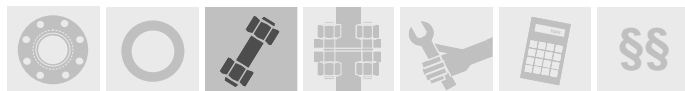


### • Technische Information



### • Korrosionsschutz und maximale Einsatztemperatur beschichteter Schrauben und Muttern

Die Auswahl der für den Anwendungszweck konformen Oberflächenbeschichtung für Verbindungselemente (Schrauben, Muttern, Unterlegscheiben, ...) ist ein komplexes Unterfangen. Es ist zu beachten, dass die Randbedingungen, wie z. B. Gestaltung oder Werkstoff der Bauteile (Bi-Metallkorrosion), einen erheblichen Einfluss auf die tatsächlichen Anforderungen haben. Mit dieser technischen Information soll eine grundsätzliche Auswahlhilfe gegeben werden.

#### Maximale Einsatztemperatur

Die Beschichtung der Oberflächen schränkt die Einsatztemperatur von Schrauben und Muttern ein. Die maximale Einsatztemperatur verschiedener Oberflächenbeschichtungen kann der folgenden Tabelle (Tab.1) entnommen werden:

**Tab.1: Übersicht der maximalen Temperatureinsatzgrenze verschiedener Oberflächenbeschichtungen**  
 Quelle: Schraubenvademecum [1], Tabelle 5.1 mit Ergänzung PTFE-Beschichtungen  
 © Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Art des Korrosionsschutzes	Bewertung der Schutzwirkung	Anwendungsbereich	maximale Anwendungstemperatur	maximale Festigkeit der Schrauben
		<b>beständig</b>	°C	N/mm <sup>2</sup>
<b>nichtmetallische Schutzschichten</b>				
geschwärzt-geölt	gering	innerhalb geschützter Räume	70	keine
phosphatiert-geölt	gering	innerhalb geschützter Räume	70	1.400
lackiert (nach der Montage)	gut	Abhängig von der Lackierung	50	keine
<b>galvanische Schutzschichten <sup>1) 2)</sup></b>				
Zink, 3 - 25 µm, ggf. passiviert	gut	begrenzt in freier Atmosphäre	210	1.200
Cadmium, 3 - 15 µm, ggf. passiviert <sup>3)</sup>	gut	begrenzt in freier Atmosphäre schwitzwasserbeständig	160	1.200
Zink/Nickel, 6-16 µm	gut	begrenzt in freier Atmosphäre	250	1.200
<b>Zinklamellenbeschichtungen</b>				
mit Konversationsschicht	gut	lange Zeit in freier Atmosphäre	300 - 400	keine
<b>metallische Schmelzüberszüge</b>				
Feuerverzinkung	gut	lange Zeit in freier Atmosphäre <sup>4)</sup>	210	1.200
<b>Diffusionsschichten</b>				
Chrom (Inchromiert)	gut	auch gegen schwache Korrosionsmedien	550	700
<b>Dünnschichtlackierungen</b>	gut	längere Zeit in freier Atmosphäre	300	1.200
<b>PTFE-Beschichtungen (z.B. Xylan) <sup>5)</sup></b>	sehr gut	auch gegen Korrosionsmedien	180	1.200

<sup>1)</sup> für den Stahlbau im Außenbereich nicht zulässig, siehe DIN 18800-7:2008-11, Absatz 10.5, die galvanische Verzinkung von Verbindungsmitteln schützt lediglich in trockenen Innenräumen (Korrosionskategorie C1 nach DIN EN ISO 12944-2) aus.  
<sup>2)</sup> Chrom VI ist verboten  
<sup>3)</sup> Cadmieren ist heutzutage verboten, weil Cadmium ein starkes, nicht abbaubares Umweltgift ist  
<sup>4)</sup> Verzinkungsabtrag nach Umgebungsbedingungen unterschiedlich (siehe Tabelle 2)  
<sup>5)</sup> PTFE ist umweltkritisch, bei Brand sehr giftig und kaum zu entsorgen

In der ASME A193 [2], Anhang X2 (übersetzt), Oberflächenbeschichtungen und ihre Anwendungsgrenzen, heißt es im Absatz X2.1: Zitat: *Verwendung von beschichteten Schrauben bei Temperaturen über etwa die Hälfte des Schmelzpunktes (Fahrenheit oder Celsius) der Be-*

schichtung wird nicht empfohlen, es sei denn, dass das Potenzial für flüssige und/oder feste Metall-Versprödung beachtet worden ist. Der Schmelzpunkt von elementarem Zink beträgt etwa 780°F [415°C]. Bei der Anwendung der verzinkten Schrauben/Muttern sollten die Temperaturen auf weniger als 390°F [210°C] eingeschränkt werden. Der Schmelzpunkt von Cadmium liegt bei etwa 600°F [320°C]. Bei der Verwendung von Cadmium beschichteten Schrauben/Muttern sollten Temperaturen auf weniger als 300°F [160°C] eingeschränkt werden (Anmerkung: Cadmium- und Chrom(VI)-verbot sind zu beachten!). Zitatende

Hinweis:

Nach der DIN 267-13 [3], Erläuterungen, 4. Absatz sollen Schrauben mit einer Zugfestigkeit über 1.000 N/mm<sup>2</sup> nach dem Beizen zum Schutz vor Wasserstoffversprödung getempert werden. Weitere Hinweise findet man in der DIN EN ISO 4042 [4], Verbindungselemente – Galvanische aufgebrauchte Überzugssysteme im Anhang B, Abschnitt A.2 und der DIN EN ISO 10684 [5], Verbindungselemente – Feuerverzinken im Abschnitt 5.0.

### Vergleich verschiedener Oberflächenbeschichtungen

Die folgende Tabelle, Tab.2, gibt eine Übersicht über den zu erwartenden jährlichen Oberflächenabtrag verschiedener Metalle.

Tab.2: Richtwerte für den jährlichen Oberflächenabtrag in µm						
Quelle: Illgner und Esser, Schrauben Vademecum, Tabelle 5.2						
Atmosphäre oder Medium	Zink ohne Chromatierung Werte in (-) = verbotenes Cadmium	Messing z.B. Ms 63	Kupfer z.B. CuNi 1,5 Si	unlegierter Stahl unge-schützt	18/9 Chrom-Nickel-Stahl	18/10/2 Chrom-Nickel-Molybdän-stahl
Landluft	1 ÷ 3	~4	~2	~80	<2	<2
Stadtluft	~6 (±15)	~4	~2	~270	<2	<2
Industrieluft	~6 ÷ 19 (30)	~8	~4	~170	<2	<2
Meeresluft	~2 ÷ 15	~6	~3	~170	<2	<2
Leitungswasser (mittelhart bis 60°C)	~20	~10 ÷ 25	~4 ÷ 10	variiert stark	<2	<2
Meereswasser	~90	~15 ÷ 100	~10 ÷ 30	~170	<2	<2
Salzsäure bei Raumtemperatur	unbeständig	unbeständig	~30 (10%-ig)	unbeständig	2.100 (10%-ig)	besser als 18/9 Stahl
Schwefelsäure bei Raumtemperatur	unbeständig	~15 ÷ 1.500 (1 normal)	~8 (1 normal)	unbeständig	<2	<2
Natronlauge bei Raumtemperatur	unbeständig	~75 (normal)	~8 (4%-ig)	relativ beständig (<10%-ig)	um 5 (10%-ig)	um 5 (10%-ig)
Essigsäure bei Raumtemperatur	unbeständig	~800	~30 (20%-ig)	unbeständig	<2	<2

Der unterschiedliche Oberflächenabtrag, die Schutzdauer und der Einsatz nach Korrosionsschutzkategorien kann den Tabellen, Tab.3.1, Tab.3.2 und Tab.3.3 entnommen werden. Tab.3.3 gibt Hinweise auf die zu planende Zeit bis zu einer erforderlichen Instandsetzung.

**Tab.3.1: Vergleich des Oberflächenabtrags zwischen Stahl und verzinktem Stahl nach DIN EN ISO 12944-2:2018-04 [6], Tabelle 1**  
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Korrosivitäts-kategorie	Dickenerlust im ersten Jahr in µm		Beispiele typischer Umgebungen nach DIN EN ISO 14716-3:2017-08	
	C-Stahl	Zink	Innenraum (Innen)	Freiluft (Außen)
<b>C1 unbedeutend</b>	≤ 1,3	< 0,1	beheizte Räume mit niedriger Luftfeuchtigkeit und unbedeutender Luftverunreinigung, z. B. Büros, Schulen, Museen	trockenes oder kaltes Klimagebiet, atmosphärische Umgebung mit sehr niedriger Luftverunreinigung und geringer Zeit mit Nässe, z. B. bestimmte Wüsten, zentrale arktische/Antarktische Bereiche
<b>C2 gering</b>	> 1,3 bis 25	> 0,1 bis 0,7	nicht beheizte Räume mit schwankender Temperatur und relativer Luftfeuchte. Seltene Kondensatbildung und geringe Luftverunreinigung, z. B. Lagerräume, Sporthallen	gemäßigtes Klimagebiet, atmosphärische Umgebung mit geringer Luftverunreinigung (SO <sub>2</sub> < 5 µg/m <sup>3</sup> ), z. B. ländliche Bereiche, Kleinstädte, Trockenes oder kaltes Klimagebiet, atmosphärische Umgebung mit kurzzeitiger Nässe, z. B. Wüsten, subarktische Bereiche
<b>C3 mäßig</b>	25 bis 50	> 0,7 bis 2,1	Räume mit gelegentlicher Kondensatbildung und mäßiger, durch den Produktionsprozess bedingter Luftverunreinigung, z. B. Lebensmittelverarbeitungswerke, Wäschereien, Brauereien, Molkereien	gemäßigtes Klimagebiet, atmosphärische Umgebung mit mittlerer Verunreinigung (SO <sub>2</sub> : 5 bis 30 µg/m <sup>3</sup> ) oder leichte Chloridbelastung, z. B. städtische Bereiche, Küstenbereiche mit niedriger Chloridablagerung, Sub-tropische und tropische Gebiete mit Atmosphären mit geringer Verunreinigung
<b>C4 stark</b>	> 50 bis 80	> 2,1 bis 4,2	Räume mit häufiger Kondensatbildung und hoher, durch Produktionsprozess bedingter Luftverunreinigung, z. B. Industrieanlagen, Schwimmbäder	gemäßigtes Klimagebiet, atmosphärische Umgebung mit hoher Verunreinigung (SO <sub>2</sub> : 30 bis 90 µg/m <sup>3</sup> ) oder beträchtliche Chloridbelastung, z. B. verunreinigte städtische Bereiche, industrielle Bereiche, Küstenbereiche ohne Versprühen von Salzwasser, starke Tausalzbelastung, subtropische und tropische Klimagebiete mit Atmosphäre mit mittlerer Verunreinigung
<b>C5 sehr stark</b>	> 80 bis 200	> 4,2 bis 8,4	Räume mit sehr häufiger Kondensatbildung und/oder mit hoher, durch den Produktionsprozess bedingten Luftverunreinigung, z. B. Bergwerke, industriell genutzte Kavernen, unbelüftete Schuppen in Gebieten mit subtropischem und tropischem Klima	gemäßigte und subtropische Klimagebiete, atmosphärische Umgebung mit sehr hoher Verunreinigung (SO <sub>2</sub> : 90 bis 250 µg/m <sup>3</sup> ) und/oder wesentliche Chloridbelastung, z. B. industrielle Bereiche, Küstenbereiche, Schutzstätten an der Küste
<b>CX extrem</b>	> 200 bis 700	> 8,4 bis 25	Räume mit nahezu ständiger Kondensatbildung oder ausgedehnten Belastungszeiten mit starker Feuchtigkeitseinwirkung und/oder mit hoher, durch den Produktionsprozess bedingten Luftverunreinigung, z. B. unbelüftete Schuppen in feuchten, tropischen Klimagebieten mit eindringenden Verunreinigungen aus der Außenluft, einschließlich luftübertragender Chloride und Feststoffteilchen, die Korrosion fördern	subtropische und tropische Klimagebiete (sehr lange Nässeeinwirkungszeiten, atmosphärische Umgebung mit sehr hoher Verunreinigung (SO <sub>2</sub> : mehr als 250 µg/m <sup>3</sup> ), inklusive begleitender und durch Produktion bedingte Faktoren und/ oder starke Chloridbelastung, z. B. industrielle Bereiche, Küsten- und Offshore-Bereiche mit gelegentlichem Salzsprühkontakt

**Tab.3.2: Schutzdauer bis zur ersten Instandhaltung für verschiedene Überzüge in unterschiedlichen Schutzkategorien in Anlehnung an DIN EN ISO 14713-1:2017-08 [7], Tabelle 2, Auszüge**  
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Überzugssystem	Norm (für Verbindungselemente)	Mindestdicke µm	Ausgewählte Korrosivitätskategorien (ISO 9223) kürzeste/längste Schutzdauer (a) und Schutzdauerklasse (VL, L, M, H, VH) <sup>1)</sup>												
			C1		C2		C3		C4		C5		CX		
			a	KL	a	KL	a	KL	a	KL	a	KL	a	KL	
<b>Feuerverzinkung</b> <sup>2)</sup>	DIN EN ISO 1461 (DIN EN ISO 10684)	85						40/ >100	VH	20/40	H / VH	10/20	M / H	2/10	VL / M
		140						67/ >100	VH	33/67	VH	17/33	H / VH	6/17	L / H
		200						95/ >100	VH	48/95	VH	24/48	H / VH	8/24	M / H
<b>Zinklamelle mit Top-Coat</b> <sup>4)</sup>	(DIN EN ISO 10683)	15	>25	VH	>25	VH	>25	VH	>25	VH	>25	VH	15	M/H	
<b>Galvanische Verzinkung</b> <sup>3)</sup> ohne Konversionsschicht	DIN EN ISO 2081 (DIN EN ISO 4042)	5						2/7	VL / L	1/2	VL	1/1	VL	0/1	VL
		25							12/36	M / H	6/12	L / M	3/6	L	1/3

<sup>1)</sup> Schutzdauerklassen nach DIN EN ISO 12944-1:2019-01, Abschnitt 5.5  
- VL (very low) 0 bis 2 Jahre wurde ergänzt, um die Schutzdauer nach L zu differenzieren  
- L (low) bis zu 7 Jahre  
- M (medium) 7 bis 15 Jahre  
- H (high) 15 bis 25 Jahre  
- VH (Very High) über 20 Jahre  
<sup>2)</sup> für Verbindungselemente sind wegen der hohen Schichtdicken in der DIN EN ISO 10684 Vorgaben zur Fertigung erforderlicher geänderter Gewindeabmessungen und zur Beschichtung von Muttern gemacht  
<sup>3)</sup> Vorgaben zu Vermeidung von Wasserstoffversprödung bei Werkstoffen höherer Festigkeit, größer 320 HV (R<sub>m</sub> > 1.030 MPa) für Feuerverzinkung und 390 HV (R<sub>m</sub> > 1.255 MPa) für galvanische Verzinkung sind zu beachten  
<sup>4)</sup> Basisschicht mit Deckschicht, ggfs. Trockenschmierung

Leider findet man keine Angaben für die niedrigen Korrosivitätskategorien bei der Feuerverzinkung und der galvanischen Verzinkung. Die Schutzdauer ist keine Gewährleistungszeit, sie dient dem Instandhalter für seine Planung. Die Gewährleistungszeit ist in der Regel kürzer als die Schutzdauer.

Beschichtungsverfahren wie Feuerverzinkung und KTL und Pulverbeschichtungen erfordern für Verbindungselemente Untermaße für die Schrauben- und Übermaße für die Muttergewinde, siehe z.B. DIN EN ISO 10684, Anhang F. Dadurch wird die Festigkeit der Garnitur vermindert. Übliche Schichtdicken (Quelle: Dörken MKS) sind:

- Feuerverzinkung 50 - 80 µm
- KTL + Pulverbeschichtungen 90 - 100 µm
- Zinklamellensystem 8 - 12 µm
- Galvaniksystem 5 - 8 µm

In der DIN EN ISO 12944-6:2018-06 [8], Tabelle 1 wird der Zusammenhang zwischen den Korrosivitätskategorien, siehe Tabelle 3.1 und den Schutzbereichen nach DIN EN ISO 12944-1:2019-01 [9], Abschnitt 5.5 mit dem Salzsprühnebeltest nach DIN EN ISO 9227 [10], hergestellt, siehe Tabelle 3.3.

**Tab.3.3: Zuordnung von Korrosivitätskategorien, Schutzbereichen, Schutzdauer und Salzsprühnebeltest zur Beschichtungsart in Anlehnung an DIN EN ISO 12944-6:2018-06**  
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

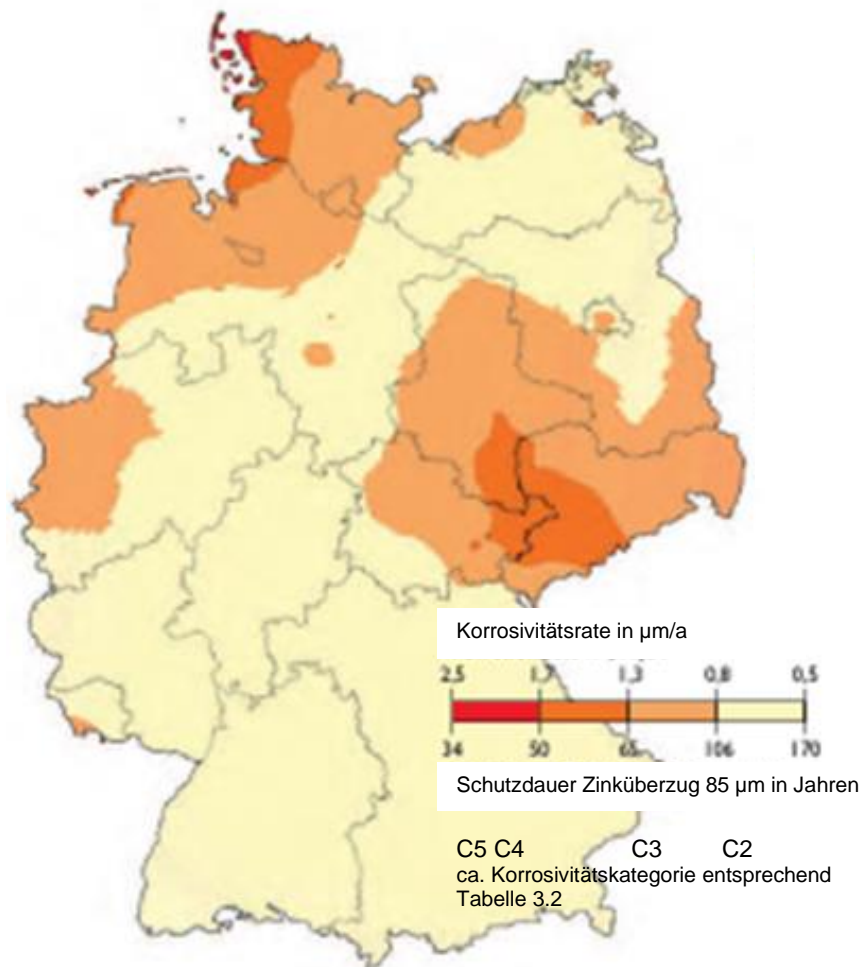
Korrosivitätskategorie nach ISO 12944-2	Schutzbereiche nach ISO 12944-1	Schutzdauer nach ISO 12944-1 (Planung für Instandhaltung)	neutraler Salzsprühnebeltest nach ISO 9227	galvanische Verzinkung nach ISO 4042 mit Konversionsschicht (Passivierung)	Zinklamelle nach ISO 10683 mit Deckschicht (Top-Coat)
			h	i. O. / n. i. O. <sup>1)</sup>	i. O. / n. i. O. <sup>1)</sup>
C1	niedrig	bis zu 7 Jahre	48	i. O.	i. O.
	mittel	7 bis 15 Jahre	48	i. O.	i. O.
	hoch	15 bis 25 Jahre	120	i. O.	i. O.
	sehr hoch	über 25 Jahre	240	i. O.	i. O.
C2	niedrig	bis zu 7 Jahre	48	i. O.	i. O.
	mittel	7 bis 15 Jahre	120	i. O.	i. O.
	hoch	15 bis 25 Jahre	240	i. O.	i. O.
	sehr hoch	über 25 Jahre	480	n. i. O.	i. O.
C3	niedrig	bis zu 7 Jahre	120	i. O.	i. O.
	mittel	7 bis 15 Jahre	240	i. O.	i. O.
	hoch	15 bis 25 Jahre	480	n. i. O.	i. O.
	sehr hoch	über 25 Jahre	720	n. i. O.	i. O.
C4	niedrig	bis zu 7 Jahre	240	i. O.	i. O.
	mittel	7 bis 15 Jahre	480	n. i. O.	i. O.
	hoch	15 bis 25 Jahre	720	n. i. O.	i. O.
	sehr hoch	über 25 Jahre	1.440	n. i. O.	i. O.
C5	niedrig	bis zu 7 Jahre	480	n. i. O.	i. O.
	mittel	7 bis 15 Jahre	720	n. i. O.	i. O.
	hoch	15 bis 25 Jahre	1.440	n. i. O.	i. O.
	sehr hoch	über 25 Jahre	-		

<sup>1)</sup> Bewertung: i. O. = erfüllt/ anwendbar, n.i.O. = nicht erfüllt, nicht anwendbar

Gemäß DIN EN ISO 12944-6, Abschnitt 4.1 wird darauf hingewiesen, dass künstliche Alterung anhand von Laborprüfungen nicht unbedingt eine zuverlässige Aussage bieten. Dies kann dazu

führen, dass wirksame Beschichtungssysteme, wie z.B. Feuerverzinkung, verworfen werden, weil sie die Prüfung im Salzsprühnebeltest nicht bestehen. Damit solche Widersprüche ausgeschlossen werden können, wird empfohlen, immer auch Freibewitterungen durchzuführen.

Die Schutzdauer ist abhängig von den Einflüssen der Umgebung, in der die beschichteten Verbindungselemente genutzt werden sollen. Eine Übersicht und einen Eindruck zur üblichen Belastung der Regionen gibt Abbildung 9 aus der Veröffentlichung „Korrosionsschutz durch Feuerverzinken“ des Institut Feuerverzinken auf Basis eine Karte der Umweltbundesamtes (Abb.1).



**Abb.1: Übersicht der regionalen Belastungen in der BRD**

### **Galvanische Verzinkungen**

Die galvanischen Oberflächenbeschichtungen werden in der DIN EN ISO 4042:2018-11 geregelt. Konversionsschichten, früher Chromatierungen, können die Korrosionsbeständigkeit deutlich erhöhen (Tab.4).

Tab. 4: Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit von Zinküberzügen durch Chrom(VI)-freie Konversionsschichten nach DIN EN ISO 4042:2018-11, Tabelle 13 © Peter Thomsen, D-28211 Bremen			
Kurzbezeichnung	Passivierung		Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit <sup>1)</sup>
	Bezeichnung	Konversionsschicht Eigenfarbe	
U	nur galvanisiert	Keine Konversionsschicht	-
An <sup>2)</sup>	Transparent	transparent, klar bis irisierend	100%
Cn <sup>3)</sup>	Irisierend	Transparent, klar bis irisierend	250%
Gn	Gelb	Gelb bis gelb irisierend	250%
Fn	Schwarz	Schwarz, dunkel irisierend zulässig	100%

<sup>1)</sup> Salzsprühversuch bezogen auf 9 µm Zink, Quelle: Illgner und Esser, Schrauben Vademecum in Anlehnung an Tabelle 5.3  
<sup>2)</sup> „n“ ist der Hinweis auf Chrom(VI)-freie Konversionsschichten  
<sup>3)</sup> auch als Dickschichtpassivierung bezeichnet

### Feuerverzinkungen

Für feuerverzinkte Schrauben und Muttern ist nach DIN EN ISO 10684 zu beachten, dass die Verzinkungstemperatur zwischen 455 und 488°C liegen soll. Hochtemperaturverzinkungen zur Erreichung eines glatten, aber dünnen Überzugs, meist matt, müssen zwischen 530 und 560°C durchgeführt werden. Es gilt dabei eine mögliche Mikrorissbildung zu vermeiden. Zwischen 480 und 530°C dürfen auf keinen Fall Verzinkungen vorgenommen werden. Muttergewinde dürfen erst nach dem Verzinken geschnitten werden. Nachschneiden von Gewinden ist nicht zulässig!

### Zinklamellenüberzugssysteme

Einen guten Korrosionsschutz bieten auch Zinklamellenüberzüge nach DIN EN ISO 10683:2018-11 [11]. Einsatztemperaturen bis ca. 300 - 400 °C. Die Bezeichnung der Ausführung steht in Tabelle 3. Diese können ohne „fIZn“ oder mit integriertem Schmiermittel „fIZnL“ aufgebracht werden. Die Verwendung von Chrom(VI) wird gekennzeichnet mit „yc“, Chrom(VI)-frei mit „yn“. Für zusätzliche organische oder anorganische Deckschichten gibt die Bezeichnung „TL“ die Verwendung von Schmiermittel an. Als „Tn“ bezeichnete Deckschichten sind ohne integriertes Schmiermittel. Es ist zu beachten, dass Deckschichten elektrisch isolierend wirken können. Aus diesem Grund wird bei Verwendung von Schrauben/Muttern mit Zinklamellenüberzügen, z.B. in Gasanlagen, auf die Deckschicht verzichtet, wenn in Flanschverbindungen nichtleitende Dichtungen eingesetzt werden. Sollte ein zusätzliches Schmiermittel aufgebracht werden ist die Bezeichnung „L“. Angeben wird die Dauer der Salzsprühnebelprüfung, z.B. „480h“). Für die Anforderung an das Drehmoment (Reibzahl  $\mu$  oder K-Faktoren) wird „C“ ergänzt. Um „C“ klassifizieren zu können, wird häufig die Reibzahl ergänzt „C0,12“. Die Bezeichnungen werden in der Angabe durch einen „/“ getrennt, z.B. fIZnL/yn/480h/C0,12 für eine Oberflächenbeschichtung ohne Deckschicht, mit integrierter Schmierung, Chrom(VI)-frei, 480h geprüft, Reibzahl 0,12.

### Korrosionsbeständige Werkstoffe

Es kann wirkungsvoller sein, die teureren aber länger haltbaren korrosionsbeständigen Werkstoffe einzusetzen (Tab.5).

**Tab.5: Übersicht der maximalen Temperatureinsatzgrenze verschiedener korrosionsbeständiger Werkstoffe, Quelle: Schraubenvademecum, Tabelle 5.1 mit Ergänzungen**  
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Werkstoff	Bewertung der Schutzwirkung	Anwendungsbereich	maximale Anwendungstemperatur	maximale Festigkeit der Schrauben
		<b>beständig gegen</b>	°C	N/mm <sup>2</sup>
Kunststoff	sehr gut	viele Korrosionsmedien	50	80
Aluminium (Legierungen)	gut	einige Korrosionsmedien	150	200
Kupfer (Leg. wie Messing o. Bronze)	gut	einige Korrosionsmedien	300	800
Titan (Legierungen)	sehr gut	die meisten Korrosionsmedien	300	1.200
Austenitische Stähle <sup>1)</sup>	gut	viele Korrosionsmedien	bis 600	bis 800
Nickel-Chrom-Legierungen	sehr gut	die meisten Korrosionsmedien	bis 700	bis 1.300

<sup>1)</sup> Abhängig von der Stahlsorte

Interessante Normen zum Thema Korrosion:

- DIN EN ISO 8044:1999-11, Korrosion von Metallen und Legierungen
- DIN EN 12500:2000-12, Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe
- DIN EN ISO 12944-1 und 2:1998-07, Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme
- DIN 81249-1-4:1997-11, Korrosion von Metallen in Seewasser und Seewasseratmosphäre
  - 6.1 Konstruktive Maßnahmen, Zitat: *Es ist zu beachten, dass auch Schraub- und Nietverbindungen mit Unterlegscheiben Spalte bilden. Spalte, deren Wandungen einerseits aus Metall, andererseits aus Kunststoffen, Gummi oder gelockertem Packungs- und Dichtungsmaterial bestehen, sind besonders gefährdet.* Zitatende
  - 6.7 Die Anzahl verschiedenartiger Werkstoffe in einer Konstruktion ist ... so weit wie möglich einzuschränken bzw. aufeinander abzustimmen.

Weitere interessante Informationen zu verschiedenen Themen finden Sie auf der Homepage [www.thomsen-bremen.de](http://www.thomsen-bremen.de).

Zur technischen Beratung stehe ich Ihnen selbstverständlich gerne auch kurzfristig persönlich zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen aus Bremen  
Peter Thomsen

**Haftungsausschluss:**



Die Inhalte der Regeln sind zum Teil zitiert, zum Teil in den Worten der Regeln wiedergegeben, die Anmerkungen und Auslegungen beruhen auf langjähriger Erfahrung, dienen der Entscheidungshilfe und begründen keinen Anspruch auf Gewährleistung.

© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Stand 29.05.2022

### Quellenverzeichnis

- [1] Schraubenvademecum, Prof. Dr.-Ing. K.-H. Illgner, Dipl.-Ing. J. Esser, ISBN 3-935326-46-7, RASCH VERLAG
- [2] ASTM A193/A193M – 20 Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting for High Temperature or High Pressure Service an Other Special Purpose Applications, ASTM International
- [3] DIN 267-13:2007-05 Mechanische Verbindungselemente - Technische Lieferbedingungen - Teil 13: Teile für Schraubenverbindungen mit besonderen mechanischen Eigenschaften zum Einsatz bei Temperaturen von -200 °C bis +700 °C
- [4] DIN EN ISO 4042:2018-11 Verbindungselemente - Galvanisch aufgebrauchte Überzugssysteme
- [5] DIN EN ISO 10684: :2011-09 Verbindungselemente - Feuerverzinkung
- [6] DIN EN ISO 12944-2:2018-04 Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen
- [7] DIN EN ISO 14713-1:2017-08 Zinküberzüge - Leitfäden und Empfehlungen zum Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion - Teil 1: Allgemeine Konstruktionsgrundsätze und Korrosionsbeständigkeit
- [8] DIN EN ISO 12944-6:2018-06 Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Teil 6: Laborprüfungen zur Bewertung von Beschichtungssystemen
- [9] DIN EN ISO 12944-1:2019-01 Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme - Teil 1: Allgemeine Einleitung
- [10] DIN EN ISO 9227:2017-07 Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären – Salzsprühnebelprüfungen
- [11] DIN EN ISO 10683:2018-11 Verbindungselemente - Nichtelegolytisch aufgebrauchte Zinklamellenüberzugssysteme