

Beschichtung

0. Inhalt

<u>0.</u>	<u>Inhalt</u>	1
<u>1.</u>	<u>Allgemeines</u>	1
<u>2.</u>	<u>Grundlagen</u>	2
<u>3.</u>	<u>Beschichtungssysteme</u>	2
3.1	Allgemeines	2
3.2	Organische Beschichtung	2
3.2.1	Allgemeines	2
3.2.2	Robustheit	3
3.2.3	Beständigkeit / Abtragsraten	3
3.2.4	Kosten	3
3.3	Anorganische Beschichtung	4
3.4	Feuerverzinken	4
3.4.1	Allgemeines	4
3.4.2	Beständigkeit / Abtragsraten	6
3.4.3	Kosten	7
3.5	Bandverzinken	8
3.6	Duplexsysteme	8
3.7	Sonderverfahren	8
<u>4.</u>	<u>Bewertung</u>	9
<u>5.</u>	<u>Quellen</u>	9
5.1	Normen und Regelwerke	9
5.2	Fachliteratur	10
5.3	Sonstige	10
5.4	Adressen	10

1. Allgemeines

Kurzbeschreibung

Darstellung verschiedener Beschichtungssysteme für Stahlbauteile.

Einordnung

Stahlbau – Grundaufgaben – Dauerhaftigkeit / Korrosion – Beschichtung

Lernziele

Kennenlernen der unterschiedlichen Möglichkeiten von Korrosionsschutz bei Stahlbauteilen sowie deren Beständigkeit.

Einschränkungen, Abgrenzung

– keine –

2. Grundlagen

Baustoffchemie / Korrosionsmechanismen

siehe mein Skriptum „Korrosion“

3. Beschichtungssysteme

3.1 Allgemeines

Im folgenden wird vereinfachend unter „Beschichtung“ alle Verfahren aufgeführt, bei denen ein Fremdmaterial auf ein Stahlbauteil aufgebracht wird, um das Stahlbauteil damit korrosionsbeständig zu machen.

3.2 Organische Beschichtung

3.2.1 Allgemeines

Eine Organische Beschichtung hält den Elektrolyten von der Werkstückoberfläche fern und verhindert dadurch das Entstehen eines Lokalelementes.

Organische Beschichtungen („Farbe“, „Lack“, „Anstrich“) bestehen aus einem Bindemittel, z.B. Ethylsilikat ESI, Epoxidharz EP, Poly-Urethan PUR oder Vinylchlorid-Copolymerisat PVC, in das Pigmente und/oder Zinkstaub eingelagert sind. Die genannten Bindemittel sind unterschiedlich temperaturbeständig (z.B. Ethylsilikat bis 400°C – braucht man im Stahlschornsteinbau) und unterschiedlich beständig gegen Säuren oder Laugen.

Verschiedene Beschichtungssysteme sind in DIN EN ISO 12944 Teil 5 beschrieben.

Ein Beispiel für ein hochwertiges Beschichtungssystem ist – jeweils mit Angabe der Soll-schichtdicken in µm:

Grundbeschichtung	EP-Zinkstaub	70 aber nicht mehr als 120
-------------------	--------------	----------------------------

1. Zwischenbeschichtung	EP	80
2. Zwischenbeschichtung	EP	80
Deckbeschichtung	PUR	80

(Tausalzsprühbereich, Freibewitterung, Splittanprall, Korrosivitätskategorie C4, C5-I, C5-M [7], wird in dieser Form im Brückenbau verwendet)

3.2.2 Robustheit

Bei Oberflächenverletzungen des Korrosionsschutzes, z.B. durch mechanische Beanspruchungen während Transport und Montage, tritt die Korrosion örtlich sehr konzentriert auf. Dadurch entsteht eine sehr große Korrosionsgeschwindigkeit, d.h. die Korrosion geht schnell in die Tiefe, ein Loch kann entstehen.

Eine alte Praktiker-Regel besagt daher:

im Zweifelsfall gar nicht beschichten, dann bleibt die Korrosion flächig und der Korrosionsabtrag liegt bei 100 µm bis 300 µm pro Jahr. Durch einen – z.B. aus dem Behälterbau bekannten – Korrosionszuschlag zur Wanddicke von z.B. 3 mm kann man daher eine Angriffsduer von 10 bis 30 Jahren überstehen.

3.2.3 Beständigkeit / Abtragsraten

Nach üblicher Erfahrung im Brückenbau erreicht eine fachmännisch aufgebrachte (und durch Kontrollflächen überwachte) Beschichtung nach ca. 20 Jahren einen Zustand, in dem sie saniert werden sollte [12].

3.2.4 Kosten

Die Kosten für das Aufbringen der Beschichtung (einschließlich Vorbereitung der Oberfläche) betragen ca. 35 EUR/m² (Quelle: Stahlverarbeiter Juni 2007) ohne die Kosten für Gerüste usw., die eventuell als Nebenkosten noch erforderlich sind.

Beispiel:

Ein 16 m langer Träger IPE 550 hat eine Oberfläche von

$$A = 16 \text{ m} * 1,88 \text{ m}^2/\text{m} = 30 \text{ m}^2$$

Das Beschichten kostet ca.

$$30 \text{ m}^2 * 35 \text{ EUR/m}^2 = 1050 \text{ EUR}$$

Ansatz aus dem Brückenbau (Quelle: Brückenbauer Oktober 2007): 280 EUR/Tonne

Beispiel:

Ein 16 m langer Träger IPE 550 hat ein Gewicht von
 $G = 16 \text{ m} * 106 \text{ kg/m} = 1700 \text{ kg}$
Das Beschichten kostet ca.
1,70 to * 280 EUR/to = 476 EUR

3.3 Anorganische Beschichtung

- Bleimennige Pb_3O_4 ist ein leuchtend rot-oranges Bleioxid, zu Zeiten unserer Großväter DER Standard-Korrosionsschutz.
Der Einsatz ist heute wegen der gesundheitsschädlichen Wirkung in Deutschland und der Schweiz verboten. (www.wikipedia.org)
- „Rostumwandler“ auf Phosphorsäure-Basis.
Nach der Regel „die stärkere Säure treibt die schwächere aus ihren Verbindungen“ wandelt die Phosphorsäure den bereits entstandenen Rost Fe(OH)_3 in Eisenphosphat um. Dieses ist nicht wasserlöslich und entspricht dadurch einer Passivschicht. Hat im Stahlbau keine Bedeutung, da die Vorbereitung der Oberfläche / das Entfernen vorhandenen Rostes mit Strahlverfahren erfolgt (Sandstrahlen, Flammstrahlen).

3.4 Feuerverzinken

3.4.1 Allgemeines

Beim Feuerverzinken bilden sich auf der Werkstückoberfläche intermetallische Phasen, deren Zinkanteil von außen nach innen abnimmt und sich z.B. durch die Legierungen (von außen nach innen) $\text{ZnC} - \text{Zn} - \text{FeZn} - \text{Fe}$ beschreiben lässt. An der Oberfläche der Zinkschicht zur Atmosphäre hin bildet sich Zink-Karbonat als Passivschicht.

Die Zinkschicht hält dabei zum einen den Elektrolyten von der Werkstückoberfläche ab, zum anderen übernimmt die Zinkschicht als unedlerer der beiden Partner die Rolle der „Opferanode“. Verletzungen der Zinkschicht können auf diese Weise wieder mit Zink zugesetzt werden („Selbstheilungseffekt“ – wirkt bei Fehlstellen bis zu ca. $2-3 \text{ mm}^2$ (Vortrag Hildebrand 2007)).

Die Schichtdicke wird hauptsächlich durch den Siliziumgehalt des Grundwerkstoffes bestimmt (genauer: Summe aus Si und P):

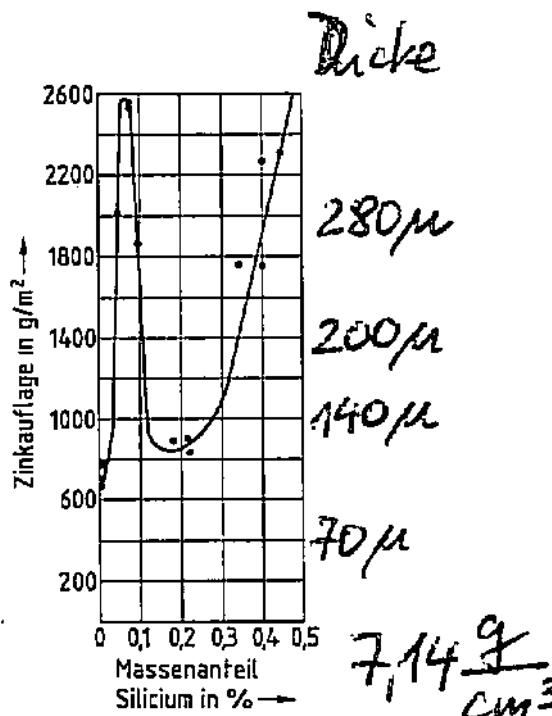


Bild 2. Einfluß des Siliciumgehaltes bei 460 °C Badtemperatur und einer Tauchdauer von 9 min auf die flächenbezogene Masse des Zinküberzuges (nach Horstmann, D.)

(aus Fundus Knödel, Quelle unbekannt)

Bei der Bestellung des Werkstoffes ist daher anzugeben: „zum Verzinken geeignet“ – der Lieferant wählt dann einen Werkstoff mit geeignetem Siliziumgehalt aus.

Beim Stückverzinken nach ISO 1461 Tab. 2 sind auf Teile mit ≥ 3 mm Dicke durchschnittliche Schichtdicken von $\geq 70 \mu\text{m}$ aufzubringen mit örtlichen Mindestwerten von $\geq 55 \mu\text{m}$. Als „praxisübliche Schichtdicke“ werden hierfür 100 μm angegeben (www.feuerverzinken.com, 31.10.03).

Hinweis:

Galvanisches Verzinken, wie z.B. von Gewindestangen, ist zunächst technisch gleichwertig. Üblicherweise werden jedoch beim galvanisch Verzinken von Gewin-

den nur Schichtdicken von ca. 10 µm aufgebracht, d.h. nur ein Zehntel der „praxisüblichen Schichtdicke“ beim Feuerverzinken.

3.4.2 Beständigkeit / Abtragsraten

Rechnerische Abtragsraten sind in ISO 14713 angegeben (siehe nachstehende Tabelle).

Unter ungünstigen Bedingungen ist demnach mit einem Abtrag von 10-20 µm pro Jahr zu rechnen.

Tabelle 1: Korrositätskategorien, Korrosionsbelastung und Korrosionsraten

Kurz-zeichen	Korrositätskategorie	Korrosionsbelastung	Korrosionsrate, durchschnittl. Dickenverlust für Zink µm/Jahr ^{a, b, c}
C 1	Innen: trocken	unbedeutend	≤ 0,1
C 2	Innen: gelegentliche Kondensatbildung Außen: küstliches Inland	gering	0,1 bis 0,7
C 3	Innen: hohe Luftfeuchte, mäßige Luftverunreinigung Außen: städtisches Inland, geringe Küste	mäßig	0,7 bis 2
C 4	Innen: Schwimmbäder, Chemianlagen usw. Außen: industrielles Inland; städtische Küste	stark	2 bis 4
C 5	Außen: industriell mit hoher Feuchte oder hoher Chloridbelastung (Küste)	sehr stark	4 bis 8
Im 2	Meerwasser in gemäßigten Klimagebiet	sehr stark	10 bis 20 ^d

ISO 14713 Tabelle 1

Eine „praxisübliche Schichtdicke“ kann daher nach 5-10 Jahren verbraucht sein. Dies deckt sich mit Erfahrungen bei Stahlschornsteinen: Feuerverzinkte Geländer von Kopfbühnen, die im Bereich der Abgasschwaden liegen, weisen z.T. schon nach 2-3 Jahren braune Stellen an der Verzinkung auf.

Auf der anderen Seite zeigt die Erfahrung bei feuerverzinkten Bauteilen in „normaler“ Atmosphäre (Gitterroste, Straßenlaternenmaste, Geländer, Hoftore), daß z.T. erst nach 20 bis 30 Jahren braune Stellen an den verzinkten Teilen entstehen.

Im Zusammenhang mit Kläranlagen-Abwässern sind für feuerverzinkte Bleche im Merkblatt 400 [15] die Grenzwerte der Beständigkeit mit pH-6,5 bis 9,0 angegeben, für kurzzei-

tige Exposition werden pH-Werte von 6,0 bis 9,5 genannt. An anderer Stelle wurde auch „5-10“ genannt (Schmidt 1999).

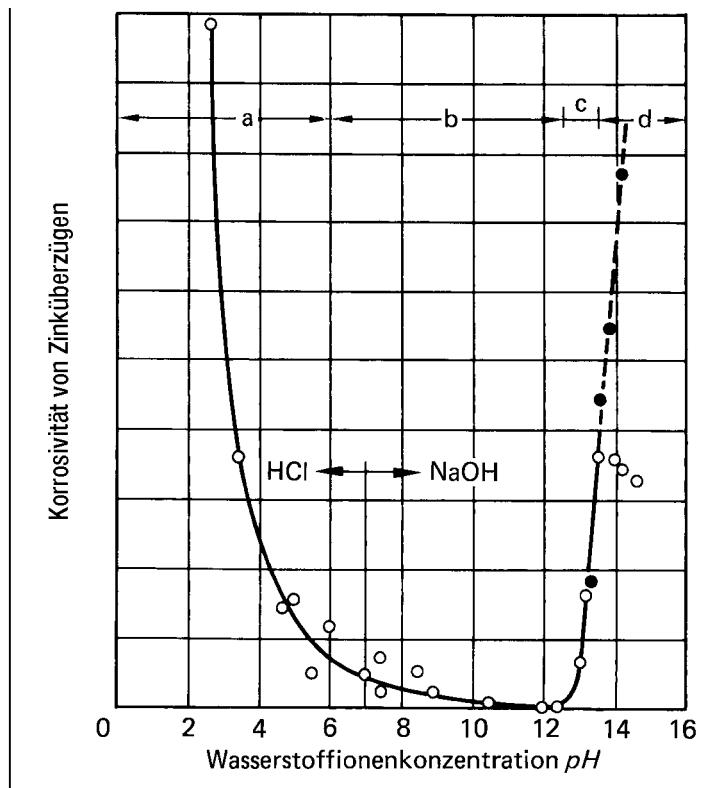


Abb. 19: Korrosionsverhalten von Zinküberzügen in Abhängigkeit vom pH-Wert (schematisch)

aus Merkblatt 400 [15]

Nach gängiger Lehrmeinung sind feuerverzinkte Bauteile gegen Tausalz nicht beständig.

Die Erfahrungen im Bereich der Straßenmeistereien belegen jedoch, daß z.B. feuerverzinkte Beleuchtungsmaste und Leitplankenpfosten Lebensdauern von 10 bis 15 Jahren erreichen, bis die Zinkschicht abgewaschen ist und flächige Braunfärbung auftritt.

3.4.3 Kosten

Für das Feuerverzinken kann bei Kleinteilen/Kleinmengen ein Preis von 0,50 EUR/kg gerechnet werden. Stahlbauunternehmen mit größeren Mengen (z.B. 1000 bis 2000 Tonnen pro Jahr, d.h. 5-10 LKWs pro Monat) und den entsprechenden Rahmenverträgen mit Großverzinkereien zahlen ca. 0,25 EUR/kg (Quelle: Stahlverarbeiter Juli 2006). Die „kg“ bezeichnen dabei die Bauteilmasse und nicht die Masse der abgelegten Zinkschicht!

Beispiel:

Ein 16 m langer Träger IPE 550 hat eine Masse von
 $G = 16 \text{ m} * 106 \text{ kg/m} = 1700 \text{ kg}$
Das Feuerverzinken kostet ca.
 $1700 \text{ kg} * 0,25 \text{ EUR/kg} = 425 \text{ EUR}$

3.5 Bandverzinken

Kontinuierlicher (Feuer-)Verzinkungsprozess. Wird z.B. beim Herstellen von Trapezblechen eingesetzt.

3.6 Duplexsysteme

Als Duplexsystem bezeichnet man die Kombination von Feuerverzinken und einer Beschichtung. Die Schutzdauer steigt dadurch gegenüber Feuerverzinken ca. um den Faktor 2 (Nürnberger 1995, Abb. 12.30).

3.7 Sonderverfahren

Kaltverzinken

Aufpinseln, -rollen oder Aufsprühen von zinkstaubhaltigen Beschichtungsstoffen. Wird z.B. beim Ausbessern von Fehlstellen an feuerverzinkten Teilen eingesetzt, in ISO 1461 sind dazu Regelungen enthalten. Die ausgebesserte Stelle muss demnach 30 µm mehr Schichtdicke aufweisen als der vorher festgelegte Nennwert.

Das Arbeiten mit Sprühdosen „Zinkspray“ ist nur als Kosmetik zu betrachten, die geforderten Schichtdicken für ein fachgerechtes Nachverzinken lassen sich damit nicht erreichen.

Spritzverzinken

„Flammspritzen“ ist ein thermisches Verfahren zum Auftragen einer Zinkschicht. Das Zink wird dabei in einem Lichtbogen geschmolzen und auf das Werkstück gesprührt. Es werden Schichtdicken von 80-100 µm erreicht.
(siehe auch DIN EN 15311)

4. Bewertung

Feuerverzinken ist ein sehr robustes Verfahren, sofern es von der Größe der Teile her noch möglich ist (Badgrößen siehe Adressen).

Bei größeren Bauteilen muß ein mehrschichtiges Beschichtungssystem aufgebracht werden, welches eine ähnliche Schutzdauer bietet.

5. Quellen

5.1 Normen und Regelwerke

- [1] DIN EN ISO 1461:1999-03: Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrachte Zinküberzüge (Stückverzinken) – Anforderungen und Prüfungen.
Beiblatt 1:1999-03: Hinweise zur Anwendung der Norm.
- [2] DIN V ENV 12837:2000-09: Beschichtungsstoffe - Qualifikation von Inspektoren für den Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme.
(siehe DIN EN ISO 12944)
- [3] DIN EN ISO 12944: Beschichtungsstoffe – Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme.
Teil 1: Allgemeine Einleitung 1998-07 (Deutsche Fassung EN ISO 12944-1:1998).
Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen 1998-07 (Deutsche Fassung EN ISO 12944-2:1998).
Teil 3: Grundregeln zur Gestaltung 1998-07 (Deutsche Fassung EN ISO 12944-3:1998).
Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung 1998-07 (Deutsche Fassung EN ISO 12944-4:1998).
Teil 5: Beschichtungssysteme 1998-07 (Deutsche Fassung EN ISO 12944-5:1998).
Teil 6: Laborprüfungen zur Bewertung von Beschichtungssystemen 1998-07 (Deutsche Fassung EN ISO 12944-6:1998).
Teil 6 (Entwurf): Labor-Prüfverfahren zur Leistungsbewertung und Bewertungskriterien 2006-02 (Deutsche Fassung prEN ISO 12944-6:2005).
Teil 7: Ausführung und Überwachung der Beschichtungsarbeiten 1998-07 (Deutsche Fassung EN ISO 12944-7:1998).
Teil 8: Erarbeiten von Spezifikationen für Erstschatz und Instandsetzung 1998-07 (Deutsche Fassung EN ISO 12944-8:1998).
- [4] DIN EN ISO 14713:1999-05: Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion – Zink- und Aluminiumüberzüge – Leitfäden. Deutsche Fassung EN ISO 14713:1999.
(siehe auch EN 1461)
- [5] DIN EN 14879: Beschichtungen und Auskleidungen aus organischen Werkstoffen zum Schutz von industriellen Anlagen gegen Korrosion durch aggressive Medien.
Teil 1: Terminologie, Konstruktion und Vorbereitung des Untergrundes; Deutsche Fassung prEN 14879-1:2004. Entwurf 2004-03
Teil 2: Beschichtungen für Bauteile aus metallischen Werkstoffen; Deutsche Fas-

sung prEN 14879-2:2004. Entwurf 2004-12.

Teil 3: Beschichtungen für Bauteile aus Beton; Deutsche Fassung prEN 14879-3:2004. Entwurf 2004-12.

- [6] DIN EN 15311:2007-06 Thermisches Spritzen – Bauteile mit thermisch gespritzten Schichten – Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 15311:2007.
- [7] ZTV-KOR-Stahlbauten: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Korrosionsschutz von Stahlbauten. Verkehrsblatt-Verlag, Dortmund 2002. www.verkehrsblatt.de.
- [8] TL/TP-KOR-Stahlbauten: Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Beschichtungsstoffe für den Korrosionsschutz von Stahlbauten. Verkehrsblatt-Verlag, Dortmund 2002. www.verkehrsblatt.de.

5.2 Fachliteratur

- [9] Nürnberg, U.: Korrosion und Korrosionsschutz im Bauwesen.
Band 1: Grundlagen, Betonbau.
Band 2: Metallbau, Korrosionsprüfung.
Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin, 1995.

5.3 Sonstige

- [10] Hildebrandt, D.: Korrosionsschutz Feuerverzinken – Anforderung an Konstruktion, Fertigung und Werkstoff. Vortrag an der SLV-Mannheim, 01.02.2007.
- [11] Knödel, P.: Lehrunterlagen Stahlbau an der Fachhochschule Augsburg, herunterladbar über <http://www.peterknoedel.de/lehre/lehre.htm>, laufend aktualisiert.
Skriptum zu
Grundaufgaben – Dauerhaftigkeit / Korrosion – Beschichtung
Grundaufgaben – Dauerhaftigkeit / Korrosion – Selbstpassivierende Werkstoffe
Grundaufgaben – Dauerhaftigkeit / Korrosion – Korrosion
- [12] Krämer, G.: Persönliche Mitteilung an P. Knödel. SLV-Mannheim, 01.06.2007.
- [13]
- [14] Schmidt: Feuerverzinken – Bewertung von Schäden. Vortrag am 14.10.1999.
- [15] Korrosionsverhalten von feuerverzinktem Stahl. Merkblatt 400, 6. Auflage 2001. Stahl-Informations-Zentrum, Sohnstr. 65, D-40237 Düsseldorf. www.stahl-info.de.

5.4 Adressen

- [16] GEHOLIT + WIEMER Lack- und Kunststoff-Chemie GmbH, Sofienstrasse 36, D-76676 Graben-Neudorf, www.geholit-wiemer.de
- [17] Sika Korrosionsschutz GmbH, Kornwestheimer Str. 103-107, D-70439 Stuttgart, www.sika.de, www.sika-bau.de
- [18] Institut Feuerverzinken GmbH, Sohnstraße 70, D-40237 Düsseldorf www.feuerverzinken.com.

- [19] Voigt & Schweitzer Markenverbund-Holding GmbH & Co KG, D-45881 Gelsenkirchen
www.zinq.com
- [20] France Galva Lorraine S.A., F-57340 Morhange
www.francegalva.fr
Badgröße L/B/H [m] 15,30 x 1,90 x 2,50
- [21] Verzinkerei Petit Jean, F-10121 Saint-Andre-les-Vergers (bei Troyes)
www.petitjean.de
Badgröße L/B/H [m] 15,50 x 2,00 x 2,70
- [22] Großverzinkerei Neunkirchen/Saar, D-66540 Neunkirchen
Badgröße L/B/H [m] ca. 10,50 x 1,50 x 2,75
- [23] Wirtz GmbH & Co. KG, D-45881 Gelsenkirchen
Badgröße L/B/H [m] 17,00 x 1,70 x 3,00
(Stahlbau 76 (2007) Heft 11, S. A26)
- [24] Siegener Verzinkerei Holding GmbH (SVH), D-57223 Kreuztal
Badgröße L/B/H [m] 19,50 x 1,80 x 3,20
(Stahlbau 78 (2009) Heft 3, S. A12)