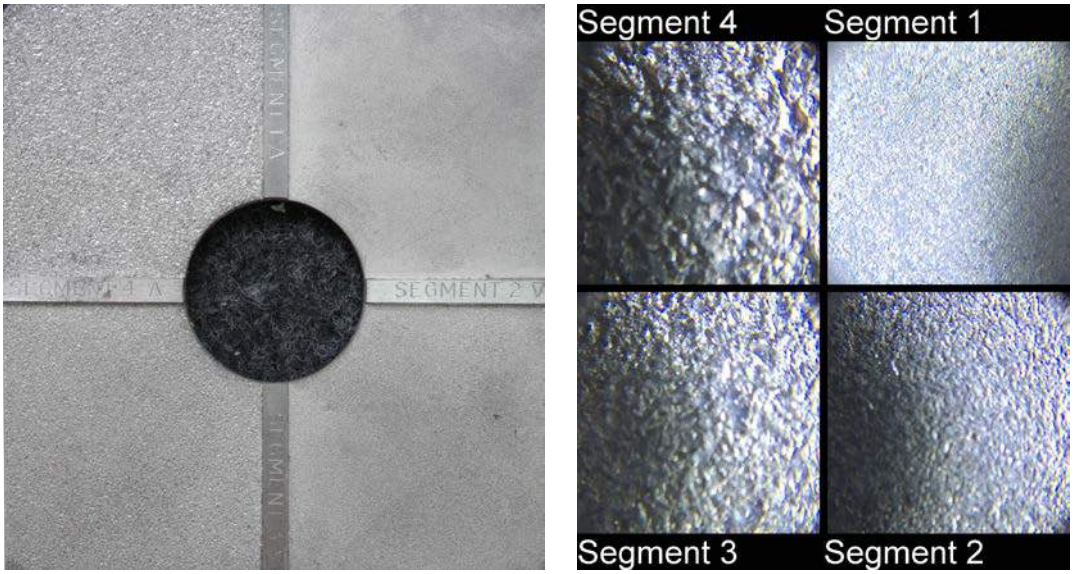


Abbildung 7:
links: Rauheitsvergleichsmuster für Grit-Strahlung nach DIN EN ISO 8503-1 Bestimmung des Rauheitsgrades (Grit) auf gestrahlter Oberfläche mit kantigen Strahlmittel (Grit-Strahlung), rechts: Vergrößerungen besagter Muster

Die Oberfläche muss nach dem Strahlen von Strahlmittel und Staub befreit werden.

Besonders muss auf die Entfernung aus Winkeln und Spalten geachtet werden.

Mittelgroße Rauheitswerte* (Pulverlackierung Rz ≈ 20-30 µm, ISO 8503 Segment 1 ≈ grit fein bzw. Flüssiglackierung Rz ≈ 60 µm, DIN EN ISO 8503 Segment 2 ≈ grit mittel) mit kantigen Strahlmitteln (Grit siehe Abbildung 13) sind für Beschichtungssysteme am besten geeignet. [10]

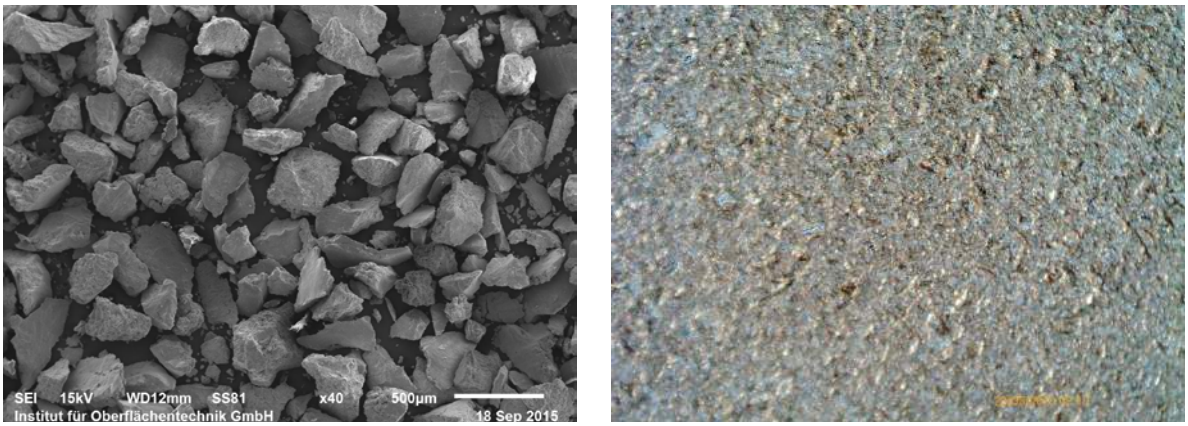


Abbildung 8: kantiges Strahlmittel aus Stahl (Grit), gestrahlte Oberfläche Abstand 0,3m, 6 bar, Winkel 60-90° - Rz = 38 µm

5.1.2 Maschinelle Vorbereitung / Vorbereitung von Hand

Maschinelle / manuelle Vorbereitung muss bis auf einen Vorbereitungsgrad von St 3 (sehr gründlich) erfolgen. Nach St 3 muss die Oberfläche frei von Öl, Schmutz, Fett, losem Rost, losem Zunder, losen Beschichtungen und losen artfremden Verunreinigungen sein und überdies einen reinen Metallglanz aufweisen. [9]

Wird nur partiell vorbereitet, so ist dies auf Vorbereitungsgrad P St 3 durchzuführen.

Mögliche einzusetzende Werkzeuge für eine manuelle Vorbereitung sind z.B. Rostklopfhämmer und rotierende Entzunderer, Nadelpistolen, Schleifmaschinen, z.B. mit Bändern, Scheiben oder Lamellenscheiben, Bürstmaschinen, z.B. Draht- oder Faserbürsten oder Kunststoffvlies mit eingebettetem Schleifmittel. [12]

5.2 Chemische Vorbehandlung

Die Vorbehandlung ist dem Werkstoff und der Korrosionsbeanspruchungsgruppe anzupassen, siehe hierfür QIB Merkblatt 1-1 [13]

Mit Säure zu beizende Oberflächen müssen auf Vorbereitungsgrad Be gereinigt werden, das heißt dass sämtliche Beschichtungsreste, Zunder und Rost entfernt werden müssen. Beschichtungen wiederum müssen vorher adäquat entfernt werden. [14]

Es ist jedoch darauf zu achten, dass starke Verunreinigungen an der Oberfläche hin und wieder nur durch eine Kombination aus mechanischer und chemischer Vorbehandlung zu entfernen sind.

6 Handhabung besonderer Bauteilmerkmale

6.1 Kantenabdeckung

Scharfe, rechtwinklinge Kanten sind per se schlecht, „gebrochene“ Kanten sind besser; runde Kanten sind ideal. Ebenso problematisch sind Grate und Schnittkanten. [7]

Bauteile mit einer Schutzdauer größer als 5 Jahren mit einer Korrosivitätskategorie C3 oder höher müssen gerundete Kanten nach ISO 12944-3 aufweisen oder über einen zusätzlichen Kantenschutz verfügen. [12]

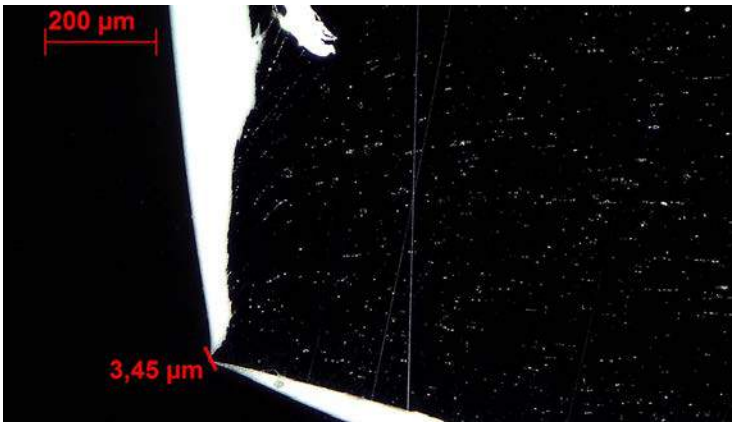


Abbildung 9: scharfe Kante führt zur mangelnden Abdeckung des Grundmaterials, diese Fehlstelle führt in der Regel zu ersten Korrosionserscheinungen

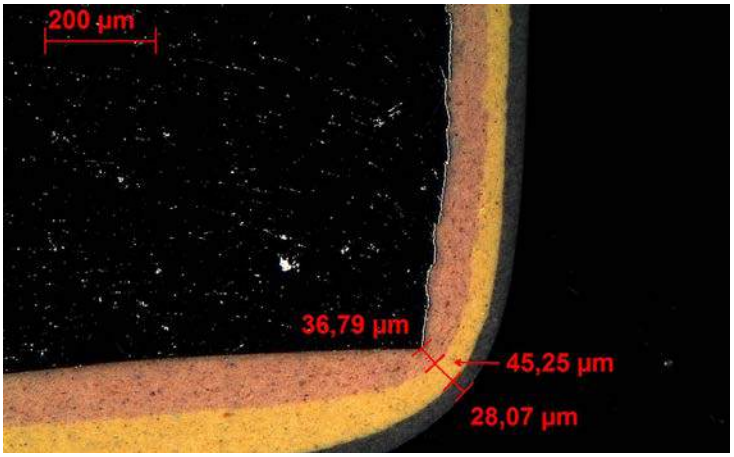


Abbildung 10: zuverlässige Kantenabdeckung kann bei scharfen Kanten erst durch einen Mehrschichtaufbau erreicht werden.

Durch Bohrungen entstandene Kanten müssen entgratet werden.

Abbildung 11: Spezialteil des QIB Projektes C5 mit verschieden vorbereiteten Bohrungen, 90° gesenkt, 120° gesenkt.

Ab Kantenradien kleiner als 1,0 mm kommt es zu Kantenflucht, wodurch die Beschichtung dünner und dadurch die Kante anfälliger für Korrosion wird. [8] Kanten können mit Winkelschleifern und Kantenbrechern vorbereitet werden.

Kanten an Bohrungen wiederum können mit einem Kegelsenkbohrer abgerundet werden. Der Spitzenwinkel des Senkbohrers (ob 60°, 90° oder 120°) ist mit dem Beschichter abzusprechen und notfalls frei wählbar, solange die Kanten ausreichend gebrochen sind und so eine gute Kantenabdeckung gewährleistet werden kann.

6.2 Schweißnähte

Die Schweißnaht muss eben und regelmäßig sein, bestenfalls Vorbereitungsgrad P3 (nach DIN EN ISO 8501-3). Wird die Schweißnaht nicht eben geschliffen, können Poren und Störungen im Korrosionsschutzsystem resultieren, die eine frühzeitige Korrosion ergeben.

Abbildung 12: Schweißnähte in absteigendem Reinigungsgrad

Abbildung 13: Beschichtungsschäden an einer nicht ordentlich gereinigten Schweißnaht

Abbildung 14: Projekt C5-Prüfblech mit nicht vorbereiteter Schweißnaht nach bereits 168 h neutralem Salzsprühtest.

Schweißnähte müssen so vorbereitet werden, dass oberflächliche und eingeschlossene Schlacke vollständig entfernt sind. Für einen verbesserten Ablauf von Flüssigkeiten sollen dreieckige oder konkave Kehlnähte geschweißt werden. Silikonhaltige Schweißsprays lassen sich durch chemische Vorbehandlung schwer bis gar nicht entfernen. Auf deren Einsatz ist zu verzichten. Stattdessen sind – und auch nur wenn unbedingt notwendig – fett- und silikonfreie Sprays zu verwenden. [15]

Vor dem Schweißen muss das Bauteil frei von Fetten und Ölen sein, diese können beim Schweißen gecrackt werden. Die dabei entstehenden Produkte erzeugen Fehlstellen. [15]

6.3 Wärmeeinflusszonen von Schweißpunkten

In Wärmeeinflusszonen (WEZ) wird das Gefüge entmischt. Durch die Erhitzung kommt es unter anderem zur Bildung von z.B. Oxidschichten, die negativen Einfluss auf die Haftung haben können. WEZ sollen daher entweder klein gehalten oder nachträglich entfernt werden.

Abbildung 15: Im Rahmen der Präsentation des QIB-Projektes C5 gezeigtes Bauteil mit sehr vielen WEZ *(Quelle: Bader Pulverbeschichtung GmbH)*

6.4 Schraubenverbindungen

Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben müssen bezogen auf das Korrosionsschutzsystem mindestens dieselbe Lebensdauer wie das restliche Bauteil besitzen [5,7].

6.5 Laserschnittkanten

Werden Metallbauteile mit Laser geschnitten, kommt es lokal zu hohen Temperaturen, die zu Gefügeänderungen und Aufhärtungen sowie der Ausbildung von Oxidschichten führen. Da die sich bildenden Mischoxide an der Oberfläche nur durch bestimmte Säuregemische entfernt werden können, reichen die Standardbeizbäder für ein ausreichendes Entfernen nicht aus. Es kommt zu Haftungsproblemen des anschließend aufgebrachten Beschichtungssystems. Ein weiterer negativer Effekt ist die sehr scharfe Kante, die durch das Schneiden mit Laser entsteht. Siehe hierzu auch den vorhergehenden Abschnitt Kantenabdeckung

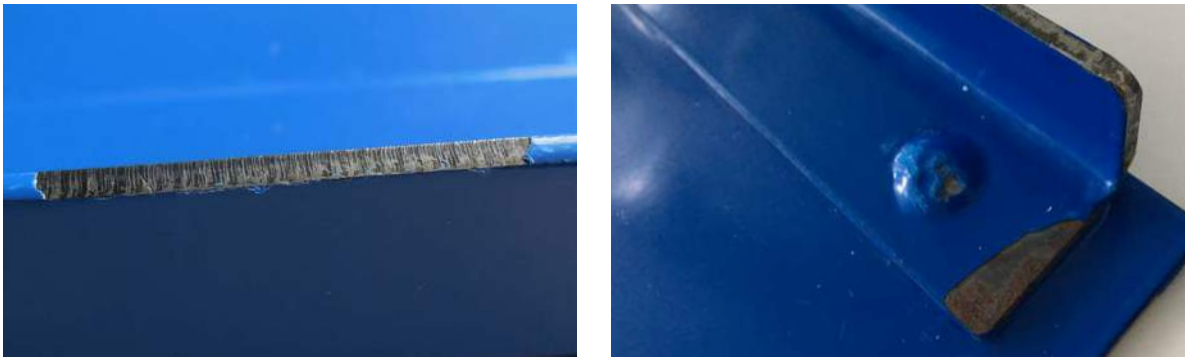


Abbildung 16: unbearbeitete Laserschnittkanten mit Korrosions- und Haftungsstörungen. Die Einschnitte des Lasers sind gut zu erkennen. Sich bildende Oxidschichten sind teilweise schwer durch chemische Vorbehandlungen zu entfernen. Mit Schutzgas arbeitende Lasersysteme können die Situation verbessern.

Abbildung 17: Korrosionsprobleme am Kantenbereich aufgrund nicht vorbereiteter Kanten

7 Beschichtungssysteme

Bezüglich der Auswahl an geeigneten Beschichtungssystemen ist es ratsam, dass die Anforderungen der gültigen Normen wie der DIN EN ISO 12944-6, der DIN 13438 oder der DIN 55634 in Form der dort definierten Laborprüfungen nachgewiesen werden.

Als zuverlässig und abgeprüft gelten Systemaufbauten, wie sie von der Qualitätsgemeinschaft QUALISTEELCOAT zugelassen sind (www.qualisteelcoat.net).

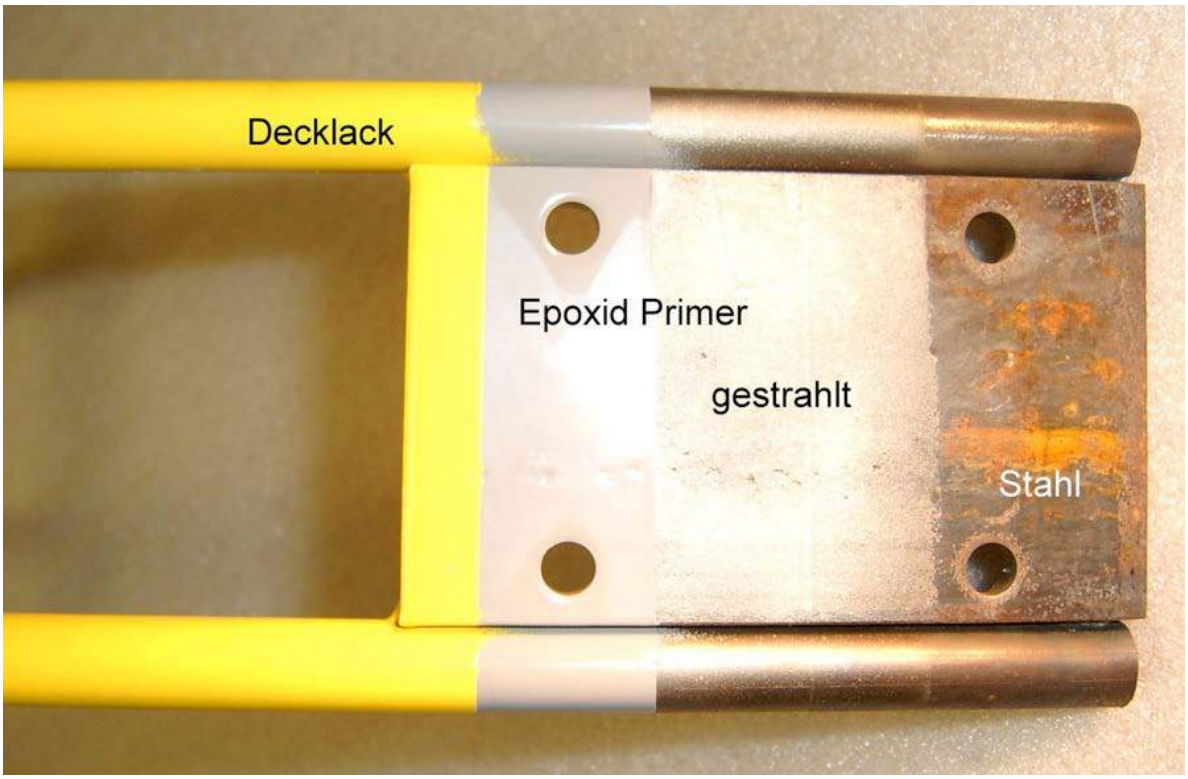


Abbildung 18: exemplarischer Schichtaufbau mit den Prozessschritten vom Rohzustand bis zur Deckbeschichtung (Quelle: Bader Pulverbeschichtung GmbH)

8 Abschließende Bewertung

Korrosionsvorbeugung und –schutz beginnt nicht erst beim Beschichter, sondern schon bei der Konstruktion. Eine adäquate Beschichtung trägt maßgeblich zur Vorbeugung von Korrosionsschäden bei und unter Zuhilfenahme dieses Merkblattes kann dies auch gewährleistet werden. Korrosionsschäden kommen dem Kunden teurer zu stehen als die beschichtungsgerechte – und damit auch korrosionsschutzgerechte – Konstruktion - um den Faktor 1000 [3].

Hohe Korrosionsschutzklassen von C4 und C5 sowie lange Schutzdauern können nur dann erreicht werden, wenn die Vorbereitung und die Konstruktion die oben genannten Anforderungen erfüllen, wie in den folgenden Abbildungen gezeigt.

Abbildung 19: Übersicht über Ergebnisse des QIB Projektes C5 – Prüfkörper nach 1440h neutralem Salzsprühnebeltest von verschiedenen Beschichtungsbetrieben

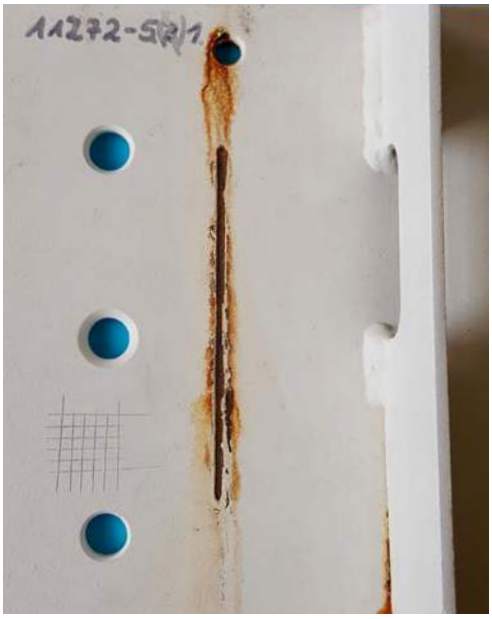


Abbildung 20: Detailansicht einer Probe, die die aktuell gültigen Normanforderungen einer C5 Korrosivitätskategorie erfüllt. Im Spalt sichtbare Korrosion könnte noch durch eine zusätzliche Abdichtung vermieden werden

9 Verzeichnisse

9.1 Literaturverzeichnis

[1] Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen (ISO/DIS 12944-2:2016); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 12944-2:2016

[2] Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 1: Allgemeine Einleitung (ISO/DIS 12944-1:2016); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 12944-1:2016

[3] K.-H. Tostmann; Korrosion – Ursachen und Vermeidung, Wiley-VCH, 2001, ISBN 3-527-30203-4

[4] Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit – Teil 3: Vorbereitungsgrade von Schweißnähten, Kanten und anderen Flächen mit Oberflächenunregelmäßigkeiten (ISO 8501-3:2006); Deutsche Fassung EN ISO 8501-3:2007

[5] Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 3: Grundregeln zur Gestaltung (ISO/DIS 129443:2016); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 129443:2016

[6] Prof. Dr.-Ing habil. U. Nürnberger; Korrosion und Korrosionsschutz im Bauwesen Band 2; Bauverlag, 1995, ISBN 3-7625-3199-4

[7] Stahl Informations Zentrum (Hrsg.);Merkblatt 405 – Korrosionsschutz von Stahlkonstruktionen durch Beschichtungsssteme

[8] J.E. Pietschmann, H. Pfeifer, Ch. J. Raub, Schwäbisch Gmünd; Einfluß der Zusammensetzung des Pulverlackes auf die Kantendeckung, Metalloberfläche 44 (1990), Carl Hanser Verlag 1990, S.515

[9] Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen – Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit – Teil 1: Rostgrade und Oberflächenvorbereitungsgrade von unbeschichteten Stahloberflächen und Stahloberflächen nach ganzflächigem Entfernen vorhandener Beschichtungen (ISO 8501-1:2007); Deutsche Fassung EN ISO 8501-1:2007

[10] Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie e.V., Bundesverband Korrosionsschutz e.V. (Hrsg.); Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme, 2010

[11] (IFO-Intern) B. Eng. U. Kreuzer/Dipl.-Chem. M. Holz; Untersuchungsbericht Projekt C5

[12] Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen - Verfahren für die Oberflächenvorbereitung - Teil 3: Reinigen mit Handwerkzeugen und mit maschinell angetriebenen Werkzeugen (ISO 8504-3:1993)

[13] Qualitätsgemeinschaft Industriebeschichtung (Hrsg.); QIB Merkblatt 1-1, 2012

[14] Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme – Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung (ISO/DIS 12944-4:2016); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 12944-4:2016

[15] P. Maas, P. Peißker (Hrsg.); Handbuch Feuerverzinken, Wiley-VCH, 2008, ISBN 978-3-527-31858-2

9.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Spezialprüfkörper aus dem QIB-Projekt C5-2016 nach 1440 h neutralem Salzsprühnebeltest DIN EN ISO 9227, man beachte die Korrosionserscheinung an der nicht durchgezogenen Schweißnaht aufgrund von Spaltkorrosion. S.8

Abbildung 2: Schematische Zeichnung eines Sackloches mit Gewinde. Durchmesser d ≤ 5 mm sind problematisch. S.9

Abbildung 3: Beispiel für Kontaktkorrosion, Edelstahlgeländer mit gelbchromatierter und verzinkter Verschraubung. S.9

Abbildung 4: Beispiele für geschlossene Hohlbauteile. Links: Metallpfosten. Mitte und Rechts: Detailaufnahmen von Schweißnähten an einer Straßenlaterne. S.10

Abbildung 5: Mindestmaße bei engen Abständen zwischen Oberflächen (siehe auch: DIN EN ISO 12944-3). S.11

Abbildung 6: Feuchteschäden an pulverbeschichteten Aluminiumplatten: Durch die Einlagerung von Feuchtigkeit kommt es zu sichtbaren Farbveränderungen. S11

Abbildung 7: links: Rauheitsvergleichsmuster für Grit-Strahlung nach DIN EN ISO 8503-1 Bestimmung des Rauheitsgrades (Grit) auf gestrahlter Oberfläche mit kantigen Strahlmittel (Grit-Strahlung), rechts: Vergrößerungen besagter Muster. S.13

Abbildung 8: kantiges Strahlmittel aus Stahl (Grit), gestrahlte Oberfläche Abstand 0,3m, 6 bar, Winkel 60-90° - Rz = 38 µm. S.13

Abbildung 9: scharfe Kante führt zur mangelnden Abdeckung des Grundmaterials, diese Fehlstelle führt in der Regel zu ersten Korrosionserscheinungen. S.15

Abbildung 10: zuverlässige Kantenabdeckung kann bei scharfen Kanten erst durch einen Mehrschichtaufbau erreicht werden. S.15

Abbildung 11: Spezialteil des QIB Projektes C5 mit verschieden vorbereiteten Bohrungen, 90° gesenkt, 120° gesenkt und nicht gesenkt. S.15

Abbildung 12: Schweißnähte in absteigendem Reinigungsgrad. S.16

Abbildung 13: Beschichtungsschäden an einer nicht ordentlich gereinigten Schweißnaht. S.16

Abbildung 14: Projekt C5-Prüfblech mit nicht vorbereiteter Schweißnaht nach bereits 168 h neutralem Salzsprühtest. S.17

Abbildung 15: Im Rahmen der Präsentation des QIB-Projektes C5 gezeigtes Bauteil mit sehr vielen WEZ (Quelle: Bader Pulverbeschichtung GmbH). S.17

Abbildung 16: unbearbeitete Laserschnittkanten mit Korrosions- und Haftungsstörungen. Die Einschnitte des Lasers sind gut zu erkennen. Sich bildende Oxidschichten sind teilweise schwer durch chemische Vorbehandlungen zu entfernen. Mit Schutzgas arbeitende Lasersysteme können die Situation verbessern. S.18

Abbildung 17: Korrosionsprobleme am Kantenbereich aufgrund nicht vorbereiteter Kanten. S.18

Abbildung 18: exemplarischer Schichtaufbau mit den Prozessschritten vom Rohzustand bis zur Deckbeschichtung (Quelle: Bader Pulverbeschichtung GmbH). S.19

Abbildung 19: Übersicht über Ergebnisse des QIB Projektes C5 – Prüfkörper nach 1440h neutralem Salzsprühnebeltest von verschiedenen Beschichtungsbetrieben. S.20

Abbildung 20: Detailansicht einer Probe, die die aktuell gültigen Normanforderungen einer C5 Korrosivitätskategorie erfüllt. Im Spalt sichtbare Korrosion könnte noch durch eine zusätzliche Abdichtung vermieden werden. S.20

9.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Korrosivitätskategorien für Verwendung an der Atmosphäre (Quelle: DIN EN ISO 12944-2). S.4

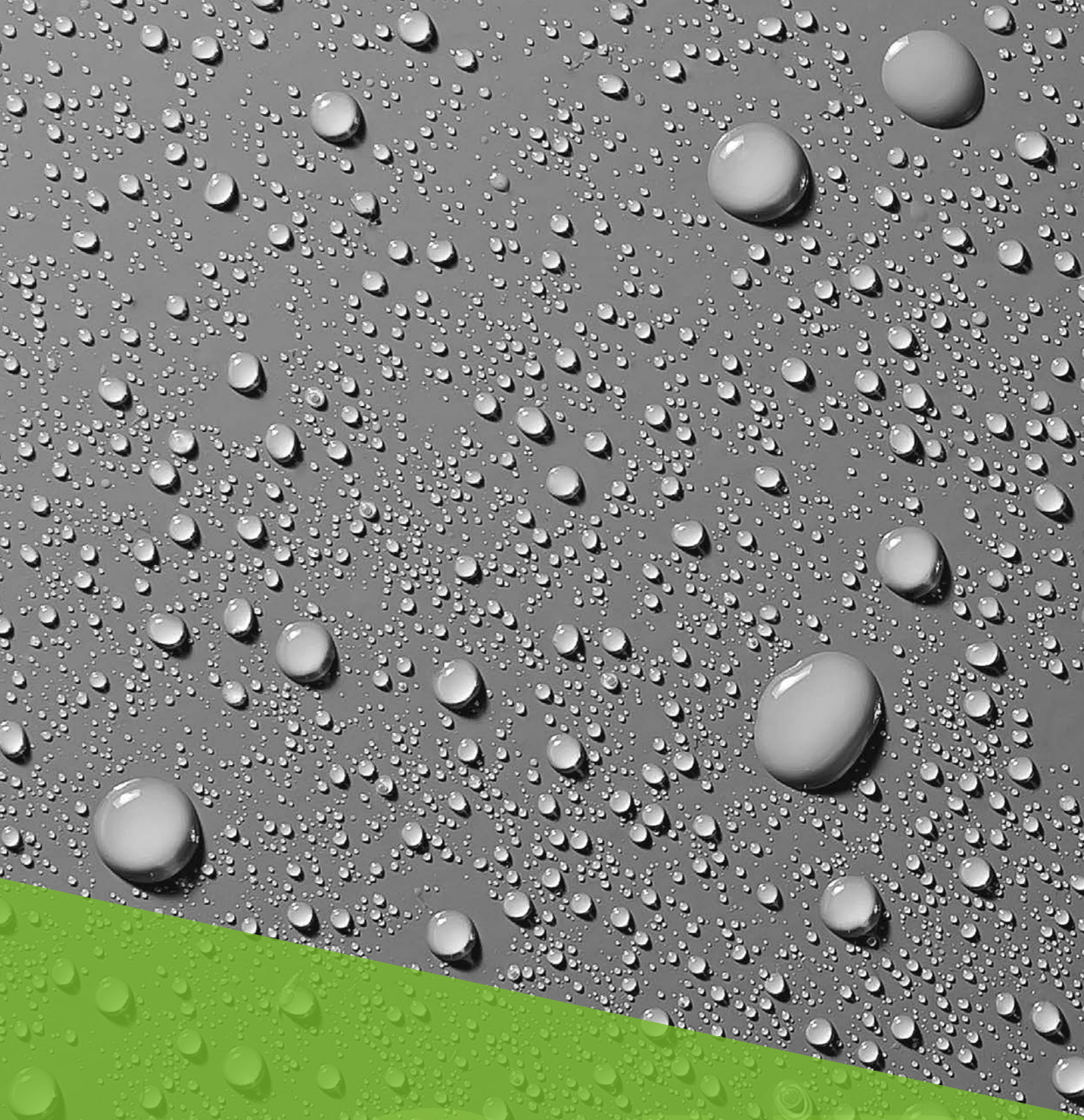
Tabelle 2: Korrosivitätskategorien für Verwendung in Wasser/im Erdreich (Quelle: DIN EN ISO 12944-2). S.5

Tabelle 3: Übersicht über geforderte Vorbereitungsgrade um geforderte Schutzdauern bei gegebener Korrosivitäskategorie zu erzielen. (Quelle: DIN EN 1090-2). S.6

Tabelle 4: Spezifizierung der Vorbereitungsgrade (Quelle DIN EN ISO 8501-3). S.7

Tabelle 5: Kritische und unkritische Materialkombinationen unter atmosphärischer Belastung. S.10

Tabelle 6: Rauheitsnennwerte der einzelnen Segmente eines Komparators. S.12



Herausgeber:

Qualitätsgemeinschaft Industriebeschichtung e.V.
Alexander-von-Humboldt-Straße 19
73529 Schwäbisch Gmünd

Telefon: 07171/10408-33
Telefax: 07171/10408-50
www.qib-online.com
info@qib-online.com

© QIB e.V. Schwäbisch Gmünd
Stand: Oktober 2017

Die technischen Angaben und Empfehlungen dieses Merkblattes beruhen auf dem Kenntnisstand bei der Veröffentlichung. Eine Rechtsverbindlichkeit kann daraus nicht abgeleitet werden.