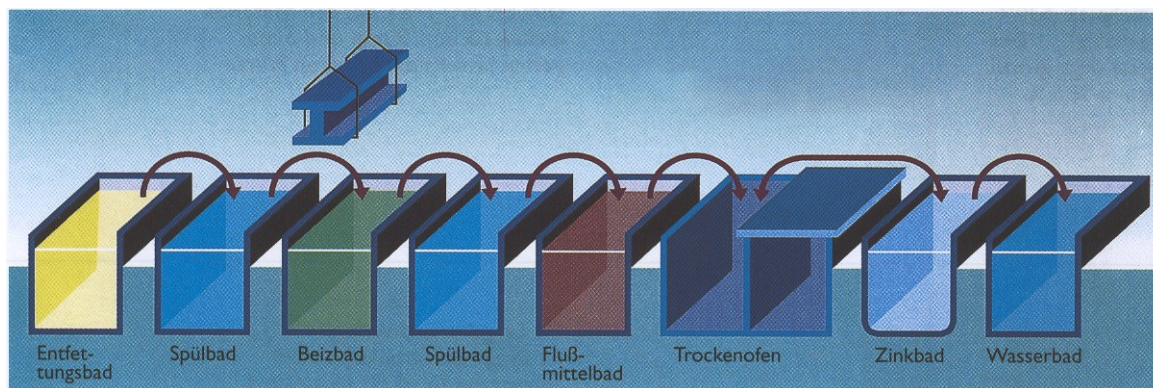


Feuerverzinken

(Quelle: Arbeitsblätter des Instituts Feuerverzinken GmbH, Düsseldorf)

I. Ablauf beim Verzinker

Die chemische Zusammensetzung und die Oberflächenbeschaffenheit des Grundwerkstoffes sind von entscheidender Bedeutung für die Dicke, die Struktur und die Qualität des Zinküberzuges. Das Material muß für die Verzinkung eine metallisch blanke Oberfläche aufweisen und daher im Rahmen eines naß-chemischen Prozesses vorbehandelt werden:



Arbeitsschritte in der Verzinkerei

1. **Entfettungsbad:**

Alkalische Lösung (ähnlich dem Spülwasser zum Geschirrspülen) zum Entfernen von **Fetten** und **Ölen** (sog. artfremde Schichten).

2. **Spülbad:**

Abspülen der alkalischen Lösung.

3. **Beizbad:**

12-15%-ige Salzsäure zur Entfernung von sog. **arteigenen** Verunreinigungen wie **Zunder**, **Rost** oder auch vorhandener **Altverzinkung** (**Aber:** bei altverzinkten Bauteilen werden seitens des Verzinkers i.d.R. Aufschläge bis zu 100 % gemacht, da die Entsorgung des Beizbads bei Verzinkungsbestandteilen teurer ist). Eisenoxyd wird umgewandelt in Eisenchlorid.

Problematisch: **Farb- und Lackreste**, **Wachskreide**, **Schweißschlacke** (Mangansilikat-Rückstände) - diese werden durch das Beizbad nicht entfernt, d.h. Vorbehandlung durch Schleifen oder Sandstrahlen erforderlich. Ebenfalls problematisch ist die Verwendung von **Schweißsprays** (zur Vermeidung des Festbrennens von Schweißspritzern auf der Werkstoffoberfläche wird ein dünner Film aufgetragen). Um Fehlstellen im Zinküberzug zu vermeiden sollten **fett- und silikonfreie Sprays** verwendet werden.

Bei gestrahlten Konstruktionen müssen vor dem Verzinken **Strahlmittelrückstände** auch aus Ecken und Winkeln entfernt werden.

4. Spülbad:

Abspülen der Säure- und Salzreste in einem Wasserbad.

5. Flußmittelbad:

Materialoberfläche wird mit Zink-/Ammoniakchlorid benetzt (intensive Feinreinigung), um eine gleichmäßige Verzinkung der Oberfläche zu erreichen.

6. Trockenofen:

Auftrocknung des Flußmittelfilms mittels Wärme.

7. Zinkbad:

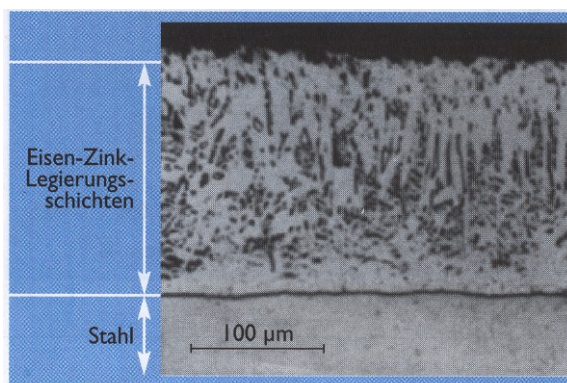
450 Grad Celsius Zinkschmelze mit einem Zinkgehalt von 98,5 %, Tauchdauer zwischen 5 - 15 Min. (Schmelztemperatur von Zink bei ca. 419 Grad Celsius). Im Zinkbad kommt es zur Ausbildung einer sog. **Eisen-Zink-Legierung** (mattgrau), d.h. das Eisen (Fe) bildet mit dem Zink (Zn) eine chemische Verbindung. Erst beim Herausziehen des Materials aus dem Zinkbad bildet sich eine reine Zinkauflage, die sog. **Reinzinkschicht** (silbrig-glänzend).

Nach derzeitigem Stand der Technik gilt: **Je höher der Silizium- und Phosphorgehalt** des Stahls ist, **desto reaktiver** ist das Material beim Verzinken, d.h. desto stärker bildet sich die Eisen-Zink-Legierung aus, während die reine Zinkauflage nur sehr dünn ausgebildet ist bzw. im Extremfall gar nicht vorhanden ist. Die Verzinkung hat dann ein matt-graues Aussehen. **Der Korrosionsschutz ist bei reaktivem Stahl jedoch besser !**

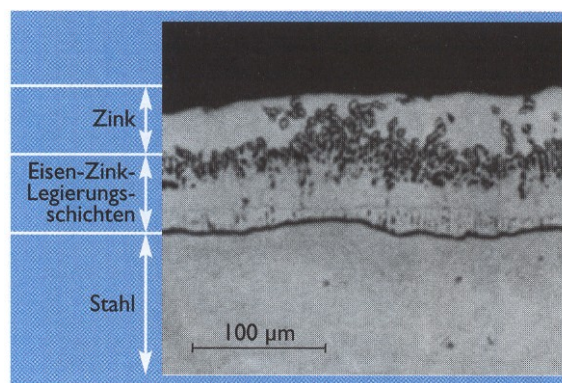
Nr.	Silizium- + Phosphor-Gehalte in %	Zinküberzug
1	Si + P < 0,03 %	Normale Eisen-Zink-Reaktion, silbrig glänzender Überzug, normale Schichtdicke
2	Si + P ≥ 0,03 – ≤ 0,13 %	Sandelin-Bereich , beschleunigte Eisen-Zink-Reaktion, graue Zinkschicht, hohe Schichtdicke
3	Si + P > 0,13 % ≤ 0,28 %	Sebisty-Bereich , normale Eisen-Zink-Reaktion, silbrig mattes Aussehen, mittlere Schichtdicke
4	Si + P > 0,28 %	Beschleunigte Eisen-Zink-Reaktion, mattgrau, hohe Schichtdicke, mit zunehmendem Si-Gehalt graues Aussehen

Zusammenhang zwischen Silizium-/Phosphor-Gehalt und Ausbildung des Zinküberzugs

Die Stahlindustrie ist scheinbar nicht bereit, Stähle der DIN 10025 ausschließlich in solcher chemischer Zusammensetzung herzustellen, daß eine silbrig-glänzende Verzinkungsfähigkeit besteht.



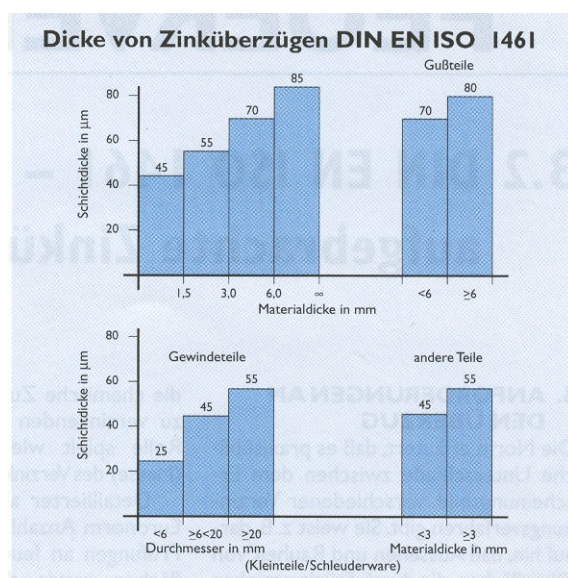
Matt-graue Zinkauflage



silbrig-glänzende Zinkauflage

Beachte: Rein optische Gesichtspunkte spielen hinsichtlich der Mangelfreiheit der Verzinkung keine Rolle! Nach der für die Stückverzinkung einschlägigen Norm **DIN EN ISO 1461** dient die Feuerverzinkung einzig und allein der Herbeiführung des **Korrosionsschutzes**. Feuerverzinkung hat dagegen keine dekorative Funktion; eine matt-graue Oberfläche ist kein Grund zur Beanstandung!

Die zur Schaffung des Korrosionsschutzes erforderlichen **Schichtdicken** sind in der DIN EN ISO 1461 gemäß nachfolgender Tabelle festgelegt, werden aber in der Praxis üblicherweise deutlich überschritten (für eine Überschreitung der Schichtdicke nach oben gibt es keine Beschränkung; Problem: je größer die Schichtdicke, desto spröder wird die Oberfläche, d.h. umso weniger belastbar wird die Oberfläche gegen mechanische Einflüsse und umso leichter platzt die Verzinkung ab):



Mindestschichtdicken nach DIN EN ISO 1461

Materialdicken [mm]	Zinkschichtdicken [µm]
≤ 2	60
> 2 ... 3	80
> 3 ... 6	100
> 6 ... 8	120
> 8 ... 15	150
> 15	170

Die in der Tabelle angegebenen Zinkschichtdicken sind praxisübliche Durchschnittswerte. Sie liegen höher als die nach DIN EN ISO 1461 angegebenen Mindestüberzugsdicken.

praxisübliche Schichtdicken

(1 µm = 1/1000 mm)

Je größer die **Rauhtiefe** der Oberfläche des Grundwerkstoffes ist (z.B. durch Strahlung mit scharfkantigem Strahlmittel), desto dicker ist der Zinküberzug. Allerdings kann es bei extrem glatten Stahloberflächen (blank gezogenes, geschliffenes oder poliertes Material) zu dicken Zinküberzügen kommen, da diese Oberflächen manchmal das Wachstum sehr dicker Eisen-Zink-Legierungen fördern.

8. Kühlen, Kontrolle

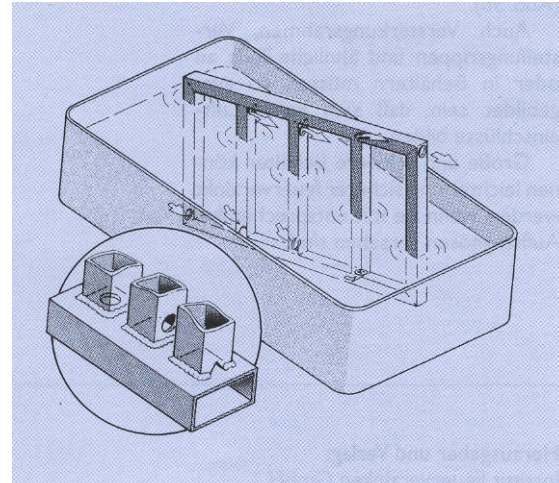
Kühlen der verzinkten Teile an der Luft oder in einem Wasserbad.

Kontrolle der Güte der Feuerverzinkung: Zinkspitzen werden beseitigt und Fehlstellen im Zinküberzug ausgebessert (durch thermisches Spritzen oder durch geeignete Zinkstaubbeschichtungsstoffe; Zinkausbesserungsspray ist keine DIN- bzw. fachgerechte Ausbesserungsweise, da durch das Ausbesserungsspray nicht die erforderliche Schichtdicke erreicht wird !).

II. Verzinkung von Konstruktionen / Hohlkörpern

- **sperrige Konstruktionen** vermeiden, da diese die optimale Beladung der Gestelle und Traversen beim Verzinker erschweren und somit zu einer Verteuerung der Verzinkungsleistung führen. Konstruktionen daher möglichst glatt und ebenflächig (zweidimensional) planen.
- bei Konstruktionen **Aufhängungsmöglichkeiten** für das Tauchen im Zinkbad vorsehen, die gewährleisten, daß das flüssige Zink beim Herausziehen der Stahlteile problemlos ablaufen kann.
- geeignete **Entlüftungsöffnungen** bzw. **Zinkein- und -ablaufmöglichkeiten** vorsehen: beim Eintauchen in das Zinkbad muß das Zink ungehindert in das Innere der Stahlprofile eindringen können. Durch das eindringende Zink wird die in den Hohlräumen vorhandene Luft verdrängt, die durch geeignete Entlüftungsöffnungen entweichen können muß. Andernfalls kann es durch Lufteinschlüsse bei der Erhitzung auf 450 Grad Celsius zu einem hohen Überdruck (bis zu 200 bar) und zur explosionsartigen Zerstörung von Bauteilen kommen. Die Bohrungen müssen des weiteren so angebracht sein, daß beim Herausziehen aus dem Zinkbad das „überflüssige“ Zink restlos herauslaufen und die Luft wieder in die Hohlräume einströmen kann. Die Öffnungen sind dabei so anzubringen, daß sie der Art der Aufhängung in der Verzinkerei (meist schräg im 30-45 Grad Winkel) Rechnung tragen, d.h. die Öffnungen so weit wie möglich in der Ecke anbringen. Bei Geländern mit **verdeckt gebohrten** Füllstäben entsprechenden Hinweis an Verzinker !

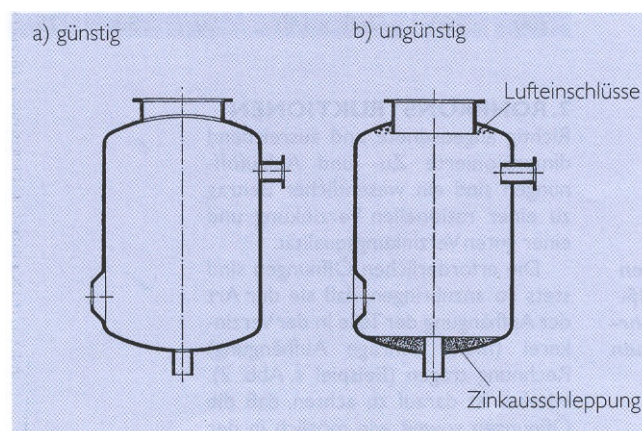
Hohlprofil-Abmessungen in mm:			Mindest-Loch-Ø in mm bei einer jeweiligen Anzahl der Öffnungen von:		
○	□	▭	1	2	4
kleiner als:					
15	15	20 x 10	8		
20	20	30 x 15	10		
30	30	40 x 20	12	10	
40	40	50 x 30	14	12	
50	50	60 x 40	16	12	10
60	60	80 x 40	20	12	10
80	80	100 x 60	20	16	12
100	100	120 x 80	25	20	12
120	120	160 x 80	30	25	20
160	160	200 x 120	40	25	20
200	200	260 x 140	50	30	25



Empfohlene Durchmesser für Entlüftungsbohrungen an Hohlprofilen

Entlüftung von Rohrkonstruktionen

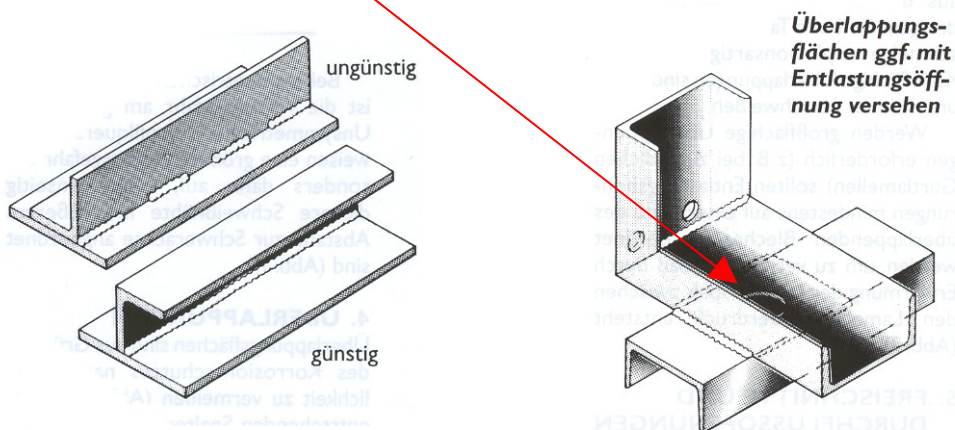
Bei **Behältern** ist zusätzlich darauf zu achten, daß Anschlüsse, Flansche und Stutzen stets so angebracht werden, daß sie möglichst bündig mit der Oberfläche des Behälters abschließen. Nur dadurch können unerwünschte Lufteinschlüsse und Zinkausschleppungen verhindert werden.



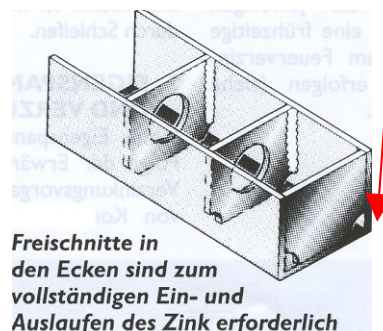
- Große **Werkstoffdicken** erfordern längere Durchwärmzeiten, somit längere Tauchzeiten, dies wiederum führt i.d.R. zu größeren Dicken des Zinküberzugs. Das Verhältnis von maximaler Werkstoffdicke zu minimaler Werkstoffdicke innerhalb einer Konstruktion sollte nicht > 5 sein.
- Bei Konstruktionen aus **Profilstahl** kann es im Bereich von **Brennschnittkanten**, insbesondere bei plasmageschnittenen Werkstückkanten, im Bereich der Schnittflächen zu Veränderungen in der Werkstückoberfläche kommen (sog. **Entkohlung**). An diesen Stellen kann es zu Zinküberzügen unterhalb der

geforderten Normwerte kommen. Dem kann entgegengewirkt werden durch Abschleifen der Brennschnittflächen um mindestens 0,1 mm.

- Hohe **Eigenspannungen** (Walzspannungen, Schweißspannungen, Richtspannungen) können als Folge der Erwärmung während des Verzinkungsvorganges einen **Verzug** von Konstruktionen aus Profilstahl auslösen. Dem kann nur durch konstruktive Maßnahmen vorgebeugt werden, d.h. indem die verbindenden Schweißnähte so angeordnet werden, daß sie in der Nähe der Schwerachse des gesamten Profils liegen.
- **Überlappungsflächen** sind so weit möglich zu vermeiden, da in die entstehenden Spalten Flüssigkeit aus den Vorbehandlungsbädern eindringen kann, die dann beim Eintauchen in die Zinkschmelze explosionsartig verdampft. Kleinflächige Überlappungen sind daher ringsum dicht zu verschweißen. Bei erforderlichen großflächigen Überlappungen sollten **Entlastungsbohrungen** mindestens auf einer Seite des überlappenden Bleches angeordnet werden.

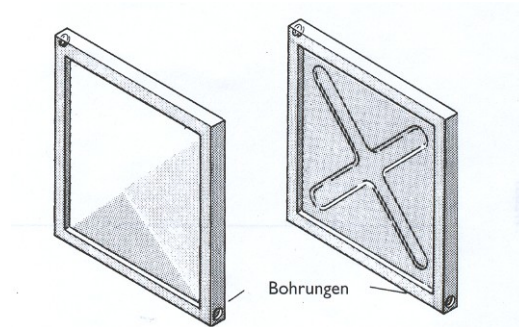


- Verstärkungen, Schottbleche o.ä. sind mit sog. **Freischnitten** zu versehen, d.h. mit möglichst paarweisen Schnitten von einem Durchmesser > 10 mm.



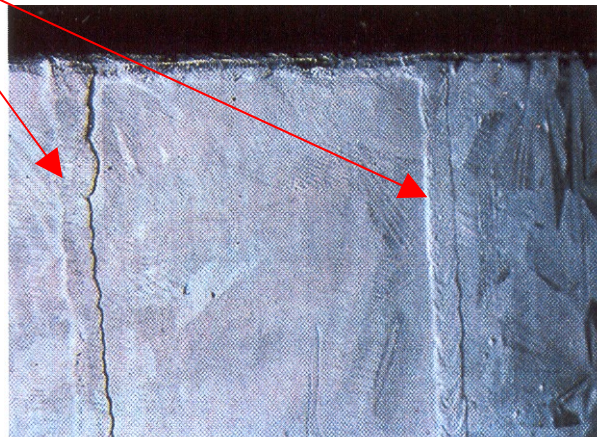
- **Blechkonstruktionen** sollten so ausgeführt sein, daß dem Blech bei der Erwärmung in der Zinkschmelze die Möglichkeit zur Ausdehnung gegeben

wird. Pro laufendem Meter tritt im Zinkbad eine Wärmeausdehnung von 4-5 mm auf. Ein Verwerfen bzw. Verziehen kann vermieden werden durch **Sicken** oder durch pyramidenförmiges **diagonales Abkanten**.



III. Schweißen vor dem Verzinken

- Schweißnähte dürfen keine Poren, Einbrandkerben oder Schweißschlacken aufweisen.
- Beim Schweißen unter Schutzgas werden üblicherweise Schweißdrähte mit einem relativ hohen Siliciumgehalt eingesetzt, die das Verzinkungsergebnis beeinflussen. Bei blecheben bearbeiteten Schweißnähten bildet sich ein erheblich dickerer Zinküberzug aus, der sich optisch deutlich abhebt (sog. **Aufwachsen** des Zinküberzugs).



- Schweißnähte symmetrisch zur Schwereachse des Profils und nicht größer ausführen, als es statisch erforderlich ist, um der Verzugsfahr vorzubeugen.

IV. Schweißen nach dem Verzinken

- Infolge der hohen Temperatur beim Schweißen verbrennt bzw. verdampft der Zinküberzug zu beiden Seiten der Naht. Zur Sicherung eines durchgehenden Korrosionsschutzes muß die Schutzschicht wieder hergestellt werden. Nach der DIN EN ISO 1461 soll die Ausbesserung durch thermisches Spritzen mit Zink (EN 22063) oder durch eine geeignete Zinkstaubbeschichtung erfolgen. Die Schichtdicke des ausgebesserten Bereichs muß mindestens **30 µm mehr** betragen als die geforderte örtliche Dicke des Zinküberzugs nach der DIN 1461.
- Beim Schweißen von Stumpfstößen sollte der Stirnflächenabstand etwas größer gewählt werden als bei unverzinktem Stahl, damit das verdampfende Zink abziehen kann; dadurch lassen sich Poren vermeiden.
- Die Schweißgeschwindigkeit sollte herabgesetzt werden, um ein vollständiges Entweichen der Zinkdämpfe aus der Naht zu gewährleisten.
- Den Schweißstrom geringfügig erhöhen, um die Stabilität des Lichtbogens zu erhöhen (beeinträchtigt durch das verdampfende Zink).
- Elektroden verwenden, die einen langsam erstarrenden Schlackenfluß ergeben, da das Zink dann leichter aus dem Schweißbad entweichen kann (z.B. mitteldick umhüllte Stabelektroden mit Rutil- bzw. Rutilcellulose).
- Ist Schweißen nur auf zinkfreiem Untergrund zulässig, so sollte die Zinkauflage auf einer Breite von mindestens 10 mm beiderseits der Fugenflanke entfernt werden. Dies erfolgt am wirksamsten durch Abbrennen des Zinks bzw. durch Strahlen oder Beizen der Werkstoffoberfläche (beim Schleifen oder Bürsten kann Zink zurückbleiben).
- Beim Schutzgasschweißen (MAG-Schweißen) Mischgase aus 20 % CO₂ und 80 % Argon verwenden (bessere Schweißergebnisse als beim MIG-Schweißen mit reinem Argon).

V. Ausbessern und Nacharbeiten

- **Verdickungen / „Tropfnasen“:** entstehen durch das Erstarren des Zinks nach dem Herausziehen aus dem Schmelzbad. Diese sollten durch Bearbeiten mit der Feile in Handarbeit oder durch mechanisches Schleifen mit Hilfe

eines Winkelschleifers beseitigt werden. Eine weitere Möglichkeit ist das Abschmelzen mittels einer Schweißflamme.

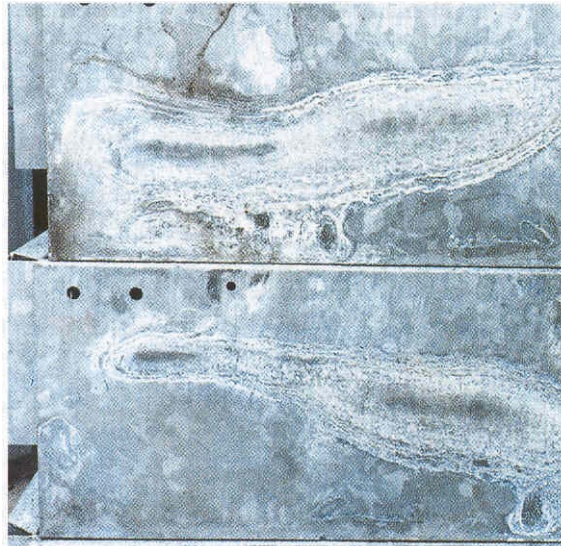
- **Scharniere / Gelenke** „verlöten“ nach dem Erstarren des Zinks. Auch diese sind zweckmäßigerweise mit einer weichen Schweißflamme aufzuschmelzen.
- **Ausbessern von Fehlstellen** im Zinküberzug nach der **DIN EN ISO 1461**: ... die Summe der Bereiche ohne Überzug, die ausgebessert werden müssen, darf **0,5 % der Gesamtfläche** nicht überschreiten. Ein einzelner Bereich ohne Überzug darf in seiner **Größe 10 cm²** nicht übersteigen. ... Die **Schichtdicke** des ausgebesserten Bereichs muß **30 µm** mehr betragen als die geforderte Dicke des Zinküberzugs nach der DIN ...

VI. Die DIN EN ISO 1461

- einheitliche, seit März 1999 europaweit geltende Norm, die alle Anforderungen festlegt, die an das **Stückverzinken von Stahlteilen** gestellt werden (gilt nicht für das Feuerverzinken von Sanitärinstallationsrohren, das kontinuierliche Feuerverzinken von Band- und Feinblech und das Feuerverzinken von Verbindungsmitteln). Sie regelt den **derzeitigen Stand der Technik** und gilt daher, sofern zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer nicht ausdrücklich andere Vereinbarungen getroffen wurden.
- Die Lohnverzinkung unterliegt dem Werkvertragsrecht. Mängel der Verzinkungsleistung sind durch den Auftragnehmer unverzüglich, jedenfalls aber vor der Weiterverarbeitung zu rügen.
- Die Norm weist ausdrücklich darauf hin, daß ein **unterschiedliches Aussehen der Verzinkung** (dunkel- bzw. hellgraue Bereiche) sowie **Weißrost keinen Grund zur Beanstandung** darstellen.
- Der Verzinker ist verpflichtet, gefährliche Zinkspitzen zu beseitigen, unverzinkte Stellen auszubessern sowie Flußmittelrückstände und Zinkasche-reste vor der Auslieferung des Materials zu entfernen.
- Ergänzend zur DIN EN ISO 1461 gibt es die DIN EN ISO 14713, die den „Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion“ behandelt.

VII. Lagern und Transportieren von feuerverzinktem Stahl

- Korrosionsschutz ist nicht durch die Zinkauflage an sich gegeben, sondern beruht auf der Bildung einer Deckschicht, der sog. basischen Zinkcarbonatschicht (Folge einer Reaktion von Zinkoxid und Kohlendioxid). Die Ausbildung dieser Deckschicht kann nicht erfolgen, wenn die Zinkoberfläche über einen längeren Zeitraum mit Wasser benetzt ist bzw. wenn der Luftzutritt unzureichend ist. Fehlt die notwendige Belüftung frisch verzinkter Teile, so führt dies zur Ausbildung des sog. „**Weißbrosts**“. Das flächige Stapeln frisch verzinkter Teile in Bereichen, in denen diese feuchter Witterung ausgesetzt sind, ist daher zu vermeiden. Das Abdecken unter Planen oder Folien bringt wegen der Kondenswasserbildung i.d.R. mehr Schaden als Nutzen.



Weißrostbildung

- Bei nur **leichter** Weißrostbildung tritt keine nennenswerte Schädigung ein, da die normgemäße Dicke des Zinküberzuges in aller Regel erhalten bleibt. Geringe Mengen an Weißrost werden nach Fortfall der weißrostauslösenden Bedingungen in eine das Zink schützende Deckschicht umgewandelt. Eine Entfernung des dünnen, weißlich pulverigen Belages ist daher nicht erforderlich. Allenfalls beim Auftragen von Beschichtungen kann es zu Haftungsproblemen kommen.
- **Beachte:** Die Bildung von Weißrost steht nicht in Zusammenhang mit dem Verzinkungsverfahren und ist daher kein Maßstab für die Güte der Verzinkung!
- **Merke:** frisch verzinkte Teile bei feuchter Witterung nicht im Freien lagern!

VIII. Korrosionsverhalten von Zinküberzügen

- Die Korrosionsgeschwindigkeit von Zink hängt maßgeblich von der Schwefeldioxid-Konzentration der Atmosphäre ab. Die SO₂-Belastung der Luft hat in den letzten Jahren mehr und mehr abgenommen.
- Aufgrund von Untersuchungen wurden sog. **Korrosivitätsklassen** gebildet, die es ermöglichen, wenigstens eine grobe Abschätzung der in einer Region vorliegenden Belastung zu finden.

Korrosivitätsklasse	Atmosphärentyp	Korrosionsbelastung	durchschnittlicher Zink-Abtrag
C 1	Innen; trocken	unbedeutend	<0,1 µm/a
C 2	Innen; gelegentliche Kondensatbildung Außen; Landatmosphäre	gering	0,1 bis 0,7 µm/a
C 3	Innen; hohe Feuchtigkeit, mittlere Luftbelastung Außen; Industrie- oder Stadtatmosphäre bzw. Küstenklima mit geringem Chloridgehalt	mäßig	0,7 bis 2,0 µm/a
C 4	Innen; Schwimmbäder, Chemieanlagen Außen; Industrielatmosphäre, Küstenklima mit mittlerem Chloridgehalt	stark	2,0 bis 4,0 µm/a

- In Kenntnis der vorhandenen Schichtdicke des Zinküberzuges und unter Berücksichtigung des Korrosionsabtrages durch die Atmosphäre läßt sich die **Schutzdauer** von Zinküberzügen sehr leicht ermitteln.

