



Beschichten von Metallen

Zusatzinformationen aus der Fachpresse

Eine Auswahl von Fachartikeln als Ergänzung zum Arbeitsheft «METALLE»

Beschichten des Eiffelturmes

Malerblatt 04/2010 · Ulrich Schweizer

Bleimennige – Was leisten bleifreie Alternativen?

applica 2/2009 · Martin Kurfess, Dr. Wolfgang Reisser, Wolfram Selter

Arbeitshilfen Korrosionsschutz: Bauen mit Stahl

1.0 Schutz + Farbe

1.1 Korrosionsschutzgerechte Gestaltung

1.2 Oberflächenvorbereitung

1.3 Beschichtungsstoffe

1.4 Feuerverzinken

BAUEN MIT STAHL.de, Ausgabe 11/01



Hinweis: Drucken Sie diese Datei als Broschüre aus (Papierformat A3)!
Als pdf-Datei gratis zur Verfügung gestellt unter www.medialernen.ch



BESCHICHTEN DES EIFFELTURMES Ulrich Schweizer, Malerblatt 04/2010

Der Eiffelturm ist 324 Meter hoch und wiegt 7300 Tonnen. Alle sieben Jahre wird das bekannteste Wahrzeichen von Paris von 25 Männern renoviert und komplett neu beschichtet, um seine Stahlkonstruktion vor Korrosion zu schützen. Gesichert sind diese mit 60 km Sicherungsseilen. Verarbeitet werden dabei etwa 60 Tonnen Lack auf insgesamt 250'000 m² Oberfläche. Die erste Lackierung erhielt der Turm bereits zwei Jahre nach seiner Eröffnung und er wurde bisher 19 Mal neu angestrichen, zuletzt von März 2009 bis Oktober 2010 zum 120-jährigen Bestehen des Bauwerks. Die Arbeiten dauern 15 Monate und kosten rund drei Millionen Euro.

Der geniale Ingenieur Gustave Eiffel hat zu den Bauplänen seines bekanntesten Bauwerks eine umfassende «Pflegeanleitung» verfasst mit detaillierten technischen Vorgaben, was für die Erhaltung des Turms wann und wie gemacht werden muss. So legte er fest, dass das Bauwerk alle sieben Jahre komplett neu beschichtet werden muss. Aber nicht «nur einfach so» schrieb Monsieur Eiffel, sondern akribisch bebildert, mit technischen Zeichnungen und mit genauesten Vorgaben versehen. Das Buch weist in etwa den Umfang des Telefonbuchs einer Großstadt auf und es hat etwas absolut Faszinierendes an sich.

Ein großes Kapitel ist auch exakt dem gewidmet, was die Maler und Korrosionsschützer zu tun haben, worauf sie achten müssen und was unbedingt eingehalten werden muss. Da kommt schon fast der Verdacht auf, Gustave Eiffel hätte längst eine Ahnung davon gehabt, dass sein Turm einstmals das Symbol für die Franzosenmetropole werden könnte. Vorgesehen war das jedoch zu seiner Bauzeit keinesfalls. Überhaupt nicht.



Am Eiffelturm in Paris sind regelmässige Beschichtungsarbeiten zwingend

DIE WELTAUSSTELLUNG 1889

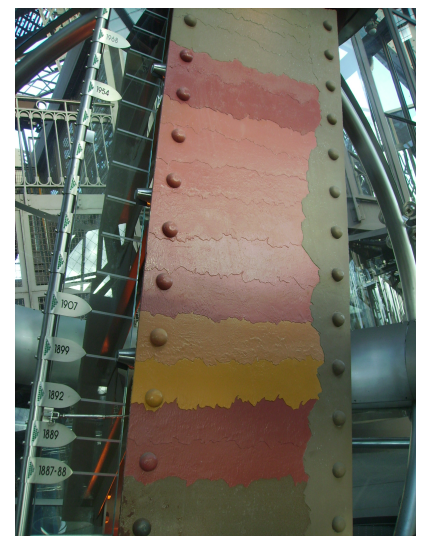
Ursprünglich sollte er nämlich 20 Jahre nach seinem Bau wieder abgerissen werden. Nach zweijähriger Bauzeit wurde er am 31. März 1889 rechtzeitig zur Weltausstellung fertig gestellt. Inzwischen kam er regelmässig in den Genuss eines neuen Anstrichs. Die Farbtöne wechselten anfangs immer wieder, bevor man sich dann langsam an den seit vielen Jahren eingesetzten Eiffelturm-Farbtönen herantastete.

Bereits während der Weltausstellung nahmen fast zwei Millionen Besucher die 1'665 mühsamen Stufen auf sich, um den Turm zu besteigen. Und seither hält der Menschenstrom an – jährlich besuchen über sechs Millionen Touristen den Turm, der längst liebevoll «eiserne Dame» genannt wird. Nicht nur Besucher aus dem Ausland, sondern eben auch die Franzosen selber lieben ihren Eiffelturm heiß und innig.

DER STREIT UM DIE FARBE

Allerdings weiß natürlich jeder Einheimische ganz genau, dass die jetzige Farbe nicht schön ist. Gut allerdings, dass nicht jeder mitbestimmen darf. Fragt man die allwissenden Wirte von Bars und Bistros, dann, so hört man, solle der Turm unbedingt in den Nationalfarben gestrichen werden, also blau-weiß-rot. Andere hätten lieber die Flagge ihres Lieblings-Fußballvereins als Farbvorlage.

Dass nicht immer das typische Eiffelturm-Braun das Bauwerk schmückte, das zeigt ein Blick auf die Farbhistorie. Erst seit 1968 gibt es besagtes Braun, das man angeblich wegen seiner Harmonie mit dem Pariser Stadtbild wählte. Abgestuft ist es in drei Tönen, der kräftigste unten, der leichteste oben. Böse Zungen meinen, der aktuelle Farbton erinnere an Tarnfarben, der streiche somit den Turm ein Stück weit aus dem Gesichtsfeld weg, so dass er nicht sofort in voller Pracht ins Auge springe. Freilich, die Farbgebung war durch die heutige Brille betrachtet schon durchaus heftig: 1887/88 startete man mit einem venezianischen Rot, kam 1889 dann auf ein Rotbraun, 1892 auf Ocker, 1899 auf ein in fünf Töne abgestuftes Gelb-Orange, um dann 1907 bis 1947 bei einem Gelbbraun zu landen. Vor dem aktuellen Farbton kam dann 1954 und 1961 noch ein Rotbraun zum Zuge.



Farbhistorie am Eiffelturm



Die Farbgebung variierte also gewaltig. Allein um die Wahl des Farbtons ranken sich Geschichten und Legenden und Halbwahrheiten und Spekulationen und Vermutungen. Aber genau das macht die Sache durchaus auch spannend.

Die Frankfurter Allgemeine Zeitung brachte es exakt auf den Punkt: Die Meisten, die man nach der Farbe des Eiffelturms fragt, bleiben wohl eine Antwort schuldig: «Welche Farbe hat der Eiffelturm? Olivgrün, Grau, rostbraun? Sieben Millionen Besucher pilgern Jahr für Jahr auf das Pariser Wahrzeichen, doch die Erinnerung an seine Farbe bleibt für die meisten von ihnen diffus.» Und Jean-Bernard Bros, Präsident der Betreibergesellschaft SETE (Société d'Exploitation de la Tour Eiffel), lobt den momentanen Farbton und beruft sich auf Unterstützung seitens der Kulturschaffenden: «Künstler, Fotografen, alle Liebhaber des Eiffelturms sind sich einig, dass ihm sein helles Eiffelturm-Braun am besten steht. Das Eiffelturm-Braun passt bestens zu den Dächern von Paris.» Nach oben tragen die Maler beim Eiffelturm immer hellere Farben auf, damit der Turm deutlich höher wirken soll.

DIE RENOVIERUNG

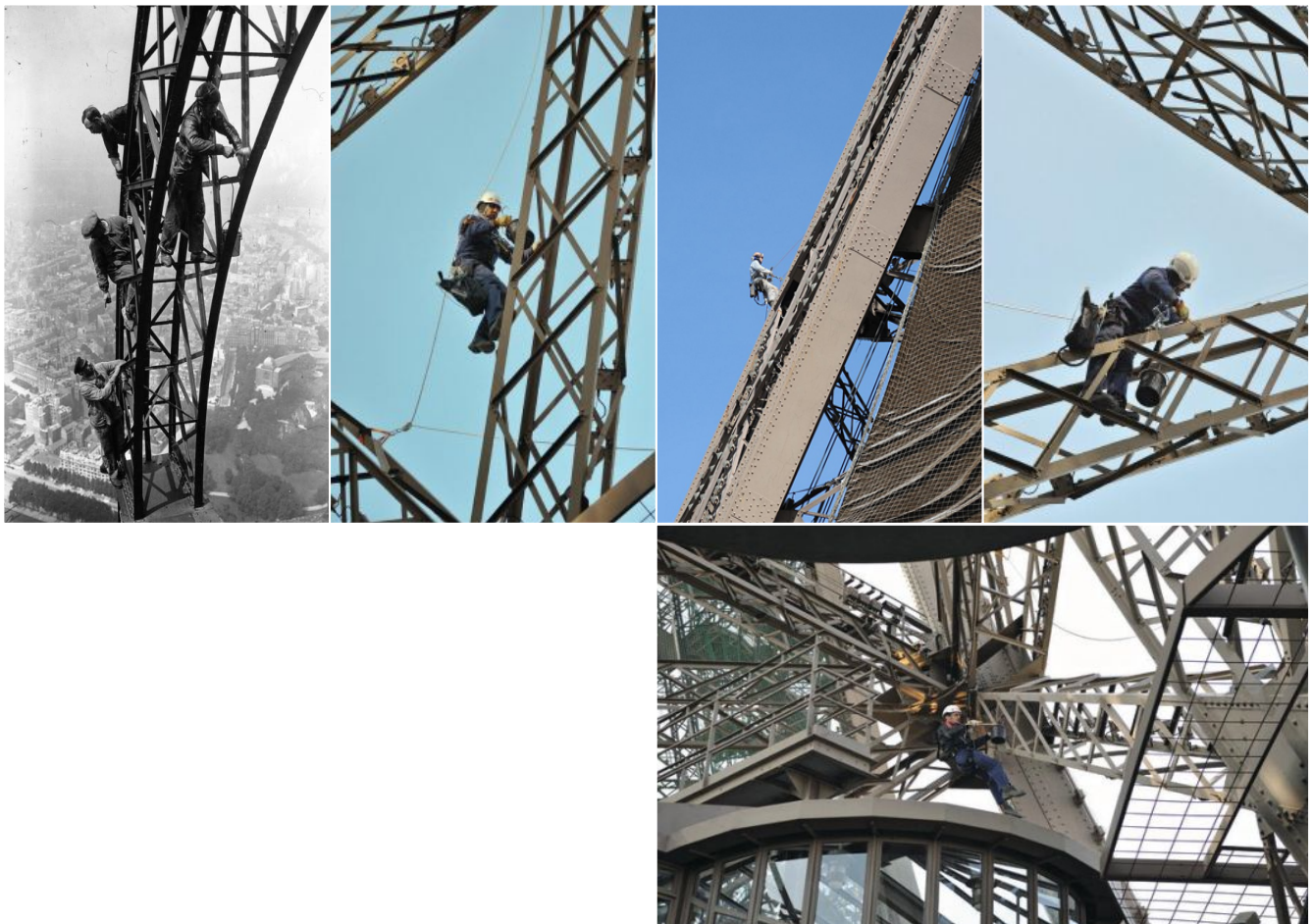
Für die Patrioten unter den Franzosen ist es eindeutig der Sündenfall, die Pragmatiker sprechen nur ganz banal von Marktmechanismen: jedenfalls wurde der Turm letztes Mal nicht von Malern aus der «Grande Nation» beschichtet, sondern von Kollegen aus Griechenland (von der Firma STELMA). Und Frankreich liefert auch nicht die 60 Tonnen Lack – die Farbe kommt aus Norwegen. Bevor es aber ein Stürmchen der Entrüstung geben konnte, war schnell klar, dass bei dieser Konstellation nicht nur die Qualität stimmt, sondern dass zudem im Vergleich zum Angebot heimischer Betriebe eine Stange Geld gespart werden kann. Und so waren die Kritiker der Auftragsvergabe via Portemonnaie letztlich doch überzeugt worden.

Auch sonst ist es ein Turm der Superlative. Rund zweieinhalb Millionen Niete und 18.000 Eisenteile wurden seinerzeit verbaut – und circa 20'000 Glühbirnen leuchten ihn nachts zur vollen Stunde an.

25 Maler mit Alpinistenausbildung renovieren den Eiffelturm:

1924

2010



Bleimennige – Was leisten bleifreie Alternativen?

Text Martin Kurfess, Dr. Wolfgang Reisser und Wolfram Selzer*

Bilder pixelio

Jahrzehntelang galt Bleimennige für Maler als Mittel erster Wahl für die Rostschutzgrundierung. 2005 wurde ihr Einsatz in der Schweiz verboten. Welche Alternativen gibt es heute zu den Bleimennige-Anstrichen?

Der Name Mennige rührt vom arabischen «Men neki» her, was so viel wie «Roter Staub» bedeutet. Bereits von den Römern wurde sie als Farbstoff unter den Sand der Zirkusse gemischt, um die blutigen Spuren der Kämpfe unsichtbar zu machen. Seit der Antike ist sie im Einsatz. Die erste industrielle

Herstellung erfolgte im 16. Jahrhundert in den Manufakturen von Venedig.

Die klassischen Rostschutzfarben enthielten neben Mennige Leinöl und Terpentinöl. Gerne wurden sie bis vor nicht allzu langer Zeit eingesetzt, ob schon auch bleifreie Rostschutzgrundierungen für die Baomalerei bereits seit Jahrzehnten bekannt sind. Auf gewissen Untergründen konnten sich Letztere dennoch nicht durchsetzen. Bleimennige-Beschichtungen galten als die verlässlichste Variante. →



Abgeplatzt und dann gerostet: Die geeignete Grundierung hätte es verhindert.

* Mitglieder der Kommission für Technik und Ökologie des VSLF

Untergrund A: Resultate für dekapierte Bleche

Systeme	Haftfestigkeit		Beständigkeit gegen Chemikalien	Beständigkeit gegen Feuchtigkeit	
	Abreissmethode DIN EN ISO 4624	Gitterschnitt DIN EN ISO 2409			Salzsprühtest DIN EN ISO 9227
System 1 – 1 × Alkyd/Al/Zn/P – 2 × Alkyd	45 µm 109	2.5 mPa B	0	3-1 Ri 1 3	2-2 Ri 0
System 2 – 1 × Epoxy/Zn/P – 2 × Alkyd	48 96	3.9 B 50% -Y 50%	0	0-0 Ri 1 8	4-3 Ri 1
System 3 – 1 × Alkyd/Zn/P – 2 × Alkyd	33 94	1.7 B	5	0-0 Ri 1 2	0-0 Ri 0
System 4 (Referenz) – 1 × Bleimennige – 2 × Alkyd	70 106	2.3 B	5	0-0 Ri 1 5	0-0 Ri 0
System 5 – 2 × Polymerdispersion wasserverdünnbar	211	2.8 B/C 40% -Y 60%	0	0-0 Ri 1 5	0-0 Ri 0
System 6 – 2 × Alkyd	106	4.3 A/B 60% B/C 40%	2	3-3 Ri 1 15	5-2 Ri 0

Legende: siehe Kasten auf Seite 18.



Rost von seiner ästhetischen Seite.



sionsschutz im Baumalerbereich lanciert. Der Test sollte aufzeigen, was die bleifreien Rostschutzgrundierungen tatsächlich leisten können. Erste Ergebnisse liegen jetzt vor.

Sechs Systeme, drei Untergründe

Sechs Beschichtungssysteme wurden in Schnelltests unter Laborbedingungen geprüft. Vier davon waren Mehrschicht-Aufbauten. Auf die Grundierung wurde jeweils ein- oder zweimal eine Deckbeschichtung aus einem Alkyd-Hochglanzlack Weiss aufgetragen. Als Grundierungen kamen zum Einsatz:

- *System 1:* Rostschutzgrund auf Alkydharz-Basis mit Aluminium-Zink-Phosphathydrat
- *System 2:* 2K-Epoxy-Rostschutzprimer
- *System 3:* spezieller zinkphosphathaltiger, mit Fischöl angereicherter Rostschutzgrund auf Alkydharz-Basis
- *System 4:* Bleimennige (Labormuster als Vergleichsstandard)

Daneben wurden zwei Einschichtlacke, jeweils zweimal aufgetragen, unter die Lupe genommen. Beim ersten Produkt, *System 5*, handelte es sich um eine wasserverdünnbare Korrosionsschutzfarbe auf Polymer-Dispersion-Basis, beim zweiten, *System 6*, um einen Metall-Schutzlack auf Alkydharzbasis.

Appliziert wurde auf drei verschiedenen Prüfuntergründen:

Untergrund A: dekapiertes Stahlblech (abgebeizt, entzundert, entfettet mit Nitroverdünner)

Untergrund B: Stahlbleche sandgestrahlt

Untergrund C: Stahlbleche handentrostet St 2 (St 2 bezeichnet den Reinheitsgrad einer handgestrahlten Fläche, auf welcher ganzflächig der Rost entfernt wurde).

Nach dem Verbot der Bleimennige in der Schweiz im Jahre 2005 gab es zwar keinen Aufschrei seitens des Malerhandwerkes, doch mancher Maler trauerte der Mennige und ihren angeblich so vielseitigen positiven Eigenschaften nach.

Die Kommission für Technik und Ökologie (KTÖ) des Verbandes der Schweizerischen Lack- und Farbenfabrikanten (VSLF) hat das Thema vor zwei Jahren aufgegriffen und einen Praxistest mit etablierten, repräsentativen Beschichtungssystemen für den Korro-

Legende zu den Tabellen

Haftfestigkeit

- **Abreissmethode:** Die beim Abreissen des Prüfstempels aufgewendete Kraft wird in Millipascal (mPa) gemessen. Bei der Qualifizierung der Brüche bedeutet «A/B» Adhäsionsbruch zwischen Substrat (Untergrund) und erster Beschichtung, «B/C» Adhäsionsbruch zwischen erster und zweiter Beschichtung, «B» Kohäsionsbruch in der Grundierung, «C» Kohäsionsbruch in der Deckbeschichtung, «-Y» Adhäsionsbruch zwischen letzter Beschichtung und Prüfstempel. Die abgerissene Fläche wird in Prozent der Fläche des Prüfstempels angegeben.
- **Gitterschnitt:** Die Haftfestigkeit wird nach dem Abreissen eines Klebebandes auf der Schnittfläche mithilfe einer von 1 bis 5 reichenden Bewertungsskala bewertet. «1» bedeutet unbeschädigt, «5» Lack vollständig abgezogen.

Beständigkeit gegen Chemikalien (Salzsprühtest) und Feuchtigkeit (Schwitzwassertest)

- Blasengrad (erste Zeile): Vergleiche mit Referenzfotos bestimmen die Werte der ersten Ziffer (Grösse der Blasen) und die zweite Ziffer (Menge der Blasen).
- Rissgrad (zweite Zeile): Ri 0 bis Ri 5 werden aufgrund von Vergleichen mit Referenzfotos bestimmt.
- Unterrostung (dritte Zeile): Wird aufgrund von Vergleichen mit Referenzfotos bestimmt. Je höher die Bewertungsziffer ist, desto grösser ist der Grad der Unterrostung.



Die Beschichtung der Bleche erfolgte handwerklich durch Streichen. Angestrebt wurde pro Auftrag eine Schichtdicke von etwa 50 µm, wobei angefügt werden muss, dass nicht alle Systeme aus verarbeitungstechnischen Gründen in der vorgesehenen Dicke beschichtet werden konnten. Die gemessenen Schichtdickenwerte der Einzelschichten und die Gesamtschichtdicken sind in den Tabellen auf den Seiten 17, 19 und 20 aufgeführt. Die Kanten und Rückseiten der Stahlbleche wurden mit bewährten Systemen versiegelt, damit

sie nicht von der Kante oder Rückseite her rosten. Vor den Prüfungen wurden die Bleche 14 Tage unter Laborbedingungen konditioniert. Das bedeutet, dass die Bleche unter identischen klimatischen Bedingungen (Wärme, Feuchte) gelagert wurden.

Prüfung der Haftfestigkeit

Die Prüfung der Haftfestigkeit der Beschichtungen wurde nach zwei verschiedenen Methoden vorgenommen. Zur Anwendung kamen die Abreissmethode nach DIN EN ISO 4624 und der soge-

nannte Gitterschnitt nach DIN EN ISO 2409. Bei der Abreissmethode wird ein Metallteil mit einer flachen Oberfläche am Prüfobjekt befestigt. An diesem sogenannten Prüfstempel mit einem Durchmesser von 20 mm wird anschließend mit einer Zugvorrichtung gezogen. Gemessen wird die Kraft, welche aufzuwenden ist, bis der Prüfstempel abreisst. Pro Prüfobjekt wurde die Messung zweimal durchgeführt. Die Messstellen wurden nach erfolgter Prüfung wieder «repariert». Bewertet werden die Brüche nach Art des Bruches und nach

Untergrund B: Resultate für gestrahlte Bleche

Systeme	Haftfestigkeit		Beständigkeit gegen Chemikalien	Beständigkeit gegen Feuchtigkeit
	Abreissmethode DIN EN ISO 4624	Gitterschnitt DIN EN ISO 2409	Salzsprühtest DIN EN ISO 9227	Schwitzwassertest DIN EN ISO 6270
Mittelwert der Trockenschichtdicken in Mikrometer. 1000 µm = 1 mm.				
System 1 – 1 × Alkyd/Al/Zn/P 41 µm – 2 × Alkyd 104	5.3 mPa B	0	3-1 Ri 1 2	3-3 Ri 1
System 2 – 1 × Epoxy/Zn/P 54 – 2 × Alkyd 98	7.0 B 10% C 40% -Y 50%	0	0-0 Ri 1 2	4-3 Ri 1
System 3 – 1 × Alkyd/Zn/P 30 – 2 × Alkyd 88	5.0 B 50% B/C 50%	5	0-0 Ri 1 2	2-3 Ri 1
System 4 (Referenz) – 1 × Bleimennige 84 – 2 × Alkyd 101	1.9 B	5	0-0 Ri 1 1	3-1 Ri 1
System 5 – 2 × Polymerdispersion wasserverdünnsbar 211	5.4 B/C 30% -Y 70%	0	0-0 Ri 1 1	0-0 Ri 0
System 6 – 2 × Alkyd 113	7.6 B/C	1	3-3 Ri 1 6	5-2 Ri 1

Legende: siehe Kasten Seite 18.



Bruchstelle. Die Buchstaben kodieren folgende Bruchtypen:

- A/B: Adhäsionsbruch zwischen Substrat (Untergrund) und erster Beschichtung
- B/C: Adhäsionsbruch zwischen erster und zweiter Beschichtung
- B: Kohäsionsbruch in der Grundierung
- C: Kohäsionsbruch in der Deckbeschichtung
- /Y: Adhäsionsbruch zwischen letzter Beschichtung und Prüfstempel

Unter einem Adhäsionsbruch ist ein Bruch zwischen den jeweiligen Beschichtungen, unter einem Kohäsionsbruch

ein Bruch innerhalb einer Beschichtung zu verstehen.

Eine weitere weltweit anerkannte Prüfmethode für die Schnellprüfung der Korrosionsbeständigkeit ist der Gitterschnitt. Sie kam bei der Prüfreihe der KTÖ ebenfalls zum Einsatz. Bei dieser Methode wird die Oberfläche gemäss genau definierten Vorgaben angeritzt und anschliessend mit einem Klebeband überklebt. Die qualitative Bewertung erfolgt nach dem Abreissen des Klebebandes mit einer von 1 bis 5 reichenden Bewertungsskala. 1 bedeutet, dass das Blech überhaupt nicht be-

schädigt wurde, 5, dass das Klebeband den Lack vollständig abgezogen hat. Es wurden Einzelmessungen durchgeführt und anschliessend die Messstellen wieder «repariert».

Prüfung der Chemikalienbeständigkeit

Die Prüfung der Chemikalienbeständigkeit wurde mit dem Salzsprühstest (nach DIN EN ISO 9227) vorgenommen. Zu diesem Zweck hat man die Prüfplatten in eine Sprühkammer gehängt und sie 480 Stunden lang der Belastungskategorie C3, das heisst einer mittleren Korrosionsbelastung, ausgesetzt. Die

Untergrund C: Resultate für handentrostete Bleche

Systeme	Haftfestigkeit			Beständigkeit gegen Chemikalien	Beständigkeit gegen Feuchtigkeit
	Mittelwert der Trockenschichtdicken in Mikrometer. 1000 µm = 1 mm.	Abreissmethode DIN EN ISO 4624	Gitterschnitt DIN EN ISO 2409	Salzsprühstest DIN EN ISO 9227	Schwitzwassertest DIN EN ISO 6270
System 1 - 1 × Alkyd/Al/Zn/P - 1 × Alkyd	52 µm 53	0.5 mPa A/B	1	3-3 Ri 3 5	3-3 Ri 0
System 2 - 1 × Epoxy/Zn/P - 1 × Alkyd	48 53	2.0 A/B 50% -/Y 50%	1	3-3 Ri 2 1	3-3 Ri 1
System 3 - 1 × Alkyd/Zn/P - 1 × Alkyd	56 55	0.5 B/C	3	3-3 Ri 4 2	3-2 Ri 1
System 4 (Referenz) - 1 × Bleimennige - 1 × Alkyd	55 54	0.5 B	2	3-3 Ri 4 2	4-2 Ri 1
System 5 - 2 × Polymerdispersion wasserverdünnbar	58 58	0.5 B/C 50% -/Y 50%	0	4-4 Ri 5 15	2-2 Ri 1
System 6 - 2 × Alkyd	54 45	2.4 B/C 25% -/Y 75%	0	4-4 Ri 4 7	5-2 Ri 0

Legende: siehe Kasten Seite 18.

Betriebsbedingungen der Sprühkammer bezüglich Temperatur, Konzentration der Salzlauge und vielem mehr entsprechen wieder genau normierten Vorschriften, in diesem Fall der Norm DIN EN ISO 7253, Absatz 10.

Wie schon beim Gitterschnitt wurde auch beim Salzsprühtest auf jeder Probenplatte ein Ritz angebracht. Ritzwerkzeug, Ritzlänge und die Positionierung des Ritzes sind genau vorgeschrieben. Der 10 cm lange Ritz war mindestens 25 mm von jeder Kante entfernt. Als Ritzwerkzeug diente ein Ritzstichel nach Clemen der Firma Erichsen.

Die Abmusterung, also der Bewertungsvorgang, erfolgte sofort nach der Belastung. Beurteilt wurde der Blasengrad, der Rostgrad, die Unterrostung am Ritz und – falls erforderlich – der Rissgrad sowie der Abblätterungsgrad (nach den DIN-ISO-Normen 4628-2 bis 4628-5).

Prüfung der Beständigkeit gegen Feuchtigkeit

Als Letztes war auch die Beständigkeit gegen Feuchtigkeit zu ermitteln. Dies geschah mit dem Schwitzwassertest (nach ISO 6270 Teil 1). Die Prüfmuster wurden zu diesem Zweck senkrecht in einen Prüfraum gehängt und 240 Stunden lang bei 40 °C einer mittleren klimatischen Belastung ausgesetzt. Die Abmusterung erfolgte wie schon beim Salzsprühtest.

Ergebnisse

Die Resultate der Korrosionsschutzprüfungen sind, aufgeteilt nach Untergründen, in Tabellen auf den Seiten 17, 19 und 20 zusammengefasst. Zunächst fallen deutliche untergrundabhängige Unterschiede auf. Die Beschichtungen



Der Verband der Schweizerischen Lack- und Farbenhersteller (VSLF) stellt fest, dass es für die Rostschutzgrundierung valable Alternativen zu Bleimennige gibt.

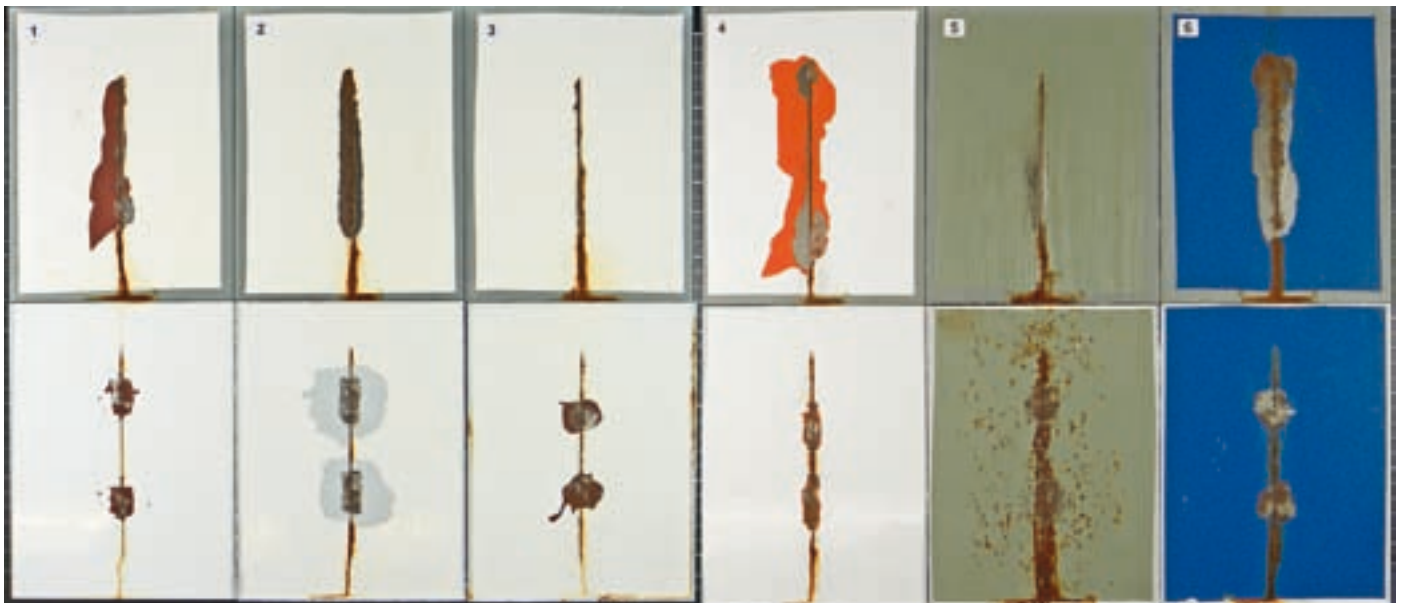
zeigen auf den dekapierten und den gestrahlten Blechen deutlich geringere Spuren der korrosiven Belastung als auf den handentrosteten, dem für den Baumaler wichtigsten Praxisuntergrund. Dies entspricht den Erwartungen, da handentrostete Bleche einen schwierigeren Untergrund darstellen. Ausserdem gilt es anzumerken, dass im Hinblick auf schnellere Resultate geringere Gesamtschichtdicken appliziert wurden.

Aufgrund der Testergebnisse lassen sich für die einzelnen Systeme folgende Aussagen treffen:

Systeme 1 und 3: Diese für den professionellen Einsatz konzipierten Aufbauten auf der Basis von Alkydharz-Grundierungen mit zinkhaltigen Korrosionsschutzpigmenten und Alkydharz-decklacken bringen auf allen drei Untergründen Ergebnisse auf dem Niveau des Bleimennige-Vergleichsstandards.

System 2: Diese 2K-Epoxygrundierung für den Maler- und Profibereich bringt im Vergleich zu den oben beschriebenen Systemen die erwartete, deutlich verbesserte Substrathaftung auf allen drei Untergründen. Ein Nachteil ist der höhere Handhabungsaufwand von 2K-Lacken. Insgesamt zeigt das System leichte Vorteile im Vergleich mit dem Bleimennige-Standard.

System 4: Der bleihaltige Vergleichsaufbau zeigt keine herausragenden Re-



Prüfbleche der Systeme 1 bis 6: Die obere Reihe zeigt dekapierte Stahlbleche, die untere Reihe handentrostete. (Bild: VSLF)

sultate. Es ist aber bekannt, dass der speziell bei Restrost ausgezeichnete Korrosionsschutz von Bleimennigeaufbauten in Kurzprüfungen (wie der vorliegenden) nicht zum Tragen kommt und erst bei Langzeitbewitterungen sichtbar wird.

System 5: Das einzige wasserverdünnbare System im Test ist speziell für den schweren Korrosionsschutz konzipiert. Das gummiartige Material weist bei entsprechender Schichtdicke bedingt selbstheilende Eigenschaften auf. Der fehlende Verlauf spielt im schweren Korrosionsschutz nur eine untergeordnete Rolle, macht es aber hinsichtlich des Oberflächenfinish für die üblichen Malerarbeiten ungeeignet. Bei der Applikation in hoher Schichtstärke auf optimal vorbereiteten Untergründen zeigt es sehr gute Resultate, auf handentrostetem Untergrund und geringen Schichtdicken ist der Korrosionsschutz aber ungenügend.

System 6: Die Stärke dieses Aufbaus ist das Oberflächenfinish. Der Korrosionsschutz ist für den Profibereich allerdings ungenügend. Das System ist diesbezüglich klar das Schlusslicht und zielt vor allem auf den Do-it-yourself-Bereich.

Bewertung

Auf Basis der bisher vorliegenden Resultate aus den Kurzprüfungen im Labor lässt sich feststellen, dass für den Baumaler heute ausgereifte Profimate-

rialien zur Verfügung stehen, die den bewährten Vergleichsstandard auf Basis Bleimennige erreichen oder sogar leichte Vorteile aufzeigen. Empfehlenswert sind die getesteten Alkydsysteme mit Korrosionsschutzpigmenten in den Grundierungen und das 2K-Epoxy-System. Es zeigt die bekannt gute Haftung von Epoxybeschichtungen, aber den Nachteil des grösseren Aufwands von 2K-Systemen.

Als völlig ungenügend bezüglich der Korrosionsschutzeigenschaften erwies sich das vor allem für den Do-it-yourself-Bereich beworbene **System 6**. Ein Grund dafür könnte das Fehlen von Korrosionsschutzpigmenten sein.

Ausgezeichnete Resultate auf optimal vorbereiteten Untergründen lieferte das wasserverdünnbare System für den schweren Korrosionsschutz. Aufgrund der fehlenden Eignung auf Untergründen mit Restrost und des fehlenden Verlaufs eignet es sich nicht für die üblichen Baumalerobjekte.

Resultate der Freibewitterung in zwei bis drei Jahren

Parallel zu diesen Schnelltests im Labor wurde mit einer Freibewitterung aller Proben begonnen (Wetterstände der Firmen Bosshard in Rümlang und Karl Bubenhofer in Gossau SG, Exposition 45° Süd). Erste Ergebnisse sind hier in zwei bis drei Jahren zu erwarten. ■

1 Korrosionsschutz – Schutz + Farbe

Korrosion

Fast alle Baustoffe ändern ihre Eigenschaften, wenn sie der freien Bewitterung ausgesetzt sind, z. B. durch Erosion, Verschleiß, Abrieb, Alterung, Korrosion u. a.

Korrosion ist die Reaktion eines metallischen Werkstoffes mit seiner Umgebung, die eine messbare Veränderung des Werkstoffes bewirkt (Rost) und zu einer Beeinträchtigung der Funktion eines metallischen Bauteiles oder eines ganzen Systems führen kann (Querschnittsschwächung).

Wann „rostet“ Stahl

Atmosphärische Korrosion ist ein Prozess, der einen Feuchtfilm auf der Metalloberfläche voraussetzt.

Nennenswerte Korrosion tritt auf, wenn die relative Luftfeuchte über 80 % und die Temperatur über 0 °C liegt.

In Verbindung mit reaktiven Luftverunreinigungen und/oder hygroskopischen Salzen findet Korrosion bei viel niedrigerer Luftfeuchte statt.

Die Lage des Bauteils beeinflusst ebenfalls die Korrosion. Durch Schmutzablagerungen, Wasseransammlungen, nicht vermeidbare Kondensfeuchtigkeit u. a. können örtlich die Korrosionsbelastungen beträchtlich verstärkt werden.

Kriterien für die Korrosivität atmosphärischer Umgebungsbedingungen werden in DIN EN ISO 12944-2 angegeben (Tabelle 1).

Korrosionsschutz von Stahl

Die moderne Korrosionsschutztechnik ist in der Lage, Stahl sicher und dauerhaft gegen Korrosion zu schützen. Darüber hinaus können mit dem Korrosionsschutz gestalterische Gesichtspunkte berücksichtigt werden. So schützen farbige Beschichtungen den Stahl vor Korrosion und geben ihm gleichzeitig ein freundliches Aussehen. Eine breite Farpalette lässt Planern und Bauherren große gestalterische Freiheit. Farblich beschichtete Stahlkonstruktionen heben sich wohltuend gegen die oft vorhandene graue Monotonie im Bauen ab.

Korrosionsschutz nach Maß

Wirtschaftliches Bauen mit Stahl heißt, den Korrosionsschutz entsprechend den während der Bauphase und der Nutzung auf ein Bauwerk einwirkenden unterschiedlichen Korrosionsbelastungen anzupassen.

Korrosivitätskategorie	Dickenverlust im 1. Jahr [µm]		Beispiele typischer Umgebungen	
	C-Stahl	Zink	Freiluft	Innenraum
C1 unbed.	≤ 1,3	< 0,1	–	≤ 60 % rel. Luftfeuchtigkeit
C 2 gering	1,3 – 25	0,1 – 0,7	Gering verunreinigte Atm., trockenes Klima	Ungedämmte Gebäude mit zeitweiser Kondensation
C3 mäßig	25 – 50	0,7 – 2,1	Stadt./Industrieatm. mit mäßiger SO ₂ -Belastung o. gemäßigttes Küstenklima	Räume mit hoher rel. Luftfeuchtigkeit und etwas Verunreinigungen
C 4 stark	50 – 80	2,1 – 4,2	Industrieatm. u. Küste mit mäßiger Salzbelastung	z. B. chem. Produktionshallen, Schwimmbäder
C 5 sehr stark I	80 – 200	4,2 – 8,4	Industrieatm. mit hoher rel. Luftfeuchtigkeit u. aggr. Atm. Küsten- und Offshorebereich	Gebäude mit nahezu ständiger Kondensation und starker Verunreinigung
C 5 sehr stark M	80 – 200	4,2 – 8,4		

Tabelle 1: Korrosionsbelastung – Einteilung der Umgebungsbedingungen nach DIN EN ISO 12944-2

Bei unbedeutenden Korrosionsbelastungen, wie sie z. B. im Innenraum gedämmter Gebäude mit neutraler Atmosphäre oder in dichtgeschlossenen Hohlbauteilen und Hohlkästen auftreten, kann aus technischen Gründen der Korrosionsschutz entfallen. Brandschutzbeschichtungen oder Betonumhüllungen können oft gleichzeitig auch die Funktion des Korrosionsschutzes übernehmen.

Nach der Montage unzugängliche Stahlbauteile, die der freien Bewitterung ausgesetzt sind, müssen hingegen dauerhaft gegen Korrosion geschützt werden. Korrosionsschutzsystem (Beschichtungen und/oder Überzüge), Oberflächenvorbereitung, Sollschildicken und Aufbringungsart der Beschichtungen müssen – vor allem bei größeren Bauvorhaben – rechtzeitig festgelegt werden.

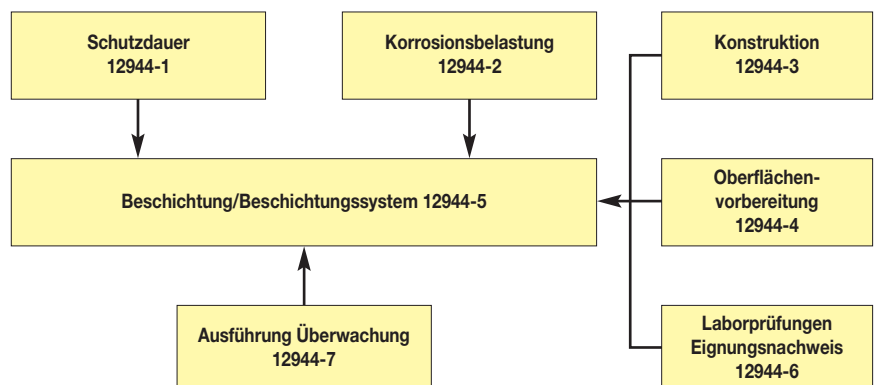


Abbildung 1: Spezifikation von Beschichtungssystemen in Anlehnung an DIN EN ISO 12944-8

Hinweise für die Erarbeitung von Spezifikationen und die Planung für den Korrosionsschutz von Stahlbauten werden in DIN EN ISO 12944-8 gegeben (Abbildung 1).

Korrosionsschutzsystem

Gesamtheit der Schichten aus Metallen (z. B. Zink, Aluminium) und/oder Beschichtungsstoffen auf einer Stahloberfläche. Sie bestehen aus

- einem Beschichtungssystem oder
- einem Überzug (Feuerverzinkung oder Spritzmetallisierung) oder
- einem Duplex-System (Überzug + Beschichtungssystem).

Beschichtungssystem

Gesamtheit einer oder mehrerer Schichten aus Beschichtungsstoffen auf einer Stahloberfläche.

Überzüge

Gesamtheit einer oder mehrerer Schichten aus Metallen, z. B. Zn oder Al, auf einer Stahloberfläche.

Sollschichtdicke

Die Sollschichtdicke ist die vorgegebene Trockenschichtdicke für einzelne Schichten oder das gesamte Beschichtungssystem, um die geforderte Schutzdauer zu erzielen. Die Messung der Trockenschichtdicke von Beschichtungen auf Stahl erfolgt zerstörungsfrei mit magnetischen oder magnetinduktiven Messinstrumenten.

Die Sollschichtdicke – falls nicht anders vereinbart – gilt als erreicht, wenn Einzelmesswerte 80 % der Sollschichtdicke nicht unterschreiten und der Mittelwert aller Messergebnisse gleich oder größer der Sollschichtdicke ist.

Bereiche mit zu hoher Schichtdicke sollten vermieden werden. Wenn in den technischen Datenblättern der Beschichtungsstoffhersteller nicht anders angegeben, sollte die Höchstsichtdicke das Dreifache der Sollschichtdicke nicht überschreiten.



Schutzdauer von Korrosionsschutzsystemen

Ein auf die Korrosionsbelastung abgestimmtes und fachgerecht ausgeführtes Korrosionsschutzsystem hat bei freier Bewitterung im Allgemeinen eine Schutzdauer von 20 bis 25 Jahren und im Falle metallischer Überzüge (Feuerverzinken, Spritzverzinken) bis zu 40 Jahren.

In DIN EN ISO 12944-1 werden für die Schutzdauer 3 Zeitspannen angegeben:

- kurz (K) 2 bis 5 Jahre
- mittel (M) 5 bis 15 Jahre
- lang (L) über 15 Jahre

Die Schutzdauerangabe soll dem Auftraggeber helfen, ein Instandsetzungsprogramm festzulegen.

Die erste Instandsetzungsmaßnahme aus Korrosionsschutzgründen ist normalerweise notwendig, wenn das Beschichtungssystem den Rostgrad Ri 3 nach DIN ISO 4628-3 erreicht hat. Eine Instandsetzung kann aufgrund von Ausbleichen, Kreiden, Verunreinigung, Verschleiß oder aus ästhetischen oder anderen Gründen bereits früher erforderlich sein, als es die angegebene Schutzdauer vorsieht.

Durchführung von Beschichtungsarbeiten

Die Oberflächenvorbereitung – in der Regel zum Vorbereitungsgrad Sa 2 1/2 – wird in Schleuderrad-Durchlaufanlagen mit metallischen Strahlmitteln oder auch durch Druckluftstrahlung mit nichtmetallischen Strahlmitteln ausgeführt.

Die Beschichtung erfolgt wirtschaftlich mittels leistungsfähiger Spritztechnik. DIN EN ISO 12944-5 empfiehlt zur Sicherstellung einer langen Schutzdauer und Wirksamkeit eines Beschichtungssystems die meisten Schichten oder, falls möglich, das gesamte Beschichtungssystem, vorzugsweise im Werk auszuführen. Bei hohen ästhetischen Anforderungen wird die Deckbeschichtung nach Ausbesserung aller Transport- und Montageschäden auf der Baustelle ausgeführt.

Literatur

- Stahlbau Arbeitshilfen Korrosionsschutz 1.1, 1.2, 1.3, 1.4
- DIN EN ISO 12944-1/8 „Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“
- Richtlinie „Korrosionsschutz von Stahlbauten in atmosphärischen Umgebungsbedingungen durch Beschichtungssysteme“, DSTV
- Verbände-Richtlinie „Korrosionsschutz von Stahlbauten – Duplex-Systeme“, DSTV, BVK, VdL, IVF
- Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme, VdL, BVK

Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

- Die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbauverbandes DSTV beherrschen die modernen Korrosionsschutzverfahren. Diese Unternehmen sind in der Lage, Sie bei der Auswahl eines wirksamen und wirtschaftlichen Oberflächenschutzes fachmännisch zu beraten und diesen auszuführen.
- Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Beratung, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf
Telefon (02 11) 67 07-828
Telefax (02 11) 67 07-829
Internet: www.bauen-mit-stahl.de
E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

1.1 Korrosionsschutzgerechte Gestaltung

Vorbemerkung

Die Form eines Bauwerkes kann seine Korrosionsanfälligkeit beeinflussen. Wesentliche Voraussetzung für einen wirksamen Korrosionsschutz ist die korrosionsschutzgerechte Gestaltung der Konstruktion (DIN EN ISO 12944-3).

Vielfältige Anforderungen

An den Konstrukteur werden hierbei vielfältige Anforderungen gestellt. Eine Stahlkonstruktion sollte u. a. sicher, wirtschaftlich, fertigungs-, schweiß-, beschichtungs-, montage- und korrosionsschutzgerecht konstruiert sein. Diese Forderungen können sich widersprechen. Bei Interessenwiderstreit muss nicht zuletzt der Konstrukteur entscheiden.

Grundsätzliche Forderungen

Die Oberflächen von Stahlbauten, welche Korrosionsbelastungen ausgesetzt sind, sollten möglichst klein und wenig gegliedert sein. Das Bauwerk sollte wenig Unregelmäßigkeiten (z. B. Überlappungen, Ecken, Kanten) aufweisen. Um eine ebenere Gesamtoberfläche zu erreichen, sollten Schweißverbindungen den Schrauben- oder Nietverbindungen vorgezogen werden. Unterbrochene Schweißnähte und Punktschweißnähte sollten nur angewendet werden, wenn die Korrosionsgefahr unbedeutend ist (Bild 1).

Zugänglichkeit/Erreichbarkeit

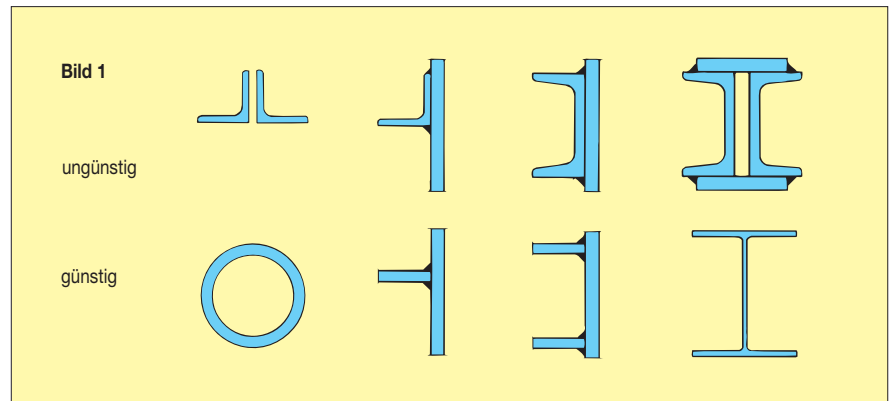
Stahlbauteile sollten zugänglich oder erreichbar gestaltet sein, damit das Beschichtungssystem aufgetragen, überwacht und instandgesetzt werden kann. Zugänglichkeit bedeutet, dass der Raum zwischen Bauwerken und/oder Bauteilen den Zutritt von Personen erlaubt; Erreichbarkeit bedeutet, dass alle Flächen von Hand mit Werkzeugen vorbereitet, beschichtet und geprüft werden können (Bilder 2a und 2b).

Feuerverzinken

Für das feuerverzinkungsgerechte Konstruieren sind die Regelungen in DIN EN ISO 14713 zu beachten.

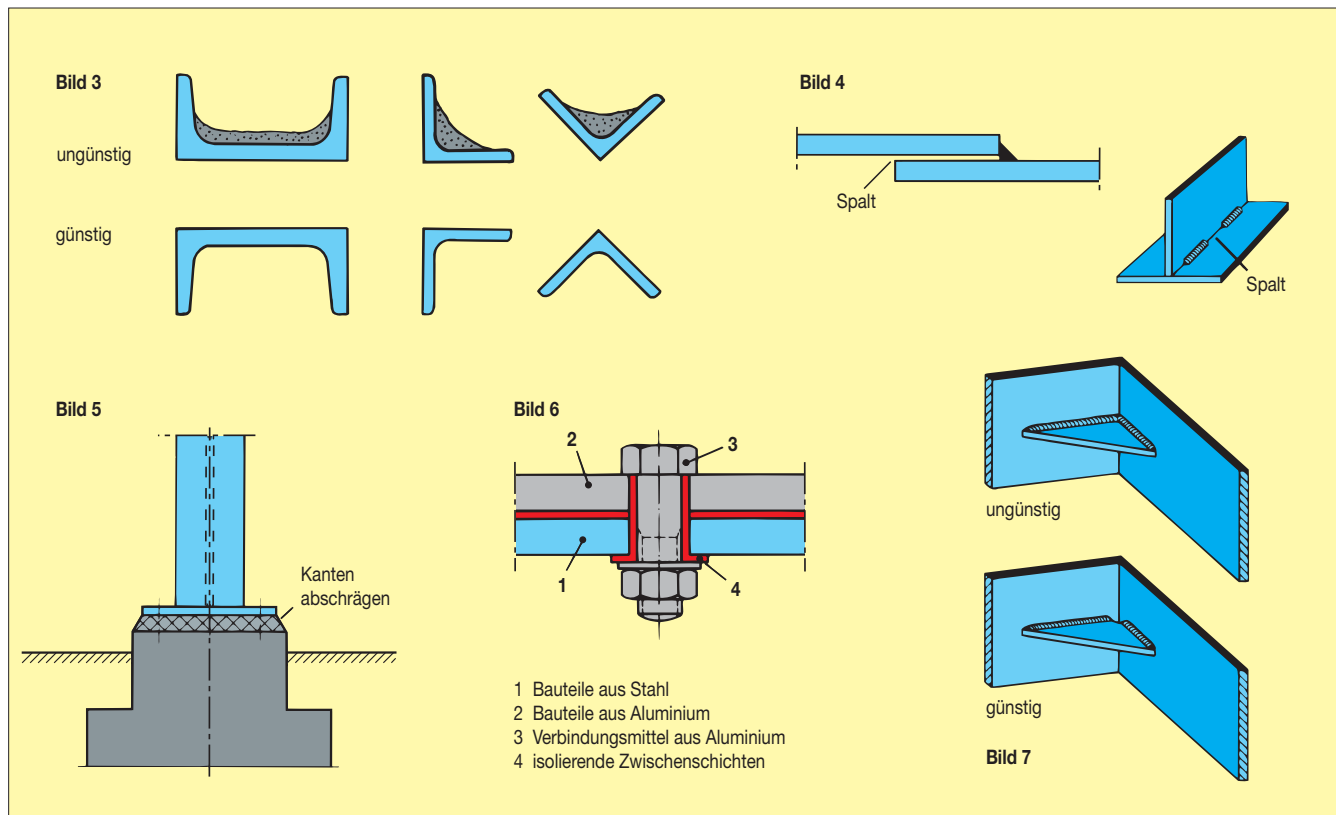
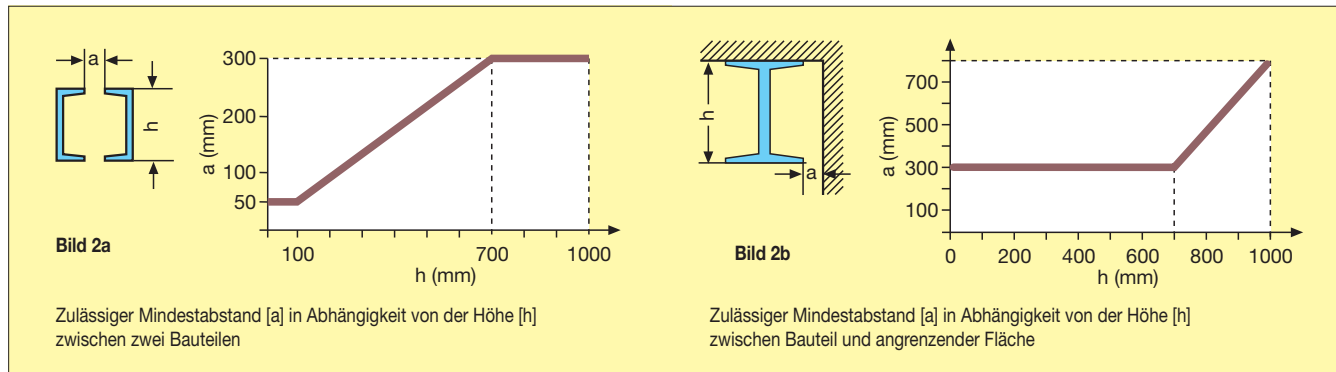
Insbesondere ist zu beachten:

- Vermeidung geschlossener Hohlräume oder Vorsehen von Entlüftungsöffnungen,
- Vermeidung großflächiger Überlappungen (> 100 cm²) durch aufeinandergelegte Bleche und Profile (verdeckte Hohlräume),
- Sicherstellung eines ungehinderten Ablaufes der Zinkschmelze.



Einige Grundregeln

- Oberflächenformen, auf denen sich Wasser ansammeln kann, und die in Verbindung mit Fremdstoffen (Schmutz, Salze u. a.) die Korrosionsbelastung verstärken, sollten vermieden werden (Bild 3):
 - Konstruktionen mit geneigten oder abgeschrägten Oberflächen vorsehen,
 - oben offene Profile vermeiden oder in Schräglage anordnen,
 - keine Taschen oder Vertiefungen vorsehen, in denen sich Wasser oder Schmutz ansammeln kann,
 - Wasser und korrosive Flüssigkeiten vom Bauwerk ableiten.
- Spalte und Schlitze sind möglichst zu verschließen. Bei freibewitterten Bauteilen sind Punktschweißungen und unterbrochene Schweißnähte zu vermeiden (Bild 4).
- Scharfe Kanten aus dem Fertigungsprozess sollten gerundet oder gebrochen werden. Grate an Löchern und Schnittkanten müssen entfernt werden.
- Bei Stützenfüßen im Freien für Wasserabfluss sorgen (Bild 5).
- Offene Hohlkästen und offene Hohlbauteile, die der Einwirkung von Oberflächenfeuchte ausgesetzt sind, müssen mit Umluft- und Entwässerungsöffnungen versehen und innen wirksam gegen Korrosion geschützt werden.
- Geschlossene Hohlkästen und geschlossene Hohlbauteile verbleiben ohne Korrosionsschutz. Sie dürfen weder Luft noch Feuchtigkeit eindringen lassen. Sie sind durch umlaufende Schweißnähte abzudichten. Öffnungen sind mit Dichtschotten zu versehen.
- Für die Beschichtung von Kontaktflächen planmäßig vorgespannter Scher-Lochleibungsverbindungen (SLV/SLVP) sind zulässige Höchstwerte für die Schichtdicke und/oder geeignete Beschichtungsstoffe/-systeme festzulegen.
- Ausparungen in Aussteifungsrippen, Stegen oder ähnlichen Bauteilen sollten einen Radius von mindestens 50 mm besitzen (Bild 7).
- Bei Verbundkonstruktionen sind die Stahloberflächen mit einer quellfesten und verseifungsbeständigen Beschichtung, z. B. auf Epoxydharzbasis, 5 cm in den Beton hineingehend zu beschichten.
- Das Verbinden von Bauteilen aus Metallen mit unterschiedlichen elektrochemischen Potential sollte vermieden werden. Ist das konstruktiv nicht möglich, sollten die Kontaktflächen elektrisch isoliert werden (Bild 6).
- Für Stahloberflächen, die nach der Montage nicht mehr zugänglich sind oder besonderen Korrosionsbelastungen unterliegen, sind erhöhte Korrosionsschutzmaßnahmen vorzusehen.



Literatur

- Stahlbau Arbeitshilfen
Korrosionsschutz 1, 1.2, 1.3, 1.4
- DIN EN ISO 12944-1/8
„Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“
- DIN EN ISO 1461
„Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgetragene Zinküberzüge (Stückverzinken)“
- DIN EN ISO 14713
„Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion, Zink- und Aluminiumüberzüge“

Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

- Die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbauverbandes DSTV beherrschen die modernen Korrosionsschutzverfahren. Diese Unternehmen sind in der Lage, Sie bei der Auswahl eines wirksamen und wirtschaftlichen Oberflächenschutzes fachmännisch zu beraten und diesen auszuführen.
- Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Beratung, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf
Telefon (02 11) 67 07-828
Telefax (02 11) 67 07-829
Internet: www.bauen-mit-stahl.de
E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

1.2 Korrosionsschutz Oberflächenvorbereitung

Ziel der Oberflächenvorbereitung von Stahlbauteilen ist es, Stoffe, die sich nachteilig auf die Haftung und die Schutzdauer von Korrosionsschutzsystemen auswirken, zuverlässig zu entfernen und den hinsichtlich Reinheit und Rauheit der Stahloberfläche geforderten Oberflächenvorbereitungsgrad zu erreichen. Ausführliche Hinweise und Empfehlungen zur Oberflächenvorbereitung enthält DIN EN ISO 12944-4.

Oberflächenvorbereitungsgrade

1. Primäre (ganzflächige)

Oberflächenvorbereitung

Walzhaut/Zunder, Rost, vorhandene Beschichtungen und Verunreinigungen werden von der Stahloberfläche entfernt. Die gesamte Stahloberfläche besteht nach der Oberflächenvorbereitung aus Stahl. Vorbereitungsgrade: Sa, St, Fl und Be

2. Sekundäre (partielle)

Oberflächenvorbereitung

Rost und andere Verunreinigungen werden entfernt, intakte Beschichtungen oder Überzüge verbleiben.

Vorbereitungsgrade: PSa, PSt, PMa

Beispiele für Vorbereitungsgrade siehe Tabelle 1

Ausgangszustand der

unbeschichteten Stahloberfläche

Das Aussehen der vorbereiteten Stahloberfläche hängt vom ursprünglichen Oberflächenzustand und dem für die Oberflächenvorbereitung angewendeten Verfahren ab. Man unterscheidet nach DIN EN ISO 8501-1 nachstehende Rostgrade:

- A: Stahloberflächen mit festhaftendem Zunder bedeckt, in der Hauptsache frei von Rost (Bild 1)
- B: Stahloberfläche mit beginnender Zunderabblätterung und beginnendem Rostangriff (Bild 2)
- C: Stahloberfläche, von der der Zunder weggerostet ist oder sich abschaben lässt, die aber nur wenige, für das Auge sichtbare Rostnarben aufweist (Bild 3)
- D: Stahloberfläche, von der der Zunder weggerostet ist und die zahlreiche, für das Auge sichtbare Rostnarben aufweist

Verfahren für die Oberflächenvorbereitung

Verfahren für die Oberflächenvorbereitung sind in Tabelle 2 angegeben. Für den Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschich-

Vorbereitungsgrad	Zustand der vorbereiteten Oberflächen
Sa 1 Bild 4	Lose(r) Walzhaut/Zunder, loser Rost, lose Beschichtungen und lose artfremde Verunreinigungen sind entfernt.
Sa 2 Bild 5	Nahezu alle(r) Walzhaut/Zunder, nahezu aller Rost, nahezu alle Beschichtungen und nahezu alle artfremden Verunreinigungen sind entfernt. Alle verbleibenden Rückstände müssen fest haften.
Sa 2 1/2 Bild 6	Walzhaut/Zunder, Rost, Beschichtungen und artfremde Verunreinigungen sind entfernt. Verbleibende Spuren sind allenfalls noch als leichte fleckige oder streifige Schattierungen zu erkennen.
St 2	Lose(r) Walzhaut/Zunder, loser Rost, lose Beschichtungen und lose artfremde Verunreinigungen sind entfernt.
St 3	Lose(r) Walzhaut/Zunder, loser Rost, lose Beschichtungen und lose artfremde Verunreinigungen sind entfernt. Die Oberfläche muss jedoch viel gründlicher bearbeitet sein als für St 2, so dass sie einen vom Metall herrührenden Glanz aufweist.
Fl	Walzhaut/Zunder, Rost, Beschichtungen und artfremde Verunreinigungen sind entfernt. Verbleibende Rückstände dürfen sich nur als Verfärbung der Oberfläche (Schattierungen in verschiedenen Farben) abzeichnen.
Be	Walzhaut/Zunder, Rost, Beschichtungen und artfremde Verunreinigungen sind vollständig entfernt. Beschichtungen müssen vor dem Beizen mit Säure mit geeigneten Mitteln entfernt werden.
P Sa 2 1/2 und PMa	Festhaftende Beschichtungen müssen intakt sein. Von der Oberfläche der anderen Bereiche sind lose Beschichtungen und Walzhaut/Zunder, Rost und artfremde Verunreinigungen entfernt. Verbleibende Spuren sind allenfalls noch als leichte, fleckige oder streifige Schattierungen zu erkennen.

Tabelle 1: Beispiele für Vorbereitungsgrade Vorbereitungsgrad

tungssysteme ist die Oberflächenvorbereitung durch mechanische Verfahren, insbesondere Strahlverfahren, am wirtschaftlichsten.

Strahlmittel

Als Strahlmittel werden überwiegend metallische Strahlmittel nach ISO 11124 oder nicht-metallische nach ISO 11126 verwendet. Man unterscheidet zwischen wiederverwendungsfähigen Umlaufstrahlmitteln, wie z. B. Stahlguss, Temporguss, Hartguss, Stahldrahtkorn, oder Einwegstrahlmitteln, wie z. B. Schmelzkammer-, Kupferhütten-, Hochofen-, Nickelhütenschlacken.

Bewertung der vorbereiteten Oberflächen

Die Reinheit wird nur nach dem Aussehen der Oberfläche durch Sichtvergleich mit Vergleichsnormen nach DIN EN ISO 8501-1 bewertet. Für Beschichtungen, die stärkeren Korrosionsbelastungen ausgesetzt sind, ist eine Prüfung auf lösliche Salze und andere nicht sichtbare Verunreinigungen nach verschiedenen Teilen von DIN EN ISO 8502 zweckmäßig.

Für die Bewertung des **Rauheitsgrades** gilt das Vergleichsmusterverfahren nach DIN EN ISO 8503-2. Die **Rautiefe** kann mit geeigneten Tastschnittgeräten nach DIN EN ISO 8503-4 erfolgen. Für die zu beschichtende

Stahlbau Arbeitshilfe 1.2 Korrosionsschutz Oberflächenvorbereitung

Verunreinigungen	Verfahren
Fett und Öl/ wasserlösliche Verunreinigungen, z. B. Salze	Reinigen mit Wasser, Dampfstrahlen, Reinigen mit Emulsionen, Reinigen mit Alkalien
Walzhaut/Zunder	Beizen mit Säure, Trockenstrahlen, Nassstrahlen, Flammstrahlen
Rost	Gleiche Verfahren wie für Walzhaut/Zunder außerdem: Reinigen mit maschinell angetriebenen Werkzeugen Druckwasserstrahlen, Spot-Strahlen
Beschichtungen	Abbeizen, Trockenstrahlen, Nassstrahlen, Druckwasserstrahlen, Sweepstrahlen, Spot-Strahlen
Zinkkorrosionsprodukte	Sweepstrahlen, Alkalisches Reinigen

Tabelle 2: Verunreinigungen der Oberfläche und Verfahren zu deren Entfernung nach DIN EN ISO 12944-4, Anhang C

Beispiele für unbehandelte Stahloberflächen



Bild 1: Ausgangszustand „A“



Bild 2: Ausgangszustand „B“



Bild 3: Ausgangszustand „C“

Beispiele für behandelte Stahloberflächen



Bild 4: „Sa 1“



Bild 5: „Sa 2“



Bild 6: „Sa 2 1/2“

Repräsentative fotografische Beispiele (Vergleichsnormale) enthält DIN EN ISO 8501-1. Für die Vorbereitungsgrade Be und P gibt es keine fotografischen Beispiele.

Stahloberflächen soll die Rauheit dem Rauheitsgrad „mittel G“ oder „mittel S“ nach DIN EN ISO 8503-1 entsprechen. Die mittlere maximale Rautiefe R_{y5} (früher R_{ZDIN}) soll ca. 40 bis 80 μm betragen.

Literatur

- Stahlbau Arbeitshilfen
Korrosionsschutz 1, 1.1, 1.3, 1.4
- DIN EN ISO 12944-1/8
„Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“
- Richtlinie „Korrosionsschutz von Stahlbauten in atmosphärischen Umgebungsbedingungen durch Beschichtungssysteme“, DSTV
- Verbände-Richtlinie
„Korrosionsschutz von Stahlbauten – Duplex-Systeme“, DSTV, BVK, VdL, IVF
- Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme, VdL, BVK

Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

- Die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbauverbandes DSTV beherrschen die modernen Korrosionsschutzverfahren. Diese Unternehmen sind in der Lage, Sie bei der Auswahl eines wirksamen und wirtschaftlichen Oberflächenschutzes fachmännisch zu beraten und diesen auszuführen.
- Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Beratung, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf
Telefon (02 11) 67 07-828
Telefax (02 11) 67 07-829
Internet: www.bauen-mit-stahl.de
E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

1.3 Korrosionsschutz Beschichtungsstoffe

Stahl lässt sich durch Beschichtungen optimal gegen Korrosion schützen. Voraussetzungen für das Erreichen einer langen Schutzdauer ist die richtige Wahl des Beschichtungssystems. In DIN EN ISO 12944-5 werden Beschichtungssysteme und Beschichtungssysteme für den Korrosionsschutz von Stahlbauten beschrieben. Zehn Tabellen ermöglichen die Auswahl eines geeigneten Beschichtungssystems in Abhängigkeit von der Korrosionsbelastung, der Oberflächenvorbereitung und der geforderten Schutzdauer für den jeweiligen Anwendungszweck.

Beschichtungsstoffe

Beschichtungsstoffe sind Mehrstoffsysteme, deren Eigenschaften ebenso wie die Eigenschaften der daraus entstehenden Beschichtungen durch Art und Menge ihrer Bestandteile

- Bindemittel,
- Pigmente und Füllstoffe,
- Lösemittel (organisch oder Wasser),
- Additive

bestimmt werden.

Beschichtungsstoffe werden überwiegend nach der Art des Bindemittels klassifiziert, z. B. Acrylharz- oder Epoxidharz-Beschichtungsstoff.

Hinsichtlich der Filmbildung unterscheidet man in drei Hauptgruppen:

- Oxidativ härtende (trocknende), z. B. Alkydharz oder Urethanalkydhharz
- Physikalisch trocknende, z. B. PVC, Acrylharz
- Reaktionsbeschichtungsstoffe, z. B. Epoxidharz, Polyurethan

Durch Verwendung von High solid- und Hydro-Beschichtungsstoffen kann eine deutliche Reduzierung von VOC (Lösemittel)-Emissionen in die Atmosphäre erreicht werden.

Ausführung der Beschichtungsarbeiten

Beschichtungen dürfen nur auf entsprechend vorbereiteten Oberflächen aufgetragen werden. Bei der Verarbeitung der Stoffe sind die technischen Merkblätter der Stoffhersteller zu beachten. Als Applikationsverfahren kommen Streichen, Rollen und Spritzen (Airless oder Airmix) zur Anwendung.



Beschichtungssysteme

Das „klassische“ Beschichtungssystem besteht aus

- Grundbeschichtung
- Zwischenbeschichtung
- Deckbeschichtung

Für bestimmte Anwendungen, insbesondere bei geringeren Korrosionsbelastungen, gelten normgemäß auch Einschichtbeschichtungen als Beschichtungssysteme.

Für den Schutz gestrahlter Stahloberflächen während der Fertigung der Bauteile werden auch **Fertigungsbeschichtungen** angewendet, die das Schweißen zulassen. Fertigungsbeschichtungsstoffe müssen die Zulassungsbedingungen der DASt-Richtlinie 006 erfüllen. Die **Grundbeschichtung** dient dem Korrosionsschutz und der Haftvermittlung. Sie muss auf dem Substrat gut haften, eine Basis für die nachfolgenden Zwischen- oder

Tabelle 1: Schutzdauer von Beschichtungssystemen in Abhängigkeit von der Schichtdicke

Korrosionsbelastung nach DIN EN ISO 12944-2	Schutzdauer nach DIN EN ISO 12944-1	Sollschichtdicke [µm]	Bindemittelbasis des Beschichtungssystems
C1	Korrosionsschutz aus technischen Gründen nicht erforderlich		
C2	kurz 2 – 5 Jahre mittel 5 – 15 Jahre lang über 15 Jahre	80 120 160	Alkydharz Acrylharz PVC Epoxidharz Polyurethan
C3	kurz 2 – 5 Jahre mittel 5 – 15 Jahre lang über 15 Jahre	120 160 200	Epoxidharz Polyurethan
C4	kurz 2 – 5 Jahre mittel 5 – 15 Jahre lang über 15 Jahre	160 200 240 – 280	PVC Epoxidharz Polyurethan
C5	kurz 2 – 5 Jahre mittel 5 – 15 Jahre lang über 15 Jahre	200 240 – 280 320	Epoxidharz Polyurethan

System-Nr. DIN EN ISO 12944-5 Anhang A1	Beschichtungssystem Bindemittel- Basis Sollschicht- dicke [µm]		Erwartete Schutzdauer des Beschichtungssystems in atmosphärischen Umgebungsbedingungen mit unterschiedlicher Korrosionsbelastung/Korrosivitätskategorie											
			C2 (gering)			C3 (mäßig)			C4 (stark)			C5 (stark)		
			kurz	mittel	lang	kurz	mittel	lang	kurz	mittel	lang	kurz	mittel	lang
S 1.01	AK/AY	100	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
S 1.09	AK	160	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
S 1.29	EP/PUR	160	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
S 1.35	EP/PUR	240	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
S 1.11	EP/PUR	280	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
S. 1.06	EP/PUR	320	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tabelle 2: Auswahl von Beschichtungssystemen nach DIN EN ISO 12944-5

■ geeignet ■ geeignet, aber unwirtschaftlich ■ ungeeignet

Deckbeschichtungen ergeben und durch ihre Pigmentierung (z. B. Zinkstaub) die wesentliche Korrosionsschutzfunktion übernehmen. Hinsichtlich Pigmentierung werden Grundbeschichtungen unterschieden in Zinkstaub-Grundbeschichtungen und solche, die „diverse“ Korrosionsschutz-Pigmente enthalten, in der Regel Zinkphosphat. Die Hauptfunktion von **Zwischenbeschichtungen** ist die Barrierewirkung für das Beschichtungssystem. Aus diesem Grund können sie auch Korrosionsschutzpigmente mit Barrierewirkung enthalten, z. B. Eisenglimmer. Die **Deckbeschichtung** ist verantwortlich für die gewünschten optischen Eigenschaften des Beschichtungssystems und für seine Wetterbelastbarkeit (UV-Beständigkeit).

Schutzdauer von Beschichtungen

Die Schutzdauer eines Beschichtungssystems ist abhängig von der Art der Beschichtung und der Korrosionsbelastung. Von entscheidender Bedeutung für die Wirksamkeit einer Beschichtung ist aber auch die Schichtdicke. Bei Korrosionsbelastungen entsprechend Korrosivitätskategorie C1, z. B. im Inneren beheizter Gebäude, wird bereits mit einer Sollschichtdicke von 80 µm Langzeitkorrosionsschutz erreicht. Bei Freibewitterung und mit zunehmender Korrosionsbelastung reicht diese Schichtdicke nicht einmal aus, die Schutzdauer „kurz“ zu erreichen. Tabelle 1 enthält Beispiele für die Schutzdauer von Beschichtungen in Abhängigkeit von Schichtdicke und Korrosionsbelastung.

Duplex-Systeme

Ein Duplex-System ist die Kombination eines metallischen Überzuges, z. B. hergestellt durch Feuerverzinkung oder Spritzmetallisierung, mit einer Beschichtung. Die Schutzdauer ist durch den aus dieser Kombination resultierenden Synergie-Effekt um den Faktor 1,5 bis 2,5 mal größer als die Summe Schutzdauer Überzug/Beschichtung. Für die Beschichtung sind nur Beschichtungsstoffe zu verwenden, deren Eignung für Zinküberzüge im technischen Merkblatt des Stoffherstellers ausgewiesen ist.

Es gibt Beschichtungsstoffe, mit denen Zinküberzüge direkt beschichtet werden können. Wird für Beschichtungsstoffe als Oberflächenvorbereitung für Zinküberzüge „Sweepen“ ausdrücklich verlangt, sind die in der Richtlinie Korrosionsschutz des DSTV empfohlenen Sweep-Parameter einzuhalten.

Literatur

- Stahlbau Arbeitshilfen Korrosionsschutz 1, 1.1, 1.2, 1.4
- DIN EN ISO 12944-1-8 „Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“
- Verbände-Richtlinie „Korrosionsschutz von Stahlbauten – Duplex-Systeme“, DSTV, BVK, VdL, IVF
- Richtlinie „Korrosionsschutz von Stahlbauten in atmosphärischen Umgebungsbedingungen durch Beschichtungssysteme“, DSTV
- Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme, VdL, BVK

Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

- Die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbauverbandes DSTV beherrschen die modernen Korrosionsschutzverfahren. Diese Unternehmen sind in der Lage, Sie bei der Auswahl eines wirksamen und wirtschaftlichen Oberflächenschutzes fachmännisch zu beraten und diesen auszuführen.
- Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Beratung, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.



BAUEN MIT STAHL
Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf
Telefon (02 11) 67 07-828
Telefax (02 11) 67 07-829
Internet: www.bauen-mit-stahl.de
E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

1.4 Korrosionsschutz Feuerverzinken

Feuerverzinken ist das gebräuchlichste Verfahren, Eisen oder Stahlteile durch Eintauchen in eine flüssige Zinkschmelze mit einem Zinküberzug zu versehen.

Die Schutzdauer eines Zinküberzuges ist bei atmosphärischer Belastung in der Regel höher als die von Beschichtungssystemen. Normative und informative Hinweise zum Feuerverzinken (Stückverzinken) enthält DIN EN ISO 1461.

Anwendungsbereich

Grundsätzlich kann jede Stahlkonstruktion feuerverzinkt werden, sofern die verfahrensbedingten und konstruktiven Einschränkungen beachtet werden. Besonders vorteilhaft ist es, feingliedrige Stahlkonstruktionen wie z. B. Maste, Hochregallager u. a. zu verzinken.

Grundsätze der baulichen Durchbildung

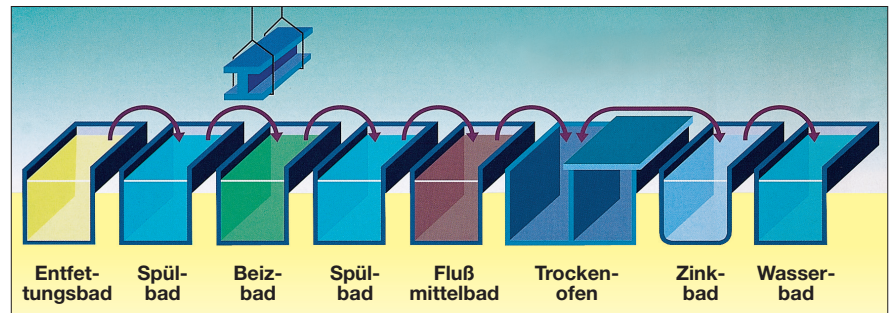
Bei der Planung und Konstruktion von Stahlbauteilen sind wesentliche Grundsätze des korrosionsschutzgerechten und insbesondere des verzinkungsgerechten Konstruierens zu beachten. Nur dann können ausreichender Korrosionsschutz und befriedigende Zinküberzüge erreicht und ein Verzug der Konstruktion, Risse oder andere Beschädigungen der Bauteile weitestgehend vermieden werden. Empfehlungen werden in DIN EN ISO 14713 gegeben. Insbesondere sicherheitsrelevante Besonderheiten beim Feuerverzinken, wie

- Vermeidung geschlossener Hohlräume oder Vorsehen von Entlüftungsöffnungen,
 - Vermeidung großflächiger Überlappungen (> 100 cm²) durch aufeinandergelegte Bleche und Profile (verdeckte Hohlräume),
 - Sicherstellung eines ungehinderten Ablaufes der Zinkschmelze
- sind zu beachten.

Bei der Planung von Stahlbauteilen, die feuerverzinkt werden sollen, sollte möglichst frühzeitig eine Abstimmung mit dem Feuerverzinkungsunternehmen zur Festlegung wesentlicher Qualitätsparameter erfolgen.

Technologie des Feuerverzinkens

Das Feuerverzinken (Schema) erfordert eine metallisch blanke Oberfläche (Oberflächen-vorbereitungsgrad Be nach DIN EN ISO 12944-4). Diese wird durch Entfetten und Entfernen von Rost und Zunder in Salzsäure-Beizbädern mit anschließender Flussmittelbehandlung hergestellt. In der Regel werden



Schematischer Verfahrensablauf der Feuerverzinkung (Varianten sind möglich)

die Stahlkonstruktionen ohne mechanische Oberflächenvorbereitung den Feuerverzinkerien angeliefert. Verunreinigungen, die durch Entfetten und Beizen nicht zu beseitigen sind, z. B. Beschichtungsreste, Schweißschlacken bzw. -rückstände u. ä., sind vom Anlieferer zu entfernen.

Das Feuerverzinken erfolgt in Zinkschmelzen bei Temperaturen von ca. 450 °C. Gebräuchliche Kesselmaße für die Verzinkung von Stahlkonstruktionen sind
 Länge: ca. 7 bis 16 m
 Breite: ca. 1,30 bis 1,90 m
 Tiefe: ca. 1,80 bis 3,20 m
 Bei überlangen Stahlkonstruktionen kann durch Doppeltauchung die Feuerverzinkung ermöglicht werden.

Verzinkungsverhalten von Stahl

Feuerverzinken ist eine Reaktion der Stahloberfläche mit der Zinkschmelze. Das Ergebnis dieser Reaktion, der Zinküberzug bzw. die Zink-Eisen-Legierung, ist in entscheidendem Maße abhängig von der chemischen Zusammensetzung, insbesondere vom Si + P-Gehalt der Stähle, von den Verzinkungsbedingungen (Schmelztemperatur, Tauchdauer) und von

der Topografie der Stahloberfläche (Tabelle 1). Silbrig glänzende Zinküberzüge, wie sie allgemein für die Anwendung der Feuerverzinkung unter gestalterischen oder ästhetischen Gesichtspunkten gewünscht werden, sind nur mit Stählen mit einem Si+P-Gehalt < 0,03 % oder durch Verwendung speziell legierter Zinkschmelzen erreichbar.

Schichtdicke

Die Mindestschichtdicken von Zinküberzügen für Stahlteile in Abhängigkeit von der Materialdicke ist in Tabelle 2 angegeben. Die Werte werden in der Praxis meist überschritten. Sie sind abhängig vom Si+P-Gehalt des Stahls, der Zusammensetzung der Zinkschmelze und den Verzinkungsbedingungen. Die Schichtdicke kann mit magnetischen Messgeräten nach DIN EN ISO 2178 wie die Schichtdicke von Beschichtungen gemessen werden.

Ausbesserung

Die Summe der Bereiche ohne Überzug (Fehlstellen) darf 0,5 % der Gesamtoberfläche eines Einzelteiles nicht überschreiten, eine Einzelfehlstelle darf nicht > 10 cm² betragen.

Nr.	Silizium + Phosphor [%]	Zinküberzug
1	< 0,03	silbrig glänzend, Zinkblume, niedrige Schichtdicke
2	0,03 ... < 0,13 Sandelin-Bereich	grau, z. T. grießig, hohe Schichtdicke
3	0,13 ... < 0,28 Sebisty-Bereich	silbrig-glänzend bis mattgrau, mittlere Schichtdicke
4	≤ 0,28	mattgrau, hohe Schichtdicke

Tabelle 1: Klassifizierung des Verzinkungsverhaltens von Baustählen

Bauteildicke [mm]	Mindestschichtdicke [μm]
Stahl ≥ 6 mm	85
Stahl ≥ 3 mm < 6 mm	70
Stahl $\geq 1,5$ mm < 3mm	55
Stahl < 1,5 mm	45
Guss ≥ 6 mm	80
Guss < 6mm	70

Tabelle 2: Mindestschichtdicken von Zinküberzügen nach DIN EN ISO 1461

Die Ausbesserung muss durch thermisches Spritzen mit Zink oder durch eine geeignete Zinkstaubbeschichtung nach Oberflächenvorbereitung der Fehlstelle zum Vorbereitungsgrad Sa 2 1/2 bzw. PMa nach DIN EN ISO 12944-4 erfolgen. In Deutschland werden für die Ausbesserung zinkreiche Beschichtungsstoffe auf Basis 2-Komponenten-Epoxidharz oder luftfeuchtigkeitshärtendem 1-Komponenten-Polyurethan empfohlen.

Schutzdauer

Die Schutzdauer von Zinküberzügen bei atmosphärischer Belastung kann näherungsweise aus der Schichtdicke und den durchschnittlichen jährlichen Dickenverlust berechnet werden. Der jährliche Dickenverlust in Abhängigkeit von der Korrosionsbelastung

Korrosivitäts-kategorie	Dickenverlust von Zink [μm]
C 1 unbed.	$\geq 0,1$
C 2 gering	$> 0,1 - 0,7$
C 3 mäßig	$> 0,7 - 2,1$
C 4 stark	$> 2,1 - 4,2$
C 5 sehr stark I	$> 4,2 - 8,4$
C 5 sehr stark M	$> 4,2 - 8,4$

Tabelle 3: Dickenverlust von Zink in Abhängigkeit von der Korrosionsbelastung nach DIN EN ISO 12944-2

ist in Tabelle 3 ausgewiesen. Abbildung 1 zeigt den Dickenverlust in Abhängigkeit vom SO_2 -Gehalt der Atmosphäre. Die mittleren Jahresdurchschnittswerte für SO_2 liegen in Deutschland zwischen 5 und $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, meist um $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In Bereichen der verzinkten Konstruktion mit örtlich höheren Korrosionsbelastungen, z. B. lange Befeuchtungsdauer, Ablagerungen von Verunreinigungen u. a., kann der Dickenverlust pro Jahr erheblich größer sein.

Verbindungsmittel

Für feuerverzinkte Stahlkonstruktionen sollten auch feuerverzinkte Verbindungsmittel verwendet werden. Für die Feuerverzinkung von Verbindungsmitteln gilt DIN 267 T10.

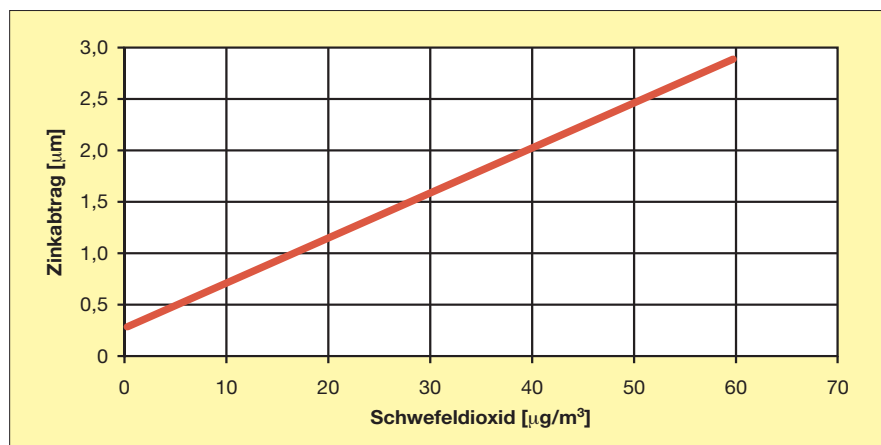


Bild 1: Zinkabtrag in Abhängigkeit von SO_2 -Belastung (nach Knotkova/Porter)

Literatur

- Stahlbau Arbeitshilfen Korrosionsschutz 1, 1.1, 1.2, 1.3
- DIN EN ISO 1461 „Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrauchte Zinküberzüge (Stückverzinken), Anforderungen und Prüfungen“
- DIN EN ISO 14713 „Zink- und Aluminiumüberzüge, Leitfäden“
- DIN EN ISO 12944-1-8 „Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“
- Verbände-Empfehlung „Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Feuerverzinken“, DSTV, IVF
- Merkblätter des Stahl-Informations-Zentrums, Düsseldorf, M 293, M 359 und M 329

Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

- Die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbauverbandes DSTV beherrschen die modernen Korrosionsschutzverfahren. Diese Unternehmen sind in der Lage, Sie bei der Auswahl eines wirksamen und wirtschaftlichen Oberflächenschutzes fachmännisch zu beraten und diesen auszuführen.
- Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Beratung, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf
 Telefon (02 11) 67 07-828
 Telefax (02 11) 67 07-829
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de