

# ***ANLEITUNGEN ZUM KONSTRUIEREN VOR DER FEUERVERZINKUNG***

Pocinkovalnica d.o.o., Bežigrajska 6, SI-3000 Celje

[www.pocinkovalnica.si](http://www.pocinkovalnica.si)

[info@pocinkovalnica.si](mailto:info@pocinkovalnica.si)

## 1 Anwendung der Standards

Für das Verzinken müssen die Elemente gemäß dem folgenden Standard vorbereitet werden:

EN ISO 14713-2      2017 Protection against corrosion of iron and steel structures

Im Unternehmen Pocinkovalnica wird das Feuerverzinken gemäß dem folgenden Standard durchgeführt:

EN ISO1461            2022 Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrachte Zinküberzüge - Stückverzinken

## 2 Abmessungen der Konstruktionen

Die größten Konstruktionsmassen sind wegen der Zinkwanne begrenzt und betragen:

$$L \times B \times H = 12600 \times 1700 \times 2900 \text{ (mm)}$$

**Das Höchstgewicht des Elements kann bis zu 7000 kg betragen.**

## 3 Oberflächensauberkeit der Elemente und Konstruktionen

Die Oberfläche darf keine Rückstände an Farben, Lacken, Farbkennzeichnungen, Fetten und Ölen, die mit alkalihaltigen Mitteln nicht entfernt werden können (hochbeständige Mineralöle, Fette, Öle und Fettstoffe, die nur schwer emulgieren), Schweißsprays, Konservierungsmittel, Paraffin, Teer, sonstige Anstriche, noch Rückstände früherer Oberflächenschutzbehandlungen, aufweisen. In den Rohren und Winkeln der Konstruktionen dürfen sich keine Sandstrahlenrückstände (Stahlkügelchen, Staub) befinden.

## 4 Öffnungen

Jedes Werkstück oder Konstruktion muß Öffnungen (Bohrlöcher, Ausschnitte u. dergl.) gemäß dem Standard SIST EN ISO 14713 (1999) aufweisen, und zwar für:

### a) Luftaustritt und Zinkablauf aus geschlossenen Rohren und Winkeln.

Diese Öffnungen müssen sich an den obersten bzw. untersten Punkten dicht an der Schweißnaht befinden (Abb. 1, 2, 3, 4, 5). Falls die Konstruktion unsichtbare Öffnungen für den Luftaustritt und Zinkablauf hat (Abb. 6), muß der Auftraggeber dringend einen Plan vorlegen.

Tabelle 1: Notwendiger Durchmesser der Entlüftungsöffnungen

Empfohlene Mindestgrößen für Löcher zur Be-/Entlüftung und zum Ablaufen in Hohlprofilen			Anzahl und Position von Löchern oder Freischnitten an den Enden der Hohlprofile										
			1 Loch	1 Loch	2 Löcher	2 Löcher	4 Löcher	4 Löcher	2 Freischnitte	4 Freischnitte	4 Löcher von 15 mm + 1 mittiges Loch	4 Löcher von 15 mm + 1 mittiges Loch	4 Freischnitte von 25 mm + 1 mittiges Loch
Querschnittsform und -maße (mm)													
Rund	Quadratisch	Rechteckig	Durchmesser des Lochs (mm)						Größe des Freischnitts (mm)		Durchmesser des zentralen Lochs (mm)		
15	15	—	10	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	20	30 x 15	10	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30	30	40 x 20	12	12	10	10	—	—	—	—	—	—	—
40	40	50 x 30	14	14	12	12	—	—	10	—	—	—	—
50	50	60 x 40	16	16	12	12	10	10	13	—	—	—	—
60	60	80 x 40	20	20	12	12	10	10	15	12	—	—	—
80	80	100 x 60	25	20	16	16	12	12	20	15	—	—	—
100	100	120 x 80	30	25	20	20	14	15	25	20	—	—	—
120	120	160 x 80	35	30	25	25	20	20	30	25	—	—	—
160	160	200 x 120	45	40	35	30	25	20	40	30	35	—	—
200	200	260 x 140	60	50	40	35	30	25	50	35	50	40	—
300	300	350 x 250	—	—	60	55	45	40	75	55	80	70	75
400	400	450 x 250	—	—	80	75	60	50	100	75	110	100	110
500	500	600 x 300	—	—	100	90	75	65	125	90	140	125	135
600	600	700 x 400	—	—	120	110	85	75	150	110	170	150	165

**Anmerkung 1:** Die schattierten Löcher oder Freischnitte zeigen das Loch oder den Freischnitt am gegenüberliegenden Ende des Hohlprofils.

**Anmerkung 2:** Die Größe des Freischnitts in dieser Tabelle bezieht sich auf die Länge der benachbarten Seite (nicht auf die diagonale Länge).

**Anmerkung 3:** Nicht zutreffende Tabelleneinträge sind gekennzeichnet mit „—“.

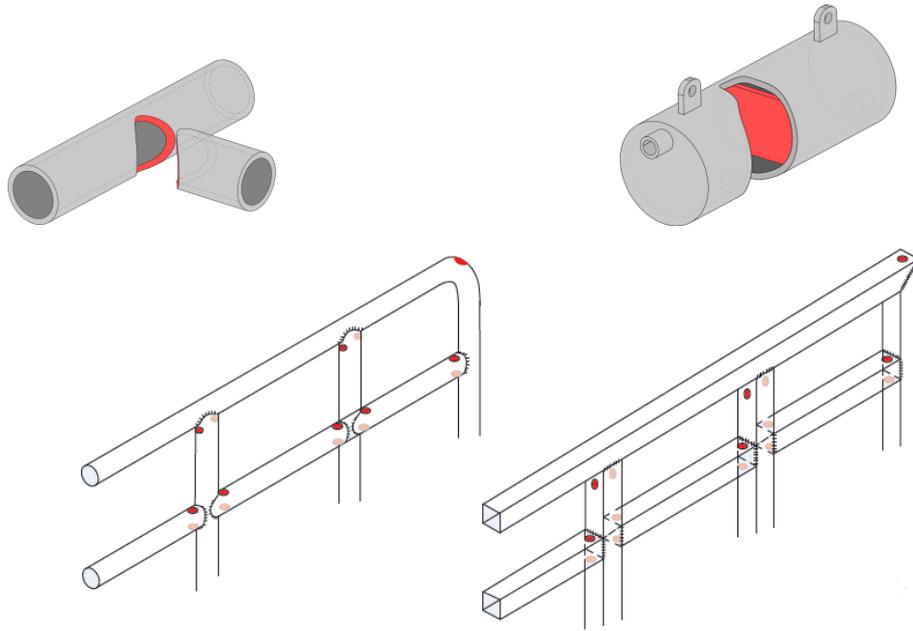
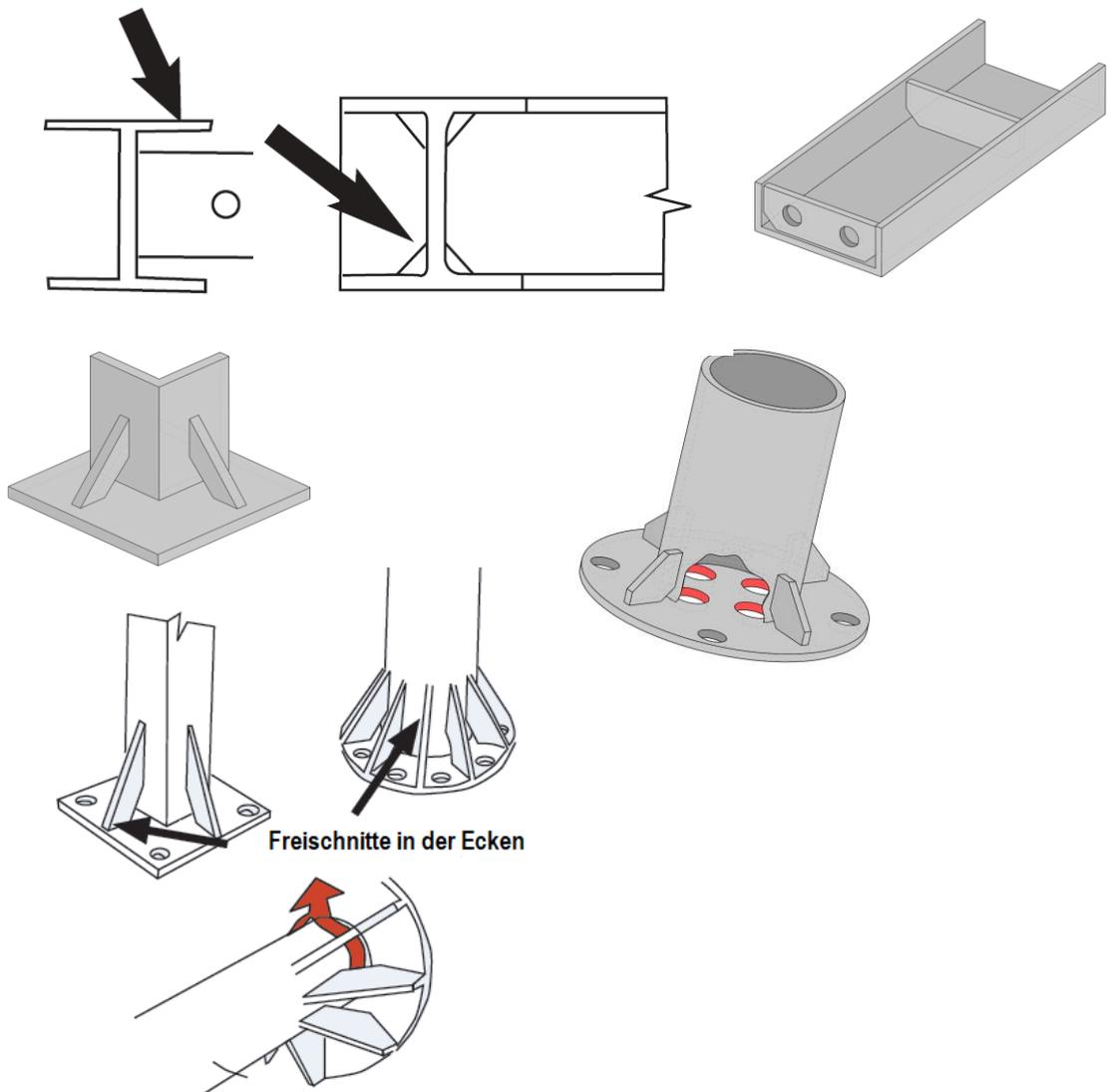


Bild 1: Entlüftung der Geländer



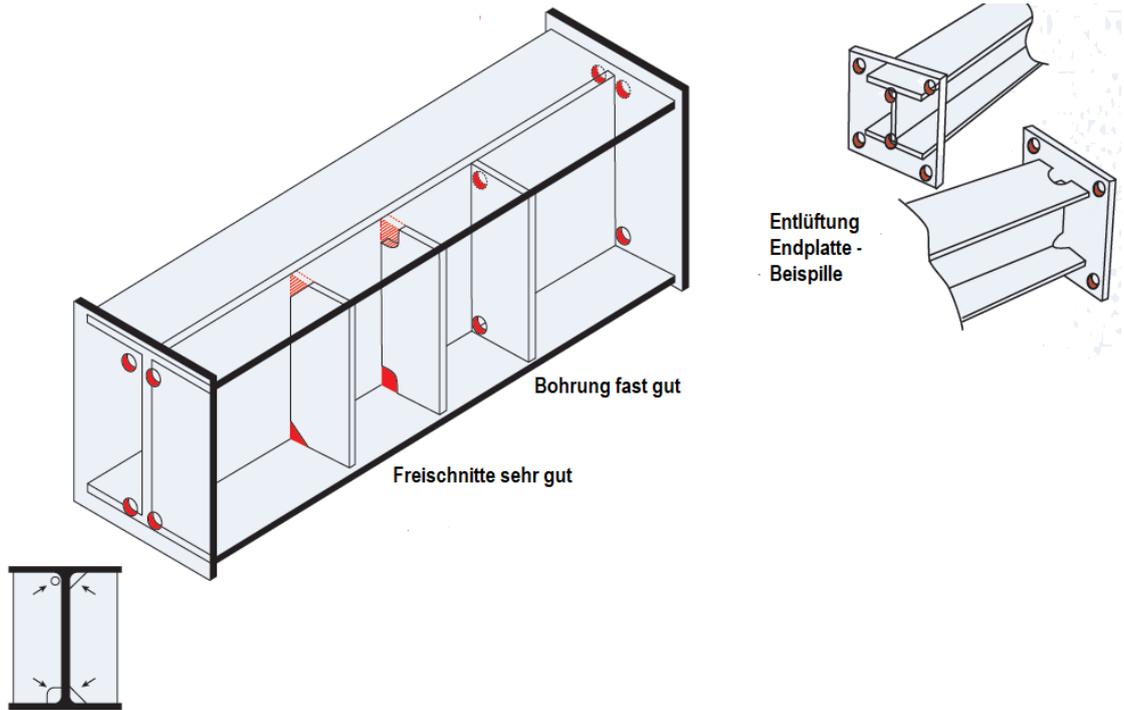


Bild 2: Freischnitte - Beispiele

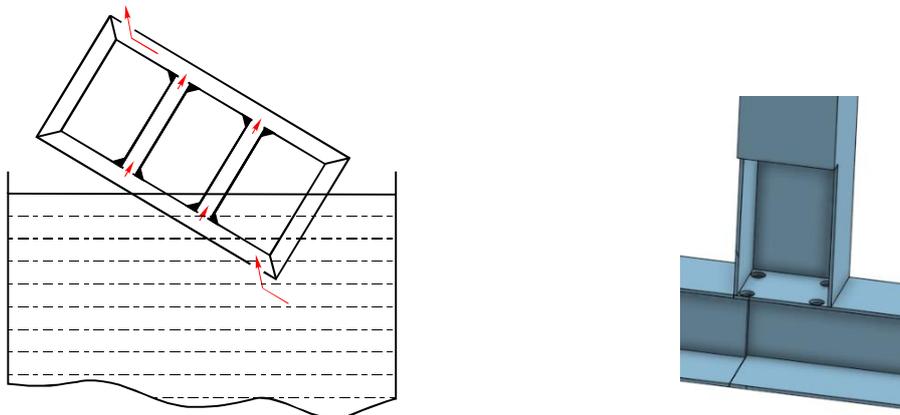


Bild 3: Tauchen und Innenrohrentlüftung – 4 Lochern

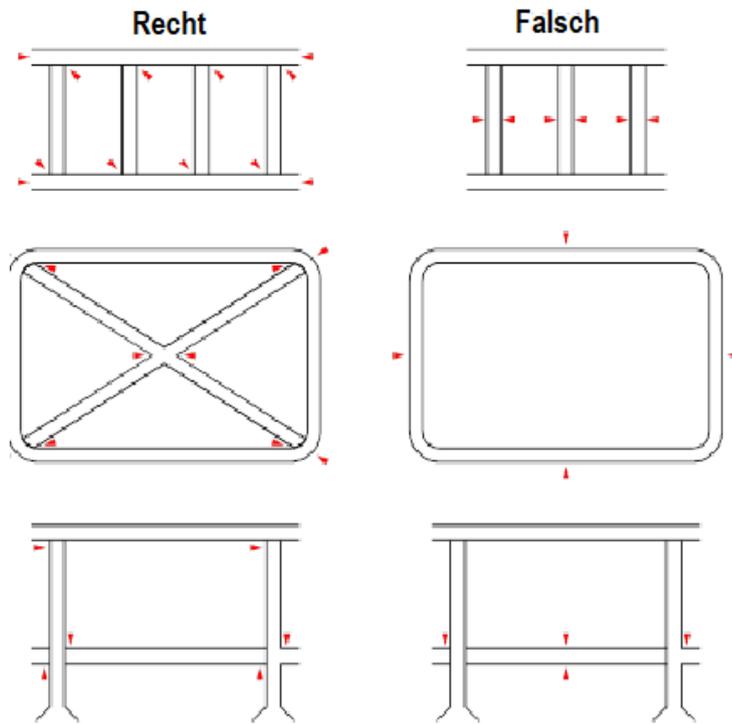


Bild 4: Richtige und falsche Öffnungen

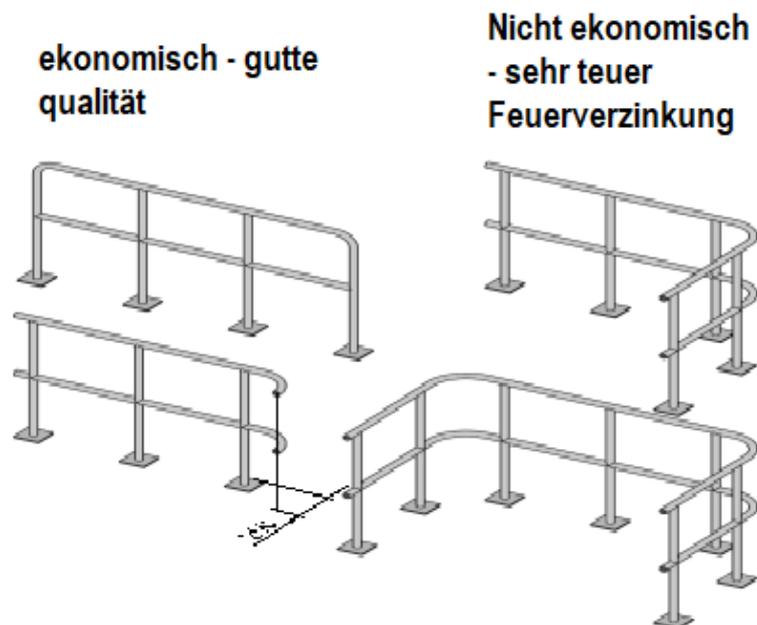


Bild 5: Geländern konstruieren – ökonomisch und nicht ökonomisch

**b) Aufhängen**

Die Konstruktion kann auf die dazu gesondert angeschweißten Ösen aufgehängt werden. Für einfache Elemente, mit einer Länge bis zu 2800 mm, reicht ein Aufhängepunkt, der mindestens 20 mm vom Rand entfernt sein muß. Für längere Konstruktionen und Elemente, die länger als 6000 mm sind, sind zwei oder mehrere Aufhängepunkte erforderlich, um den Durchhang von Profilen zu vermeiden, und zwar auf der  $\frac{1}{4}$  Länge des Profils von jeder Seite (Abb. 9).

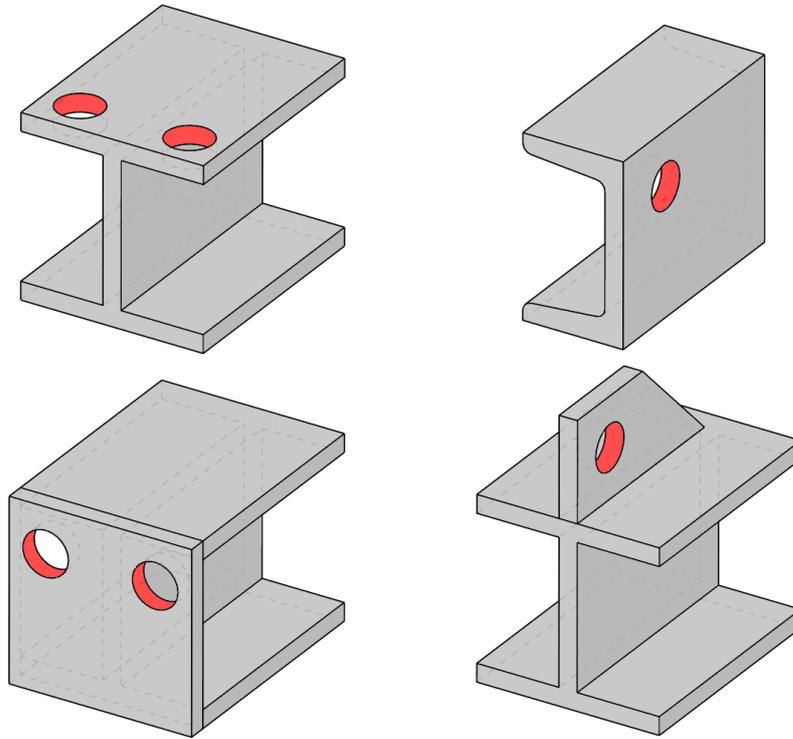


Bild 6: Bohrungen für das Aufhängen von I- und U-Profilen

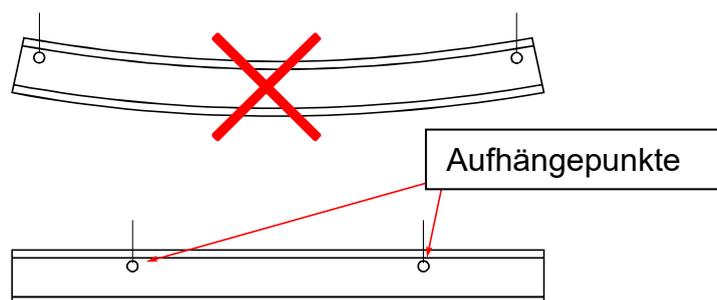


Bild 7: Optimale Punkte für das Aufhängen eines langen Profils

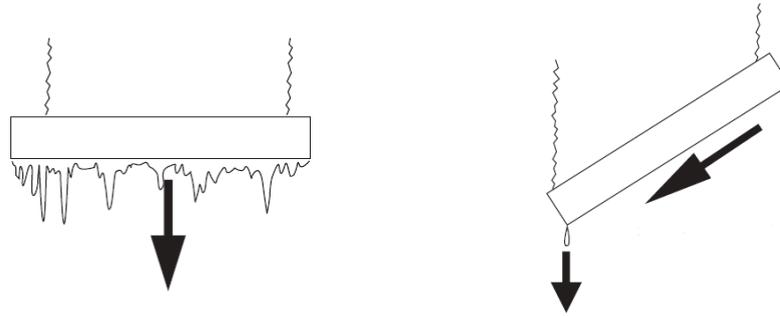
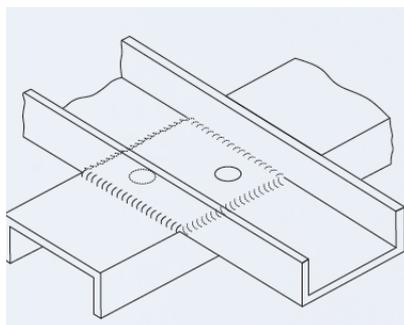


Bild 8: Falsche und richtige Neigung beim Feuerverzinken

- b) **Entlüftung von geschlossenen Volumina zwischen zwei Flächen**, die gänzlich miteinander verschweißt sind, zur Vermeidung von Explosionen während des Verzinkungsverfahrens (Abb. 7). Die Öffnung darf sich nur auf einer Fläche befinden oder durch beide Flächen verlaufen. Es sind immer zwei Öffnungen nötig, die voneinander diagonal bzw. maximal entfernt sind.

Überlappungsfläche	Maßnahmen <sup>1)</sup>
bis 100 cm <sup>2</sup>	umlaufend <u>dicht</u> Schweißen <sup>2)</sup>
100-1000 cm <sup>2</sup>	jeweils diagonal gegenüberliegend angeordnet 2 x ≥12 mm Entlastungsbohrung in den Eckbereichen <sup>3)</sup> oder 2 x ≥25 mm Schweißnahtunterbrechung in den Eckbereichen <sup>3)</sup>
1000-2500 cm <sup>2</sup>	4 x ≥12 mm Entlastungsbohrung in den Eckbereichen <sup>3)</sup> oder 4 x ≥25 mm Schweißnahtunterbrechung in den Eckbereichen <sup>3)</sup>
> 2500 cm <sup>2</sup>	≥12 mm Entlastungsbohrungen in den Eckbereichen sowie umlaufend mindestens alle 300 mm (Höchstabstand) beginnend in den Eckbereichen oder ≥25 mm Schweißnahtunterbrechung in den Eckbereichen sowie umlaufend mindestens alle 300 mm (Höchstabstand) beginnend in den Eckbereichen



<sup>1)</sup> Gegebenenfalls sind weitere Maßnahmen erforderlich.  
<sup>2)</sup> Es ist darauf zu achten, dass das Material vor dem Schweißen trocken ist und die Überlappungsbereiche plan aufeinander aufliegen.  
<sup>3)</sup> Abstimmung zwischen Verzinkungsbetrieb und Auftraggeber erforderlich, da die Anordnung der Entlastungsbohrungen und der Aufhängungspunkte der Konstruktion aufeinander abgestimmt werden müssen.

Bild 9: Entlüftung der Überlappungsflächen

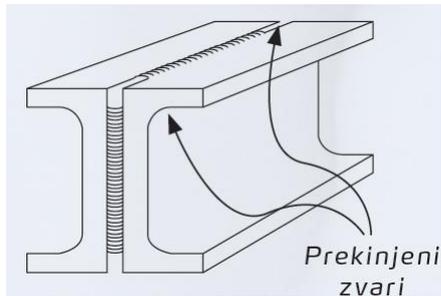


Bild 10: Zwei Profilen muss nicht dicht zueinander verschweißt wegen Korrosion

## 5 Fugen und Verbindungen

Bei jeglicher **Verbindung zweier Flächen** besteht die Gefahr eines nachträglichen Säureabflusses aus den Zwischenlücken, weil sie mit Zink nicht gefüllt werden.

**Die Verbindungen** müssen unporös, abgeschlossen, von Schweißzunder und Schweißperlen gereinigt sein. Die Schweißnaht kann entlang der Zinküberzugsdicke wegen anderer chemischer Zusammensetzung (Silizium) nach dem Verzinken von den naheliegenden Flächen abtreten, deshalb muss beim Verzinken ein Zusatzmaterial mit dem gleichen Gehalt an Silizium, wie in den verwendeten Metallteilen, verwendet werden. Im allgemeinen müssen aber Zusatzmaterialien mit geringem Gehalt oder ganz ohne Silizium verwendet werden.

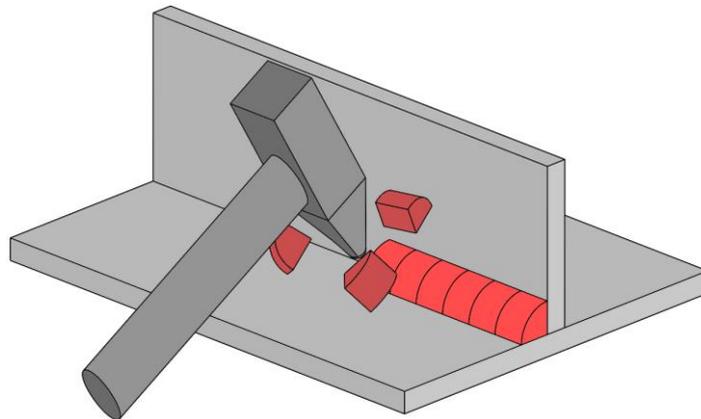


Bild 11: Schweißzunder entfernen

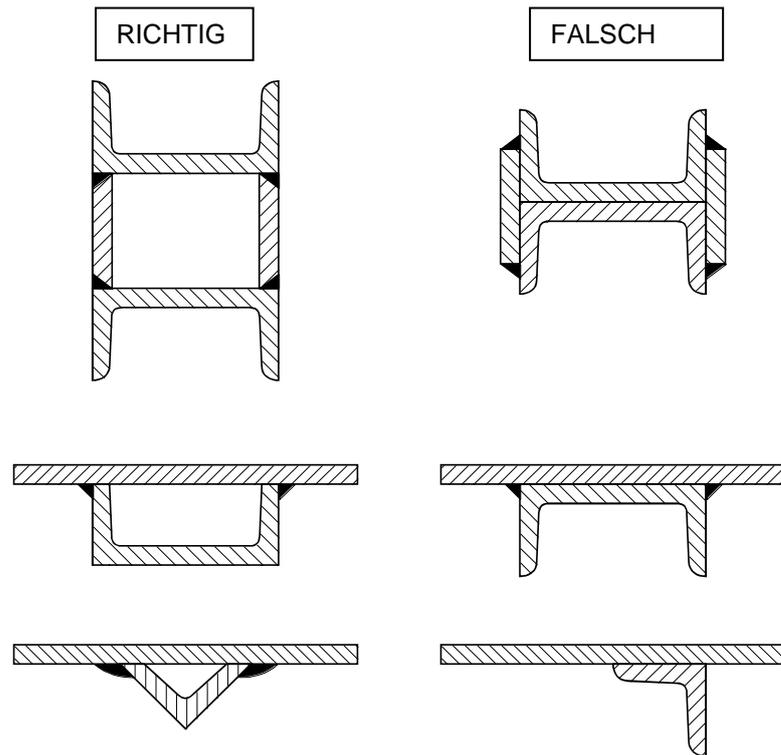


Bild 12: Richtige und falsche Verbindung von Profilen für das Feuerverzinken

Die Verbindungen dürfen nicht mit Nieten aus Farbmessmetallen **vernietet** werden.

**Weiche Lotverbindungen** können nicht verzinkt werden.

**Festlotverbindungen** müssen zuerst überprüft werden, sind aber im Allgemeinen für das Feuerverzinken nicht geeignet.

**Schraubverbindungen** (Mutter- und Schraubenverbindungen) müssen nach dem Verzinken erneut nachgeschnitten werden, deshalb ist es sinnvoller bereits vorher die Toleranz für die Dicke der Zinkauftragung (50—200 µm) zu berücksichtigen. Vor dem Verzinken ist auch ein vorheriger Schutz der Schrauben und Muttern mit einer besonderen Farbe oder einem Leinenband möglich. Das Schraubenmaterial ist nur für das Schleuderfeuerverzinkungsverfahren geeignet.

**Scharniere und sonstige Schiebeteile** (z. B. Rundrohre oder Profile in Profilen) sind vom Auftraggeber gesondert anzuliefern. Sie werden erst nach dem Verzinken zusammengesetzt. Bei der Konstruktion sind auch Toleranzen bezüglich der Dicke des Zinküberzuges zu berücksichtigen. Die Aufsteckteile der Scharniere (an derselben Konstruktion) mit einer einzigen Öffnung müssen in die gleiche Richtung weisen oder an beiden Seiten geöffnet sein. Falls Rohre in Rohre nachträglich gesteckt werden, muss dabei eine 3-mm Toleranz berücksichtigt werden, bei größeren Längen aber eine größere Toleranz.

Die minimale Lüftigkeit beim Aufstecken von Rohren beträgt 3 mm

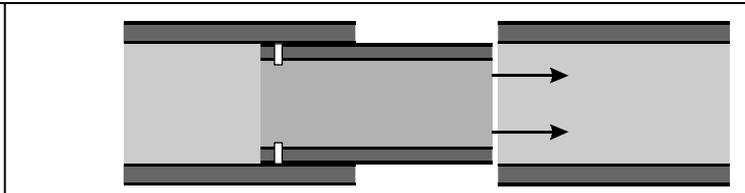


Bild 13: Vorgesehene Toleranz beim Aufstecken von Rohren + 3 mm

## 6 Kaltverformung und Schmieden

Das Blech darf auf der Oberfläche keine Riefen oder Kratzer aufweisen, die bei der Kaltverformung entstanden sein sollten. Diese Fehler sind nach der Verzinkung sehr ausgeprägt (Rauheit des Überzugs). Geschnittene Rohrränder sind abzufassen (ohne Reste von Gräten, Dreh- und Feilspänen). Durch die Kaltverformung nach dem Verzinken wird der Überzug beschädigt, besonders bei Elementen mit einer Wanddicke von über 1 mm, da diese einen dickeren Überzug mit schlechteren Biegeeigenschaften haben.

## 7 Thermische Deformationen

Beim Zusammenbau von Elementen und Konstruktionen treten im Material - in Prozessen des Walzens, Schweißens, Ebnen und der Kaltverformung - Spannungen auf. Unter Einwirkung von hoher Temperatur der Zinkschmelzmasse setzen sich diese Spannungen frei und die Konstruktionselemente werden verformt.

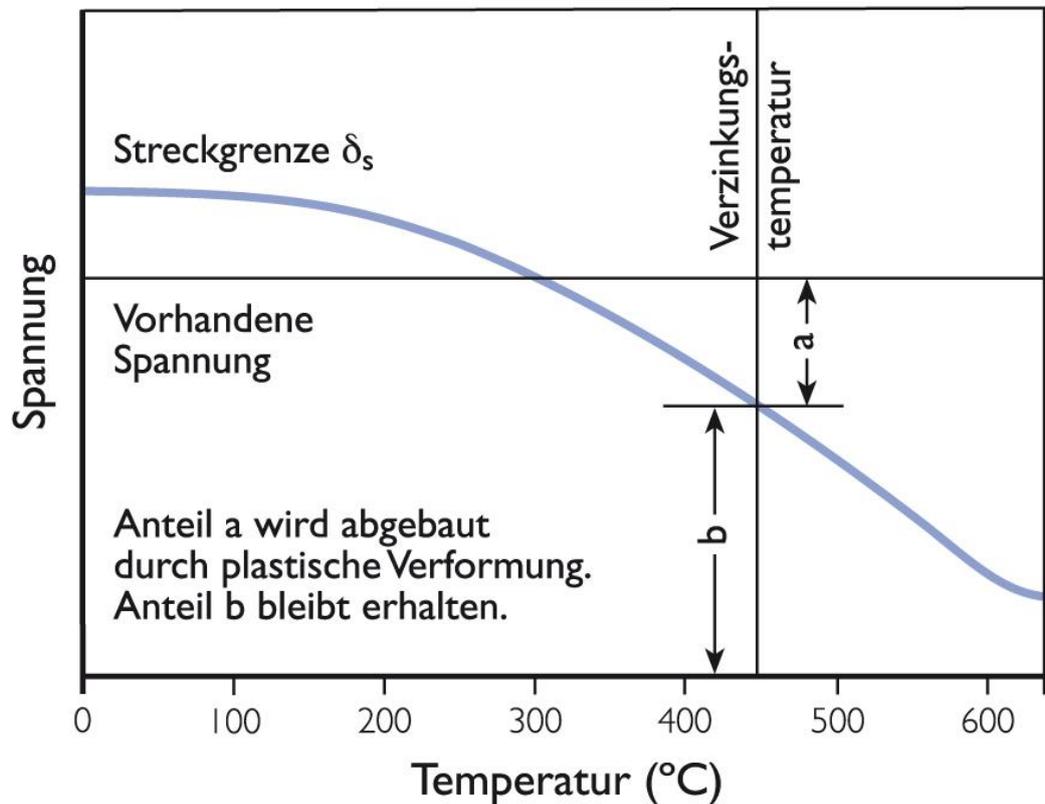


Diagramm 1 – Schematischer Verlauf der Plastizitätsgrenze von Stahl bei erhöhter Temperatur und der dabei anstehenden Verformung als Folge innerer Spannungen

Das Ausmaß der Verformungen ist abhängig von:

- der Größe der inneren Spannungen (Abb. B)
- der Wärmeaufnahme in Bezug auf die Position der Schwerlinie der Konstruktion

- dem Querschnitt: a) symmetrische oder asymmetrische Konstruktion  
b) offene (U- und T-Profile) oder geschlossene Konstruktion (Rohre).

Die innere Spannung vermindert sich beim Erhitzen um den Anteil a (eine plastische Verformung tritt auf), die innere Spannung in Größe von b bleibt jedoch weiterhin bestehen.

Die häufigsten Fälle der thermischen Verformungen treten auf bei:

- dünnen Blechen grösserer Abmessungen
- Konstruktionen mit geschweißten Blechen unterschiedlicher Dicke
- Gittern, die in Rahmen eingespannt sind oder einzeln sind
- längeren Rohren oder Profilen - Stangen

Verformungen können durch folgende Maßnahmen vermieden oder vermindert werden:

- Verschraubung anstatt Verschweißung
- Schweißen, wobei die Schweißnähte symmetrisch und möglichst dicht an der Schwerlinie liegen und nicht stärker als notwendig sind
- vorausgehendes Glühen - Nachlassen der Spannung im Material
- Vorspannen der Konstruktion
- Einsetzen von Verstärkungen, die aus demselben Material sind und eine möglichst gleiche Stärke haben
- kreuz- oder pyramidenförmige Eindrücke der Höhe von 20-30 mm und Blechbiegen - Bombieren
- Aufhängen von Konstruktionen an mehreren Punkten zur Vermeidung des Durchhanges (wenn die Ausführung der Konstruktion dies zulässt).

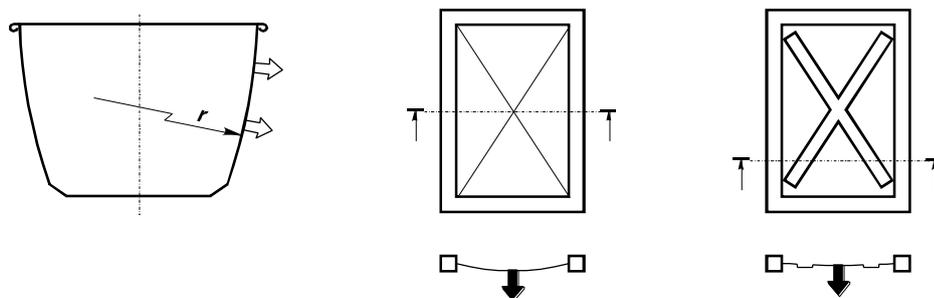


Abb. 15 – Methoden der Verminderung thermischer Verformungen durch Eindrücke

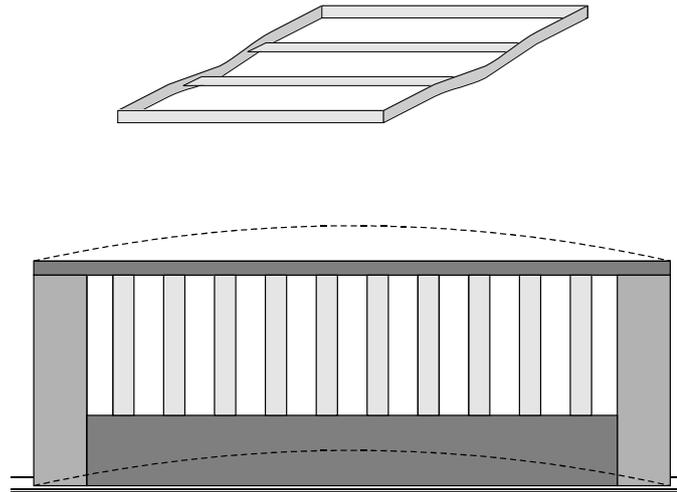


Abb. 16: Möglichkeiten der Deformierung längerer Elemente

## 8 Chemische Zusammensetzung des Stahls

Die chemische Zusammensetzung des Stahls hat einen entscheidenden Einfluß auf die Stärke, das Aussehen und die Qualität des Zinküberzuges. Den größten Einfluss haben Silizium (dickerem und dunklerem Überzuge) (Abb. 11) und Phosphor (rauhe Überzüge).

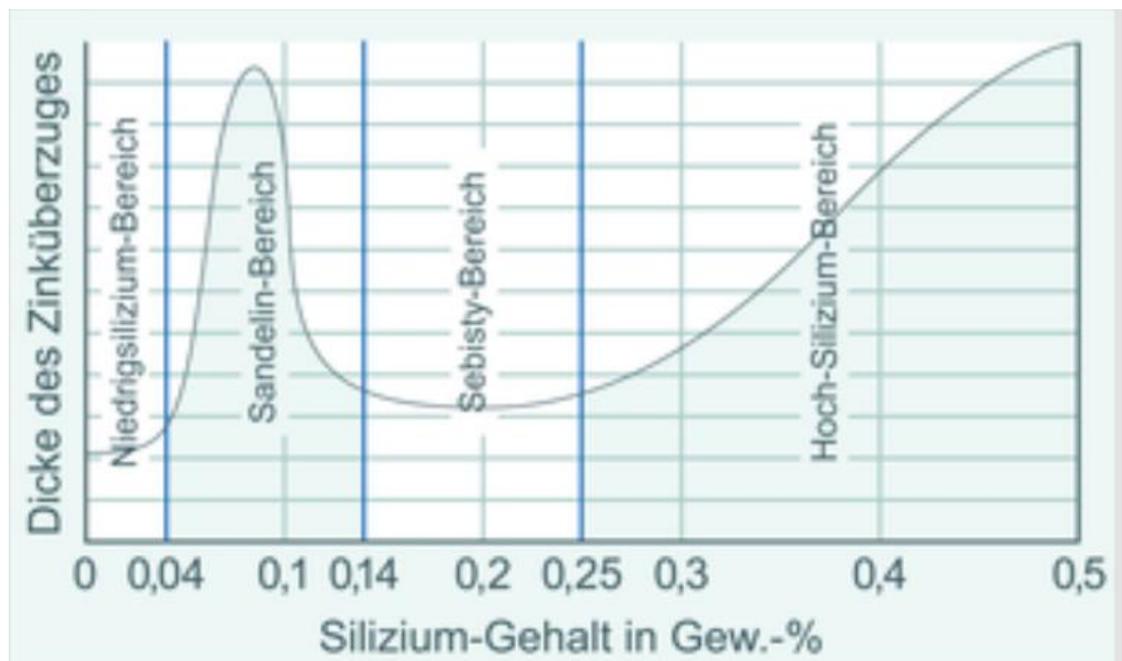


Diagramm 2 – Abhängigkeit der Auftragsmasse vom Siliziumanteil im Stahl – Sandelin Kurve

Kategorie	Typische Gehalte reaktiver Elemente	Zusätzliche Angaben	Typische Überzugseigenschaften
A	$\leq 0,04\% \text{ Si}$ und $< 0,02\% \text{ P}$	Siehe Anmerkung 1	Überzug hat ein glänzendes Aussehen mit feiner Textur.
B	$0,14\% \text{ bis } 0,25\% \text{ Si}$	Die Fe-Zn-Legierung kann bis zur Oberfläche des Überzugs reichen. Die Überzugsdicke erhöht sich mit zunehmendem Siliziumgehalt. Andere Elemente können ebenfalls die Reaktivität des Stahls beeinflussen. Besonders Phosphorgehalte über $0,035\%$ führen zu erhöhter Reaktivität.	Das Überzugsgefüge enthält eine äußere Reinzinkschicht.
C	$> 0,04\% \text{ bis } \leq 0,14\% \text{ Si}$	Es können sich sehr dicke Überzüge bilden.	Der Überzug hat ein dunkleres Aussehen mit einer größeren Textur.
D	$> 0,25\% \text{ bis } < 0,35\% \text{ Si}$	Die Überzugsdicke nimmt mit zunehmendem Siliziumgehalt zu.	Im Überzugsgefüge dominieren Eisen-Zink-Legierungsschichten, die häufig bis zur Oberfläche reichen; die Beständigkeit gegen Beschädigungen bei der Handhabung ist verringert.

ANMERKUNG 1 Es wird erwartet, dass Stähle mit Zusammensetzungen, die der Gleichung  $\text{Si} + 2,5 \text{ P} \leq 0,09\%$  entsprechen, ebenfalls diese Eigenschaften aufweisen. Bei kaltgewalzten Stählen wird davon ausgegangen, dass diese Eigenschaften vorhanden sind, wenn für die Stahlzusammensetzung die Gleichung  $\text{Si} + 2,5 \text{ P} \leq 0,04\%$  erfüllt ist.

ANMERKUNG 2 Das Vorhandensein von Legierungselementen (z. B. Nickel) in der Zinkschmelze kann einen signifikanten Einfluss auf in dieser Tabelle angegebene Eigenschaften des Überzugs haben. Diese Tabelle enthält keine Informationen für das Hochtemperatur-Feuerverzinken (z. B. Eintauchen in geschmolzenem Zink bei  $530\text{ °C}$  bis  $560\text{ °C}$ ).

ANMERKUNG 3 Die Angaben in dieser Tabelle zu den Stahlzusammensetzungen ändern sich, wenn andere Einflussfaktoren wirksam werden, und die Grenzwerte für die Bereiche sich dementsprechend verändern.

Tabelle 3: Stahlkategorien nach EN ISO 14713-2, Tabelle 1)

Höhere Konzentrationen von Aluminium bei Al-Stählen verursachen viele kleine nicht-verzinkte Stellen, durchschnittlich bis 5 mm. Die chemische Zusammensetzung von Aluminium darf nicht 0,030% überschritten werden.

Da der Standard EN ISO 1461 bei den Stählen dicker als 3 mm fördert grössere Zinkschichten, muss der Stahl ein bisschen mehr reaktiv sein, und zwar von Kategorie B (Gehalt an Silizium von 0,14% bis 0,25%, Phosphor bis 0,03%). In anderem Fall wird die geforderte Schichtdicke nicht gewonnen.

Problematisch sind auch feste und feinkörnige Konstruktionsstähle. Das Brechen von Stahl ist die Folge der Wasserstoffaufnahme beim Laugungsverfahren. Die Stahlhärte darf die Markierungen 34 HRC, 340 HV oder 325 HB nicht überschreiten.

## 9 Zustand der Stahloberfläche

Der Stahl darf folgende Fehler nicht aufweisen:

- Zweilagigkeit
- Einwalzung, die in Form von Langstreifen sichtbar ist
- Zündereinwalzung
- Einwalzung von unreiner Emulsion und Unreinigkeiten (Oxide)

Die Stahloberfläche eignet sich am meisten, wenn sie eine helle Metallmattfarbe aufweist. Eine sehr glatte Oberfläche, die z. B. poliert ist, verursacht dickere Überzüge. Die Fehler zeigen sich nach der Verzinkung

in Form von unebenem Überzug (ungleichmäßig gelaugte Oberfläche), starker parallel und örtlich begrenzter Rauheit (Pünckchten), grauem Aussehen und sogar durch intensives Abplatzen des Zinküberzuges.

**10 Farbmalle und Güsse**

Farbmalle werden nicht verzinkt.

Güsse müssen vor dem Verzinken sandgestrahlt werden, um von den Oberflächen Oxid, Sand, Unreinheiten und Grafit zu entfernen. Graugüsse mit 1,7–4,5 % Kohlenstoff verzinkt man sehr schwierig, weil beim Laugen der Kohlenstoff in der Salzsäure an die Oberfläche diffundiert und somit die Haftung des Zinküberzuges verhindert. Bei Güssen besteht die Möglichkeit, dass sie nach der Verzinkung brechen.

**11 Überzugsstärke**

Die Überzugsstärke muss dem Standard SIST EN ISO 1461 entsprechen.

Tabelle2: Die Stärke des Zinküberzuges an Stücke, die nicht zentrifugiert sind

Stücke und deren Wanddicke	Örtliche Dicke (µm) (Mindestwert)(a)	Durchschnittsdicke (µm) (Mindestwert) (b)
Stahl > 6 mm	70	85
Stahl > 3 mm bis ≤ 6mm	55	70
Stahl ≥ 1,5 mm bis ≤ 3mm	45	55
Stahl < 1,5 mm	35	45
Guß ≥ 6 mm	70	80
Guß < 6 mm	60	70

**12 Korrektur von unverzinkte Stellen**

Die gesamte auszubessernde nicht verzinkte Oberfläche darf höchstens 0,5 % der Gesamtoberfläche eines Bauteils betragen. Eine einzelne nicht verzinkte Stelle kann maximal die Größe von 10 cm<sup>2</sup> haben.

**13 Weißrost**

Ist Folge der Bildung von Zinkhydroxid auf frisch verzinkten Elementen, und zwar auf Flächen, zu welchen ein Zufluß von Kohlenstoffdioxid in Anwesenheit von Kondensat (Feuchtigkeit) ermöglicht wurde. Weißrost ist kein Reklamationsgrund.

**14 Palettieren und Transport**

Die zur Verzinkung angelieferten Elemente müssen richtig palettiert sein, und zwar so, daß beim externen und internen Transport keine mechanischen oder chemischen Schäden an Konstruktionen oder Zinküberzügen auftreten können. Metallpaletten müssen oberflächengeschützt sein. Die Palettierung muß den Transport der Elemente in die Verzinkerei mit Paletten ermöglichen, ohne dass ein vorheriges Umverladen der Elemente oder deren Transport in die bzw. aus der Verzinkerei notwendig wäre, ohne direkten Kontakt mit dem Transportmittel.