

## 5. OBERFLÄCHENSCHUTZ

### 5.1 Korrosion

Etwa 4% des Bruttozialproduktes eines westlichen Industriestaates wird durch Korrosion vernichtet.

Etwa 25% davon könnte durch Anwendung des vorhandenen Wissens vermieden werden.

Korrosion ist die Reaktion eines metallischen Werkstoffs mit seiner Umgebung, die eine messbare Veränderung eines Werkstoffs bewirkt und zu einer Beeinträchtigung der Funktion eines Bauteiles oder eines ganzen Systems führen kann. In den meisten Fällen ist diese Reaktion elektrochemischer Natur, in einigen Fällen kann sie jedoch auch chemischer oder metallphysikalischer Natur sein.

Jeder Mensch kann Korrosion im täglichen Leben beobachten:

- Rost an Fahrzeugen, an Geländern und Zäunen
- Schleichende Zerstörung von Straßenbauwerken, Brücken, Gebäuden
- Undichtigkeiten an Wasserleitungen und Heizungsrohren aus Stahl

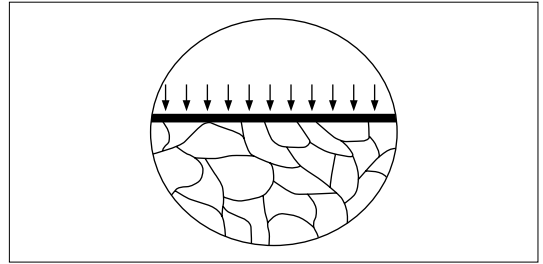
**Korrosion ist unvermeidbar** – vermeidbar sind jedoch Schäden durch Korrosion bei richtiger Planung geeigneter Korrosionsschutzmassnahmen.

Das „Korrosionssystem einer Schraubenverbindung“ sollte, unter Einsatzbedingungen, mindestens so korrosionsbeständig sein wie die zu verbindenden Teile.

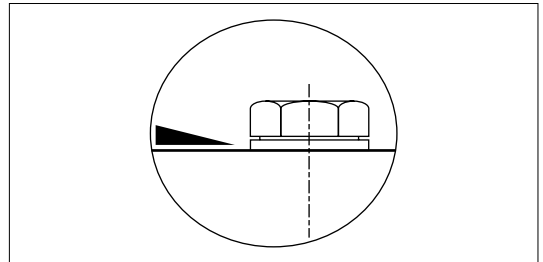
Es ist Aufgabe des Konstrukteurs, die erforderlichen Korrosionsschutzmassnahmen zu bestimmen. Hierbei ist der Abnutzungsvorrat eines Korrosionsschutzsystems sowie die Umgebungsbedingungen zu berücksichtigen.

Die Erscheinungsformen, von Korrosion können sehr unterschiedlich sein. (Korrosionsarten siehe DIN 50900).

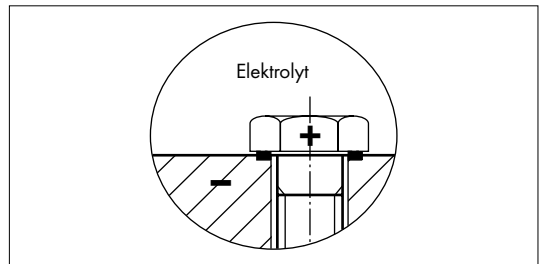
### 5.2 Korrosionsarten



Flächenkorrosion z.B. Rost



Spaltkorrosion



Kontaktkorrosion

## Abtragungsraten, Richtwerte in $\mu\text{m}$ pro Jahr

Medium	Zink unchromatiert	Messing Ms 63	Kupfer CuNi 1,5 Si	unlegierter Stahl ungeschützt
Landluft	1-3	$\leq 4$	$\leq 2$	$\leq 80$
Stadtluft	$\leq 6$	$\leq 4$	$\leq 2$	$\leq 270$
Industrieluft	6-20	$\leq 8$	$\leq 4$	$\leq 170$
Meeresluft	2-15	$\leq 6$	$\leq 3$	$\leq 170$

Tab. 1

## 5.3 Häufig verwendete Arten von Überzügen für Verbindungselemente

### 5.3.1 nichtmetallische Überzüge

Bezeichnung	Verfahren	Anwendung	Korrosionsbeständigkeit
Einölen	Werkstücke werden in Öl getaucht	Blanke Stahlteile Geignet für kurzzeitigen Korrosionsschutz z.B. beim Transport	undefiniert
Brünieren (DIN 50938)	Werkstücke werden in saure oder alkalische Lösungen getaucht Durch Reaktion entstehen Oxidschichten mit (braun)schwarzer Farbe Kein Schichtaufbau Zweck: Bilden eine schwache Schutzschicht auf der Oberfläche Keine Wasserstoffversprödung	Waffenteile Lehren und Messtechnik	Salzsprühnebeltest ca. 0,5 h Korrosionsschutzöl kann Beständigkeit steigern
Phosphatieren (DIN EN 12476)	Es wird unterschieden in Eisen-/Zink-/Manganphosphatierungen. Werkstücke werden in ein Metallphosphatbad getaucht. Schichtaufbau 2-15 $\mu\text{m}$ (systemabhängig)	Kaltumformung von Stahl Verbindung mit Korrosionsschutzmitteln Verschleißminderung bei Manganphosphatierung Haftgrund für Lackschicht (verhindert unterrosten)	Salzsprühnebeltest: ca. 3 h Korrosionsschutzöl kann Beständigkeit steigern

Tab. 2

### 5.3.2 Metallische Überzüge

Bezeichnung	Verfahren	Anwendung	Korrosionsbeständigkeit
Galvanisch verzinken (ISO 4042, DIN 50979)	Metallabscheidung im galvanischen Bad Nachbehandlung durch Passivieren Optional mit Versiegelung	In Bereichen mit geringer bis mittlerer Korrosionsbeanspruchung z.B. allgemeiner Maschinenbau, Elektrotechnik - thermische Belastbarkeit systemabhängig 80 °C - 120 °C	Korrosionsbeständigkeit bis zu 200 h gegen Grundmetallkorrosion (Rotrost) im Salzsprühnebeltest nach DIN 50021 SS (ISO 9227) (Schichtdicken und Systemabhängig)
Galvanisch Zink-Legierungsschicht (Zink-Eisen) (Zink-Nickel) (ISO 4042, DIN 50979)	Metallabscheidung im galvanischen Bad Nachbehandlung durch Passivieren Optional mit Versiegelung	In Bereichen höchster Korrosionsbeanspruchung z.B. bei Bauteilen im Motorraum oder an Bremsen, wo sowohl durch große Wärme, als auch durch Streusalzeinfluss im Winter die normale galvanische Verzinkung überfordert ist	höchster kathodischer Korrosionsschutz - schon bei Schichtstärken ab 5 $\mu\text{m}$ (Wichtig für Passungen) keine voluminösen Korrosionsprodukte bei Zink-Nickel) Korrosionsbeständigkeit bis zu 720 h gegen Grundmetallkorrosion (Rotrost) im Salzsprühnebeltest nach DIN 50021 SS (ISO 9227) (Schichtdicken und Systemabhängig)

Bezeichnung	Verfahren	Anwendung	Korrosionsbeständigkeit
Galvanisch vernickeln (DIN EN 12540)	Metallabscheidung im galvanischen Bad Optional mit Imprägnierung	In Bereichen sehr geringer Korrosionsbeanspruchung z.B. Dekorative Anwendungen im Innenbereich Bestandteil eines Mehrschichtsystems z.B. Kupfer-Nickel-Chrom	Nickel kann aufgrund seiner elektrochemischen Eigenschaften gegenüber dem Stahl nicht die Funktion einer Opferanode einnehmen.
Galvanisch verchromen (DIN EN 12540)	Metallabscheidung im galvanischen Bad Meist als Überzug auf vernickelte Oberflächen Dicke der Chromschicht meist zwischen 0,2 und 0,5µm	In Bereichen sehr geringer Korrosionsbeanspruchung z.B. Dekorative Anwendungen im Innenbereich Bestandteil eines Mehrschichtsystems z.B. Kupfer-Nickel-Chrom	Chrom kann aufgrund seiner elektrochemischen Eigenschaften gegenüber dem Stahl nicht die Funktion einer Opferanode einnehmen.
Mechanisch verzinken (DIN EN 12683)	Metallpulver wird auf die Bauteile aufgehämmert, Glasperlen dienen als „Aufprallmaterial“. Die Beschichtung erfolgt mittels eines chemisches Mediums, keine Anwendung von Strom Die Beschichtung erfolgt bei Raumtemperatur	Sicherungsscheiben hochfeste federnde Bauteile (keine Gefahr der Wasserstoffinduzierung während des Beschichtungsprozesses)	Korrosionsbeständigkeit bis 144 h gegen Grundmetallkorrosion (Rotrost) im Salzsprühnebel nach DIN 50021 SS (ISO 9227) (Schichtdicken und Systemabhängig)

Tab. 3

### 5.3.3 Sonstige Überzüge

Verfahren	Erläuterungen	Maximale Anwendungstemperatur
Verlasisieren	Spezielles Hartvernickeln.	
Vermessingen	Messingaufräge werden hauptsächlich für dekorative Zwecke angewendet. Außerdem werden Stahlteile vermessingt, um die Haftfestigkeit von Gummi auf Stahl zu verbessern.	
Verkupfern	Wenn notwendig, als Zwischenschicht vor dem Vernickeln, Verchromen und Versilbern. Als Deckschicht für dekorative Zwecke.	
Versilbern	Silberaufträge werden zu dekorativen und technischen Zwecken verwendet.	
Verzinnen	Die Verzinnung wird hauptsächlich zum Erzielen bzw. Verbessern der Lötbarkeit (Weichlot) angewendet. Dient gleichzeitig als Korrosionsschutz. Thermische Nachbehandlung nicht möglich.	
Eloxieren	Durch anodische Oxidation wird bei Aluminium eine Schutzschicht erzeugt, die als Korrosionsschutz wirkt und das Verflecken verhindert. Für dekorative Zwecke können praktisch alle Farbtöne erzielt werden.	
Ruspert	Hochwertige Zink-Aluminium-Lamellenbeschichtung, kann in den verschiedensten Farben hergestellt werden. Je nach Schichtdicke 500 h oder 1000 h in der Sprühnebelprüfung (DIN 50021).	
Brünieren (Schwärzen)	Chemisches Verfahren. Badtemperatur ca. 140 °C mit anschließendem Einölen. Für dekorative Zwecke, nur leichter Korrosionsschutz.	
Schwärzen (Rostfrei)	Chemisches Verfahren. Die Korrosionsbeständigkeit von A1 – A5 kann dadurch beeinträchtigt werden. Für dekorative Zwecke. Für Außenanwendung nicht geeignet.	70 °C
Polyseal	Nach herkömmlichem Tauchverfahren wird zuerst eine Zinkphosphatschicht aufgebracht. Danach erfolgt ein organischer Schutzüberzug, welcher bei ca. 200 °C ausgehärtet wird. Anschließend wird zusätzlich noch ein Rostschutzöl aufgebracht. Dieser Schutzüberzug kann in verschiedenen Farben ausgeführt werden (Schichtdicke ca. 12 µm).	
Imprägnieren	Vor allem bei vernickelten Teilen können durch eine Nachbehandlung in „dewatering fluid“ mit Wachsuzsatz die Mikroporen mit Wachs versiegelt werden. Wesentliche Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit. Der Wachsfilm ist trocken, unsichtbar.	

Tab. 4

## 5.4 Normung von galvanischen Korrosionsschutzsystemen

### 5.4.1 Bezeichnungssystem

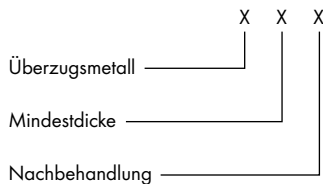
#### nach DIN EN ISO 4042

Das Gebräuchlichste System zur Kurzbezeichnung von galvanischen Oberflächen auf Verbindungselementen ist die Norm DIN EN ISO 4042. Diese Norm legt in erster Linie die maßlichen Anforderungen an Verbindungselementen aus Stahl und Kupferlegierungen fest die mit einem galvanischen Überzug versehen werden sollen. Sie legt Schichtdicken fest und gibt Empfehlungen zur Verminderung der Wasserstoffversprödungsgefahr bei Verbindungselementen mit hoher Festigkeit oder Härte oder bei oberflächengehärteten Verbindungselementen

Die DIN EN ISO 4042 unterscheidet nicht in Chrom (VI)-haltige und Chrom (VI)-freie Oberflächenbeschichtungen.

#### Bezeichnungsbeispiel

Eine Oberflächenbezeichnung muss immer aus den Angaben von Kennbuchstabe Tabelle A + Kennzahl Tabelle B + Kennbuchstabe Tabelle C bestehen



#### Tabelle A Überzugsmetall/-legierung

Überzugsmetall/-legierung		Kennbuchstabe
Kurzzeichen	Element	
Zn	Zink	A
Cd	Cadmium	B
Cu	Kupfer	C
CuZn	Kupfer-Zink	D
Ni b	Nickel	E
Ni b Cr r	Nickel-Chrom	F
CuNi b	Kupfer-Nickel	G
CuNi b Cr r	Kupfer-Nickel-Chrom	H
Sn	Zinn	J
CuSn	Kupfer-Zinn	K

Überzugsmetall/-legierung		Kennbuchstabe
Kurzzeichen	Element	
Ag	Silber	L
CuAg	Kupfer-Silber	N
ZnNi	Zink-Nickel	P
ZnCo	Zink-Kobalt	O
ZnFe	Zink-Eisen	R

Tab. 5: Auszug aus ISO 4042

#### Tabelle B Schichtdicken

Schichtdicke in µm		Kennzahl
Ein Überzugsmetall	Zwei Überzugsmetalle	
Keine Schichtdicke Vorgesprochen	-	0
3	-	1
5	2+3	2
8	3+5	3
10	4+6	9
12	4+8	4
15	5+10	5
20	8+12	6
25	10+15	7
30	12+18	8

Tab. 6: Auszug aus ISO 4042

#### Tabelle C Passivierung/Chromatierung

Glanzgrad	Passivieren durch chromatieren	Kennbuchstabe
matt	keine Farbe	A
	bläulich bis bläulich irisierend	B
	gelblich schimmernd bis gelbbraun irisierend	C
	olivgrün bis olivbraun	D
blank	keine Farbe	E
	bläulich bis bläulich irisierend	F
	gelblich schimmernd bis gelbbraun irisierend	G
	olivgrün bis olivbraun	H
glänzend	keine Farbe	J
	bläulich bis bläulich irisierend	K
	gelblich schimmernd bis gelbbraun irisierend	L
	olivgrün bis olivbraun	M

Glanzgrad	Passivieren durch chromatieren	Kennbuchstabe
hochglänzend	keine Farbe	N
beliebig	wie B,C oder D	P
matt	braunschwarz bis schwarz	R
blank	braunschwarz bis schwarz	S
glänzend	braunschwarz bis schwarz	T
Alle Glanzgrade	ohne chromatieren	U

Tab. 7: Auszug aus ISO 4042

### 5.4.2 Richtwerte für Korrosionsbeständigkeiten im Salzsprühnebeltest DIN 50021 SS (ISO 9227)

Verfahrensgruppe	Chromatierungsbezeichnung	Eigenfarbe der Chromatschicht	Bezeichnung Nach ISO 4042	Nenn-Schichtdicke	Weißrost h	Rotrost h
Passivierung farblos	A	transparent	A1A, A1E, A1J	3	2	12
			A2A, A2E, A2J	5	6	24
			A3A, A3E, A3J	8	6	48
Passivierung blau	B	blau irisierend	A1B, A1F, A1K	3	6	12
			A2B, A2F, A2K	5	12	36
			A3B, A3F, A3K	8	24	72
Chromatierung gelb	C	gelb irisierend	A1C, A1G, A1L	3	24	24
			A2C, A2G, A2L	5	48	72
			A3C, A3G, A3L	8	72	120
Chromatierung oliv	D	olivgrün	A1D, A1H, A1M	3	24	24
			A2D, A2H, A2M	5	72	96
			A3D, A3H, A3M	8	96	144
Chromatierung schwarz	BK	braunschwarz bis schwarz	A1R, A1S, A1T	3	12	36
			A2R, A2S, A2T	5	12	72
			A3R, A3S, A3T	8	24	96

Tab. 8

### 5.4.3 Bezeichnungssystem nach DIN 50979

Diese Norm gilt für galvanisch abgeschiedene und Cr(VI)-frei passivierte Zinküberzüge und Zinklegierungsüberzüge auf Eisenwerkstoffen. Die Zinklegierungsüberzüge enthalten als Legierungskomponenten Nickel oder Eisen (Zink/Nickel, Zink/Eisen).

Hauptzweck der Anwendung der Überzüge bzw. Überzugssysteme ist der Korrosionsschutz von Bauteilen aus Eisenwerkstoffen.

Diese Norm definiert für die nachfolgend angegebenen Überzugssysteme die Bezeichnungen und legt Mindestkorrosionsbeständigkeiten in beschriebenen Prüfverfahren sowie die hierfür erforderlichen Mindestschichtdicken fest.

### 5.4.4 Bezeichnung der galvanischen Überzüge

Die galvanischen Überzüge bestehen aus Zink oder Zink-Legierungen

Kurzzeichen	Definition
Zn	Zinküberzug ohne zugesetzten Legierungspartner
ZnFe	Zinklegierungsüberzug mit einem Massenanteil von 0,3% bis 1,0% Eisen
ZnNi	Zinklegierungsüberzug mit einem Massenanteil von 12% bis 16% Nickel

Tab. 9: Auszug aus DIN 50979

### 5.4.5 Passivierungen

Passivieren bezeichnet das Herstellen von Konversionsschichten durch Behandeln mit geeigneten, Cr(VI)-freien Lösungen, um die Korrosionsbeständigkeit der Überzüge zu verbessern. Einfärbungen sind möglich.

Passivierungs- bzw. Verfahrensgruppe	Kurzname	Aussehen der Oberfläche	Bemerkung
Transparent passiviert	An	Farblos bis farbig irisierend	Häufig als „Dünnschichtpassivierung“ bezeichnet
Irisierend passiviert	Cn	Farbig irisierend	Häufig als „Dickschichtpassivierung“ bezeichnet
Schwarz passiviert	Fn	Schwarz	

Tab. 10: Auszug aus DIN 50979

### 5.4.6 Versiegelungen

Versiegelungen erhöhen die Korrosionsbeständigkeit und haben üblicherweise eine Schichtdicke bis 2 µm. Versiegelungen bestehen aus Cr(VI)-freien organischen und/oder anorganischen Verbindungen.

Mit Kaltreiniger entfernbare Produkte, z.B. auf Öl-, Fett-, Wachsbasis, werden im Rahmen dieser Norm nicht als Versiegelungen betrachtet. Der Einfluss von Versiegelungen auf die Funktionseigenschaften des Bauteils wie z.B. Übergangswiderstand, Schweißbarkeit, Verträglichkeit mit Betriebsstoffen, Klebverbindungen ist bauteilspezifisch zu beurteilen. Bei besonderen Ansprüchen an die Oberflächenfunktionalität muss der Einsatz der Versiegelung sowie die Art des Versiegelungsmittels vereinbart werden, da die Bandbreite der möglichen Oberflächenmodifikationen durch Versiegelungen groß ist.

Meist werden durch Versiegelungen auch die durch Passivieren gebildeten Interferenzfarben (Irisierungen) beseitigt.

Kurzzeichen	Beschreibung
T0	Ohne Versiegelung
T2	Mit Versiegelung

Tab. 11: Auszug aus DIN 50979

## 5.4.7 Mindestschichtdicken und Prüfdauer

Art der Oberflächenschutzschicht	Ausführungsart	Verfahrensart	Ohne Überzugskorrosion	Mindestprüfdauer in h Ohne Grundwerkstoffkorrosion (In Abhängigkeit der Zn- oder Zn-Legierungs-Schichtdicke)		
				5µm	8µm	12µm
galv. Zinküberzug, transparent passiviert	Zn//An//T0	Trommel	8	48	72	96
		Gestell	16	72	96	120
galv. Zinküberzug, irisierend passiviert	Zn//Cn//T0	Trommel	72	144	216	288
		Gestell	120	192	264	336
galv. Zinküberzug, irisierend passiviert und versiegelt	Zn//Cn//T2	Trommel	120	192	264	360
		Gestell	168	264	360	480
galv. Zink Eisen-Legierungsüberzug, irisierend passiviert	ZnFe//Cn//T0	Trommel	96	168	240	312
		Gestell	168	240	312	384
galv. Zink Eisen-Legierungsüberzug, irisierend passiviert und versiegelt	ZnFe//Cn//T2	Trommel	144	216	288	384
		Gestell	216	312	408	528
galv. Zink Nickel-Legierungsüberzug, irisierend passiviert	ZnNi//Cn//T0	Trommel	120	480	720	720
		Gestell	192	600	720	720
galv. Zink Nickel-Legierungsüberzug, irisierend passiviert und versiegelt	ZnNi//Cn//T2	Trommel	168	600	720	720
		Gestell	360	720	720	720
galv. Zink Eisen-Legierungsüberzug, schwarz passiviert und versiegelt	ZnFe//Fn//T2	Trommel	120	192	264	360
		Gestell	168	264	360	480
galv. Zink Nickel-Legierungsüberzug, schwarz passiviert und versiegelt	ZnNi//Fn//T2	Trommel	168	480	720	720
		Gestell	240	600	720	720
galv. Zink Nickel-Legierungsüberzug, schwarz passiviert	ZnNi//Fn//T0	Trommel	48	480	720	720
		Gestell	72	600	720	720

Tab. 12: Auszug aus DIN 50979

### Bezeichnungsbeispiele:

Zink/Nickel-Legierungsüberzug auf einem Bauteil aus Stahl (Fe), einer kleinsten örtlichen Schichtdicke von 8 µm (8) und irisierend passiviert (Cn), ohne Versiegelung (T0)  
Fe//ZnNi8//Cn//T0

Zink/Eisen-Legierungsüberzug auf einem Bauteil aus Stahl (Fe), einer kleinsten örtlichen Schichtdicke von 5 µm (5) und schwarz passiviert (Fn), mit Versiegelung (T2)  
Fe//ZnFe5//Fn//T2

## 5.5 Normung von nichtelektrolytisch aufgetragenen Korrosionsschutzsystemen

### 5.5.1 Zink-Lamellensysteme

Die zu beschichtenden Teile werden in einem Zentrifugenkorb in das Beschichtungsmedium getaucht. Durch Zentrifugation wird ein Teil der Beschichtungssubstanz

abgeschleudert. Dadurch entsteht eine weitgehend gleichmäßige Schicht. Die Beschichtung wird anschließend in einem Durchlaufofen bei 150–300 °C eingebrannt (systemabhängig). Um eine gleichmäßige und deckende Schicht zu bekommen ist es notwendig dass die zu beschichtenden Teile zwei Beschichtungsdurchgänge absolvieren. Größere Teile können auch durch Aufspritzen des Beschichtungsmediums beschichtet werden.

Dieses Verfahren ist für Gewindeteile ≤M6 und für Verbindungselemente mit kleinen Innenantrieben oder feinen Konturen ungeeignet. Hier ist mit nicht lehrenhaltigen Gewinden und nicht nutzbaren Innenantrieben zu rechnen.

Zink-Lamellensysteme eignen sich zum beschichten von hochfesten Bauteilen. Eine Wasserstoffinduzierung beim

Beschichtungsprozess ist, bei der Verwendung geeigneter Reinigungsverfahren, ausgeschlossen.

### 5.5.2 Normung von nichtelektrolytisch aufgetragenen Korrosionsschutzsystemen

Bezeichnungen gemäß DIN EN ISO 10683

- **fIZn-480h** = Zinklamellenüberzug (fIZn), Korrosionsbeständigkeit bis RR 480 Stunden z.B. ZFSH, Geomet 500A, Geomet 321A, Dacromet 320A, Delta Tone/Seal
- **fIZnL-480h** = Zinklamellenüberzug (fIZn), Korrosionsbeständigkeit bis RR 480 Stunden, mit integriertem Schmiermittel z.B. Geomet 500A, Dacromet 500A
- **fIZn-480h-TL** = Zinklamellenüberzug (fIZn), Korrosionsbeständigkeit bis RR 480 Stunden, mit integriertem Schmiermittel in der Deckschicht z.B. ZFSHL, Geomet 321A+VL, Dacromet 320A+VL
- **fIZnnc-480h** = Zinklamellenüberzug (fIZn), Korrosionsbeständigkeit bis RR 480 Stunden, ohne Chromat z.B. ZFSH, Geomet 321A, Delta Protect, Delta Tone/Seal
- **fIZnyc-480h** = Zinklamellenüberzug (fIZn), Korrosionsbeständigkeit bis RR 480 Stunden, mit Chromat z.B. Dacromet 500A, Dacromet 320A

### 5.6 Normung der Feuerverzinkung von Schrauben gemäß DIN EN ISO 10684

#### 5.6.1 Verfahren und Anwendungsbereich

Das Feuerverzinken ist ein Schmelztauchverfahren, bei dem die Verbindungselemente nach einem geeigneten Vorbehandlungsprozess in eine Metallschmelze eingetaucht werden. Danach wird überschüssiges Zink abgeschleudert, um die für den Korrosionsschutz nötige Zinkschichtdicke einzustellen. Anschließend werden die Verbindungselemente in der Regel im Wasserbad abgekühlt.

Feuerverzinken ist bis zur Fertigungsstufe 10.9 zulässig. Die DIN EN ISO 10684 gibt Hinweise für Vorbehandlungs- und Verzinkungsprozesse, die das Risiko von Sprödbrüchen minimieren. Insbesondere bei Schrauben der Fertigungsstufe 10.9 sind weitergehende Vorgaben nötig, die in einer technischen Richtlinie des Gemeinschaftsausschusses Verzinken e.V. (GAV) und des Deutschen Schraubenverbandes e.V. (DSV) beschrieben sind. Oberhalb der Gewindegröße M24 sollte lediglich das Verfahren der Normaltemperaturverzinkung angewandt werden.

### Korrosionsbeständigkeiten nach DIN 50021 SS (ISO 9227) in Abhängigkeit der Schichtdicke

Prüfdauer in Stunden (Salzsprühnebelprüfung)	Mindestwerte der örtlichen Schichtdicke (falls vom Besteller vorgeschrieben)	
	Überzug mit Chromat (fIZnyc) µm	Überzug ohne Chromat (fIZnnc) µm
240	4	6
480	5	8
720	8	10
960	9	12

Falls das Schichtgewicht pro Flächeneinheit in g/m<sup>2</sup> vom Besteller vorgeschrieben ist, kann es folgendermaßen in die Schichtdicke umgerechnet werden:

- Überzug mit Chromat: 4,5 g/m<sup>2</sup> entsprechen einer Dicke von 1 µm
- Überzug ohne Chromat: 3,8 g/m<sup>2</sup> entsprechen einer Dicke von 1 µm

Der Besteller kann vorschreiben, ob er einen Überzug mit Chromat (fIZnyc) oder ohne Chromat (fIZnnc) wünscht; andernfalls gilt das Kurzzeichen fIZn.

Tab. 13: Auszug aus DIN EN ISO 10683



Bei Innengewindeteilen wie Muttern wird das Gewinde erst nach dem Verzinken geschnitten.

Bei Gewindegrößen kleiner M12 kann die Tragfähigkeit der gepaarten Gewinde eingeschränkt sein, da der Zinküberzug mit seiner Dicke von im Mittel mindestens 50 µm zu einer Verringerung der Gewindeüberlappung führt.

### 5.6.2 Gewindetoleranzen und Bezeichnungssystem

Um in der Gewindepaarung von Schraube und Mutter ausreichend Platz für den recht dicken Überzug zu schaffen, haben sich zwei unterschiedliche Vorgehensweisen bewährt. Ausgehend von der Nulllinie des Gewindetoleranzsystems wird der Platz für den Überzug entweder in das Schrauben- oder das Muttergewinde gelegt. Diese Vorgehensweisen dürfen nicht gemischt werden. Daher ist es sehr ratsam, feuerverzinkte, metrische Verbindungselemente als Garnitur zu beziehen. Im Bauwesen ist dies sogar durch Normen vorgeschrieben.

Eine Mischung der in Tabelle 15 dargestellten Vorgehensweisen 1 und 2 führt entweder zu einer Herabsetzung der Tragfähigkeit der Verbindung oder zu Montageproblemen.

	<b>Gewindetoleranz der Mutter</b>	<b>Gewindetoleranz der Schraube vor dem Verzinken</b>
<b>Verfahren „1“</b>	6AZ/6AX	6g/6h
<b>Sonderkennzeichnung</b>	„Z“ o. „X“	keine
<b>Verfahren „2“</b>	6H/6G	6az
<b>Sonderkennzeichnung</b>	keine	„U“

Tab. 14: Toleranzsysteme bei der Paarung feuerverzinkter Schrauben und Muttern

Die Sonderkennzeichnung ist nach der Kennzeichnung der Festigkeitsklasse anzubringen. In der Bestellbezeichnung wird die Feuerverzinkung durch den Zusatz „tZn“ ausgedrückt.

Beispiel:

Sechskantschraube ISO 4014 M12x80 - 8.8U - tZn

### 5.7 Beschränkung der Verwendung gefährlicher Stoffe

#### 5.7.1 RoHS

Ab dem 1 Juli 2006 neu in Verkehr gebrachte Elektro- und Elektronikgeräte dürfen kein Blei, Quecksilber, Cadmium, sechswertiges Chrom, polybromiertes Biphenyl (PBB) bzw. polybromierten Diphenylether (PBDE) enthalten.

Ausnahmen u.A.

- Blei als Legierungselement in Stahl bis zu 0,35 Gewichtsprozent
- Blei als Legierungselement in Aluminium bis zu 0,4 Gewichtsprozent
- Blei als Legierungselement in Kupferlegierungen bis zu 4,0 Gewichtsprozent

Zulässig sind bis zu 0,1 Gewichtsprozent der o.G Stoffe (Cadmium 0,01 Gewichtsprozent) je homogenem Werkstoff.

Betroffen sind:

- Haushaltsgroß- und -kleingeräte
- Geräte der Informations- und Kommunikationstechnik
- Geräte der Unterhaltungselektronik
- Beleuchtungskörper
- Elektrische und elektronische Werkzeuge, mit Ausnahme ortsfester industrieller Großwerkzeuge
- Spielzeug
- Sport- und Freizeitgeräte
- Medizinprodukte
- Überwachungs- und Kontrollinstrumente
- Automatische Ausgabegeräte

### 5.7.2 ELV

#### **Richtlinie über Altfahrzeuge (bis 3,5 t zul. Gesamtgewicht)**

Ab dem 1 Juli 2007 neu in Verkehr gebrachte Werkstoffe- und Bauteile für Fahrzeuge dürfen kein Blei, Quecksilber, Cadmium und sechswertiges Chrom enthalten.

Ausnahmen u.A.

- Blei als Legierungselement in Stahl  
bis zu 0,35 Gewichtsprozent
- Sechswertiges Chrom in Korrosionsschutzschichten  
(bis 01. Juli 2007)
- Blei als Legierungselement in Kupferlegierungen  
bis zu 4,0 Gewichtsprozent

Zulässig sind bis zu 0,1 Gewichtsprozent der o.G. Stoffe (Cadmium 0,01 Gewichtsprozent) je homogenem Werkstoff, sofern Sie nicht absichtlich hinzugefügt werden.

Betroffen sind:

Alle Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht bis 3,5 t

### 5.8 Wasserstoffversprödung

Bei galvanisch beschichteten Bauteilen aus Stahl mit Zugfestigkeiten  $R_m \geq 1000 \text{ Mpa}$  oder Härten  $\geq 320 \text{ HV}$  die unter Zugspannung stehen besteht die Gefahr eines wasserstoffinduzierten Sprödbruchs.

Eine Temperbehandlung der Bauteile unmittelbar nach dem Beschichtungsprozess trägt zur Risikominimierung bei. Eine vollständige Beseitigung der Sprödbruchgefahr kann, nach derzeitigem Stand der Technik, jedoch nicht

garantiert werden. Wenn das Risiko eines wasserstoffinduzierten Sprödbruchs vermindert werden muss, sollten alternative Beschichtungssysteme bevorzugt werden.

Für sicherheitsrelevante Bauteile sollten Korrosionsschutz und Beschichtungssysteme gewählt werden die eine Wasserstoffinduzierung beim Beschichten verfahrensbedingt ausschließen, wie z.B. eine mechanische Verzinkung sowie Zink-Lamellenbeschichtungen.

Der Anwender von Verbindungselementen ist mit den jeweiligen Einsatzzwecken und den daraus resultierenden Anforderungen vertraut und muss das geeignetste Oberflächensystem auswählen.