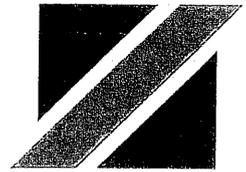


# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## Inhaltsübersicht

### 1. Verfahren

- 1.1 Korrosionsschutz mit Zink
- 1.2 Verfahrensablauf beim Stückverzinken
- 1.3 Feuerverzinken von Kleinteilen

### 2. Konstruktion und Befügung

- 2.1 Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit
- 2.2 Anforderungen an den Werkstoff Stahl
- 2.3 Abmessungen und Gewichte des Verzinkungsgutes
- 2.4 Behälter und Konstruktionen aus Rohren
- 2.5 Konstruktionen aus Profilstahl
- 2.6 Blech- und Drahtwaren
- 2.7 Konstruktionen aus feuerverzinkten Halbzeugen
- 2.8 Vermeiden von Verzug
- 2.9 Schweißen vor dem Feuerverzinken
- 2.10 Schweißen nach dem Feuerverzinken
- 2.11 Schraubverbindungen
- 2.12 Nacharbeiten und Ausbessern
- 2.13 Feuerverzinken von Gußteilen
- 2.14 Örtliche Vermeidung der Zinkannahme
- 2.15 Kathodischer Schutz



### 3. Normen, Qualität

- 3.1 DIN EN ISO 1461 – Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgetragene Zinküberzüge (Stückverzinken) – Teil 1
- 3.2 DIN EN ISO 1461 – Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgetragene Zinküberzüge (Stückverzinken) – Teil 2
- 3.3 DIN EN ISO 1461 – Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgetragene Zinküberzüge (Stückverzinken) – Teil 3
- 3.4 Ergänzende Normen zum Feuerverzinken
- 3.5 Ausschreibung / Auftragsvergabe / Abnahme

### 4. Nachfolgende Leistungen zum Feuerverzinken

- 4.1 Lagern und Transportieren von feuerverzinktem Stahl
- 4.2 Verarbeiten und Montieren von feuerverzinktem Stahl
- 4.3 Feuerverzinken + Beschichten = Duplex-System

### 5. Besondere Einsatzgebiete, Korrosionsverhalten, Wirtschaftlichkeit

- 5.1 Feuerverzinkter Betonstahl
- 5.2 Feuerverzinkter Stahl in der Landwirtschaft
- 5.3 Die Wirtschaftlichkeit der Feuerverzinkung
- 5.4 Korrosionsverhalten von Zinküberzügen an der Atmosphäre
- 5.5 Brandschutz bei feuerverzinkten Stahlkonstruktionen
  
- 5.8 Feuerverzinkung und Duplex-Systeme ohne Schwachstellen

Hinweis: Die Nr. 5.6–5.7 sind noch nicht vergeben. Ob und wann dieses der Fall sein wird, ist zur Zeit noch offen.

Die Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN sollen in kurzer Form häufig gestellte Fragen beantworten. Sie sollen den Planer kurz und präzise über ein spezielles Thema informieren. Bei Bedarf steht auch weiterführende Literatur zur Verfügung. Die Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN sind auch im Internet unter [www.feuverzinken.com](http://www.feuverzinken.com) verfügbar.

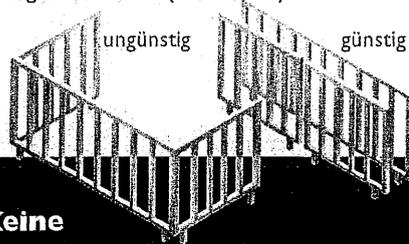
Herausgeber und Verlag: Institut Feuerverzinken GmbH

Anschrift: Sohnstraße 70 · 40237 Düsseldorf · Telefon (02 11) 69 07 65–0 · Fax (02 11) 68 95 99 · e-mail: [feuerverzinken@t-online.de](mailto:feuerverzinken@t-online.de)

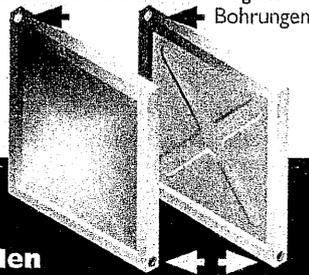
# Feuerverzinkungsgerecht Konstruieren und Fertigen

## Konstruktion

Sperrige Bauteile können zu Transport- und Verzinkungsproblemen führen; ebene Bauteile lassen sich qualitativ besser und wirtschaftlicher verzinken. Bei Hohlprofilen sind Zulauf- und Entlüftungsöffnungen vorzusehen (siehe Tabelle).



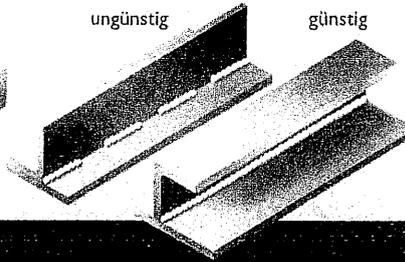
1. Geeignete Schweißfolge einhalten.
2. Möglichst symmetrische Querschnitte wählen.
3. Ausdehnungsmöglichkeiten schaffen, z.B. durch Radien, Sicken oder pyramidenförmige Kanten.
4. Sehr unterschiedliche Materialdicken möglichst vermeiden.



• **Keine sperrigen Bauteile!**

• **Verzug vermeiden**

Auch bei Rahmenkonstruktionen aus offenen Profilen sind Zulauf- und Ablaufmöglichkeiten vorzusehen.



• **Tote Ecken und Winkel vermeiden – Öffnungen an Überlappungen vorsehen!**

• **Profile nicht flächig verschweißen!**

Die Mindestgrößen in der unten stehenden Tabelle gelten für mittelgroße Konstruktionen bis zu einer Länge von ca. 6 m.

Bei langen Profilen sind die Größe bzw. die Anzahl der Löcher zu erhöhen.

Ohne Öffnungen keine Feuerverzinkung von Hohlkonstruktionen möglich wegen Explosionsgefahr.

Die Anordnung und die Größe der Öffnungen beeinflussen die Qualität der Feuerverzinkung.

• **Auf ausreichende Größe und Anzahl von Zulauf- und Entlüftungsöffnungen achten!**

**Zulauf- und Entlüftungsöffnungen vorsehen**

Hohlprofil-Abmessungen in mm			Mindestloch-Ø in mm bei einer jeweiligen Anzahl der Öffnungen von:		
kleiner als:			1	2	4
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

**Lesebeispiel zur Tabelle links:**

Ein Hohlprofil mit den Abmessungen 60 mm x 40 mm

benötigt an jedem Ende entweder

- mindestens eine Öffnung mit einem Durchmesser von 16 mm oder
- mindestens zwei Öffnungen mit einem Durchmesser von 12 mm oder
- mindestens vier Öffnungen mit einem Durchmesser von 10 mm.

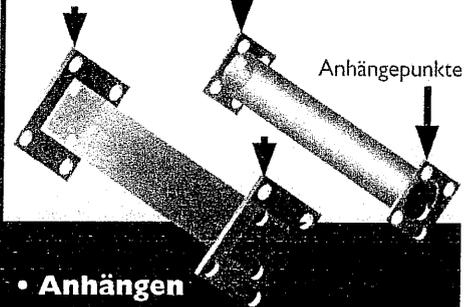
## Fertigung

Bauteile sind frei von Farbe (Beschichtungen), Schweißschlacken, bzw. -rückständen (z.B. Schweißsprays, Rückstände vom Schutzgasschweißen) und ähnlichem anzuliefern, da diese Substanzen in der Vorbehandlung nicht entfernt werden können und zu Fehlstellen führen.



• **Keine Farbe, keine Schweißschlacke**

Zulauf- und Entlüftungsöffnungen möglichst senkrecht unter Anhängemöglichkeit.



• **Anhängen ermöglichen!**

## Hinweise

- DIN EN ISO 1461 „Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgetragene Zinküberzüge (Stückverzinken)“ berücksichtigen.
- NEU! Für tragende Bauteile nach Bauregelliste A ist die DAS-Richtlinie 022 „Feuerverzinken von tragenden Stahlbauteilen“ zu berücksichtigen.
- Zu feuerverzinkten Konstruktionen gehören feuerverzinkte Verbindungselemente, gemäß DIN EN ISO 10684.
- Stahlteile sollten möglichst frei von Öl und Fett angeliefert werden.
- Stähle mit kritischen Silicium-Gehalten neigen zur Bildung dicker Zinküberzüge, die ein graues Aussehen haben können.
- Zur Vermeidung von Nacharbeit sollten Schraubenlöcher, falls möglich, 2 mm über Nenndurchmesser ausgeführt werden.
- Transport- oder Montageschäden am Korrosionsschutz sind fachgerecht auszubessern.
- Konstruktions- und/oder fertigungsbedingte Spalten und Poren, z.B. in Schweißverbindungen, sind zu vermeiden.

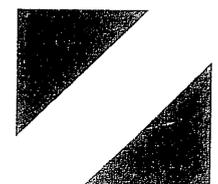
• **Bitte beachten Sie diese Hinweise**

**Institut Feuerverzinken GmbH**

Sohnstraße 66 • 40237 Düsseldorf • Telefon +49 211 690765-0 • Fax +49 211 689599

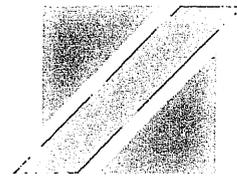
Weitere Informationen und Anfragen zum feuerverzinkungsgerechten Konstruieren:

www.feuerzinken.com • info@feuerzinken.com



ZINK STATT ROST

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



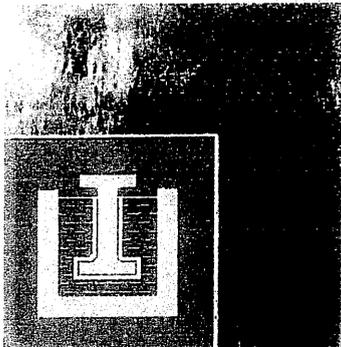
## 1.1 Korrosionsschutz mit Zink

Die verschiedenen Verfahren, STAHL durch ZINK vor Korrosion zu schützen – dargestellt in Piktogrammen und Oberflächenansichten...

### 1. FEUERVERZINKEN

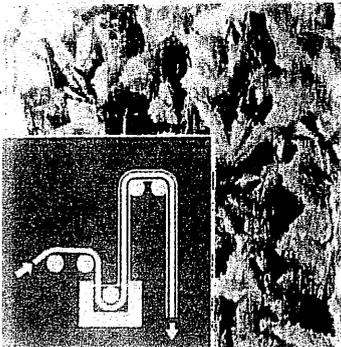
#### a) Stückverzinken

Diskontinuierliches Schutzverfahren, bei welchem die zu verzinkenden Teile einzeln in schmelzflüssiges Zink getaucht werden (Stückverzinken nach DIN EN ISO 1461/ Rohrverzinken nach DIN EN 10 240).



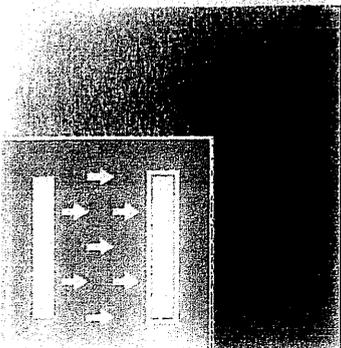
#### b) im Durchlaufverfahren

Kontinuierliches Schutzverfahren für Stahlband (deshalb Bandverzinken nach DIN EN 10142 bzw. DIN EN 10147, Bandstahl oder -Draht (nach DIN 1548), welche in automatisch betriebenen Anlagen einen Zinküberzug im Durchlaufverfahren durch schmelzflüssiges Zink erhalten.



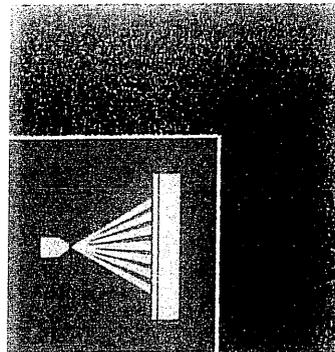
### 2. GALVANISCHES BZW. ELEKTROLYTISCHES VERZINKEN

Schutzverfahren durch Aufbringen eines Zinküberzuges in wässrigen Elektrolyten mit Gleichstrom. Verwendet werden meist saure, aber auch alkalisch-cyanidfreie oder cyanidische Elektrolyte. Einzelbäder (DIN 50961) oder Durchlaufverfahren.



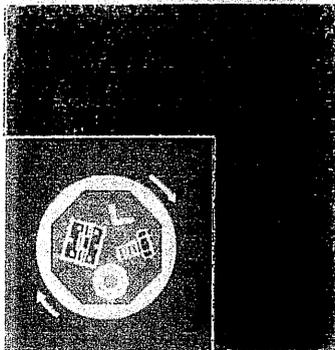
### 3. THERMISCHES SPRITZEN MIT ZINK - BZW. SPRITZVERZINKEN (nach DIN EN 22063)

Schutzverfahren, bei welchem mittels Flamme oder Lichtbogen aufgeschmolzenes Zink auf die Oberfläche des zu verzinkenden Teils aufgespritzt wird.



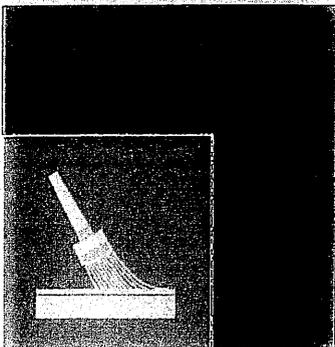
### 4. METALLISCHE ÜBERZÜGE MIT ZINKSTAUB

(Mechanisches Plattieren/Sherardisieren) Schutzverfahren unter Verwendung von Zinkstaub, mit denen mechanisch (Mechanical Plating/ Mechanisches Plattieren) oder durch Diffusion (Sherardisieren) Zinküberzüge bzw. Fe + Zn-Legierungsschichten auf geeigneten Werkstücken erzielt werden.



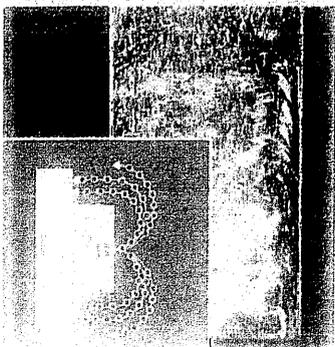
### 5. ZINKSTAUB-BESCHICHTUNGEN

Schutzverfahren, bei dem zinkstaubpigmentierte Beschichtungsstoffe als Schutzschichten auf Stahlteile appliziert werden.



### 6. KATHODISCHER KORROSIONSSCHUTZ

Schutzverfahren für Stahl durch Kontakt mit einer Anode aus Zink bei Gegenwart eines Elektrolyten. Dabei geht das unedlere Metall (= Opferanode aus Zink) in Lösung, während der Stahl (als Kathode) nicht angegriffen wird.



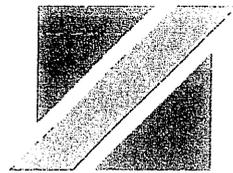
... und in der tabellarischen Übersicht

VERFAHREN	Übliche Dicke des Überzuges bzw. der Beschichtung [µm]	Legierung mit dem Untergrund	Aufbau und Zusammensetzung des Überzuges bzw. der Beschichtung	Verfahrenstechnik	Nachbehandlung	
					üblich	möglich
<b>A. ÜBERZÜGE</b>						
<b>Feuerverzinken</b>						
a) Diskontinuierlich - Stückverzinken DIN EN ISO 1461 - Rohrverzinken DIN EN 10240	50 – 150	ja	Eisen-Zink-Legierungsschichten am Stahluntergrund, in der Regel mit einer darüberliegenden Zinkschicht	Eintauchen in flüssiges Zink	–	Beschichten – sowie in geringem Umfang auch Galvannealen*
	50 – 100	ja			–	
b) Kontinuierlich - Bandverzinken DIN EN 10142 bzw. DIN EN 10147 - Kontinuierliches Feuerverzinken von Bandstahl - Drahtverzinken DIN 1548	15 – 25	ja		Durchlaufen durch flüssiges Zink	Chromatieren	
	20 – 40	ja			–	
	5 – 30	ja	–			
<b>Thermisches Spritzen mit Zink</b> - Spritzverzinken DIN EN 22063	80 – 150	nein	Überzug aus Zinktropfen mit Oxidhaut	Aufspritzen von geschmolzenem Zink	Versiegeln durch penetrierende Beschichtung	Beschichten
<b>Galvanisches bzw. elektrolytisches Verzinken</b> - Einzelbäder DIN 50961 - Durchlaufverfahren	5 – 25 2,5 – 5	nein nein	lamellarer Zinküberzug	Zinkabscheidung durch elektrischen Strom in wäßrigen Elektrolyten	Chromatieren	Beschichten
<b>Metallische Überzüge mit Zinkstaub</b> a) Sherardisieren	15 – 25	ja	Eisen-Zink-Legierungsschichten	Diffusion Stahl-Zink unterhalb Zn-Schmelztemperatur	–	Beschichten
b) Mechanisches Plattieren	10 – 20	nein	homogener Zinküberzug, gegebenenfalls auf Kupfer-Zwischenschichten	Aufhämmern von Zinkpulver durch Glaskugeln	zum Teil Chromatieren	Beschichten
<b>B. BESCHICHTUNG</b> <b>Zinkstaubbeschichtung</b>	dünnsch. 10 – 20 normalsch. 40 – 80 dicksch. 60 – 120	nein	Zinkstaubpigment in Bindemittel	Auftragen durch Streichen, Rollen, Spritzen, Tauchen	Deckbeschichtung auf Grundbeschichtung abgestimmt	–
<b>C. KATHODISCHER - KORROSIONSSCHUTZ</b>	Zink-Anoden hoher Reinheit (99,995%) zur Verhinderung der Eigenpolarisierung sind selbstregulierend und optimal in wäßrigen Elektrolyten mittlerer und hoher Leitfähigkeit. Fremdstromanlagen erfordern begrenztes Schutzpotential und Sicherung gegen Übersteuerung. Die Stromkapazität je dm <sup>2</sup> Zinkanode von etwa 5300 Axh ermöglicht kleine Anoden mit geringem Strömungswiderstand. Die erforderliche Schutzstromdichte ist vom Zustand und den äußeren (Bewegungs-)Bedingungen abhängig. Optimal ist der aktiv in den Korrosionsprozeß eingreifende kathodische Schutz in Verbindung mit einer Beschichtung.					

\*Umwandeln eines Zinküberzuges durch gezielte Wärmebehandlung, besonders beim Bandverzinken.

7/2001

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 1.2 Verfahrensablauf beim Stückverzinken

### 1. VORAUSSETZUNGEN

Diskontinuierliches Feuerverzinken – das Stückverzinken – ist das Aufbringen eines Zinküberzuges auf Stahl oder Gußteile durch Eintauchen der vorbereiteten Werkstücke in geschmolzenes Zink.

Unabdingbare Voraussetzung für ein einwandfreies Verzinkungsergebnis sind u. a. folgende Parameter:

- feuerverzinkungsgerechte Konstruktion und Fertigung
- Berücksichtigung der maximalen Abmessungen
- Einhaltung der maximalen Transportgewichte
- Auswahl geeigneter Werkstoffe
- Berücksichtigung des Oberflächenzustandes.

Zur Erfüllung dieser Voraussetzungen muß auch der Auftraggeber seinen Beitrag leisten. So ist von ihm zum Beispiel darauf zu achten, daß die Konstruktion feuerverzinkungsgerecht konstruiert und gefertigt wird. Ebenfalls dürfen auf den Oberflächen der zu verzinkenden Teile keine „artfremden“ Verunreinigungen vorhanden sein. Darunter versteht man Reste von Farbbeschichtungen, Rückstände von Schweißschlacken, Signierungen, Fertigungshilfsmitteln usw. Die zum Feuerverzinken angelieferten Stahlteile sollten auch möglichst frei von Ölen und Fetten sein.

Bei den maximalen Abmessungen der zu verzinkenden Teile sind die Maße der zur Verfügung stehenden

Verzinkungsbäder zu berücksichtigen, ebenso die maximalen Stückgewichte einzelner Bauteile, die durch die Leistungsfähigkeit der Hebezeuge und Fahrzeuge eingeschränkt werden.

### 2. VERFAHRENSSCHRITTE

Die meisten Feuerverzinkungsunternehmen in der Bundesrepublik Deutschland sind Service-Betriebe, die als Lohnverzinkereien im Auftrage ihrer Kunden arbeiten und somit fremdes Gut gegen Entgelt vor Korrosion schützen.

Die nachstehend beschriebenen Verfahrensschritte sind beispielhaft erläutert. Nach den jeweiligen betrieblichen Gegebenheiten können geringfügige Abweichungen auftreten (Abb. 2). Bei Anlagen zum Feuerverzinken von Kleinteilen können teilweise erhebliche Änderungen des Verfahrensablaufs auftreten.

Nach der Anlieferung der zu verzinkenden Teile in der Feuerverzinkerei und einer notwendigen Eingangsprüfung werden die Werkstücke zunächst zu Chargen möglichst gleichartiger oder ähnlicher Bauteile zusammengestellt, damit ein wirtschaftliches Verzinken möglich ist.

#### – Entfetten/Spülen

Teile, die Rückstände von Fetten und Ölen aufweisen, können in einem Entfettungsbad oder auf andere geeignete Weise gereinigt werden. Als Entfettungsmittel kommen üblicherweise wäßrige alkalische oder saure Entfettungsmittel zur Anwendung. An-

schließend erfolgt ein kurzes Eintauchen in ein Wasserbad, um das Verschleppen von Entfettungsmitteln mit dem Verzinkungsgut zu vermeiden.

#### – Beizen

Der nächste Schritt ist eine Beizbehandlung zur Entfernung von arteigenen Verunreinigungen (z. B. Rost und Zunder) von der Stahloberfläche. Das Beizen erfolgt üblicherweise in verdünnter Salzsäure. Die Dauer des Beizvorgangs richtet sich nach dem Verrostungsgrad des Verzinkungsgutes und der Arbeitskonzentration der Beize. Die Beizbäder werden im Regelfall bei Raumtemperatur betrieben.

Abb. 1: Einge-  
hauster Verzink-  
kessel

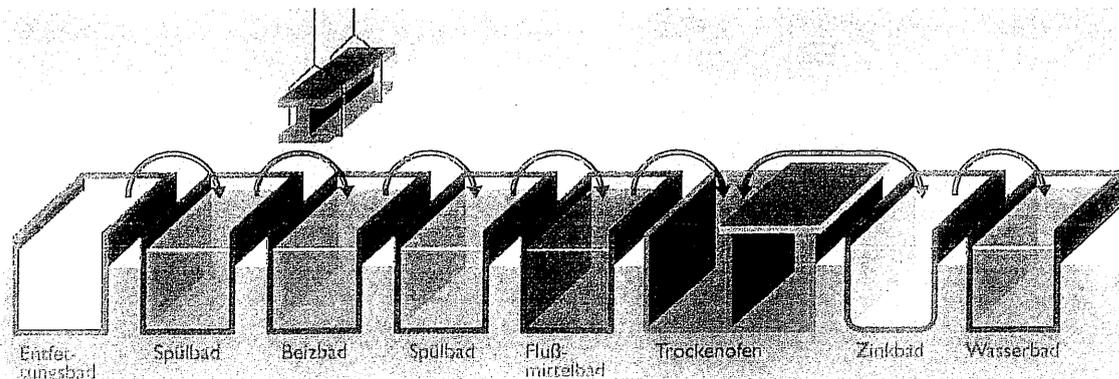
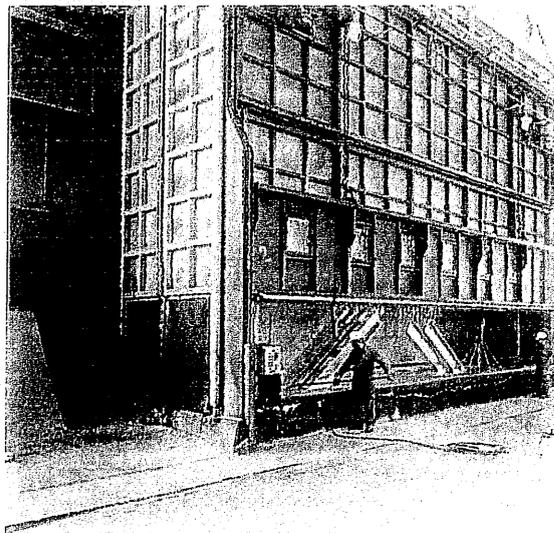


Abb. 2: Verfah-  
rensablauf des  
Stückverzinkens  
(schematisch;  
Varianten sind  
möglich)

## 1.2 Verfahrensablauf beim Stückverzinken

### - Spülen

Nach dem Beizen erfolgt ein erneuter Spülvorgang in einem Wasserbad, um die Möglichkeit, daß Säure- und Salzreste mit dem Verzinkungsgut verschleppt werden, zu minimieren.

### - Fluxen

Dem Spülbad schließt sich ein Flußmittelbad an. Aufgabe des Flußmittels ist es, eine letzte, intensive Feinreinigung der Stahloberfläche vorzunehmen. Ähnlich wie z.B. bei Lötverbindungen, bei denen in der Regel auch Flußmittel eingesetzt werden, erhöht das Flußmittel auch die Benetzungsfähigkeit zwischen der Stahloberfläche und dem schmelzflüssigen Zink. Das Flußmittel besteht meistens aus einer wäßrigen Lösung von Chloriden, am häufigsten einer Mischung aus Zink- und Ammoniumchlorid.

Werkstoff- und produktabhängig können Flußmittel auf unterschiedliche Weise aufgetragen werden. So ist es zum Beispiel möglich, das Flußmittel auch direkt flüssig oder in Pulverform auf die Werkstoffoberfläche zu sprühen oder das Verzinkungsgut durch eine aufgeschäumte, auf dem Zinkbad schwimmende Flußmitteldicke hindurch in die Schmelze einzutauchen.

### - Trocknen

In den meisten Fällen folgt dann eine Trockenstation, in welcher der Flußmittelfilm mittels Wärme aufgetrocknet wird. Zur Erwärmung von Entfettungsbädern und Trockenöfen wird in vielen Feuerverzinkereien die Abwärme aus der Beheizung des Verzinkungskessels mitgenutzt.

### - Feuerverzinken

Nach der Flußmittelbehandlung bzw. dem Trocknen wird das Verzinkungsgut in die flüssige Zinkschmelze getaucht. Zink hat eine Schmelztemperatur von ca. 419°C; die Betriebstemperatur eines Verzinkungsbades liegt in den meisten Betrieben zwischen 440°C bis 460°C; in besonderen Fällen auch bei mehr als 530°C (Hochtemperaturverzinkung). Der Zinkgehalt der Schmelze liegt gemäß DIN 50976 bei mindestens 98,5 %.

Beim Verzinkungsvorgang bildet sich als Folge einer wechselseitigen Diffusion des flüssigen Zinks mit der Stahloberfläche auf dem Stahlteil ein Überzug verschiedenartig zusammengesetzter Eisen-Zink-Legierungsschichten. Beim Herausziehen der feuerverzinkten Gegenstände bleibt auf der obersten Legierungsschicht noch eine – auch als Reinzinkschicht bezeichnete – Schicht aus Zink haften, die in ihrer Zusammensetzung der Zinkschmelze entspricht.

Nach dem Eintauchen des Verzinkungsgutes in das geschmolzene Zink verbleiben die Teile im Zinkbad, bis sie dessen Temperatur angenommen haben. Nachdem das Flußmittel nun „abgekocht“ ist, wird die Oberfläche des Zinkbades von Oxiden und Flußmittelresten gereinigt; bevor dann das Verzinkungsgut wieder aus der Zinkschmelze herausgezogen wird (Abb. 3).

### - Kühlen, Kontrollieren

Die nun noch sehr heißen feuerverzinkten Stahlteile kühlen entweder an der Luft oder in einem Wasserbad ab.

In einem letzten Schritt wird dann das fertig verzinkte Material gewogen, da im Regelfall das verzinkte Gewicht die Basis für die Preisermittlung des Unternehmens bildet. Vor der Auslieferung wird die Güte der Feuerverzinkung kontrolliert. Bei Bedarf erfolgt dann noch ein Verputzen der Teile, d.h. es werden, falls nötig, Zinkspitzen und Unsauberkeiten auf dem Zinküberzug beseitigt. Eventuell noch vorhandene Reste von Zinkasche und Flußmitteln werden entfernt.

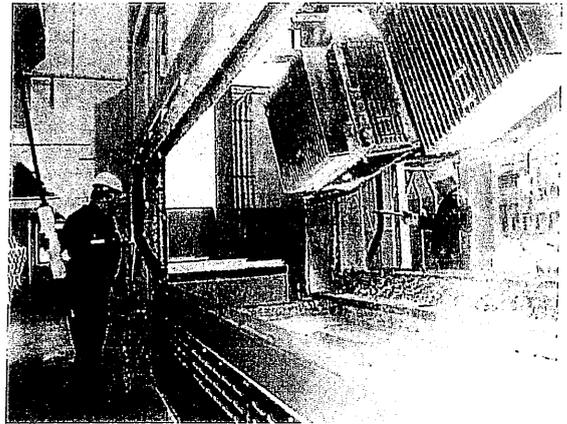


Abb. 3: Normen liefern die Grundlagen für die Arbeit in der Feuerverzinkerei

### 3. ERGEBNIS

Ein wesentliches Kriterium für die Güte einer Feuerverzinkung ist die Dicke des Zinküberzuges: sie wird in  $\mu\text{m}$  gemessen ( $1 \mu\text{m} = 1/1000 \text{ mm}$ ), seltener als flächenbezogene Masse in  $\text{g}/\text{m}^2$  angegeben. In DIN EN ISO 1461 „Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrauchte Zinküberzüge (Stückverzinken)“ sind die Mindestwerte der geforderten Überzugsdicken angegeben, wie sie je nach Materialdicke beim Stückverzinken zu liefern sind (Abb. 4).

Etwaige Fehlstellen im Zinküberzug sind norm- und fachgerecht, vorzugsweise durch Thermisches Spritzen oder durch geeignete Zinkstaubbeschichtungsmittel auszubessern.

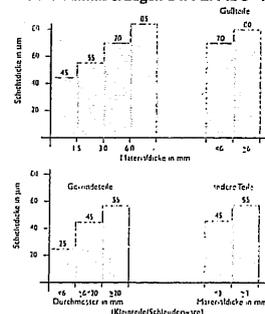
Werden insbesondere an das Aussehen und die Dicke von Zinküberzügen oder an ihr Haftvermögen besondere Anforderungen gestellt, so sind hierüber zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer Vereinbarungen zu treffen.

### 4. VERFAHRENSVARIANTEN

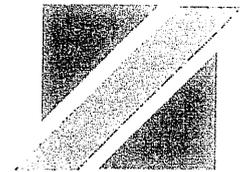
Anlagen zum Stückverzinken sind zum Feuerverzinken von Serienprodukten in einigen Bereichen automatisiert worden. Teil- oder vollautomatische Verzinkungsanlagen gibt es für die Verzinkung von Rohren bzw. Stahlprofilen, sowie für Kleinteile (Schrauben, Muttern, Drahtstifte usw.).

Abb. 4: Mindest-Zinkauflage nach DIN EN ISO 1461. Bei den Materialdicken 1,5 mm, 3 mm und 6 mm gelten jeweils die höheren Werte

Dicke von Zinküberzügen DIN EN ISO 1461



# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 1.3 Feuerverzinken von Kleinteilen

### 1. VERFAHREN

Beim Feuerverzinken von Kleinteilen hat sich in den letzten Jahren eine spezielle, automatisierte Variante des Stückverzinkens entwickelt. Prinzipiell kann man Kleinteile auch nach dem üblichen Verfahren der Stückverzinkung feuerverzinken (siehe Arbeitsblatt 1.2). Bei einer Anzahl von Produkten ist jedoch die dabei erzielbare Qualität und Oberflächengüte nicht ausreichend. Aus diesem Grund wurden speziell für Teile, die nach dem Feuerverzinken zentrifugiert werden müssen (Schrauben, Muttern, Nägel bzw. Stifte und ähnliche Schüttgüter) automatisierte oder teilautomatisierte Verfahrensvarianten entwickelt (Abb.1).

### 2. VERFAHRENSPARAMETER

Ein wesentlicher Unterschied zu den anderen Verzinkungsverfahren besteht aber nicht nur in den weitgehend automatisierten und/oder mechanisierten Verfahrensabläufen, sondern es wurden auch einige Verfahrensparameter verändert. So wird zum Beispiel meistens bei einer höheren Temperatur verzinkt als dieses bei der normalen Stückverzinkung der Fall ist (oberhalb ca. 530°C statt 450°C). Eine Ausnahme dabei bildet die Feuerverzinkung von HV-Schrauben ab M27 der Festigkeitsklasse 10.9; ihre Verzinkung erfolgt bei ca. 470°C. Unmittelbar nach dem Feuerverzinken ist ein Zentrifugieren (Schleudern) der Teile vorgesehen. Durch den Schleudervorgang wird „überflüssiges“ Zink von den Teilen abgeschleudert. Dadurch werden das Paßvermögen und die Gleichmäßigkeit des Zinküberzuges auf der Bauteiloberfläche verbessert. Um ein Zusammenkleben der feuerverzinkten Teile zu verhindern, erfolgt im Regelfall das Abkühlen der Kleinteile in einem Wasserbad.

Maximale Größe und Gewicht der zu verzinkenden Kleinteile sind abhängig von den jeweils vorhandenen Einrichtungen, insbesondere der Aufnahmefähigkeit der Zentrifuge. Es muß deshalb bezüglich Größe und Gewicht

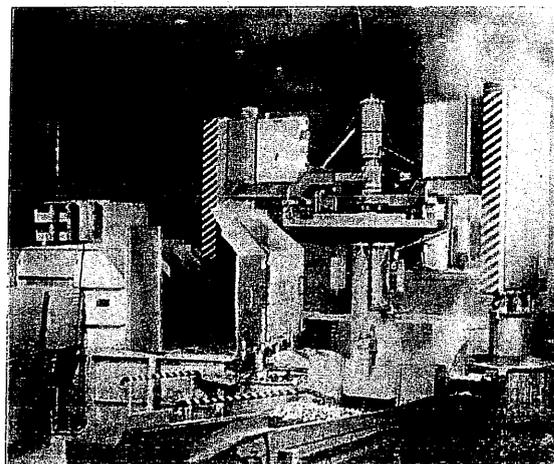
eine Abstimmung mit der Verzinkerei erfolgen. Aufgrund der bei dieser Verfahrensvariante höheren Zinkbadtemperatur, bei der die üblichen Stahlwannen für die Aufnahme der Zinkschmelze nicht eingesetzt werden können, muß im Regelfall mit keramisch ausgekleideten Verzinkungsbädern gearbeitet werden.

In Sonderfällen wird von Feuerverzinkereien auch das Verzinken in speziellen Badlegierungen der Zinkschmelze angeboten.

### 3. WAS SIND KLEINTEILE?

Grundsätzlich gilt auch für das Feuerverzinken von Kleinteilen mit Ausnahme der mechanischen Verbindungselemente (zum Beispiel Schrauben und Muttern) die Verzinkungsnorm DIN EN ISO 1461 „Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgetragene Zinküberzüge (Stückverzinken)“ (siehe auch Arbeitsblatt 3.1). Der Begriff des Kleinteils ist in der Norm jedoch nicht näher definiert. In der Praxis werden die Begriffe „Kleinteile“ und „Schleuderware“ meist synonym benutzt. DIN EN ISO 1461 schreibt neuerdings jedoch bei geschleuderten und nicht geschleuderten Teilen unterschiedliche Überzugsdicken vor. Beispielsweise fordert diese Norm bei geschleuderten Teilen mit einer Dicke > 3 mm eine durchschnittliche Überzugdicke von mindestens 55 µm im Vergleich zu 70 µm bei nicht geschleuderten Teilen.

Auch Kleinteile müssen aus Werkstoffen gefertigt werden, die zum Feuerverzinken geeignet sind (siehe Arbeitsblatt 2.2). Sie müssen auch feuerverzinkungsgerecht konstruiert sein. Dabei ist nicht nur der Verzinkungstechnologie Rechnung zu tragen, sondern es sind auch die besonderen Anforderungen des Zentrifugierens zu berücksichtigen. So kann z.B. das Zentrifugieren von Hutmuttern, Rohrbögen und Bauteilen mit Sacklöchern schwierig, unter Umständen sogar unmöglich werden, da sich aus den Vertiefungen das Zink nicht zuverlässig entfernen läßt.



### 4. AUSSEHEN UND OBERFLÄCHENQUALITÄT

Da durch das Zentrifugieren die sog. Reinzinkschicht nahezu vollständig entfernt wird, ergeben sich bei zentrifugierten (geschleuderten) Kleinteilen meist dünnere Zinküberzüge als bei gleichartigen Bauteilen, bei denen man auf das Zentrifugieren verzichtet. Zentrifugierte Kleinteile zeigen im Regelfall nicht das silbrig glänzende Aussehen des Zinküberzuges, wie man es von der üblichen Stückverzinkung her kennt. Die Oberfläche derartiger Kleinteile weist meist ein hellgraues bis mittelgraues Aussehen des Zinküberzuges auf. Bei diesem abweichenden Aussehen, das auch beim üblichen Stückverzinken auftreten kann, handelt es sich um einen rein optischen Effekt, der keinen Maßstab für die Güte des Korrosionsschutzes darstellt. Da das Aussehen des Zinküberzuges primär werkstoff- und bauteilabhängig ist, kann es in der Praxis vom Feuerverzinker nicht nennenswert beeinflusst werden.

Abb. 1: Automatische Verzinkungsanlage für Kleinteile (Schleuderware)

## 1.3 Feuerverzinken von Kleinteilen

Bei kaltgeschlagenen oder kaltgezogenen Kleinteilen kann unter Umständen bei sehr glatten Oberflächen das Haftvermögen des Zinküberzuges verringert sein.

### 5. PRODUKTE

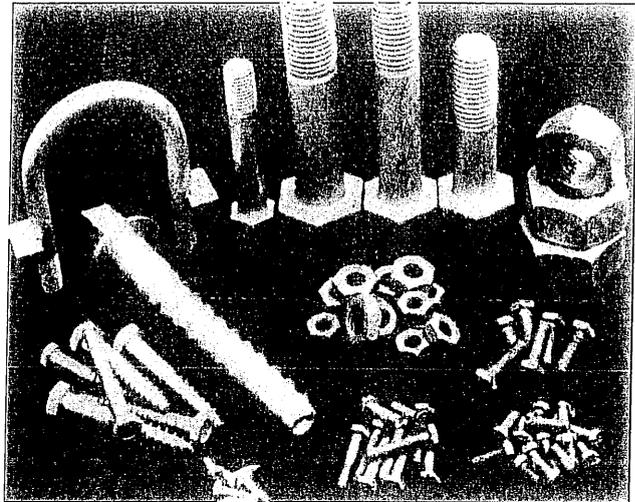
#### - Mechanische Verbindungselemente

Normenmäßig erfaßt sind hierbei die Gewinde von M6 bis M33 (Abb. 2).

Durch das Feuerverzinken darf die Paßfähigkeit von Gewindeteilen selbstverständlich nicht beeinträchtigt werden. Deshalb ist bei feuerverzinkten Schrauben zum Aufbringen des Zinküberzuges ein vergrößertes Gewindespiel erforderlich. Dem wird in DIN 267, Teil 10, Rechnung getragen durch entsprechend geänderte Grundabmessungen im Bolzengewinde in Verbindung mit einer Mindestdicke des Zinküberzuges von 40 µm. Die gleiche Dicke des Zinküberzuges gilt sinngemäß auch bei Unterlegscheiben, die in der Norm nicht gesondert erwähnt sind. Ab 2004 gilt DIN EN ISO 10684.

Muttern werden üblicherweise als Rohlinge nur mit Kerndurchgangsloch feuerverzinkt. Da die Muttergewinde erst nach dem Feuerverzinken in den Rohling geschnitten werden, sind sie nicht feuerverzinkt. Obwohl das Muttergewinde unverzinkt bleibt, rostet es nicht, denn den Korrosionsschutz im unverzinkten

Abb. 2: Feuerverzinkte Kleinteile (Schleuderverware)



Mutterngewinde übernimmt nach der Montage der Zinküberzug des Bolzens, der mit dem Gewinde in unmittelbarem Kontakt steht.

Neben herkömmlichen Verbindungselementen dürfen auch feuerverzinkte Schrauben für HV-Verbindungen (HV = hochfest vorgespannte Verbindungen) der Festigkeitsklasse 10.9, eingesetzt werden – allerdings nur als komplette Garnituren desselben Herstellers. In einigen Anwendungsbereichen sind besondere Anforderungen bei der Verwendung hochfester feuerverzinkter Schraubenverbindungen zu beachten (Abb. 3).

#### - Nägel, Stifte, Scheiben, Haken usw.

Der altbekannte Nagel heißt fachlich korrekt heute Drahnagel. Zum Feuerverzinken gelangen die unterschiedlichsten Formen und Abmessungen von Stiften. Da es bei Kleinteilen aufgrund einer ungünstigen Form hin und wieder vorkommen kann, daß nach dem Feuerverzinken einzelne Stücke durch das Zink miteinander verlötet werden, sollte der zulässige Anteil von solchen „zusammenklebenden“ Teilen im Einzelfall vereinbart werden.

#### - Kleinteile aus Formstahl, Stabstahl und Blech

Kleinteile dieser Rubrik gibt es in den vielfältigsten Formen und Abmessungen. Typische Vertreter sind Schellen, Scharniere, Seilklemmen usw.

Auch hier gilt, daß die verwendeten Werkstoffe und gefertigten Konstruktionen zum Feuerverzinken geeignet sein müssen.

#### - Ketten

Ketten werden, soweit dies gewichtsmäßig zu beherrschen ist, um einen gleichmäßigen Zinküberzug sicherzustellen und ein Verlöten der einzelnen Kettenglieder zu verhindern, ebenfalls nach dem Feuerverzinken zentrifugiert. Schwere Ketten mit großen Längen sind mitunter zu groß, um sie zu zentrifugieren. Hier muß man dann auf das herkömmliche Verfahren der Stückverzinkung zurückgreifen.

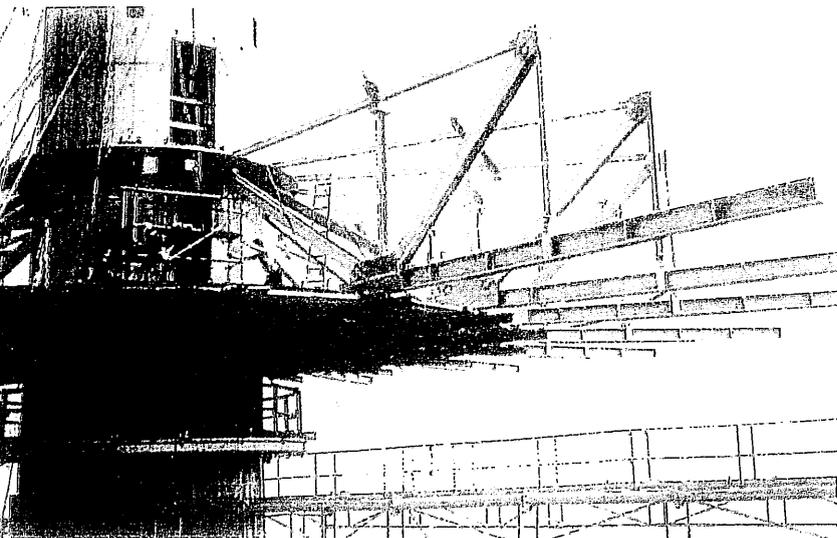
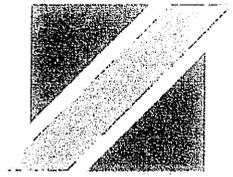


Abb. 3: Feuerverzinkte HV-Schraubverbindungen im Stahlfachwerk einer Fernsehurm-Kanzel

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 1. ALLGEMEINES

Für den Ablauf und das Ergebnis des Feuerverzinkungsprozesses sind die chemische Zusammensetzung (siehe Arbeitsblatt 2.2) und die Oberflächenbeschaffenheit des Grundwerkstoffes von entscheidender Bedeutung. Sie beeinflussen die Dicke, die Struktur und die Qualität des Zinküberzuges. Ebenso wie bei der feuerverzinkungsgerechten Konstruktion und Fertigung gehört es auch hier zu den Aufgaben des Auftraggebers, durch eine sorgfältige Vorbereitung der Stahlteile zu einem optimalen Verzinkungsergebnis beizutragen.

Eine metallisch blanke Stahloberfläche ist die Grundvoraussetzung für das Feuerverzinken. Jede Stahloberfläche ist jedoch aufgrund ihrer chemischen Beschaffenheit, ihrer Herstellung, ihrer Bearbeitung oder ihrer vorausgegangenen Beanspruchung mit artfremden oder arteigenen Schichten bedeckt.

Zu den **artfremden** Schichten gehören unter anderem Öle, Fette, Metallseifen, Stäube, alte Korrosionsschutz-Beschichtungen, Rückstände von Fertigungsmitteln usw. Zu den **arteigenen** Schichten gehören Rost und Zunder, die durch Oxidation der Stahloberfläche entstehen. Im Rahmen der Vorbehandlung des Verzinkungsgutes in der Feuerverzinkerie werden die arteigenen Schichten auf der Stahloberfläche durch das Beizen in verdünnter Salzsäure problemlos und vollständig entfernt; nicht so problemlos ist das bei den meisten artfremden Schichten möglich, die von der Beizsäure nur schwer oder überhaupt nicht gelöst werden.

## 2. ENTFERNUNG VON ARTFREMDEN SCHICHTEN

### – Öle und Fette

Zu den artfremden Schichten gehören Öle und Fette. Zwar verfügen viele Feuerverzinkungsunternehmen heute über Entfettungsbäder; trotzdem sollte der Hersteller der Stahlteile sich bemühen, Öl und Fett von

der Oberfläche des zu verzinkenden Gutes fernzuhalten oder darauf achten, daß leicht emulgierbare Öle und Fette zur Anwendung kommen. Verbleiben Öle und Fette auf der Stahloberfläche, können Verzinkungsfehler (unverzinkte Stellen) entstehen.

### – Schweißschlacken und Schweißhilfsmittel

Beim Schweißen mit umhüllten Elektroden entstehen glasartige Schweißschlacken auf der Schweißnaht. Auch derartige Schichten müssen vom Anlieferer entfernt werden, da sie sonst Fehlstellen im Zinküberzug unmittelbar auf der Schweißnaht entstehen lassen können (Abb. 1).

Beim Schweißen unter Schutzgas entsteht zwar keine ausgeprägte Schlackenschicht; je nach Schweißverfahren und Arbeitsparameter können jedoch auf den Schweißnähten kleine bräunliche, glasartige Rückstände verbleiben. Es handelt sich dabei um Schlacken, die überwiegend aus Mangansilikaten bestehen und die im Extremfall ebenfalls Fehlstellen verursachen können, wie es auch bei den üblichen Schweißschlacken der Fall ist.

Ein besonderes Problem ist, daß diese Mangansilikat-Rückstände, die mitunter nur stecknadelkopf groß sind, kaum auffallen und zudem sehr hartnäckig haften. Es kann unter Umständen erforderlich werden, die Schweißnähte nachträglich mit einem Druckluftnadelgerät zu bearbeiten, oder leicht zu überschleifen oder zu überstrahlen.

Zu den problematischen Schweißhilfsmitteln gehören Schweißsprays, die dafür sorgen sollen, daß Schweißspritzer, die vor allen Dingen beim Schweißen unter Schutzgas leicht entstehen, nicht auf der Werkstückoberfläche festbrennen. Der Schweißbereich wird vor der Schweißung eingesprüht. Der sehr dünne Film sorgt dann dafür, daß Schweißspritzer keine Verbindung zum Grundwerkstoff bekommen.

Derartige Schweißsprays sind für das bloße Auge kaum sichtbar. Sie verursachen jedoch ebenfalls Fehlstellen im Zinküberzug am Rand der Schweißnaht. Falls derartige Schweißsprays benutzt werden, sollten nur fett- und silikonfreie Sprays verwendet werden und das zudem nur äußerst sparsam; am besten ist es, auf derartige Sprays völlig zu verzichten.

**Abb. 1: Fehlstellen im Zinküberzug durch nicht entfernte Schweißschlacken**

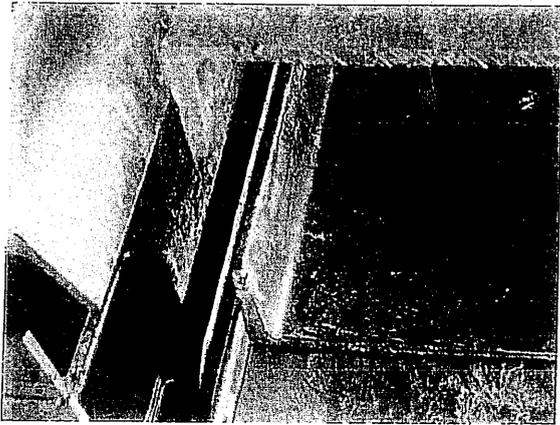


### – Strahlen, Strahlmittelrückstände

Stahlbaukonstruktionen werden mitunter nach der Fertigung gestrahlt. Werden derartige gestrahlte Konstruktionen feuerverzinkt, so muß darauf geachtet werden, daß zuvor Strahlmittelrückstände auch aus den Ecken und Winkeln einer Konstruktion vollständig entfernt, gegebenenfalls abgesaugt werden, da auch sie den Verzinkungsvorgang stören und Fehlstellen im Zinküberzug verursachen können.

### – Farbe, alte Beschichtungen, Signierungen

Stahlteile sind zur besseren Identifikation mitunter mit Farbkennzeichnungen signiert. Ebenso kommt es vor, daß alte Stahlteile verwendet werden, die bereits eine oder mehrere Korrosionsschutzbeschichtungen aufweisen. Auch hier ist eine konsequente Entfernung derartiger Altrückstände durch Strahlen, Schleifen oder in Einzelfällen auch durch Ab-



**Abb. 2: Fehlstellen durch nicht entfernte Signierungen mit Farbe**

brennen oder durch spezielle Farbabweizer unbedingt erforderlich. Unterbleibt diese Maßnahme, können auch hierdurch unverzinkte Stellen im Zinküberzug entstehen (Abb. 2).

In zunehmendem Maße werden heute historische Tore, Gitter und Zäune im Rahmen von Restaurierungsarbeiten aufgearbeitet und vor dem Wiedereinbau durch Feuerverzinken vor Korrosion geschützt. In solchen Fällen ist eine besonders sorgfältige Entfernung der alten Beschichtungen, auch in Ecken und Winkeln, erforderlich. Besondere Problembereiche sind hierbei geklammerte Bunde oder ähnliche Verbindungen, in denen die alte Farbe aus Spalten nur schwer entfernt werden kann. Sorgfältiges Arbeiten ist hierbei erforderlich und zahlt sich aus.

### 3. OBERFLÄCHENRAUHEIT

Die Stahlzusammensetzung beeinflusst entscheidend die Dicke, den Aufbau und die Struktur des Zinküberzuges. Vielfach wird jedoch nicht bedacht, daß auch die Oberflächenrauheit Auswirkungen auf die Dicke des Zinküberzuges hat.

Oberflächen mit einer sehr großen Rauhtiefe, zum Beispiel Stahlteile, die mit einem sehr scharfkantigen Strahlmittel gestrahlt wurden, bilden in der Regel dickere Zinküberzüge als üblich aus, da die raue Struktur der Oberfläche einen größeren Anteil der flüssigen Zinkschmelze beim Herausziehen der Stahlteile aus dem Zinkbad mit-schleppt.

Auch die Verwendung von alten (rostnarbigen) Teilen zusammen mit neuen Teilen kann nach dem Feuerverzinken noch deutlich sichtbare Unterschiede im Aussehen des Zinküberzuges bewirken, da das schmelzflüssige Zink die sehr raue Struktur eines alten, rostnarbigen Stahlteils nur unzureichend einenet (Abb. 3).

Extrem glatte Stahloberflächen (zum Beispiel bei blank gezogenen, geschliffenen oder polierten Oberflächen) können unter Umständen zu dickeren Zinküberzügen führen, da sie das Wachstum sehr dicker Eisen-Zink-Legierungskristalle (sog. Zeta-Schichten) fördern, die für den Aufbau dicker Zinküberzüge verantwortlich sind.

Unebenheiten der Stahloberfläche (Kratzer, Riefen usw.) können dazu führen, daß an diesen Stellen der Zinküberzug stärker mit dem Grundwerkstoff reagiert und daß sich dadurch die Auffälligkeit dieser Bereiche nach dem Feuerverzinken erhöht.

### 4. WERKSTOFFE

Die Verwendung unterschiedlicher Stahlwerkstoffe kann aufgrund der Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung und damit aufgrund der unterschiedlichen Eisen-Zink-Reaktion zu einem unterschiedlichen Erscheinungsbild der Feuerverzinkung auch innerhalb eines Bauteils führen. Gleiches gilt auch, wenn innerhalb einer Stahlkonstruktion aus normalem Baustahl einzelne Elemente aus Guß, nichtrostendem Stahl oder aus anderen Metallen mit verarbeitet werden. Unter Umstän-

den kann bei derartigen Werkstoffen der Zinküberzug fehlerhaft sein, oder es kann überhaupt kein Zink anlagieren. In solchen Fällen ist stets eine vorherige Abstimmung mit der Feuerverzinkerei erforderlich.

### 5. SCHALEN, SCHUPPEN, ÜBERFALTUNGEN

Bei der Herstellung von Stahlprofilen kann es in seltenen Fällen zu Walzfehlern (wie z. B. Schalen, Schuppen, Schalenstreifen und Überfaltungen) an der Oberfläche von Stahlprofilen kommen. Diese Oberflächenfehler sind mit dem bloßen Auge kaum wahrzunehmen. Während des Verzinkungsvorganges dringt jedoch flüssiges Zink unter derartige Überlappungen und durch die dann einsetzende Bildung von Eisen-Zink-Legierungsschichten werden die Ränder einer solchen Überlappung angehoben und dadurch deutlich sichtbar. Auf der feuerverzinkten Oberfläche erscheinen derartige Fehler dann als Pickel (Abb. 4).



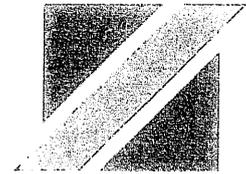
**Abb. 3: Altes und neues Blechteil gemeinsam verzinkt (Rostnarben bleiben sichtbar)**



**Abb. 4: Schliff durch einen Pickel; abgehobene Überfaltung (200:1)**



# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 1. ALLGEMEINES

Beim Feuerverzinken werden Eisen- und Stahlteile durch Eintauchen in eine Zinkschmelze mit einem Zinküberzug versehen und während des Tauchvorganges auf die Zinkbadtemperatur von ca. 450 °C erwärmt. Dabei bilden sich auf der Oberfläche durch wechselseitige Diffusion Eisen-Zink-Legierungsschichten. Beim Herausziehen der Stahlteile aus dem Zinkbad überziehen sich diese Legierungsschichten mit einer Reinzinkschicht. Dadurch entsteht normalerweise ein silbrig glänzender Überzug, teilweise mit einem ausgeprägten Zinkblumenmuster (Abb. 1).

Die Bildung der Eisen-Zink-Legierungsschichten (auch Hartzinkschichten genannt) kann allerdings mit sehr unterschiedlicher Geschwindigkeit ablaufen. Von entscheidender Bedeutung ist dabei die chemische Zusammensetzung des Stahls.

Grundsätzlich lassen sich zwar alle gängigen Baustahlarten und Gußeisenarten feuerverzinken, es kann jedoch insbesondere bei Stählen mit einem kritischen Silicium-Gehalt vorkommen, daß die Reaktion zwischen Eisen und Zink während des Verzinkungsvorganges besonders rasch abläuft und deshalb der Anteil der Eisen-Zink-Legierungsschichten im Zinküberzug größer als normal ist. Im Extremfall kann der gesamte Zinküberzug aus Eisen-Zink-Legierungsschichten bestehen (Abb. 2).

## 2. EINFLUSS VON SILICIUM UND PHOSPHOR

Nach dem bisherigen Kenntnisstand spielen beim Ablauf der Reaktionen zwischen Eisen und der Zinkschmelze insbesondere die Eisenbegleiter Silicium und Phosphor eine entscheidende Rolle. In bestimmten Mengen beschleunigen Silicium und Phosphor die Eisen-Zink-Reaktion während des Feuerverzinkens mit dem Ergebnis, daß dickere Zinküberzüge entstehen. Derartige Zinküberzüge haben meist ein mattes oder graues Aussehen und eine rauhe Oberfläche. Die Gehalte an Silicium und Phosphor im Stahl addieren sich in ihrer Wirkung.

Die verschiedenen praxisüblichen Gehalte an Silicium und Phosphor in allgemeinen Baustählen und ihre Auswirkungen auf das Feuerverzinken lassen sich im Hinblick auf ihre Auswirkungen ungefähr wie folgt beschreiben:

Nr.	Silicium- + 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 %	<b>Sandelin-Bereich</b> , beschleunigte Eisen-Zink-Reaktion, graue Zinkschicht, hohe Schichtdicke
3	Si + P > 0,13 % ≤ 0,28 %	<b>Sebisty-Bereich</b> , 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

Die Übergänge zwischen den einzelnen Bereichen sind fließend und hängen u.a. von der Art der Konstruktion, der Tauchdauer und der Temperatur der Zinkschmelze ab. In den oberen Grenzbereichen beschleunigen Effekte, die von der Topografie der Oberfläche ausgehen, ebenfalls die Eisen-Zink-Reaktion.

Für die Anwendung der Feuerverzinkung unter gestalterischen oder ästhetischen Gesichtspunkten empfehlen sich insbesondere Stähle gemäß Nr. 1; für allgemeine korrosionstechnische Anwendungen sind primär Stähle gemäß Nr. 3 zu bevorzugen.

Ältere Fachliteratur verweist teilweise nur auf die Auswirkungen unterschiedlicher Silicium-Gehalte im Stahl, dieses entspricht ebenso nicht mehr dem Stand der Wissenschaft, wie Empfehlungen, die die Auswirkungen des Phosphorgehaltes mit einer Formel  $Si + 2,5P$  (%) bewerten.

Werden an das Aussehen und die Dicke des Zinküberzuges besondere Anforderungen gestellt, sind insbesondere im Hinblick auf die Auswahl geeigneter Stahlwerkstoffe zwischen Auftraggeber und Feuerverzinkungsunternehmen besondere Abstimmungen zu treffen.

## 3. BESTELLMHINWEISE

Die Feuerverzinkerei hat praktisch kaum eine Möglichkeit, das durch die Stahlzusammensetzung bedingte ex-

treme Wachstum der Eisen-Zink-Legierungsschichten zu beeinflussen. Aus diesem Grunde kommt der Auswahl von Stählen, die für das Feuerverzinken gut geeignet sind, eine besondere Bedeutung zu.

Die für das Stückverzinken maßgebliche DIN EN ISO 1461 „Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgetragene

Abb. 1: Schliffbild eines feuerverzinkten Stahls mit typischem Schichtaufbau

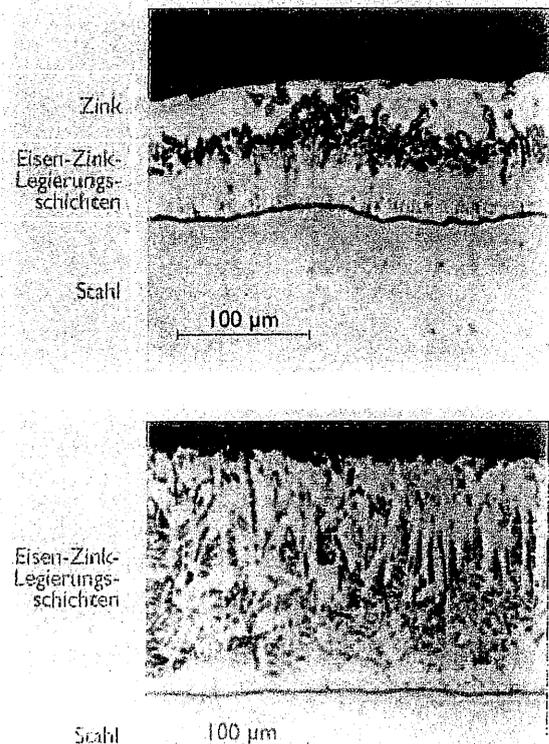


Abb. 2: Schliffbild feuerverzinkten Stahls mit durchgewachsener Fe + Zn-Legierungsschicht

Zinküberzüge (Stückverzinken)“ erwähnt daher auch in den Erläuterungen folgendes:

„Die meisten Stähle lassen sich zufriedenstellend feuerverzinken. Verschiedene reaktive Elemente im Stahl können das Feuerverzinken beeinflussen, z. B. Silicium (Si) und Phosphor (P). Die Stahlzusammensetzung hat einen Einfluß auf die Dicke und das Aussehen von Zinküberzügen.“

Die DIN EN 10025 (Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen; Technische Lieferbedingungen, Ausgabe März 1994) empfiehlt zudem unter Abschnitt 7.5.4 Sonstige Anforderungen:

„Bei der Bestellung können die Eigenschaften zum Feuerverzinken... sowie Güteanforderungen an die entsprechenden Erzeugnisse vereinbart werden.“

Liegen im Einzelfall keine Hinweise über die Stahlzusammensetzung vor oder bestehen Zweifel über die Eignung eines Werkstoffes, empfiehlt es sich, anhand eines kleinen Materialabschnittes eine Probeverzinkung durchzuführen. Aussagefähige Ergebnisse können mit einer Probeverzinkung jedoch nur dann erzielt werden, wenn unter ähnlichen Bedingungen verzinkt wird wie bei den späteren Originalteilen. Die Einhaltung praxistgerechter Bedingungen gilt besonders im Hinblick auf die

Tauchdauer der Probe und die Zinkbadtemperatur.

#### 4. ANDERE STÄHLE

Die vorstehenden Aussagen gelten primär für Stähle im Rahmen der DIN EN 10025. Sollen Stähle außerhalb dieser Norm feuerverzinkt werden, sind unter Umständen besondere Abstimmungen mit der Feuerverzinkerei erforderlich. Das gilt besonders für hochfeste Werkstoffe (z. B. hochfeste, vergütete oder thermomechanisch behandelte Feinkornbaustähle).

Besondere Aufmerksamkeit im Hinblick auf eine Versprödung der Stähle durch Wasserstoff, der beim Beizen aufgenommen werden kann, ist bei Stählen gegeben, wenn ihre Härte höher liegt als etwa 34 HRC, 340 HV oder 325 HB. In solchen Fällen müssen unter Umständen besondere Maßnahmen bei der Vorbereitung des Verzinkungsgutes (z. B. Strahlen der Oberflächen) oder beim Feuerverzinken selbst ergriffen werden.

Beim Feuerverzinken von Gußteilen und von Stählen außerhalb der DIN EN 10025 ist aufgrund der erforderlichen Maßnahmen im Rahmen der Vorbereitung derartiger Stahlteile eine präzise Abstimmung mit der Feuerverzinkerei erforderlich.

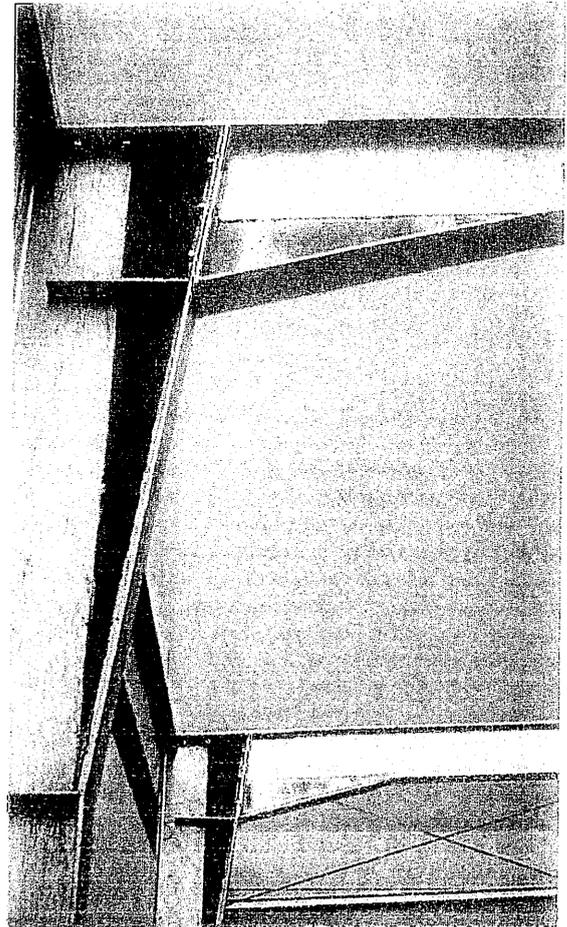


Abb. 4: Dachkonstruktion. Auf den Breitflanschträgern ist der Zinküberzug hellglänzend, auf den eingesetzten Blechecken dagegen mattgrau ausgefallen

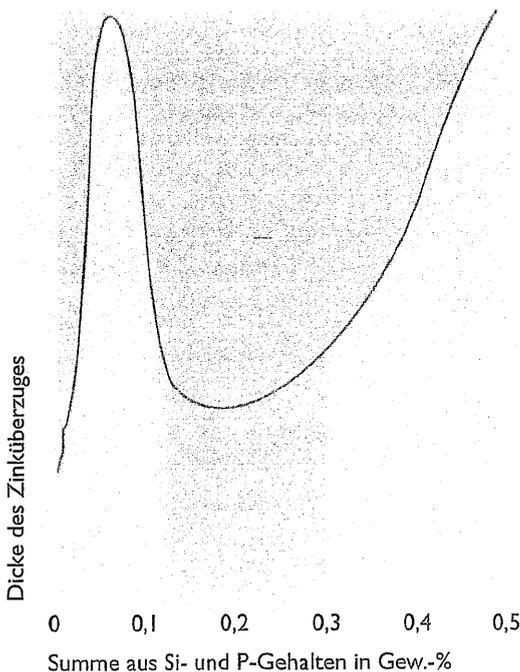


Abb. 3: Einfluß des Silicium- und Phosphorgehaltes im Stahl auf die Dicke von Zinküberzügen (schematisch)

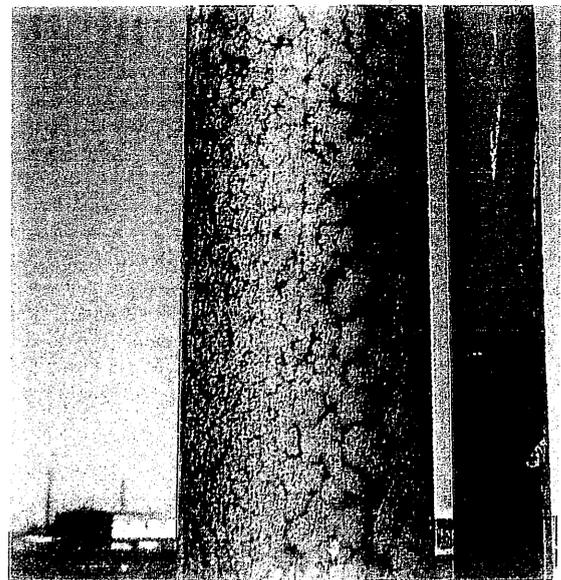
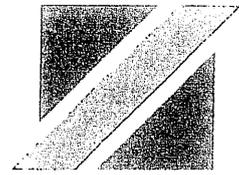


Abb. 5: Graues, netzartiges Aussehen des Zinküberzuges

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 1. ALLGEMEINES

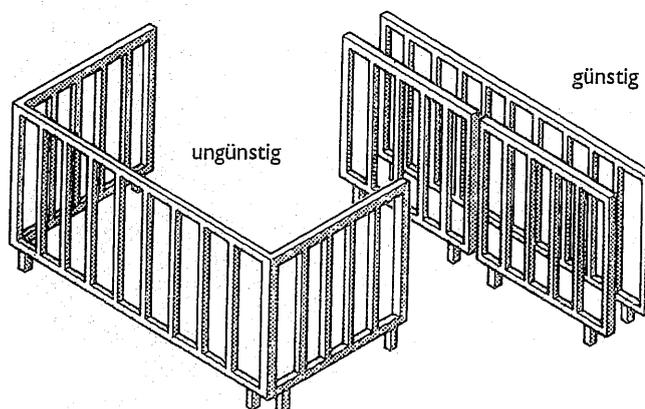
Das Feuerverzinken ist ein Tauchverfahren, das in verschiedenen Bädern durchgeführt wird. Die meisten Anwender vergeben die Feuerverzinkungsarbeiten im Lohnauftrag an die Spezialisten in der Feuerverzinkerei. Der Transport und das Handling von Verzinkungsgut gehören damit automatisch zum Verfahrensablauf dazu. Obwohl die Bäder in den Feuerverzinkereien im Verlaufe der Jahre beträchtliche Abmessungen erreicht haben, sind sie nur von begrenzter Größe. Abmessungen, Gewichte und die damit in Zusammenhang stehenden Sachverhalte sind entscheidende Parameter bei der erfolgreichen Vorbereitung eines Verzinkungsauftrages. Die sich hieraus ergebenden Fragen sollten möglichst früh zwischen Hersteller und Feuerverzinkungsunternehmen abgestimmt werden.

## 2. BADABMESSUNGEN, STÜCKGEWICHTE

Die Verzinkungsbäder in den einzelnen Betrieben haben unterschiedliche Größen. Man sollte sich stets bemühen, einen Verzinkungskessel zu finden, in dem ein Bauteil mit seinen Abmessungen optimal verzinkt werden kann. Die zur Verfügung stehende Größe des Verzinkungsbades sollte bereits bei Festlegung der Konstruktion und ihrer Details bekannt sein. Bei Großkonstruktionen lassen sich dadurch Schwierigkeiten vermeiden, und es lassen sich mitunter noch Schweiß- oder Schraubstöße einzelner Segmente so anordnen, daß die vorhandenen Badabmessungen oder Hublasten der Kräne berücksichtigt werden können. Die in Feuerverzinkereien in der Bundesrepublik Deutschland vorhandenen Verzinkungskessel haben zur Zeit maximale Abmessungen bis ca. 17,2 m Länge, bis zu 2,0 m Breite und ca. 3,5 m Tiefe.

Auch die Transportkapazitäten innerhalb der Feuerverzinkerei sind sehr unterschiedlich. Sie beginnen bei Kleinteilen und Schüttgütern, die von

**Abb. 1: Sperrige Teile vermeiden; sie verteuern das Verzinken und können die Verzinkungsqualität nachteilig beeinflussen**



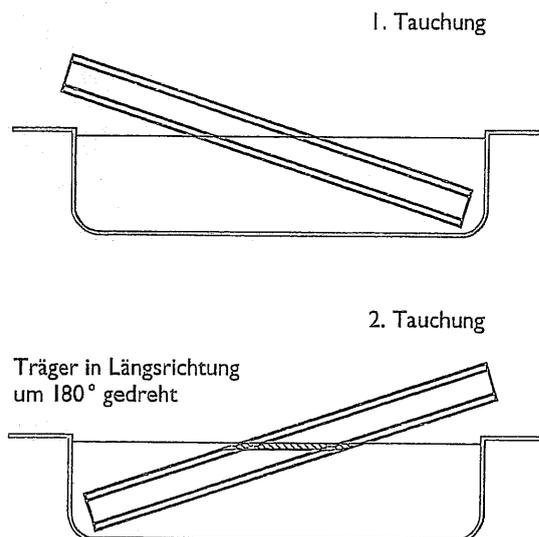
Hand transportiert und verzinkt werden, bis hin zu Großkonstruktionen mit Stückgewichten von über 10 Tonnen.

Es ist auf jeden Fall erforderlich, sowohl die maximalen Abmessungen der Einzelteile als auch deren maximales Gewicht mit der Feuerverzinkerei frühzeitig abzustimmen.

## 3. SPERRIGE TEILE

Um das Feuerverzinken möglichst schnell und damit rationell und in guter Qualität durchführen zu können, sollten Stahlteile, die feuerverzinkt werden, nicht sperrig sein. Sperrige Teile können bereits beim Transport Schwierigkeiten bereiten und unter Umständen beim Feuerverzinken erfordern sie jedoch einen wesentlich höheren Arbeitsaufwand als nicht sperrige Teile. Da die Kosten beim Feuerverzinken unter anderem von der optimalen Beladung der Gestelle und Traversen abhängig sind, verursachen ungünstige, sperrige Konstruktionen auch zwangsläufig erhöhte Kosten.

Die Konstruktion sollte daher möglichst glatt und ebenflächig (zweidimensional) geplant sein, auch auf die Gefahr hin, daß dadurch der spätere Montage- oder Zusammenbauaufwand



steigt (Abb. 1). Derartige Stahlteile lassen sich einfacher und rationeller transportieren und ebenso kostengünstiger und qualitativ besser feuerverzinken.

**Abb. 2: Feuerverzinken von überlangen Teilen in 2 Teilschritten**

#### 4. MEHRFACHTAUCHUNGEN

Durch zweimaliges oder mehrfaches Tauchen einzelner Bereiche kann erreicht werden, daß auch übergroße Stahlteile, deren Feuerverzinkung in einem Arbeitsgang nicht möglich ist, einen Zinküberzug erhalten. Durch dieses mehrfache Tauchen der Stahlteile ergibt sich jedoch eine ungleichmäßige Erwärmung der Bauteile, die unter ungünstigen Bedingungen einen Verzug der Stahlteile zur Folge haben kann. Bis zum Erreichen der Zinkbadtemperatur dehnt sich ein Stahlteil um 4-5 mm je laufenden Meter Bauteillänge. Unterschiedliche Erwärmung ist bei mehrfachem Tauchen unvermeidlich, da sich stets ein Teil der Konstruktion in der 450 °C heißen Zinkschmelze befindet, der andere Teil hingegen an der kühleren Luft. Dieses hat auch eine unterschiedliche Ausdehnung der Ober- bzw. Unterseite eines Bauteils zur Folge.

Das Feuerverzinken von langen, schlanken Stahlteilen (z.B. Stützen, Masten) ist relativ problemlos, da sich nur geringfügige Unterschiede in der Wärmedehnung der Ober- bzw. Unterseite eines Bauteils einstellen (Abb. 2). Komplizierter wird es, wenn das Stahlteil eine große Höhe besitzt und aus diesem Grunde beim Feuerverzinken gedreht werden muß.

Ist eine solche Konstruktion relativ nachgiebig, kann sie der unterschiedlichen Längenausdehnung leicht nachgeben, und die Längendifferenz zwischen Ober- und Unterseite wird über einen längeren Weg abgebaut (Abb. 3a). Ist das Stahlteil hingegen sehr massiv gebaut und versteift, kann es in ungünstigen Fällen als Folge der hohen Verformungskräfte, die nicht ausgeglichen werden können, zu Verzug oder gar zur Ribbildung kommen (Abb. 3b). Hier kommt es daher besonders auf die konstruktive Ausbildung des Gesamtsystems und der Details (Anschlüsse, Querschnittsbildung) an, damit das Mehrfachtauchen komplizierter Konstruktionen funktioniert.

Der beim mehrfachen Tauchen von Großkonstruktionen im Zinkbad zwangsläufig entstehende Überlappungsbereich, der mehrfach dem Einfluß der Zinkschmelze ausgesetzt

war, kann sich durch eine größere Dicke des Zinküberzugs und/oder durch ein anderes Aussehen von den übrigen Oberflächenbereichen unterscheiden.

#### 5. AUFHÄNGUNGEN

Die Aufhängung von Stahlteilen sollte stets an solchen Stellen möglich sein, die gewährleisten, daß das flüssige Zink beim Herausziehen der Stahlteile aus dem Zinkbad problemlos ablaufen kann. Aus diesem Grunde sollten die Aufhängepunkte auch gegebenenfalls die vorhandene Anordnung der Zulauf- und Entlüftungsöffnungen berücksichtigen (Abb. 4). Durch die richtige Anordnung der Aufhängung und der Entlüftungsöffnungen wird vermieden, daß Zink unbeabsichtigt aus der Schmelze ausgeschleppt wird und dadurch zu einer hohen Gewichtsbelastung des Bauteils führen kann.

Bei hohen Stückgewichten, sehr großen oder auch weichen Stahlkonstruktionen sollte genau festgelegt sein, wo die Stahlteile aufgehängt werden können, ohne sie zu beschädigen. Bei Großkonstruktionen muß die Tragfähigkeit derartiger Aufhängepunkte gegebenenfalls berechnet werden. Derartige Aufhängungen erleichtern den Transport und die Montage und erleichtern ebenso das Handling in der Feuerverzinkerei.

#### 6. WERKSTOFFDICKEN

Große Werkstoffdicken bewirken aufgrund längerer Durchwärmzeiten und damit längerer Tauchzeiten beim Feuerverzinken auch größere Dicken des Zinküberzuges - sowohl auf dem dickwandigen Stahlteil selbst als auch auf den damit verbundenen dünneren Stahlteilen, denn letztlich entscheidet immer das Element mit der größten Werkstoffdicke über die Tauchzeit des Bauteils im Zinkbad.

Optimal sind Werkstücke mit möglichst gleichen oder nahezu gleichen Werkstoffdicken. Da dieses im Regelfall nicht sichergestellt ist, sollte darauf geachtet werden, daß das Verhältnis von maximaler Werkstoffdicke zu minimaler Werkstoffdicke möglichst  $< 5$  ist. Bei sehr ungünstigen Dickenverhältnissen sollte über eine lösbare Verbindung (z. B. Schraubverbindung) der einzelnen Elemente nachgedacht werden.

Abb. 3a und 3b: Wärmeausdehnung am Beispiel von Rahmenkonstruktionen, die in zwei Teilschritten feuerverzinkt werden (Prinzipiskizze)

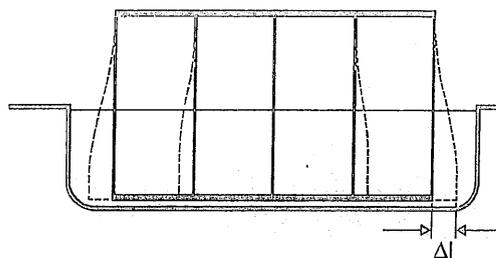


Abb. 3a: Günstig (Wärmedehnung kann über einen langen Weg ausgeglichen werden)

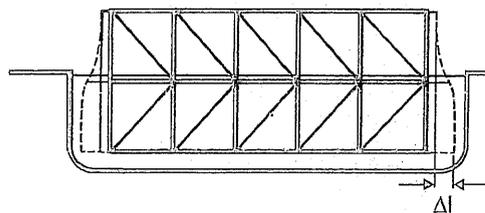


Abb. 3b: Ungünstig – Rahmen mit Versteifung (Wärmedehnung kann nur über einen kurzen Weg ausgeglichen werden)

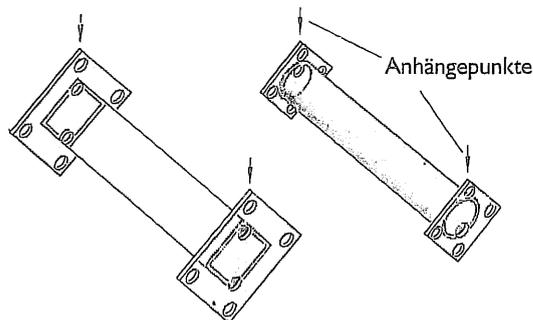
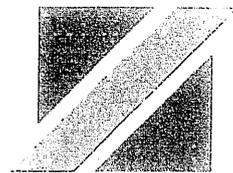


Abb. 4: Auf günstige und sichere Aufhängemöglichkeit achten

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 1. ALLGEMEINES

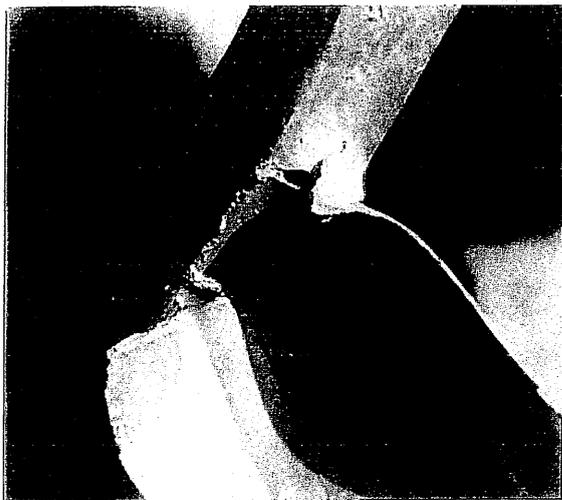
Die beim Feuerverzinken durchzuführenden Arbeitsgänge, wie z.B. Entfetten, Beizen, Spülen, Fluxen und das Feuerverzinken selbst sind Tauchvorgänge. Aus diesem Grund muß dafür gesorgt werden, daß das jeweilige Behandlungsmedium in alle Ecken und Winkel einer Konstruktion – auch in die Hohlräume – eindringen kann.

Das Feuerverzinken bietet die Möglichkeit, Behälter und Rohrkonstruktionen in einem Arbeitsgang innen und außen mit einem Zinküberzug zu überziehen. Dafür müssen

die Bauteile so konstruiert sein, daß beim Eintauchen in das Zinkbad einerseits das Zink ungehindert und schnell in das Innere der Stahlprofile eindringen kann, (dadurch wird die in den Hohlräumen vorhandene Luft verdrängt) und daß andererseits beim Herausziehen das „überflüssige“ Zink restlos auslaufen und die Luft wieder in die Hohlräume einströmen kann. Es muß demnach bei jedem Einzelprofil ein vollständiger Durchfluß aller Behandlungsmedien gewährleistet sein, der gegebenenfalls durch entsprechende Öffnungen sicherzustellen ist.

Werden beim Feuerverzinken von Hohlkörpern Luft und Feuchtigkeit eingeschlossen, können gefährliche Überdrücke und Explosionen im Zinkbad die Folge sein. Verdampfende Feuchtigkeit kann bei der Erhitzung auf 450°C zu einem hohen Überdruck und damit sogar zur explosionsartigen Zerstörung von Bauteilen führen (Abb. 1).

**Abb. 3: Empfohlene Duchmesser für Entlüftungsbohrungen an Hohlprofilen**



**Abb. 1: Konstruktion aus Rechteckhohlprofilen, die im Zinkbad als Folge fehlender Bohrungen auseinandergerissen wurde**

Hohlprofil-Abmessungen in mm:

Mindest-Loch-Ø in mm bei einer jeweiligen Anzahl der Öffnungen von:

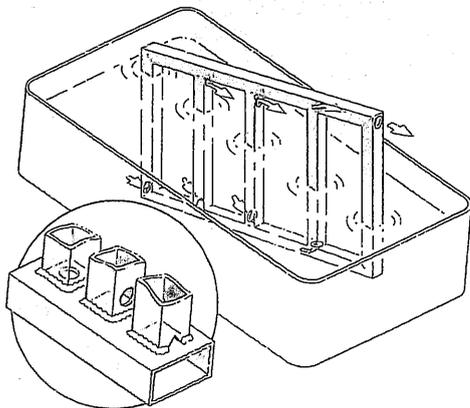
		Mindest-Loch-Ø in mm bei einer jeweiligen Anzahl der Öffnungen von:			
		1	2	4	
kleiner als:					
15	15	20 x 10	8		
20	20	30 x 15	10		
30	30	40 x 20	12	10	
40	40	50 x 30	14	12	
50	50	60 x 40	16	12	10
60	60	80 x 40	20	12	10
80	80	100 x 60	20	16	12
100	100	120 x 80	25	20	12
120	120	160 x 80	30	25	20
160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

## 2. ROHRKONSTRUKTIONEN

Richtig angeordnete und ausreichend dimensionierte Zu- und Ablauföffnungen sind ein wesentlicher Beitrag zu einer rationellen Verzinkung und einer guten Verzinkungsqualität.

Die erforderlichen Öffnungen sind stets so anzubringen, daß sie der Art der Aufhängung der Teile in der Verzinkerei (meist schräge Aufhängung) Rechnung tragen (Beispiel s. Abb. 2). Hierbei ist darauf zu achten, daß die Öffnungen soweit wie möglich in der Ecke eines Bauteils angebracht sind. Üblicherweise werden die Bohrungen nachträglich von außen angebracht. Unter Umständen kann es aber auch sinnvoll sein, die erforderlichen Bohrungen bereits vor dem Zusammenbau anzubringen und sie so zu platzieren, daß sie später verdeckt und somit nicht mehr sichtbar sind.

**Abb. 2: Verschiedene Möglichkeiten für die Entlüftung von Rohrkonstruktionen**



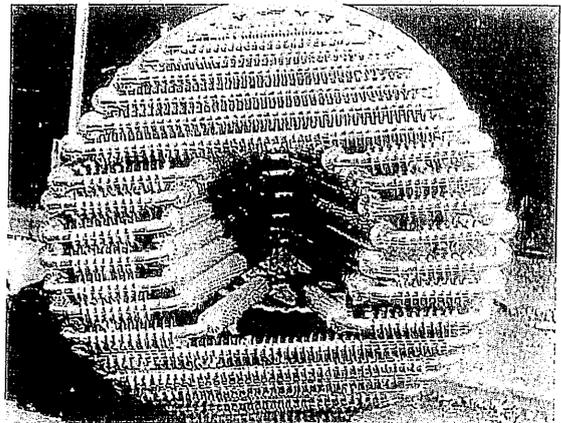
Die Größe der Bohrungen ist abhängig vom jeweiligen Luftvolumen, das die Öffnungen passieren muß. Also sind sie abhängig von der Länge und dem Querschnitt der verarbeiteten Stahlprofile. Als Orientierung sollten die Werte der Abb. 3 berücksichtigt werden.

### 3. AUSSEN-VERZINKUNG BEI ROHREN UND BEHÄLTERN

In speziellen Fällen, zum Beispiel bei Wärmetauschern, kann es notwendig sein, die Rohrsysteme nur von außen zu verzinken. Diese „Nur-Außenverzinkung“ ist jedoch aufwendiger und teurer als die übliche Innen- und Außenverzinkung. Die geringfügige Einsparung an Zink steht in keinem Verhältnis zum größeren Aufwand, der mit dieser Art der Verzinkung verbunden ist.

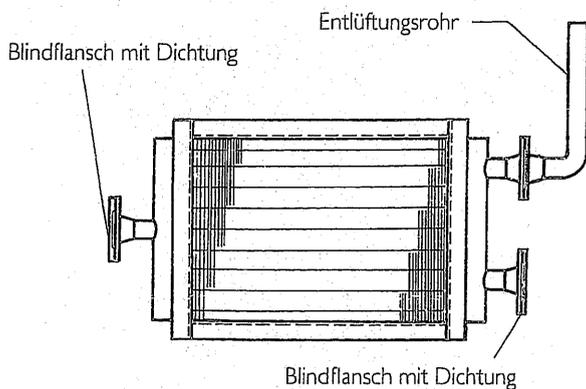
Konstruktionen, die nur auf ihrer Außenseite feuerverzinkt werden, müssen so abgedichtet sein, daß keine Flüssigkeit in das Innere eindringen kann. Um einen hohen Innendruck zu vermeiden, der sich unter Umständen in einem geschlossenen Rohrsystem bildet, müssen derartige Konstruktionen zusätzlich mit einem Steigrohr versehen werden (Abb. 4). Das Dichtungsmaterial muß so ausgewählt werden, daß es sowohl der Beize in der Vorbehandlung als auch der heißen Zinkschmelze widersteht.

Ein besonderes Problem ist der enorme Auftrieb, der beim Nur-Außenverzinken von Rohrkonstruktionen entsteht. Da Zink eine etwa siebenmal höhere Dichte als Wasser hat, wird beim Eintauchen von Hohlkörpern in die Zinkschmelze ein



**Abb. 6: Feuer-  
verzinkter  
Wärmetauscher  
(nur außen ver-  
zinkt) für die  
Nahrungsmittel-  
industrie**

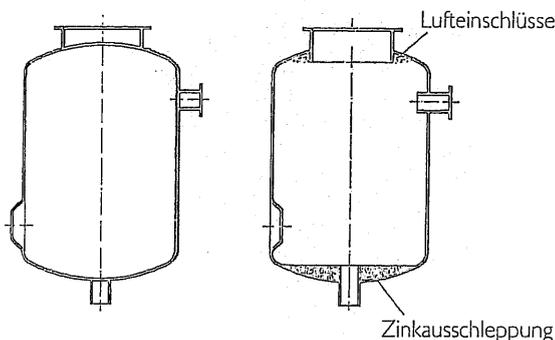
Auftrieb erzeugt, der auch etwa siebenmal höher ist als der in Wasser. Durch Zusatzgewichte von mitunter mehreren Tonnen müssen derartige Rohrsysteme unter die Oberfläche des Verzinkungsbades gedrückt werden. Hierbei ist darauf zu achten, daß auch das zu verzinkende Bauteil die durch den Auftrieb entstehende Gewichtsbelastung erträgt und auch der Druck des Belastungsgewichtes ohne Schaden aufgenommen werden kann.



**Abb. 4: Zusatzmaßnahmen zum Abdichten und Entlüften bei der „Nur-Außenverzinkung“**

a) günstig

b) ungünstig



**Abb. 5: Günstige bzw. ungünstige Anordnung von Flanschen und Stützen an Behältern**

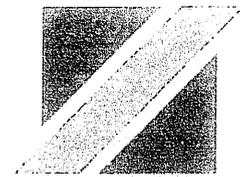
### 4. BEHÄLTER

Grundsätzlich gelten die vorstehenden Informationen sinngemäß auch für Behälter. Bei derartigen Konstruktionen ist jedoch zusätzlich darauf zu achten, daß Anschlüsse, Flansche und Stützen stets so angebracht werden, daß sie möglichst bündig mit der Oberfläche des Behälters abschließen (Abb. 5a). Nur dadurch kann erreicht werden, daß keine Lufteinschlüsse zu Fehlstellen führen und unbeabsichtigt ausgeschlepptes Zink das Volumen des Behälters verringert. Lufteinschlüsse entstehen unter anderem durch eingezogene Rohrstützen oder durch Entlüftungsöffnungen, die nicht an der obersten Stelle des Behälters angebracht sind (Abb. 5b).

Auch Verstärkungsrahmen, Verstärkungsrippen und ähnliche Teile an oder in Behältern müssen so ausgebildet sein, daß sich keine Lufteinschlüsse bilden.

Große und schwere Behälter können leichter und sicherer feuerverzinkt werden, wenn sie mit entsprechenden Aufhängeösen versehen sind.

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



Konstruktionen aus Profilstahl finden überwiegend im Stahlbau Anwendung; daher gelten die nachstehenden Ausführungen auch in erster Linie für den Bau von Konstruktionen im Bereich des Stahlbaus.

## 1. WERKSTOFFE/ WERKSTOFFDICKEN

Werden Konstruktionen aus Profilstahl hergestellt, müssen Werkstoffe verwendet werden, die zum Feuerverzinken geeignet sind. Es sollten daher nur Stähle verwendet werden, die gemäß DIN EN 10025, Abschnitt 7.5.4. als Feuerverzinken geeignet eingestuft sind. Eine entsprechende Vereinbarung zwischen Verarbeiter und Stahllieferant ist bereits bei der Stahlbestellung zu treffen (siehe auch Arbeitsblatt 2.2). Große Werkstoffdicken erfordern in der Regel auch eine längere Tauchdauer im Zinkbad. Das Profil mit der größten Werkstoffdicke entscheidet stets über die Tauchdauer des gesamten Bauteils. Optimal für das Feuerverzinken sind daher Werkstoffe aus Profilen, die eine gleiche oder nahezu gleiche Werkstoffdicke aufweisen. Große Unterschiede in der Materialdicke sollten möglichst vermieden werden.

Hinsichtlich der maximalen Bauteilabmessung und der jeweiligen Stückgewichte sollte eine frühzeitige Abstimmung mit dem Feuerverzinkungsunternehmen erfolgen (siehe auch Arbeitsblatt 2.3).

## 2. OBERFLÄCHEN- VORBEREITUNG

Konstruktionen aus Profilstahl werden im allgemeinen unbehandelt in die Feuerverzinkerei geliefert. Die zum Feuerverzinken erforderliche Vorbereitung der Oberfläche ist Bestandteil des Prozesses. Allerdings sind normgemäß Verunreinigungen, die nicht durch Beizen oder Entfetten zu entfernen sind (z.B. Beschichtungen, Schweißschlacken usw.), vom Anlieferer zuvor zu entfernen (siehe auch Arbeitsblatt 2.1).

Im Rahmen der Fertigung im Stahlbaubetrieb werden Konstruktionen im allgemeinen gestrahlt. Hierbei ist darauf zu achten, daß Rückstände des Strahlmittels von der Konstruktion (z.B. aus Ecken und Vertiefungen) vollständig entfernt werden müssen.

Bei Brennschnittkanten, insbesondere bei plasmageschnittenen Werkstückkanten, kann es im Bereich der Schnittflächen zu Veränderungen in der Werkstückoberfläche kommen (z.B. Entkohlung). Diese Veränderungen können auch eine veränderte Eisen-Zink-Reaktion zur Folge haben – mit dem Ergebnis, daß sich Zinküberzüge ausbilden, deren Dicke unter den geforderten Normwerten liegt. In solchen Fällen kann es erforderlich werden, die Brennschnittflächen mindestens 0,1 mm abzarbeiten, z.B. durch Schleifen.

## 3. EIGENSPPANNUNG UND VERZUG

Hohe Eigenspannungen können als Folge der Erwärmung während des Verzinkungsvorganges einen Verzug von Konstruktionen aus Profilstahl

auslösen. Eigenspannungen können in jeder Konstruktion vorhanden sein, z.B. in Form von Walzspannungen, Schweißspannungen, Richtspannungen usw. Diese Eigenspannungen stehen miteinander im Gleichgewicht und bewirken zunächst keine Verformung. Durch das Einbringen von Wärme wird dieses Gleichgewicht jedoch im allgemeinen gestört. Verformungen können dann die Folge sein. Der Gefahr des Verzuges an Stahlkonstruktionen kann man durch solche konstruktiven Maßnahmen weitgehend begegnen, mit denen man auch den Verzug beim Schweißen in Grenzen hält.

Zusammengesetzte Querschnitte, die in Einzelteilen feuerverzinkt und dann mit feuerverzinkten mechanischen Verbindungsmitteln (z.B. Schrauben) zusammengefügt werden, sind problemlos. Ist eine solche Lösung nicht möglich, sind die verbindenden Schweißnähte so anzuordnen, daß sie in der Nähe der Schwerachse des gesamten Profils liegen. Wenn auch das nicht machbar ist, sollten sie möglichst symmetrisch in gleichem Abstand zur Schwerachse liegen und möglichst auch gleichzeitig ausgeführt werden.

Abb. 2:  
Großflächige  
Überlappungen  
möglichst vermeiden

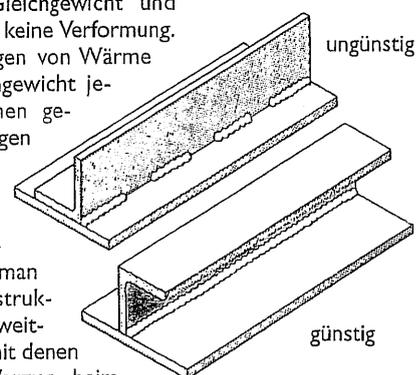


Abb. 3:  
Überlappungs-  
flächen ggf. mit  
Entlastungsöff-  
nung versehen

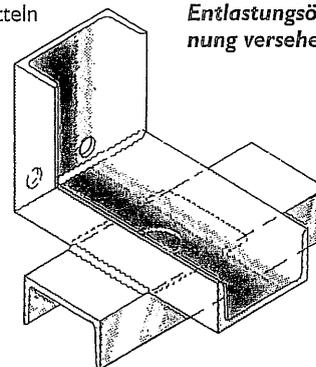
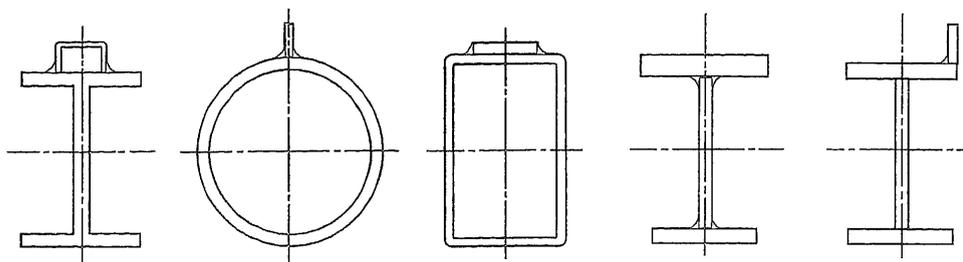
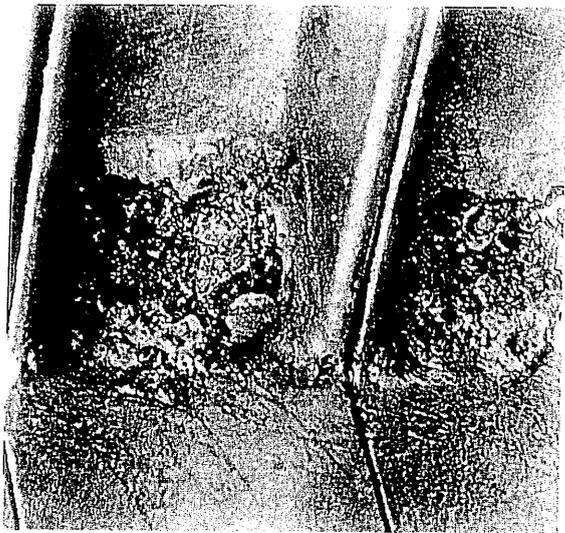


Abb. 1: Außer-  
mittig ange-  
ordnete  
Schweißnähte  
an Profilen, die  
zum Verzug der  
Stahlteile beim  
Feuerverzinken  
führen können





**Abb. 4:** Ausgeschlepptes Zink infolge fehlender Durchflußöffnung

Bei symmetrischen Querschnitten ist die Verzugsgefahr am geringsten. Unsymmetrische Profilquerschnitte weisen eine größere Verzugsgefahr besonders dann auf, wenn einseitig dickere Schweißnähte in größerem Abstand zur Schwerachse angeordnet sind (Abb. 1).

#### 4. ÜBERLAPPUNGEN

Überlappungsflächen sind aus Gründen des Korrosionsschutzes nach Möglichkeit zu vermeiden (Abb. 2). In die entstehenden Spalten kann Flüssigkeit aus den Vorbehandlungsbädern eindringen, die beim Tauchen in die Zinkschmelze explosionsartig verdampft. Kleinflächige Überlappungen sind ringsum dicht zu verschweißen.

Werden großflächige Überlappungen erforderlich (z.B. bei zusätzlichen Gurtlamellen) sollten Entlastungsbohrungen mindestens auf einer Seite des überlappenden Bleches angeordnet werden, um zu verhindern, daß durch Erwärmung der Luft im Spalt zwischen den Lamellen Überdruck entsteht (Abb. 3).

#### 5. FREISCHNITTE UND DURCHFLUSSÖFFNUNGEN

Um Konstruktionen aus Profilstahl in guter Qualität feuerverzinken zu können, sind Verstärkungen, Schottbleche oder ähnliches mit Freischnitten zu versehen. Da die Stahlteile beim Tauchen in die verschiedenen Behandlungsbäder in der Feuerverzinkerei stets schräg getaucht werden, muß die Anordnung der Öffnungen so erfolgen, daß das

Zink ohne Behinderung an den Ecken und Winkeln einer Konstruktion ein- und auslaufen kann. Andernfalls wird Zink mit ausgeschleppt (Abb. 4) oder Luftpneinschlüsse führen zu Verzinkungsfehlern.

Freischnitte und Durchflußöffnungen sollten möglichst paarweise angeordnet werden. Freischnitte können, wie in Abb. 5 am Beispiel der Aussteifungen für U-Profile dargestellt, ausgeführt werden. Freischnitte an Stegblechen und Lamellen sind analog auszuführen. Öffnungen zum Durchfluß der Vorbehandlungsmittel und des flüssigen Zinks sind grundsätzlich mit einem Durchmesser  $>10$  mm auszuführen. Im Regelfall sollten bei Stahlbau-Konstruktionen, in Abhängigkeit von ihrer Größe und der Anzahl vorhandener Öffnungen, deren Durchmesser stets  $>14$  mm betragen.

#### 6. VERBINDUNGEN

Die Verbindungen von Bauteilen aus Profilstahl durch mechanische Verbindungsmittel, z.B. Schrauben, kann sowohl in der Werkstatt als auch auf der Baustelle erfolgen.

Montagestöße mit mechanischen Verbindungsmitteln sind wegen ihrer Demontierbarkeit geschweißten Stößen vorzuziehen.

Die Verbindung mit mechanischen Verbindungsmitteln hat den Vorteil, daß alle aufeinanderliegenden Flächen der in Einzelteilen feuerverzinkten Profile und Bleche vollständig geschützt sind. Dabei sind grundsätzlich feuerverzinkte Verbindungsmittel zu verwenden.

#### 7. AUSBESSERN VON FEHLSTELLEN

Für Schweißarbeiten nach dem Feuerverzinken sind die Schweißbereiche sowie eine mindestens 10 mm breite Zone beiderseits der Fugenflanken von Zink zu befreien. Nach dem Schweißen ist der Korrosionsschutz in diesem Bereich auszubessern.

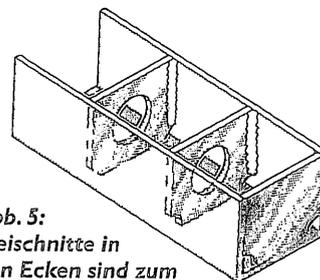
Auch beim Transport oder bei der Montage von Konstruktionen aus Profilstahl kann es vorkommen, daß der Zinküberzug lokal beschädigt wird. Derartige Fehlstellen müssen ebenfalls fachgerecht nachgebessert werden. Es empfiehlt sich, alle Fehlstellen im Zinküberzug grundsätzlich in Anlehnung an DIN EN ISO 1461 Abschnitt 6.3 auszubessern. Hiernach sind für das Ausbessern von Fehlstellen folgende gleichberechtigte Verfahren vorgesehen:

- Thermisches Spritzen mit Zink,
- Geeignete Zinkstaubbeschichtung(en),
- Lote auf Zinkbasis.

Die Ausbesserung muß innerhalb der praktikablen Grenzen dieser Systeme erfolgen. Sie muß ferner die Entfernung von Verunreinigungen und die notwendige Reinigung und Oberflächenvorbereitung der Schadstelle zur Sicherstellung des Haftvermögens beinhalten.

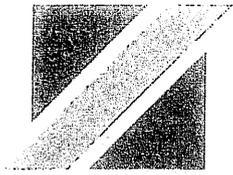
Die Schichtdicke des ausgebesserten Bereichs muß mindestens 30 µm mehr betragen als die geforderte örtliche Dicke des Zinküberzugs an der entsprechenden Stelle.

Die normenmäßig vorgesehenen Ausbesserungsverfahren sind sowohl hinsichtlich des erforderlichen Aufwandes als auch bezüglich der Schutzwirkung unterschiedlich. Das Thermische Spritzen mit Zink bzw. das Auftragen geeigneter Zinkstaubbeschichtungen ist i. d. R. den Loten auf Zinkbasis vorzuziehen (siehe auch Arbeitsblatt 2.12).



**Abb. 5:** Freischnitte in den Ecken sind zum vollständigen Ein- und Auslaufen des Zink erforderlich

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## I. BLECHWAREN

Feuerverzinkte Bleche für Dach-  
eindeckungen, Wandverkleidungen,  
Schilder, Lüftungskanäle usw. werden  
heute größtenteils aus kontinuierlich  
feuerverzinktem Feinblech produziert.  
Hierbei steht das feuerverzinkte  
Blech als Halbzeug am Beginn der  
Fertigungslinie.

Zu den Blechwaren, die zunächst  
produziert und dann anschließend  
stückverzinkt werden, gehören u.a.  
Müllbehälter, Schutzplanken, Fahrge-  
stelle, Futtertröge, Gießkannen, Eimer,  
Gehäuse usw.

Will man Teile aus Blech feuerver-  
zinken, muß man zunächst die gleichen  
Grundsätze beachten, die es auch bei  
allen anderen Teilen zu beachten gilt:

- der verwendete Werkstoff muß zum  
Feuerverzinken geeignet sein, und
- die Konstruktion muß feuerver-  
zinkungsgerecht konstruiert und  
gefertigt werden.

Wegen der Vielzahl der Erzeugnisse  
und der mannigfaltigen Bearbeitungs-  
möglichkeiten kommen bei Blech-  
waren nahezu alle herkömmlichen  
Verbindungsverfahren, wie Schweißen,  
Schrauben, Nieten und Falzen in Frage.  
Sollen diese Erzeugnisse jedoch durch  
eine nachfolgende Feuerverzinkung vor  
Korrosion geschützt werden, ist be-  
sondere Sorgfalt hinsichtlich der  
zweckmäßigsten Formgebung und des  
jeweils günstigsten Verbindungsverfah-  
rens erforderlich.

Die wichtigsten Kriterien für ein  
gutes Verzinkungsergebnis bei Blech-  
waren sind hierbei:

- die Wahl eines günstigen Ver-  
bindungsverfahrens,
- die Wahl einer zweckmäßigen  
Formgebung.

Das für die Herstellung von  
Blechwaren am häufigsten verwen-  
dete Verbindungsverfahren ist das  
Schweißen, wobei diese Verbindungen  
sowohl vor als auch nach dem Ver-  
zinkungsvorgang problemlos durch-  
geführt werden können. Allerdings muß  
beim Schweißen nach dem Feuer-  
verzinken eine sorgfältige Ausbeser-  
ung des Korrosionsschutzes im  
Schweißbereich erfolgen, denn durch  
die Wärmeeinbringung während des

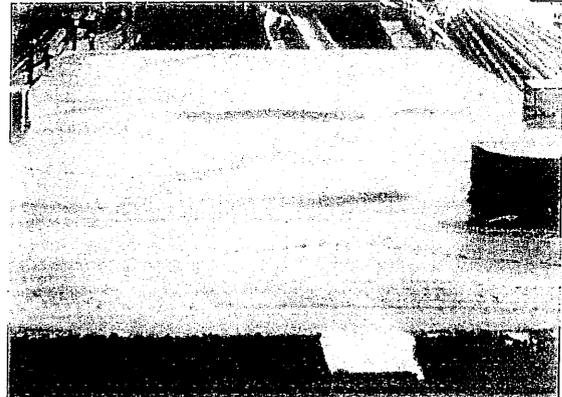
Schweißvorganges wird dort der  
Zinküberzug lokal zerstört.

Niet-, Schraub- und Lötverbin-  
dungen sollten bevorzugt erst nach  
dem Feuerverzinken hergestellt  
werden.

Das Kleben von Blechteilen kann  
grundsätzlich erst nach dem Feuer-  
verzinken durchgeführt werden, da zur  
Zeit noch keine Kleber bekannt sind,  
die in der Praxisanwendung die Tem-  
peraturbelastung beim Verzinkungs-  
vorgang unbeschadet überstehen.

Blechkonstruktionen sollten mög-  
lichst so ausgeführt werden, daß dem  
Blech bei der Erwärmung in der  
Zinkschmelze die Möglichkeit zur  
Ausdehnung gegeben wird. Pro laufen-  
dem Meter Blech tritt im Zinkbad  
(Temperatur ca. 450 °C) eine Wär-  
meausdehnung von ca. 4-5 mm auf.  
Durch das Schaffen von Ausdehnungs-  
möglichkeiten läßt sich in den meisten  
Fällen ein Verziehen oder Verwerfen  
von Blechteilen vermeiden.

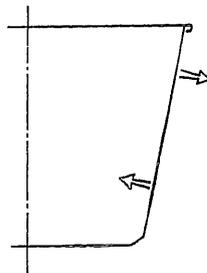
Ungünstig sind Konstruktionen mit  
glatten Flächen, denn die Stabilität  
dünner Bleche ist recht gering. Wenn  
zudem noch die Ausdehnung beim  
Feuerverzinken behindert wird, kommt  
es leicht zu Verwerfungen (Abb. 1).



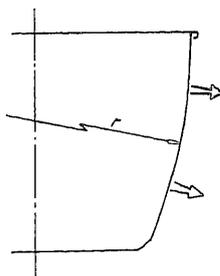
Blechen mit einem großen Biege-  
radius sollte daher bei der Verarbeitung  
der Vorzug gegenüber glatten Blech-  
flächen eingeräumt werden (ge-  
steuerte Ausdehnung). Ein ähnlicher  
Effekt läßt sich auch durch Sicken oder  
durch pyramidenförmiges diagonales  
Abkanten erreichen (Abb. 2).

Abb. 1: Verzug an  
einer großflächigen  
Blechkonstruktion  
als Folge fehlender  
Ausdehnungs-  
möglichkeiten

Wie man durch konstruktive Maß-  
nahmen auch bei relativ geringen  
Blechkicken ohne Verwerfungen feu-  
erverzinken kann, läßt sich gut am  
Beispiel von Müll-Containern (Abb. 3)  
zeigen. Man sollte jedoch davon  
absehen, durch das Aufschweißen von  
Versteifungsstegen den Blechen mehr  
Stabilität zu verleihen. Im Regelfall ist



Links ungünstig:  
Verformung bei der  
Erwärmung im Zink-  
bad je nach Lage und  
Größe der Eigen-  
spannungen des  
Materials möglich.



Rechts günstiger:  
Material kann  
gleichmäßig bei  
Erwärmung/  
Ausdehnung  
ausweichen.

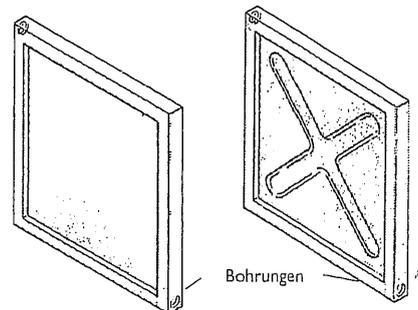
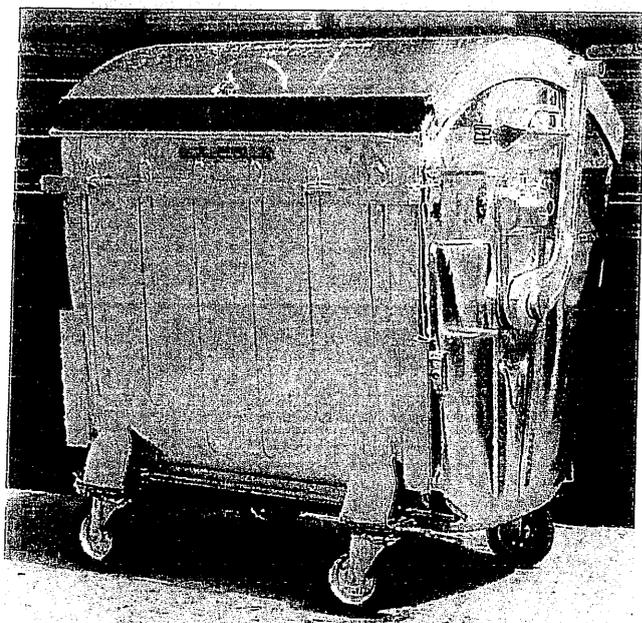


Abb. 3



**Abb. 3: Feuer-  
verzinkter  
Müllcontainer  
in feuerverzin-  
kungsgerechter  
Ausführung**

deutlich auszudehnen. Dieses kann dazu führen, daß Tore oder Zaun-  
elemente, die aus einem Rahmen mit  
einer eingesetzten Welldraht-Füllung  
bestehen, nach dem Feuerverzinken  
unschöne Verwerfungen des Welldraht-  
Einsatzes aufweisen. Hier sollte man  
versuchen, durch konstruktive Maß-  
nahmen der Welldraht-Füllung die  
Möglichkeit zu geben, sich ohne Behin-  
derung ausdehnen zu können. Dieses  
kann man zum Beispiel erreichen,  
indem man nicht jedes Drahtende mit  
dem umlaufenden Rahmen verschweißt  
oder die Welldraht-Gitter und die  
Rahmen jeweils separat  
verzinkt und erst danach miteinander  
verschraubt oder verschweißt.

den Blechränder gefalzt oder gebör-  
delt, muß diese Arbeit sehr sorgfältig  
durchgeführt werden, damit sich in  
den Spalten keine Säure- oder Fluß-  
mittelreste festsetzen können und  
damit sichergestellt werden kann, daß  
durch die Zinkschmelze diese Überlap-  
pungen sorgfältig verlötet werden.

Versieht man Kanten aus Stabilitäts-  
gründen mit Biegeradien, so ist dafür zu  
sorgen, daß ein unbehinderter Ein-  
und Auslauf des Zinks erfolgen kann;  
gegebenenfalls müssen hierfür separate  
Bohrungen abgebracht werden.

## 2. DRAHTWAREN

Draht für Zaunanlagen (Maschendraht)  
oder Drahtgeflechte werden in der  
Regel in automatisch arbeitenden  
Verzinkungsanlagen als Halbzeug  
feuerverzinkt und erst anschließend  
zum fertigen Produkt weiterver-  
arbeitet. Drahtwaren, die stückver-  
zinkt werden, sind seltener. Anzutref-  
fen sind solche Produkte jedoch in  
der Landwirtschaft (Geflügelzucht)  
(Abb. 4) und im Zaunbau bei speziellen  
Zaunsystemen.

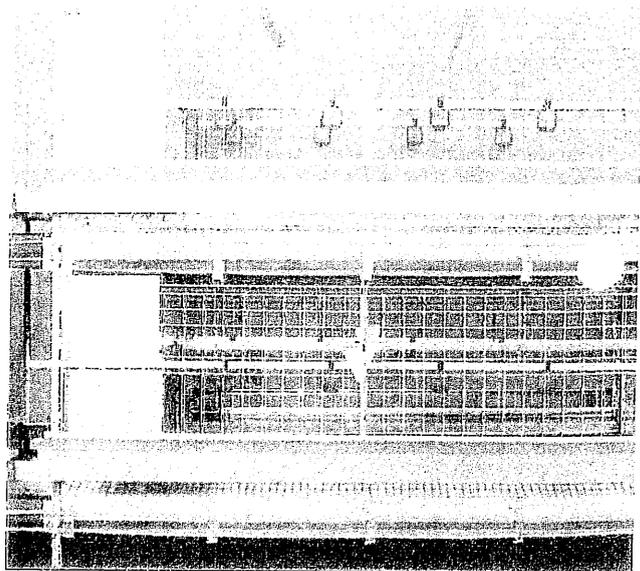
Neben der Verwendung eines zum  
Feuerverzinken geeigneten Werk-

stoffes sind keine besonderen Maß-  
nahmen bei der Konstruktion von  
Bauteilen im Hinblick auf das Feuer-  
verzinken zu beachten. Man muß  
jedoch daran denken, daß manche  
Drähte ihre Festigkeit erst durch eine  
Kaltverfestigung erhalten. Bei Ver-  
wendung ungeeigneter Stahldraht-  
Werkstoffe mit einer erheblichen  
Kaltverfestigung kann es zu einer  
Versprödung der Drähte kommen  
(sog. Reckalterung), die mitunter erst  
nach dem Feuerverzinken bemerkt  
wird. Hier muß man durch die Ver-  
wendung alterungsunempfindlicher  
Werkstoffe vorbeugen.

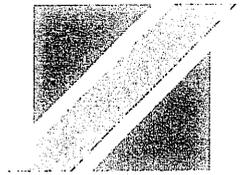
Bei Drahtwaren bietet das Feuer-  
verzinken neben dem gewünschten  
Schutz vor Korrosion als weiteren  
Pluspunkt noch eine Erhöhung der  
Steifigkeit dieser Produkte, denn durch  
das zusätzliche Verlöten durch das  
schmelzflüssige Zink an den Kreuz-  
ungspunkten der Drähte wird  
die Stabilität einzelner Bauelemente  
weiter gesteigert.

Bei der Verarbeitung von Welldraht  
muß daran gedacht werden, daß  
Welldrähte die Neigung besitzen,  
sich bei der Erwärmung im Zinkbad

**Abb. 4: Draht-  
elemente für  
die Geflügel-  
haltung**



# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 1.2 Konstruktion aus feuerverzinkten Halbzeugen

### 1. ALLGEMEINES

Üblicherweise werden zuvor gefertigte Stahlkonstruktionen, vorgefertigte Baugruppen und bereits verarbeitete Einzelelemente feuerverzinkt. Es kommt jedoch mitunter vor, daß Konstruktionen zu sperrig oder zu labil sind, um sie als vorgefertigte Teile stückverzinken zu können; dann kann es sinnvoll sein, diese Konstruktionen aus zuvor feuerverzinkten Halbzeugen zu erstellen. In einigen Anwendungsbereichen, z.B. bei Rohren für installationszwecke, ist es üblich, mit feuerverzinktem Halbzeug zu arbeiten.

Feuerverzinkte Hohlprofile gibt es als Rund- oder Rechteckrohr in einer Vielzahl von Abmessungen und Stärken und in der Regel in Längen von 6 oder 12 Metern (Abb. 1). Aber nicht nur bei Hohlprofil-Halbzeugen kommt die Feuerverzinkung zur Anwendung, auch bei kalt- oder warmgewalzten Stahlprofilen aus Vollmaterial bietet der gut sortierte Stahlhandel eine Vielzahl von Abmessungen an.

Die Halbzeuge werden üblicherweise in mechanisierten oder teilmechanisierten Anlagen kostengünstig und rationell feuerverzinkt. Man erreicht eine hohe Güte und Ebenmäßigkeit des Zinküberzuges, die sich teilweise durch ein Überblasen der Profile mittels Druckluft unmittelbar beim Herausziehen der Teile aus dem Zinkbad noch weiter erhöhen läßt.

Feuerverzinkte Halbzeuge lassen sich ebenso weiterverarbeiten wie unverzinkte Stahlprofile. Im Rahmen der Weiterverarbeitung werden sie üblicherweise abgelängt und mit gängigen Verbindungsverfahren, wie zum Beispiel Schweißen, Schrauben, Nieten, Löten oder Kleben, miteinander verbunden; auch Steckverbindungen kommen vor.

Im Zuge der Weiterverarbeitung wird der Zinküberzug in den meisten

Fällen lokal mehr oder weniger stark beschädigt. Ob und in welchem Umfang Ausbesserungsarbeiten am Zinküberzug durchgeführt werden müssen, ist im Einzelfall zu prüfen.

### 2. ANFORDERUNGEN

„Eine Kette ist nur so stark wie ihr schwächstes Glied!“ Aus diesem Grund ist unter Berücksichtigung des Korrosionsschutzes die aus feuerverzinktem Halbzeug hergestellte Stahlkonstruktion mit der als Fertigteil feuerverzinkten Stahlkonstruktion nur dann vergleichbar, wenn

- die Dicke des Zinküberzuges den Werten der DIN EN ISO 1461 „Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrauchte Zinküberzüge (Stückverzinken)“ entspricht,
- die Schäden am Zinküberzug (insbesondere an den Schweißstellen) fachgerecht gemäß DIN EN ISO 1461, Abschnitt 6.3, ausgebessert werden,
- der ausgebesserte Bereich die in DIN EN ISO 1461 genannten Grenzen nicht überschreitet (Ausbesserungsbereich maximal 0,5% der Bauteiloberfläche; größte Einzel-Ausbesserungsstelle maximal 10,0 cm<sup>2</sup>).

Eine sorgfältige, fachkundige Ausbesserung der Schadstellen im Zinküberzug erfordert zwar einen gewissen Mehraufwand; dafür bietet die Verarbeitung von bereits feuerverzinkten Halbzeugen aber den Vorteil, daß verarbeitungsbedingte Eigenspannungen keinen Verzug während des Verzinkungsvorganges verursachen können.

Die Ausbesserung muß die Entfernung von Verunreinigungen und die notwendige Reinigung und Oberflächenvorbereitung der Schadstelle zur Sicherstellung des Haftvermögens beinhalten.

Abb. 1: Beim Warenausgang erfolgt im Rahmen der Qualitätskontrolle eine Schichtdickenmessung

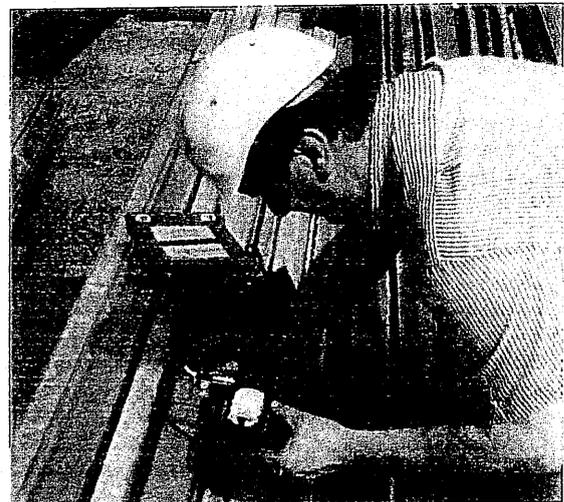


Abb. 2: Ausbessern von Schadstellen mittels Zinkstaub-Beschichtungsstoffen (Schadstellen nur kleinflächig ausbessern)

Die Ausbesserung muß durch thermisches Spritzen mit Zink (DIN EN 22063) oder durch eine geeignete Zinkstaubbeschichtung, innerhalb der praktikablen Grenzen solcher Systeme erfolgen. Die Verwendung von Loten auf Zinkbasis ist ebenfalls möglich.

Die Schichtdicke des ausgebesserten Bereichs muß mindestens 30 µm mehr betragen als die geforderte örtliche Dicke des Zinküberzugs an der entsprechenden Stelle nach DIN EN ISO 1461, Tabelle 2 oder 3. Falls die Feuerverzinkerei darauf hingewiesen wird, daß ein verzinktes Teil zusätzlich beschichtet werden soll, sollte der Auftraggeber darauf hingewiesen werden, daß das Ausbessern von Fehlerstellen zulässig ist; er sollte über das gewählte Ausbesserungsverfahren und die hierzu verwendeten Stoffe informiert werden. Auftraggeber und Beschichter sollten sich vergewissern, daß das nachfolgende Beschichtungssystem für die verwendeten Verfahren und Materialien geeignet ist.

### 3. VERARBEITUNG

Feuerverzinkte Halbzeuge müssen bis zur Weiterverarbeitung sorgfältig gelagert werden, um einer Schädigung, z.B. durch Weißrostbildung, vorzubeugen. Bei der Lagerung von Material in Bündeln oder Paketen im Freien besteht stets die Gefahr, daß sich Feuchtigkeit zwischen den Profilen sammelt. Gerade bei frisch feuerverzinkten Stahlprofilen kann sich unter intensiver Feuchtigkeitseinwirkung und ungünstigen Belüftungsverhältnissen Weißrost bilden.

Der Gefahr der Weißrostbildung kann man vorbeugen, indem man die Stahlprofile trocken lagert und z.B. die Luftzirkulation zwischen den Profilen durch Holzzwischenlagen fördert. Das Abdecken von frei gelagerten Materialbündeln durch Plastikfolien oder Planen kann unter Umständen unerwartete Nachteile haben, denn unter der Abdeckung kommt es zu starker Kondenswasserbildung, welche die Verzinkung beschädigen kann.

Bei der Weiterverarbeitung der Profile – z.B. beim Sägen, Bohren oder Trennen – muß darauf geachtet werden, daß Eisenspäne auf der verzinkten Oberfläche nicht zu einer Fremdrostbildung führen. Fremdrost entsteht, wenn sich Eisenpartikel auf feuerverzinkten Oberflächen ablagern und dort zusammen mit Feuchtigkeit Rost bilden. Bei Feuchtigkeitseinwirkung verfärbt sich der Bereich um derartige Eisenpartikel intensiv rotbraun (Abb. 3). Lassen sich lose aufliegende Säge- und Bohrspäne oder Reste von Schweißelektroden noch relativ leicht abfegen, so sind festgebrannte Partikel, wie sie beim Trennschleifen als extrem heiße Funken auf die feuerverzinkten Oberflächen geschleudert werden können, sehr viel problematischer. Diese heißen Eisenpartikel brennen sich auf der Oberfläche des Zinküberzugs fest und lassen sich mit einfachen Mitteln nicht mehr entfernen.

Zwar lassen sich feuerverzinkte Halbzeuge weitgehend wie unverzinkte Stahlprofile verarbeiten, es ist jedoch größte Vorsicht geboten, wenn es darum geht, die Profile in einem engen Radius zu biegen, abzukanten oder zu stanzen. In solchen Fällen kann es vorkommen, daß der Zinküberzug die auftretenden Belastungen nicht unbeschadet übersteht (Abb. 4). Es können kleine Risse oder lokale Abplatzungen auftreten.

Die Verwendung von feuerverzinkten Halbzeugen kann in einigen Anwendungsbereichen, in denen das Stückverzinken nicht möglich ist, Vorteile haben; jedoch erfordert die Weiterverarbeitung und die damit verbundene Ausbesserung unverzinkter Stellen im Zinküberzug stets einen gewissen Mehraufwand. Es ist im Einzelfall zu entscheiden, welche Art der Feuerverzinkung einzusetzen ist.

Abb. 3: Rotbraune Verfärbung von feuerverzinkten Stahlprofilen durch Fremdrost

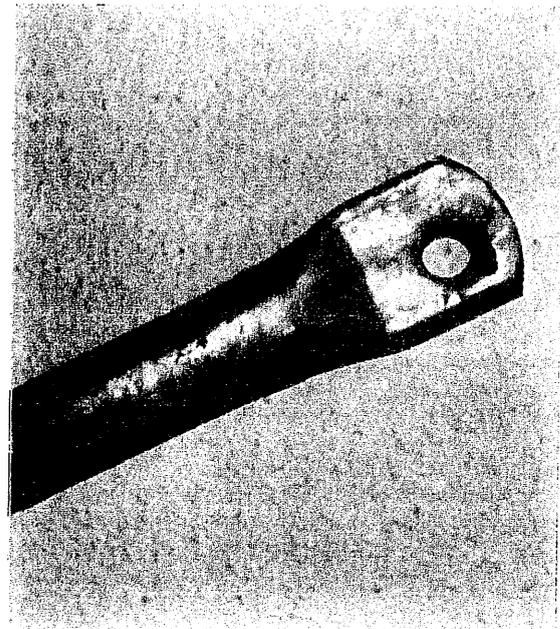
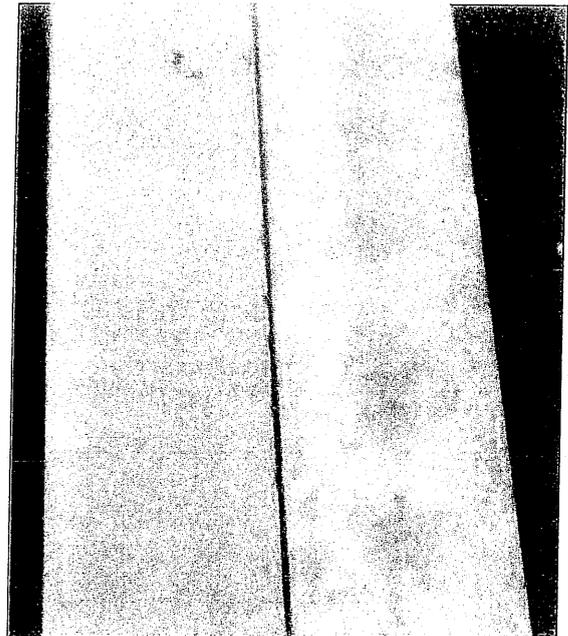
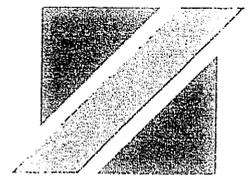


Abb. 4: Abgeplatzter Zinküberzug am verformten Ende eines Rohrprofils

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 2. Auswirkungen von Verzug

### 1. URSACHEN

Verantwortlich für einen unter Umständen auftretenden Verzug beim Feuerverzinken ist der Abbau von Eigenspannungen als Folge der Erwärmung der Stahlteile im Zinkbad, das eine Temperatur von ca. 450 °C hat. Bei dieser verringert sich die Streckgrenze des Stahls gegenüber den Werten bei Raumtemperatur um etwa die Hälfte.

Bei sehr hohen Eigenspannungen in einer Stahlkonstruktion kann es dann unter Umständen dazu kommen, daß vorhandene Spannungsspitzen sich durch plastische Formänderung abbauen. Liegen nämlich die Eigenspannungen einer Konstruktion erheblich oberhalb der während des Feuerverzinkens vorübergehend verringerten Streckgrenze des Stahls, so kann der Stahl diese Eigenspannungen nicht mehr aufnehmen. Die Spannungen werden als plastische Formänderung abgebaut – es entsteht Verzug (Abb. 1).

Eigenspannungen sind in jeder Stahlkonstruktion mehr oder weniger ausgeprägt vorhanden und im Regelfall beim Feuerverzinken völlig unproblematisch. Eigenspannungen, die zum Beispiel in Form von Walz-, Verformungs- oder Schweißspannungen in einer Konstruktion vorhanden sein können, stehen normalerweise untereinander im Gleichgewicht und geben zu einer Verformung zunächst keinen Anlaß. Durch das Einbringen der Wärme beim Feuerverzinken kann dieser Zustand jedoch gestört werden und dann können Verformungen die Folge sein.

Das Ausmaß möglicher Verformungen ist unter anderem abhängig von

- der Größe der vorhandenen Eigenspannungen,
- ihrer Verteilung und Wirkrichtung innerhalb der Konstruktion,
- der Steifigkeit der Konstruktion und
- der Art und Dicke des verwendeten Werkstoffes.

### 2. GEGENMASSNAHMEN

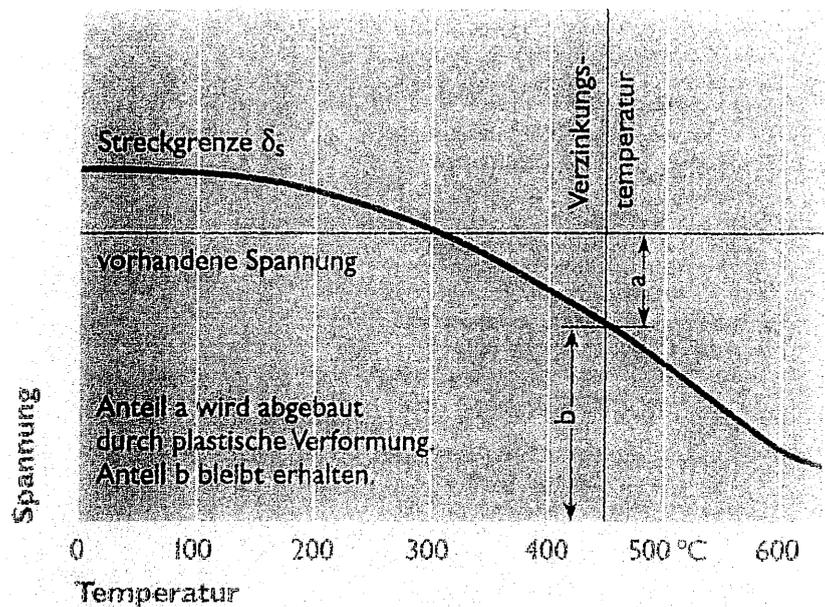
Dem Verzug von Stahlkonstruktionen beim Feuerverzinken kann man durch konstruktive Maßnahmen begegnen. Hierbei geht man von Überlegungen aus, mit denen auch in der Schweißtechnik fertigungsbedingte Eigenspannungen niedrig gehalten werden.

Grundsätzlich läßt sich ohnehin feststellen, daß Eigenspannungen als Folge des Schweißens die größte Rolle beim Entstehen von Verzug spielen. Man sollte sich also von vornherein bemühen, die Spannungen in einer Stahlkonstruktion möglichst niedrig zu halten und Spannungsspit-

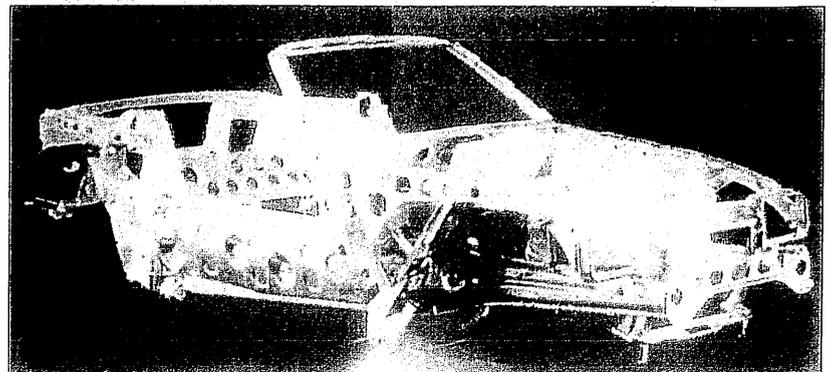
zen zu vermeiden, damit der Stahl trotz vorübergehend nachlassender Festigkeit während des Verzinkungsvorganges in der Lage ist, die inneren Spannungen vollständig aufzunehmen, ohne zu plastifizieren. Die Aufstellung eines Schweißfolgeplans kann hierbei eine Hilfe sein (siehe auch Arbeitsblatt 2.9).

Symmetrische Profilquerschnitte, symmetrische Anordnung der Schweißnähte und keine größere Dimensionierung der Schweißnähte als notwendig sind die wesentlichen Maßnahmen zur Reduzierung der Verzuggefahr.

**Abb. 1:** Schematischer Verlauf der Streckgrenze des Stahls bei Temperaturerhöhungen und Darstellung von Spannungsanteilen, die zu Verzug führen können



**Abb. 2:** Stückverzinktes Stahlblechchassis des BMW Z1



Bei Blechkonstruktionen ist darauf zu achten, daß die Ausdehnung der Blechteile, die als Folge der Erwärmung auf die Temperatur der Zinkschmelze stattfindet, nicht behindert wird. Gleichzeitig muß durch konstruktive Maßnahmen dafür gesorgt werden, daß glatte Blechflächen versteift werden (zum Beispiel durch Sicken oder Abkantungen), um so der Bildung von Beulen oder Verwerfungen entgegenzuwirken (siehe auch Arbeitsblatt 2.6). Daß bei sorgfältiger Vorplanung selbst ein Feuerverzinken von komplizierten, dünnwandigen Blechkonstruktionen ohne nennenswerten Verzug möglich ist, zeigt sich in der Automobiltechnik, in der in einigen Fällen stückverzinkte Blechkonstruktionen als Chassis eingesetzt werden (siehe Abb.2).

### 3. MEHRFACHTAUCHUNGEN

Große Stahlkonstruktionen lassen sich wegen ihrer Abmessungen mitunter nicht in einem Arbeitsgang in den zur Verfügung stehenden Verzinkungsbädern feuerverzinken. In solchen Fällen kann durch schrittweises Mehrfachtauchen erreicht werden, daß auch Stahlteile mit Übergröße feuerverzinkt werden. Hierbei sind jedoch zusätzliche Aspekte im Hinblick auf die Vermeidung von Verzug zu berücksichtigen.

Das Mehrfachtauchen von vollwandigen, schlanken Walzprofilen für Stützen und Träger ist im allgemeinen unproblematisch, da diese anders als zum Beispiel mit Stegsteifen versehene Blechträger keine Kerben aufweisen. Zudem sind die Unterschiede, die sich durch eine unterschiedliche Erwärmung zwischen der Ober- und Unterseite eines Profils ergeben, relativ unbedeutend.

Bei größeren Konstruktionen erhöht sich jedoch infolge der ungleichmäßigen Erwärmung des Bauteils die Gefahr des Verzuges und gegebenenfalls auch der Ribbildung. Neben einer über alle Details des Verzinkungsvorganges sorgfältigen Abstimmung zwischen Stahlbau- und Feuerverzinkungsunternehmen ist grundsätzlich folgendes zu beachten:

Beim Mehrfachtauchen von Großkonstruktionen handelt es sich vorrangig um ein Verformungsproblem (als Folge der Wärmedehnung) und weniger um ein Spannungsproblem (als Folge der schweißtechnischen Fertigung), da örtlich auftretende Spannungen, die die Fließgrenze des Stahls überschreiten, ebenso wie beim Schweißen durch lokale Plastifizierung abgebaut werden.

Starker Verzug und gegebenenfalls dadurch initiierte Risse lassen sich vermeiden, wenn Möglichkeiten geschaffen werden, damit die beim Mehrfachtauchen auftretenden unterschiedlich großen Längenausdehnungen einzelner Bauelemente auf einem möglichst langen Weg aufgenommen werden. Die dann noch auftretenden Längenausdehnungen bewegen sich nur im elastischen Bereich, d.h. nach dem Feuerverzinken nimmt das abgekühlte Stahlteil seine ursprüngliche Form wieder an.

Zur Erläuterung sind in Abbildung 3 einige Beispiele dieses Sachverhaltes angegeben, die nachstehend erklärt werden.

Reihe 1: Die Differenz  $\Delta l$  der Längenänderung zwischen Ober- und Untergurt ist in Spalte 1 wesentlich

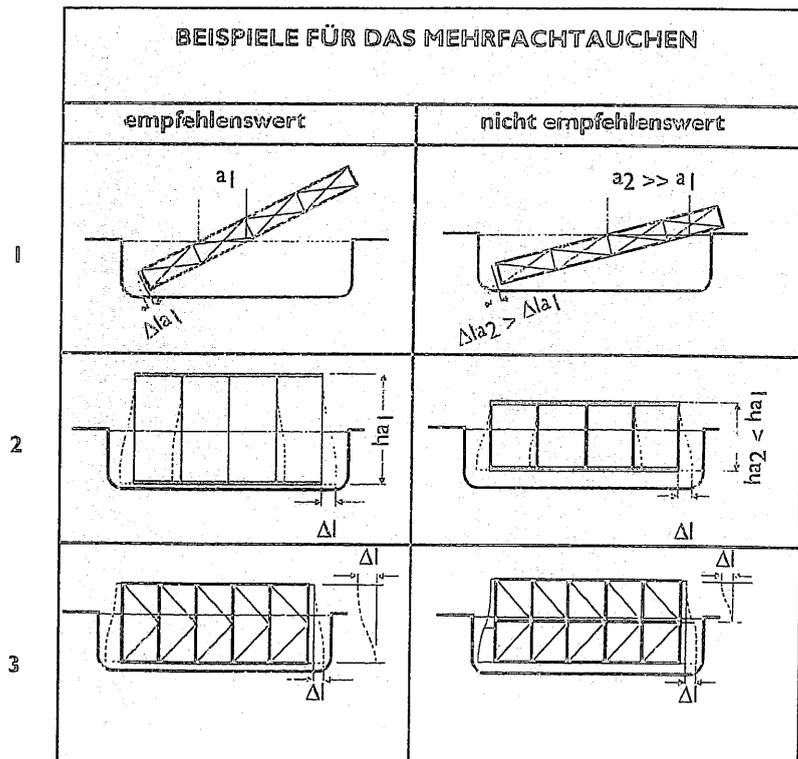
kleiner als in Spalte 2 und führt bei gleichen Steifigkeitsverhältnissen deshalb zu entsprechend niedrigeren Beanspruchungen als Folge der kleineren in das Zinkbad eingetauchten Gurtlängen.

Reihe 2: Die Differenz  $\Delta l$  der Längenänderung zwischen Ober- und Untergurt bewirkt in Spalte 1 wegen der größeren Trägerhöhe und der weniger steifen Konstruktion wesentlich geringere Beanspruchungen als in Spalte 2.

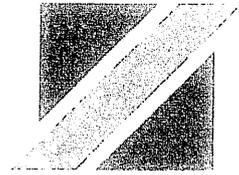
Reihe 3: Die in Spalte 1 und 2 nahezu gleiche Differenz  $\Delta l$  der Dehnungen zwischen Ober- und Untergurt führt wegen der Scheibenwirkung des unteren Bereiches der Konstruktion in Spalte 2 (zusätzlich eingeschweißter Gurt in Verbandmitte) zu einer wesentlich höheren Beanspruchung als in Spalte 1 ohne diesen Zusatzstab. Der Ausgleich der Längenänderung kann dort über die gesamte Höhe des Bauteils erfolgen.

Grundsätzlich lassen sich Schäden an Konstruktionen in Form von Verzug und Ribbildung durch eine vorausschauende Planung, die die Temperatur- und Ausdehnungsverhältnisse während des Verzinkungsvorganges berücksichtigt, vermeiden.

Abb. 3: Beispiele für das Mehrfachtauchen von großen Stahlkonstruktionen (siehe Erläuterungen im Text)



# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## I. ALLGEMEINES

Es ist nicht immer möglich und sinnvoll, Bauteile komplett zu fertigen, bevor sie anschließend feuerverzinkt werden. Insbesondere bei sperrigen Bauteilen ist ein nachträgliches Feuerverzinken häufig problematisch. Es kann deshalb erforderlich werden, an feuerverzinkten Teilen am Montageort zu schweißen oder Stahlkonstruktionen aus feuerverzinkten Halbzeugen herzustellen.

Beim Schweißen von feuerverzinktem Stahl werden grundsätzlich die gleichen Schweißverfahren eingesetzt wie bei unverzinktem Stahl. Grundlegende Untersuchungen an gängigen Stahlsorten haben ergeben, daß die mechanischen Eigenschaften durch Feuerverzinken weder im geschweißten noch im ungeschweißten Zustand bedeutend verändert werden.

Unter den Schweißverfahren für feuerverzinkten Stahl ist das Lichtbogenschweißen von Hand das gebräuchlichste. Dieses Verfahren bietet Vorteile, die später noch erläutert werden. Das Gasschmelzschweißen eignet sich vornehmlich für feuerverzinkte Bleche bis etwa 3 mm Dicke. Es hat jedoch den Nachteil, daß der Zinküberzug beiderseits der Naht in wesentlich breiterer Zone abschmilzt als beim Lichtbogenhandschweißen. Bei größeren Werkstückdicken ist das Lichtbogenhandschweißen vorzuziehen. Widerstandsschweißverfahren finden bevorzugt beim Verbinden von kontinuierlich feuerverzinktem Feinblech Anwendung.

Die nachfolgenden Ausführungen gelten in erster Linie für Zinküberzüge, die nach dem Verfahren der Stückverzinkung aufgebracht werden. Für kontinuierlich feuerverzinktes Feinblech kommen teilweise andere Verfahren und Techniken zum Einsatz.

## 2. SCHWEISSPRAKXIS

Infolge der hohen Temperatur beim Schweißen verbrennt bzw. verdampft der Zinküberzug zu beiden Seiten

der Naht. Er beeinflusst den Schweißvorgang, so daß die Bedingungen gegenüber dem Schweißen an unverzinktem Stahl geändert werden müssen. Die beim Schweißen entstehenden grauweißen Zinkoxidämpfe erschweren die Arbeit, da sie die Sicht behindern. Es entstehen Spritzer, und der Schweißverlauf wird unruhig. Unter ungünstigen Bedingungen können Poren im Schweißgut entstehen.

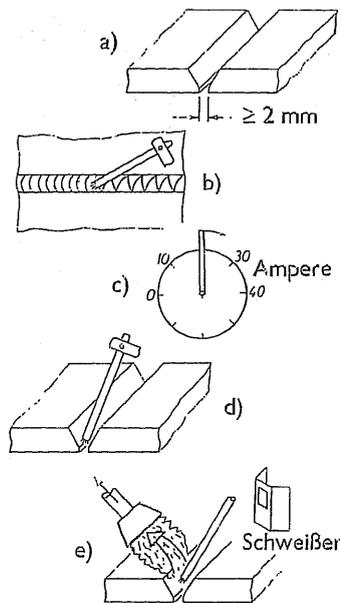


Abb. 1: Grundlegende Hinweise zum Schweißen von feuerverzinktem Stahl

Einige grundlegende Hinweise zum Schweißen von feuerverzinktem Stahl sind nachstehend aufgeführt (Bild 1 a-e).

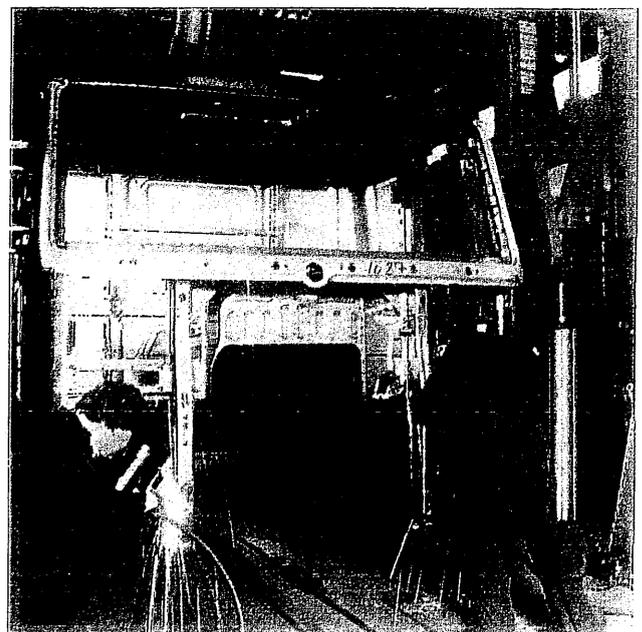
a) Beim Schweißen von Stumpfstoßen sollte der Stirnflächenabstand etwas größer gewählt werden als bei unverzinktem Stahl, damit besonders bei der Wurzellage das verdampfende Zink abziehen kann; dadurch lassen sich Poren vermeiden. Gleiches gilt für das Schweißen von Kehlnähten.

b) Entscheidenden Einfluß auf den Schweißverlauf und die Güte der Schweißnaht hat die Schweißgeschwindigkeit. Bei zu schnellem Schweißen können die Zinkdämpfe nicht vollständig aus der Naht entweichen und somit leicht in das Schweißbad eindringen. Ein Herabsetzen der Schweißgeschwindigkeit und leichtes Pendeln mit der Elektrode erleichtern das Verdampfen und Entweichen des Zinks (Abb. 2).

c) Wie bereits erwähnt, stört das verdampfende Zink den Lichtbogen. Geringfügiges Erhöhen des Schweißstromes wirkt sich hier positiv aus, denn der Lichtbogen wird stabiler, und das Zink kann leichter verdampfen.

d) Die Auswahl der richtigen Elektrode ist von grundsätzlicher Bedeutung. Elektroden, die einen langsam erstarrenden Schlackenfluß ergeben, eignen sich gut zum Schweißen von feuerverzinktem Stahl, da sie dem Zink genügend Zeit geben, aus dem Schweißgut zu entweichen.

Abb. 2: Schutzgasschweißarbeiten an einer LKW-Kabine aus feuerverzinktem Stahlblech



Für Baustähle mit unbeschränkter Schweißneigung sowie für Nähte, die nicht außergewöhnlich hoch beansprucht werden, empfiehlt es sich beispielsweise, mitteldick umhüllte Stabelektroden mit Rutil- bzw. Rutilcellulose zu wählen. Die richtige Auswahl ist besonders beim Schweißen der Wurzellage von Bedeutung, da hierbei bereits das meiste Zink verdampft. Wird mehrlagig geschweißt, spielt die Art der Elektrode für die weiteren Lagen nur eine untergeordnete Rolle, da die Fugenflanken nach dem Schweißen der Wurzellage meist schon weitgehend zinkfrei sind.

e) Die beim Schweißen feuerverzinkten Stahls aufsteigenden zinkoxidhaltigen Dämpfe sollten abgesaugt werden, um den Schweißer nicht zu belästigen oder gesundheitlich zu schädigen (MAK-Werte beachten). Absauggeräte oder -hauben liefert der Fachhandel. Mittlerweile gibt es auch Schutzgaspistolen, die mit einer integrierten Rauchgas-Absaugung ausgerüstet sind (Abb. 3).

Es kann gelegentlich vorkommen, daß das Schweißen feuerverzinkter Stahlteile aufgrund geltender Richtlinien nur auf zinkfreiem Untergrund zulässig ist. Entfernt man die Zinkauflage auf einer Breite von mindestens 10 mm beiderseits der Fugenflanke auf der Werkstückoberfläche, so erhält man Schweißnähte, die von Zink unbeeinflusst sind. Am wirksamsten ist es, das Zink abzubrennen, zu strahlen oder zu beizen. Beim weniger aufwendigen Schleifen oder Bürsten kann mitunter Zink zurückbleiben. Beim Brennschneiden erhält man zinkfreie Fugenflanken ohne zusätzlichen Arbeitsaufwand.

### 3. SCHWEISSVERFAHREN

Vollmechanisierte Lichtbogenschweißverfahren mit offenem und verdecktem Lichtbogen werden eingesetzt. Es zeigt sich, daß beim UP-Schweißen ohne Stegabstand sehr leicht Poren in der Schweißnaht entstehen. Bei einer Vergrößerung des Stegabstandes und bei einer Verringerung der Schweißgeschwindigkeit lassen sich wesentlich bessere Ergebnisse erzielen. Ein größeres Schweißbad bietet Vorteile, da dann das Zink eine bessere Möglichkeit hat, aus der Schmelze auszudampfen, allerdings wird dabei mitunter die Verwendung einer Schweißbadsicherung erforderlich.

Beim Schutzgasschweißen (MAG-Schweißen) wird häufig CO<sub>2</sub> verwendet, in vielen Fällen werden jedoch auch Mischgase aus 20% CO<sub>2</sub> und 80% Argon eingesetzt; hierdurch erzielt man bessere Ergebnisse als unter reinem Argon (MIG-Schweißen). Eine Verringerung der Schweißgeschwindigkeit gegenüber unverzinktem Stahl ist auch bei diesen Verfahren erforderlich. Ein Stegabstand von 1–2 mm vermindert die Porenbildung. Leichte Pendelbewegungen mit der Drahtelektrode verbessern den Einbrand.

Beim CO<sub>2</sub>-Schweißen im Kurzlichtbogen an feuerverzinktem Stahl tritt eine verstärkte Spritzerbildung auf; die Spritzer haften am Werkstück. Es empfiehlt sich, den Schweißbereich mit geeigneten Aerosolen zu besprühen. Dadurch lassen sich die Spritzer später leicht abbürsten. Wegen der höheren Schweißgeschwindigkeit ist bei Fallnähten mitunter Porosität festzustellen; hier ist die Schweißgeschwindigkeit entsprechend zu reduzieren, oder es sind steigende Nähte vorzusehen.

Das Schweißen im Sprühlichtbogen oder Impulslichtbogen liefert gute Ergebnisse, wenn die vorstehenden Hinweise ebenfalls sinngemäß beachtet werden.

Das WIG-Verfahren eignet sich weniger zum Schweißen feuerverzinkten Stahls, da das verdampfende Zink sich ungünstig auf den Lichtbogen auswirkt und zudem die Wolfram-elektrode verunreinigt.

Für alle Schweißverfahren gilt, daß sich nur mit der nötigen Übung und Handfertigkeit gute Ergebnisse beim Schweißen von feuerverzinktem Stahl erzielen lassen.

### 4. AUSBESSERUNG VON ZINKÜBERZÜGEN

Bei allen Schweißverfahren wird der Zinküberzug lokal beschädigt. Zur Sicherung eines durchgehenden Korrosionsschutzes muß die Schutzschicht wiederhergestellt werden. Die Ausbesserung sollte in Anlehnung an DIN EN ISO 1461, Abschnitt 6.3, erfolgen (siehe auch Arbeitsblätter 2.5 und 2.12), wobei auf Baustellen die Ausbesserung mit Hilfe von speziellen Zinkstaub-Beschichtungsstoffen bevorzugt angewandt werden sollte (Abb. 4).

Die Ausbesserung muß die Entfernung von Verunreinigungen und die notwendige Reinigung und Oberflächenvorbereitung der Schadstelle zur Sicherstellung des Haftvermögens beinhalten. Es muß auf jeden Fall darauf geachtet werden, daß vorhandene Schweißschlacken und Schweißrauchniederschläge vor dem Auftragen der Zinkstaubbeschichtungen sorgfältig entfernt werden.

Die Ausbesserung muß durch thermisches Spritzen mit Zink (EN 22063) oder durch eine geeignete Zinkstaubbeschichtung, innerhalb der praktikablen Grenzen solcher Systeme erfolgen. Die Verwendung von Loten auf Zinkbasis ist ebenfalls möglich, bei unbeschleunigten rauen Schweißnähten aber weniger empfehlenswert. Die Schichtdicke des ausgebesserten Bereichs muß mindestens 30 µm mehr betragen als die geforderte örtliche Dicke des Zinküberzugs an der entsprechenden Stelle nach DIN EN ISO 1461, Tabelle 2 oder 3.

Abb. 3: Schema MIG/MAG Rauchgas-Absaugbrenner

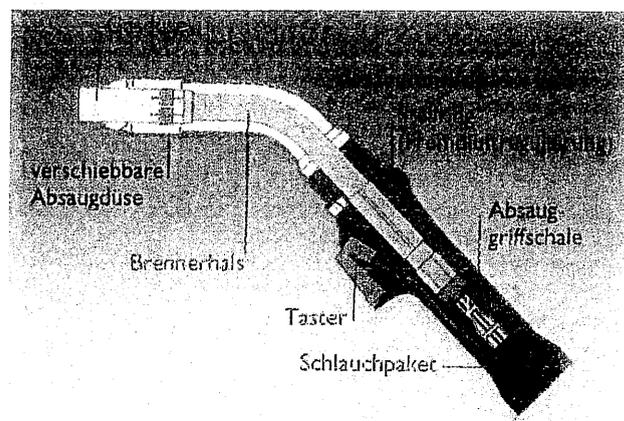
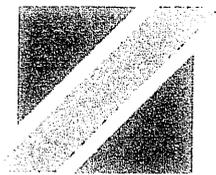


Abb. 4: Ausbessern der Feuerverzinkung mit Zinkstaubbeschichtungsstoff (Zinkstaubfarbe)

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 1.1 Schraubverbindungen

### I. ALLGEMEINES

Kleinteile, wie z. B. Schrauben, Muttern, Unterlegscheiben, Stifte, Nägel usw. werden als Schüttgut in Körben feuerverzinkt. Um eine möglichst hohe Qualität zu erzielen, werden derartige Kleinteile normalerweise unmittelbar nach dem Feuerverzinken in einer Zentrifuge geschleudert und anschließend in einem Wasserbad abgekühlt.

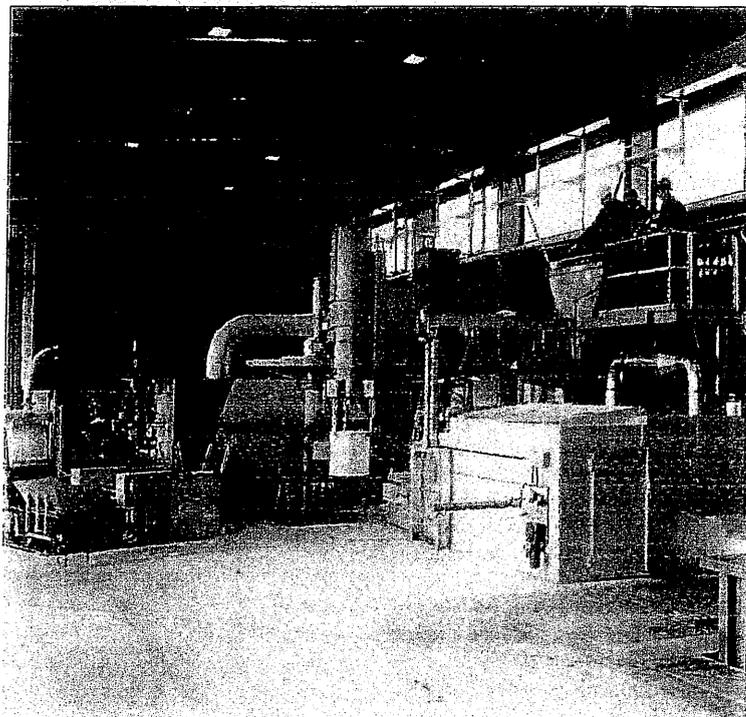
Beim Zentrifugieren wird überschüssiges (flüssiges) Zink abgeschleudert, das ohne diese Maßnahme nach der Erstarrung die Paßfähigkeit von Gewindeteilen beeinträchtigen könnte. Das Abkühlen im Wasserbad verhindert das Zusammenkleben der einzelnen Teile. Die Feuerverzinkung von Kleinteilen erfolgt üblicherweise in keramisch ausgekleideten Verzinkungskesseln im Hochtemperaturbereich bei ca. 530 – 560°C (Abb. 1); eine Ausnahme sind hierbei einige spezielle Schraubentypen für hochfeste Verbindungen, diese werden bei niedrigen Temperaturen (ca. 460 - 470°C) feuerverzinkt. Der Vorteil der hohen Temperatur liegt darin, daß die geringere Viskosität der Zinkschmelze beim Zentrifugieren ein besseres Abschleudern des flüssigen Metalls in den Gewindegängen ermöglicht.

Produkt- und werkstoffabhängig werden die jeweils günstigsten Zinkbadtemperaturen und Schleuderbedingungen gewählt, um immer eine hochwertige Qualität der Feuerverzinkung sicherzustellen (siehe auch Arbeitsblatt I.3).

### 2. NORMEN, SCHICHTDICKEN, PASSFÄHIGKEIT

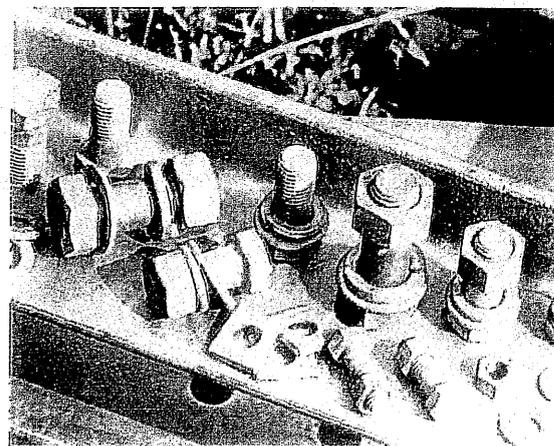
Zu den Verbindungselementen gehören Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben (Abb. 2). Diese Teile können von M 5 an aufwärts feuerverzinkt werden. Normenmäßig erfaßt sind die Gewinde von M 6 bis M 33 (DIN 267, Teil 10, Mechanische Verbindungselemente, Technische Lieferbedingungen, Feuerverzinkte Teile, vorrauss. ab Mitte 2002 ISO 10684).

*Abb. 1: Ansicht einer automatischen Hochtemperatur-Feuerverzinkungsanlage für Kleinteile*



Durch den Feuerverzinkungsvorgang darf die Paßfähigkeit von Gewindeteilen selbstverständlich nicht beeinträchtigt werden. Deshalb ist bei feuerverzinkten Schrauben zum Aufbringen des Zinküberzuges gegenüber unverzinkten (schwarzen) Schrauben ein vergrößertes Gewindespiel erforderlich. Dem wird in DIN 267, Teil 10 bzw. ISO 10684 Rechnung getragen durch entsprechende Grundabmaße im Bolzenschraubgewinde in Verbindung mit einer Mindestschichtdicke des Zinküberzuges von 40 µm. Die gleiche Mindestdicke des Zinküberzuges gilt sinngemäß auch für Unterlegscheiben, die in der Norm nicht gesondert erwähnt sind.

Werden Schrauben und Muttern in feuerverzinkter Ausführung zusammen (als Garnitur) geliefert, so kann nach Vereinbarung zwischen Besteller und Lieferer das Gewinde-Abmaß auch in die Mutter gelegt werden.



Muttergewinde werden üblicherweise nicht feuerverzinkt, sondern die Verzinkung erfolgt als Rohling, der statt eines Innengewindes nur ein Kerndurchgangsloch aufweist. Das Gewinde der Mutter wird dann erst nach dem Feuerverzinken hergestellt. Hierdurch ergibt es sich, daß das

*Abb. 2: Schrauben und Muttern aller Art sind die wesentlichen mechanischen Verbindungselemente, die feuerverzinkt werden*

Gewinde der Mutter natürlich keinen Zinküberzug aufweist. Den Korrosionsschutz des unverzinkten Muttergewindes übernimmt dann der Zinküberzug auf dem Gewindebolzen, der in montiertem Zustand unmittelbaren Kontakt mit dem Muttergewinde hat. Ein eventuell vorhandener kleiner Spalt zwischen Bolzen und Muttergewinde wird durch schützende Zinkverbindungen ausgefüllt. Muttern, die bereits vor dem Feuerverzinken ein Gewinde besitzen, müssen anschließend noch einmal nachgeschnitten werden.

### 3. FEUERVERZINKTE HV-VERBINDUNGEN

Schrauben und Muttern für hochfest vorgespannte Verbindungen (sog. HV-Verbindungen) finden auch in feuerverzinkter Ausführung in vielen Bereichen des Stahlbaus zunehmend Verwendung (Abb. 3). Bereits seit 1974 ist der Einsatz feuerverzinkter HV-Verbindungen bis zur Festigkeitsklasse 10.9 zulässig. Aufgrund der geltenden Vorschriften dürfen HV-Schrauben nur vom Schraubenhersteller im Eigenbetrieb bzw. im Fremdbetrieb unter seiner Verantwortung feuerverzinkt werden. Es sind nur komplette Garnituren (Schraube, Mutter und Unterlegscheiben) von ein und demselben Hersteller zu verwenden.

Bei feuerverzinkten, hochfesten Schrauben sind Gewinde und Unterlegscheibe, auf der angezogen wird, grundsätzlich mit Molybdänsulfid (z. B. Molykote) zu schmieren, um die erforderliche Vorspannung zu erreichen, ohne daß es beim Anziehen der Verbindung zu einem Fressen auf dem Zinküberzug kommt. Sinnvoll und empfehlenswert ist dies auch bei Schrauben geringerer Festigkeitsklassen.

Die Verwendung von feuerverzinkten HV-Verbindungen der Festigkeitsklasse 10.9 ist in allen drei Verbindungstypen zulässig; es sind dies:

1. Scher/Lochleibungsverbindung ohne bzw. mit Paßwirkung (SL- bzw. SLP-Verbindung)

2. Gleitfest vorgespannte Verbindung ohne bzw. mit Paßwirkung (GV- bzw. GVP-Verbindung)
3. Schraubverbindungen mit Zugbelastung in Richtung der Schraubachse infolge äußerer Belastung.

Der Einsatz feuerverzinkter HV-Verbindungen ist in Scher-Lochleibungsverbindungen ohne Einschränkungen möglich. Beim Einsatz als gleitfeste Verbindung muß jedoch beachtet werden, daß ein Zinküberzug nicht die gleichen Reibbeiwerte aufweist wie eine unverzinkte Stahloberfläche. Zudem sind auch je nach Art und Struktur des Zinküberzuges erhebliche Unterschiede des Reibbeiwertes möglich. So liegt im ungünstigsten Fall der Reibbeiwert ( $\mu$ ) für einen Zinküberzug mit einer ausgeprägten Reinzinkschicht bei weniger als 0,20; bei Zinküberzügen mit einer durchgewachsenen Eisen-Zink-Legierungsschicht kann der Reibbeiwert über 0,50 betragen. Diese Unterschiede sind bei der Dimensionierung von gleitfesten Verbindungen zu berücksichtigen, ggf. kann durch Auftragen einer Alkalisilikat-Zinkstaubbeseuchung oder auch durch Sweepen

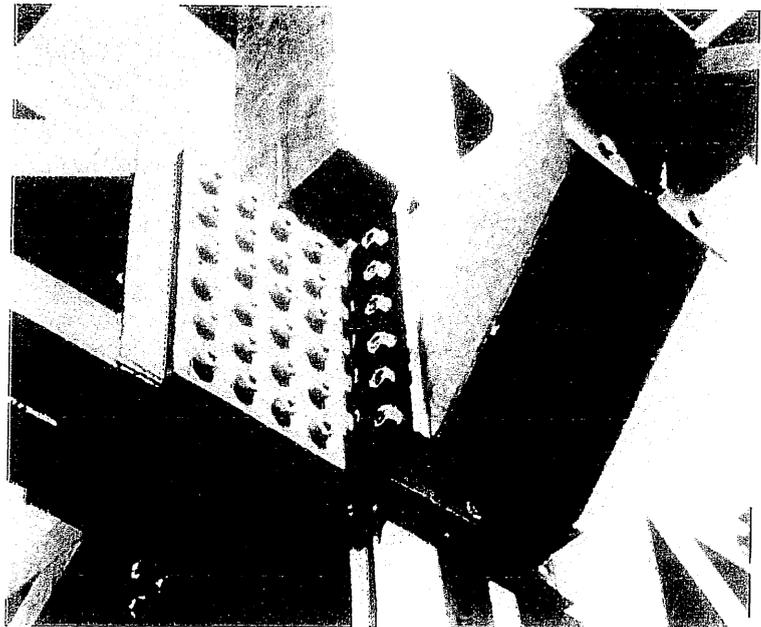
auf den Gleitflächen eine Vereinheitlichung bzw. eine Anhebung des Reibbeiwertes erreicht werden.

### 4. SONSTIGE HINWEISE

Feuerverzinkte Schrauben und Muttern werden bei der Montage hart beansprucht. Besonders bei der Verwendung von Druckluftschraubern kommt es mitunter zu Beschädigungen der Mutter an den Außenseiten. Durch die kathodische Schutzwirkung des Zinküberzuges stellen diese kleinen, lokalen Beschädigungen im Regelfall keine Gefahr für den Korrosionsschutz dar. Bei sehr erheblichen Beschädigungen sollte jedoch eine Ausbesserung des Korrosionsschutzes in diesem Bereich mit Hilfe von Zinkstaubbeseuchungsmitteln erwogen werden.

Werden Verbindungsmittel zur Erleichterung der Montage geschmiert (siehe oben), sollte man ausgetretene Rückstände des Schmiermittels vor dem Auftragen zusätzlicher Beschichtungen auf jeden Fall wieder entfernen, da sie andernfalls die Haftung nachfolgender Beschichtung an solchen Stellen beeinträchtigen können.

**Abb. 3: Feuerverzinkte HV-Verbindungen an einer Stahlbaukonstruktion**

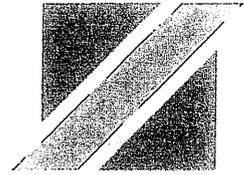


**SEPPELER GRUPPE**  
**NEUHAUS**

Helling & Neuhaus GmbH & Co. KG  
Gottlieb-Daimler-Str. 2 · 33334 Gütersloh · Tel. (052 41) 6 04-0  
Fax (052 41) 6 04-50

Herausgeber und Verlag:  
Institut Feuerverzinken GmbH  
Sohnstraße 70, 40237 Düsseldorf  
e-mail: feuerverzinken@t-online.de  
Internet: www.feuverzinken.com

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 1. ALLGEMEINES

Durch Feuerverzinken hergestellte Zinküberzüge weisen neben einer hohen Korrosionsbeständigkeit auch eine hohe Verschleißfestigkeit auf, die sie robust und widerstandsfähig machen. Trotzdem kann es hin und wieder vorkommen, daß der Zinküberzug unverzinkte Stellen, Unsauberkeiten oder Beschädigungen aufweist, die dann eine Nacharbeit oder eine Ausbesserung des verzinkten Teils erfordern.

## 2. ZINKVERDICKUNGEN, TROPFNASEN

Beim Feuerverzinken werden Stahlteile nach entsprechender Vorbehandlung in ein Bad mit schmelzflüssigem Zink getaucht. Wie jede andere Flüssigkeit auch, tropft das (über-)flüssige Zink ab. Es kann dabei vorkommen, daß das abfließende Zink erstarrt und kleine Verdickungen oder Tropfnasen bildet. Wenn diese Verdickungen nicht allzu groß geraten sind, stören sie kaum und sollten daher so verbleiben, wie sie sind. Wenn es aber darum geht, Stahlteile paßgenau zusammenzufügen oder zu montieren, können sie unter Umständen Probleme bereiten (Abb. 1). Falsch wäre es, diese Verdickungen einfach abzuschlagen oder mit dem Winkelschleifer rigoros wegzuschleifen. Hierbei besteht die Gefahr, daß der Zinküberzug völlig abgeschliffen wird und der blanke Stahl freiliegt. Ein Bearbeiten mit der Feile in Handarbeit oder ein mechanisches Schleifen mit Hilfe eines Winkelschleifers und einer flexiblen Scheibe sind zweckmäßiger.

Eine weitere Möglichkeit ist das Abschmelzen des überflüssigen Zinktropfens mittels Schweißflamme. Mit einer weichen Flamme wird der Zinküberzug lokal aufgeschmolzen (nicht verbrannt). Wird das Zink flüssig, tropft es entweder von selbst ab, oder es kann mit Hilfe einer Drahtbürste oder eines Blechspachtels beseitigt werden. In jedem Fall sind Zinkverdickungen oder Tropfnasen aber zu entfernen, wenn sie sehr spitz sind und wenn von ihnen beim Transport, der Montage oder beim späteren Gebrauch eine Verletzungsgefahr ausgeht (Abb. 2).

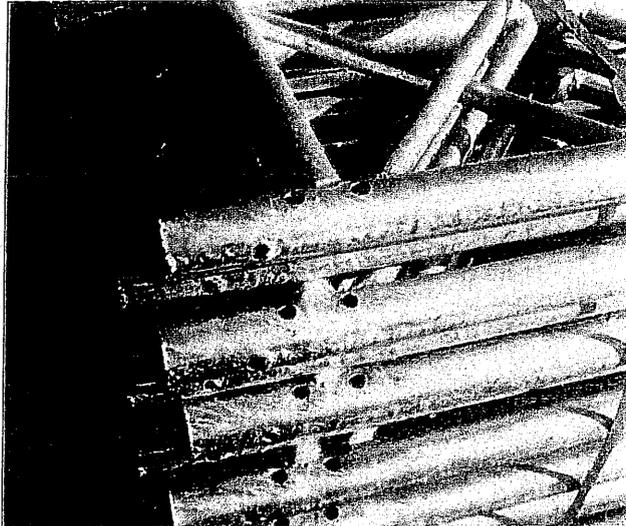


Abb. 1: Tropfnase an einer feuerverzinkten Rohrkonstruktion



Abb. 2: Zinkspitzen, von denen eine Verletzungsgefahr ausgeht, müssen entfernt werden

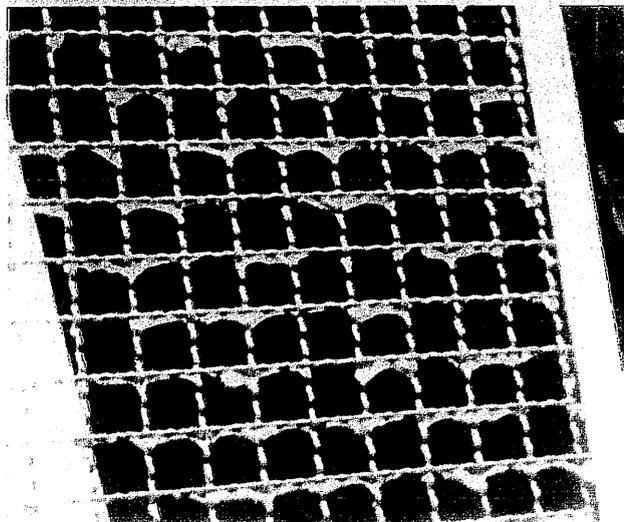


Abb. 3: Zinkflitter kann durch Abbürsten mit einem Stahlbesen entfernt werden

### 3. SCHARNIERE UND GEWINDEBOLZEN

Sind Gewindebolzen an einer Stahlkonstruktion, die feuerverzinkt werden soll, angeschweißt, so ist das Gewinde nach dem Feuerverzinken in der Regel nicht mehr gängig. Ein Nachschneiden des Gewindes mit dem Schneideisen ist mühsam und zeitaufwendig. Einfacher, besser und schneller ist auch hier das Aufschmelzen des Zinküberzuges mit einer Flamme und das Ausbürsten des Zinks aus dem Gewinde mit einer Drahtbürste. Hierbei wird nur ein Teil des Zinks entfernt; das verbleibende Zink sichert den Schutz vor Korrosion. An manchen Bauteilen sind Scharniere oder Gelenke angebracht; wenn deren Zinküberzug abkühlt und erstarrt, verlötet er diese beweglichen Teile, die dann „bombenfest“ sitzen.

In solchen Fällen sollte man keine Gewalt anwenden, sondern wiederum eine weiche Schweißflamme einsetzen und damit den Zinküberzug aufschmelzen. Wenn das Zink flüssig wird, läßt sich das Scharnierteil wieder bewegen. Man bewegt das Teil bis zum Erstarren des Zinküberzuges hin und her; die Beweglichkeit bleibt dann auch nach dem Abkühlen erhalten.

### 4. OXIDHÄUTE UND ZINKFLITTER

Beim Ausziehen von Stahlteilen aus der Zinkschmelze läuft überflüssiges Zink zurück in die Schmelze. Das flüssige Zink reagiert jedoch rasch mit der Umgebungsluft und bildet auf der Oberfläche eine dünne Oxidhaut. Bei bestimmten Bauteilen (z.B. Rahmen mit Welldrahtgeflecht, Gitterroste) kann es mitunter vorkommen, das in einigen Ecken folienartiger Zinkflitter zurückbleibt (Abb. 3).

Im Einzelfall stören diese kleinen Rückstände nicht weiter; sollten sie bei einem speziellen Einsatzzweck jedoch einmal hinderlich sein, kann man sie durch Abfeigen mit einem Stahlbesen oder einer Drahtbürste leicht entfernen.

### 5. FEHLSTELLEN UND BESCHÄDIGUNGEN

Kommt es zu Beschädigungen und Fehlstellen, sollte nicht nur das Feuerverzinkungsunternehmen gemäß DIN EN ISO 1461 „Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrauchte Zinküberzüge (Stückverzinken)“ eine Ausbesserung durchführen, sondern es sollten auch diejenigen Schäden, die außerhalb des

Verantwortungsbereiches der Feuerverzinkerei entstanden sind (z. B. beim Transport oder der Montage), entsprechend den in der Norm aufgeführten Regeln ausgebessert werden (Abb. 4). Die Norm DIN EN ISO 1461 regelt das Ausbessern von Fehlstellen im Detail. Es heißt dort unter Abschnitt 6.3 „Ausbesserung“:

*Die Summe der Bereiche ohne Überzug, die ausgebessert werden müssen, darf 0,5% der Gesamtoberfläche eines Einzelteils nicht überschreiten. Ein einzelner Bereich ohne Überzug darf in seiner Größe 10 cm<sup>2</sup> nicht übersteigen. Falls größere Bereiche ohne Überzug vorliegen, muß das betreffende Bauteil neu verzinkt werden, falls keine anderen Vereinbarungen zwischen Auftraggeber und Feuerverzinkungsunternehmen getroffen werden.*

*Die Ausbesserung muß durch thermisches Spritzen mit Zink (EN 22063) oder durch eine geeignete Zinkstaubbeschichtung, innerhalb der praktikablen Grenzen solcher Systeme erfolgen. Die Verwendung von Loten auf Zinkbasis ist ebenfalls möglich.*

*Der Auftraggeber bzw. Endverbraucher muß über das verwendete Ausbesserungsverfahren informiert werden.*

*Wenn gesonderte Anforderungen vereinbart werden, z. B. das Auftragen zusätzlicher Beschichtungen, muß der Verzinker zuvor den Auftraggeber über die Art der Ausbesserung informieren.*

*Die Ausbesserung muß die Entfernung von Verunreinigungen und die notwendige Reinigung und Oberflächenvorbereitung der Schadstelle zur Sicherstellung des Haftvermögens beinhalten.*

*Die Schichtdicke des ausgebesserten Bereiches muß mindestens 30 µm mehr betragen als die geforderte örtliche Dicke des Zinküberzugs an der entsprechenden Stelle, falls keine anderslautenden Vereinbarungen getroffen wurden, z. B. wenn eine zusätzliche Beschichtung aufgetragen werden soll, und daher die Schichtdicke der Ausbesserungsstelle die gleiche Dicke aufweisen soll wie der Zinküberzug. An den ausgebesserten Stellen muß ein hinreichender Korrosionsschutz sichergestellt sein.*

Die in DIN EN ISO 1461 festgelegten Ausbesserungsverfahren sind sowohl hinsichtlich des erforderlichen Aufwandes als auch bezüglich der Schutzwirkung unterschiedlich. Das Thermische Spritzen mit Zink (Abb. 5) bzw. das Auftragen geeigneter Zinkstaubbeschichtungen ist i. d. R. den Loten auf Zinkbasis vorzuziehen. Als Zinkstaub-Beschichtungsstoffe haben sich bewährt:

- Zweikomponenten Epoxidharz-
- luftfeuchtigkeitshärtende Einkomponenten-Polyurethan- oder
- luftfeuchtigkeitshärtende Einkomponenten-Ethylsilikat-Zinkstaubbeschichtungsstoffe.

Andere Ausbesserungsverfahren, zum Beispiel mit Hilfe spezieller Loten oder mit speziellen selbstklebenden Zink-Metallfolien bedarf nach Norm der Vereinbarung zwischen den Vertragspartnern. Die Ausbesserung ist so vorzunehmen, daß eine Überlappung mit dem intakten Zinküberzug sichergestellt ist.



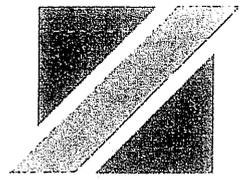
Abb. 4: Korrosion als Folge einer mangelhaft ausgebesserten Montageschweißung

Abb. 5: Ausbesserung durch Thermisches Spritzen mit Zink



Herausgeber und Verlag:  
Institut Feuerverzinken GmbH  
Sohnstraße 70, 40237 Düsseldorf  
e-mail: feuerverzinken@t-online.de  
Internet: www.feuerverzinken.com

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 1. ALLGEMEINES

### 1. ALLGEMEINES

Guß spielt im Bauwesen zwar nicht die gleiche Rolle wie zum Beispiel Walzprofile oder Stahlrohre, jedoch wird Guß für spezielle Anwendungen nach wie vor verwendet. Er erlebt in einigen Bereichen zur Zeit sogar eine gewisse Renaissance (Abb. 1, 3).

Kommt es beim Feuerverzinken von Gußteilen zu Schwierigkeiten, sind diese meist auf die Oberflächenbeschaffenheit des zum Feuerverzinken vorgesehenen Werkstückes zurückzuführen. Die auftretenden Schwierigkeiten beruhen häufig auf eingebranntem Formsand, Oxiden aus einer Glühbehandlung, Graphitresten, Verunreinigungen oder Oberflächenfehlern (z.B. Lunkern) (Abb. 2).

### 2. UNTERSCHIEDUNG

Gußeisenwerkstoffe sind Eisen-Kohlenstoff-Verbindungen mit einem C-Gehalt, der in der Regel über 2% liegt. Im allgemeinen liegen die Silicium- und Phosphorgehalte deutlich über denen herkömmlicher Stähle. Bei der Beurteilung der Eignung zum Feuerverzinken sollte daher auch die Zusammensetzung des Gußwerkstoffes, insbesondere hinsichtlich seines Silicium-Gehaltes, beachtet werden. Allerdings gelten hinsichtlich der Beurteilung der Eignung zum Feuerverzinken bei Gußwerkstoffen nicht die gleichen Grenzen des Silicium-Gehaltes wie bei Stahlwerkstoffen, da das Silicium in Gußwerkstoffen teilweise in anderen chemischen Verbindungen vorliegt. Aus diesem Grunde führen auch höhere Silicium-Gehalte, die bei Stählen bereits ein sehr starkes Wachstum der Zinküberzüge auslösen würden, bei Gußwerkstoffen nicht in gleichem Maße zu Schwierigkeiten.

Man unterscheidet folgende Gußsorten:

#### • Stahlguß (GS)

Stahlguß ist nach Norm jeder in Formen gegossene Stahl. Stahlguß kommt zur Anwendung, wenn die dem Gießen eigenen Vorteile der

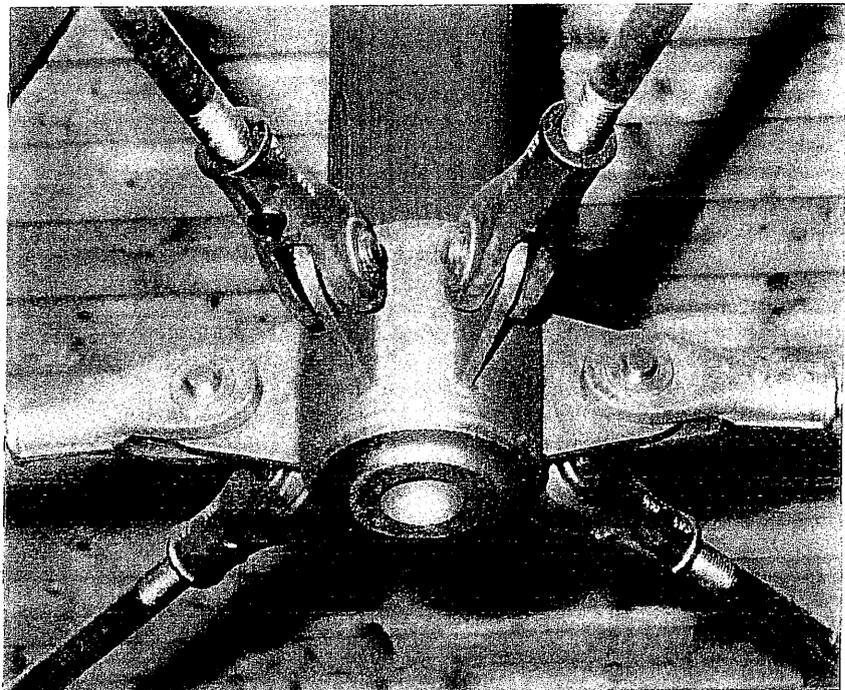


Abb. 1: Knoten aus Guß, kombiniert mit Zugstreben aus Stahl, prägen das Bild des BESISTA-Bausystems

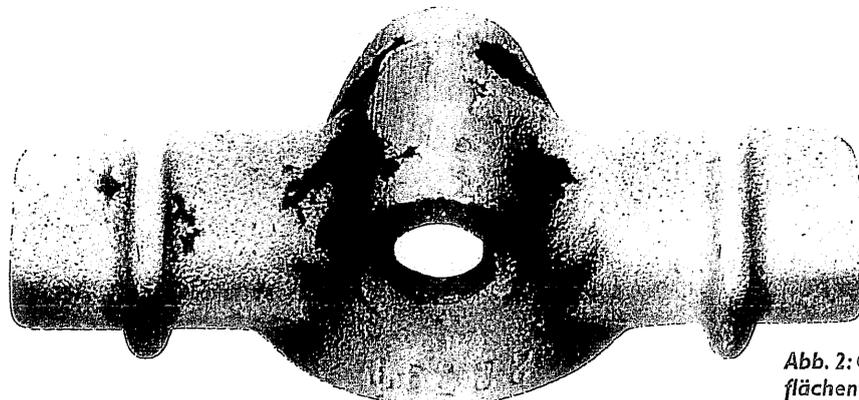


Abb. 2: Oberflächenfehler bei der Gußherstellung (hier Rückstände von Formsand) können Verzinkungsfehler auslösen

Formgebung ausgenutzt werden sollen, die Festigkeitseigenschaften der typischen Gußarten jedoch nicht ausreichen. Chemische Zusammensetzung und Eigenschaften entsprechen daher auch grundsätzlich denen von Stahl. Auch sein Verhalten beim Feuerverzinken ist demjenigen von herkömmlichen Stählen vergleichbar.

◦ Gußeisen mit Lamellengraphit (GGL) – früher Grauguß genannt.

GGL ist ein Eisen-Gußwerkstoff mit meistens mehr als 2% C, dessen größter Teil als lamellarer Graphit im Gefüge enthalten ist. Aufgrund seines relativ hohen Kohlenstoff- und Silicium-Gehaltes (Si = 1–3,5%) muß man beim Feuerverzinken davon ausgehen, daß beim Erreichen der oberen Werte des Silicium-Gehaltes eine hohe Reaktionsgeschwindigkeit zwischen der Zinkschmelze und dem Gußwerkstoff vorhanden ist, mit dem Ergebnis, daß relativ dicke und zudem graue oder graufleckige Zinküberzüge entstehen.

◦ Gußeisen mit Kugelgraphit (GGG)

GGG ist ein Eisen-Gußwerkstoff mit einem C-Gehalt von über 2%, dessen größter Teil sich als kugeliges Graphit im Gefüge ausscheidet. Der Werkstoff zeichnet sich gegenüber GGL durch bessere mechanische Eigenschaften aus. Hier liegen die Silicium-Gehalte im Guß in der Regel bei 2–2,5%; daher muß auch hier beim Feuerverzinken mit einem ähnlichen Verhalten gerechnet werden wie beim GGL.

◦ Temperguß (GT)

Nach dem Bruchaussehen der fertig getemperten Gußstücke unterscheidet man schwarzen (GTS) und weißen (GTW) Temperguß. Durch eine langandauernde Glühbehandlung nach dem Gießen erhält der Temperguß seine Zähigkeit und Bearbeitbarkeit. Typische Gehalte an Kohlenstoff und Silicium liegen bei Temperguß im Bereich von folgenden Werten:

GTS C = 2,2 ... 2,8%

Si = 0,9 ... 1,4%

GTW C = 2,8 ... 3,4%

Si = 0,4 ... 0,8%

Unter Berücksichtigung der unter Punkt 2 gegebenen Hinweise wird deutlich, daß bei schwarzem Temperguß bei hohen Silicium-Gehalten mit einer geringfügig beschleunigten Eisen-Zink-Reaktion gerechnet werden muß; hingegen zeigt weißer Temperguß mit niedrigen Si-Gehalten meistens eine normale Eisen-Zink-Reaktion.

### 3. OBERFLÄCHEN-VORBEREITUNG

Neben der chemischen Zusammensetzung der Gußwerkstoffe ist insbesondere der Zustand der Oberfläche von entscheidender Bedeutung. Rückstände von Formsand, anhaftende Temperkohle und Graphitreste können durch die übliche Vorbehandlung einer Feuerverzinkerei (Beizen in verdünnter Salzsäure) nicht entfernt werden. Es ist daher unter Umständen erforderlich, durch spezielles Beizen in Salzsäure/Flußsäure-Gemischen die Oberfläche zu reinigen. Auf diese spezielle Art des Beizens sind jedoch nur wenige Feuerverzinkereien eingerichtet.

Gegebenenfalls muß durch Strahlen dafür gesorgt werden, daß Rückstände von der Gußteil-Oberfläche entfernt werden. Dieses setzt jedoch voraus, daß die Bauteile nicht sehr kompliziert geformt sind, da sonst nicht sichergestellt werden kann, daß beim Strahlen alle Oberflächenbereiche gereinigt werden.

Werden Oberflächenfehler (z.B. Lunkerstellen) an Gußteilen vor dem Feuerverzinken gespachtelt, führen diese Spachtelstellen zu Verzinkungsfehlern.

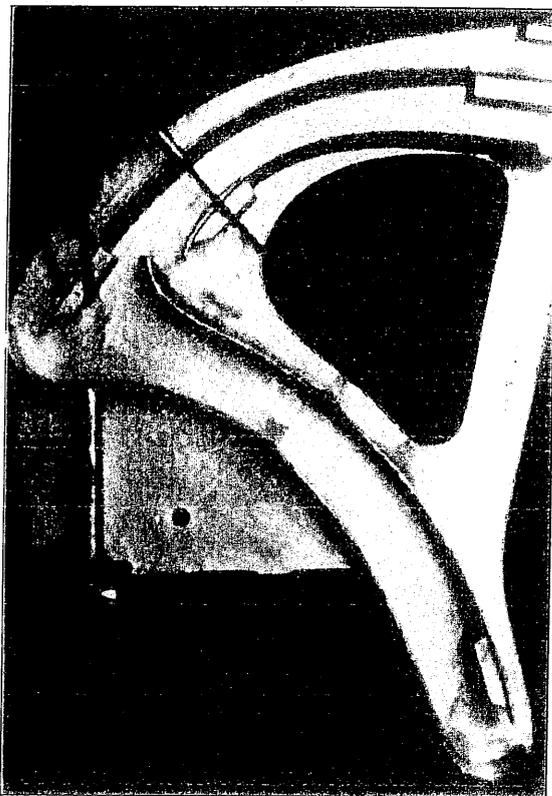
### 4. KONSTRUKTION

Kleine und einfach geformte Gußteile (z.B. Klemmstücke, Hebel, Hülsen usw.) sind problemlos zu verzinken, wenn Gußwerkstoff und Oberflächenbeschaffenheit stimmen. Die konstruktive Gestaltung von Gußteilen kommt den Anforderungen des Feuerverzinkens prinzipiell entgegen.

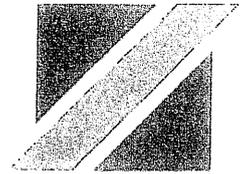
Sehr große Gußteile sind hingegen in der Regel zum Feuerverzinken nicht geeignet, da bei den üblichen Verzinkungstemperaturen Spannungen auftreten können, die unter Umständen Risse verursachen. Besonders wenn in einer Gußkonstruktion große Masseanhäufungen mit filigraneren Teilbereichen kombiniert sind (z.B. Seilrolle mit massiver Nabe und filigranen Speichen), können Schäden entstehen.

Die in der Regel rauhere Oberfläche von Gußteilen kann dazu führen, daß auf ihnen dickere Zinküberzüge entstehen als auf vergleichbaren Stahlteilen.

Abb. 3: Feuerverzinktes Maschinenteil aus Stahlguß



# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## Maßnahmen zur Vermeidung der Zinkaufnahme

### I. ALLGEMEINES

Beim Feuerverzinken ist es mitunter erforderlich, einzelne Bereiche einer größeren Konstruktion zinkfrei zu lassen. Dieses zu gewährleisten, ist verhältnismäßig aufwendig. Da es sich beim Feuerverzinken um ein Tauchverfahren handelt, werden alle Stahlteile, die in die Zinkschmelze getaucht werden, völlig vom Zink überzogen.

Trotzdem muß die Forderung, einzelne Bereiche einer Stahlkonstruktion zinkfrei zu halten, erfüllt werden, wenn diese Bereiche eine besondere Funktion haben. Dieses kann z. B. der Fall sein bei:

- Gewindebolzen an einer Konstruktion
- Paßflächen mit engen Toleranzen
- Montagebohrungen, Sacklöcher
- Oberflächen, auf denen nach dem Feuerverzinken auf zinkfreiem Untergrund geschweißt werden soll.

Je nach Anwendungszweck bieten sich verschiedene Verfahren an. In allen Fällen sollten die Maßnahmen zur Vermeidung der Zinkaufnahme möglichst bereits beim Auftraggeber durchgeführt werden.

### 2. GEWEBEBÄNDER

Um zylindrische Teile (z. B. Gewindebolzen, Zapfen usw.) vor der Zinkschmelze zu schützen, empfiehlt es sich, die betreffenden Bereiche mehrlagig mit einem handelsüblichen Gewebeband (Kunststoff-Isolierband ist wenig geeignet) fest zu umwickeln (Abb. 1). Durch die Temperatureinwirkung beim Feuerverzinken verbrennt zwar das Gewebeband, die verbliebenen Rückstände sorgen jedoch dafür, daß der umwickelte Bereich zinkfrei bleibt.

Nach dem Feuerverzinken müssen allerdings die Rückstände des Gewebebandes entfernt werden (zum Beispiel mittels Drahtbürste) (Abb. 2).

Zum Schutz flächiger Bereiche ist das Abdecken mittels Gewebeband hingegen nicht geeignet, da es sich dort mitunter löst und eine flächige Abdeckung dann nicht mehr gewährleistet ist.



Abb. 1: Durch Umwickeln mit Gewebeband können Gewindebolzen vor Zink geschützt werden



Abb. 2: Die Rückstände des Gewebebandes werden mittels Drahtbürste entfernt

### 3. BESCHICHTUNGEN

Zum Schutz flächiger Bereiche vor dem Angriff der Zinkschmelze können diese mit speziellen Beschichtungsstoffen geschützt werden. Auch hier sorgt die aufgetragene Beschichtung dafür, daß der so geschützte

Bereich nicht gebeizt wird; auch das Flußmittel gelangt nicht an die abgedeckten Oberflächen. Daher kann sich dort auch kein Zinküberzug ausbilden.

Ähnlich wie bei den Gewebebändern werden durch die Hitzeeinwir-

kung der Zinkschmelze (ca. 450 °C) die aufgetragenen Beschichtungen zwar zerstört; die Rückstände verhindern jedoch auch hier die Ausbildung eines Zinküberzuges. Selbstverständlich ist es vor einer weiteren Verarbeitung erforderlich, die Rückstände abzubürsten. Für Gewindeteile sind derartige Beschichtungen weniger geeignet, da sie sich nicht gleichmäßig über alle Bereiche eines Gewindes verteilen und die Schutzwirkung daher auch unterschiedlich sein kann.

Mittlerweile liefert der Fachhandel (z.B. der Kfz-Zubehör-Handel) auch hitzebeständige Farbbeschichtungen, die zum Beispiel zum Beschichten von Auspuffanlagen bestimmt sind. Auch derartige Stoffe können zum Abdecken von flächigen Bereichen zum Schutz vor der Zinkschmelze eingesetzt werden (Abb. 3).

Derartige Spezial-Beschichtungstoffe können als Spray, flüssige Beschichtung oder als Paste verarbeitet werden. Um eine vollständige Abdeckung zu erzielen, ist es erforderlich, die Beschichtungstoffe in einer ausreichenden Dicke aufzutragen. In allen Fällen sind die Anweisungen des Herstellers zu beachten.

#### 4. KNETMASSEN

Knetmassen eignen sich in erster Linie zum Schutz von Sacklöchern oder Innengewinden. Der Kfz-Zubehör-Handel liefert geeignete Produkte, die zum Abdichten kleiner Löcher in Auspuff-Anlagen angeboten werden. Mit einer geringen Menge Wasser befeuchtet, bildet sich eine plastisch formbare Masse, die in die betreffenden Öffnungen – möglichst ohne größere Lufteinschlüsse – eingedrückt wird (Abb. 4). Dort härtet die Knetmasse aus und vermindert so zuverlässig das Eindringen von Zink.

Auch hier ist es erforderlich, die Rückstände der Knetmasse nach dem Feuerverzinken wieder zu entfernen.

#### 5. SONSTIGES

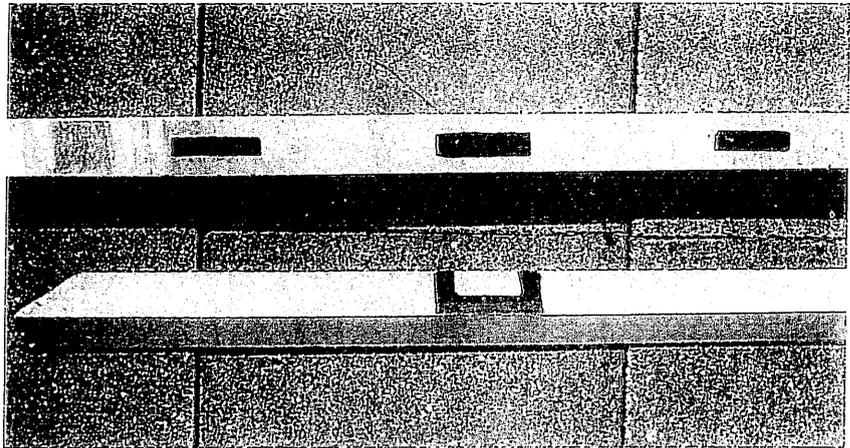
Innengewinde kann man durch das Eindrehen einer passenden Schraube, deren Gewinde man zuvor gefettet hat, schützen. Zwar muß man mitunter nach dem Feuerverzinken die Schraube mit einer weichen Flamme wieder lösen, da sie von dem außen anhaftenden Zink „festgelötet“ wird; in Einzelfällen kann jedoch auch diese Möglichkeit helfen.

Gewindebohrungen und Sacklöcher lassen sich auch durch das Eintreiben von Holzstopfen verschließen. Hier verkohlt das Holz im Kontakt mit der heißen Zinkschmelze. Es verhindert dabei das Benetzen der betreffenden Oberflächenbereiche

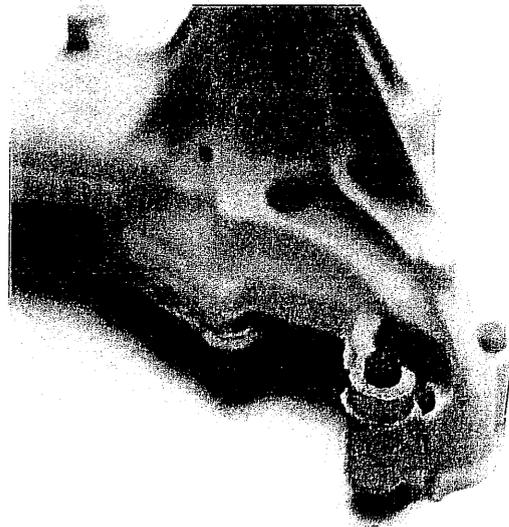
mit Zink. Rußige Rückstände des verkohlten Holzes können aber den Zinküberzug im unmittelbaren Umfeld der geschützten Stelle verunreinigen.

In allen Fällen verursacht das Abdecken von Oberflächenbereichen vor dem Feuerverzinken einen gewissen Mehraufwand. Die genannten Verfahren zum Abdecken von Oberflächenbereichen machen jedoch das nachträgliche lokale Abschleifen oder Abbrennen des Zinküberzuges unnötig.

Bezugsquellen für einzelne Produkte liefert die nachstehend genannte Beratungsstelle oder ein Feuerverzinkungsbetrieb in der Nähe.

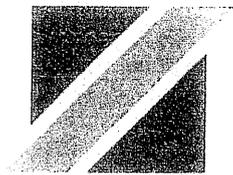


**Abb. 3: Hitzebeständige Beschichtungen sorgen dafür, daß Flächen zinkfrei bleiben (z. B. für das Schweißen auf zinkfreiem Untergrund nach dem Feuerverzinken)**



**Abb. 4: Durch Spezial-Knetmassen, die in Öffnungen eingedrückt werden (hier rot eingefärbt), können Innengewinde und Sacklöcher zinkfrei gehalten werden**

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 1.1.5 Kathodischer Schutz, Kantenschutz

### 1. ALLGEMEINES

Bei allen Korrosionsschutzverfahren muß darauf geachtet werden, daß das System keine Schwachstellen aufweist. Das alte Sprichwort „Eine Kette ist nur so stark wie das schwächste Glied“ gilt hier in besonderem Maße.

Ein Bereich, der erfahrungsgemäß problematisch sein kann, sind kleine Schäden, die beim Transport oder der Montage von Stahlteilen entstehen (z. B. Kratzer und Schrammen). Ein weiteres Problem sind Werkstückkanten, die einerseits stets besonderen mechanischen Belastungen ausgesetzt sind und andererseits aufgrund ihrer Geometrie auch einer erhöhten Korrosionsbelastung. Kommt dann noch an Werkstückkanten eine eingeschränkte Wirksamkeit des Korrosionsschutzsystems hinzu, kann es Probleme mit dem Korrosionsschutz geben.

Zu beiden Problembereichen hat die Natur Zinküberzüge mit günstigen Eigenschaften ausgestattet.

### 2. KATHODISCHER SCHUTZ

Alle Metalle besitzen ein sogenanntes Normalpotential, das ihre Bereitschaft charakterisiert, zu oxidieren und dabei positive Ionen abzugeben. Da diese Eigenschaft bei den Metallen sehr unterschiedlich ausgeprägt ist, läßt sich das unterschiedliche Verhalten der Metalle in einer elektrochemischen Spannungsreihe darstellen (Abb. 1). In dieser Tabelle stehen edle Metalle (z. B. Gold, Silber) mit ihrem positiven Potential auf der rechten Seite und relativ unedle Metalle (z. B. Magnesium, Aluminium und Zink) mit ihrem negativen Potential auf der linken Seite.

Aufgrund dieser Tabelle wird deutlich, daß Zink elektrochemisch gesehen unedler ist als Eisen. Diese Eigenschaft des Zinks macht sich jedoch in einer sehr positiven Weise

Abb. 1: Elektrochemische Spannungsreihe (schematisch)

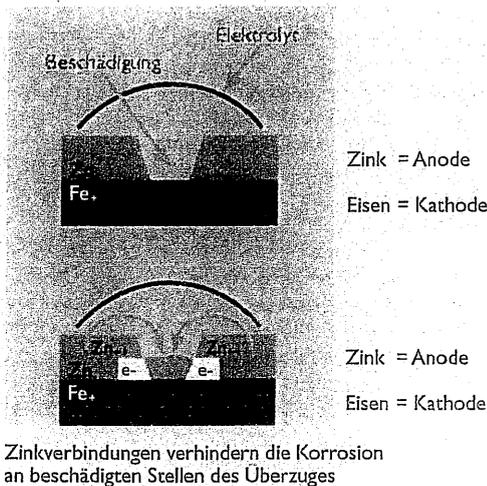
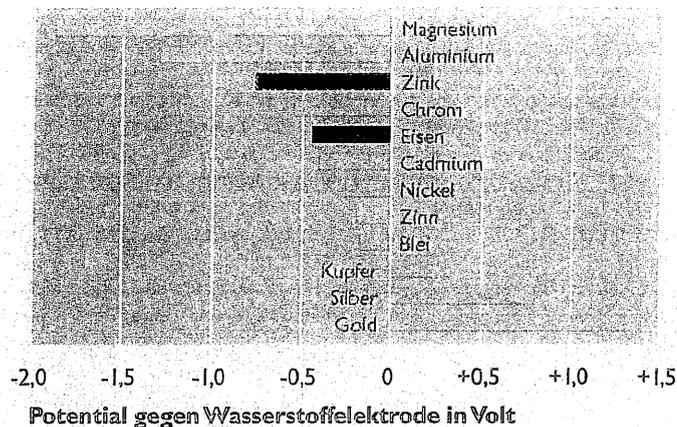


Abb. 2: Kathodische Schutzwirkung bei Zinküberzügen

bemerkbar. Wenn es nämlich bei Stahlteilen mit einem Zinküberzug zu einer Beschädigung kommt, die den Überzug lokal so weit zerstört, daß der Grundwerkstoff Stahl freiliegt, so kommt es beim Vorhandensein einer ausreichenden Feuchtigkeitsmenge (Elektrolyt) zur Bildung eines galvanischen Elementes (Abb. 2).

Abb. 3: Kathodischer Schutz an beschädigten Oberflächenbereichen eines Zinküberzuges



Die Werkstoffpaarung Eisen-Zink, wie sie an feuerverzinkten Stahlteilen anzutreffen ist, bewirkt im Fall einer Oberflächenverletzung die Ausbildung kathodischer und anodischer Bereiche. Dabei wird in aller Regel Zink als anodischer und Stahl als kathodischer Bereich ausgebildet. Aufgrund der unterschiedlichen Potentiale gibt das negative Zink als Anode laufend Zinkionen ab, die sich auf der edleren Kathode, dem Eisen, anlagern.

Es sind Abbauprodukte dieser elektrochemischen Reaktion, die dazu führen, daß sich an Kratzern und Schrammen der Rost nicht festsetzt oder gar ausbreitet. Treten Beschädigungen des Zinküberzuges auf, ist es das Zink aus der intakten „Nachbarschaft“ einer solchen Schadstelle, das per Fernschutzwirkung vor Korrosion schützt.

Allerdings darf die Wirksamkeit dieses Schutzmechanismus nicht überschätzt werden. Je nach den Umgebungsbedingungen, der Feuchtigkeit und der Leitfähigkeit des Elektrolyten ist die Wirksamkeit dieses sogenannten kathodischen Schutzes sehr unterschiedlich. In der Praxis reicht er selten über Distanzen von 2 – 3 mm hinaus; d. h., die Länge eines Kratzers ist zwar nicht beschränkt, aber seine Breite darf die vorstehende Größenordnung nicht überschreiten. Auch Schnittkanten an verzink-

ten Blechen, die erst nach dem Verzinken erzeugt werden, also nicht verzinkt sind, profitieren von diesem elektrochemischen Schutz.

Eine braune Verfärbung der Schadstelle deutet zwar darauf hin, daß eine zeitweise Hemmung der elektrochemischen Reaktion vorhanden ist (z. B. aufgrund einer zu geringen Menge an Elektrolyt) trotzdem ist diese Erscheinung aber relativ unbedeutend und nicht mit einem generellen Versagen des kathodischen Schutzes gleichzusetzen. Größere Beschädigungen müssen jedoch in konventioneller Weise ausgebessert werden (z. B. durch thermisches Spritzen mit Zink oder durch spezielle Zinkstaubbeschichtungen).

Kleine Ursache, große Wirkung. Der kathodische Schutz ergibt sich aufgrund physikalischer Gesetzmäßigkeiten bei feuerverzinktem Stahl. Er bietet ohne zusätzlichen Aufwand einen Effekt, der dafür sorgt, daß sich kleine Beschädigungen im System (die oft und gern übersehen werden) nicht zu einem Problem entwickeln.

### 3. KANTENSCHUTZ

Korrosionstechnisch sind Bauteilkanten stets problematischer als glatte Flächen einer Konstruktion. An Bauteilkanten können korrosive Medien intensiver angreifen. Sie sind durch mechanische Einflüsse stets stärker gefährdet als andere Bereiche. Aus diesem Grunde muß an Bauteilkanten für herkömmliche Korrosionsschutzsysteme mit einer deutlichen Beeinträchtigung der Schutzwirkung gerechnet werden (Tab. 1), wenn nicht besondere Maßnahmen ergriffen werden (z. B. gesonderte Kantenschutzbeschichtungen).

Auslöser ist der physikalische Effekt der „Kantenflucht“, der bewirkt, daß Flüssigkeiten sich aufgrund ihrer Oberflächenspannung stets von Bauteilkanten zurückziehen, um einer Tropfenform nahezu kommen. Dieses hat zur Folge, daß eine flüssige Beschichtung an Werkstückkanten stets deutlich dünner ausfällt, als auf den benachbarten glatten Flächenbereichen. Da die Wirksamkeit eines Korrosionsschutzes jedoch im wesentlichen auch von seiner vorhandenen Schichtdicke abhängt, kann sich hieraus ein Problem entwickeln.

Beim Feuerverzinken ist zwar auch das Zink flüssig, es wird jedoch nicht einfach aufgepinselt oder lackiert, sondern baut zusammen mit dem Grundwerkstoff Legierungsschichten auf. Diese Eisen-Zink-Legierungen wachsen parallel zur Bauteiloberfläche. An Bauteilkanten fächert diese Legierungsschicht auf, und die vorhandenen Zwischenräume werden durch metallisches Zink ausgefüllt. Hierdurch wird erreicht, daß Zinküberzüge an Ecken und Kanten keine geringeren Dicken aufweisen als auf glatten Flächen (Abb. 4, 5).

Hier macht es also die Physik, daß Zinküberzüge keine Schwachstellen haben.



Durch Oberflächenspannung bei Flüssigkeiten ergibt sich stets eine geringere Schichtdicke an Bauteilkanten (Kantenflucht)



Durch Wachstum von Legierungsschichten parallel zur Oberfläche ergeben sich bei Zinküberzügen keine Minderdickdicken an Kanten

Abb. 4: Kantenflucht/Kantenschutz (schematisch)

Abb. 5: Zinküberzug an einer Bauteilkante (Mikroschliff)

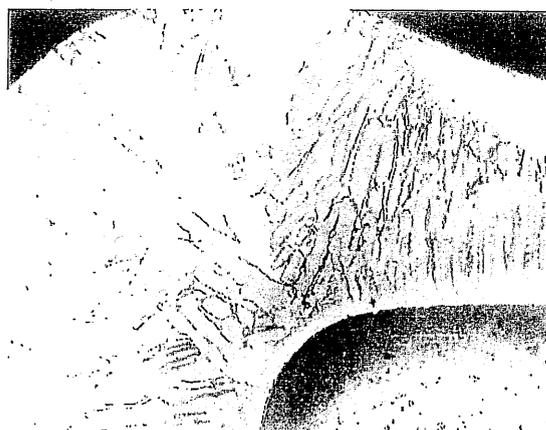
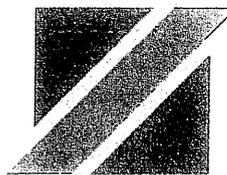


Tabelle 1: Reduzierung der Haltbarkeit eines Korrosionsschutzes an kritischen Bauteilbereichen (Erfahrungswerte)

Glatte Flächen	0 %
Ecken und Vertiefungen	10 – 20 %
Schweißnähte (unbearbeitet)	30 – 35 %
Schrauben, Muttern	50 – 60 %
Kanten	60 %

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 3.1 DIN EN ISO 1461 – Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrauchte Zinküberzüge (Stückverzinken) – Teil 1

Nachstehend werden Erläuterungen, Hinweise und Kommentierungen zur neuen Europäischen Norm zum Stückverzinken der DIN EN ISO 1461 gegeben. Wegen der grundlegenden Bedeutung dieser Norm für das Stückverzinken war es leider nicht möglich, alle Informationen auf dem üblichen zweiseitigen Arbeitsblatt zusammenzufassen, daher werden sich auch die Arbeitsblätter 3.2 und 3.3, die denselben Titel tragen, ebenfalls mit dieser Thematik befassen. Diese drei Arbeitsblätter sind als Einheit zu betrachten.

### DIE DIN 50976 ENTFÄLLT

Durch Feuerverzinken wird Stahl mit einem dichten, metallischen Zinküberzug versehen; der Stahl wird durch diesen dauerhaft vor Korrosion geschützt. Unter dem Oberbegriff „Feuerverzinken“ sammeln sich zwei unterschiedliche Verfahrensvarianten, das diskontinuierliche Verfahren (Stückverzinken) und das kontinuierliche Verfahren („Bandverzinken“) (Abb. 1); die Arbeitsblätter 3.1, 3.2 und 3.3 berichten ausschließlich über das sogenannte Stückverzinken.

Im Rahmen einer immer intensiveren Verflechtung der Industrien auf europäischer Ebene verlieren nationale Normen zunehmend an Bedeutung; schrittweise werden sie durch einheitliche europäische Normen ersetzt. Das diskontinuierliche Feuerverzinken wurde auf nationaler Ebene bis 1999 durch die DIN 50976 „Feuerverzinken von Einzelteilen (Stückverzinken)“ geregelt. In dieser Norm waren Anforderungen und auch Prüfungen von Zinküberzügen, die nach dem Verfahren der Stückverzinkung hergestellt wurden, festgelegt. Der auf diese Weise hergestellte Zinküberzug ist auf einer Vielzahl von Produkten zu finden, angefangen bei kleinen Nägeln und Schrauben bis hin zu großen Masten und Hallen aus Stahl (Abb. 2). Die DIN-Norm beinhaltete alle wesentlichen Fakten, die die Planung, Durchführung und Prüfung von Feuerverzinkungsarbeiten gehörten, sie stellte damit die allgemein anerkannte Regel der Technik auf diesem Gebiet dar. Die letzte Fassung dieser Norm stammt aus dem Mai 1989. Sie



Abb. 1: Gliederung der Feuerverzinkungsverfahren

hat mit der Einführung der neuen Euro-Norm im März 1999 ihre Gültigkeit verloren.

### DIE NEUE DIN EN ISO 1461 GILT EUROPAAWEIT

Als neue Norm im Bereich des Stückverzinkens gibt es also die DIN EN ISO 1461 „Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrauchte Zinküberzüge (Stückverzinken)“. Mit dieser Norm wurde eine europaeinheitliche Feuerverzinkungsnorm geschaffen; auch bisher gültige nationale Normen anderer Mitgliedsländer des CEN verloren ihre Gültigkeit. Die DIN EN ISO 1461 hat darüber hinaus als ISO-Norm auch weltweite Bedeutung.

### ÄNDERUNGEN

Gegenüber der zurückgezogenen DIN 50976 (aus 1989) wurden Änderungen in folgenden zentralen Punkten durchgeführt:

- Änderung in der zulässigen Zusammensetzung der Zinkschmelze;
- Anzahl und Durchführung von Prüfungen sind detaillierter festgelegt.
- Anforderungen an die Dicke der Zinküberzüge in Abhängigkeit von der Materialdicke der Stahlteile sind anders gegliedert und teilweise abweichend geregelt.
- Die maximal zulässige Größe von Fehlstellen im Zinküberzug wurde auf 10 cm<sup>2</sup> geändert.
- In der deutschen Fassung enthält die neue Norm ein Nationales Beiblatt, das über zusätzliche Sachver-

halte informiert und Empfehlungen ausspricht.

- Die neue Norm enthält umfangreiche fachliche Erläuterungen (insbesondere im Anhang C), die zum Verständnis der Voraussetzungen zum und der Vorgänge beim Feuerverzinken einen wichtigen Beitrag leisten.

### 1. ANWENDUNGSBEREICH

Die DIN EN ISO 1461 legt alle Anforderungen und Prüfungen fest, die an das Stückverzinken von Stahlteilen gestellt werden. Es geht hierbei um das Feuerverzinken von Einzelteilen im diskontinuierlichen Verfahren. Die neue Norm regelt sowohl die Anforderungen an Zinküberzüge, die nach dieser Verfahrenstechnik hergestellt werden (z. B. Dicke des Zinküberzuges, Aussehen,

Abb. 2: Die neue Euro-Norm regelt den gesamten Bereich der Stückverzinkung (von Großkonstruktionen bis zu Kleinteilen)

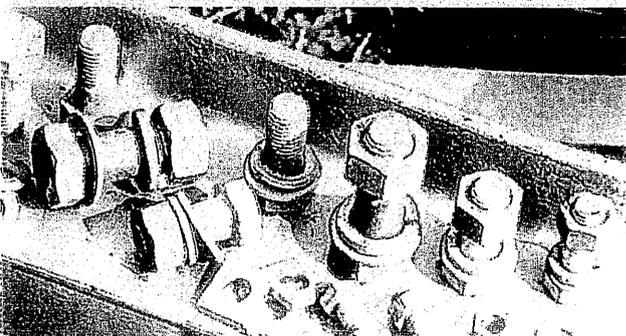
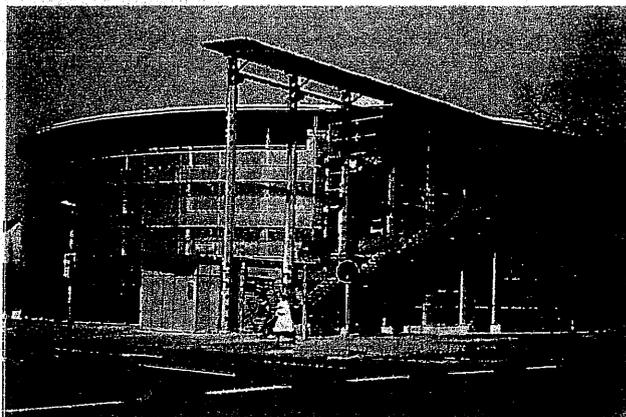


Abb. 3: Das Feuerverzinken von mechanischen Verbindungselementen (Schrauben, Muttern) fällt nicht unter diese Norm, hierzu ist eine neue internationale Norm in Vorbereitung (DIN EN ISO 10684), bis dahin gilt in Deutschland weiterhin DIN 267, Teil 10

Ausbesserungen usw.), sie legt aber auch Prozeduren fest, mit denen die Übereinstimmung der Feuerverzinkung mit dieser Norm nachgewiesen werden kann. Die Norm gilt nicht für andere Verfahrensvarianten des Feuerverzinkens, die in anderen Normen geregelt sind. So gilt z. B. für das Feuerverzinken von Stahlrohren für Installationszwecke, die in automatischen Anlagen feuerverzinkt werden, die DIN EN 10240 (früher DIN 2444); das kontinuierliche Feuerverzinken von Band- und Feinblech ist in DIN EN 10142 bzw. DIN EN 10147 geregelt. Das Feuerverzinken von Stahldraht erfolgt nach DIN 1548. Das Feuerverzinken von Verbindungsmitteln (Schrauben, Muttern) ist zur Zeit (2001) noch in DIN 267, Teil 10 geregelt, es ist jedoch eine internationale Norm (DIN EN ISO 10684) in Vorbereitung, die in einigen Jahren die nationale Norm ablösen wird (Abb. 3).

Für bestimmte Serienprodukte (z. B. Gerüste, Schutzplanken usw.), gibt es eigenständige Normen und Richtlinien, die in einigen Fällen abweichende Festlegungen zum Feuerverzinken dieser Teile treffen (z. B. hinsichtlich der Schichtdicke).

Das Feuerverzinken erfolgt üblicherweise im Lohnauftrag und unterliegt damit in Deutschland den Regelungen des Werkvertragsrechtes. Individuelle Vereinbarungen zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer, sowie Festlegungen in Leistungsverzeichnissen, die Bestandteil eines Auftrages sind, haben daher vorrangig Gültigkeit, auch wenn sie teilweise andere Festlegungen treffen als die sie tangierenden Normen. In den meisten Fällen sind jedoch nach wie vor Normen von zentraler Bedeutung, da sie entweder bei Aufträgen ausdrücklich zitiert werden, oder mangels detaillierter Festlegungen hierzu automatisch die anerkannten Regeln der Technik darstellen.

Die Norm regelt die Leistungen, die von der Feuerverzinkerei zu erbringen sind, sie gilt jedoch nicht automatisch auch für nachgeschaltete Teilleistungen. So ist z. B. die Feuerverzinkerei für die Ausbesserung der von ihr zu vertretenden Fehlstellen (unverzinkte Stellen) zuständig, hingegen jedoch nicht für die Ausbesserung von Schäden am Zinküberzug, die durch die Montage entstehen.

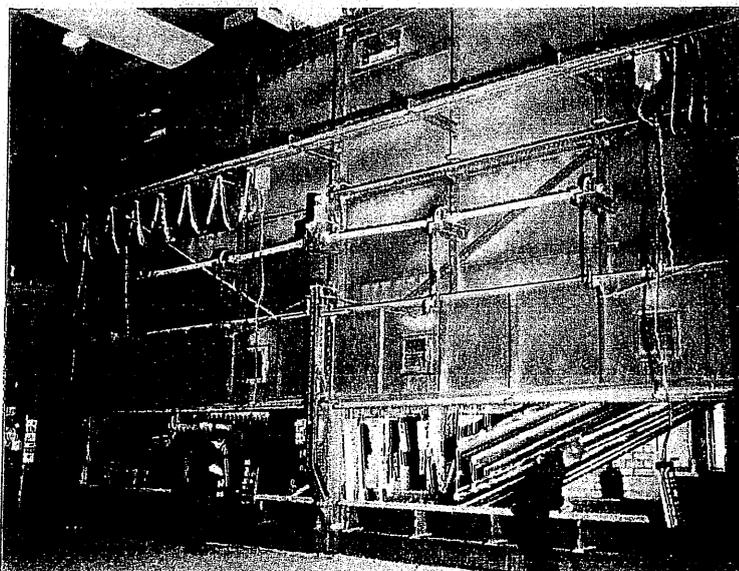


Abb. 4: Normen liefern die Grundlage für die Arbeit in der Feuerverzinkerei

Die neue DIN EN ISO 1461 ist auf das Feuerverzinken in dafür typischen Zinkschmelzen anzuwenden, d. h. sie ist nicht anzuwenden auf Verzinkungsverfahren, die mit speziellen Zinklegierungen mit mehr als 2% anderer Metalle arbeiten (z. B. Galfan).

## 2. NORMATIVE VERWEISUNGEN

In diesem Abschnitt werden alle Normen aufgelistet, auf die innerhalb der neuen Norm Bezug genommen wird, und die daher von besonderem Interesse sein können, dieses gilt insbesondere für durchzuführenden Prüfungen.

## 3. BEGRIFFE

In Abschnitt 3 „Begriffe“ der neuen Euro-Norm werden Begriffe, die in dieser Norm verwendet werden, definiert. Zum Verständnis der Details ist es wichtig, daß man diese Definition kennt und berücksichtigt. Insbesondere die Definitionen im Zusammenhang mit den durchzuführenden Prüfungen sind hierbei von Bedeutung.

## 4. ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN

– Die Zinkschmelze  
Wie bereits aus der alten DIN 50976 bekannt, legt auch die neue Euro-Norm fest, daß nicht mehr als 1,5 Massen-% anderer Metalle in der Zinkschmelze vorhanden sein dürfen; ausgenommen bei der Festlegung dieses Grenzwertes

sind hiervon die Metalle Eisen und Zinn. Da die Zinkschmelzen beim Stückverzinken (Abb. 4) stets eisengesättigt sind (Fe ca. 0,03%), brauchen hierzu keine gesonderten Festlegungen getroffen zu werden. Zinn ist nützlich bei der Ausbildung der Kristallstruktur beim Feuerverzinken und braucht daher auch keinen gesonderten Reglementierungen unterworfen werden.

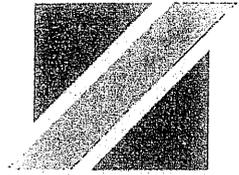
## 5. PRÜFUNGEN

In diesem kurzen Abschnitt legt die Norm eine Mindestanzahl von Teilen fest, die im Rahmen eines größeren Auftrages zu prüfen sind (Abb. 5). Allerdings ist die in der Norm hierzu festgelegte Mindestzahl von zu prüfenden Teilen sehr niedrig angesetzt, daß heißt in der Praxis dürfte sich anbieten, eine größere Anzahl zu prüfender Teile zu vereinbaren.

Anzahl der Teile (Stück)	davon mind. zu prüfen
1 bis 3	Alle
4 bis 500	3
501 bis 1.200	5
1.201 bis 3.200	8
3.201 bis 10.000	13
mehr als 10.000	20

Abb. 5: Zu prüfende Mindestanzahl bei Serienteilen

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 3.2 DIN EN ISO 1461 -- Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrachte Zinküberzüge (Stückverzinken) – Teil 2

### 6. ANFORDERUNGEN AN DEN ÜBERZUG

Die Norm erläutert, daß es praxisübliche Unterschiede zwischen dem Erscheinungsbild verschiedener Verzinkungsverfahren gibt. Sie weist z. B. darauf hin, daß Aussehen und Rauheit von Oberflächen, die durch Stückverzinken hergestellt werden, sich deutlich von Zinküberzügen unterscheiden, die durch kontinuierliche Feuerverzinkungsverfahren erzeugt werden.

In diesem Abschnitt der Norm (und auch im Anhang C) wird darauf hingewiesen, daß ein unterschiedliches Aussehen der Verzinkung (dunkel- bzw. hellgraue Bereiche) sowie Weißrost (wenn die geforderte Mindestdicke des Zinküberzuges noch vorhanden ist) keinen Grund zu Beanstandung darstellen (Abb. 6, 7).

#### – Prüfung und Schichtdicke

Bei Abnahmen sind visuelle Prüfungen an feuerverzinkten Teilen mit dem unbewaffneten Auge durchzuführen. Es wird darauf hingewiesen, daß Zinkspitzen (falls sie eine Verletzungsgefahr darstellen) ebenso wie unverzinkte Stellen im Zinküberzug unzulässig sind und ausgebessert werden müssen. Darüber hinaus müssen Flußmittelrückstände und Zinkaschereste vor der Auslieferung des Materials gegebenenfalls entfernt werden.

Die Anforderung an die Mindestdicke des Zinküberzuges orientieren sich im Wesentlichen an den Schichtdicken, die bisher bereits gemäß DIN 50976 galten, in einigen Bereichen gibt es jedoch geringfügige Veränderungen, sowohl im Hinblick auf die Eingruppierung in Abhängigkeit von der Materialdicke der Werkstücke, als auch im Hinblick auf einzelne Schichtdickenwerte (Abb. 9).

Die Prüfung der Schichtdicke kann nach dem magnetinduktiven Verfahren (ISO 2178) erfolgen (Abb. 8). Bei Unstimmigkeiten (als Schiedsverfahren) ist das gravimetrische Verfahren entsprechend EN ISO 1460 anzuwenden.

Unberücksichtigt bleibt auch hier, daß die praxisübliche Schichtdicke von Zinküberzügen meistens deutlich über den Mindestwerten der Norm liegt, da

die chemische Zusammensetzung des zu verzinkenden Stahls ebenso eine Rolle spielt wie die Materialdicke (Masse) des Verzinkungsgutes (Abb. 11).

Detaillierter als bisher regelt die Euronorm Anzahl und Verteilung von Prüfungen an feuerverzinkten Oberflächen, sowie die Festlegung und Größe von Referenzflächen. Referenzflächen sollten mindestens 100 mm von den Bauteilenden entfernt sein und möglichst in der Bauteilmitte liegen.

Darüber hinaus weist die Norm darauf hin, daß bei der Ermittlung der Schichtdicke an einzelnen Stellen stets der Mittelwert aus 5 Einzelmessungen heranzuziehen ist. Damit will man Einzelmeßwerten mit einiger Ungenauigkeit, die bei den angewandten Meßverfahren stets möglich sind, entgegenwirken. Diese Vorgehensweise ist jedoch nicht speziell für diese Norm festgelegt worden, sondern ist übliche normgemäße Praxis bei der zerstörungsfreien Messung von Beschichtungen und Überzügen.

Im Hinblick auf die eingesetzten zerstörungsfreien Meßverfahren wird darauf hingewiesen, daß Schichtdickenmessungen nicht im Bereich von Schnittkanten und ebenfalls nicht in einer Zone von <math><10\text{ mm}</math> an Werkstückkanten und Ecken durchgeführt werden dürfen. Die Norm trägt damit den aus der Schichtdicken-Meßtechnik bekannten Einflußfaktoren Rechnung, die zu einer Beeinflussung der Meßergebnisse führen können. Es wird damit deutlich unterstrichen, daß ein einzelner Zahlenwert im Rahmen einer Schichtdickenmessung keine hinreichende Aussagefähigkeit besitzt.

Waren bisher in der DIN 50976 die Schichtdicken bei Klein-/Schleuderteilen pauschal geregelt (örtliche Schichtdicke  $55\text{ }\mu\text{m}$ ), so regelt die neue Euronorm diesen Sachverhalt detaillierter. Darüber hinaus regelt die Norm auch die Schichtdicke von Gewindeteilen, allerdings liefert sie keine Hinweise über die Gewindeabmaße. Für das Feuerverzinken von Verbindungselementen wird zur Zeit eine eigenständige ISO-Norm erarbeitet, die später auch als europäische CEN-Norm eingesetzt werden soll.

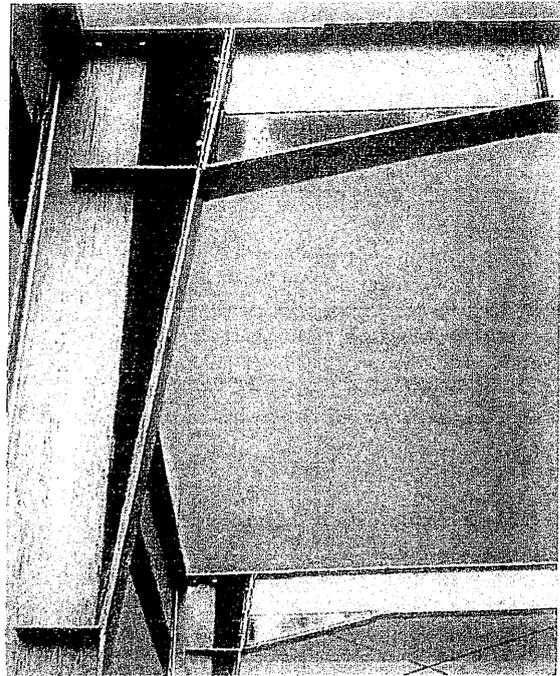


Abb. 6: Aussehen und Dicke von Zinküberzügen werden durch die chemische Zusammensetzung des Stahls mit beeinflusst. Graue Zinküberzüge können bei bestimmten Silicium- und Phosphorgehalten entstehen.

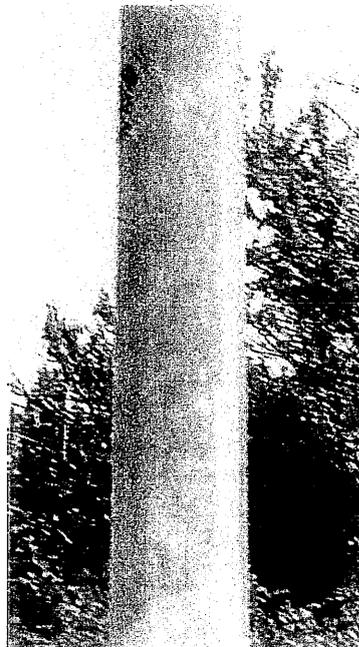


Abb. 7: Unter bestimmten korrosiven Bedingungen können sich Zinküberzüge im Laufe der Jahre braun verfärben – doch keine Angst, es ist kein Rost.

Die Norm trifft bei Kleinteilen keine Festlegungen dazu, ob diese nach dem Feuerverzinken geschleudert werden sollen oder nicht. Bei einer Vielzahl kleiner Stahlteile ist es möglich, diese sowohl im normalen Verfahren der Stückverzinkung zu verzinken, als auch zusätzlich nach dem Verlassen der Zinkschmelze noch zu zentrifugieren. Bei einem kleinen Stahlteil mit 3 mm Materialdicke würde dieses zum Beispiel bedeuten, daß ohne Zentrifugieren eine Mindestdicke von 70 µm aufzubringen ist, bei einem Zentrifugieren des gleichen Teils sind es hingegen nur 55 µm (da ein Teil der Zinkschicht abgeschleudert wird). Werden hierzu keine Festlegungen getroffen, ist es der Feuerverzinkerei freigestellt, welche Verfahrensvariante sie auswählt.

**– Ausbesserung und Haftvermögen**

Die Ausbesserung unverzinkter Stellen (Fehlstellen) ist grundsätzlich zulässig, falls die Fläche dieser Stellen 0,5% der Gesamtoberfläche des betreffenden Bauteils nicht überschreitet. Eine einzelne Fehlstelle darf in ihrer Größe 10 cm<sup>2</sup> nicht übersteigen. Für die Ausbesserung derartiger Stellen sind

- a) das Thermische Spritzen mit Zink (Abb. 10)
- b) das Auftragen geeigneter Zinkstaubbeschichtungen und
- c) das Auftragen spezieller Lote auf Zinkbasis

grundsätzlich gleichberechtigt zugelassen. Unbefriedigend ist hierbei die Tatsache, daß die Schichtdicke der ausgebesserten Stellen mindestens 30 µm mehr betragen muß, als die geforderte, örtliche Dicke des Zinküberzuges an der entsprechenden Stelle. Dieses kann in ungünstigen Einzelfällen eine zwar normgerechte, aber korrosionstechnisch nicht optimal wirksame Ausbesserung zur Folge haben.

Ebenfalls wurde darauf verzichtet, bei der üblichen Ausbesserung von Fehlstellen mittels Zinkstaubbeschichtungsstoffen, besondere Systeme zu empfehlen, die nicht nur eine gute Schutzwirkung aufweisen, sondern darüber hinaus auch ohne Probleme mit anderen Beschichtungsstoffen überbeschichtet werden können.

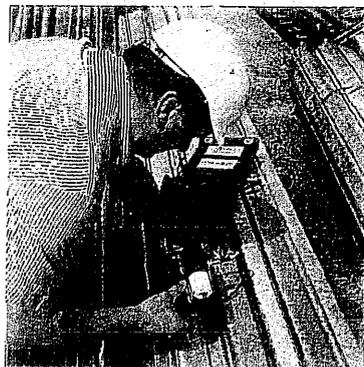
Im Hinblick auf das Haftvermögen weist die Norm darauf hin, daß z. Zt. keine internationalen Normen zur Prüfung des Haftvermögens von Zinküberzügen vorhanden sind. Die in Deutschland geltende DIN 50978 zur Prüfung des Haftvermögens ist national

weiterhin gültig. Es wird jedoch ebenfalls darauf hingewiesen, daß die Prüfung des Haftvermögens zwischen den Vertragspartnern vorher zu vereinbaren ist, ebenso die Rahmenbedingungen unter denen die Teile geprüft werden können und daß die Prüfung nur auf wesentlichen Flächen durchgeführt werden sollte.

Die neue Euro-Norm regelt darüber hinaus, welche Sachverhalte bei Abnahme-Prüfungen von Bedeutung sind. Die in dem zugehörigen Abschnitt 6.5 enthaltenen Hinweise sind zwar hilfreich, jedoch keinesfalls hinreichend für eine umfassende Abnahmeprüfung.

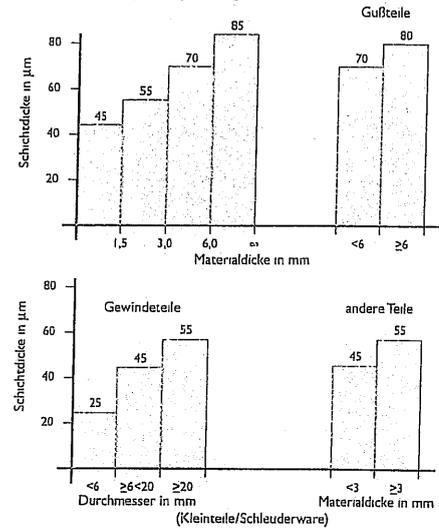
**7. WERKBESCHEINIGUNG**

Auf Anforderung stellt die Feuerverzinkerei dem Auftraggeber eine Werksbescheinigung aus, aus welcher die Übereinstimmung mit der neuen Euro-norm hervorgeht (Werksbescheinigung 2.1 gemäß DIN EN 10204 bzw. ISO 10474).



**Abb. 8: Prüfung der Überzugsdicke an feuerverzinkten Stahlteilen; zerstörungsfrei im magnet-induktiven Verfahren**

**Dicke von Zinküberzügen DIN EN ISO 1461**

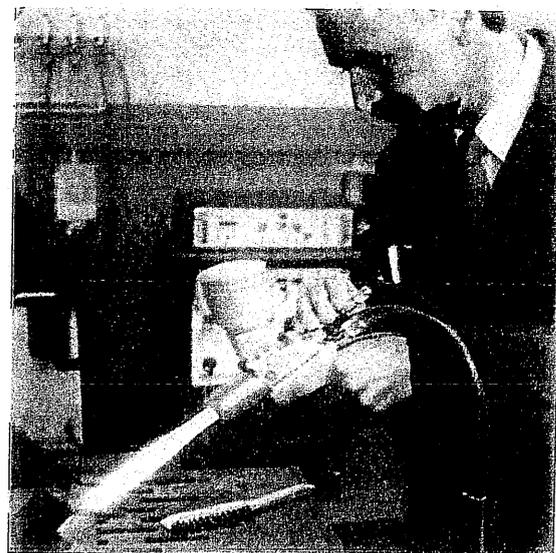


**Abb. 9: Mindestschichtdicken in µm gemäß DIN EN ISO 1461**

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

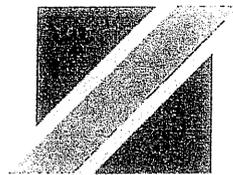
Die in der Tabelle angegebenen Zinkschichtdicken sind praxisübliche Durchschnittswerte. Sie liegen höher als die nach DIN EN ISO 1461 angegebenen Mindestüberzugsdicken.

**Abb. 11: Praxisübliche Schichtdicken von Zinküberzügen**



**Abb. 10: Ausbessern von Fehlstellen durch Thermisches Spritzen**

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 3.3 DIN EN ISO 1461 -- Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrachte Zinküberzüge (Stückverzinken) -- Teil 3

### ANHÄNGE

Die neue DIN EN ISO 1461 enthält mehrere Anhänge, wobei A, B und ZA normativ sind; C, D und E sind informativ.

Im **Anhang A** ist festgelegt, welche Informationen im Hinblick auf eine erfolgreiche Feuerverzinkung wichtig sind und deshalb zu einer umfassenden Auftragserteilung gehören. Ein Problem kann sich hierbei allerdings dadurch ergeben, daß mitunter weder der Auftraggeber, noch die Feuerverzinkerei detaillierte Kenntnisse zu allen dort aufgeführten Fragestellungen besitzen (z. B. die chemische Zusammensetzung eines Stahlwerkstoffes.)

Von besonderer Bedeutung sind in diesem Zusammenhang u. a.:

- die chemische Zusammensetzung des Stahls (im Zusammenhang mit der Eignung zum Feuerverzinken)
- die Art der Stahlkonstruktion und ihre Fertigung (feuerverzinkungsgerechte Konstruktion)
- spezielle Anforderungen an die Oberflächenvorbereitung
- spezielle Anforderungen an eine Nachbehandlung
- besondere Forderungen an das Aussehen und die Dicke von Zinküberzügen
- Hinweise ob kleine Teile zentrifugiert werden dürfen oder nicht
- Ob eine zusätzliche Beschichtung vorgesehen ist (Abb. 12)
- Ob eine Abnahmeprüfung durch den Besteller erfolgen soll
- Ob eine Werkbescheinigung mitzuliefern ist usw.

Da diese und andere Fragen im Zusammenhang mit einem Verzinkungsauftrag von Bedeutung sind, empfiehlt es sich, bereits im Zuge der Planung den Rat eines Verzinkungsfachmannes einzuholen (Abb. 13).

Im **Anhang B** ist darauf hingewiesen, daß die Konstruktionen feuerverzinkungsgerecht zu konstruieren und zu fertigen sind und insbesondere Hohlkörper aus Sicherheitsgründen an geeigneten Stellen Öffnungen besitzen müssen, die ein Ein- und Ausfließen aller Behandlungsmedien zulassen (Abb. 14).

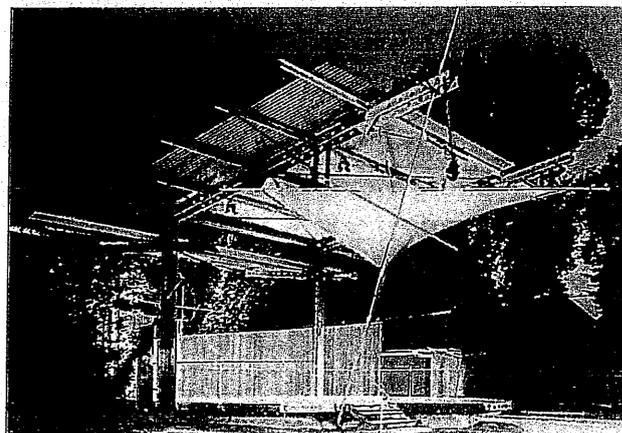
**Anhang C** informiert sehr detailliert über besondere Aspekte, die beim Feuerverzinken zu beachten sind. Erläutert werden u. a. der Einfluß der Rauheit der Stahloberfläche auf die Dicke von Zinküberzügen, der Einfluß von reaktiven Elementen im Grundwerkstoff auf die Dicke des Zinküberzuges und sein Aussehen (hier insbesondere die Einflüsse von Silicium und Phosphor im Stahl). Ebenso wird darauf hingewiesen, welche Auswirkungen hohe Spannungen im Grundwerkstoff beim Feuerverzinken haben können und welche Effekte sich als Folge der Alterung von Stählen ergeben können.

Besondere Probleme, die sich im Hinblick auf das Feuerverzinken schwefelhaltiger Automatenstähle ergeben sind ebenso angesprochen wie der Hinweis, daß an Brennschnittkanten bestimmte Einflüsse eine verringerte Überzugsdicke auslösen können.

Ausführlich beschrieben werden u. a. die Auswirkungen der Kaltverformung von Stählen, die im Zusammenwirken mit der thermischen Einwirkung des Verzinkungsverfahrens eine Versprödung bei bestimmten, stickstoffhaltigen Stählen auslösen kann. An mehreren Stellen im **Anhang C** werden Hinweise zum feuerverzinkungsgerechten Konstruieren gegeben. Leider sind die Ausführungen recht allgemein gehalten, so daß sie dem Praktiker nur wenig Hilfestellung bei der Lösung konkreter Fragen geben. Zum feuerverzinkungsgerechten Konstruieren wird auf die DIN EN ISO 14713 verwiesen, die ausführlichere Informationen zum feuerverzinkungsgerechten Konstruieren liefern wird.

Im Gegensatz zur DIN 50976 enthält die neue Euro-Norm keine detaillierten Hinweise zum Feuerverzinken von Stahlteilen, die mit Trinkwasser in Kontakt stehen sollen. Es wird allerdings darauf verwiesen, daß dann gegebenenfalls der Zinküberzug in seiner chemischen Zusammensetzung die Anforderung für feuerverzinkte Rohre nach EN 10240 erfüllen muß, dieses ist bei Bedarf zu vereinbaren.

Im **Anhang D** werden Ausführungen zur Bestimmung der Schichtdicke



nach verschiedenen Verfahren gemacht. Im Falle von Unstimmigkeiten bezüglich der Schichtdicke von Zinküberzügen und ihrer Prüfung sollte dieser Anhang beachtet werden.

### NATIONALES BEIBLATT I

Das Beiblatt I zu DIN EN ISO 1461 ist nur in der deutschen Fassung dieser Norm zu finden. Es wurde auf Initiative des zuständigen deutschen Normenausschusses erarbeitet und stellt wichtige zusätzliche Hinweise und Erläuterungen, die man in den Anhängen der Euro-Norm vermißt hat, dar.

In technischen Zeichnungen und Stücklisten wird häufig mit Kurzzeichen gearbeitet. Die bislang in DIN 50976 verwendeten Kurzzeichen wurden leider in der neuen Euro-Norm zum Stückverzinken nicht weitergeführt. Im nationalen Beiblatt zu dieser Norm

**Abb. 12: Feuerverzinken + Beschichten = Duplex-System; diese Kombination von Korrosionsschutzsystemen gewinnt in der Praxis zunehmend an Bedeutung**



**Abb. 13: Die fachliche Beratung von Planern ist ein wichtiger Bestandteil des Auftrages**

### 3.3 DIN EN ISO 1461 – Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgetragene Zinküberzüge (Stückverzinken)

wird allerdings die Verwendung von Kurzzeichen empfohlen. So können zum Beispiel die nachfolgenden Bezeichnungen verwendet werden:

**DIN EN ISO 1461-t Zn o**

**DIN EN ISO 1461-t Zn b**

**DIN EN ISO 1461-t Zn k.**

Hierbei steht die Bezeichnung der Norm zuerst, „t“ steht für „thermisch“, „Zn“ steht als chemisches Zeichen für „Zink“, „o“ bedeutet „ohne Anforderung“ in Bezug auf eine Nachbehandlung, „b“ steht für ein nachfolgendes „Beschichten“, „k“ bedeutet, daß „keine Nachbehandlung“ vorgenommen werden darf.

Beim Ausbessern von Fehlstellen in Zinküberzügen mit Hilfe von speziellen Zinkstaub-Beschichtungsstoffen gibt die DIN EN ISO 1461 hierzu keine besonderen Hinweise über die Art des Beschichtungsstoffes (Abb. 15). Im Hinblick auf eine eventuell nachträglich noch durchzuführende komplette Beschichtung der Konstruktion werden jedoch im nationalen Beiblatt Beschichtungsstoffe empfohlen, die ohne Probleme überbeschichtet werden können. Im Beiblatt I werden hierzu Zinkstaubbeschichtungsstoffe mit folgenden Bindemitteln empfohlen:

- Zweikomponenten-Epoxidharz
- luftfeuchtigkeitshärtendes Einkomponenten-Polyurethan
- luftfeuchtigkeitshärtendes Einkomponenten-Ethylsilikat.

Im Beiblatt I wird zudem die Empfehlung ausgesprochen, die Eignung von Stählen zum Feuerverzinken (die u. a. von ihrer chemischen Zusammensetzung abhängt) bereits bei der Stahlbestellung zu vereinbaren. Dieses sollte mit Verweis auf die DIN EN 10025, Abschnitt 7.5.4 geschehen.

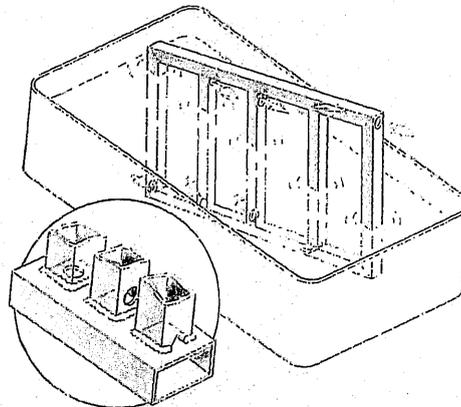
Das nationale Beiblatt weist darauf hin, daß die neue Euro-Norm nicht in der Lage ist, alle wichtigen Sachverhalte im Zusammenhang mit dem Feuerverzinken zu regeln. Insbesondere wenn besondere Anforderungen an das Aussehen gestellt werden (z. B. in der Architektur) sollen Abstimmungen zwischen den Vertragspartnern erfolgen.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Die internationale Norm DIN EN ISO 1461 „Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgetragene Zinküberzüge (Stückverzinken)“ regelt international die Anforderungen und die Prüfung von Zinküberzügen. Der Inhalt der Norm liefert

wichtige, jedoch nicht umfassende Informationen zum Thema, ohne den Anspruch zu erheben, auf alle juristischen Fragen eine Antwort liefern zu können. Um so wichtiger ist es, daß sich Auftragnehmer und Feuerverzinker insbesondere in denjenigen Fragen abstimmen, zu denen die Norm keine hinreichende Festlegung trifft.

Da diese Norm in einigen Bereichen zweifellos Schwächen aufweist, hat sich der zuständige nationale Normenausschuß entschlossen, ein nationales Beiblatt zu erarbeiten, das zusammen mit der Norm erscheinen wird. Darüber hinaus ist ein Kommentar zu dieser Norm in Vorbereitung, der dazu beitragen soll, zu einer Vielzahl von Einzelfragen sachkundige Hinweise und Erläuterungen zu geben.



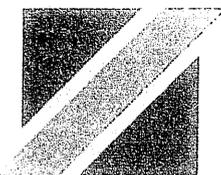
**Abb. 14: Öffnungen an Rohrprofilen oder Hohlkörpern an den richtigen Stellen und mit dem richtigen Durchmesser sorgen für einen guten Korrosionsschutz auch im Innern**



**Abb. 15: Ausbessern von Schadstellen durch Zinkstaub-Beschichtungsstoffe**

Herausgeber und Verlag:  
Institut Feuerverzinken GmbH  
Sohnstraße 70, 40237 Düsseldorf  
e-mail: feuerverzinken@t-online.de  
Internet: www.feuverzinken.com

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 3.4 Ergänzende Normen zum Feuerverzinken

### 1. ALLGEMEINES

Unter dem Begriff „Stückverzinken“ versteht man das Feuerverzinken von Einzelteilen, die nach einer entsprechenden Vorbereitung in eine flüssige Zinkschmelze getaucht werden (Abb. 1). Dadurch erhalten sie einen gleichmäßigen, massiven, metallischen Zinküberzug, der dauerhaft vor Korrosion schützt.

Alle für eine fach- und normgerechte Stückverzinkung wesentlichen Regelungen sind enthalten in – **DIN EN ISO 1461; Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebraute Zinküberzüge (Stückverzinken).**

Nähere Ausführungen zu dieser Norm sind in den Arbeitsblättern 3.1, 3.2 und 3.3 zu finden.

Es gibt jedoch eine Anzahl von Normen, die sich aufgrund besonderer Anforderungen an bestimmte Produkte oder an die Eigenschaften der Zinküberzüge ergeben und somit von den Anforderungen der obigen Norm abweichen.

### 2. ERGÄNZENDE NORMEN UND VERWANDTE VERFAHREN

– **DIN EN ISO 14713**

**Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion; Zink- und Aluminiumüberzüge – Leitfäden, Ausgabe 3/99**

Diese europäische Norm ist ein Leitfaden zum Korrosionsschutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen einschließlich ihrer Verbindungsmittel durch Zink- oder Aluminiumüberzüge. Die Norm behandelt u.a. das Feuerverzinken und das thermische Spritzen mit Zink. Die Empfehlungen können auch für andere Arten von Zinküberzügen Anwendung finden.

Inhaltsschwerpunkte dieser Norm sind:

- Hinweise zu Korrosionsvorgängen und zu Korrosionsbelastungen in verschiedenen Medien (Luft, Boden, Wasser).
- Tabellarische Darstellung der Einsatzmöglichkeiten von Zinküberzügen in Abhängigkeit von der Überzugsdicke und Korrosivitätskategorie.

- Umfangreiche Beispiele und Erläuterungen zum feuerverzinkungsgerechten Konstruieren.
- Hinweise zur Gestaltung von Stahlteilen im Hinblick auf das thermische Spritzen mit Zink oder Aluminium.

Die Auswahl der geeigneten Zink- oder Aluminiumüberzüge erfolgt im Hinblick auf viele Gesichtspunkte, wie z.B.

- a) die allgemeinen Umgebungsbedingungen, welchen der Metallüberzug standzuhalten hat,
- b) Sonderbelastungen,
- c) erforderliche Mindestschutzdauer bis zur ersten Instandsetzung,
- d) die Notwendigkeit eines zusätzlichen Beschichtungssystem,
- e) Verfügbarkeit und Kosten.

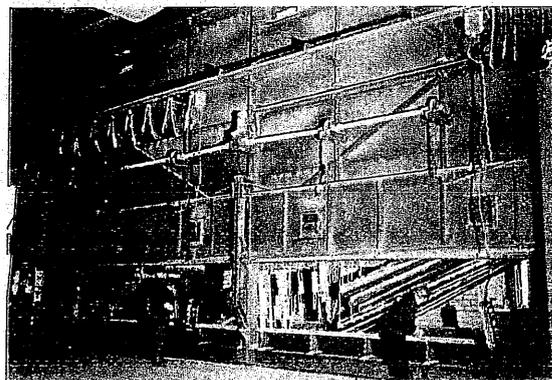
Die Belastung, der ein Korrosionsschutzsystem standzuhalten hat, ist stark abhängig vom Einsatzort und den dort vorherrschenden Bedingungen. So ist z.B. die Korrosionsgeschwindigkeit von Zink und Zinklegierungen in den letzten 30 Jahren erheblich zurückgegangen. Der Grund hierfür ist die erheblich gesunkene Belastung der Atmosphäre durch Schwefeldioxid, welches die größte Bedeutung für die Abtragsraten des Zinks hat.

Die Korrosion in Böden ist abhängig von dessen Zusammensetzung, speziell vom Gehalt an Mineralien, von den organischen Bestandteilen und vom Wasser- bzw. Sauerstoffgehalt.

In Wässern spielen ebenfalls viele Faktoren eine Rolle, wie z.B. der pH-Wert, der Gehalt an Mineralien, der Sauerstoffgehalt und Temperatur. Diese verschiedenen Faktoren machen standardisierte Empfehlungen fast unmöglich; deshalb sollte hier generell ein Fachmann zur Beratung hinzugezogen werden.

Schon bei der Konstruktion und Fertigung sollte das Korrosionsschutzsystem mit einbezogen werden. Die Beachtung folgender Gesichtspunkte kann unliebsame und kostenintensive Überraschungen vermeiden:

- a) Die Zugänglichkeit für Instandsetzungsarbeiten muß gewährleistet sein.
- b) Sogenannte „Schmutzecken“ sind zu vermeiden.



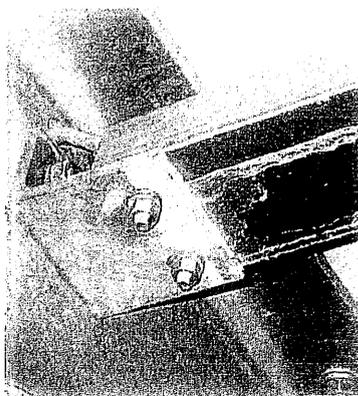
**Abb. 1: Normen liefern die Grundlage für die Arbeit in der Feuerverzinkerei**

- c) Später schwer zugängliche Bereiche sollten von vornherein einen Langzeitschutz erhalten.
- d) Erforderliche Umformarbeiten haben vor den Korrosionsschutzarbeiten zu erfolgen.
- e) Für alle Teile einer Konstruktion ist ein einheitlicher Korrosionsschutz vorzusehen (Abb. 2).

Der Anhang zur Norm erhält praktische Hinweise und Beispiele zur Gestaltung von Stahlbauteilen, die feuerverzinkt bzw. thermisch gespritzt werden sollen.

Sollen Zinküberzüge zusätzlich beschichtet werden (Duplex-System), ist DIN EN ISO 12944 zu beachten.

Hiernach ist ein für den jeweiligen Einsatzzweck geeignetes Beschichtungssystem zu bestimmen. Die Schutzdauer eines Duplex-Systems aus Zinküberzug und Beschichtung ist größer als die Summe der Einzelschutzdauer. Der Zinküberzug verhindert ein Unterrosten der Beschichtung. Diese



**Abb. 2: Nur der Fachmann sieht den Unterschied: stückverzinktes Stahltragwerk, elektrolytisch verzinkte Schrauben und Müttern, kontinuierlich verzinktes Kabeltragprofil. Drei Verzinkungsarten mit unterschiedlichem Leistungsvermögen.**

## 3.4 Ergänzende Normen zum Feuerverzinken

wiederum verhindert den Abtrag des Zinküberzuges.

- **DIN 267, Teil 10**  
Mechanische Verbindungselemente; Technische Lieferbedingungen, Feuerverzinkte Teile (vorrass. ab Mitte 2002 ISO 10684)

Diese Norm regelt das Feuerverzinken von Schrauben, Muttern und sinngemäß auch für Unterlegscheiben. Es handelt sich dabei um Verbindungsmittel, die unmittelbar nach dem Verlassen der Zinkschmelze zentrifugiert werden, um den Zinküberzug, vor allen Dingen im Bereich der Gewinde, in einem paßfähigen Zustand zu erhalten (Abb.3). Die Mindestdicke des Zinküberzuges liegt – unabhängig von der Gewindeabmessung – bei 40 µm. Das Paßvermögen der Verbindungsmittel wird im Regelfall dadurch sichergestellt, daß komplette Garnituren, bestehend aus Schraube und Mutter gefertigt werden; hierbei kann das Muttergewinde mit Übermaß geschnitten werden.

- **DIN EN 10240**  
Innere und/oder äußere Schutzüberzüge für Stahlrohre - Festlegungen für durch Schmelztauchverzinken in automatisierten Anlagen hergestellte Überzüge, Ausgabe 02/98

Zinküberzüge, die auf Installationsrohre aufgebracht werden, müssen in erster Linie aus hygienischen Gründen besondere Anforderungen erfüllen. Die chemische Zusammensetzung des Zinküberzuges ist in dieser Norm gesondert festgelegt. Der geforderte Oberflächenzustand des Zinküberzuges läßt sich nur durch ein Abblasen der Rohre mit Hilfe von Preßluft und ein zusätzliches Ausblasen der Rohrinnenseiten mittels Dampf erreichen.

Zur Gütesicherung sind Eigenprüfungen vorgeschrieben.

- **DIN EN 22063**  
Metallische und andere anorganische Schichten – Thermische Spritzen – Zink, Aluminium und ihre Legierungen, Ausgabe 08/94

Das thermische Spritzen von Zink hat zwar nur ein relativ kleines Anwendungsgebiet, es läßt sich vor allen Dingen dort einsetzen, wo aufgrund der Rahmenbedingungen (z.B. Abmessungen, Art der Konstruktion, spezielle

Werkstoffe) ein Feuerverzinken nicht möglich oder sinnvoll ist. Es wird eine Schichtdicke von 100 µm für gespritzte Zinküberzüge empfohlen, ggf. sind auch größere Überzugsdicken sinnvoll.

- **DIN EN 10142**  
Kontinuierlich feuerverzinktes Blech und Band aus weichen Stählen zum Kaltumformen; Technische Lieferbedingungen
- **DIN EN 10147**  
Kontinuierlich feuerverzinktes Band und Blech aus Baustählen – Technische Lieferbedingungen, Ausgabe 8/95

Diese Normen regeln die Anforderungen an kontinuierlich feuerverzinkte Flacherzeugnisse mit einer Dicke  $\leq 3$  mm (früher häufig „Sendzimir-Verzinkung“ genannt). Verschiedene Ausführungen des Zinküberzuges, Oberflächenarten und Oberflächenbehandlungen sind möglich. Die Bleche und Bänder nach dieser Norm werden üblicherweise für Verwendungszwecke eingesetzt, bei denen die Umformbarkeit (Falzen, Ziehen, Tiefziehen) und der Schutz vor Korrosion von vorrangiger Bedeutung sind.

- **DIN EN ISO 12944**  
Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme

Diese Norm behandelt den Korrosionsschutz von Stahlbauten (einschließlich Verbindungen) durch Beschichtungen und Überzüge. Sie gilt für Stahlbauten, d.h. Konstruktionen aus Stahl, die eines Tragsicherheitsnachweises bedürfen. Aufgrund der umfassenden Thematik des Korrosionsschutzes gliedert sich diese Norm in 8 Teile, die alle Schritte des Korrosionsschutzes, beginnend bei der Definition der Korrosionsbelastung über korrosionsschutzgerechte Gestaltung, die Vorbereitung und Durchführung der Korrosionsschutzarbeiten bis hin zur Prüfung und Überwachung von Korrosionsschutzarbeiten beinhalten.

Im Zusammenhang mit der Feuerverzinkung (Stückverzinkung) sind insbesondere Teil 4 „Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung“ und Teil 5 „Beschichtungssysteme“ von Bedeutung. Hinsichtlich der Feuerverzinkung werden keine von der DIN EN ISO 1461 abweichenden Forderungen gestellt, es ergeben sich jedoch wichtige Ergänzungen, z.B. im Hinblick auf die Anwendung des Duplex-Systems.

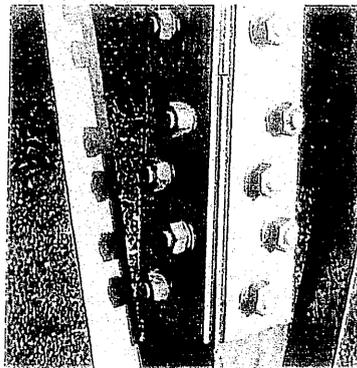


Abb. 3: Feuerverzinkte Verbindungsmittel werden üblicherweise nach dem Feuerverzinken zentrifugiert, um die Paßfähigkeit der Gewinde sicherzustellen

### 3. PRÜFUNG VON ZINKÜBERZÜGEN

Zur Prüfung von Korrosionsschutzverfahren gibt es eine Anzahl von Normen, die konkrete Prüfungen der Eigenschaften von Zinküberzügen, u. a. auch für das Feuerverzinken (Stückverzinken) festlegen (Abb. 4). Da diese Normen teilweise sehr komplexe Prüfprozeduren beschreiben, wird auf einen Einblick in den Inhalt an dieser Stelle verzichtet. Erwähnt werden sollen jedoch unter anderem:

- **DIN EN ISO 1460** Feuerverzinken auf Eisenwerkstoffen, Gravimetrisches Verfahren zur Bestimmung der flächenbezogenen Masse.

- **DIN 50978** Prüfung metallischer Überzüge, Haftvermögen von durch Feuerverzinken hergestellten Überzügen.

- **DIN 50982, Teil 3** Messung von Schichtdicken; Allgemeine Arbeitsgrundlagen.

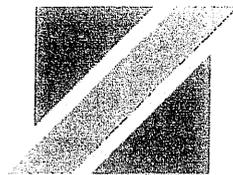
- **DIN EN ISO 2178** Nichtmagnetische Überzüge auf magnetischen Grundmetallen – Messen der Schichtdicke – Magnetverfahren, Ausgabe 04/95



Abb. 4: Eine laufende Prüfung in allen Prozessschritten schafft die Voraussetzung für eine normgerechte Verzinkung

Herausgeber und Verlag:  
Institut Feuerverzinken GmbH  
Sohnstraße 70, 40237 Düsseldorf  
e-mail: feuerverzinken@t-online.de  
Internet: www.feuverzinken.com

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 3.5 Ausschreibung/Auftragsvergabe/Abnahme

### 1. ALLGEMEINES

Das Feuerverzinken wird in den meisten europäischen Ländern im Lohnauftrag durchgeführt, d.h. die Feuerverzinkungsbetriebe veredeln im Auftrage ihrer Kunden deren Stahlteile, indem sie diese mit einem Zinküberzug versehen und dadurch vor Korrosion schützen (Abb. 1). Im Regelfall vergibt ein Auftraggeber den Auftrag zur Herstellung einer Stahlkonstruktion an einen Stahlbau- oder Schlossereibetrieb und dieser wiederum vergibt die separate Leistung des Feuerverzinkens im Unterauftrag. Die Feuerverzinkerei und der eigentliche Auftraggeber sind also in vielen Fällen keine unmittelbaren Vertragspartner. Hieraus können sich unter Umständen besondere rechtliche Zusammenhänge ergeben.

Grundlage derartiger Aufträge ist die DIN EN ISO 1461; „Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrachte Zinküberzüge (Stückverzinken)“. Diese Norm legt alle Anforderungen und Prüfungen fest, die bei einer Feuerverzinkung einzuhalten sind und die den Regeln der Technik entsprechen (siehe hierzu auch Arbeitsblätter 3.1, 3.2 und 3.3).

### 2. AUSSCHREIBUNG

Bei der Erteilung eines Auftrages reicht es in der Regel aus, die oben genannte Norm als Grundlage heranzuziehen, legt sie doch alle wesentlichen Kriterien, einschließlich der allgemeinen Anforderungen und der durchzuführenden Prüfungen, fest. Weniger sollte es jedoch nicht sein.

Werden besondere Anforderungen gestellt, die von der Norm nicht abgedeckt werden, so sind hierüber individuelle Vereinbarungen zu treffen. Insbesondere sind dabei die Möglichkeiten der technischen Durchführung und die eventuell damit verbundenen Mehraufwendungen zu prüfen. So lassen sich zum Beispiel besondere Anforderungen an die Dicke und das Aussehen von Zinküberzügen nicht immer problemlos und mitunter nur mit besonderem Aufwand realisieren.

Um mögliche Probleme von vornherein auszuschließen ist es meist hilfreich, auf zwei Punkte gesondert hinzuweisen:

- Daß für die betreffende Konstruktion ein Stahlwerkstoff einzusetzen ist, der für das Feuerverzinken geeignet ist (siehe Arbeitsblatt 2.2), denn nicht jeder Stahl läßt sich gleich gut feuerverzinken.
- Daß die gesamte Konstruktion feuerverzinkungsgerecht zu konstruieren und zu fertigen ist, denn nur bei einer feuerverzinkungsgerechten Konstruktion stimmt auch das Ergebnis.

Auch bei der Verwendung von mechanischen Verbindungsmitteln (Schrauben, Muttern usw.) ist es sinnvoll, die jeweilige Norm, die das Feuerverzinken dieser Teile festlegt, (z. B. DIN 267, Teil 10) gesondert zu erwähnen.

Es ist auf einheitlichen Korrosionsschutz zu achten. Verzinkt ist nicht gleich verzinkt. Da es unter dem Oberbegriff „Verzinkung“ verschiedene Verfahren gibt, ist es wichtig, bei Ausschreibungstexten präzise zu formulieren. Es sollte Bezug auf die geltende Stückverzinkungsnorm genommen werden (DIN EN ISO 1461). Um einen einheitlichen, hochwirksamen Korrosionsschutz zu erhalten, sollten Stahlteile, die durch andere Verzinkungsverfahren geschützt werden und die deshalb eine geringere Schutzwirkung besitzen, möglichst nicht akzeptiert werden. Alternativ ist die geringere Schutzwirkung durch zusätzliche Beschichtung(en) derjenigen der Feuerverzinkung anzupassen.

### 3. LEISTUNGSBESCHREIBUNG

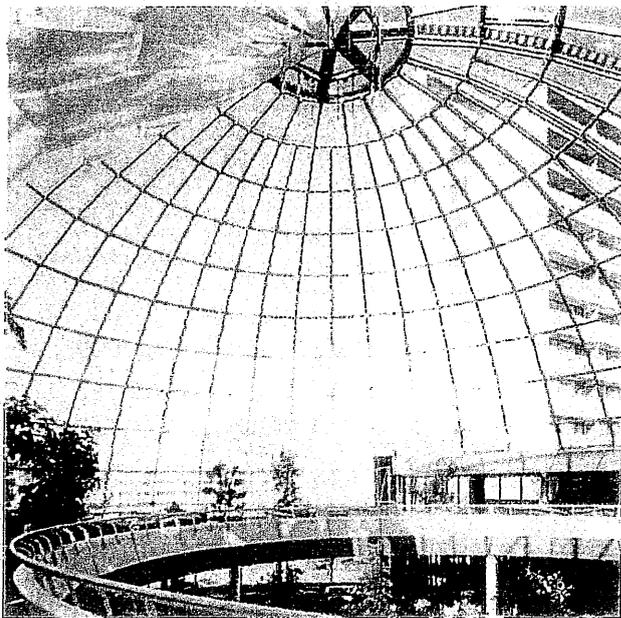
Es ist das Ziel einer schriftlichen Ausschreibung, die geforderte Leistung präzise und umfassend zu beschreiben, um dadurch einen objektiven Vergleich der verschiedenen Angebote zu ermöglichen.

In allen Fällen ist es wichtig, daß Auftragnehmer und Auftraggeber vor der Abwicklung des Auftrages genau die Leistungsmerkmale festlegen. Je weniger ein Auftraggeber mit den Details eines Verfahrens vertraut ist, umso

wichtiger ist es, daß er sich zuvor alle notwendigen Informationen beschafft. Alle Feuerverzinkereien sind gern bereit, zu informieren, zu beraten (Abb. 2) und zu helfen.

Werden keine besonderen vertraglichen Vereinbarungen getroffen und liegt kein schriftlicher Auftrag vor, so erfolgt das damit verbundene Feuerverzinken nicht außerhalb jeglicher Regeln. Allgemein gilt, daß die einschlägigen Normen (hier also DIN EN ISO 1461) oder vergleichbare Richtlinien, die die Regeln der Technik widerspiegeln, in jedem Fall einzuhalten sind.

**Abb. 1: Feuerverzinktes Bauwerk – hier als Beispiel: Kuppel des Begegnungszentrums der Klinik Feuerberg in Bad Neustadt**



**Abb. 2: Die fachliche Beratung von Kunden ist ein wichtiger Bestandteil des Auftrages**

#### 4. ABNAHME/PRÜFUNG

Da Feuerverzinkungsarbeiten im Regelfall im Lohnauftrag durchgeführt werden, unterliegen sie in den meisten Fällen daher auch dem Werkvertragsrecht. Hierbei ist die Abnahme der erbrachten Leistung ein wesentlicher Bestandteil. Diese Abnahme der erbrachten Leistung durch den Auftraggeber sollte möglichst vor dem Verlassen des Zuständigkeitsbereiches der Feuerverzinkerei erfolgen.

Der Auftraggeber hat sich davon zu überzeugen, daß der Lieferumfang auftragsgemäß erledigt ist. Stellt er fest, daß die Feuerverzinkung Mängel aufweist, so muß er diese unverzüglich rügen. Bei einer Überprüfung auf dem Gelände der Feuerverzinkerei lassen sich festgestellte Mängel in der Regel kurzfristig und ohne nennenswerten Aufwand beseitigen. Da man vorhandene Mängel in aller Regel ohne großen apparativen Aufwand herausfinden kann (denn verdeckte Mängel treten beim Feuerverzinken kaum auf), sollte man diese Gelegenheit nutzen.

Zu den üblichen Prüfungen im Rahmen einer Abnahme gehören die visuelle Überprüfung der Feuerverzinkung (Abb. 3) und darüber hinaus die Prüfung der Dicke des Zinküberzuges. Diese kann rasch, präzise und zerstörungsfrei mit elektromagnetischen Schichtdickenmeßgeräten erfolgen.

Ein besonderes Problem ergibt sich, wenn vorhandene Mängel nicht unverzüglich gerügt wurden und stattdessen eine Weiterverarbeitung oder gar eine Komplettmontage der Teile durchgeführt wurde. In solchen Fällen steigt der Aufwand zur Mängelbeseitigung ganz enorm, denn vielfach ist ein umfangreicher Aufwand für Demontage, Nachbesserung und die Wiedermontage der Teile erforderlich.



Abb. 3: Die Prüfung der erbrachten Leistungen schafft Klarheit. Wenn alles o.k. ist, kann weiterverarbeitet werden

#### 5. SONDERLEISTUNGEN

Sind über das eigentliche Feuerverzinken hinaus noch weitere Anforderungen oder Leistungen vorgesehen, so sind auch hierüber Vereinbarungen zu treffen. So sind z.B. das einbaufertige „Verputzen“ der Stahlteile oder auch das Auftragen zusätzlicher Farbbeschichtungen (Duplex-System) derartige Sonderleistungen.

Bei Duplex-Systemen (Feuerverzinkung plus Beschichtung) ist eine detaillierte Beschreibung zwingend erforderlich. Insbesondere ist der Zustand der Verzinkung vor dem Auftragen der Beschichtung zu prüfen. Nur wenn der Zinküberzug einwandfrei ist, darf mit der Weiterverarbeitung begonnen werden. Die Ausschreibung der Leistungen kann kurz und knapp (Tab. 1) oder auch sehr detailliert erfolgen.

#### 6. GEWÄHRLEISTUNG

Die Gewährleistungsfrist ist dazu da, daß vorhandene Mängel innerhalb einer festgelegten Zeit festgestellt, gerügt und durch den Auftragnehmer beseitigt werden können. Üblicherweise sind alle Mängel unverzüglich zu rügen, um daraus resultierende Folgeschäden auf ein Minimum begrenzen zu können.

Die meisten Feuerverzinkereien richten sich nach der gesetzlichen Gewährleistungsfrist, die für Arbeiten an

Bauwerken eine Verjährungsfrist von 5 Jahren vorsehen.

#### 7. ZUSAMMENFASSUNG

Grundsätzlich ist es notwendig, daß Auftraggeber und Auftragnehmer den Inhalt und den Umfang eines Verzinkungsauftrages eindeutig festlegen. Hierzu gehört weniger die exakte Beschreibung von Sachverhalten, die an anderer Stelle (z.B. in Normen) ohnehin bereits ausreichend geregelt sind, als vielmehr davon abweichende oder ergänzende Festlegungen.

Ist vor der Erteilung des Auftrages eine umfassende Vereinbarung getroffen worden, so ist nach der Bearbeitung des Auftrages präzise zu prüfen, ob diese auch in allen Punkten eingehalten wurde.

#### Duplex-System mit Epoxidharz-Beschichtung

Dieser Systemvorschlag/Beschichtungsaufbau ist angelehnt an DIN EN ISO 12944 (Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme), Teil 5, Ausgabe 1998

System/Basis: 2-Komponenten-Korrosionsschutz auf Epoxidharz- bzw. Polyurethan-Basis.

Einsatz: Als Innen- und Außenbeschichtung zum Schutz von Stahlkonstruktionen, die einer hohen Beanspruchung ausgesetzt sind.

Bezeichnung: Korrosionsschutz DIN EN ISO 12944 – Teil 5 – Schutzsystem-Kennzahl S9.12

Gesamtschichtdicke im System: 240 µm  
Beispiel

Position 1: Feuerverzinkung gem. DIN EN ISO 1461: Schichtdicke mind. 80 µm (exakte Werte siehe DIN EN ISO 1461).

Position 2: Oberflächenvorbereitung: Mechanische Entfernung von Schmutz und Rückständen mittels „Sweepen“.

Position 3: Grundbeschichtung Epoxidharz oder Polyurethan, Trockenschichtdicke 1 x 80 µm

Position 4: Deckbeschichtung Epoxidharz oder Polyurethan, Trockenschichtdicke 2 x 80 µm = 160 µm Gesamtdicke

Tabelle 1

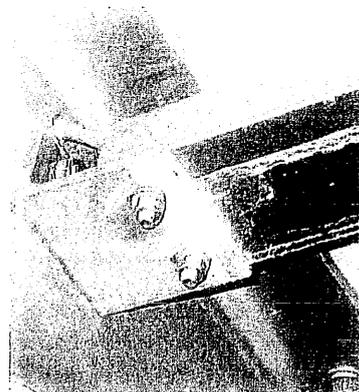
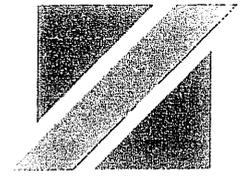


Abb. 4: Nur der Fachmann sieht den Unterschied (ein stückverzinktes Stahltragwerk, elektrolytisch verzinkte Verbindungsmittel, kontinuierlich feuerverzinktes Blechprofil). Drei Verzinkungsarten mit unterschiedlichem Leistungsvermögen.

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 4.1 Lagern und Transportieren von feuerverzinktem Stahl

### 1. ALLGEMEINES

Der gute Schutz vor Korrosion, den die Feuerverzinkung bietet, beruht auf der Bildung schützender Deckschichten, die durch Witterungseinflüsse im Verlaufe einiger Wochen oder Monate auf der Oberfläche feuerverzinkter Stahlteile entstehen. Diese Deckschichten bestehen überwiegend aus basischem Zinkcarbonat ( $Zn_5(OH)_6(CO_3)_2$ ), dessen Bildung stark vom Angebot an Kohlendioxid abhängt. Die für die Korrosionsschutzwirkung des Zinks so wichtigen Deckschichten können sich jedoch nicht ausbilden, wenn die Zinkoberfläche über einen längeren Zeitraum mit Wasser benetzt ist, das keine oder nur sehr wenig mineralische Stoffe enthält, oder wenn der Luftzutritt und damit das Angebot an  $CO_2$  unzureichend ist.

In solchen Fällen bildet sich auf der Oberfläche verzinkter Bauteile sogenannter „Weißrost“ (Abb. 1). Weißrost besteht überwiegend aus ( $2 ZnCO_3 \cdot 3 Zn(OH)_2 \cdot 3 H_2O$ ), Zinkhydroxid, einem geringen Anteil Zinkoxid und nur wenig Zinkcarbonat. Weißrost hat keine genau definierte Zusammensetzung, da diese von den jeweiligen Entstehungsbedingungen abhängt ist.

### 2. PROBLEMBEREICHE

In der Praxis kann Weißrost nur bei frisch feuerverzinkten Teilen zu einem Problem werden, da sich anfangs noch keine schützenden Deckschichten gebildet haben. Weil die Einwirkung von Feuchtigkeit eine wesentliche Voraussetzung ist, spielen auch jahreszeitliche Einflüsse eine Rolle. Zeiträume, in denen Weißrost vermehrt auftritt, sind Herbst und Winter, denn häufiger Niederschlag, Nebel und Taupunktunterschreitungen durch niedrige Temperaturen fördern die Weißrostbildung.

Auch das Stapeln von frisch feuerverzinkten Teilen in nassem Gras, in ungünstiger Position oder flächig aufeinanderliegend kann unter intensiver Einwirkung von Feuchtigkeit zu Weißrost führen.

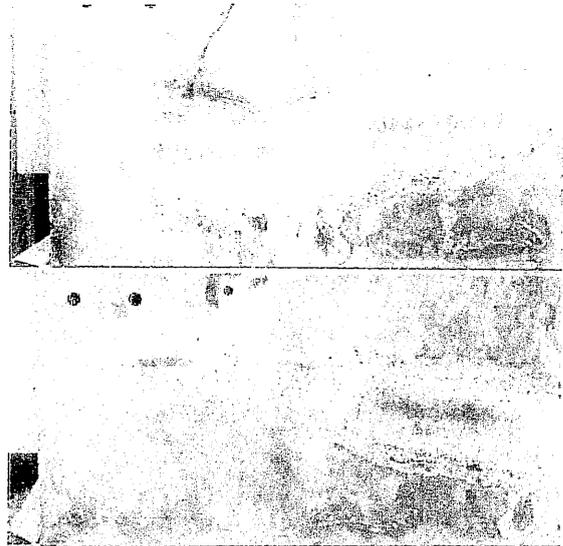
Obwohl gut gemeint, bringt auch das Abdecken von verzinkten Stahlteilen, die im Freien gelagert werden, unter Planen oder Folien in der Regel mehr Schaden als Nutzen. Feuchte Luft staut sich unter den Abdeckungen, es bildet sich in feuchtigkeitsgesättigter Luft Kondenswasser – ein ideales Klima für Weißrost. Auch Verpackungen sind nur solange sinnvoll, wie sie unbeschädigt sind und keine Feuchtigkeit die Verpackung durchdringen kann. Besonders leicht bekommt man Probleme mit der Weißrostbildung bei feuerverzinkten Schüttgütern wie z.B. Schrauben oder Nägeln, die in feuchten Holzkisten oder offenen Behältern unter freiem Himmel gelagert werden.

Die Bildung von Weißrost steht nicht in Zusammenhang mit dem Verzinkungsverfahren und ist auch kein Maßstab für die Güte der Verzinkung. Es ist vielmehr eine Erscheinung, die ganz wesentlich von den Witterungsbedingungen während der Lagerung oder des Transports frisch feuerverzinkter Teile abhängig ist.

### 3. SCHADENSUMFANG

Die Schädigung durch Weißrost wird von Laien häufig überschätzt, da bei der Bildung von Weißrost bereits geringe Mengen metallischen Zinks bei ihrer Umsetzung große Mengen des lockeren, amorphen, pulverigen Weißrostes ergeben. Man unterscheidet zwischen leichter und schwerer Weißrostbildung.

Leichte Weißrostbildung tritt auf, wenn Schwitzwasser oder Feuchtigkeit nur kurzzeitig auf frisch verzinkte Oberflächen einwirken kann und danach rasch wieder abtrocknet (Abb. 2). Dieses ist bei ausreichendem Luftzutritt und bei nicht andauernder Befeuchtung der Fall. Eine nennenswerte Schädigung tritt hierbei nicht 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. Diese Form der



**Abb. 1:** Feuerverzinkte Bauteile, die mehrere Monate im Freien lagerten. Die enge Stapelung verhinderte eine ausreichende Luftzirkulation, so daß eine Weißrostbildung ausgelöst wurde



**Abb. 2:** Minimaler Weißrost an einem Signalmast; für die Wirksamkeit des Korrosionsschutzes ohne Bedeutung; bei zusätzlichen Beschichtungen muß jedoch auch diese geringe Weißrostbildung vor dem Auftragen der Beschichtung entfernt werden

## 4.1 Lagern und Transportieren von feuerverzinktem Stahl

Weißrostbildung ist zwar weitgehend harmlos, kann jedoch beim Auftragen zusätzlicher Beschichtungen zu Haftproblemen führen.

Starke Weißrostbildung tritt bei andauernder und intensiver Befeuchtung auf. Sie kann zu einer erheblichen Schädigung des Zinküberzuges – bis hin zu seiner lokalen Zerstörung führen. Eine objektive Aussage über den Umfang einer Schädigung wird über eine visuelle Prüfung hinaus in erster Linie durch Messung der noch vorhandenen Überzugsdicke möglich. Vor einer Messung müssen jedoch alle Zinkkorrosionsprodukte sorgfältig entfernt werden.

### 4. WEISSROSTVERHÜTUNG

Da die Bildung von Weißrost ausschließlich durch Feuchtigkeitseinwirkung und die Lagerungsverhältnisse beeinflusst wird, sollten auch hier vorbeugende Maßnahmen ergriffen werden. Nachstehend einige Hinweise:

#### a) bei der Lagerung

- Bei Regen, Nebel oder hoher Luftfeuchtigkeit frisch verzinkte Stahlteile nicht langfristig im Freien lagern.
- Da auch längeres Einwirken von Schnee Weißrost auslösen kann, empfiehlt es sich, gegebenenfalls das Material unter Dach zu lagern.
- Verzinkte Stahlteile nicht in hohem, feuchtem Gras, in Pfützen oder Schlamm ablagern (Abb. 3).
- Stahlteile auf Unterlagen (z. B. Kanthölzer) setzen, mit etwa 150 mm Bodenabstand
- Keine Abdeckung durch Planen oder Folien.
- Wannensbildung (Feuchtigkeitsansammlungen) bei der Lagerung von Profilen vermeiden (offene Profilseite muß nach unten zeigen).
- Vollflächige Berührung vermeiden (ggf. Holzzwischenlagen benutzen).
- Möglichst mit leichtem Gefälle lagern, damit Wasser ablaufen kann.

#### b) beim Transport

- Auf ausreichende Belüftung achten, Feuchtigkeitsansammlungen vermeiden. Empfindliche Teile bei feuchter Witterung nicht auf ungeschützter Ladefläche transportieren.
- Bei Seetransport ggf. besondere Maßnahmen durch chemische Schutzmittel vorsehen.
- Kontakt mit anderen aggressiven Transportgütern (z. B. Resten von Chemikalien auf der Ladefläche) vermeiden.
- Feuerverzinkte Schüttgüter nicht in feuchten Holzkisten transportieren oder in offenen Behältnissen im Freien lagern.

### 5. BEHEBUNG VON WEISSROSTSCHÄDEN

Weißrost beeinträchtigt das optische Bild einer Verzinkung. Zu bedenken ist jedoch, daß sich der eventuell vorhandene silbrige Glanz einer frischen Feuerverzinkung ohnehin im Verlaufe einiger Monate verliert und sich in einen hellen Grauton verwandelt.

Sind die Bedingungen, die die Weißrostbildung ausgelöst haben, nicht mehr vorhanden, breitet er sich auch nicht weiter aus. Bei geringem Weißrostbefall ist daher eine Entfernung des dünnen, weißlichen Belages nicht zwingend erforderlich; die Korrosionsprodukte lagern sich vielmehr in die sich langsam bildende Deckschicht ein. Ist jedoch eine zusätzliche Beschichtung vorgesehen, so muß auch der geringste Weißrostbelag unbedingt entfernt werden, da andernfalls das Haftvermögen der Beschichtung erheblich beeinträchtigt wird.

Bei starker Weißrostbildung (Abb. 4) sollten eventuell durchzuführende Ausbesserungsmaßnahmen vom Ausmaß der Schädigung abhängig gemacht werden. Zeigt die durchgeführte Messung der noch vorhandenen Dicke des Zinküberzuges, daß die nach Norm geforderten Mindestwerte eingehalten sind, kann man sich damit begnügen, den weißlichen Belag sorgfältig zu entfernen. Sind

jedoch die normgemäßen Mindestschichtdicken unterschritten, muß zusätzlich lokal eine fachgerechte Instandsetzung des Korrosionsschutzes erfolgen. Dieses kann analog zu den in DIN EN ISO 1461, Abschnitt 6.3, genannten Möglichkeiten geschehen.

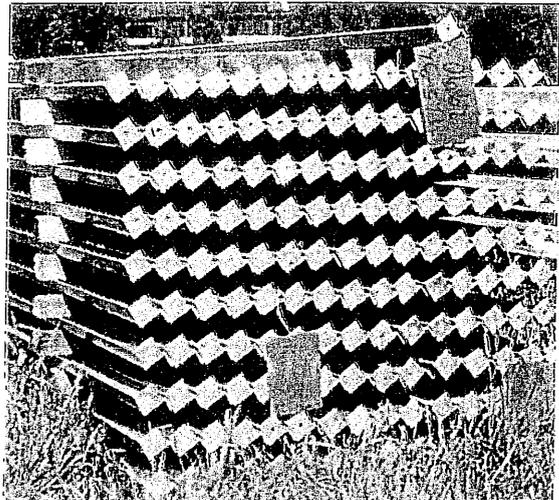


Abb. 3: Halbherzig: Zwar sehr sinnvoll auf Holzzwischenlagen gelagert, jedoch in kniehohem Gras (Feuchtigkeit) und mit nach oben offenen Winkelprofilen (Wannenbildung)



Abb. 4: Starke Weißrostbildung mit bereits erkennbarer lokaler Korrosion des Stahluntergrundes

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN

## 4.2 Verarbeiten und Montieren von feuerverzinktem Stahl

### 1. ALLGEMEINES

Der Korrosionsschutz durch Feuerverzinken steht in der Regel am Ende eines Produktionsprozesses; diesem folgen nur noch der Transport sowie die Lagerung der feuerverzinkten Stahlteile (siehe Arbeitsblatt 4.1) und das weitere Verarbeiten und Montieren. Hierbei ist es erforderlich, fachgerecht und mit dem notwendigen know-how zu arbeiten, damit bei diesen und den nachfolgenden Arbeiten der Korrosionsschutz in seiner Wirksamkeit nicht beeinträchtigt wird.

### 2. MASSNAHMEN, DIE WIRKEN

Trotz guter Qualität der Feuerverzinkung kann es erforderlich sein, die Stahlteile, um ihre Funktion sicherzustellen, vor dem Einbau noch zu bearbeiten. Unter Umständen sind auch nach dem Einbau noch weitere Maßnahmen erforderlich.

#### - Bohrungen/Passungen

Um Stahlteile auch nach dem Feuerverzinken ohne Probleme zusammenfügen oder montieren zu können, ist es erforderlich, soviel Spiel vorzusehen, daß ausreichender Platz für den Zinküberzug im Passungsbereich zur Verfügung steht. Zwar sind Zinküberzüge in der Regel nur etwa 0,1 mm dick, die hohe Oberflächenspannung des schmelzflüssigen Zinks führt aber stets dazu, daß sich in Bohrungen, Durchbrüchen und ähnlichen Bereichen immer wieder wesentlich mehr Zink ansammelt als auf den ebenen, glatten Flächen. Falls möglich, sollten daher als Montage-spiel ca. 2 mm vorgesehen werden.

#### - Tropfnasen/Verdickungen

Beim Feuerverzinken wird die Stahlkonstruktion in schmelzflüssiges Zink getaucht. Nach dem Herausziehen aus der heißen Zinkschmelze kühlt das Stahlteil ab; das flüssige Zink erstarrt. Teilweise bleiben kleine

Tropfen und Verdickungen an den Abtropfstellen sichtbar. Diese Tropfnasen sind für die Wirksamkeit des Korrosionsschutzes ohne Bedeutung, so daß man sie normalerweise nicht zu entfernen braucht, aber sie können unter Umständen die Montage- und Paßfähigkeit von Stahlteilen beeinträchtigen.

Um die Paßfähigkeit wiederherzustellen, kann man die Tropfnasen in dem betreffenden Bereich vorsichtig durch Abfeilen oder Abschleifen entfernen; hierbei ist jedoch darauf zu achten, daß nicht zuviel Zink entfernt wird. Vielfach ist es sicher vorteilhafter, die Verdickungen mittels einer Schweißflamme zu erwärmen und aufzuschmelzen. Entweder tropft dann das wieder verflüssigte Zink von selbst ab oder man kann eine Drahtbürste oder einen Metallspachtel zu Hilfe nehmen (Abb. 1), um das verflüssigte Zink zu entfernen. Für den Korrosionsschutz bleibt noch eine ausreichende Menge Zink auf der Oberfläche zurück.

#### - Scharniere/Gelenke

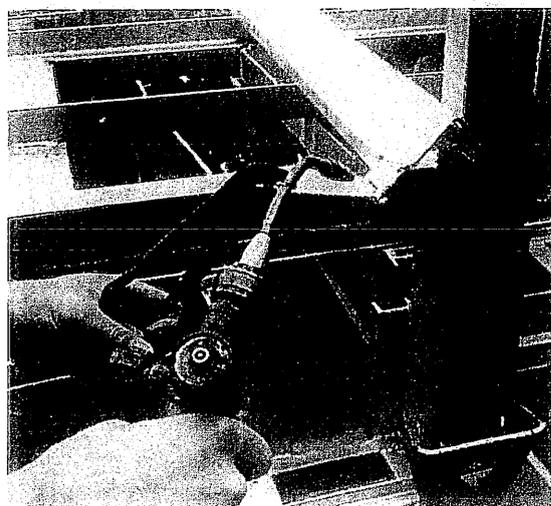
Verfügen Stahlteile über Scharniere, Gelenke oder andere bewegliche Teile, so empfiehlt es sich, diese separat voneinander zu verzinken und später erst wieder zusammenzubauen. Falls dieses nicht möglich ist, muß man damit rechnen, daß die beweglichen Bauteile nach dem Feuerverzinken durch das schmelzflüssige Zink regelrecht „festgelötet“ werden. Sie sind „bombenfest“ und lassen sich ohne massive Gewalt nicht wieder lösen.

In solchen Fällen hilft ebenfalls die Schweißflamme, mit der das Zink in diesen Bereichen wieder verflüssigt werden kann (Abb. 2). Durch mehrfaches Bewegen der Teile, nachdem die Flamme wieder entfernt wurde und das Zink dann wieder erstarrt, kann man ihre Beweglichkeit wieder herstellen und dauerhaft erhalten.



*Abb. 1: Tropfnasen können durch vorsichtiges Aufschmelzen des Zinküberzuges und Abbürsten des verflüssigten Zinks mittels einer Drahtbürste oder Entfernen mit einem Metallspachtel beseitigt werden*

*Abb. 2: Mit Hilfe einer Flamme können „festgelötete“ Scharniere wieder gängig gemacht werden*



### - Gewindebolzen

Befinden sich an einer Stahlkonstruktion Gewindebolzen, besteht die Möglichkeit, den Gewindebereich vor dem Feuerverzinken so zu behandeln (siehe Arbeitsblatt 2.14), daß er vor der Zinkschmelze geschützt wird und damit seine Gängigkeit erhalten bleibt. Andernfalls besteht die Gefahr, daß sich das Gewinde weitgehend mit Zink füllt und nicht mehr gängig ist.

Will man auf den Zinküberzug im Gewindebereich nicht verzichten und trotzdem eine funktionsfähige Schraubenverbindung sicherstellen, kann man auch hier mit Hilfe von Wärme zum Ziel kommen. Man erwärmt den Gewindebereich vorsichtig mit einer Schweißflamme, bis das Zink schmilzt (es darf jedoch nicht überhitzt werden und verdampfen); dann bürstet man das Gewinde mit einer Drahtbürste aus und entfernt auf diese Weise das „überflüssige“ Zink (Abb. 3); zurück bleibt eine Eisen-Zink-Legierungsschicht, die zwar dünner als der vorherige Zinküberzug ist, aber ebenfalls einen sehr guten Schutz vor Korrosion bietet.

Diese Maßnahme funktioniert jedoch nur, wenn das Gewinde ein ausreichendes Gewindenspiel besitzt, denn es muß noch Platz für den verbliebenen Zinküberzug vorhanden sein. Ist dieses Gewindenspiel nicht vorhanden, besteht nur die Möglichkeit, das Gewinde nach dem Feuerverzinken nachzuschneiden, um so die Verwendungsfähigkeit wieder herzustellen.

### - Ausbessern von Schadstellen

Beim Transport oder der Montage von feuerverzinkten Stahlteilen kommt es hin und wieder zu Beschädigungen des Zinküberzuges. Auch notwendige Montageschweißungen führen zwangsläufig zu einer lokalen Zerstörung. Damit der Korrosionsschutz keine Schwachstellen enthält, ist es erforderlich, daß diese Bereiche nachträglich wieder instandgesetzt werden.

Nach einer sorgfältigen Reinigung und gegebenenfalls Entrostung kann eine Ausbesserung von Schadstellen im Zinküberzug durch

- thermisches Spritzen mit Zink oder
- Auftragen von Zinkstaub-Beschichtungsstoffen

erfolgen; auch Spezialverfahren sind prinzipiell möglich. Nähere Einzelheiten über die Vorgehensweise hierzu können DIN EN ISO 1461, Abschnitt 6.3, oder dem Arbeitsblatt 2.12 dieser Reihe entnommen werden. Bei der Ausbesserung mit Zinkstaub-Beschichtungsstoffen ist es wichtig, daß die zu behandelnde Fläche frei von Verschmutzungen und Korrosionsprodukten ist; es empfiehlt sich daher eine Vorbereitung der Stellen durch lokales Strahlen (Normreinheitsgrad Sa 2 1/2) oder durch partielles maschinelles Schleifen (PMa). Die Beschichtungsstoffe sollten in mehreren Schichten mit mindestens 30 µm zusätzlich zur vorgeschriebenen örtlichen Mindestschichtdicke aufgetragen werden.

### - Probleme mit Schleiffunken und Bohrspänen

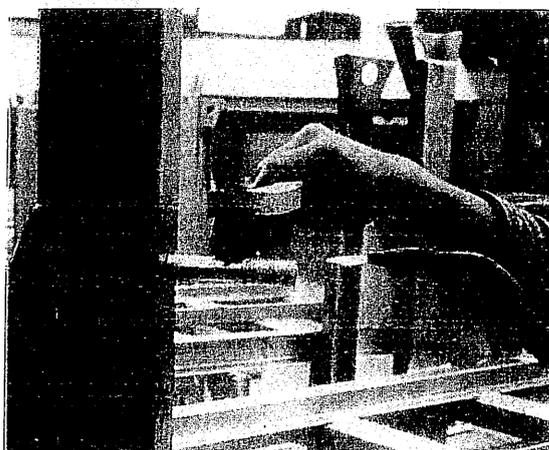
Bei der Montage von feuerverzinkten Konstruktionen muß vielfach geschliffen und gebohrt werden. Hierbei wird der Zinküberzug nicht nur im unmittelbaren Arbeitsbereich beschädigt, es kommt viel häufiger zu indirekten Schäden, insbesondere beim Schleifen an oder in der Nähe von feuerverzinkten Stahlteilen. Hierbei werden die heißen, hell glühenden Schleiffunken auf die feuerverzinkte Oberfläche geschleudert und brennen sich dort aufgrund ihrer enormen Eigenenergie regelrecht in den Zinküberzug ein. Bei feuchter Witterung korrodieren dann diese Eisenpartikel und verfärben den betreffenden Bereich rotbraun. Dieses kann man durch besondere Sorgfalt bei der Durchführung der Schleifarbeiten oder durch schützende Stellwände, die die Schleiffunken abfangen, vermeiden.

Auch Bohrspäne oder Reste von Schweißelektroden führen zu rostähnlichen Verfärbungen, wenn sie unbeachtet auf der verzinkten Oberfläche liegenbleiben. Zusammen mit Feuchtigkeit kommt es dann zu sogenanntem „Fremdrost“, der sich aber relativ leicht durch Abbürsten entfernen läßt (Abb. 4).

### 3. RECHTZEITIG DARAN DENKEN

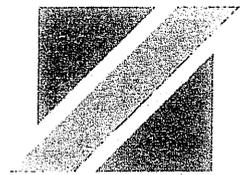
In der Regel verursachen die vorgenannten Maßnahmen nicht viel Aufwand. Allerdings müssen sie als zusätzliche Arbeiten rechtzeitig bedacht werden. Berücksichtigt man sie bereits bei der Planung bzw. Vorbereitung, dann hält sich der erforderliche Mehraufwand in Grenzen, gleiches gilt für die Kosten. Gute Qualität und präzises Arbeiten sind für einen wirksamen Korrosionsschutz unverzichtbar. In jedem Fall empfiehlt es sich daher, frühzeitig mit einer Feuerverzinkerei Kontakt aufzunehmen und gemeinsam über notwendige Maßnahmen und zusätzliche Schritte zu sprechen.

**Abb. 3: Gewinde werden wieder gängig, wenn man das Zink im Gewinde erwärmt, es verflüssigt und dann ausbürstet**



**Abb. 4: Reste von Schweißelektroden können sog. „Fremdrost“ verursachen**

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 4.3 Feuerverzinken + Beschichten = Duplex-System

### 1. ALLGEMEINES

Als **Duplex-System** bezeichnet man die Kombination aus einer Feuerverzinkung (Stückverzinken) mit einem nachfolgenden Beschichtungssystem.

### 2. ANWENDUNGSBEREICHE

Duplex-Systeme sind aus vielen Bereichen des Korrosionsschutzes von Stahlbauten nicht mehr wegzudenken, z.B. im Bauwesen, im Straßenverkehr, in der Energieversorgung. Beide Korrosionsschutzsysteme ergänzen sich in idealer Weise. Als wesentliche Vorteile beim Einsatz von Duplex-Systemen sind zu nennen:

- **Lange Schutzdauer:** Die Schutzdauer von Duplex-Systemen ist im Regelfall deutlich länger als die Summe der jeweiligen Einzelschutzdauer der beiden Systeme. Man spricht hier von einem **Synergismus-Effekt**. Der sich einstellende Verlängerungsfaktor liegt je nach System zwischen 1,2 und 2,5.
- **Gestalterische Gründe:** Im Gegensatz zum metallischen Zinküberzug mit silbrigem oder grauem Aussehen ist es bei Duplex-Systemen möglich, die gesamte Palette der farblichen Gestaltung zu nutzen.
- **Signalgebung/Tarnung:** Bei manchen Objekten ist eine farbige Kennzeichnung zur Warnung oder Identifikation erforderlich, unter Umständen kann mit Hilfe von geeigneten Beschichtungsstoffen auch ein Tarneffekt erzeugt werden – kein Problem bei Duplex-Systemen.

Der Einsatz von Duplex-Systemen ist praktisch an keine Begrenzungen gebunden (Abb. 2). Das Duplex-System kommt der Forderung nach dem Korrosionsschutz ab Werk entgegen. Hierdurch wird es möglich, sowohl die Feuerverzinkung als auch die Beschichtungsarbeiten unter definierten und optimalen Bedingungen im Fachbetrieb durchzuführen. Arbeiten auf Baustellen und Unwägbarkeiten durch Witterung und Temperatur stellen kein Problem dar. Belastungen der Umwelt durch Korrosionsschutzarbeiten vor Ort werden ebenfalls minimiert.

### 3. WIRKUNGSWEISE

Die Wirkungsmechanismen von Duplex-Systemen beruhen auf einem gegenseitigen Schutz beider Partner. Der Zinküberzug wird durch die darüberliegende Beschichtung vor atmosphärischen und chemischen Einflüssen geschützt. Ein Abtrag des metallischen Zinks wird vermieden, der Zinküberzug bleibt lange Zeit in neuwertigem Zustand unter der Beschichtung erhalten. Hierdurch lebt das Zink länger.

Beschädigungen an der Beschichtung haben keine nachteiligen Auswirkungen zur Folge, da die hohe Widerstandsfähigkeit und Abriebfestigkeit des darunterliegenden Zinküberzuges auch hohen Belastungen standhält. Es kommt zu keinen Unterrostungen, der Stahl bleibt auch an Stellen, an denen die Beschichtung schadhafte ist, geschützt. Hierdurch lebt die Beschichtung länger (Abb. 1).

Im Schmelztauchverfahren aufgebrauchte Zinküberzüge haben auch an kritischen Stellen eine ausreichende Dicke. Probleme mit der Schichtdicke in Hohlräumen und Vertiefungen, an Ecken und Kanten gibt es nicht. Ein mögliches Problem von Beschichtungsstoffen in diesen Bereichen wird durch die Eigenschaften des Zinküberzuges wieder ausgeglichen.

### 4. NORMUNG

Maßgeblich für den Korrosionsschutz von Stahlbauten ist in Deutschland die DIN EN ISO 12944 (Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme, Teil 1–8). In dieser Korrosionsschutz-Grundnorm sind alle relevanten Aspekte des Korrosionsschutzes an zentraler Stelle zusammengefaßt. Nähere Ausführungen zu Duplex-Systemen und Empfehlungen zu geeigneten Schutzsystemen enthält der Teil 5 der Norm (Beschichtungssysteme).

### 5. OBERFLÄCHENVORBEREITUNG

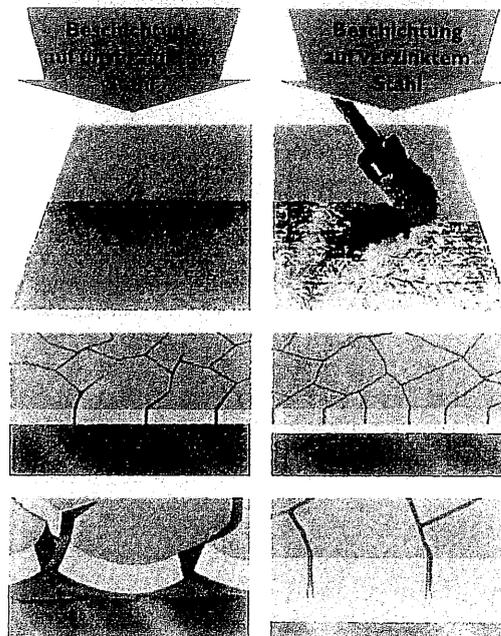
Eine einwandfreie Oberflächenvorbereitung ist die Grundvoraussetzung für ein funktionierendes Duplex-System. Je nach Alter und Zustand des Zinküberzuges trifft man auf verschiedene Verhältnisse:

#### – frische Feuerverzinkung (unbewittert):

Bereits unmittelbar nach dem Verzinkungsvorgang überzieht sich der Zinküberzug mit sehr dünnen Schichten aus Oxiden. Sie sind für das menschliche Auge praktisch nicht sichtbar, ihre Dicke liegt bei wenigen Nanometern (nm). Kommen keine weiteren, erschwerenden Faktoren hinzu (z.B. Chloridrückstände auf der Oberfläche, kondensierte Feuchtigkeit usw.), ist eine Beschichtung kurz nach dem Verzinkungsvorgang vielfach ohne weitere Vorbereitungsmaßnahmen möglich. Normalerweise vergeht zwischen dem Feuerverzinken und Beschichten ein längerer Zeitraum: die Stahlteile werden transportiert, zwischengelagert usw. Unter diesen Umständen erfordert auch eine frische Feuerverzinkung eine entsprechende Oberflächenvorbereitung. Hierbei kommen bevorzugt in Betracht:

- Abbürsten bzw. Abwaschen mit speziellen Reinigungsmitteln (z.B. ammoniakalischen Netzmittelwäsche)
- Mechanisches Schleifen
- Heißwasser-, Druckwasser-, Dampfstrahlen
- Sweep-Strahlen (Sweepen)

Abb. 1: Vergleich zwischen dem Korrosionsverhalten von konventioneller Beschichtung und Duplex-Systemen auf Stahl



### 4.3 Feuerverzinken - Beschichten - Duplex-System

Oberflächen-vorbereitung		Grundbeschichtung (en)			Deckbeschichtung (en) einschließlich Zwischenbeschichtung (1. Deckbeschichtung)			Beschichtungs-system		Erwartete Schutzdauer (siehe ISO 12944-1)																
R*	S**	Bindemittel	Anzahl der Schichten	Soll-schicht-dicke µm	Bindemittel	Anzahl der Schichten	Soll-schicht-dicke µm	Anzahl der Schichten	Ges.-Soll-schicht-dicke µm	Korrosivitätskategorie																
										C2			C3			C4			C5-I			C5-M				
										K	M	L	K	M	L	K	M	L	K	M	L	K	M	L		
X		PVC	-	-	PVC	1	80	1	80																	
X			1	40		1	80	2	120																	
X			1	80		1	80	2	160																	
X			1	80		2	160	3	240																	
X		AY	-	-	AY	1	80	1	80																	
X			1	40		1	80	2	120																	
X			1	80		1	80	2	160																	
X			1	80		2	160	3	240																	
	X	-	-	-	EP oder PUR	1	80	1	80																	
	X	-	-	-		2	120	2	120																	
	X	EP	1	40		1	80	2	120																	
X		EP-Komb.	1	40		1	80	2	120																	
X		AY-Hydro	1	40		1	80	2	120																	
	X	-	-	-		2	160	2	160																	
	X	EP	1	80		1	80	2	160																	
X		EP-Komb.	1	80		1	80	2	160																	
X		AY-Hydro	1	80		1	80	2	160																	
X		-	-	-		EP-Komb. PUR	1	80	2	160																
	X	EP	1	80	EP oder PUR	2	160	3	240																	
X	○	EP-Komb.	1	80		2	160	3	240																	
X	○	AY-Hydro	1	80		2	160	3	240																	

\* Reinigen; \*\* Sweepen

Abb. 3: Beispiele von Beschichtungssystemen auf Stückverzinkung = Duplex-Systeme (in Anlehnung an DIN EN ISO 12944)

#### - gealterte Feuerverzinkung (bewittert):

Je nach Dauer der Bewitterung und dem Standort des Objektes können sich

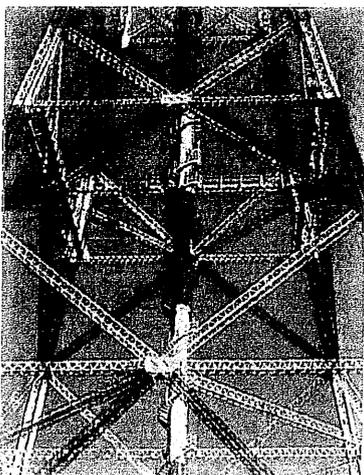


Abb. 2: Duplex-geschützte Hochspannungsmasten bei Stadel an der Unteralpe (mit 227 m Höhe die höchsten in Deutschland)

außer Oberflächenverschmutzungen auch Korrosionsprodukte des Zinküberzuges von unterschiedlicher Art und Dicke gebildet haben. Die vorstehend genannten Verfahren sind auch in diesem Fall zur Oberflächenvorbereitung geeignet, jedoch muß mitunter mit größerer Intensität behandelt werden.

#### 6. BESCHICHTUNGSTOFFE

Die Zusammensetzung der Beschichtungsstoffe hat einen erheblichen Einfluß auf die Eigenschaften des Duplex-Systems, insbesondere auf das Haftvermögen.

Beschichtungen auf der Basis von Thermoplasten wie z. B. PVC, PVC-Acryl und Acryl verhalten sich auf unterschiedlichen Zinkoberflächen verträglicher als Zweikomponenten-Beschichtungen auf der Basis von Epoxid- oder Polyurethanharz. Epoxid- oder Polyurethan-Beschichtungen (2-K-Duromere) erfordern in der Regel eine sorgfältige und intensive Oberflächenvorbereitung, am besten durch Sweep-Strahlen, sie bieten dann jedoch ein hervorragendes Korrosionsschutzver-

halten. Neben lösemittelhaltigen Beschichtungsstoffen sind auch spezielle wasserverdünnbare Beschichtungsstoffe zugelassen.

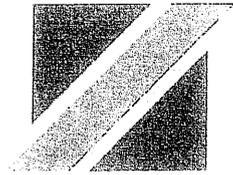
Eine Übersicht über den Einsatz von geeigneten Duplex-Systemen und ihrer Ausführungen zeigt unsere Tabelle.

#### 7. EIGNUNGSPRÜFUNGEN

Beschichtungsstoffe für Duplex-Systeme sollten vom Hersteller getestet und für diesen Anwendungsbereich freigegeben sein. In der Praxis treten Haftungsstörungen bei Duplex-Systemen im allgemeinen nach hoher Feuchtigkeitsbeanspruchung auf.

Duplex-Systeme haben sich ein weites Anwendungsgebiet erobert; sie bieten einen hervorragenden Schutz vor Korrosion, insbesondere wenn die Korrosionsbelastung überdurchschnittlich hoch ist. Die Entwicklung von geeigneten Beschichtungsstoffen und die Techniken der Oberflächenvorbereitung sind heute so weit fortgeschritten, daß Schadensfälle selten geworden sind.

Herausgeber und Verlag:  
 Institut Feuerverzinken GmbH  
 Sohnstraße 70, 40237 Düsseldorf  
 E-Mail: feuerverzinken@t-online.de  
 Internet: www.feuverzinken.com



## 5.1 Feuerverzinkter Betonstahl

### 1. GRUNDLAGEN

Stahlbeton spielt im modernen Bauwesen eine wichtige Rolle: weit gespannte Brückenbauten im Straßenverkehr, moderne Bürogebäude, kilometerlange Tunnelröhren, sie alle (und noch vieles mehr) wären ohne Stahlbeton kaum zu realisieren.

Die stählerne Bewehrung von Stahlbetonkonstruktionen ist normalerweise ohne weitere Maßnahmen gut vor Korrosion geschützt. Die hohe Alkalität des Betons sorgt dafür, daß der Stahl eine dünne, lückenlose Oxidhaut aufbaut; der Stahl wird „passiviert“ und rostet daher nicht.

Es gibt jedoch eine Reihe von Möglichkeiten, unter denen dieser gute Schutz vor Korrosion an Wirksamkeit verliert oder sich erst gar nicht im erforderlichen Maße aufbauen kann, so zum Beispiel bei:

- Fehlstellen im Beton (Risse, Fugen, Kiesnester, zu geringe oder fehlende Betonüberdeckung (Abb. 1)).
- Karbonatisierung des Betons (bzw. Neutralisation durch andere, saure Substanzen).
- Einwirkung von Chloriden (z. B. bei Streusalzbelastung oder Meeresatmosphäre).

Infolge von Luftverunreinigungen und durch Streusalzeinfluß haben in der Vergangenheit die Schäden an Stahlbetonkonstruktionen zugenommen. Der Begriff der „Betonkorrosion“ wird mittlerweile auch von Fachleuten akzeptiert; Schäden an Brückenbauwerken und besonders sensiblen Konstruktionen (Abb. 2) sind leider häufiger anzutreffen, als vielfach angenommen wird.

Die Sanierung derartiger Korrosionsschäden an Stahlbetonkonstruktionen ist außerordentlich schwierig und aufwendig und technisch mitunter nicht immer einwandfrei durchführbar. Die Forderung nach einem zuverlässigen Schutz gegen Korrosion gewinnt deshalb ständig an Bedeutung.

### 2. DIE FEUERVERZINKUNG

Die Feuerverzinkung bietet als Korrosionsschutzverfahren die Möglichkeit, Betonstahl (sowohl Betonstabstahl, Betonstahl in Ringen als auch Betonstahlmatten) wirkungsvoll vor Korrosion zu schützen.

Der massive, metallische Zinküberzug geht mit dem Stahl eine unlösbare Verbindung ein, die auch Verformungen (zum Beispiel durch das Biegen des Betonstahls) ohne schädliche Folgen übersteht.

Außerhalb der Bundesrepublik Deutschland wird die Feuerverzinkung bei Betonstählen seit vielen Jahren mit Erfolg eingesetzt (Abb. 3). Selbst unter schwierigen Bedingungen (bei sehr filigranen Stahlbetonkonstruktionen und bei hoher Korrosionsbelastung) hat sich die Feuerverzinkung des Betonstahls bewährt.

Bevor eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung in Deutschland möglich war, mußten zunächst umfangreiche Forschungen durchgeführt werden. Das Verbundverhalten zwischen Beton und Zinküberzug wurde untersucht, das Verhalten beim Biegen des feuerverzinkten Stahls (Abb. 4), die Einwirkungen von Betonzusätzen sowie das Verhalten im Langzeiteinsatz.

### 3. BAUAUFSICHTLICHE ZULASSUNG

Als Ergebnis der durchgeführten Forschungsarbeiten konnte feuerverzinkter Betonstahl im Jahre 1981 erstmals durch das Deutsche Institut für Bautechnik bauaufsichtlich/baurechtlich zugelassen werden (Zulassungsnummer 1.4-165). Im Zulassungsbescheid sind für das Feuerverzinken besondere Auflagen zu beachten.

So darf zum Beispiel eine Temperatur der Zinkschmelze von 460°C nicht überschritten werden; geforderte Schichtdicken sind einzuhalten, ebenfalls eine bestimmte Rippengeometrie des Betonstahls.

Besonderer Wert wurde auf die Überwachung des Produktes gelegt. So

sind spezielle Kennzeichnungen, Prüfungen und Dokumentationen im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung verbindlich vorgesehen.

Betonstahlmatten lassen sich in der Regel ohne Probleme feuerverzinken. Allenfalls bei Matten mit sehr geringem Drahtdurchmesser muß man darauf achten, daß ein möglicher Verzug durch das Eigengewicht der Matte vermieden wird. Bei Betonstabstählen kann die erforderliche Rippengeometrie der Betonstähle nur dann eingehalten werden, wenn ein sehr steiler Auszug des Materials aus dem Zinkbad sicher-

**Abb. 1: Korrodiertes Betonstahl als Folge einer zu geringen Betonüberdeckung**



gestellt ist, oder ein definiertes Abblasen des noch flüssigen Zinks von der Oberfläche des Stahls beim Ausziehen aus der Zinkschmelze erfolgt. Im Regelfall ist es nicht möglich, bei Betonstabstählen das Feuerverzinken erst nach dem Biegen durchzuführen, da sich hierbei die Rippengeometrie der Betonstähle mehr als zulässig verändern kann. Das Feuerverzinken von Betonstahl in Ringen bereitet keine Probleme.

Hinsichtlich der Werkstoffe dürfen folgende Betonstahlsorten feuerverzinkt werden:

Betonstahl nach DIN 488		
Betonstabstahl	BSt 420 S	(III S)
	BSt 500 S	(IV S)
Betonstahlmatten		
	BSt 500 M	(IV M)
Bewehrungsdraht		
	BSt 500 P	(IV P)
	BSt 500 G	(IV G)
Betonstahl in Ringen		
	BSt 500 WR	(IV WR)
	BSt 500 KR	(IV KR)

Bei der Bauausführung sind allerdings einige besondere Auflagen zu beachten; so ist zum Beispiel der Kontakt von verzinkter Bewehrung mit unverzinkter, nicht vorgespannter Bewehrung oder mit Baustahl nur zulässig, wenn sich die Kontakte auf Punktberührung (Kreuzungspunkte) beschränken und keine Temperaturbelastung auftritt, die über die atmosphärisch bedingten Temperaturen hinausgeht (also keine Anwendung in Schornsteinen, Kühltürmen, Faulbehältern usw.). Kontaktstellen zwischen verzinkter Bewehrung und Bauteilen aus nichtrostendem Stahl (gemäß Zulassung Z-30.44.1 bzw. Z-1.6-IV NRI) sind zulässig. Hingegen dürfen Betonstähle nach dem Verzinken nicht geschweißt werden.

Bei der Bemessung von Stahlbetonkonstruktionen dürfen als zulässige Schwingbreite für Betonstabstahl unter Gebrauchslast bei nicht vorwiegend ruhender Belastung die nach DIN 1045, Abschnitt 17.8, zulässigen Werte nur bis zu 75% ausgenutzt

werden. Für die zulässige Schwingbreite bei verzinkten Betonstahlmatten gilt DIN 1045, Abschnitt 17.8, uneingeschränkt.

#### 4. TENDENZEN

Beim Einsatz von feuerverzinkten Betonstählen sind besondere Anforderungen zu berücksichtigen, die im geltenden Zulassungsbescheid beschrieben sind. Diese Anforderungen betreffen den Planer, das Bauunternehmen und natürlich auch die Feuerverzinkerei. Im Zusammenwirken aller Beteiligten lassen sich auch unter schwierigen Bedingungen und hoher Korrosionsbelastung Stahlbetonkonstruktionen erstellen, die keine Probleme mit der Korrosion haben.

Zwar hat sich der feuerverzinkte Betonstahl in Deutschland noch nicht auf breiter Ebene durchgesetzt, jedoch bietet er eine Möglichkeit, ein latentes Problem, das auch den Stahlbeton betrifft, nämlich die Korrosion, zu lösen. Mit zunehmender Anwendung von verzinktem Betonstahl steigen auch die Erfahrungen und Erkenntnisse und dadurch die Anwendungssicherheit.

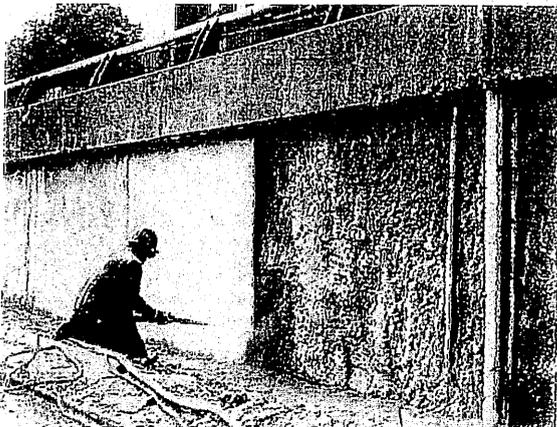


Abb. 2: Sanierungsarbeiten an einer Stahlbetonstützwand

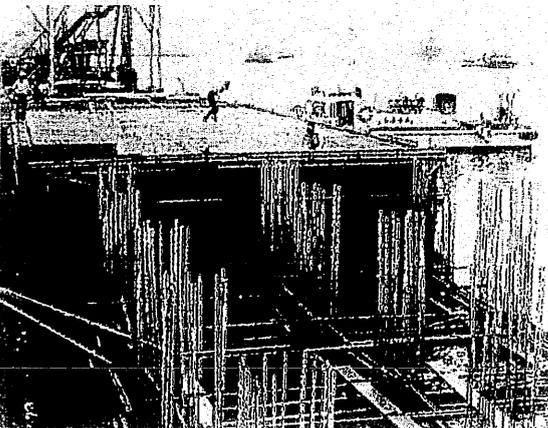


Abb. 3: Feuerverzinkter Betonstahl an einer Hafenanlage in Japan

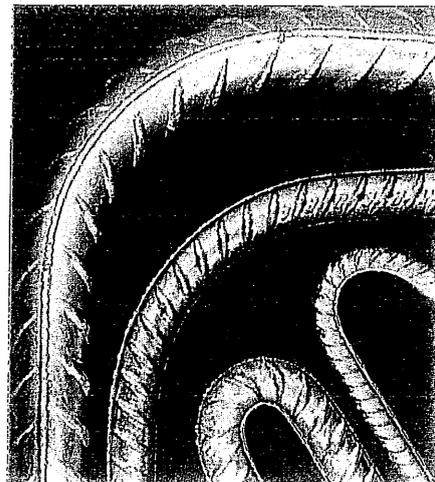
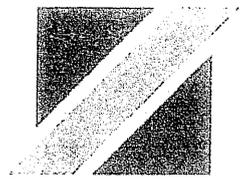


Abb. 4: Nach dem Feuerverzinken gebogen – keine Probleme

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 5.2 Feuerverzinkter Stahl in der Landwirtschaft

### 1. ANFORDERUNGEN

Die Lage der europäischen Landwirtschaft ist gekennzeichnet durch Wettbewerbsdruck, Arbeitskräftemangel und Rationalisierungszwang. Unter diesen Aspekten ist es unverzichtbar, daß alle Geräte, Maschinen, Gebäude und Einrichtungen in einem landwirtschaftlichen Betrieb möglichst preiswert und trotzdem robust, langlebig, wartungsarm und wirtschaftlich sind.

Im Bereich der Landwirtschaft ist ein rauher Betrieb unter harten Einsatzbedingungen der normale Alltag; Geräte und Maschinen müssen mit einem Minimum an Wartung und Pflege auskommen (Abb. 1).

### 2. EINSATZBEDINGUNGEN

Nach wie vor bestehen viele der technischen Einrichtungen und Geräte in einem landwirtschaftlichen Betrieb aus Stahl. Zäune, Tore, Hallen, Stalleinrichtungen, Gewächshäuser, Geräte, Behälter sind typische Beispiele hierfür. Der Einsatz von Stahl erfordert jedoch auch die Verwendung eines geeigneten Korrosionsschutzes. Das Feuerverzinken bietet die Möglichkeit, Stahl optimal zu schützen.

Zwar ist saubere Landluft aus korrosionstechnischer Sicht ein recht problemloses Medium. In der Landwirtschaft gibt es jedoch eine Vielzahl von anderen festen, flüssigen und gasförmigen Medien mit teilweise stark korrosiven Eigenschaften.

Bei Stalleinrichtungen kommt es zu sehr hohen korrosiven Belastungen durch Kot, Harn und sonstige Verschmutzungen. In den Stallungen selbst sind eine erhöhte Temperatur, eine hohe Feuchtigkeit und erhöhte Gehalte an Ammoniak als Folge von tierischen Exkrementen festzustellen.

Bei Geräten und Betriebseinrichtungen sind Schmutz und Ablagerungen sowie Feuchtigkeit vorhanden, die ebenfalls die Korrosionsbelastung, besonders in ungünstigen, schlecht zugänglichen Bereichen, erhöhen können.

Unter diesen Bedingungen werden hohe Anforderungen an die Leistungsfähigkeit eines Korrosionsschutzsystems gestellt. Es muß widerstandsfähig, dauerhaft, strapazierfähig, abriebfest und natürlich kostengünstig sein.

### 3. LANDWIRTSCHAFTLICHE GEBÄUDE

Alte landwirtschaftliche Gebäude in konventioneller Mauerwerks-Bauart können mitunter aufgrund ihrer Abmessungen, schlechten Zugänglichkeit und räumlichen Aufteilung den rationellen Einsatz von Arbeitskräften, Maschinen und Geräten behindern. Moderne Stahlkonstruktionen bieten den Vorteil großer Spannweiten, die es ermöglichen, den Innenraum optimal zu nutzen (Abb. 2).

Bei Siloanlagen bietet Stahl den Vorteil von geringem Eigengewicht, verbunden mit hoher Belastbarkeit und günstigen Kosten. Durch die Feuerverzinkung können Bleche, Stützen und Profile für viele Jahre vor Korrosion geschützt werden.

Bei Getreide muß der Wassergehalt innerhalb weniger Tage auf unter 14% gesenkt werden, damit es lagerfähig wird. Für die Lagerung haben sich zylindrische wie auch viereckige Stahlsilos in Standardabmessungen bestens bewährt.

Stationäre Güllesilos kommen aufgrund gesetzlicher Forderungen immer mehr zur Anwendung. Auch unter diesen Einsatzbedingungen bietet feuerverzinkter Stahl, gegebenen-

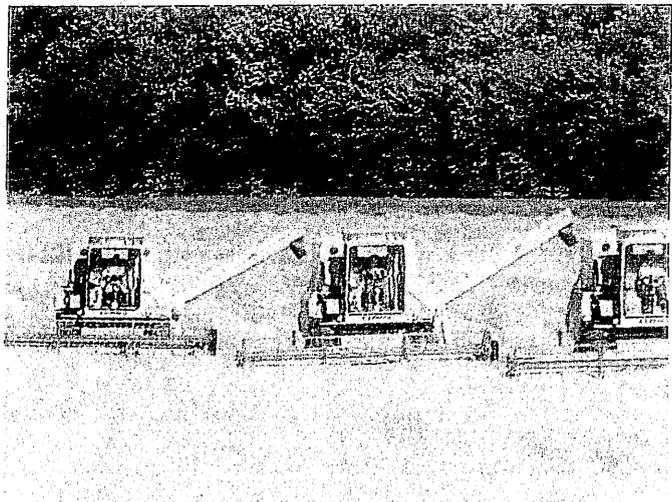


Abb. 1: Mähdrescher beim Ernteeinsatz

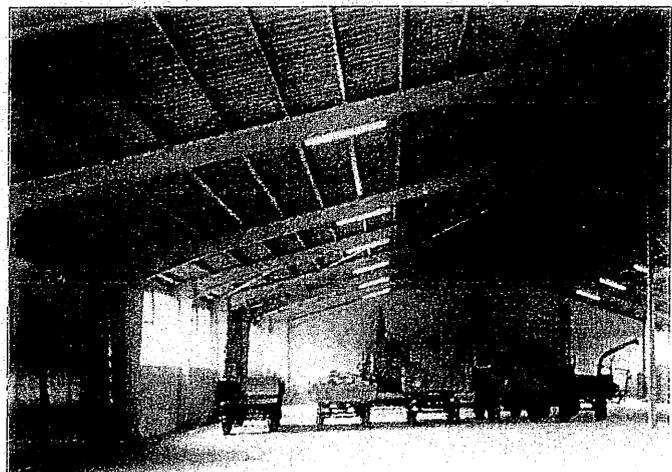


Abb. 2: Landwirtschaftliche Maschinen- und Lagerhalle in Stahlleichtbauweise – natürlich feuerverzinkt

falls in Kombination mit einer zusätzlichen Beschichtung, einen hervorragenden Korrosionsschutz (Abb. 3).

### 4. STALLEINRICHTUNGEN

Je nach Tierart oder Zweck der Unterbringung gibt es eine breite Palette von Stalleinrichtungen (Trennbügel, Gitter, Anbindevorrichtungen, Gleitstäbe, Freßgitter); sie alle unterliegen mehr oder weniger hohen korrosiven Belastungen. Gute Raum-

lüftung und Sauberkeit verhindern einen nennenswerten Korrosionsangriff auf die Zinkschicht.

Ein mechanischer Abrieb durch Scheuern der Tiere oder durch Gleiten von Anbindevorrichtungen kann unter Umständen vorkommen; er stellt jedoch im Regelfall kein gravierendes Korrosionsproblem dar (Abb. 4). Der eigentlich gefährliche Angriff auf die Zinkschicht erfolgt vielmehr in Bodennähe, hier insbesondere am Übergang des einbetonierten Pfostens am Stallboden. Hier greifen Kot, Harn und Feuchtigkeit konzentriert an. Unter bestimmten Voraussetzungen ist Zink gegen Gülle, die Ammoniak enthält, nicht sehr empfindlich (man denke nur an Jauchefässer, die bei richtiger Pflege eine jahrzehntelange Lebensdauer aufweisen). Entscheidend bei dem konzentrierten Angriff sind also nicht so sehr Kot oder Harn selbst, sondern die damit verbundene Dauerbefeuchtung an den Übergangsteilen zum Stallboden. Innerhalb dieser kritischen Zone kann mitunter die Ausbildung einer schützenden Deckschicht durch die Einwirkung der angreifenden Stoffe unterbunden werden. Deshalb ist eine regelmäßige Reinigung dieser Bereiche unverzichtbar.

Eine wirtschaftliche und einfach durchzuführende Schutzmaßnahme ist das Aufbringen einer zusätzlichen Beschichtung im Bereich der Bodenzone. Geeignet hierfür sind z.B. Asphalt- oder Teerbeschichtungen, die etwa 25–30 cm von der Bodenoberkante aus aufgetragen werden; u.U. kann man auch das Pfostenende vor dem Einbetonieren in einen entsprechenden Behälter mit der Beschichtung eintauchen. Hierdurch läßt sich eine mögliche Problemzone ohne großen Aufwand beseitigen.

### 5. MASCHINEN UND GERÄTE

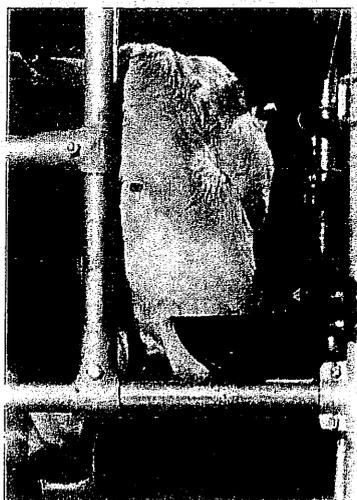
Landwirtschaftliche Maschinen und Geräte zählen zu den kostenintensivsten Investitionen, ohne die jedoch heute kein Landwirt mehr auskommt. Typische Beispiele für die Arbeit im Gelände sind Traktoren, Anhänger, Düngerstreuer, Flüssig- und Festmistgeräte, Bodenbearbeitungsgeräte, Mähdrescher, Pflanzenschutzgeräte und Beregnungsanlagen.



**Abb. 3: Güllesilo und Gülletankwagen in feuerverzinkter Ausführung (der Güllesilo ist zusätzlich beschichtet)**

In den Gebäuden und Stallungen gibt es Futterautomaten, Futtermischer, Förder- und Greiferanlagen, Häckselmaschinen, Melkstände und vieles mehr.

Die korrosiven Belastungen sind je nach Art und Einsatzzweck der Maschinen sehr unterschiedlich; häufig kommen zur chemischen Korrosionsbelastung noch mechanische oder thermische Belastungen hinzu. Es muß daher für jeden Belastungsfall sehr differenziert ein geeigneter Korrosionsschutz eingesetzt werden. In vielen Fällen sind wesentliche Bestandteile derartiger Maschinen und Geräte, dort wo sie einer erhöhten Korrosionsbelastung ausgesetzt sind, durch Feuerverzinken geschützt.

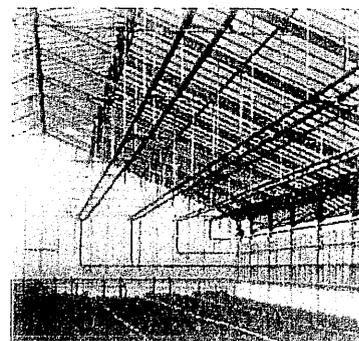


**Abb. 4: Bullenlaufstall mit feuerverzinkter Stalleinrichtung**

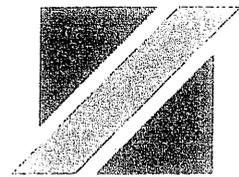
### 6. GEWÄCHSHÄUSER

Im Bereich des Erwerbsgartenbaus gehören Gewächshäuser aus feuerverzinktem Stahl seit Jahrzehnten zum bekannten Bild. Große, stützenfreie Überspannung von Flächen, eine filigrane und trotzdem stabile Tragwerkskonstruktion sind hierfür kennzeichnend (Abb. 5). Erst durch eine möglichst stützenfreie Konstruktion wird der Einsatz von Maschinen und Geräten in Gewächshäusern wirtschaftlich möglich. Die Stahlkonstruktion muß in der Lage sein, den korrosiven Belastungen (Feuchtigkeit, Temperatur und chemischer Angriff) von der Innenseite der Gewächshäuser zu widerstehen, ebenso muß das Gewächshaus auch von der Außenseite in der Lage sein, der natürlichen Witterung und ggf. auch Sturm und Schnee standzuhalten. Feuerverzinkter Stahl bietet hierfür die besten Voraussetzungen.

**Abb. 5: Großraumgewächshaus in stützenfreier Bauweise ermöglicht unbehinderten Maschineneinsatz - Stahlkonstruktion feuerverzinkt**



# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 5.3 Die Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit der Feuerverzinkung

### 1. KRITERIEN BEI DER KORROSIONSSCHUTZWAHL

Für den Korrosionsschutz im Bereich Stahlbau und Bauwesen verwendet man unterschiedlichste Beschichtungssysteme, das Feuerverzinken und die Kombination von beidem, sogenannte Duplex-Systeme.

Für die Wahl des optimalen Korrosionsschutzsystems gibt es weltweit einheitliche Kriterien:

- der Zuverlässigkeitsgrad, mit dem das System aufgebracht werden kann,
- die Kosten für den Erstschutz,
- die zu erwartende Nutzungsdauer des Objektes,
- die (atmosphärische) Belastung am vorgesehenen Einsatzort,
- die Schutzdauer des Überzuges bzw. des Beschichtungssystems,
- die Folgekosten und Betriebsunterbrechungen bei Instandhaltungsarbeiten.

### 2. FEHLERMÖGLICHKEITEN

Jeder technische Vorgang hat verfahrensbedingte Fehlerquellen. Beim Aufbringen von Korrosionsschutzsystemen liegen diese Unsicherheiten hauptsächlich bei den nachstehend genannten Einflußfaktoren:

- Vorbereiten der zu schützenden Oberfläche, z. B. unvollständige Entfernung von artfremden und art-eigenen Verunreinigungen; ungünstige Rauheit; Staub, Strahlmittelreste und Kondenswasser auf der vorbereiteten Oberfläche.
- Beschichtungs- bzw. Überzugsmaterial, z. B. Auswahl und Zusammensetzung der Beschichtungsstoffe; Haltbarkeit; Einschränkung der Verarbeitungsmöglichkeit.
- Auftragsweise der Beschichtungsbzw. Überzugsstoffe, z. B. Umgebungsbedingungen, d. h. Temperatur und Feuchtigkeit während des Aufbringens; Spritz-, Roll- oder Pinseltechnik; bei mehrschichtigem Auftragen Zustand der vorhergehenden Beschichtung.
- Kontrollmöglichkeiten, z. B. ob das Beschichtungsmaterial sorgfältig auf- und durchgerührt wurde; ob die

geforderte Schichtdicke überall erreicht wurde; ob an Ecken, Kanten, Nieten und Schrauben eine Kantenschutzbeschichtung aufgebracht wurde.

Die Untergrundvorbereitung, die Art und Auftragsweise des Beschichtungsmaterials und die Kontrollierbarkeit der einzelnen Verfahrensschritte sind entscheidend für die Schutzdauer.

Hier sammelt das Feuerverzinken als industriell durchgeführtes Tauchverfahren eindeutig Pluspunkte. Fehler durch menschliche Unzulänglichkeiten sind weitestgehend ausgeschlossen. Das Ergebnis ist mit bloßem Auge überprüfbar und reproduzierbar. Verdeckte Mängel gibt es nicht. In punkto „Zuverlässigkeit“ gibt es nichts Vergleichbares.

### 3. ZUSAMMENHANG ZWISCHEN MATERIALDICKE UND OBERFLÄCHE

Will man die Kosten von Korrosionsschutzsystemen miteinander vergleichen, ist die Tatsache von Bedeutung, daß die Kosten bei der Feuerverzinkung nach dem Gewicht des Verzinkungsgutes und nicht – wie bei Beschichtungen üblich – nach der Oberfläche berechnet werden.

Kennt man den Preis der Feuerverzinkung (üblicherweise in DM/t angegeben) ist eine leichte Umrechnung zur Durchführung eines Kostenvergleiches möglich (Abb. 1).

Beispiel: Aus einem Verzinkungspreis von 550,00 DM/t ergeben sich bei einer durchschnittlichen Materialdicke von 8 mm Verzinkungskosten von etwa 17,20 DM/m<sup>2</sup>.

### 4. ERSTSCHUTZ- UND FOLGEKOSTEN

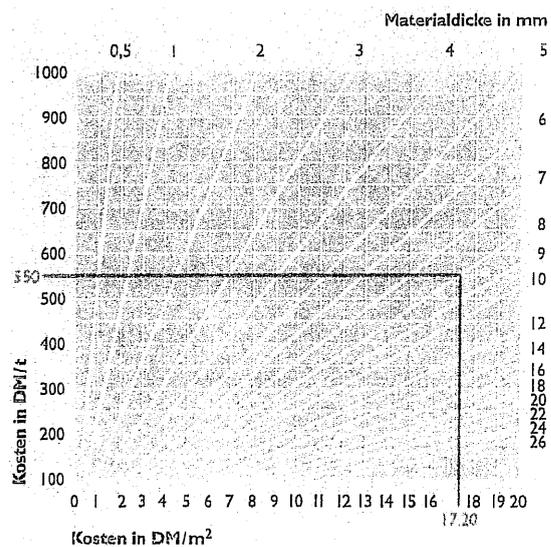
Normalerweise nimmt der Verzinkungspreis – in DM/t gerechnet – mit dünner werdender Materialdicke zu, weil das dünnere Material wegen der größeren Oberfläche mehr Zink annimmt. Der Verzinkungspreis in DM/m<sup>2</sup> verringert sich jedoch bei dünner werdendem Material, weil hier der Lohnkostenanteil nicht mehr so stark zu Buche schlägt. Dieser Umstand kommt dem Trend der Zeit entgegen,

nämlich der gewichts- und damit auch kostensparenden Leichtbauweise. Die tendenziellen Zusammenhänge zeigt unsere Tabelle.

Entgegen landläufiger Auffassung, nach der die Feuerverzinkung erst unter Berücksichtigung des Faktors Zeit das wirtschaftlichere Korrosionsschutzsystem ist, ergibt sich heute oft ein anderes Bild. Bereits bei den Erstschutzkosten bietet die Feuerverzinkung bei vielen Konstruktionsarten deutliche Kostenvorteile gegenüber alternativen Beschichtungssystemen.

Bei diesen ist eine allgemeingültige Kostenangabe naturgemäß schwieriger als bei der Feuerverzinkung, denn es gibt für den Korrosionsschutzsektor

Abb. 1: Umrechnung der Verzinkungskosten von DM/t in DM/m<sup>2</sup>.



einige Dutzend empfohlene Beschichtungssysteme mit unterschiedlichem Aufbau, unterschiedlicher Oberflächenvorbereitung sowie unterschiedlicher Bindemittel- und Pigmentbasis.

Bei Beschichtungen sind in der Regel die Kosten für die Oberflächenvorbereitung und für die (relativ arbeitsintensiven) Applikationen preisbestimmend; die Materialkosten für Beschichtungsstoffe sind demgegenüber weniger bedeutsam. Aus diesem Grund steigen Beschichtungskosten bei dünner werdenden Materialien und stärker gegliederten Konstruktionen

an – im Gegensatz zum Feuerverzinken.

Da die Nutzungsdauer von Objekten normalerweise deutlich über der Schutzdauer von Korrosionsschutzsystemen liegt, müssen bei einer umfassenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sowohl die Erst- als auch die Folgekosten berücksichtigt werden.

Die schematischen Zusammenhänge zeigt Abb. 2.

**5. SCHUTZDAUER**

Die Wirtschaftlichkeit von Korrosionsschutzsystemen wird im wesentlichen durch die Schutzdauer des Systems bestimmt. Hochwertige und damit auch langlebige Schutzsysteme sind in der Regel wirtschaftlicher als preisgünstige, aber kurzlebige Alternativen.

Bei einer Feuerverzinkung mit einer praxisüblichen Schichtdicke von 100 µm oder mehr kann heute eine Schutzdauer von 30 bis 50 Jahren erwartet werden (Abb. 3).

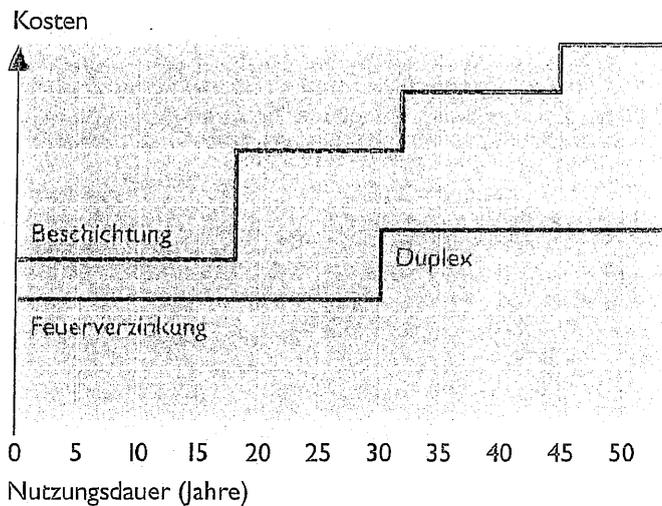


Abb. 2: Schematische Entwicklung der Korrosionsschutz-Aufwendungen während der Nutzungsdauer

Die Feuerverzinkung steht in direktem Wettbewerb mit Beschichtungssystemen unterschiedlichster Art und Güte. Bei diesen kann je nach Aufbau und Dicke des Beschichtungssystems sowie der Güte der Oberflächenvorbereitung und der Art der Beanspruchung die zu erwartende Schutzdauer deutlich schwanken. Beispielsweise geht das AGI-Arbeitsblatt „Wirtschaftlichkeitsberechnung“ [1] bei der Schutzdauer der Erstbeschichtung von 13 Jahren und bei der Schutzdauer der

Instandsetzungs-Beschichtungen von neun bzw. acht Jahren aus.

**6. ZUSAMMENFASSUNG**

Ein Vergleich der Korrosionsverhütungskosten pro Flächen- und Zeiteinheit – und nur diese Kosten sind bei unterschiedlichen Schutzsystemen vergleichbar – zeigt, daß die Feuerverzinkung eines der preiswertesten Schutzsysteme ist, das nur noch von der Kombination „Feuerverzinkung plus Beschichtung“ übertroffen wird.

Konstruktionsart/Produkt	Spez. Oberfläche [m <sup>2</sup> /t]	Feuerverzinken*)		Beschichten **)
		[DM/t]	[DM/m <sup>2</sup> ]	
<b>Schwere Konstruktionen</b> Materialdicke 17,0 – 25,0 mm	10 – 15	ca. 410	ca. 33	ca. 28
<b>Mittlere Konstruktionen</b> Materialdicke 13,0 – 17,0 mm	15 – 20	ca. 460	ca. 27	ca. 30
<b>Leichte Konstruktionen</b> Materialdicke 10,0 – 13,0 mm	20 – 25	ca. 490	ca. 22	ca. 34
Materialdicke 8,0 – 10,0 mm	25 – 30	ca. 560	ca. 20	ca. 36
<b>Sehr leichte Konstruktionen</b> Materialdicke 6,5 – 8,0 mm	30 – 40	ca. 650	ca. 19	ca. 37
Materialdicke 5,0 – 6,5 mm	40 – 50	ca. 840	ca. 18	ca. 39
Materialdicke 4,0 – 5,0 mm	50 – 65	ca. 1000	ca. 16	auf Anfrage
Materialdicke < 4,0 mm	größer 65	ca. 1500	ca. 15	auf Anfrage
<b>Serienartikel</b> (Schutzplanken, Roste u.ä.) i.d.R. kleiner/gleich 3,0 mm	i.d.R. ca. 100	ca. 400-600	ca. 5	auf Anfrage
<b>Schlosserware</b>	unterschiedlich	auf Anfrage		auf Anfrage

Erstkosten für Korrosionsschutzsysteme

\*) Richtpreise ab Feuerverzinkerei (zuzüglich MwSt) – Stand 1999; Basis: Zinkpreis 1650,00 DM/t; Zuschläge bei sperrigen Konstruktionen und für zusätzliche Dienstleistungen und Frachten.

\*\*) 1 Grund- und 2 Deckbeschichtungen; Annahme: 1/3 Strahl- und 2/3 Beschichtungskosten.

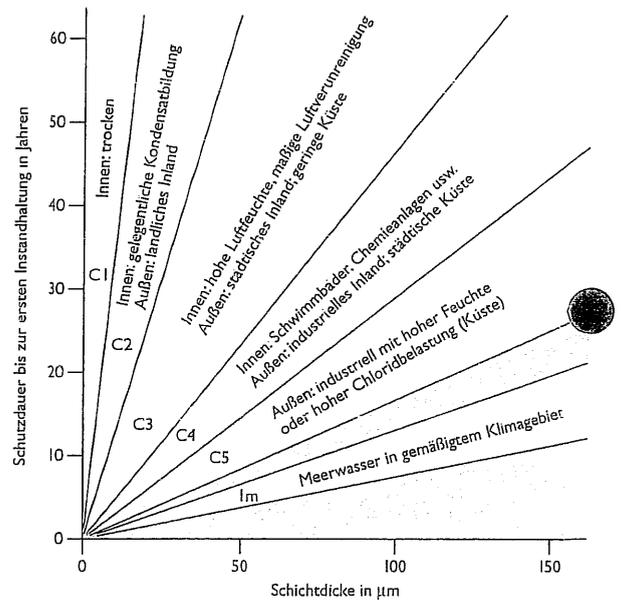
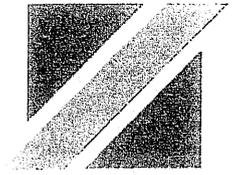


Abb. 3: Typische Schutzdauern bis zur ersten Instandsetzung von Zinküberzügen in verschiedenen Bereichen auf der Basis typischer Korrosionsraten nach DIN EN ISO 14713 (Anmerkung: Jede Umgebung ist in einem Band dargestellt; die Linien zeigen die typischen Ober- und Untergrenzen für die Schutzdauer in dem entsprechenden Bereich. Die spezifischen mikroklimatischen Einflüsse sind hierbei nicht berücksichtigt.)

[1] Arbeitsgemeinschaft Industrie bau e.V. (AGI): Korrosionsschutz neuer Stahlbauten; Wirtschaftlichkeitsberechnung (Mai 1994)

3. Auflage 2000

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN

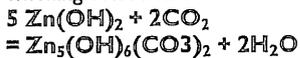


## 5.4 Korrosionsverhalten von Zinküberzügen an der Atmosphäre

### 1. ALLGEMEINES

Aufgrund seiner thermodynamischen Eigenschaften müßte Zink eigentlich ein relativ unbeständiges Metall sein. In Wirklichkeit ist Zink jedoch in den meisten Fällen wesentlich korrosionsbeständiger als z.B. Stahl, zu dessen Schutz es ja oft eingesetzt wird. Dieser scheinbare Widerspruch ist darauf zurückzuführen, daß das Korrosionsverhalten von Zink in erster Linie durch die Bildung von Deckschichten aus festen, beständigen Korrosionsprodukten bestimmt wird, die sich im Verlaufe der Bewitterung ausbilden und das weitere Fortschreiten einer Korrosion dann erheblich erschweren. Diese Deckschichtbildung ist für die gute Wirksamkeit von Zink als Überzugsmetall für den Korrosionsschutz von Stahlkonstruktionen ausschlaggebend.

An der Atmosphäre und in Wässern entsteht aus dem primären Korrosionsprodukt Zinkhydroxid unter Einwirkung von Kohlendioxid nach:



ein basisches Zinkcarbonat, das in seiner Zusammensetzung dem in der Natur vorkommenden Mineral Hydrozinkit entspricht und sehr beständige und gut schützende Deckschichten bildet. Diese Deckschichten sind eigentlich für den Schutz vor Korrosion verantwortlich.

Durch Einwirkung der Atmosphäre korrodieren diese Deckschichten im Laufe von Jahren langsam; die Dicke des Zinküberzuges vermindert sich dementsprechend. Aus der zur Verfügung stehenden Dicke des Zinküberzuges und dem korrosiven Angriff durch atmosphärische Einflüsse ergibt sich damit die Schutzdauer des Korrosionsschutzsystems.

### 2. DICKE DES ZINK-ÜBERZUGES

Die Dicke eines Zinküberzuges ist ein wesentlicher Parameter im Hinblick auf die Korrosionsschutzdauer. In DIN EN ISO 1461 „Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgetragene Zinküberzüge (Stückverzinken)“ sind die Anforderungen an die Mindestdicke von Zinküberzügen

festgelegt. Aufgrund der technologischen Prozessabläufe beim Feuerverzinken werden diese Mindestanforderungen der Norm jedoch in den allermeisten Fällen deutlich überschritten. In der Praxis steht für den Schutz vor Korrosion also in aller Regel stets deutlich mehr Zink zur Verfügung, als es nach Norm gefordert wird (Abb. 1).

### 3. NEUE ERKENNTNISSE ZUR KORROSIONSBELASTUNG

Die Korrosionsgeschwindigkeit von Zink ist von großer Bedeutung im Hinblick auf die Schutzdauer von Zinküberzügen. Der korrosive Einfluß der Atmosphäre läßt sich mit Hilfe von Messungen sehr exakt ermitteln. Kennzeichnend für die Korrosivität der Atmosphäre ist in erster Linie die  $\text{SO}_2$ -Konzentration der Luft.

Meßergebnisse aus jüngerer Zeit zeigen, daß sich in nahezu allen europäischen Ländern der Zinkabtrag erheblich reduziert hat. Die Zusammenhänge mit dem reduzierten  $\text{SO}_2$ -Gehalt der Luft sind seit langem bekannt und unstrittig. Für viele Fachleute bedeutet dieses jedoch, daß ältere Fachliteratur zu diesem Thema aus den 60er und 70er Jahren unbrauchbar geworden ist. Dort sind Abtragswerte genannt, die teilweise ein mehrfaches über den heute allgemein akzeptierten Werten liegen.

Beispielhaft für diese Entwicklung sind Meßergebnisse aus Stockholm, die die Reduzierung des  $\text{SO}_2$ -Gehaltes der Luft seit 1978 zeigen (Abb. 2).

In Abhängigkeit vom Aufstellungsort eines Bauteils kann die Korrosionsbelastung sehr unterschiedlich sein.

Zur Abschätzung der Korrosionsbelastung aus Klimadaten sind Informationen über die **Klimagebiete** (z. B. gemäßigtes Klima), die **Klimabereiche**, das **Ortsklima** und das **Kleinklima** unmittelbar am einzelnen Bauteil von Bedeutung. Für eine präzise Abschätzung der Korrosionsbelastung spielen Details, wie z. B. der Einfluß der Luftfeuchtigkeit, Taupunktunterschreitungen sowie örtliche Befeuchtungen und deren Dauer besonders in Kombination mit Schadstoffen eine wesentliche Rolle.

Materialdicken [mm]	Zinkschichtdicken [ $\mu\text{m}$ ]
$\leq 2$	60
$> 2 \dots 3$	80
$> 3 \dots 6$	100
$> 6 \dots 8$	120
$> 8 \dots 15$	150
$> 15$	170

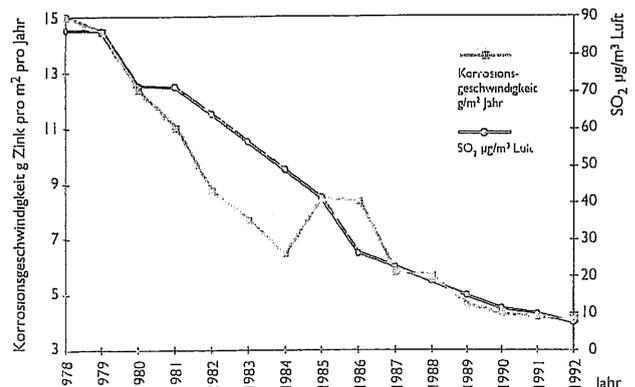
Die in der Tabelle angegebenen Zinkschichtdicken sind praxisübliche Durchschnittswerte. Sie liegen höher als die nach DIN EN ISO 1461 angegebenen Mindestüberzugsdicken.

Abb. 1: Praxisübliche Schichtdicken von Zinküberzügen sind oft deutlich höher als die in Normen festgelegten Mindestwerte

Aufgrund vorliegender Untersuchungen wurden daraus Korrosivitätsklassen abgeleitet, die es ermöglichen, wenigstens eine sehr grobe Abschätzung der in einer Region vorliegenden Belastung zu finden. Eine Übersicht über die Korrosivitätsklassen, ihre Gliederung und ihre Auswirkung auf den durchschnittlichen Zinkabtrag liefert Abbildung 3.

Diese Zahlen machen deutlich, daß in Deutschland bei einer mittleren Korrosionsbelastung (Korrosivitätsklasse C3) mit einem durchschnittlichen jährlichen Zinkabtrag von lediglich 0,7–2,0  $\mu\text{m}$  gerechnet werden muß. Auch zwi-

Abb. 2: Verringerung der Korrosionsgeschwindigkeit von Zink in Abhängigkeit vom  $\text{SO}_2$ -Gehalt der Atmosphäre in Stockholm seit 1978



## 5.4 Korrosionsverhalten von Zinküberzügen an der Atmosphäre

schen den einzelnen Atmosphärentypen sind die Unterschiede geringer geworden; selbst deutsche Industriezentren stellen korrosionstechnisch heute keine „Brennpunkte“ mehr dar.

### 4. DIE SCHUTZDAUER

In Kenntnis der vorhandenen Schichtdicke des Zinküberzuges und unter Berücksichtigung des Korrosionsabtrages durch die Atmosphäre (in Abhängigkeit von der Korrosivitätsklasse) läßt sich die Schutzdauer von Zinküberzügen sehr leicht ermitteln. So kann z. B. von einem Zinküberzug mit einer Schichtdicke von 80 µm innerhalb der Korrosivitätsklasse C3 eine theoretische Schutzdauer von 40 bis 80 Jahren erwartet werden (entsprechend 0,7–2,0 µm Korrosionsabtrag pro Jahr).

Im Hinblick auf die Korrosionsbelastung durch die Atmosphäre ist es schwierig, eine Einordnung nach Atmosphärentypen (z. B. Stadtluft, Industrieluft) zu treffen, die ihrerseits wiederum den Korrosivitätsklassen zugeordnet werden können. So liegen nicht nur die Atmosphärentypen in einer erheblichen Bandbreite vor, u. U. ist auch eine Überschneidung angrenzender Bereiche möglich. Eine Abschätzung ist mit Hilfe von Abbildung 4 möglich.

Im Hinblick auf ihren korrosiven Abtrag verhalten sich Zinküberzüge, auch wenn sie nach verschiedenen Verfahren hergestellt werden, nahezu gleich. So besteht z. B. zwischen einem silbrigen Zinküberzug (mit einer ausgeprägten sog. „Reinzinkschicht“) und einem grauen Zinküberzug (mit einer durchgewachsenen Eisen-Zink-Legierungsphase) kein Unterschied. Auch bei verschiedenen Verfahren der Verzinkung (z. B. Feuerverzinkung, galvanische Verzinkung, Spritzverzinkung) ist die Masse des Zinküberzuges ein entscheidendes Kriterium. Gleiche Masse vorausgesetzt, ist auch das Korrosionsverhalten nahezu gleich.

Unter Umständen können sich jedoch auch bei atmosphärischer Bewitterung besondere Belastungen ergeben, z.B. wenn eine intensive Bildung von Kondenswasser auftritt oder wenn zusätzliche chemische Einflüsse vorhanden sind. In solchen Fällen müssen

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

derartige Einwirkungen besonders berücksichtigt werden.

### 5. ZUSAMMENFASSUNG

Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen haben gezeigt, daß die korrosive Belastung von Zinküberzügen durch die Atmosphäre in den vergangenen Jahren deutlich nachgelassen hat. Die Folge davon ist eine erheblich längere Schutzdauer derartiger Zinküberzüge. Für Korrosionsschutzfachleute haben diese Fakten zweierlei Auswirkungen:

1. Man muß sich von alten Erfahrungswerten bezüglich des korrosiven Abtrages von Zink trennen und sollte ausschließlich aktuelle Zahlenwerte verwenden.
2. Die Schutzdauer von Zinküberzügen hat sich als Folge der verringerten Korrosionsbelastung durch die Atmosphäre deutlich gesteigert. Dieses hat zur Folge, daß die Verfahren der Feuerverzinkung noch langlebiger und wirtschaftlicher sind als bislang angenommen.

Abb. 3: Korrosionsbelastung und Korrosivitätsraten von Zinküberzügen durch verschiedene Atmosphärentypen (gemäß ISO 9223)

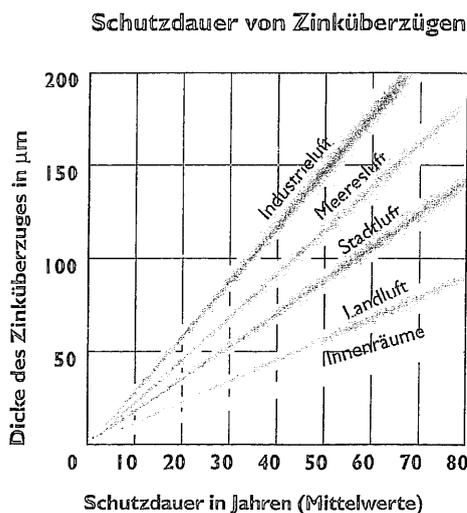
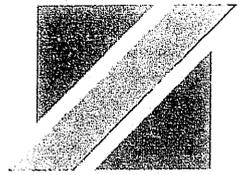


Abb. 4: Schutzdauer von Zinküberzügen unter Berücksichtigung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 5.5 Brandschutz bei feuerverzinkten Stahlkonstruktionen

### 1. GRUNDLAGEN

Stahl ist ein hervorragender Werkstoff, er ist hoch belastbar, gut zu verarbeiten und kostengünstig. Zudem kann Stahl nicht brennen; er verliert jedoch bei sehr hohen Temperaturen (z. B. bei einem Brand) an Festigkeit. Bauteile aus Stahl bleiben tragfähig, solange ihre kritische Temperatur nicht erreicht wird. Diese liegt abhängig von den statischen Bedingungen im Brandfall zwischen 500 °C und 750 °C. Die Feuerverzinkung schützt zwar den Stahl wirksam vor Korrosion, sie kann ihn jedoch im Falle eines Brandes nicht schützen. Die nachfolgenden Ausführungen sind grundlegender Natur und beziehen sich auf den Einsatz von Stahl; werden durch die Anwendung der Feuerverzinkung nicht beeinflusst.

Die zuverlässigste Brandschutzmaßnahme ist nach wie vor eine vernünftige Planung! Brandgefahr und Brandschutzaufwand lassen sich oftmals bereits beim Entwurf durch richtige Planung verringern. Hierdurch lassen sich Kosten reduzieren und Stahl läßt sich wirtschaftlicher einsetzen. Nachstehend sind einige grundlegende Zusammenhänge dargestellt, die bei der Planung von Stahlkonstruktionen beachtet werden sollten. Wo die hierbei vorgeschlagenen Beispiele nicht zum gewünschten Erfolg führen, sind bauliche Brandschutzmaßnahmen vorzusehen. Hierdurch können Stahlteile auf jede gewünschte Feuerwiderstandsklasse gebracht werden.

### 2. ABSTAND ZU ANDEREN GEBÄUDEN

Verheerende Brände in der Vergangenheit waren immer dadurch gekennzeichnet, daß Gebäude zu dicht aneinandergereiht waren und ungeeignete Baustoffe eine Brandübertragung begünstigen. Nach dem Bauordnungsrecht dienen deshalb die Mindestgrenz- und Mindestgebäudeabstände insbesondere der Verhinderung der Brandübertragung und dem Schutze der Nachbarschaft.

Darüber hinaus ist für einen geordneten Feuerwehreinsatz zwischen benachbarten Gebäuden eine notwendige Bewegungsfläche für die Feuerwehr notwendig. Diese Bewegungsflächen sind aus der DIN 14090 zu entnehmen [1]. Die gute Zugänglichkeit eines Gebäudes ist somit ausschlaggebend für eine zügige und erfolgreiche Brandbekämpfung.

### 3. FLUCHT- UND RETTUNGSWEGE

Um im Brandfall eine sichere und schnelle Räumung zu gewährleisten, sind Flucht- und Rettungswege in solchen Abständen einzuplanen, daß ein Gebäude im Brandfall schnell und sicher verlassen werden kann. Deshalb sind Nutzungseinheiten mit Aufenthaltsräumen in jedem Geschöß über mindestens zwei voneinander unabhängige Rettungswege zu räumen. Hierbei ist der erste Rettungsweg einer jeden Nutzungseinheit, die nicht zur ebenen Erde liegt, über mindestens eine notwendige Treppe zu führen. Der zweite Rettungsweg kann über Rettungsgeräte der Feuerwehr an erreichbarer Stelle oder über weitere notwendige Treppen sichergestellt werden. Im Regelfall betragen die Lauffängen für Rettungswege ca. 35,0 bis 40,0 m.

Da Industriegebäude im Regelfall größere Ausdehnungen haben und diese Rettungsweglängen nicht eingehalten werden können, wurden in einer Industriebaurichtlinie Erleichterungen hierzu vorgesehen. Gebäude mit geringer Brandbelastung können demnach Rettungsweglängen von 50,0 m und größer aufweisen. Hierbei wird vorausgesetzt, daß die Rettungswege entweder im Freien enden oder in einem anderen gesicherten Brandbekämpfungsabschnitt. Erleichterungen für längere Flucht- und Rettungswege werden in der Regel dann von den Behörden zugestanden, wenn Flure durch rauchdichte und selbstschließende Türen nochmals unterteilt werden, so daß eine rauchfreie Zone schnell erreicht werden kann.

### 4. UNTERTEILUNGEN IN BRANDABSCHNITTE

Die Bauordnungen der Länder legen fest, daß innerhalb ausgedehnter Gebäude oder bei aneinandergereihten



ten Gebäuden auf einem Grundstück in Abständen von höchstens 40,0 m Brandwände zu errichten sind. Die Ausnahme hierzu sieht vor, daß größere Abstände gestattet werden können, wenn es die Nutzung des Gebäudes erfordert und wenn wegen des Brandschutzes Bedenken nicht bestehen.

Der Bauherr muß somit nachweisen, daß aus betrieblichen Gründen, z. B. durch Aufstellen von großen Maschinen oder durch zusammenhängende Produktionsabläufe eine Unterteilung des Gebäudes nicht möglich ist. Wird dieser Nachweis erbracht, so ist der weitere Nach-

**Abb. 1:**  
**Flucht- und**  
**Rettungswege**  
**haben beim**  
**Brandschutz**  
**eine zentrale**  
**Bedeutung**

weis zu erbringen, daß Bedenken wegen des Brandschutzes nicht bestehen.

Daß diese Bedenken wegen des Brandschutzes nicht bestehen, wird im Regelfall durch den Nachweis der tatsächlichen Brandbelastung des Betriebes erbracht.

Hierzu wird das Verfahren nach DIN 18230 „Baulicher Brandschutz im Industriebau“ angewendet [2].

Je nach Brandbelastung und nachgewiesener Brandschutzklasse sind hiernach Brandbekämpfungsabschnitte von 1600 bis 20000 m<sup>2</sup> zulässig.

Unterwirft sich ein Bauherr nicht der Brandlastermittlung, so verbleibt die Möglichkeit, größere Brandwandabstände durch den Einbau einer Sprinkleranlage zu erreichen.

### 5. RAUCH- UND WÄRME-ABZUGSANLAGEN

Zur Schaffung von sicheren Flucht- und Rettungswegen und für die schnelle Möglichkeit zur Rettung von Menschen im Brandfall sowie zur Verhinderung eines vorzeitigen Feuerübersprunges sind bei der Planung von baulichen Anlagen Rauch- und Wärmeabzugsanlagen zu installieren [3, 4, 5].

Die Auslegung der Rauch- und Wärmeabzugsanlagen richtet sich insbesondere nach der zu erwartenden Brandausbreitungsgeschwindigkeit und der möglichen Brandentwicklungsdauer. Aus der zu erwartenden Brandausbreitungsgeschwindigkeit wird dann eine Bemessungsgruppe abgeleitet und hiernach der aerodynamisch freie Querschnitt entsprechend der gewünschten rauchfreien Schicht festgelegt.

### 6. BRANDMELDEANLAGEN

Um überhaupt eine Brandbekämpfung vornehmen zu können, muß zunächst einmal eine Brandmeldung erfolgen.

Ist nicht eine schnelle Brandmeldung durch anwesendes Personal sichergestellt, sollte der Einbau einer Brandmeldeanlage nach DIN 14675 / EN 54 [6] eingeplant werden. Eine Brandmeldeanlage kann zwar nicht eine Brandentstehung verhindern; sie sorgt jedoch dafür, daß die Zeit zwischen Brandentstehung und einzuleitenden Löscharbeiten so gering wie

möglich gehalten wird. Hierbei wird vorausgesetzt, daß eine Brandmeldeanlage immer auf eine ständig besetzte Feuerwache aufläuft.

Wird z. B. eine Brandmeldeanlage im Brandschutzkonzept mitberücksichtigt, so können auch Rauch- und Wärmeabzugsanlagen im Dach eines Gebäudes geringer dimensioniert werden. Bei der Planung einer Brandmeldeanlage werden die Kenngrößen Rauch, Wärme und Infrarotstrahlung entsprechend der eingebauten Melder erfaßt.

### 7. SELBSTTÄTIGE FEUERLÖSCHANLAGEN

Selbsttätige Feuerlöschanlagen stellen praktisch die Feuerwehr vor Ort dar. Die Projektierung und Planung einer Sprinkleranlage ist abhängig von den einzulagernden Stoffen, der Brandbelastung und der Lagerhöhe. Die durch Sprinkleranlagen zu schützenden Gebäude oder Gebäudebereiche werden in sogenannte Brandgefahrgruppen (BG I bis 4) eingeteilt. Um maximale Rabatte bei der Feuerversicherungsprämie (von bis zu 60 %) zu erhalten, sollte eine Sprinkleranlage nach den Richtlinien des Verbandes der Schadenversicherer (Form 2092/12/86) geplant und installiert werden.

### 8. WAHL DER BAUSTOFFE UND DES FEUERWIDERSTANDES DER KONSTRUKTIONEN

Der Gesetzgeber hat bei der Abfassung der Bauordnung Erleichterungen, Ausnahmen und Befreiung sowie die Möglichkeit offengelassen, durch andere technische Lösungen wirtschaftliche Bauausführungen zu ge-

statten, wenn die gesetzlichen Schutzziele eingehalten werden. Im Regelfalle werden Erleichterungen dann gewährt, wenn:

- ausreichend Flucht- und Rettungswege vorhanden sind und der Abstand zu anderen Gebäuden eingehalten wird,
- eine schnelle Branderkennung und Brandbekämpfung garantiert ist,
- die Brandbelastung gering ist und
- überwiegend nichtbrennbare Baustoffe verwandt werden.

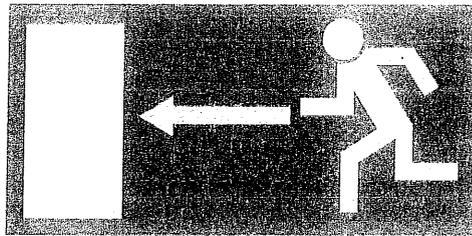


Abb. 2: Fluchtwege müssen gekennzeichnet werden

Der Feuerwiderstand eines Gebäudes hat dann nur noch untergeordnete Bedeutung, insbesondere bei eingeschossigen Gebäuden. In der Regel wird dann auf eine feuerwiderstandsfähige Konstruktion verzichtet, wenn durch Nachweis der Brandbelastung nach DIN 18230 „Baulicher Brandschutz im Industriebau“ eine günstige Brandschutzklasse erreicht wird und die zulässigen Brandabschnitte nicht überschritten werden.

Zusammenfassend bleibt deshalb einem Planer nur zu raten, eine sorgfältige Analyse der möglichen betrieblichen Abläufe durchzuführen und unter Beteiligung von sachverständigen Stellen ein Brandschutzkonzept zu erarbeiten. Hierdurch wird es möglich, auch bei großen Objekten Stahlkonstruktionen gestalterisch sichtbar einzusetzen und kostengünstig und langzeitig zu bauen. Die Feuerverzinkung leistet hierzu einen wichtigen Beitrag.

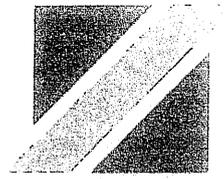
#### Literatur:

- [1] DIN 14090 (1977) Flächen für die Feuerwehr auf Grundstücken.
- [2] DIN 18230-1 (Mai 1998) Baulicher Brandschutz im Industriebau – Rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer.
- [3] DIN 18232-1 – Baulicher Brandschutz; Rauch- und Wärmeabzugsanlagen; Begriffe und Anwendung.
- [4] DIN 18232-2 – Baulicher Brandschutz im Industriebau; Rauch- und Wärmeabzugsanlagen; Rauchabzüge; Bemessung; Anforderungen und Einbau.
- [5] DIN 18232-3 – Baulicher Brandschutz im Industriebau; Rauch- und Wärmeabzugsanlagen; Rauchabzüge; Prüfungen.
- [6] DIN 14675 Brandmeldeanlagen / VDE 0833.



SEPPELER GRUPPE  
NEUHAUS

# Arbeitsblätter FEUERVERZINKEN



## 5.8 Feuerverzinkung und Duplex-Systeme ohne Schwachstellen

### 1. ALLGEMEINES

Bei allen Korrosionsschutzverfahren ist die Vermeidung von Schwachstellen im System von entscheidender Bedeutung. „Eine Kette ist nur so stark wie ihr schwächstes Glied“. Das gilt gerade auch beim Korrosionsschutz. Zwar bietet der massive, metallische Zinküberzug einen umfassenden Schutz; bei unsachgemäßer Anwendung oder bei schlechten technischen Lösungen kann es aber doch zu Problemen mit der Wirksamkeit des Korrosionsschutzes kommen. Besonders bedenklich wird es, wenn aus Kostengründen qualitativ unterschiedliche Zinküberzüge unter einer (Farb-)Beschichtung versteckt werden.

Verfahren	Praxisschichtdicke
Feuerverzinken, diskontinuierlich (Stückverzinken)	50–150 µm
Feuerverzinken kontinuierlich (Bandverzinken)	15–25 µm
Galvanisches (elektrolytisches) Verzinken	5–25 µm
Drahtverzinken (kontinuierlich)	5–30 µm
Thermisches Spritzen	80–15 µm

**Tab. 1: Unterschiedliche Korrosionsschutzverfahren und ihre jeweils unterschiedliche Praxisschichtdicke. – Unterschiedliche Schichtdicken bedeutet aber auch eine unterschiedlich lange Wirksamkeit des Korrosionsschutzes**

### 2. VERZINKUNGSVERFAHREN – Verfahrensunterschiede

Mit „Verzinken“ werden verschiedene Korrosionsschutzverfahren bezeichnet. Unsere Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die am weitesten verbreiteten Verfahren samt der dabei üblichen Praxisschichtdicke. Um vor unliebsamen Überraschungen geschützt zu sein, sollte der Anwender, der einen langlebigen, hochwertigen Korrosionsschutz wünscht, auf einige Details achten, die hier beschrieben sind.

Die in Tabelle 1 genannten Verzinkungsarten unterscheiden sich in ihrer Verfahrensweise und der Art, wie

und wieviel Zink aufgetragen wird. Je mehr Zink für diese Aufgabe zur Verfügung steht, desto langlebiger ist der Schutz.

#### – Schichtdicke

Da die Schutzdauer von Zinküberzügen in einem direkten Zusammenhang mit ihrer Dicke steht, kann man aus der Schichtdicke des Zinküberzuges eine direkte Aussage über die Schutzdauer des Verfahrens ableiten.

Wählt man also Verfahren, bei denen der Zinküberzug nur sehr dünn aufgetragen wird, dann ist auch die Schutzdauer (zumindest bei atmosphärischer Korrosionsbelastung) entsprechend gering. Typische Beispiele sind dabei elektrolytisch verzinkte Schrauben, verzinkter Draht oder kontinuierlich verzinktes Blech, bei denen die Dicke des Zinküberzuges in der Regel weniger als 20 µm beträgt.

Mag für bestimmte Anwendungen ein dünner Zinküberzug auch Vorteile bieten, so ist er bei gemeinsamer Verwendung in großen stückverzinkten Stahlkonstruktionen (die entsprechend dicke Zink-

überzüge aufweisen) nachteilig. In der Praxis wird ein optimaler Schutz gegen Korrosion mitunter deshalb nicht erreicht, weil unterschiedliche Verzinkungsverfahren, mit unterschiedlichem Leistungsvermögen, eingesetzt werden (Abb. 1).

– Verarbeitung (ohne Schwachstellen) – vorher oder nachher? Werden feuerverzinkte Stahlteile erst nachträglich weiterverarbeitet oder zusammengefügt (z.B. gebohrt, gesägt, geschliffen, geschweißt), so muß darauf geachtet werden, daß der Korrosionsschutz an diesen Stellen

#### – Verarbeitung (ohne Schwachstellen) – vorher oder nachher?

Werden feuerverzinkte Stahlteile erst nachträglich weiterverarbeitet oder zusammengefügt (z.B. gebohrt, gesägt, geschliffen, geschweißt), so muß darauf geachtet werden, daß der Korrosionsschutz an diesen Stellen

Materialdicken in mm	Zinkschichtdicken ca. in µm
2	60
>2 bis 3	80
>3 bis 6	100
>6 bis 8	120
>8 bis 15	150
>15	170

**Tab. 2: Praxisübliche Schichtdicken beim Stückverzinken**

sorgfältig wieder instandgesetzt wird. Schnittkanten oder Bohrlöcher müssen zwar nicht zwangsläufig zu einem Korrosionsproblem werden, sie können es jedoch. Auch bei Schweißnähten muß der Korrosionsschutz sorgfältig instand gesetzt werden (Abb. 2).

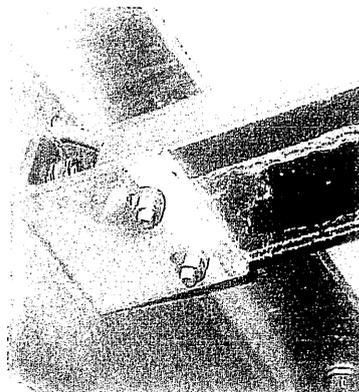
Insbesondere bei industriell gefertigten Teilen wird aus Kostengründen oftmals auf diese Problematik nicht hinreichend geachtet.

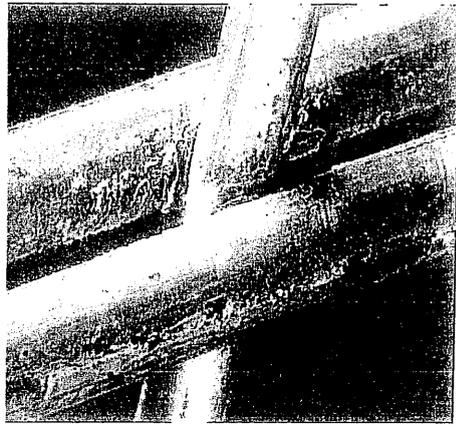
### 3. DAS DUPLEX-SYSTEM: SCHWACHSTELLEN ZU- BZW. VERDECKEN?

Bei feuerverzinkten Stahloberflächen können Beschädigungen oder Verletzungen des Zinküberzuges auch von Laien einfach erkannt und gegebenenfalls instandgesetzt werden. Glücklicherweise kann der Zinküberzug durch Rost nicht unterwandert werden, aus diesem Grunde breitet sich der Schaden nicht oder mindestens aber sehr langsam aus.

Es macht jedoch wenig Sinn, wenn man derartige Schwachstellen durch eine zusätzliche Farbbeschichtung

**Abb. 1: Nur der Fachmann sieht den Unterschied (ein stückverzinktes Stahltragwerk, elektrolytisch verzinkte Verbindungsmittel, kontinuierlich feuerverzinktes Blechprofil). Drei Verzinkungsarten mit unterschiedlichem Leistungsvermögen; gesehen an einem neu errichteten Flughafen-Parkhaus**





**Abb. 2: Gittermatten aus zuvor kontinuierlich feuerverzinktem Draht (der Zinküberzug ist relativ dünn und zudem hat er an den Kreuzungspunkten der Drähte durch das Widerstandsschweißen Schaden genommen)**

verdeckt oder „tarnt“. Die Anwendung einer Feuerverzinkung + Beschichtung (Duplex-System) ist ein besonders hochwertiges System für einen Langzeit-Korrosionsschutz, da es die positiven Eigenschaften der Feuerverzinkung und der Beschichtungssysteme in sich vereinigt. Greift man jedoch auf eine Flüssig- oder Pulverbeschichtung zurück, um Schäden am Zinküberzug zu verdecken, so täuscht man den Kunden; seine Erwartungshaltung bezüglich des Korrosionsschutzes kann sich dann nicht erfüllen.

Es widerspricht dem Ziel eines einheitlichen langlebigen Korrosionsschutzes, wenn man an feuerverzinkten Teilen Sägeschnitte, Bohrlöcher, Schweißnähte usw., an denen der Zinküberzug zerstört wurde, großzügig mit einer Lackierung versieht, die dem Käufer den Eindruck eines sehr langlebigen Duplex-Systems suggeriert, in Wirklichkeit jedoch auf diese Art und Weise vorhandene Schwachstellen überdeckt. Nur eine Feuerverzinkung, die die Anforderungen gemäß DIN EN ISO 1461 erfüllt, bietet einen langlebigen Rundumschutz.

#### 4. BEISPIELE

##### – „Kantenschutz“

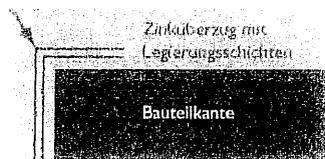
Korrosionstechnisch sind Bauteilkanten stets problematischer als die glatten Flächen einer Konstruktion. An Bauteilkanten können korrosive Me-

dien intensiver angreifen. Sie sind durch mechanische Einflüsse stärker gefährdet als andere Bereiche.

Beim Feuerverzinken stellen Werkstückkanten keine Schwachstellen dar. Aufgrund der Legierungsbildung, die während der Feuerverzinkens abläuft, wächst der Zinküberzug auch an Ecken und Kanten nicht nur gleich stark wie an glatten Oberflächen auf; in vielen Fällen ist die Zinkschicht an Bauteilkanten sogar dicker als normal, da sich die Legierungsschichten an solchen Stellen auffächern und zusätzliches Zink binden (Abb. 4). An einem Bauteil, das erst nach dem Feuerverzinken gesägt, gestanzt, gebohrt wird, ist der Korrosionsschutz erheblich beeinträchtigt. Die Schnittkante der Bearbeitung ist gänzlich unverzinkt. Auch das Auftragen einer zusätzlichen Farbbeschichtung löst das Problem nicht, da aufgrund des physikalischen Effektes der Oberflächenspannung eine „Kantenflucht“ entsteht, die bewirkt, daß sich Flüssigbeschichtungen an Werkstückkanten stets dünner ausbilden als an der glatten Fläche (Abb. 3).



Durch Oberflächenspannung bei Flüssigkeiten ergibt sich stets eine geringere Schichtdicke an Bauteilkanten (Kantenflucht)



Durch Wachstum von Legierungsschichten parallel zur Oberfläche ergeben sich bei Zinküberzügen keine Minderschichtdicken an Kanten

**Abb. 3: Schematische Darstellung der „Kantenflucht“**

##### – Hohlräume

Neben der Schichtdicke hat auch die Verfahrenstechnologie einen erheblichen Einfluß auf die Wirksamkeit des Korrosionsschutzes. Werden Zinküberzüge im Tauchverfahren aufge-

bracht, erreicht das Zink alle Ecken, Winkel und Hohlräume einer Konstruktion. Man erhält einen lückenlosen, massiven, metallischen Überzug.

Beim Aufspritzen von Zink oder Farbe sind Hohlräume (z.B. in Hohlprofilen) für den Korrosionsschutz unerreichbar; auch bei der elektrolytischen Verzinkung sind Hohlräume und Vertiefungen kaum mit einem hinreichend dicken Zinküberzug zu versehen.



#### 5. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Verzinken ist nicht gleich Verzinken, und selbst Feuerverzinken ist nicht gleich Feuerverzinken. Unterschiedliche Verzinkungsverfahren bieten auch ein unterschiedliches Leistungsspektrum.

Um die Leistungsfähigkeit eines Verzinkungsverfahrens voll ausschöpfen zu können, darf es keine Schwachstellen geben. Eine fachgerecht ausgeführte Feuerverzinkung, die die Anforderungen der DIN EN ISO 1461 erfüllt, schafft keine Probleme, sondern bietet einen umfassenden Schutz vor Korrosion – ohne Wenn und Aber. Zusätzlich aufgebraute Beschichtungen (gleichgültig ob Flüssig- oder Pulverbeschichtung) haben die Aufgabe, die Leistungsfähigkeit eines guten Korrosionsschutzes weiter zu verbessern. Sie sind nicht dazu da, Schwachstellen zu überdecken.

Eine eindeutige Ausschreibung, die Bezug auf die geltenden Normen nimmt, trägt dazu bei, einen optimalen Korrosionsschutz durch Feuerverzinken zu erhalten. Bei Angeboten am Markt sollte das Leistungsvermögen des Korrosionsschutzes genau hinterfragt werden.

**Abb. 4: Zinküberzüge haben kein Problem an Werkstückkanten**