

Werkstof oppervlaktebehandeling

5.1 *Überblick*

Die Methoden der Oberflächenbehandlung beziehen sich auf "blanke" Schrauben, welche aufgrund der Wasserstoffversprödung (Korrosion) zum "Rosten" neigen. Oberflächenveredelung bezweckt, die Schrauben mit einer Schutzschicht zu versehen, welche je nach Art der Oberfläche besseren oder schlechteren Schutz bietet. Oberflächenbehandlungen können die Korrosion nur verlangsamen. Zur Verhinderung von Korrosion sollten Schrauben aus rostfreien Stählen (z.B. A2) verwendet werden, sofern die geringere Festigkeit keine Rolle spielt.

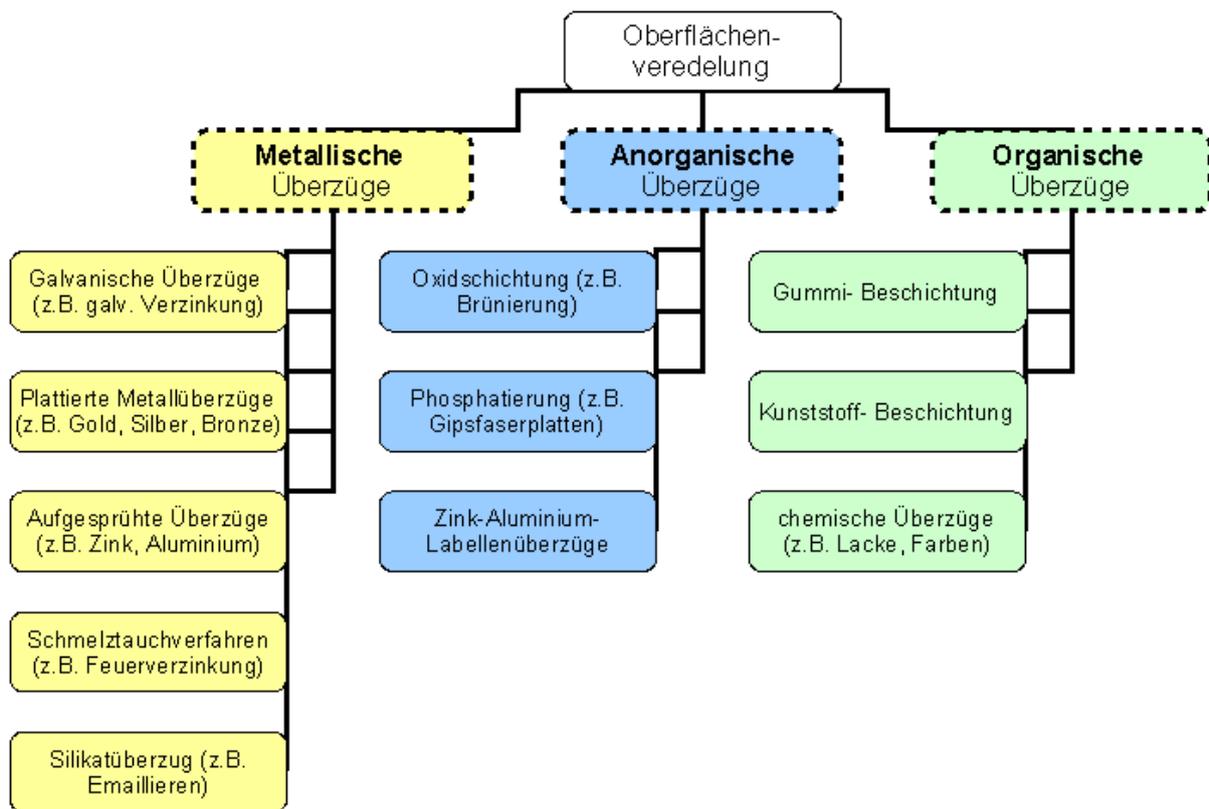


Abbildung 6 - Oberflächenveredelungen

5.1.1 *metallische Überzüge*

Bei metallischen Überzügen herrschen meist in galvanischen Verfahren aufgebraachte Zink- oder Zinklegierungsschichten vor. Der Korrosionsschutz metallischer Überzüge gegenüber anorganischen Überzügen ist deutlich geringer. Durch die Versiegelung mit organischen Beschichtungen kann der Effekt jedoch verstärkt werden.

Bei galvanisch aufgebraachten Beschichtungen besteht die Gefahr der Wasserstoffversprödung aufgrund der Wasserstoffaufnahme bei der Vorbehandlung (z.B. Beizen) und des Verzinkungsprozesses. Um dieser Gefahr entgegenzuwirken, sollen derartige Produkte einer zusätzlichen Wärmebehandlung unterzogen werden. Nähere Angaben hierzu finden Sie in DIN EN ISO 4042 "Galvanische Überzüge für Verbindungselemente". Der durch Wasserstoff verursachte Spröbruch ist ein spontaner, immer zeitverzögert auftretender sowie verformungsloser Bruch.

Man unterteilt zwei Brucharten:

- **fertigungsbedingter Sprödbruch**
entsteht aufgrund der galvanischen Oberflächenbehandlung bzw. Vorbehandlung
- **anwendungsbedingter Sprödbruch**
entsteht durch Korrosion, d.h. der Wasserstoff bildete sich aus Chloriden eines vergangenen Korrosionsangriffs

Wie lässt sich Wasserstoffversprödung bei hochfesten und gehärteten Schrauben reduzieren?

- Vermeidung und Verringerung von Wasserstoffquellen (z.B. Wasserdämpfe vermeiden)
- Einsatz von Schrauben aus nichtrostenden Stählen (z.B. A2)
- Vermeidung von Spannungskonzentrationen
- Nicht Beizen
- industrielle Nachverarbeitung
 - Nachträgliche Wärmebehandlung (Tempern)
 - Einsatz organischer und/oder anorganischer Beschichtung
 - Galvanische Nachbehandlung hochfester oder gehärteter Teile vermeiden

5.1.2 anorganische Überzüge

Die geläufigsten Handelsmarken bei anorganischen Überzügen sind "Dacromet", "Delta Tone" sowie "Termosil".

Diese Beschichtungsarten bestehen aus einer Mischung von Zink- und Aluminiumlamellen, die unter hoher Temperatur eingebrannt werden. Diese Verfahren haben wegen der hohen Korrosionsbeständigkeit eine steigende Bedeutung.

Anorganische Überzüge vermeiden Wasserstoffversprödung, da kein Beizprozess durchgeführt wird. Details

zu diesen Beschichtungsarten finden Sie in DIN EN ISO 10683 unter dem Begriff "Nichtelektrolytisch aufgetragene Zinklamellenüberzüge". Diese sind auszugswise:

- Eindiffusion von Nichtmetallen
- Effusion von Nichtmetallen
- Eindiffusion von Metallen
- Eindiffusion von Metallen und Nichtmetallen
- Effusion von Metallen und Nichtmetallen

5.1.3 organische Überzüge

Diese Form des Überzugs ermöglicht eine nur teilweise Beschichtung mit fast unendlicher Farbauswahl. Die Basis bilden dabei Naturprodukte. Diese Überzüge haben teilweise eine hohe permanente Temperaturbeständigkeit und sind elektrisch nicht leitend. Die Gefahr der Wasserstoffversprödung besteht nicht, solange die Materialien nicht mit Beize behandelt werden. Wird die Beschichtung entfernt, besteht kein kathodischer Korrosionsschutz mehr. Die Korrosionsbeständigkeit ist im Anlieferungszustand relativ hoch.

5.2 galvanische Verzinkung

5.2.1 Allgemeines, Schichtdicken

Beispiel für Kurzbezeichnung der gewünschten galvanischen Oberflächenbehandlung.

~ Nicht zu verwechseln mit der Bezeichnung von Edelstählen (z.B. A2-70) ~

Kurzzeichen für galvanische Oberflächen: **A2F**

- A** **1) Kennbuchstabe für Überzugsmaterial**
A = Zink (Zn)
- 2** **2) Kennzahl für Schichtdicke in µm**
2 = 5 µm
- F** **3) Kennbuchstabe für den Glanzgrad und die Nachbehandlung (Chromatierung)**
F = blank, Farbe bläulich

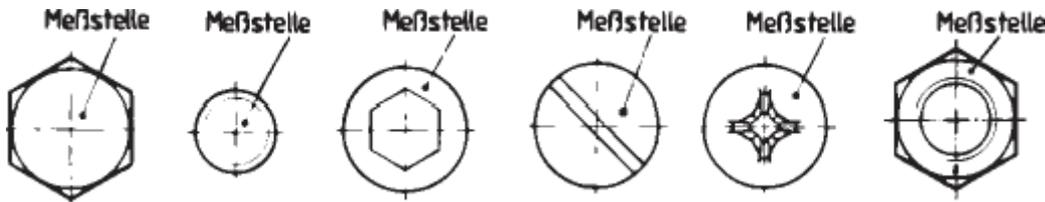
1) Überzugsmaterial			
A	=	Zn	= Zink
B	=	Cd	= Cadmium
C	=	Cu	= Kupfer
D	=	CuZn	= Messing
E	=	Ni	= Nickel
F	=	NiCr	= Nickel-Chrom
G	=	CuNi	= Kupfer-Nickel
H	=	CuNiCr	= Kupfer-Nickel-Chr.
J	=	Sn	= Zinn

2) Schichtdicke (galv. Zn)			
1	=	3 µm	
2	=	5 µm	(2 + 3) handelsüblich
3	=	8 µm	(3 + 5)
4	=	12 µm	(4 + 8)
5	=	15 µm	(5 + 10)
6	=	20 µm	(8 + 12)
tzn		40 µm	Feuerverzinkt

3) Aussehen bei Passivierung / Chromatierung			
	Glanzgrad	Verfahrens-gruppe	Farbe
A =	mt	A	farblos
B =		B	bläulich
C =		C*	gelblich*
D =		D*	oliv*
E =	bk	A	farblos
F =		B	bläulich
G =		C*	gelblich*
H =		D*	oliv*
J =	gl	A	farblos
K =		B	bläulich
L =		C*	gelblich*
M =		D*	oliv*
P/U =	beliebig	wie B, C oder D	ohne Chromatg.
R =	mt (matt)	F/Bk	schwarz*
S =	bk (blank)	F/Bk	
T =	gl (glänz.)	F/Bk	

*** ACHTUNG! Chrom-VI-haltig. (Kap. 9.4)**

Für Prüfungen gilt die Schichtdicke an der Messstelle



Die Gewindetoleranzen gelten vor dem Aufbringen der galvanischen Überzüge - mit Überzug darf die Nulllinie beim Bolzensgewinde nicht überschritten bzw. beim Mutterngewinde nicht unterschritten werden. Das Bolzensgewinde mit Überzug kann also zwischen dem oberen Abmaß des Toleranzfeldes und der Nulllinie liegen. Im Interesse der Schraubbarkeit ist die Schichtdicke für Gewindeteile mit dem üblichen Toleranzspiel 6 g/6 H logischerweise begrenzt. Bei Prüfung auf Schraubbarkeit ist ISO 6157-1 (DIN 267-1 9, Abs. 2.7) zu beachten.

Bei hochfesten Teilen mit Zugfestigkeiten ab ca. 1000 N/mm² (z. B. 10.9 ... 12.9) und gehärteten Teilen mit Härten ab ca. 320 HV ist bei galvanischen Überzügen mit den bekannten Verfahren die Gefahr einer Wasserstoffversprödung nicht mit Sicherheit auszuschließen (ISO 4042 Abs. 6 / Anhang A / ISO 15330).

5.2.2 Schichtdicken

Gewindesteigung		0,2-0,4	0,45-1	1,25	1,5-2	2,5	3	3,5	4-5	5,5	6
Regelgewinde		M1 - M2	M2,5 - M7	M8	M10 - M16	M18 - M22	M24 - M27	M30 - M33	M36 - M52	M56 - M60	M64
Schichtdicke	(a)	3	5	5	8	10	12	12	15	15	20
	(b)	3/3	3/3	5/3	5/5	8/5	8/8	10/8	12/10	15/12	15/12
max./µm	(c)	-	3/(3)	5/3	5/3	(8)/5	8/5	8/8	10/8	12/10	12/10

(a) rechnerischer Grenzwert nach ISO 4042, Tab. 2, für kleine Längen bis 5d
 (b) für Längen 5d-10d / 10d-15d
 (c) empfohlene Grenzwerte aus der Praxis für Längen bis 5d / 5d-15d unter Berücksichtigung fertigungs- und verfahrensbedingter Beschädigungen nach ISO 61 57-2 / EN 493 (DIN 267-19, Abs. 2.7)

Tabelle 39: Maximale Schichtdicken für Schrauben mit Außengewinde

Beanspruchung		Zink-Schichtdicke in µm		Bezeichnungen z.B.
0	„sehr mild“ (Dekorative Anwendung ohne Beanspruchung)	3 - 5	(a)	„verzinkt“ A 1 A / B / F A 2 A / B / F Fe / Zn 3 / 5
1	„mild“ (Innenraum in warmer, trockener Atmosphäre)	5 - 8	(a)	„verzinkt“ A 2 C / D A 3 A / B / F Fe / Zn 5 / 8

2	„mäßig“ (Innenraum, in dem Kondensation auftreten darf)	8 - 12	(b)	A 3 C / D Fe / Zn 12 A / F Fe / Zn 8 / 12
3	„stark“ (Freibewitterung unter gemäßigten Bedingungen)	12 - 25	(b)	A 4 C / D A 5-6 / B-G A 7 A / F Fe / Zn 12-25
4	„sehr stark“ (Freibewitterung unter schweren korrosiven Bedingungen - z. B. See-/Industrieklima)	25	(c)	A 7 C / D Fe / Zn 25 c 2 C / D
<p>(a) Entspricht allgemein üblicher lagerhaltiger Handelsware (b) Maximale Schichtdicken nach Tabelle „Schichtdicken bei Gewinde“ beachten (b), (c) Gewinde Ab-/Aufmaß erforderlich, eventuell Feuerverzinkung wählen</p> <p>Auszug aus EN 1403, 12329 - Die Schutzwirkung des Überzugs kann in der Realität von diesen Werten abweichen!</p>				

Tabelle 40: Beanspruchung und passende Zink-Schichtdicken

5.2.3 Kontaktkorrosion

S = starke Korrosion des betrachteten Werkstoffs
 M = mäßige Korrosion des betrachteten Werkstoffs (in sehr feuchter Atmosphäre)
 G = geringfügige oder keine Korrosion des betrachteten Werkstoffs

Hinsichtlich Kontaktkorrosion betrachteter Werkstoff	Fächerverhältnis*	Magnesiumlegierung	Zink	Feuerverzinkter Stahl	Aluminium-Legierung	Cadmium-Überzug	Baustahl	Niedriglegierter Stahl	Stahlguß	Chromstahl	Blei	Zinn	Kupfer	nichtrostender Stahl
Magnesiumlegierung	klein gross	G G	S M	S M	S M	S M	S S	S S	S S	S S	S S	S S	S S	S S
Zink	klein gross	M G	G G	G G	M G	M G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G
Feuerverzinkter Stahl	klein gross	M G	G G	G G	M G	M G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G
Aluminium-Legierung	klein gross	M G	G M	G M	G G	G G	M G	G G	S M	M M	S S	S S	S S	S M
Cadmium-Überzug	klein gross	G M	G G	G M	G G	G G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G
Baustahl	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	M G	S G	S G	S G	S G	S G	S G
Niedriglegierter Stahl	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	S G	S G	S G	S G	S G	S G
Stahlguß	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	M G	S G	S G	S G	S G	S G	S G
Chromstahl	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	S G	S G	M G	M G	S G	S G
Blei	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G M	S G	S G	G G	G G	G G
Zinn	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G M	G G	S G	S G	S G
Kupfer	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	M G	M G	S M	S G	G G
nichtrostender Stahl	klein gross	G G	G G	G M	G G	G G	G G	G G	G G	M M	G M	G M	G G	G G

Tabelle 41: Kontaktkorrosion bei galv. Verzinkung

*) Verhältnis der Oberfläche des "betrachteten" Werkstoffs zur Oberfläche des "Paarungswerkstoffs"
(Quelle: Beratungsstelle "FEUERVERZINKEN")

5.2.4 Jährliche Abtragswerte

Beanspruchung	µm/Ø	
Innenräume	1,0 -	2,0
Landluft*	1,3 -	2,5
Stadtluft*	1,9 -	5,6
Industrieluft*	6,4 -	19
Meeresluft*	2,2 -	7,2
* In der Praxis ist mit Mischklima zu rechnen		

Tabelle 42: Jährlich abgetragene Schichtdicke bei Zink, ebene Flächenkorrosion

5.3 Feuerverzinkung

Lesen Sie ergänzend auch "Oberflächenbehandlung - galvanische Verzinkung"

Die nach der Norm geforderte Mindestschichtdicke an der Messstelle von 40 mm erfordert ein Untermaß im Gewinde; Dieses Untermaß befindet in der Regel im Bolzengewinde - das Bolzengewinde mit Feuerverzinkung darf die Nulllinie nicht überschreiten. Ein Nachschneiden des Bolzengewindes ist nicht zulässig. Bei HV-Verbindungen DIN 6914/6915 wird ein Aufmaß in die Mutter gelegt (= Z/X/AZ/AX) - das Bolzengewinde mit Feuerverzinkung liegt daher über der Nulllinie. Muttergewinde werden nachträglich in feuerverzinkte Rohlinge eingeschnitten.

Der Korrosionsschutz erfolgt durch die Zinkauflage des Bolzengewindes (kathodischer Fernschutz). Bei feuerverzinkten Schrauben ist mit einer verminderten Belastbarkeit (wegen der verminderten Flankenüberdeckung im Gewinde) gegenüber Schrauben ohne Feuerverzinkung zu rechnen - entsprechend reduzierte Prüf-/Bruchkräfte siehe ISO 10684 (DIN 267-10).

Bei der Montage feuerverzinkter Schrauben und Muttern - insbesondere bei zusätzlicher Schmierung des Gewindes - ist mit veränderten Reibewerten und Anziehungsmomenten zu rechnen. Für feuerverzinkte HV-Verbindungen ist DIN 18800-7/EN V 1090-1 zu beachten!

Schichtdicke (galv. Zn)			
1	=	3 µm	
2	=	5 µm	(2 + 3) handelsüblich
3	=	8 µm	(3 + 5)
4	=	12 µm	(4 + 8)
5	=	15 µm	(5 + 10)
6	=	20 µm	(8 + 12)
tzn		40 µm	Feuerverzinkt

Kontaktkorrosion bei zinkhaltigen Werkstoffen (gelb)

S = starke Korrosion des betrachteten Werkstoffs
M = mäßige Korrosion des betrachteten Werkstoffs (in sehr feuchter Atmosphäre)
G = geringfügige oder keine Korrosion des betrachteten Werkstoffs

Hinsichtlich Kontakt-korrosion betrachteter Werkstoff	Fächen-Verhältnis*	Magnesium-legierung	Zink	Feuerverzinkter Stahl	Aluminium-Legierung	Cadmium-Überzug	Baustahl	Niedriglegierter Stahl	Stahlguß	Chromstahl	Blei	Zinn	Kupfer	nichtrostender Stahl
Magnesium-legierung	klein gross	S M	S M	S M	S M	S M	S S	S S	S S	S S	S S	S S	S S	S S
Zink	klein gross	M G	S G	G G	M G	M G	S S	S S	S S	S S	S S	S S	S S	S G
Feuerverzinkter Stahl	klein gross	M G	G G	S G	M G	M G	S S	S S	S S	S S	S S	S S	S S	S G
Aluminium-Legierung	klein gross	M G	G M	G M	S G	G G	M G	G G	S M	M G	S S	S S	S S	S M
Cadmium-Überzug	klein gross	G M	G G	G M	G G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G	S G
Baustahl	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	S G	M G	S S	S G	S G	S G	S G	S G
Niedriglegierter Stahl	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	S G	G G	S S	S S	S S	S S	S S
Stahlguß	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	M G	S G	S G	S G	S G	S G	S S
Chromstahl	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	S G	M G	M G	M G	S G	S G
Blei	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G M	G G	S G	G G	G G	G G
Zinn	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G M	G G	S G	S G	S G
Kupfer	klein gross	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	G G	M G	M G	S M	S G	G G
nichtrostender Stahl	klein gross	G G	G G	G M	G G	G G	G G	G G	G G	M G	G M	G M	G G	S G

Jährliche Abtragswerte bei Zink, ebene Flächenkorrosion

Beanspruchung	$\mu\text{m}/\text{Ø}$
Innenräume	1,0 - 2,0
Landluft*	1,3 - 2,5
Stadtluft*	1,9 - 5,6
Industrieluft*	6,4 - 19
Meeresluft*	2,2 - 7,2

* In der Praxis ist mit Mischklima zu rechnen