

# RICHTLINIE zum Stückverzinken von Stahlbauteilen



ARBEITSGEMEINSCHAFT  
Oberflächentechnik

ÖSTERREICHISCHER  
STAHLBAUVERBAND 

The logo of the Österreichischer Stahlbauverband features a stylized white graphic element resembling a leaf or a flame on the right side.

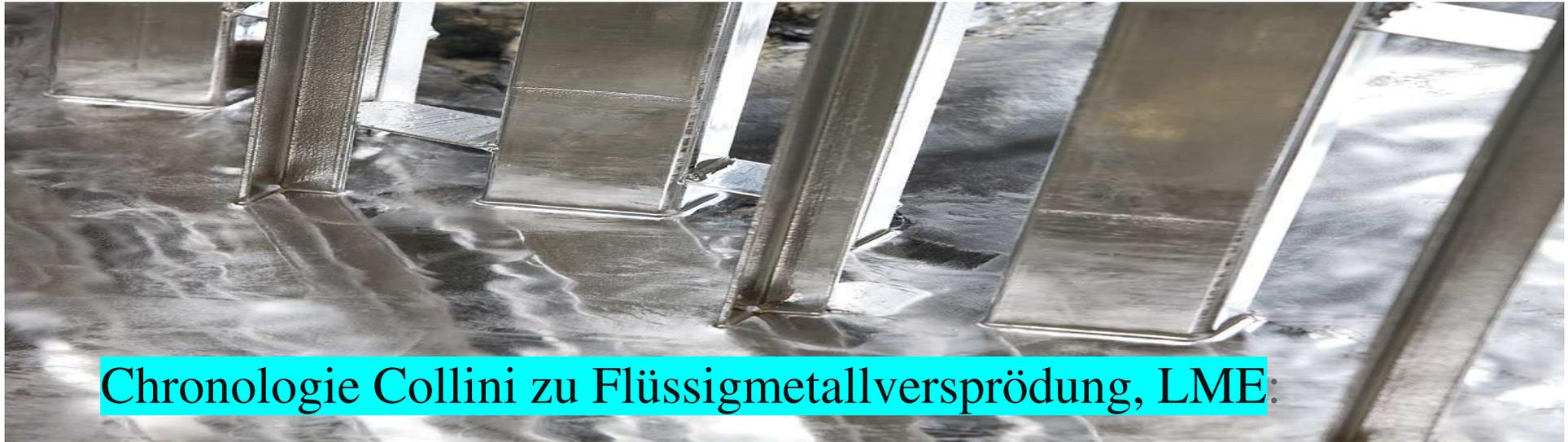
*2. Ausgabe, Jänner 2020*

## „RL – 2007 Erstellung und Hintergrund“

Ablauf Präsentation:

- Flüssigmetallversprödung - Geschichte Collini
- Flüssigmetallversprödung – History Doppelmayr
- Film Zinkbad Explosion
- Überarbeitung, Anpassung RL 2018-19
- Aktualisierung RL - Formatierung, Bilder, Texte etc.
- Fragen, Diskussion

Die Richtlinie kann unterstützen, aber eine persönliche, direkte Besprechung, Beratung und Kommunikation unter allen Beteiligten nicht ersetzen!



## Chronologie Collini zu Flüssigmetallversprödung, LME:

- Frühjahr 2000      Entdeckung Risse an geschweißten Kastenprofilen der Fa. Doppelmayr
- 2000 -2002      Federführend - DM intensive Untersuchungen, Analysen und Ursachenforschung zu LME
- 2001              Erstellung Doppelmayr Richtlinie, mit Grenzwerten vor allem für Zinn, Blei, Wismut
- 2006-            Vorkommnisse WM D, Stadion Kaiserslautern, Schreiben Stahlbauverband, div. Meetings Doppelmayr mit Prof. Markus Feldmann, Thomas Pinger, Untersuchungen RWTH Uni Aachen
- 2007-            VZVÖ, StbVÖ Mitarbeit zur Erstellung einer Richtlinie
- 2017            Überarbeitung RL - VS Johannes Collini, Mitarbeit OB

## „RL – 2007 Erstellung und Hintergrund“

Diese Richtlinie wurde vom **Österreichischen Stahlbauverband** und der **Berufsgruppe Feuerverzinker** unter der Mitarbeit von **Walter Siokola Zeman & Co GmbH (Vorsitz)**, **Georges Axmann ArcelorMittal Commercial Sections S.A.**, **Otmar Burtscher Collini Holding AG**, **Thomas Dorner Alu König Stahl GmbH**, **Karl Felbermayer ÖSTV**, **Heinz Gackenheimer Sachverständiger**, **Harald Germ Doppelmayr Seilbahnen GmbH**, **Harald Kohlbauer Peneder Stahl GmbH**, **Günther Kompek voestalpine Krems Finaltechnik GmbH**, **Martin Kopf Zinkpower Brunn GmbH**, **Johann Riedler Peneder Stahl GmbH**, **Meinhard Roller Ziv.-Ing. f. Bauwesen**, **Ferdinand Roth Haslinger Stahlbau GmbH**, **Lucien Weber ArcelorMittal Commercial Sections S.A.**, **Markus Winkler Doppelmayr Seilbahnen GmbH**, **Ulrike Witz Berufsgruppe Feuerverzinker** erstellt.

Überarbeitung (2. Auflage) durch den **Österreichischen Stahlbauverband** und der **Berufsgruppe Feuerverzinker** **Stefan Kobor (Akzo Nobel Coatings GmbH)**, **Otmar Burtscher (Collini Holding AG)** und **Markus Winkler (Doppelmayr Seilbahnen GmbH)**.

## „RL – 2007 Erstellung und Hintergrund“

Dieser Situation Rechnung tragend haben der Österreichische Stahlbauverband und die Berufsgruppe Feuerverzinker eine gemeinsame Expertengruppe installiert mit dem Ziel, die vorliegende Richtlinie zu erarbeiten, die den Planern, Stahlbauern und Feuerverzinkern eine Hilfe und Anleitung dafür gibt, auch in Zukunft das sichere und wirtschaftliche Stückverzinken von Stahlbauteilen auf Basis des neuesten und gesicherten Standes der Wissenschaft und Technik zu bewerkstelligen und deren Verantwortungsbereiche zu definieren und abzugrenzen.

Dabei konnten naturgemäß – insbesondere hinsichtlich der konstruktiven Regeln und der Regeln für die Verarbeitung – nicht alle Arten von Stahlkonstruktionen im Detail behandelt werden. Daher stand bei der Ausarbeitung dieser Richtlinien im Vordergrund, die für den Prozess des Stückverzinkens grundsätzlich relevanten Faktoren aufzuzeigen und bei allen Beteiligten (Stahllieferant – Planer – Hersteller der Stahlkonstruktion – Feuerverzinker) ein entsprechendes Verständnis und Problembewusstsein zu schaffen.

Richtlinie ..... als Hilfe und Anleitung....  
Es ist eine RICHTLINIE!

## „RL – 2007 Erstellung und Hintergrund“

### Vorwort

Das Verzinken ist eine seit langem bewährte und wirtschaftlich effiziente Möglichkeit zur Herstellung eines langlebigen und wartungsarmen Korrosionsschutzes von Stahlbauteilen.

In den vergangenen Jahren kam es aber zu einigen Schadensfällen beim bzw. nach dem Verzinken der Konstruktionsteile. In vielen Fällen lag die Ursache darin, dass schlichtweg lang bekannte und bewährte Konstruktionsregeln missachtet wurden.

In etlichen Fällen stellte sich jedoch ein überaus komplexes Zusammenwirken von ungünstigen Parametern aus

- **Badzusammensetzung und Prozessführung beim Feuerverzinken**
- **konstruktiven Lösungen**
- **fertigungsbedingten Materialaufhärtungen, Spannungen und**
- **Werkstoffauswahl**

als Schadensursache heraus.

## „RL – Hintergrund und Entstehung“



## „RL: Hintergründe & Entstehung“

- Auslöser: Situation Stadion Kaiserslautern 2005/2006 (*WM06*)

### RP-Online (*Nov./Dez. 2005*)

"Die Risse sehen aus wie feine Haarrisse in einem Porzellanteller", sagte Ramm. Sie seien bei der Verzinkung der Stahlkonstruktion entstanden, ein Phänomen, das immer wieder einmal im Stahlbau auftrete."

*(Prüfingenieur für Baustatik, Wieland Ramm)*



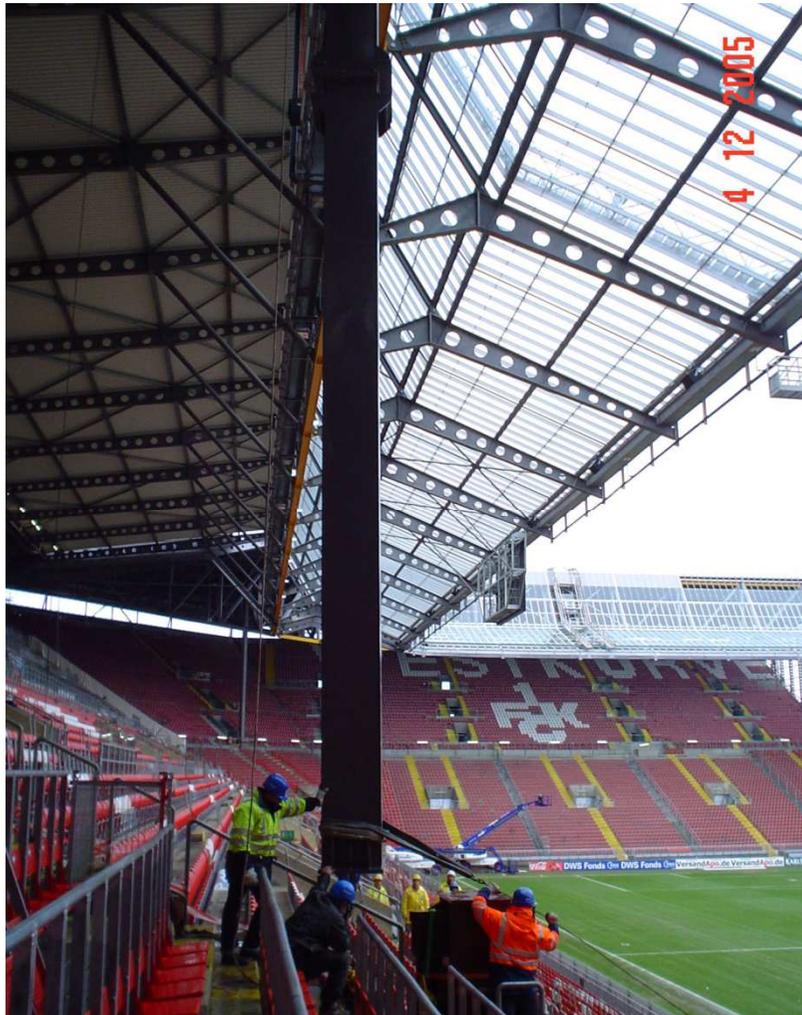
## „RL: Hintergründe & Entstehung“



Risse teilweise auch visuell erkennbar!!

01.12.2005

## „RL: Hintergründe & Entstehung“



## Situation „Kaiserslautern“:

- Hunderte Risse – Sanierung (€!!!)!
- Berechnungen:  
*Standsicherheitsgefährdung!*
- FVZ: Sn/Zinn ( $\approx 1\%$ )!!!
- Politikum!
- Gerichtsverfahren!
- DIBt: MT-Prüfung 120 Großprojekte!
- Untersuchungen /  
Forschungsprojekte!
- ...
- „Basis“ für DASt-Richtlinie 022  
*(Feuerverzinken von tragenden Bauteilen)*

## „RL: Hintergründe & Entstehung“

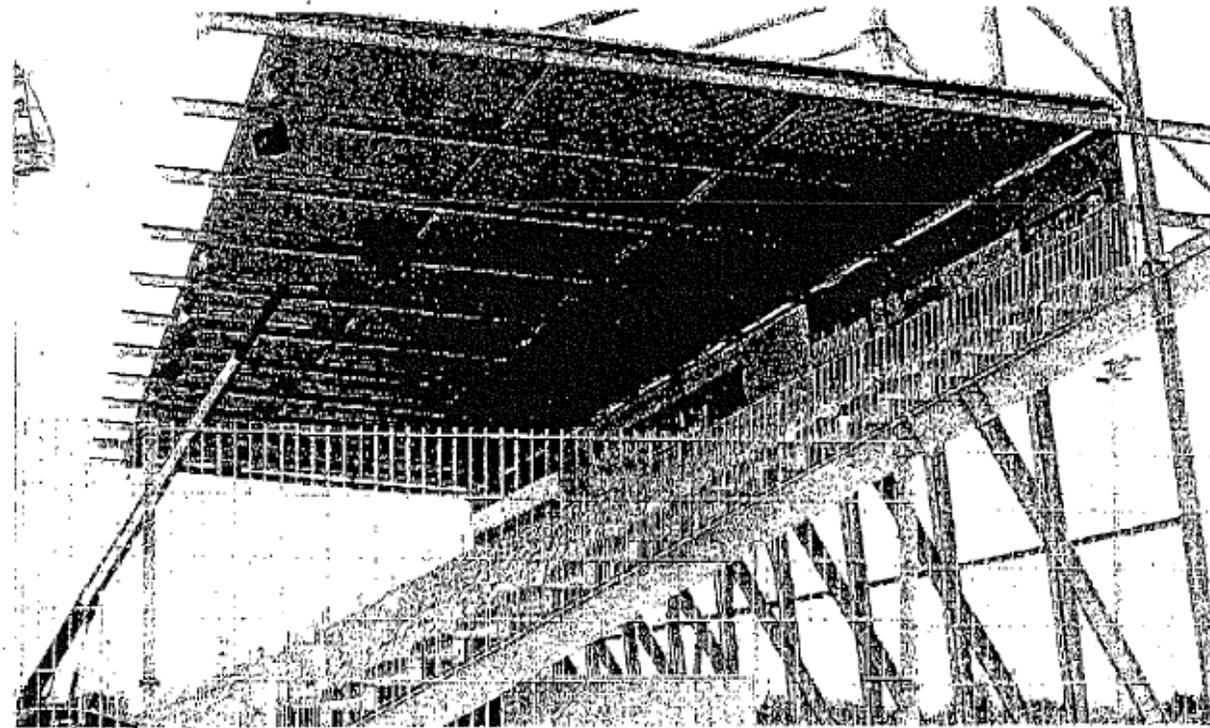
# Risse im Hockey-Stadion

Gutachter haben Risse in den **Stahlträgern** der Tribüne am Hockey-Park festgestellt. Auslöser ist der Zinnanteil, der schon in anderen Stadien zu Problemen führte. Nächste Woche sollen die Stellen **ausgebessert** werden.

VON MICHAEL BRÜCKER  
UND O.E. SCHÜTZ

Bei einer Überprüfung der Tribünenkonstruktion am Hockey-Stadion haben Gutachter Risse in der Zinkung der Stahlträger entdeckt. „Das Problem ist am Dienstag aufgetreten. Am Mittwoch haben wir bereits Gutachter vor Ort gehabt“, sagt Manfred Nieland, Geschäftsführer der Entwicklungsgesellschaft (EWMG), Bauherr des Hockey-Stadions. Professor Markus Feldmann, Experte für Stahlbau an der RWTH Aachen, habe aber schon am Mittwoch „vorsichtige Entwarnung“ geben können.

Die Ursache: Beim Bau der Träger wird zu einem kleinen Teil Zinn beigemischt, der zu den Rissbildungen führen kann. „Die Risse sind aber nicht an neuralgischen Punkten aufgetreten, so dass die Tribüne nie Einsturz gefährdet war“, erklärte Manfred Langen, Geschäftsführer von Langen Massivhaus und Generalunternehmer beim Bau des Stadions. Man werde in der nächsten Woche die entsprechenden Stellen



Kleine Zinnanteile in den feuerverzinkten **Stahlträgern** am Hockey-Stadion haben gestern Gutachter auf den Plan gerufen. Doch die gaben vorerst **Entwarnung**. Die Tribüne ist nicht Einsturz gefährdet. FOTO: ILLNER

## „RL: Hintergründe & Entstehung“

**DEUTS**

**Rote**

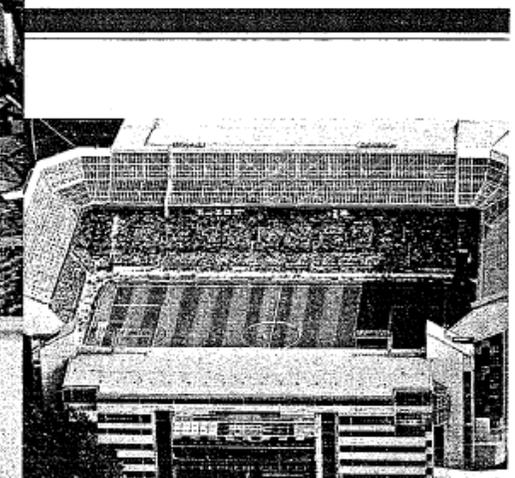
Wegen S  
wurde da  
dion End

- **Teure Sa**  
Das scha  
Osttribün  
Beginn d  
Millionen
- **Klärung**  
Die Risse  
zinken e  
Die Firma  
damals g

B

So ganz unbekannt war der schädliche Einfluss größerer Zinnbeigaben nicht. Im Jahr 2000 stellte die österreichische Seilbahnfirma Doppelmayr an Skilift-Stützen Risse fest. Sie fanden sich an weltweit 22 Anlagen, eine davon in Deutschland. Als mögliche Ursache machte Doppelmayr „Probleme bei den Zinkschmelzen“ aus – und wies seine Zulieferer an, nur noch „unbedenkliche Mischungen“ zu verwenden.

**Warum der Warnruf** hierzulande verhalte, wie es zu dem Malheur im Fritz-Walter-Stadion kommen konnte und wer es verantwortet – diesen Fragen geht derzeit das Landgericht Kaiserslautern nach. Bis Jahresende soll das Beweissicherungsverfahren abgeschlossen sein. Die Wiederholungsgefahr scheint indes gebannt: Seit 2005 gelten in Deutschland minimale Richtwerte für Zinn, Blei und Wismut in Zinkschmelzen. ■



**ALARM AUF DEM „BETZE“** Das Fritz-Walter-Stadion auf dem Betzenberg, Heimstätte des 1. FC Kaiserslautern

rslautern

**leben“**

is adiondach von Kaiserslautern  
ac roden Stahlträgern

FOCUS-Bericht - September 2006 (*Verfälschter Bericht!!!*)

„RL zum Stückverzinken von Stahlbauteilen“

## ÖStV-“Brief“ im November 2006 (*Österreichischer Stahlbauverband*)

**Sehr geehrte Damen und Herren,  
Liebe Mitglieder des ÖStV!**

In vergangener Zeit kam es wiederholt zu schweren Schäden (*Rissen*) an feuerverzinkten Stahlkonstruktionen. Scheinbar führen bestimmte Konstellationen von Zinkbadzusammensetzung, Beizung und Materialqualitäten der eingesetzten Baustähle zu Rissbildungen.

Trotz umfassender Recherchen ist es dem ÖStV - ebenso wie anderen Stahlbauverbänden in Europa - nicht gelungen, eindeutige und stichhaltige Erklärungen zu erhalten, welche die erwähnten Schäden zukünftig sicher verhindern können.

**Der Österreichische Stahlbauverband empfiehlt daher bis auf weiteres, keine Aufträge mit feuerverzinkten Konstruktionen anzunehmen!**

## „RL: Hintergründe & Entstehung“

Unterlagen über den aktuellen Stand der Diskussionen sowie Verfahrensanweisungen, unter deren Berücksichtigung eine Verzinkung möglichst mängelfrei ausgeführt werden kann, werden wir in Kürze im Mitgliederbereich unserer Homepage ([www.stahlbauverband.at](http://www.stahlbauverband.at)) deponieren. **Dies sollte eine Unterstützung für jene Fälle sein, in welchen eine Verzinkung unumgänglich ist.**

Wir werden darüber hinaus kurzfristig ein Expertenteam einberufen, um möglichst rasch eine endgültige Klärung dieser unerfreulichen Situation herbeizuführen. Selbstverständlich halten wir sie über aktuelle Ergebnisse gerne auf dem Laufenden.

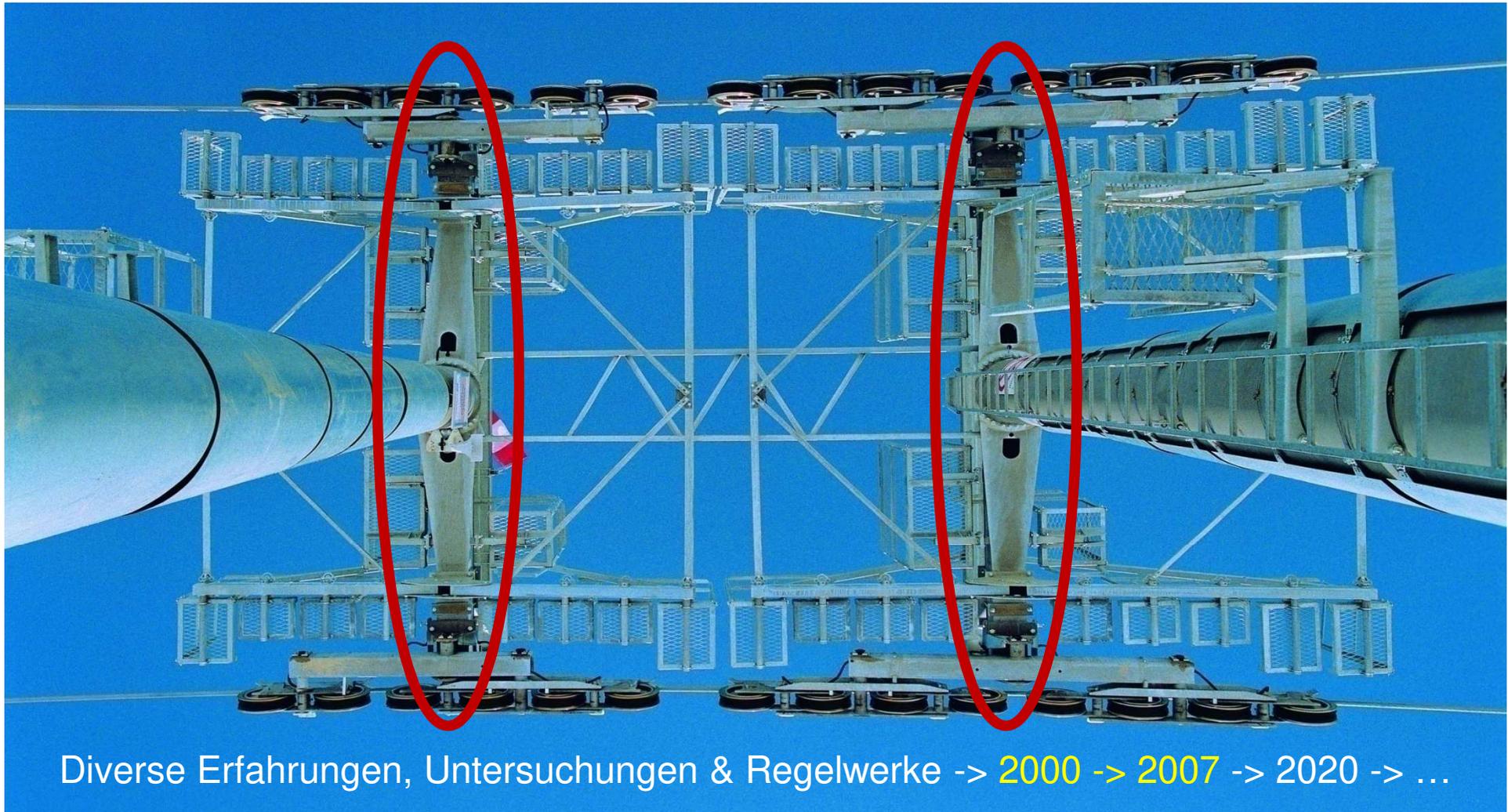
Mit freundlichen Grüßen  
ÖSTERREICHISCHER STAHLBAUVERBAND  
Ing. Mag. Peter Zeman e.h. (*Präsident*)

## „RL: Hintergründe & Entstehung“

### Weg zur Richtlinie:

- > 7.11.2006 – Vorstandssitzung ÖStV mit dieser Thematik
- > Beschluss für Expertengruppe mit 1. Sitzung in Wien am 5.12.2006
- > Expertengruppe:
  - Hr. Dr. Siokola (*Fa. Zeman*), Bmst. Ing. Hirsch (*Fa. Doubrava*), Ing. Lechner (*Fa. Haslinger*), Dr. Berr (*Fa. Schmidtstahl*), Hr. Dorner (*Fa. Alu König Stahl*), Hr. Weber (*Fa. AcelorMittal*), Dr. Deitzer (*Rechtsanwalt*), Dipl.-Bw Kopf (*Fa. Brunner Verzinkerei bzw. Zinkpower*), Fr. Dr. Witz (*Arge Oberflächentechnik*), Ing. Karl Felbermayer (*ÖSTV*), Hr. Burtscher (*Fa. Collini*), Dipl.-Ing. Winkler (*Fa. Doppelmayr*)
- > 2. Sitzung in Wien am 25. Jänner 2007
- > Entscheidung für eine AT-Richtlinie betreffend „Stückverzinken“ unter der Leitung von Hrn. Dr. Siokola als Vorsitzender des Technischen Ausschusses des ÖSTV
- > Mehrere gemeinsame Sitzungen in Wien (*gute Zusammenarbeit & Klima*)
- > ...

## „RL: Hintergründe & Entstehung“



„RL: Hintergründe & Entstehung“

## Schadensphänomen „Metallinduzierte Spannungsrisskorrosion“

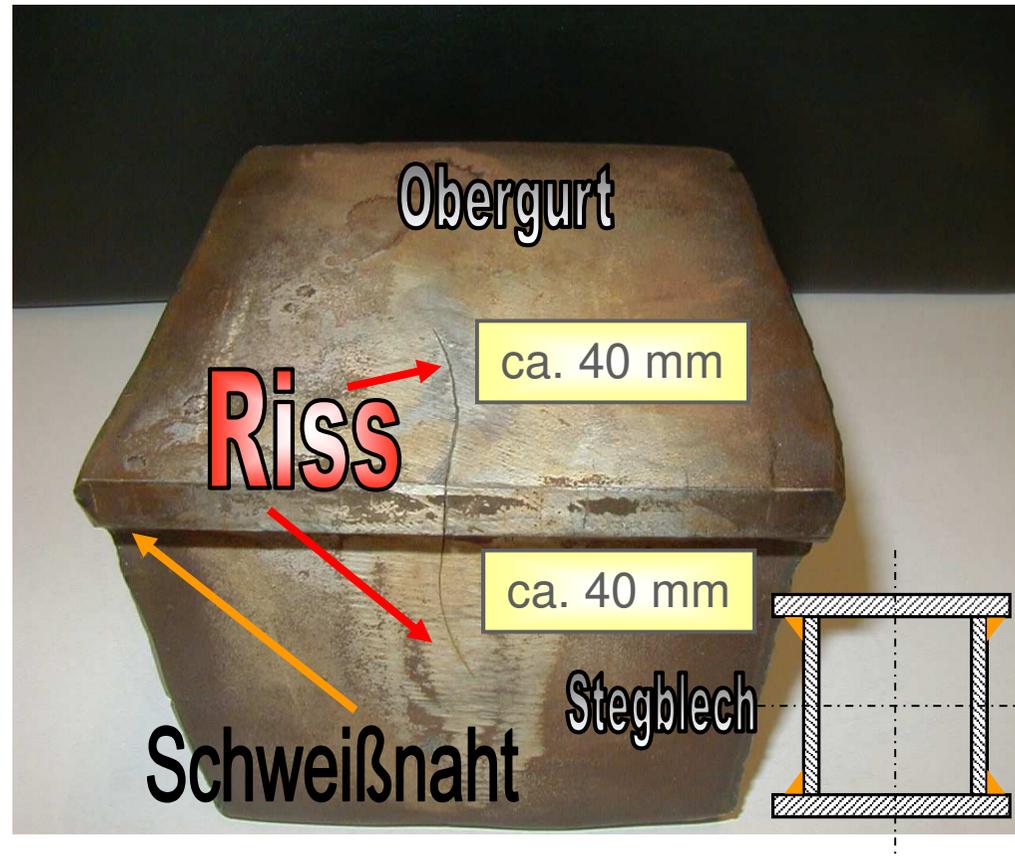
(Flüssigmetallversprödung, Lötbrüchigkeit, LME, LMAC,...)



2000

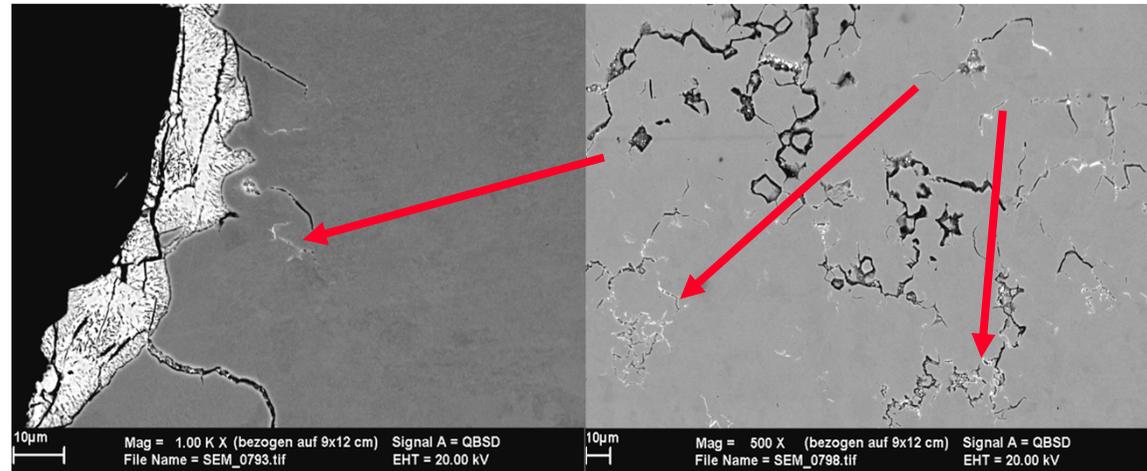
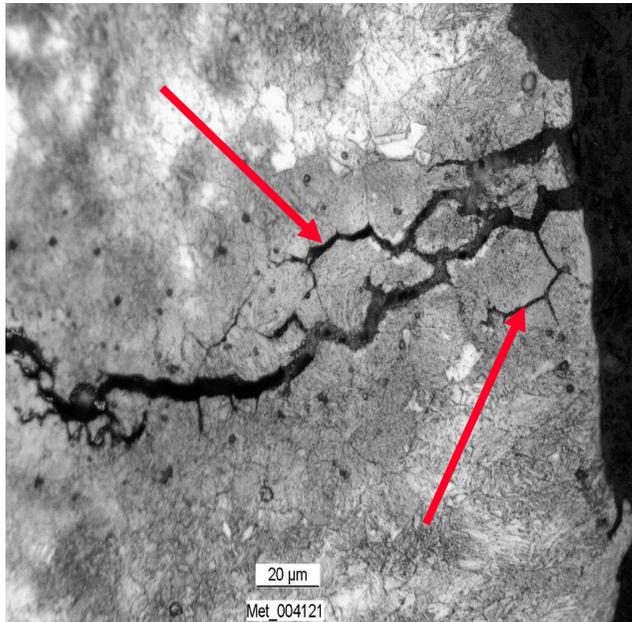
Risse bei verzinkten  
Bauteilen

„NICHT“ ersichtlich!!!

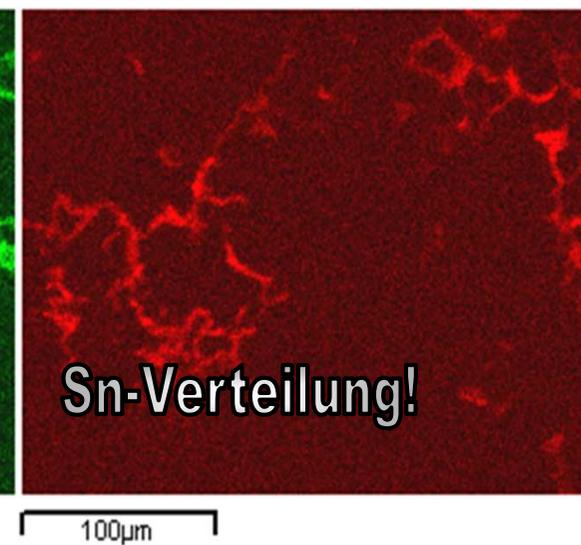
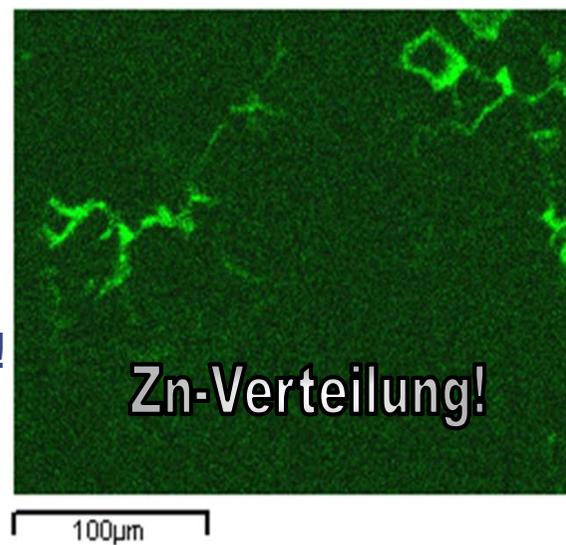


... ??? Sofortiger Handlungsbedarf? Einzelfall? Wie viele Joche sind betroffen? Alle Joche austauschen (inkl. Produktion)? ...

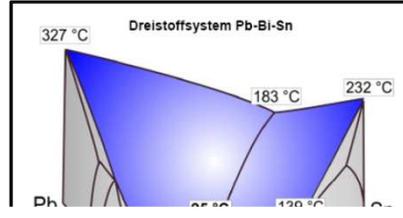
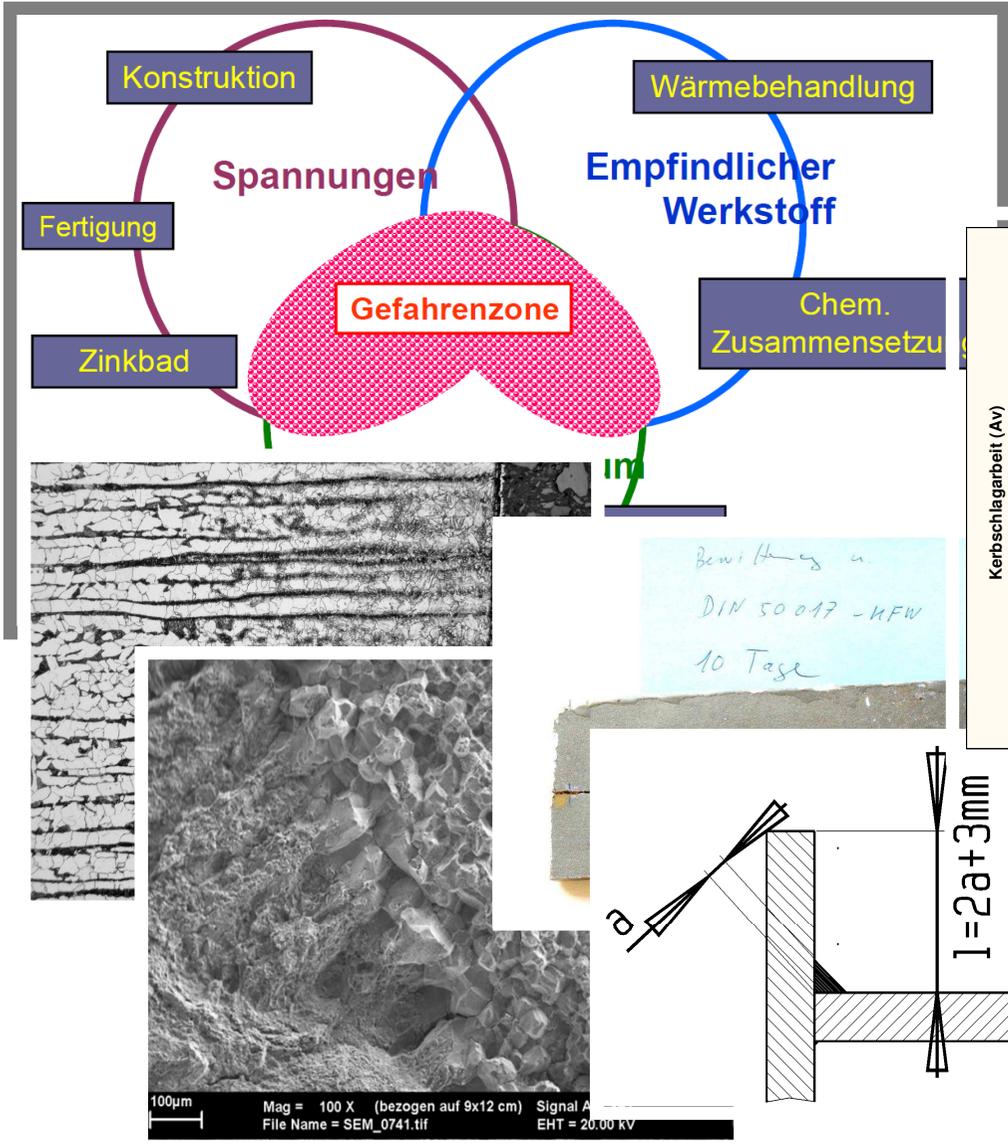
## „RL: Hintergründe & Entstehung“



Interkristallines Neben-  
Rissssystem neben dem  
makroskopisch sichtbarem Riss!



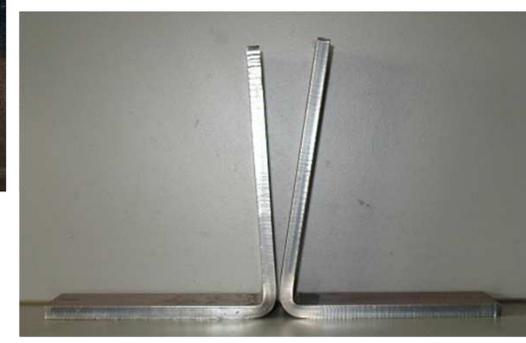
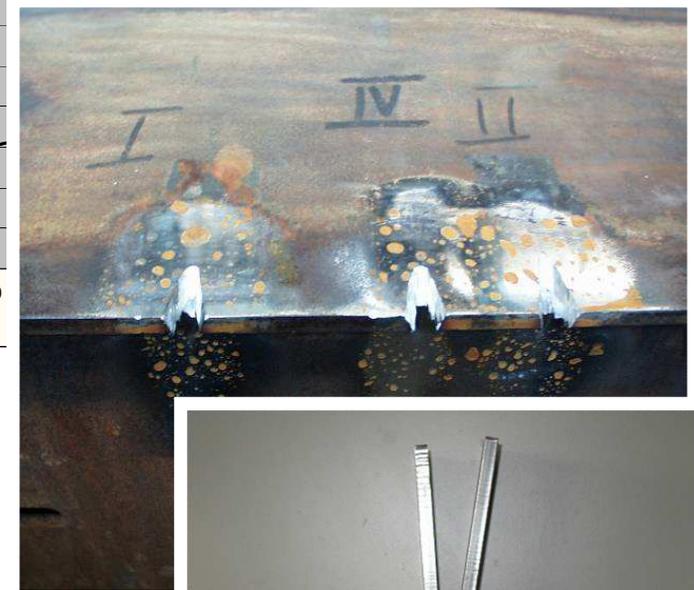
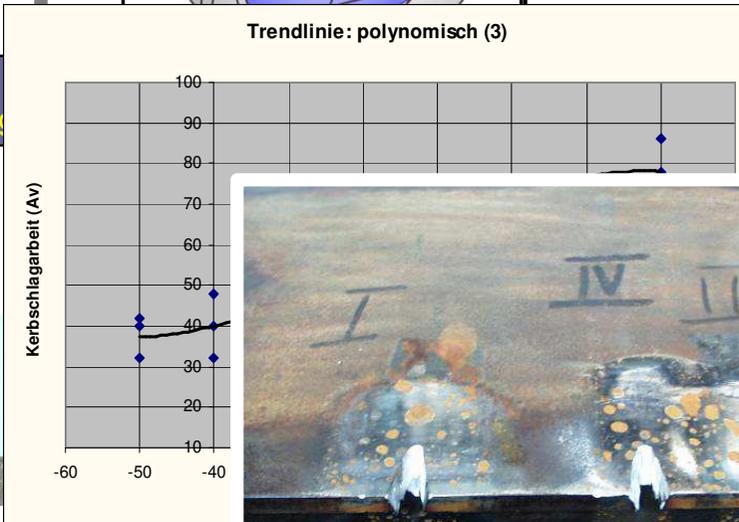
# „RL: Hintergründe & Entstehung“



Melting-Point	
Pb	327 °C
Bi	271 °C
Sn	232 °C

Binary-Eutectics	
Pb-Bi	183 °C
Pb-Sn	139 °C
Bi-Sn	139 °C



## „RL: Hintergründe & Entstehung“



3 Dauerschwellversuche (*DVS*) über 2 Jahre  
mit realen und erhöhten Belastungen!

„RL: Hintergründe & Entstehung“

## Optimierungen vor FVZ:

- Thermisches Trennen
- **Schweißfolge**
- Kommunikation / Information / **Schulung**
- **Spezifikationen**
- Informationen an Mitarbeitern (*Technik, Logistik,...*)
- **Richtlinien (Konstruktion)**
- Kontakt / Erfahrungsaustausch & verstärkte Zusammenarbeit mit FVZ-Betrieben
- **„Stand der Technik“**
- ...



„RL: Hintergründe & Entstehung“

## Zuordnung: 1205 Kastenprofile/Joche! (eine Produktionslinie)

- Verzinkerei A & B mit einer Verteilung etwa 60:40!
- Eindeutige Zuordnung bei ca. 250 K-Profilen ( $\approx 1/5$ )!
- A  $\rightarrow$  ca. 50 Stk. (*größtenteils rissbehaftet mit Rissen im cm-Bereich*)!
- B  $\rightarrow$  ca. 200 Stk. (*1 Kastenprofil mit Rissanzeige unter 1cm*)!

### - Vergleich Badanalysen:

- Verzinkerei A: **Pb:**  $\approx 0,95\%$  **Sn:**  $\approx \underline{0,29}$
- Verzinkerei B: **Pb:**  $\approx 0,77\%$  **Sn:**  $\approx 0,0035\%$

## „RL: Hintergründe & Entstehung“



Prozess:

„Werkstoff-Konstruktion-Fertigung-Feuerverzinken“

„RL: Hintergründe & Entstehung“

## Notwendigkeit der Doppelmayr-Spezifikation VF0001:

*(Untersuchungsergebnisse, Vergleiche, Erfahrungen, notwendige Sicherheit, Zusammenarbeit inklusive Versuche mit der Fa. Collini und der Fa. Galvaswiss,...)*

- Einführung Mitte **2001** auf Grund der „Joch-Thematik“
- „Schwammige“ DIN EN ISO 1461
- ~~Ärgern der Verzinker~~
- Erhöhung der Sicherheit unserer Bauteile (*Risse, Verzug,...*)
- Optik
- Handling & Rückverfolgbarkeit
- Q-Gedanke
- ...

**Collini**

GALVA  SWISS

„RL: Hintergründe & Entstehung“

**Doppelmayr-Spezifikation – „VF0001“:**

- Vorbehandlung (*Beizen (Wasserstoff),...*)
- Zinkbad - Chemische Zusammensetzung  
**Sn (0,05%) Pb (0,8%) Bi (0,1%)**  
*(DStV-2005: Sn + Pb ≤ 1,3 & Bi ≤ 0,1↓)*  
*(+ DIBt-2006: 0,3 – 0,9 – 0,1)*  
*(15.10.07: 0,1 - ... (DAST-022))*

**!Badanalyse ≠ Badanalyse!**

- Nasschemische Mess-Methode (*1/2 a*)!
- Keine Doppeltauchungen!
- Ausbesserungen!
- Untervergaben!
- ...



Hauptprozess: **Realisierung**  
 Teilprozess: **Beschaffung**  
 Subprozess: **Zugelassene Feuerverzinker**

Dokument-Nr.: **330PB017** | Erstellt: WIM | Datum: 31.01.2014 | Seite: 1/11  
 Freigegeben: KAZUE | Ersatz f. Ausgabe: 31.08.2012 | Rev.: 008

**Ziel und Zweck**  
 Ziel und Zweck dieses Prozesses ist es, Feuerverzinkungsbetriebe für Bauteile der Doppelmayr/Garaventa-Gruppe anhand von Bauteilzeichnungen, Verfahrensspezifikationen VF0001 (Feuerverzinkung von Bauteilen) & zusätzlichen Spezifikationen (VF0003 VB0010... ) Fehlermeldungen, Zinkbadanalysen und weiteren diversen Informationen bzw. Erkenntnissen, zu zulassen und zu überprüfen.

**Prozessverantwortung**  
 Die Prozessverantwortung obliegt dem Leiter der Doppelmayr Fertigungsorg...

Nr.	Feuerverzinker	Verfahren	Status	Land	Techn. Partner	Website/ E-Mail Adresse	Zinkbad-Abmessungen L x B x T [m]
01	Collini Bludenz	FVZ	A	AUT	Wolfgang Saly (WV) DW_06	www.collini.eu wsaly@collini.eu	10,0 x 1,8 x 3,0
02	Collini Burmoos	FVZ	A	AUT	Robert Dandl (WV) DW_19	www.collini.at rsandl@collini.at	8,5 x 2,0 x 3,2
03	Collini Judenburg	FVZ	A	AUT	Wolfgang Kain (WV) DW_100	www.collini.at wkain@collini.at	13,0 x 2,0 x 3,2
04	Galvaswiss Weilhäusen	FVZs DUP	A	CHE	Beat Metli (WV) DW_100	www.galvaswiss.com b.metli@galvaswiss.com	16,1 x 2,1 x 3,4
05	Galvaswiss Aarberg	FVZs DUP	A	CHE	Markus Graf (WV)	www.galvaswiss.com m.graf@galvaswiss.com	16,2 x 2,2 x 3,0

**Seit 2004!!!**

## „RL: Hintergründe & Entstehung“



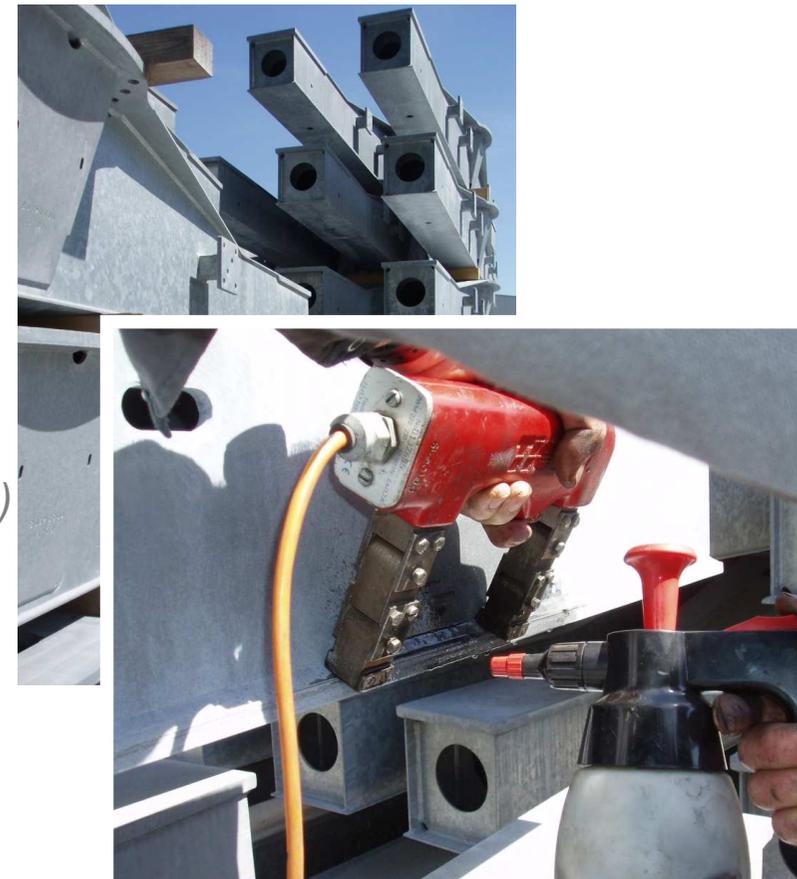
## „Sichtbarmachen“ der Risse mittels MT-Methode?!



„RL: Hintergründe & Entstehung“

## MT-Prüfung von Rissen bei FVZ-Bauteilen:

- Entspricht **keiner** Norm!
- Erfahrung!
- Notwendigkeit der Einhaltung gewisser Parameter!  
*(Magnetisierungszeit, Prüfmittel, Leistung, ...)*
- Spezifikation!
- „Vorsicht!“
- ...



DM-Spezifikation (2001) = Modifiziertes Verfahren → DAST-022

## „RL: Hintergründe & Entstehung“



### AUSMASS -> MT-Aktion (2001-03) & Ergebnisse:

- 1205 MT-geprüfte Joche weltweit!!!
- **361 Bauteile mit registrierfähigen Riss-Anzeigen (max: 80mm)!**
- Registrierung ab 3 mm Risslänge!
- 8665 Anzeigen in den 361 betroffenen Bauteilen!

**Bei der VT-Prüfung wurden Keine Risse gefunden!!!**

„RL: Hintergründe & Entstehung“

## Zinkbadanalysen (2004):

**Vorjahresprobe (Pb):**  
L1: 0,88%  
L2: 1,38%  
L3: 1,10%

Labor	Mess-Methode	Pb [%]	Fe [%]	Cd [%]	Cu [%]	Sn [%]	Al [%]	Ni [%]	Bi [%]
Labor 1	XRF	0,38	0,023	---	0,014	0,012	0,0040	0,048	---
Labor 2	ASS	0,63	0,023	---	---	0,0028	0,0063	0,048	0,137
Labor 3	ASS	0,82	0,02	---	---	0,0018	0,0070	0,042	0,18
Labor 4	ASS	0,64	0,024	---	0,015	0,0027	0,0060	0,053	---

XRF (RFA): Röntgenfluoreszenzanalyse

ASS -> ICP-OES: Optische Emissionsspektrometrie mit Induktiv gekoppeltem Plasma

**Colini**

... - Know-How? - Definition Verfahren! - Einheitliche Badprobenentnahme? - ...

## „RL: Hintergründe & Entstehung“

GAV und Institut Feuerverzinken (DE) – Ende 2007 → DAST-022

FEUERVERZINKUNG MUSTERMANN	Arbeitsanweisung	Stand: 01.10.2007 Revision: A Seite: 1 von 2
-------------------------------	------------------	--

**- Probenahme Zinkschmelze und Zinkbadanalyse -**

**Zweck**  
Die Überwachung und Dokumentation der chemischen Zusammensetzung der Zinkschmelze. Durchführung der Probenahme aus der Zinkschmelze und Festlegung der Analysenmethode.

**Zu beachtende Vorschriften**  
Folgende Normen und Regelwerke sind zu beachten:

- QM-Handbuch unseres Unternehmens
- DIN EN ISO 1461:1999-03, Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrachte Zinküberzüge (Stückverzinken) - Anforderungen und Prüfungen
- Unfallverhütungsvorschrift (UVV) ZH1/411 „Richtlinien für das Feuerverzinken“

**Geräte / Werkzeuge**

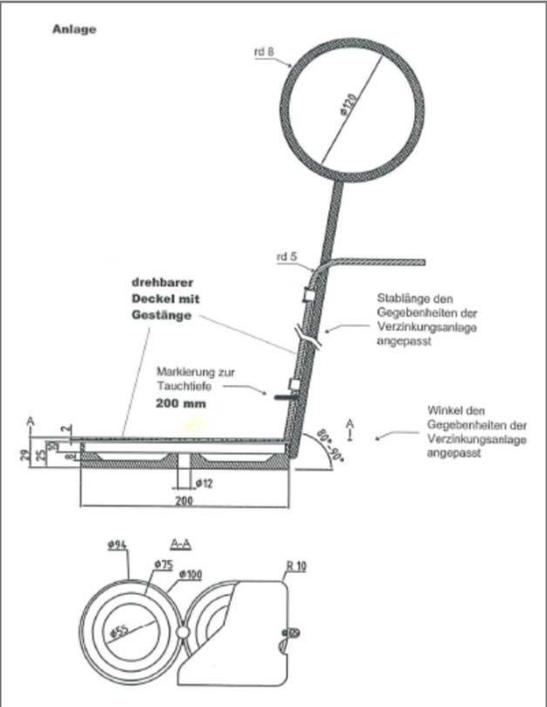
- Persönliche Schutzausrüstung (entsprechend ZH 1/411)
- Probenahme-Vorrichtung (Muster siehe Anhang)
- Bleicheimer mit Wasser gefüllt (zum Abschrecken der Proben)

**Vorbereitende Arbeiten**

- Überprüfen der Probenahmenvorrichtung auf Funktionalität (insbesondere Öffnen und Schließen des Deckels) und auf evtl. Beschädigungen.
- Bereitstellung eines Bleicheimers mit Wasser gefüllt zum Abschrecken der Zinkproben.

**Arbeitsschritte Probenahme**

**Analyseverfahren**  
Die Analysen dürfen nur bei festgelegten Laboren gemäß QM-Handbuch durchgeführt werden. Als Analyseverfahren wird die Spektralanalyse eingesetzt. Als Gegenprobe ist mindestens halbjährlich zusätzlich eine nasschemische Analyse zur Kontrolle vorzunehmen.



„RL: Hintergründe & Entstehung“

## Zusammenarbeit!!!:



### 1. Versuchsreihe 2007 -> Einfluss Sn, Pb und Bi:

- Verschiedene Proben
- Verschiedene Zinklegierungen (*Sn, Pb, Bi*)
- Material: S355J2-N
- Materialdatenvergleich („*Papier*“ & *Materialprüfung*)
- ...

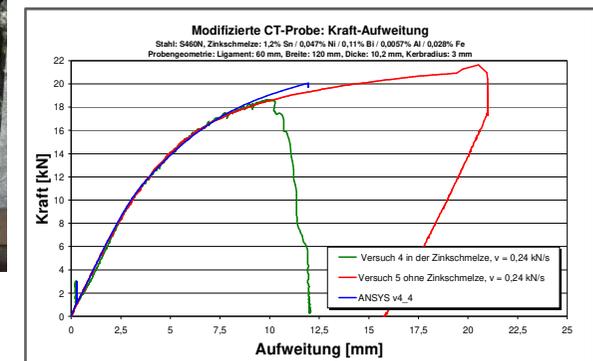


### 2. Versuchsreihe 2011 -> Einfluss Aluminium

- ...



## „RL: Hintergründe & Entstehung“



- Kraft-Aufweitungs-Diagramme -> Einfluss Zinkschmelze!
- Einfluss Sn, Bi, Pb! (Unterschiede „DIBt-“ (DASt-022) & „DM“-Schmelze)
- Übereinstimmungen mit EMPA-Ergebnissen (einfache U-Probe)! (+)
- Einfluss Sn am stärksten!!!
- > Auch in Kombination mit Pb und Bi (Trend)!



- ...

# „RL: Hintergründe & Entstehung“

## Baustahl S355J2G3

Materialdicke: t = 10 mm

Material	T	R <sub>e</sub>	R <sub>p0,2</sub>	R <sub>m</sub>	A <sub>g</sub>
	[°C]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[%]
1L	RT	378	380	531	15,0
2L	RT	378	382	530	15,1
1Q	RT	384	386	535	15,2
2Q	RT	383	386	536	15,3

Ergebnisse von Zugversuchen bei Raumtemperatur  
(Flachzugproben 10x30x100)

C	Si	Mn	P	S	Al	V
0,17	0,30	1,53	0,015	0,002	0,054	0,00
Mo	Ni	Cr	Cu	Ti	Nb	-
0,00	0,04	0,03	0,02	0,00	0,00	-

Chemische Analyse (Angaben in %)

Probenrichtung	Temperatur		
	-20	0	RT
Längsrichtung	92,5	151,5	158
Querrichtung	175	224,5	218

Ergebnisse von Kerbschlagbiegeversuchen, Mittelwerte in J,  
(Untermaßproben 8x10)

## Ausgangssituation Versuchsprogramm

### Serie 1

	Sn, %	Bi, %	Pb, %
Legierung 1 (s1 I1)	0,049	0,000	0,000
Legierung 2 (s1 I2)	0,095	0,000	0,000
Legierung 3 (s1 I3)	0,154	0,000	0,000
Legierung 4 (s1 I4)	0,192	0,000	0,000
Legierung 5 (s1 I5)	0,256	0,000	0,000
Legierung 6 (s1 I6)	0,318	0,000	0,000
Legierung 7 (s1 I7)	0,350	0,043	0,000
Legierung 8 (s1 I8)	0,327	0,134	0,000
Legierung 9 (s1 I9)	0,346	0,192	0,000

### Serie 2

	Sn, %	Bi, %	Pb, %
Legierung 1 (s2 I1)	0,100	0,054	0,000
Legierung 2 (s2 I2)	0,098	0,099	0,000
Legierung 3 (s2 I3)	0,101	0,191	0,000
Legierung 4 (s2 I4)	0,121	0,189	0,470
Legierung 5 (s2 I5)	0,111	0,186	0,869

### Serie 3

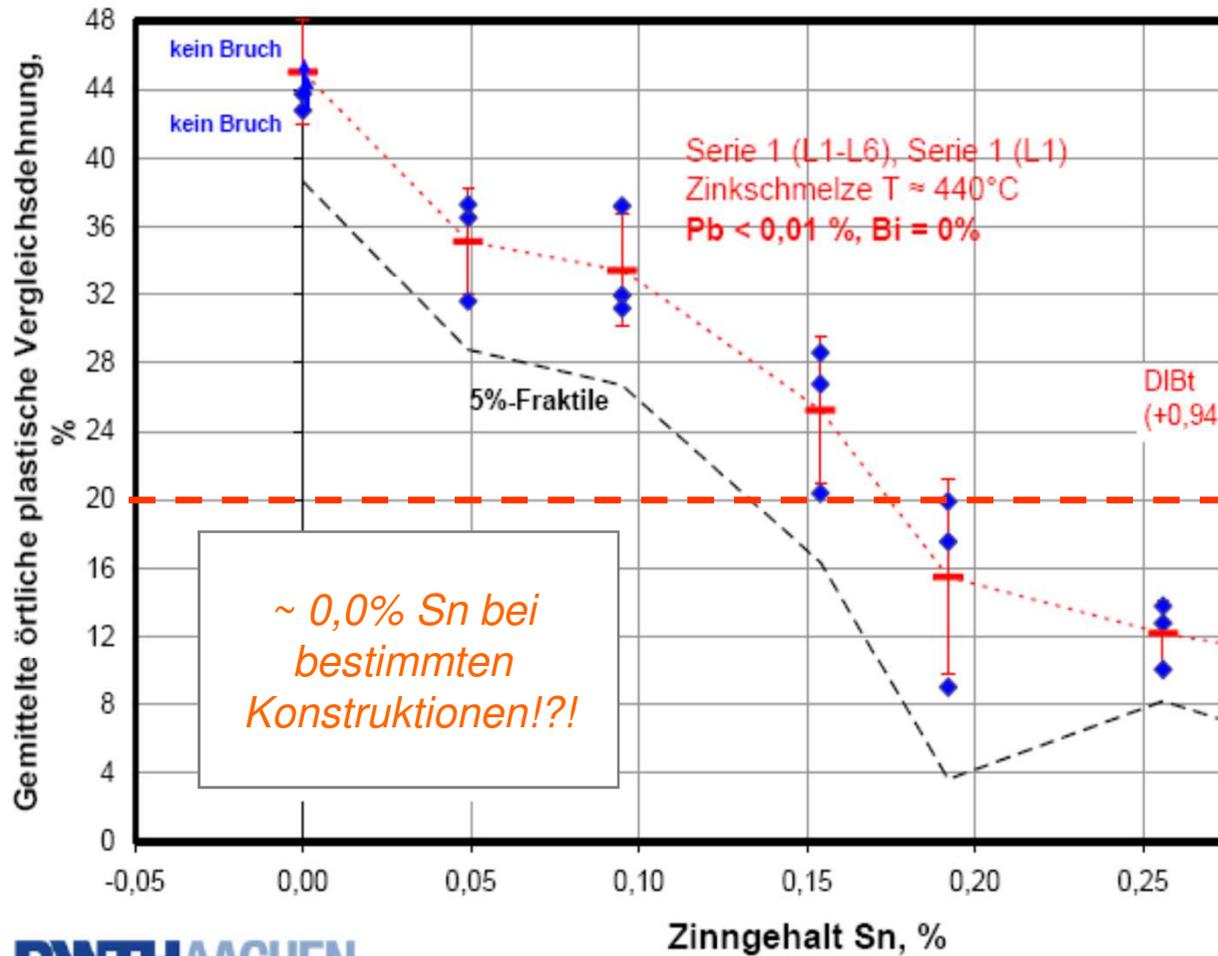
	Sn, %	Bi, %	Pb, %
Legierung 1 (s3 I1)	0,000	0,000	0,000
Legierung 2 (s3 I2)	0,110	0,000	0,222
Legierung 3 (s3 I3)	0,117	0,000	0,401
Legierung 4 (s3 I4)	0,129	0,000	0,591
Legierung 5 (s3 I5)	0,127	0,000	0,902

### Serie 4

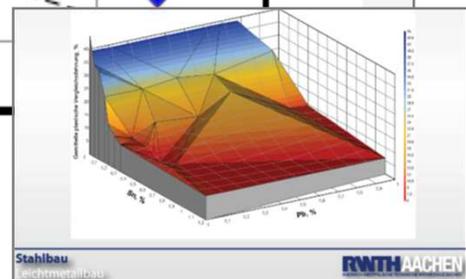
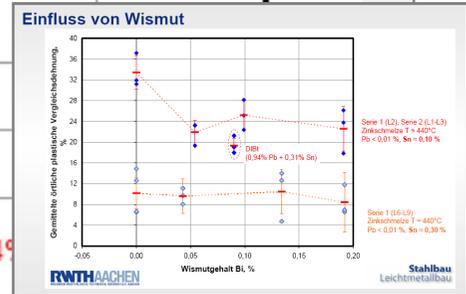
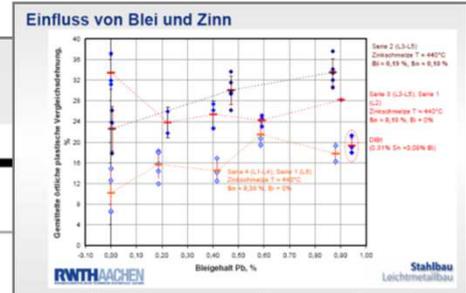
	Sn, %	Bi, %	Pb, %
Legierung 1 (s4 I1)	0,312	0,000	0,186
Legierung 2 (s4 I2)	0,312	0,000	0,415
Legierung 3 (s4 I3)	0,312	0,000	0,586
Legierung 4 (s4 I4)	0,314	0,000	0,880
Legierung 5 (s4 I5)	0,311	0,090	0,943

„RL: Hintergründe & Entstehung“

**Einfluss von Zinn (Pb < 0,01%, Bi = 0%)**



~ 0,0% Sn bei bestimmten Konstruktionen!?!  
 (Note: This text is highlighted in orange in the original image)



„RL: Hintergründe & Entstehung“



Weitere  
Schadensfälle

# Podest-Träger

## „RL: Hintergründe & Entstehung“

### „Flüssigmetallversprödung“!



... geringe Eigenspannungen, starke Vibrationen/Dyn. Beanspruchung,...

## „RL: Hintergründe & Entstehung“



## „Flüssigmetallversprödung“!



Verzinkt in Polen 2000 (*DSV EMPA*)!

Fast 1% Zinn im Zinkbad!

„RL: Hintergründe & Entstehung“

## FVZ-Parkhaussträger - I-Träger S460 mit halber Kopfplatte!



## „RL: Hintergründe & Entstehung“

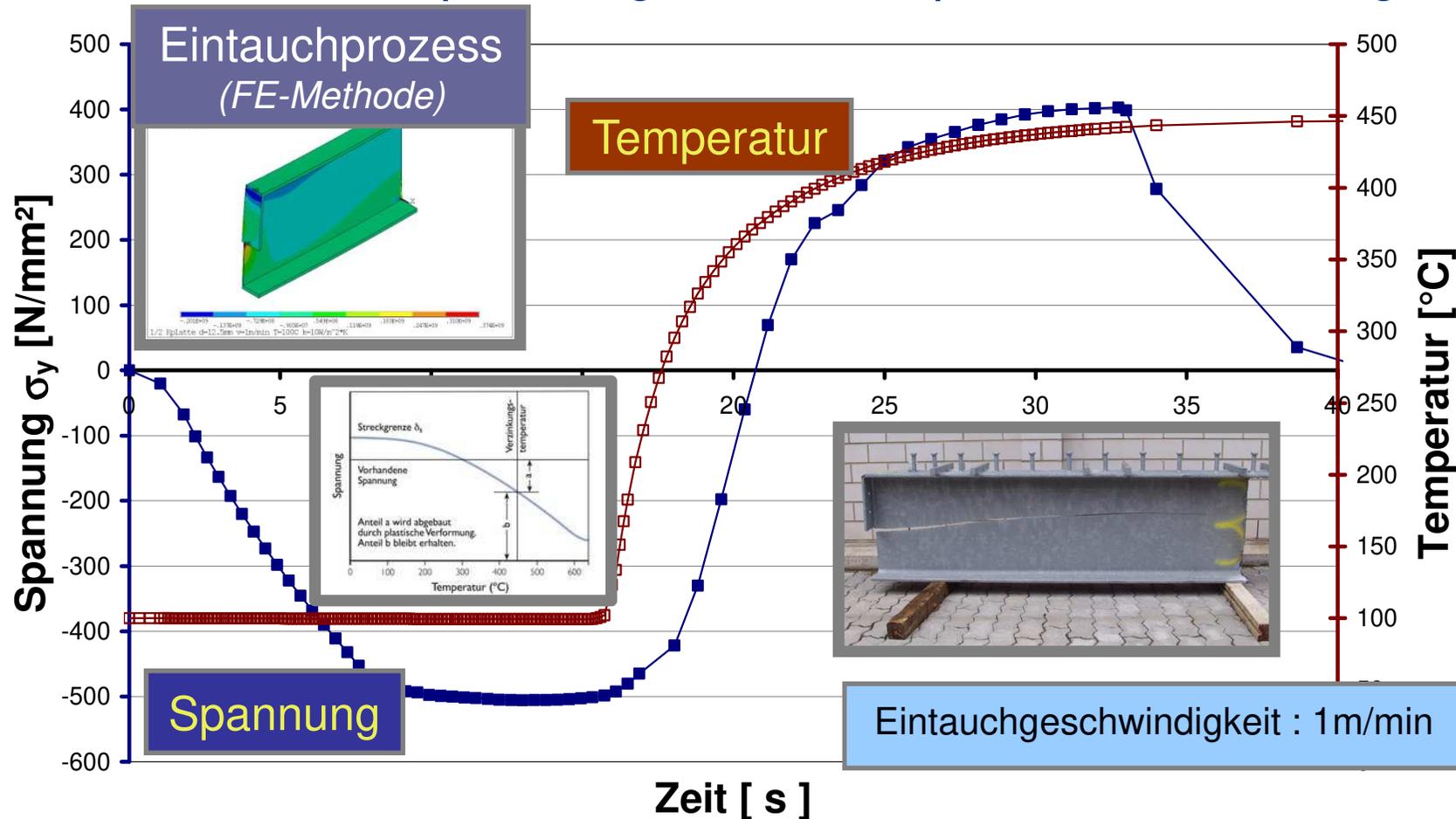


**Riss entsteht während Eintauchen in Zinkschmelze!**

**Bekannt seit 2003!**

„RL: Hintergründe & Entstehung“

IPE 550, S460: Spannungs- und Temperaturentwicklung



-> Verstärkt in 2. Auflage -> „Thermische Spannungen beim Tauchprozess“

## „RL: Hintergründe & Entstehung“



! **Carmine Ricciolino (Italy)**  
I would like to comment on what we have heard in this session. I must say that in the first part of this half day devoted to cracking I was fairly satisfied by the reports presented because something was emerging that we are all aware of – the fact that an excess of tin can cause a problem. I now have a feeling that we are trying to create a problem that does not exist. We could have studied the same phenomenon on different beams from those half end plate designs studied repeatedly in the FAMEGA

! **Jürgen Marberg (Germany) GAV ++ !**  
I want to respond to the remarks by Carmine Ricciolino. I think that all speakers have clearly stated that cracking occurs very rarely. But when cracks do appear they create

### Colin Leighfield

I wonder if I could ask Mr Winkler whether he would like to make any comments on those points of view. You have done a great deal of work on design and product specification as well as practical studies on galvanizing.

### ! Markus Winkler

I have tried to explain it requires teamwork and co-ordination and it is no use playing the blame game.

### ! Otmar Burtscher (Austria)

Our factory experienced cracking in 2000 with Doppelmayr's products. I believe that working together is the only solution and is what we are doing at the moment in Austria with steel manufacturers, with companies that produce constructions and with galvanizers. As has been proven through the testing and through the studies done by various universities, it is quite clear that this will involve many factors. At the end of the chain, it is the galvanizer who produces the cracks.

The question I have is when the FAMEGA research started one or two years ago, were the earlier results of EMPA and the findings of Doppelmayr known? Our tin content when we experienced cracking was 0.29% and the recommended level in Germany is currently 0.3%.

## „RL: Informationen & Zusammenarbeit

### Team & Inhalt der Richtlinie (RL):

Zeman & Co GmbH (*Vorsitz*), Ziv.-Ing. Roller f. Bauwesen, Alu König Stahl GmbH, Voestalpine Krems Finaltechnik GmbH, ArcelorMittal Commercial Sections S.A., Collini Holding AG, Büro Gackenheimer (*Sachverständiger*), Haslinger Stahl GmbH, Brunner Verzinkerei Brüder Bablik GmbH (*Zinkpower Gruppe*), Berufsgruppe Feuerverzinker, Österreichischer Stahlbauverband, Doppelmayr Seilbahnen GmbH

### Inhalt:

- Vorwort
- Einleitung
- Werkstoffe
- Verzinkungsgerechtes Konstruieren
- Verzinkungsgerechtes Fertigen
- Verzinkungsprozess
- Erscheinungsbild
- Prüfung, Überwachung
- Literatur

***RL für "ALLE"!!!  
(Prozesskette)***

RICHTLINIEN  
zum Stückverzinken von Stahlbauteilen

Berufsgruppe  
Feuerverzinker

ÖSTERREICHISCHER  
STAHLBAUVERBAND

1. Auflage, Dezember 2007

## „RL: Informationen & Zusammenarbeit

### „Altbekannte“ Vorgaben (*Konstruktion*)



max. Werkstoffdicke

min. Werkstoffdicke

< 5 !?

...auch Optik, Abplatzungen,...!

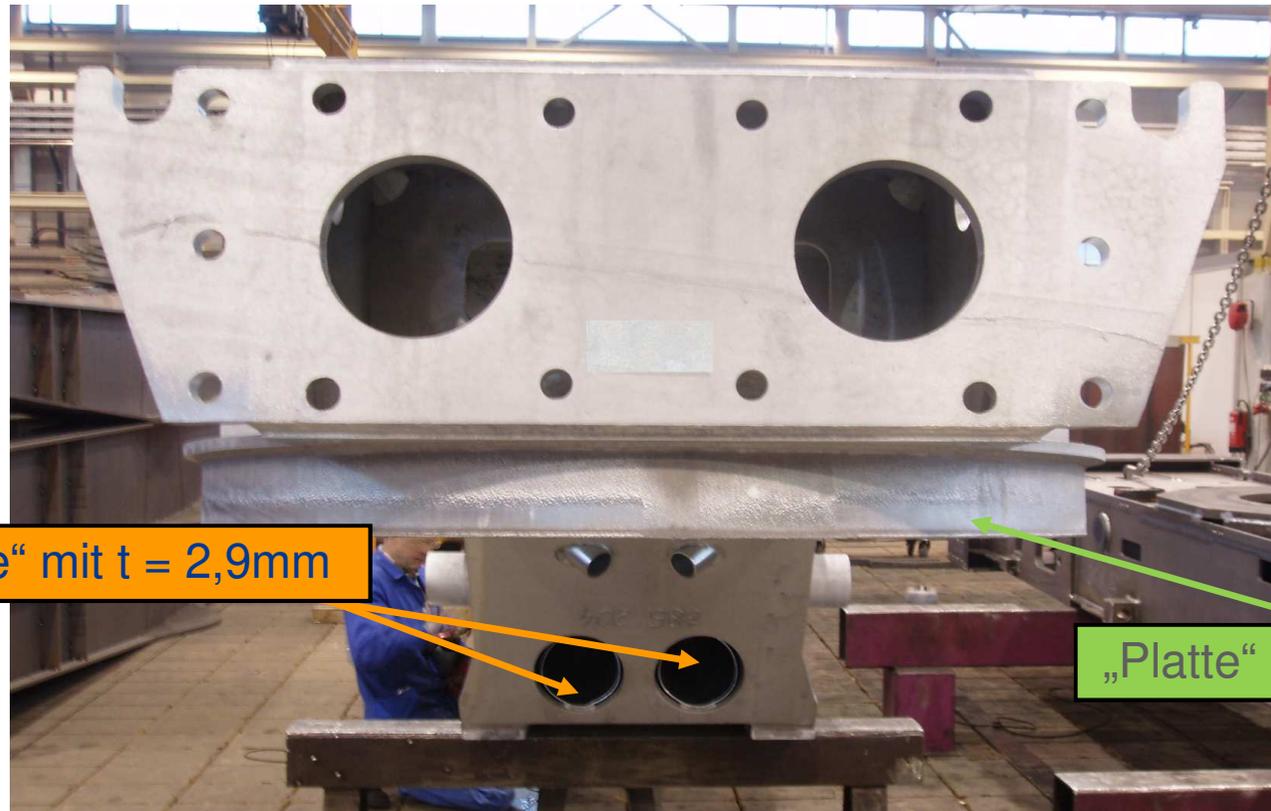
## „RL: Informationen & Zusammenarbeit

Langes Bauteil (10 m) (2006)



„Kabelkanäle“

## „RL: Informationen & Zusammenarbeit



„Rohre“ mit  $t = 2,9\text{mm}$

„Platte“ mit  $t = 80\text{mm}$

- **Verhältnis: „Dicken-Differenz“**  $80 : 2,9 \Rightarrow$  Faktor **27,6** (*Japan 2,5!*)
- Langes Bauteil („Komplexe“-Konstruktion)  $\Rightarrow$  „**Langsam-Taucher**“
- **Unterschiedliche Materialien** (*S355 & S235*)
- ...

## „RL: Informationen & Zusammenarbeit



Öffnungen!!!

## „RL: Informationen & Zusammenarbeit



Steife Konstruktionen/Steifigkeitssprünge & „Langsamtaucher“  
(Hohlkörper, Auftrieb, Dichte Zn,...)

# „RL: Informationen & Zusammenarbeit

## GRUNDSÄTZE für verzinkungsgerechtes Konstruieren

### Auswahl geeigneter Werkstoffe

#### Berücksichtigung der maximalen Abmessungen und Stückgewichte

#### möglichst gleichmäßige Benetzung der gesamten

- ⊗ Freischnitte anordnen; Dickensprünge vermeiden; Überlappungen vermeiden
- + Vermeidung von Fehlstellen oder örtlichen Zinkanhäufungen; Zinkschichten

#### rasches eintauchen in, bzw. herausziehen aus dem

- ⊗ ausreichend große Freischnitte bzw. Entlüftungsbohrungen anordnen
- + Verringerung temperaturbedingter Zwängungsspannungen und damit der Verzugs- und/oder Rissgefährdung; Vermeidung ungewollt dicker Zinkschichten

#### kontrollierte Ausdehnung des Bauteils zulassen

- ⊗ stabförmige, möglichst symmetrische Bauteile; große Steifigkeitssprünge vermeiden
- + Verringerung temperaturbedingter Zwängungsspannungen und damit der Verzugs- und/oder Rissgefährdung

#### Behinderung der Dehnungen vermeiden

- ⊗ ebene und räumliche Bauteile möglichst weich und mit annähernd gleichen Steifigkeiten in den jeweiligen Ausdehnungsrichtungen ausführen; auf Symmetrie in der Steifigkeit achten
- + Verringerung temperaturbedingter Zwängungsspannungen und damit der Verzugs- und/oder Rissgefährdung

#### Anhäufung nahe beieinander liegender Schweißnähte

- können zu fertigungsbedingten hohen Eigenspannungen und Rissgefahr führen

#### große Blechdickenunterschiede vermeiden

- ⊗ Verhältnis maximaler zu minimaler Blechdicke nicht größer als 3:1
- + Verringerung temperaturbedingter Zwängungsspannungen und damit der Verzugs- und/oder Rissgefährdung; Vermeidung ungewollt dicker Zinkschichten

#### Steifigkeitssprünge und Ausklinkungen von Profilen vermeiden

- stellen bei der Ausdehnung des Bauteils „Kerben“ dar, an denen sich Risse bilden können

#### keine geschlossenen, luftgefüllten Hohlräume!

- ⊗ dazu zählen ab einer gewissen Größe auch Überlappungen
- die eingeschlossene Luft dehnt sich bei der Erwärmung aus und sprengt die Konstruktion

#### Einhaltung der geltenden Normen

- ⊗ im Hinblick auf die Konstruktion insbesondere ÖNORM EN ISO 1461, Anhänge A und C, sowie ÖNORM EN ISO 14 713, Anhang A

### Auswahl geeigneter Werkstoffe

#### Berücksichtigung der maximalen Abmessungen und Stückgewichte

#### möglichst gleichmäßige Benetzung der gesamten Oberfläche sicherstellen

- ⊗ Freischnitte anordnen; Dickensprünge vermeiden; Überlappungen vermeiden
- + Vermeidung von Fehlstellen oder örtlichen Zinkanhäufungen; Vermeidung ungewollt dicker Zinkschichten

#### rasches eintauchen in, bzw. herausziehen aus dem Zinkbad ermöglichen

- ⊗ ausreichend große Freischnitte bzw. Entlüftungsbohrungen anordnen
- + Verringerung temperaturbedingter Zwängungsspannungen und damit der Verzugs- und/oder Rissgefährdung; Vermeidung ungewollt dicker Zinkschichten

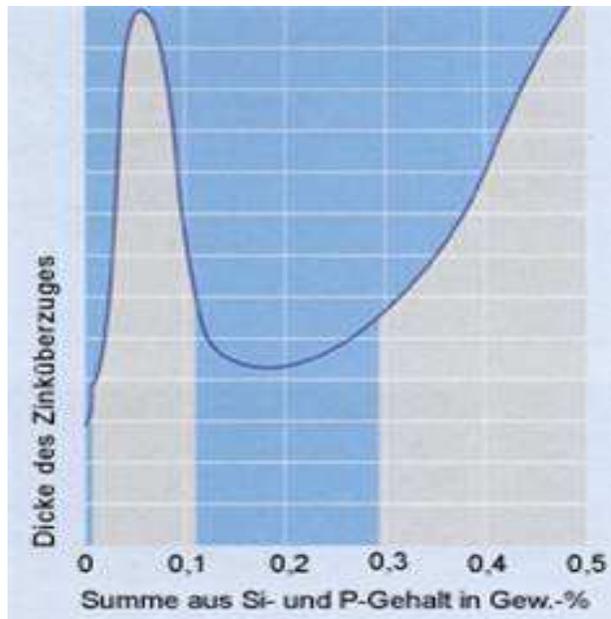
#### kontrollierte Ausdehnung des Bauteils zulassen

- ⊗ stabförmige, möglichst symmetrische Bauteile; große Steifigkeitssprünge vermeiden
- + Verringerung temperaturbedingter Zwängungsspannungen und damit der Verzugs- und/oder Rissgefährdung

#### Behinderung der Dehnungen vermeiden

- ⊗ ebene und räumliche Bauteile möglichst weich und mit annähernd gleichen Steifigkeiten in den jeweiligen Ausdehnungsrichtungen ausführen; auf Symmetrie in der Steifigkeit achten

## „RL: Informationen & Zusammenarbeit



	Si- und P-Gehalt (%)	Dicke und Aussehen des Zinküberzugs
(Si+P)-arme Stähle	$(\text{Si}+\text{P}) < 0,03$	silbrig glänzend, geringe Schichtdicke
„Sandelin-Stähle“	$0,03 \leq (\text{Si}+\text{P}) < 0,13$	grau, z. T. grießige Oberfläche, große Schichtdicke
„Sebisty-Stähle“	$0,13 \leq (\text{Si}+\text{P}) < 0,28$	silbrig glänzend bis mattgrau, mittlere Schichtdicke
(Si+P)-reiche Stähle	$(\text{Si}+\text{P}) \geq 0,28$	mattgrau, große Schichtdicke

### Zn-Dickenabhängigkeit:

#### Sandelin-Bereich

(0,03 bis 0,13%)

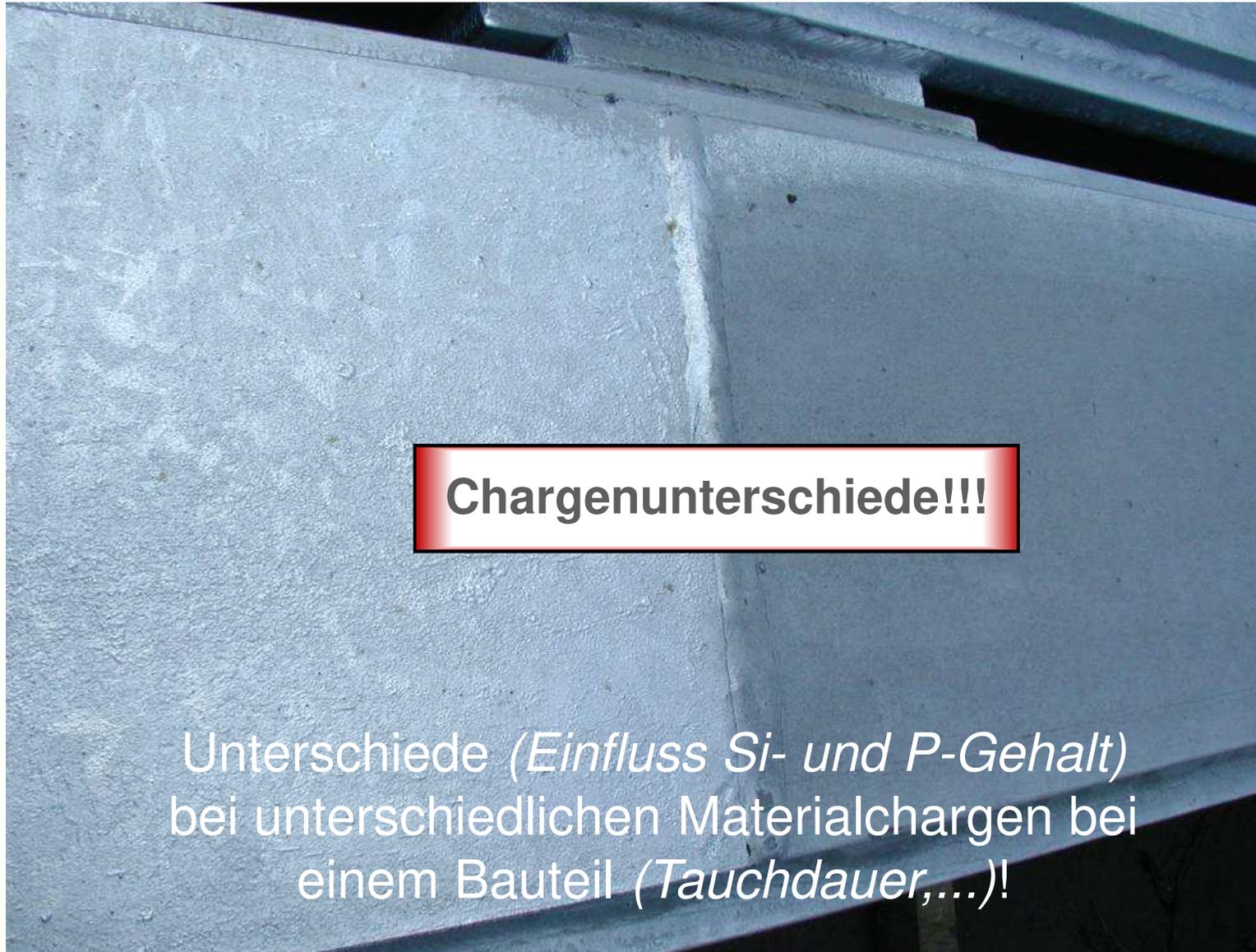
#### Sebisty-Bereich

(0,13 bis 0,28%)



**Verschiedene Erscheinungsbilder (*Verwitterung!*)**

## „RL: Informationen & Zusammenarbeit



**Chargenunterschiede!!!**

Unterschiede (*Einfluss Si- und P-Gehalt*)  
bei unterschiedlichen Materialchargen bei  
einem Bauteil (*Tauchdauer,...*)!

## „RL: Informationen & Zusammenarbeit

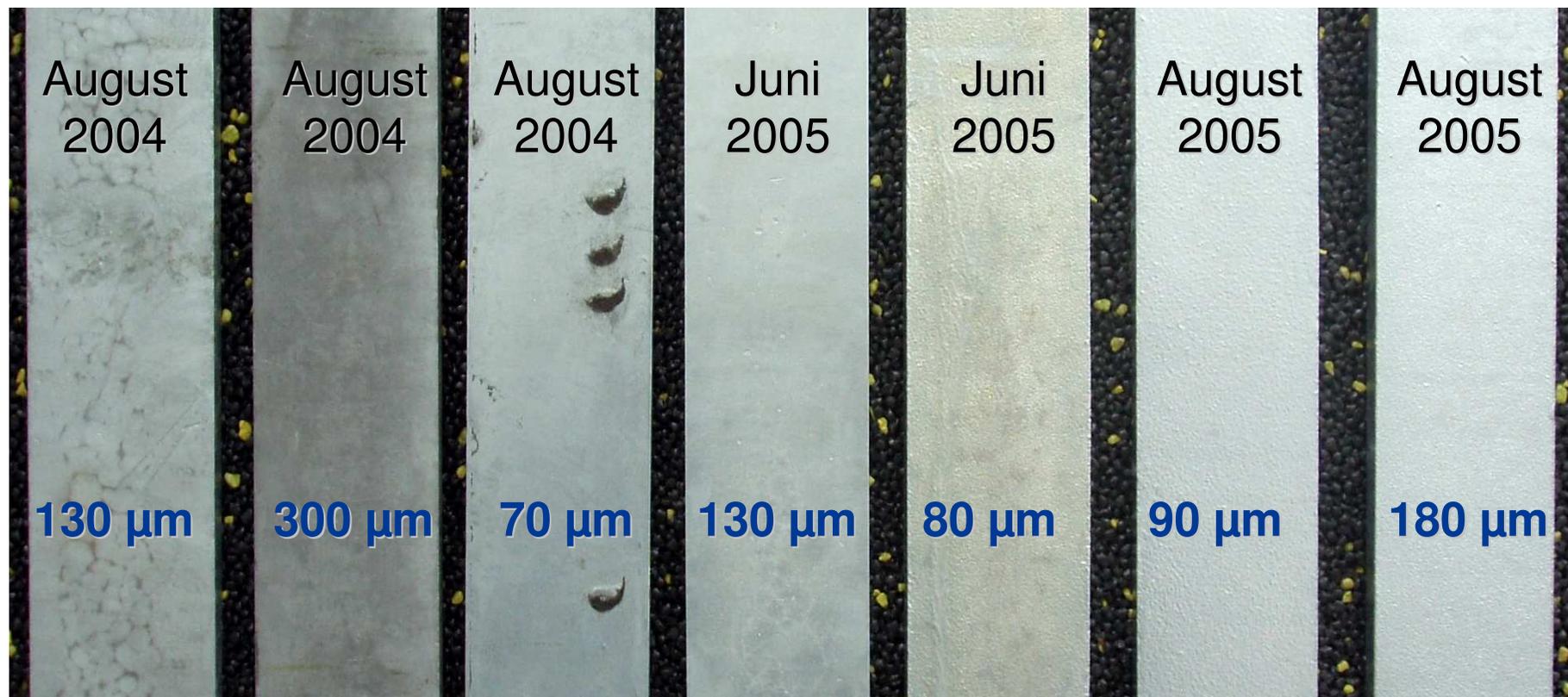


### Erscheinungsbild / Optik:

- Versuchen das gleiche Material und die gleiche Charge zu verwenden!
- Verschiedene Materialstärken!

## „RL: Informationen & Zusammenarbeit

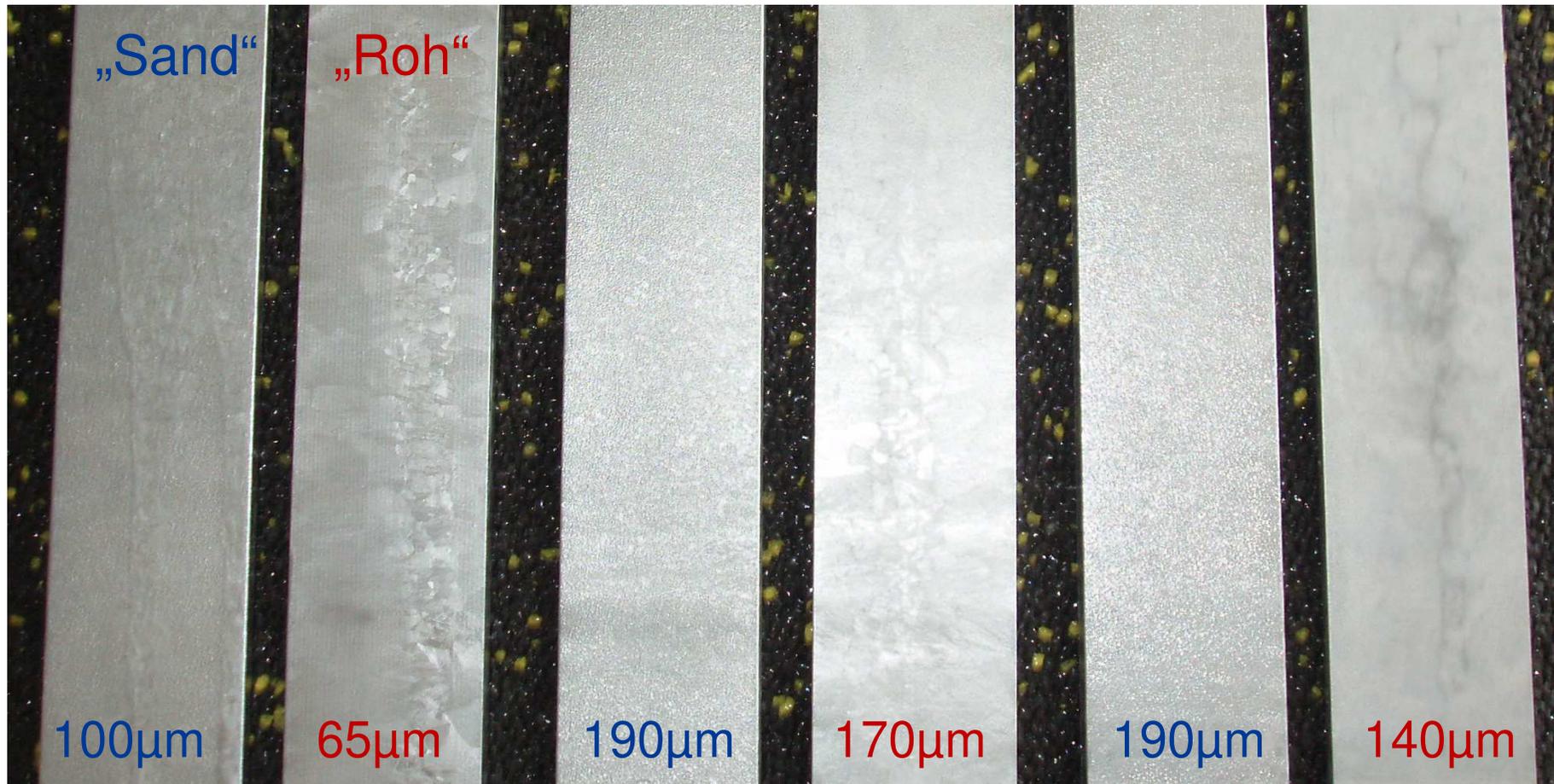
7 verschiedene Verzinkereien mit ein und demselben Blech (*Charge*)!!!



Abhängig nur vom Si & P-Gehalt des Grundmaterials!?

## „RL: Informationen & Zusammenarbeit

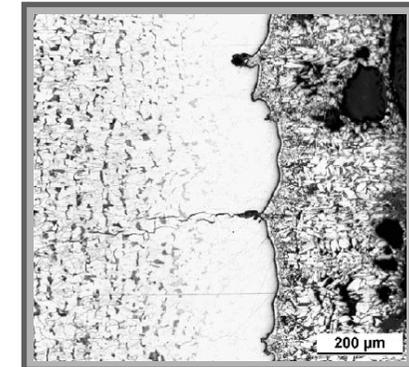
### Einfluss: „Sandgestrahltes“ Material (3 Verzinkerei-Betriebe)



## „RL: Informationen & Zusammenarbeit

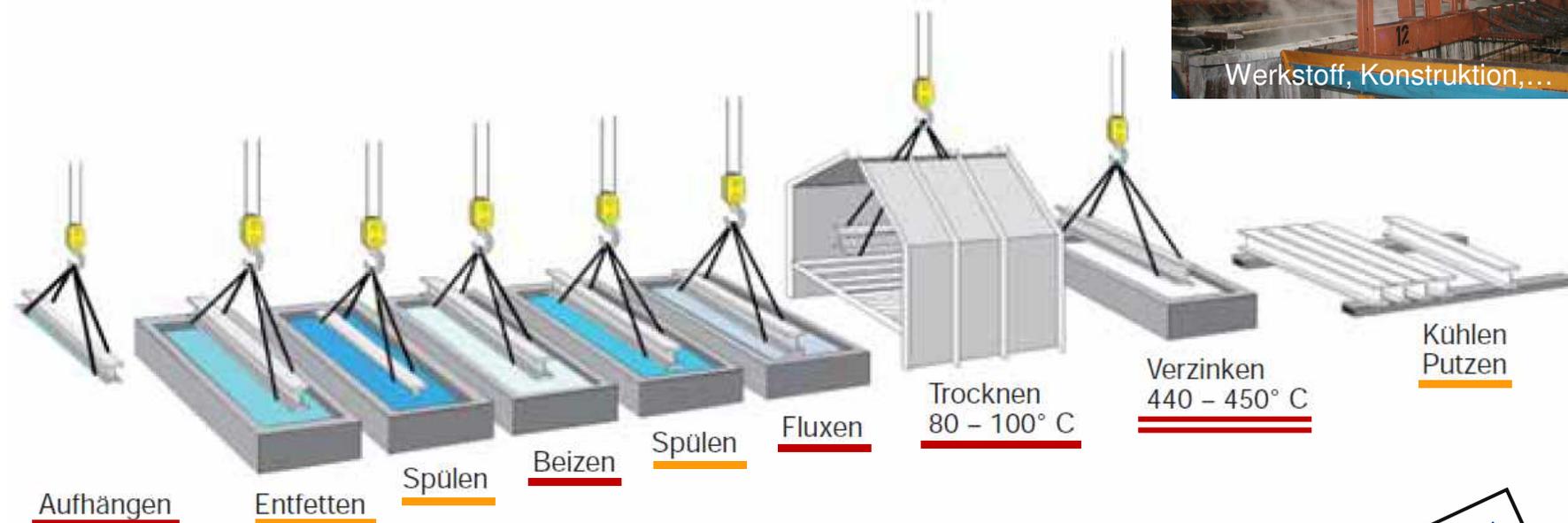
### Abhängigkeiten – Ausbildung der Zinkschicht:

- Chemische Zusammensetzung des Stahls!
- Vorbehandlungen beim Feuerverzinken!
- Zusammensetzung der Zinkschmelze!
- Tauchdauer in der Zinkschmelze!
- Abkühlung!
- Konstruktion/Fertigung  
(*Werkstoff, Dickenunterschiede,...*)!
- Temperatur der Schmelze!
- Oberflächenbeschaffenheit
- ...



## „RL: Informationen & Zusammenarbeit

- Warenannahme
- Sortierung (*Werkstoff, Konstruktion, ...*)



- Erscheinungsbild
- Ausbesserungen (!) & Prüfungen
- Lagerung, Verpackung, Transport

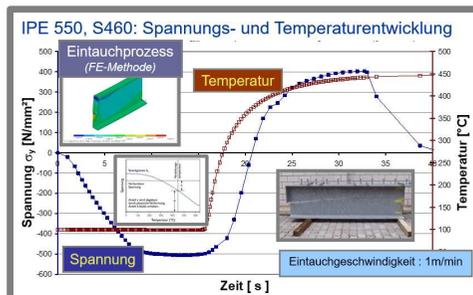
„FVZ-Prozess“

„RL: Informationen & Zusammenarbeit

## Eintauchprozesse („Hohlkörper“)



**Zink (Flüssigkeit) muss möglichst rasch fließen und Luft entweichen können (Auftrieb, Explosionsgefahr, Verzug,...) !!!**



**Zusammenarbeit!**

**... und Ausziehprozesse!!!**

## „RL: Informationen & Zusammenarbeit

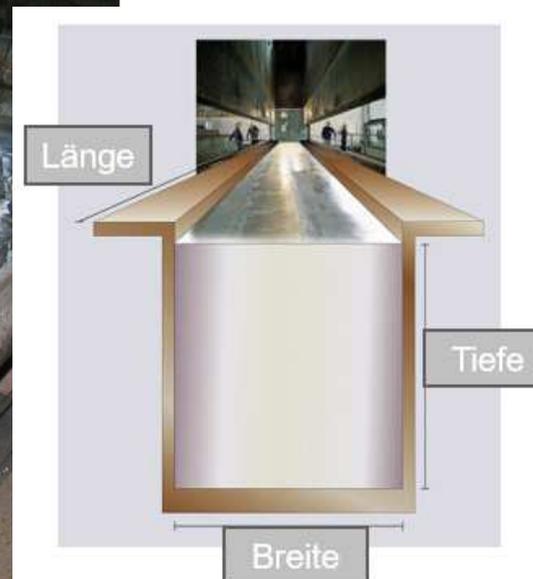
### Zinkbad

- > (*Normal-*)Temperaturbereich bei ca.  $450^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 10^{\circ}\text{C}$ )
- > Hoch-Temperaturbereich  $480^{\circ}$  -  $620^{\circ}\text{C}$  ( $520^{\circ}$  -  $560^{\circ}\text{C}$ )

- Verschiedene Legierungselemente (*Prozess, Optik, Schichtdicke,...*):

**Sn, PB, Bi, Ni, Al, Cu,...**

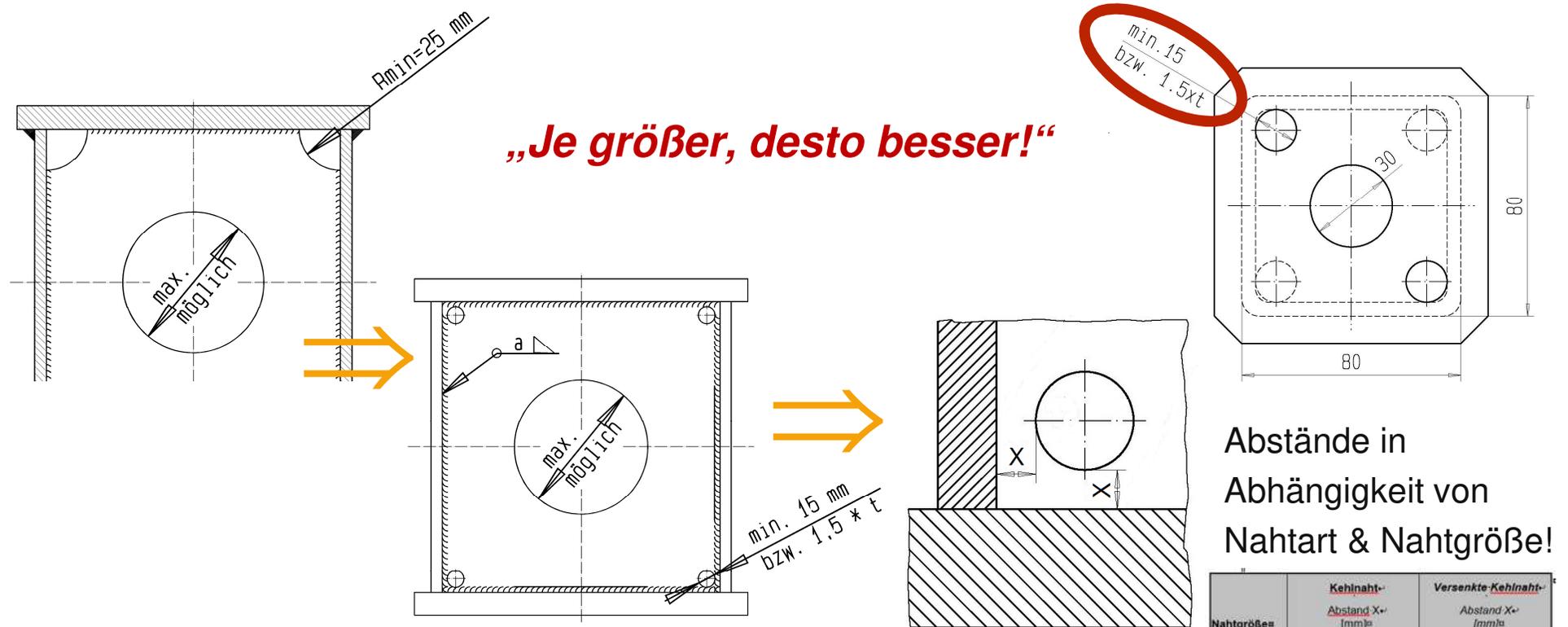
(*max. 2% in Summe -> ÖNORM EN ISO 1461!!!*)



- Handling!!
- Verweildauer!
- Eintauchen!!
- Badsumpf!
- Hartzink!
- Badbewegung!
- Ausziehen!
- ...
- **Badabmessungen!**
- Abkühlen, Doppel-Tauchung,...

„RL: Informationen & Zusammenarbeit

Konstruktion: Öffnungen/Ausklinkungen - Hohlkörper!



„Roboterschweißen“ und FVZ!? (Kompromiss!)

Nahtgröße $a$	Kehlnaht- Abstand $X^*$ [mm] $a$	Versenkte Kehlnaht- Abstand $X^*$ [mm] $a$
a3 $a$	9 $a$	9 $a$
a4 $a$	11 $a$	10 $a$
a5 $a$	12 $a$	10 $a$
a6 $a$	14 $a$	11 $a$
a7 $a$	15 $a$	12 $a$

## „RL: Informationen & Zusammenarbeit

Zinkanhäufungen!  
(eventuell Entfernung)

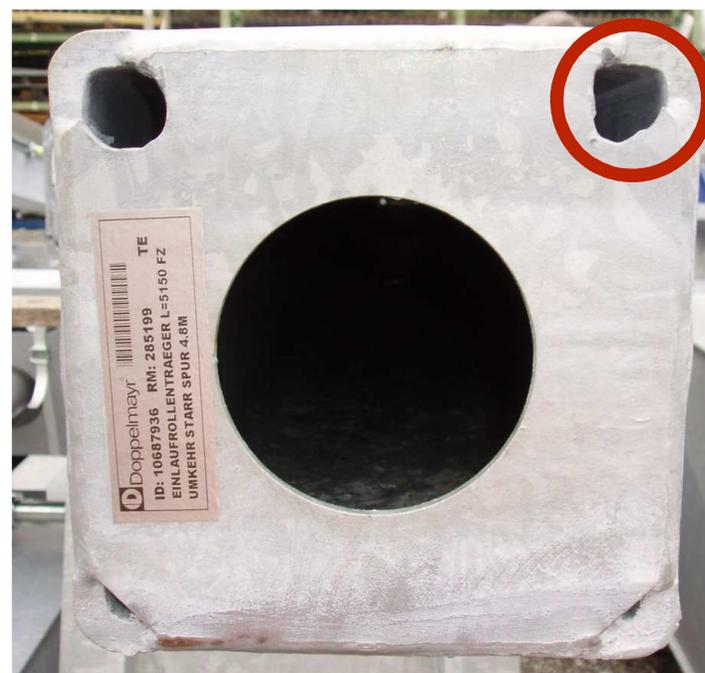
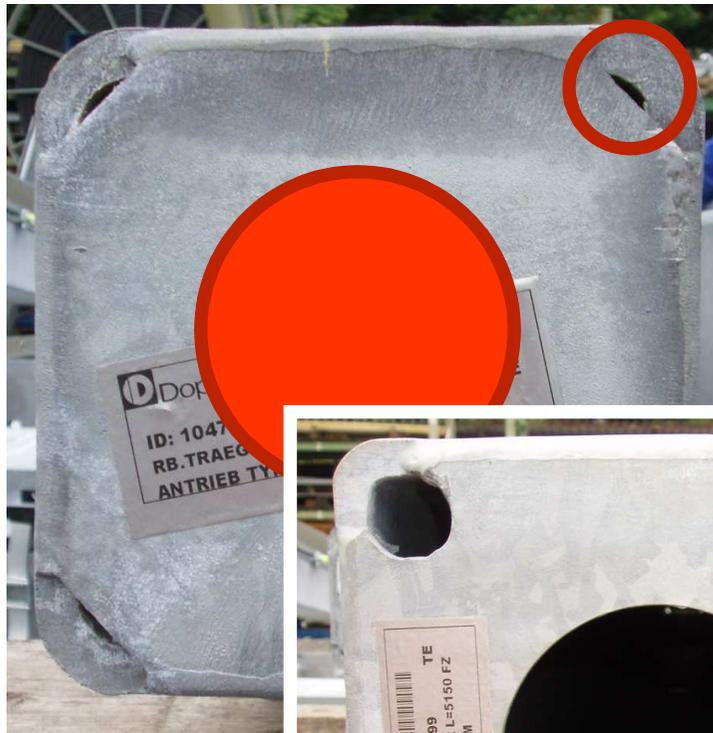


Fehlender Zink!  
(unverzinkte Stellen)



+ Zinkasche!!!

## „RL: Informationen & Zusammenarbeit



- KEIN K-Schutz!
- „Langsam-Taucher“!
- Frühzeitige Flux-Verbrennung!
- ...

## „RL: Informationen & Zusammenarbeit

### „Doppelungen/Überlappungen“



## „RL: Informationen & Zusammenarbeit



Überlappungsfläche e	Erzeugnisdicke	Maßnahme
bis 100 cm <sup>2</sup>	> 3 mm	umlaufend dicht schweißen
100 bis 400 cm <sup>2</sup>	≤ 12 mm	umlaufend dicht schweißen
	> 12 mm	Entlastungsbohrung
> 400 cm <sup>2</sup>	> 3 mm	Entlastungsbohrung

... möglichst vermeiden!!!

## „RL: Informationen & Zusammenarbeit

### Ausbesserungen:

- Zink- & Alu-Sprays! -> ???
- Zinkstaub- & Zinkflake-Farben!
- Thermisches Spritzen (Zn)!
- ...



## „RL: Veröffentlichung, Erfahrungen, ...“

- Österreichischer Stahlbauverband (ÖStV)
- Berufsgruppe der Feuerverzinker (BRG FVZ)

„FVZ Richtlinie (AT)“  
(2006-2007)

„Brief ÖStV“



- Deutscher Stahlbauverband (DStV)
- Institut Feuerverzinken (IF / GAV)
- Deutsches Institut für Bautechnik\* (DIBt)
- RWTH-Aachen (Prof. Feldmann\*)

„FVZ Richtlinie (DE)“  
(Rev. DStV-RL von  
2006 -> **DAST-022**)

„Schäden“

- Verein deutscher Ingenieure (VDI) —> „FVZ Richtlinie“

!!! Diskussion AT/2007 „Gütesiegel“ f. FVZ-Betriebe? -> DE: Ü-Zeichen (DAST-022)

\* ... Doppelmayr Einladung beim DIBt (16.01.2007)

\* ... Wissenschaftlicher Vortrag -> Hrn. Dr.-Ing. Prof. Markus Feldmann (Brunn 26.06.07)

„RL: Veröffentlichung, Erfahrungen, ...“

# 1. Auflage -> Dezember 2007:

## Inhalt:

- Vorwort
- Einleitung
- Werkstoffe
- Verzinkungsgerechtes Konstruieren
- Verzinkungsgerechtes Fertigen
- Verzinkungsprozess
- Erscheinungsbild
- Prüfung, Überwachung
- Literatur

RICHTLINIEN  
zum Stückverzinken von Stahlbauteilen

Berufsgruppe  
Feuerverzinker

ÖSTERREICHISCHER  
STAHLBAUVERBAND

1. Auflage, Dezember 2007

**ZINKBAD**

aggressive Legierungselemente vor allem Sn aber auch Pb, Bi, ...

Verweildauer im Zinkbad

Behinderung der Ausdehnung des Bauteils beim Eintauchen; Reaktionsspannungen

**KONSTRUKTION**

Steifigkeitssprünge, Ausklinkungen, ungenügende Freischnitte / Entlüftungsöffnungen, komplizierte Schweißdetaills, große Nahtdicken, ...

LMAC

VERSPRÖDUNG (LME) + (EIGEN-)ZUGSPANNUNG → **RISSGEFAHR**

**Zinn (Sn)**

max. 0,05 %

max. 0,8 %

max. 0,1 %

**GRUNDSÄTZE für verzinkungsgerechtes Konstruieren**

**Auswahl geeigneter Werkstoffe**

Berücksichtigung der maximalen Abmessungen und Stückgewichte

möglichst gleichmäßige Benetzung der gesamten Oberfläche sicherstellen

- Freischnitte anordnen; Dickersprünge vermeiden; Überlappungen vermeiden
- Vermeidung von Fehlstellen oder örtlichen Zinkanhäufungen; Vermeidung ungewollt dicker Zinkschichten

**rasches eintauchen in, bzw. Herausziehen aus dem Zinkbad**

- ausreichend große Freischnitte bzw. Entlüftungsöffnungen
- Verringerung temperaturbedingter Rissgefahr; Vermeidung ungenügender Freischnitte

**kontrollierte Ausdehnung des Bauteils**

- stabile, möglichst symmetrische Ausdehnung
- Verringerung temperaturbedingter Rissgefahr

**Behinderung der Dehnungen**

- ebene und räumliche Bauteile möglichen Ausdehnungsrichtungen
- Verringerung temperaturbedingter Rissgefahr

**Anhäufung nahe beieinander**

- können zu fertigungsbedingten Rissgefahr führen

**große Blechdickenunterschiede**

- Verhältnis maximaler zu minimaler Blechdicke
- Verringerung temperaturbedingter Rissgefahr; Vermeidung ungenügender Freischnitte

**Steifigkeitssprünge und Ausklinkungen**

- stellen bei der Ausdehnung des Bauteils die Gefahr von Rissen dar

**keine geschlossenen, luftgedichteten Details**

- zählen ab einer gewissen Blechdicke zu den Details
- eingeschlossene Luft dehnt sich bei der Konstruktion sprengt

**Einhaltung der geltenden Normen**

- im Hinblick auf die Konstruktion in der Fertigung
- sowie ÖNORM EN ISO 14 713, A

**D so groß wie möglich**

a ... maximale Kehlnahtdicke

t<sub>s</sub> ... Blechdicke der Steife bzw. des Querschotts

„RL: Veröffentlichung, Erfahrungen,...

## Veröffentlichung / Informationen zur RL:

### Österreichischer Stahlbautag 2007 (Linz)

- FVZ-Rissbildung erstmals in Österreich ausgesprochen (Hr. Zeman, Hr. Kopf)
- Bekanntgabe „FVZ-Richtlinie“ (Hr. Zeman, Hr. Kopf)
- Diverse Veröffentlichungen (ÖStV, Berufsgruppe Feuerverzinker,...)



**„Von Heute auf Morgen so viele Wissende!“**

## Einschub: DASt-Richtlinie 022

### Allgemeine Informationen:

- „Klassische“ Richtlinie (08-2009) zuerst!
- „Feuerverzinkte tragende“ Bauteile **für** und **in** Deutschland müssen der DASt-022 entsprechen!
- Ergänzung zur DIN 18800-7 (v. EN 1993) sowie zur EN 1090-2 (*Bemessung & Fertigung*)!
- Stahlsorten S235 bis S460 & Vergleichbare!
- Maßnahmen, mit denen Einbußen der **Tragsicherheit** und der **Gebrauchstauglichkeit** durch Rissbildung beim Verzinkungsprozess verhindert werden sollen!
- Aufnahme (12.2009) in die Bauregelliste A (*Teil1, 4.9.15*)  
→ **Verbindlichkeit, Gesetz!**
- Viele „Parallelen“ zur AT-Richtlinie
- Überarbeitung und teilweise Entschärfung -> Ausgabe Juni 2016!





# Einschub: DASt-Richtlinie 022

DEUTSCHER AUSSCHUSS FÜR STAHLBAU		Feuerverzinken von tragenden Stahlbauteilen		August 2009 DASt-Richtlinie 022	
<b>Inhaltsverzeichnis</b>					
1.	Anwendungsbereich	1	bemessen und gefertigt sind. Sie ist an den Planer, Hersteller und Verzinker gerichtet und behandelt		
2.	Normative Verweisungen	1	Maßnahmen, mit denen Einbußen der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit durch Rissbildung beim Verzinkungsprozess verhindert werden sollen.		
3.	Begriffe	2			
3.1	Stahlbauteile	2	(2) Die DASt-Richtlinie gilt für die Stahlsorten S235, S275, S355, S420, S450 und S480 nach DIN EN 10025 Teil 1 bis 4, die nicht für Bauteile nach		
3.2	Eigendehnungen	2			
3.3	Örtliche Bruchdehnung	2			
3.4	Ris				
3.5	Ris				
3.6	Sta				
4.	Anf				
4.1	Grü				
4.2	Sta				
4.2.1	Nar				
4.2.2	Anf				
4.3	Lie				
4.4	Ver				
4.5	Anf				
4.6	Anf				
4.7	Prü				
5.	Ver				
6.	Übe				
6.1	Ver				
6.2	Übe				
6.3	We				
6.4	Fre				
6.5	Ke				
7.	Lite				

<p>Durchflußöffnungen im Steg</p>	<p>Bohrungen im Steg am Trägerelement mit <math>d &lt; 25\text{mm}</math></p>	<p>Im Bereich von Umschweißungen vor Fahnenblechen oder Knotenblechen</p>	<p>Im Steg an Ausklinkungen <math>r \geq 10\text{ mm}, l_{\text{Ausk}} &lt; 150\text{ mm}</math></p>	B	visuell 100% zusätzlich MT-Verfahren nach Anlage 3; stichprobenartig in Konstruktionsklasse III
<p>Im Bereich von Umschweißungen vor Einschieblingen in Profilen oder Röhren</p>	<p>Im Steg unter der halben Kopfplatte schlanker Träger</p>		<p>Im Steg an Ausklinkungen <math>r &lt; 10\text{ mm}, l_{\text{Ausk}} \geq 150\text{ mm}</math></p>	C	visuell 100% zusätzlich MT-Verfahren nach Anlage 3; stichprobenartig in Konstruktionsklasse II und III  1 Detail pro Bauteil und bis max. 10% des gesamten Loses.

- **Bauteil-Klassifizierung**
- **Konstruktionsklassen I - III**  
(„Abmessungen“, Festigkeit, ...)
- **Detailklassen A – C**  
(KO: Trägerende, Einschiebling, ...)
- **Erzeugnisdicke (Klassen)**
- **Konstruktion & Fertigung**  
(Öffnungen, Verhältnisse (Blech), Kaltumformung...)
- **Verzinker-Vorgaben**  
(Zinkbad, Verweildauer, Flux, ...)
- **Berechnungen (!)** (nicht in BRL-A)
- **Verfahrensprüfungen!**

# Einschub: VDI-Richtlinie

## 4.1 Schadensbild bei aggressiver Schmelze

### Schadensgegenstand

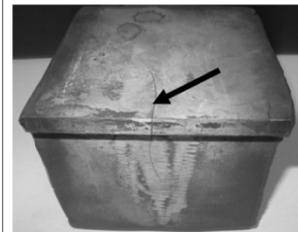
Ein geschweißtes Kastenprofil aus thermisch getrenntem Stahlblech vom Typus S355J2G3 wurde nach dem Verzinken abgebeizt. Dabei konnten zahlreiche Risse festgestellt werden, was zu Kontrollen an anderen Bauteilen führte. Die Kastenprofile wurden vor dem Verzinken stichprobenweise mittels MT-Prüfung rissgeprüft. Identische Bauteile, die in einer zweiten Verzinkerei verarbeitet wurden, waren ohne Risse.

### Schadensbild

Die Anrisse verlaufen ohne erkennbare plastische Verformung und die geöffneten Rissflanken sind mit Zink belegt. Der Rissausgang kann jeweils in Bereichen mit thermischen Schnittkanten lokalisiert werden. Im Anschliffpräparat lassen sich interkristalline Rissverzweigungen nachweisen, die mit Fremdmetall gefüllt sind. Mittels Elementverteilungsbildern kann nachgewiesen werden, dass in den Rissspitzen Zinn tiefer vorgedrungen ist als das Zink. Mittels Punktanalysen lässt sich als weitere Verunreinigung aus der Zinkschmelze Blei im Rissystem nachweisen.

### Schadensursache

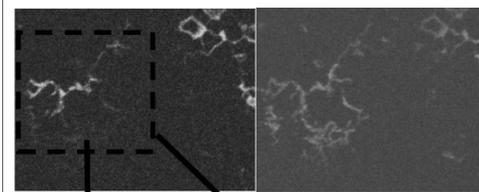
Der Vergleich der Badanalysen ergab, dass bei den schadhaften Teilen zum Zeitpunkt der Verzinkung 0,3 % Zinn und 0,8 % Blei in der Schmelze vorhanden waren. Trotz des relativ geringen Zinngehalts hat die Schmelze aggressiv gewirkt. Durch ungünstige Prozessführung wurden Verunreinigungen, also insbesondere Zinn und Blei, aus dem Badstumpf aufgewirbelt und haben so die Rissentstehung begünstigt.



typischer Riss im Bauteil

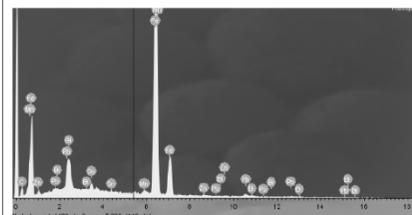


Zinkbelegung (hell)



Zinkverteilung

Zinnverteilung



EDX-Spektrum, Punktanalyse

## 4.8 Verzinkungsschaden durch dickere Dimensionierung und höherfesten Werkstoff

### Schadensgegenstand

Fahrbahnrennungselemente aus Beton werden durch feuerverzinkte Stahlkrallen miteinander zu Fahrbahnabgrenzungen formschlüssig verbunden. Der Aufprall von Fahrzeugen auf die Fahrbahnabtrennung darf nicht zur Trennung der Betonelemente durch Bruch der Stahlkrallen führen.

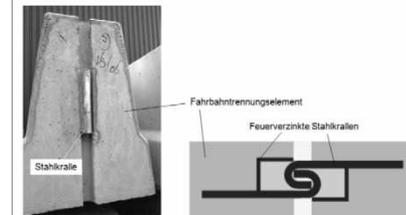
### Schadensbild

Bei der Funktionsüberprüfung dieser Fahrbahnrennungselemente zeigten sich nach dem Aufprallversuch Rissbildungen an den verzinkten Stahlkrallen. Diese Risse traten ausschließlich auf der Innenseite des Biegeradius auf. Im Querschliff wurde eine Belegung der Rissflanken festgestellt. Neben Zink wurde ein erhöhter Gehalt an Blei durch die energiedispersive Röntgenanalyse nachgewiesen. Die Untersuchung mittels Rasterelektronenmikroskops zeigte interkristallin verlaufende Risse im Werkstoff.

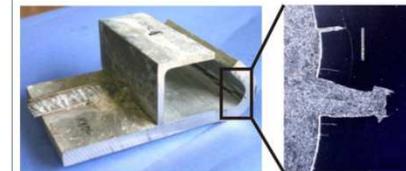
### Schadensursache

Mit der Absicht, die Festigkeit der Elementverbinder zu verbessern, wurde statt dem ursprünglich eingesetzten S235JRG2, bei dem keinerlei Schäden auftraten, der höherfeste Stahl S380MC eingesetzt. Zusätzlich wurde die Blechstärke von 10 mm auf 13 mm erhöht.

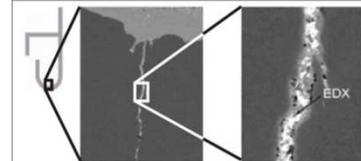
Beim Biegen der Krallengeometrie muss die elastische Rückfederung berücksichtigt werden. Der Einsatz des höherfesten Stahls hat zur Folge, dass die Zugspannungen am Innenradius nahezu doppelt so hoch sind, wie bei dem ursprünglich eingesetzten S235JRG2. Die Anhebung der Blechstärke bei gleichbleibendem Biegeradius verstärkt diese Zugspannungen zusätzlich. Bei der Feuerverzinkung der Krallen kann folglich in diese Bereiche Zink interkristallin in den Werkstoff eindringen und eine Schwächung des Bauteils bewirken.



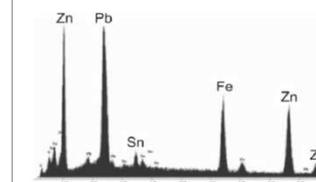
Stahlkralle zur Verbindung von Fahrbahnrennungselementen



Versagen der Stahlkralle nach dem Aufprallversuch



Riss im Innenradius (helle Bereiche: hoher Pb-Anteil; dunkle Bereiche: hoher Zn-Anteil)



Ansammlung von Zink und Blei im obigen Riss

VDI 3822 / Blatt 1.6 / 2009: -> Qualitätssicherung & Schadensanalytik  
(Mechanismus, Einflussgrößen, Beispiele,...)

„RL: Veröffentlichung, Erfahrungen,...

## Erfahrungen mit der Richtlinie:

- „Richtlinie“ für „Jedermann“!
- Dank „Richtlinie“ wurde es in Österreich schnell sehr viel ruhiger betreffend „Unsicherheit“ (*Verzinker, Stahlbauer,...*)! („ÖStV-Brief“, *Medien,...*)
- Richtlinie wurde nicht so kommuniziert, wie angedacht (*Veranstaltungen, Öffentlichkeitsarbeit, ON,...*)!
- Nur teilweise Förderung der (*besseren*) Zusammenarbeit (*Konstruktion!*)!
- Sammelwerk und Überblick für (*Neu-*) Interessierte!
- Basis bei gewissen Unstimmigkeiten!
- Thematik/Wissen geht verloren -> Wiederholung?
- ...
- **Keine „Vorkommnisse“ mehr in diesem Sinne!(?) -> Weitere Vorfälle!**

„RL: 2. Auflage

## Überarbeitung – 2. Auflage (2018-2019)



- Hr. Kobar, Hr. Burtscher & Hr. Winkler
- Abklärungen mit anderen Interessensvertretern
- Entscheidung betreffend Inhalt (2. Auflage):
  - Diverse Anpassungen
  - Neue Kapiteln
- Versuch eines „Abweichungskataloges mit Erklärung und Verbesserungsmöglichkeiten  
-> Aufwand, Datenschutz,... -> 3. Auflage!?
- Weitere Ideen für Ergänzungen -> 3. Auflage!?
- Diskussion 2. Auflage -> Zinn-Gehalt,...!?

## „RL: 2. Auflage

- Überarbeitung (*2. Auflage*) der Richtlinie
  - Kleineres Team
  - Überarbeitung/Anpassung bestehender Themen:  
Thermische Spannungen beim Tauchprozess, diverse Bilder,  
Randabstände & Verzinkungsbohrungen, Tabelle Durchfluss  
Öffnungen, Überlappungen, Zinkbadzusammensetzung, ...
  - Ergänzung von „neuen“ Themen:  
Abbeizen, Passivierung, Hochtemperaturbereich, Duplex-  
Verfahren, Weißrost, Braunfärbung, Aktualisierung  
Normenregister

## „RL: 2. Auflage

- 2. Auflage -> Erweiterung / Austausch von Bildmaterial



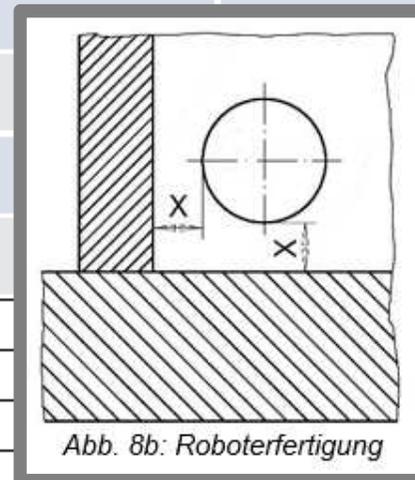
Abb. 20: Irreversible Veränderungen des Erscheinungsbildes durch „schmutzige“ Spanngurte

„RL: 2. Auflage

• 2. Auflage -> Randabstände & Verzinkungsbohrungen

Tab. 2: Richtwerte für Randabstände von Verzinkungsbohrungen in Abhängigkeit von Nahtart und Nahtgröße

Nahtgröße	Kehlnaht Abstand X [mm]	Versenkte Kehlnaht Abstand X [mm]
a3	9	9
a4	11	10
a5	12	11
a6	14	12
a7	15	13
a8	16	14
a9	18	15
a10	19	15
a12	22	17
a14	25	19
a16	28	21



„RL: 2. Auflage

- 2. Auflage -> Tabelle Durchflussöffnungen

Tab. 3: Mindestabmessungen für Durchflussöffnungen bei Hohlprofilen bis 6 m Länge /

Hohlprofil-Abmessungen in (mm)			Mindest-Loch-Ø in (mm) bei einer jew. Anzahl der Öffnungen		
○	□	◻	1	2	3
15	15		10		
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

Ein Hohlprofil mit den Abmessungen „80 x 40“ in Millimeter bis zu einer maximalen Länge von 6 Metern muss an jedem Ende mindestens eine Öffnung mit einem Durchmesser von 16 mm aufweisen (*Lage im Zusammenhang auch mit der Entlüftung beachten!*).

Alternativ können es auch 2 Öffnungen mit einem Durchmesser von 12 mm, oder 4 Öffnungen mit einem Durchmesser von 10 mm pro Hohlprofil-Ende sein.

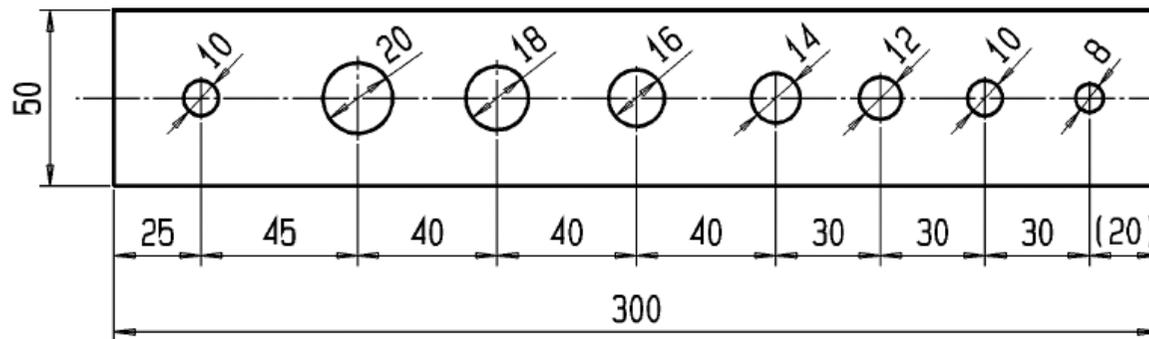
Bei Profilen mit einer Länge über 6 Meter sind die Anzahl der Löcher und deren Größe zu erhöhen.

„RL: 2. Auflage

- 2. Auflage -> (Tabelle Durchfluss-) Öffnungen

Kleinteilversuche (2007):

Colini



Wandstärke t [mm]
5
8
10
12
15
20
25
30



Sandgestrahlte „Lochproben“

- Effekt „Zugefrieren / Eingefrieren“  
(Lochdimensionierung, Materialstärke, ...  
Masse)
- Visualisierung für Konstrukteure
- ...

„RL: 2. Auflage

- 2. Auflage -> (*Tabelle Durchfluss-*) Öffnungen



Testversuch mit

verschiedenen Tauchzeiten!

-> Visualisierung / Verständnis!

„RL: 2. Auflage

- 2. Auflage -> (*Tabelle Durchfluss-*) Öffnungen



**Achtung:** Auf Grund der Temperaturunterschiede beim Eintauchen vom Material/Bauteil (*20 bis 50°C im Schnitt*) und dem Zinkbad (*450°C und höher (HT-FVZ)*) kommt es bis zum Temperatenausgleich bei kleineren Öffnungen zum sogenannten Einfriereffekt („*Erstarren von Zink*“, *Schmelzpunkt von reinem Zink: 419,5°C*). Deshalb sollten die Lochdimensionen immer so groß wie möglich gewählt werden.

„RL: 2. Auflage

- 2. Auflage -> Überlappungen



Tab. 4: Konstruktive Maßnahmen bei Überlappungen

Überlappungsfläche	Maßnahme	Bemerkung
bis 100 cm <sup>2</sup>	umlaufend dicht Schweißen	Empfehlung: Entlastungsbohrungen (Diagonalbohrungen)
100 bis 1000 cm <sup>2</sup>	Entlastungsbohrungen	Diagonalbohrungen (mind. 10 mm) & mittige Bohrung (mind. D 20 mm)
> 1000 cm <sup>2</sup>	Entlastungsbohrungen	Abklärung mit Verzinkerei



Abb. 11: Überlappungsflächen mit Entlastungsöffnungen

... möglichst vermeiden!!!

## „RL: 2. Auflage

- 2. Auflage -> Erweiterung: Verzinkungsprozess, Abbeizen

Die klassische Vorbehandlung der Bauteile beinhaltet das Entfetten (*meist auf basischer Ebene*), Spülen, Beizen, Spülen und Fluxen, wie auch das Trocknen der Bauteile. Wird auf saurer Basis entfettet kann das Spülen vor dem Beizen entfallen. Die Bauteile sollten möglichst in Abhängigkeit der Konstruktion und den Möglichkeiten des Handlings in der Vorbehandlung rasch eingetaucht – wie auch beim Zinkbad selbst - und ausgezogen werden. Dabei ist es auch für die Vorbehandlung wichtig, dass die flüssigen Medien alle Oberflächen (*Hohlräume!*) benetzen und auch nicht in andere Vorbehandlungsschritte verschleppt werden.

Für das Abbeizen (*nochmaliges Beizen*) von Bauteilen mit bereits vollständiger oder zum Teil feuerverzinkten Oberflächen (*z.B.: Konstruktionsanpassungen, Ware mit aufgeschweißten, verzinkten Schrauben, unzureichender Verzinkung, ...*) haben die meisten Feuerverzinkungsbetriebe ein eigenes „Abbeizbecken“ (*Zusammensetzung, Verschmutzung, Entsorgung, Zeit, ...*).

Auf Grund des Aufwandes (*inkl. Entsorgung*) wird ein Zuschlag verrechnet. Das Risiko einer möglichen Erhöhung einer Wasserstoffversprödung ist zu berücksichtigen. Das Abbeizen sollte somit in Absprache zwischen Verzinker und Kunde erfolgen.

„RL: 2. Auflage

• 2. Auflage -> Grenzwerte Zinkbadzusammensetzung

Die Anteile der chemischen Elemente Zinn, Blei und Wismut sind jedoch bis zum Vorliegen neuerer Forschungsergebnisse hinsichtlich deren Einfluss auf die Gefahr der Rissbildung auf folgende **Maximalwerte** zu beschränken.

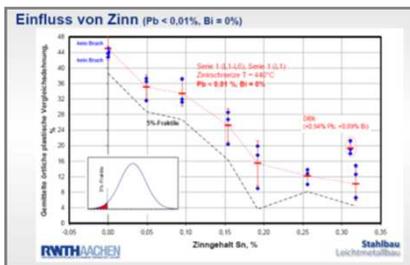
Zinn (Sn)	max. 0,05 %
Blei (Pb)	max. 0,8 %
Wismut (Bi)	max. 0,1 %

Das Eintauchen sollte möglichst rasch und in einem möglichst steilen Winkel erfolgen.

**AT-FVZ-Richtlinie 07:**  
**Anforderungen an das Zinkbad**

**DAST-022:**

**Anforderungen an  
das Zinkbad**



Zinkbad-Klasse	Gew.-Anteile in der Zinkschmelze					plast. Dehnbarkeit $\epsilon_{R,ref}$
	Sn	Pb + 10 Bi	Ni	Al	Summe weiterer Elemente (ohne Zn)	
1	Sn $\leq$ 0,1%	1,5 %	< 0,1%	< 0,1%	< 0,1%	12%
2	0,1% < Sn $\leq$ 0,3%	1,5 %	< 0,1%	< 0,1%	< 0,1%	6%
3	Sn > 0,3%	1,3 %	< 0,1%	< 0,1%	< 0,1%	2%

**Tabelle A5.2: Dehnungsbeanspruchbarkeit beim Eintauchen als Bezugswert für die Abminderung durch weitere Flüssigmetallversprödung**

„RL: 2. Auflage

- 2. Auflage -> Grenzwerte Zinkbadzusammensetzung

Verbindung mit der DAST-Richtlinie 022 -> **Pb, Bi, Al!**

Tab. 5: Grenzwerte bzw. Maximalwerte für die chemische Zusammensetzung des Zinkbades

<b>Zinn (Sn)</b>	$\leq 0,1 \%$	Empfehlung: max. 0,05% Sn bei kritischen Bauteilen (z. B. EXC 3, EXC 4) bzw. auf Kundenwunsch
<b>Blei* (Pb)</b>	$\leq 0,8 \%$	bzw. Summenformel* (Pb & Bi)
<b>Wismut* (Bi)</b>	$\leq 0,1 \%$	bzw. Summenformel* (Pb & Bi)
<b>Aluminium (Al)</b>	$\leq 0,1 \%$	

\* ... in Anlehnung an die DAST-Richtlinie 022 (*Feuerverzinken von tragenden Bauteilen*) kann bezüglich der Kombination von Blei und Wismut auch die Summenformel

$$(Pb + 10 \times Bi) \leq 1,5$$

angewendet werden, wobei der Wert von 1,5 nicht überschritten werden darf!

## „RL: 2. Auflage

- 2. Auflage -> Erweiterung Passivierung, Normen,...

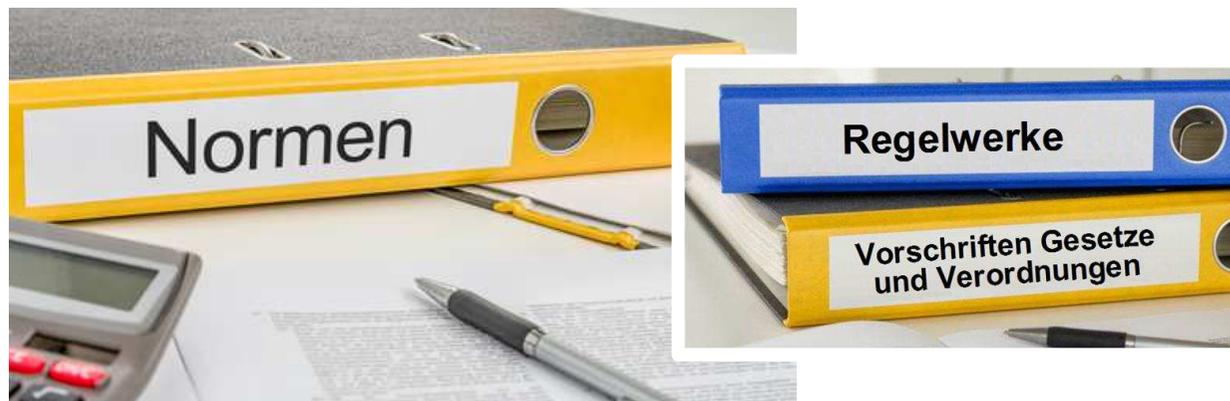
### 5.10 Passivierung (*temporärer Glanzerhalt der Feuerverzinkung*)

Feuerverzinker bieten unterschiedliche Methoden, Verfahren und Prozesse zur Passivierung von verzinkter Ware an und eine Anwendung ist zwischen dem Verzinker und dem Kunden vorab zu vereinbaren.

Durch das Passivieren wird einerseits die Bildung von Weißrost und einer Zinkpatina verhindert bzw. stark verlangsamt und andererseits wird ein vorhandener Glanz (*Reinzinkschicht*) konserviert.

Die Passivierung hat je nach Methode eine temporäre Schutzwirkung mit einer Dauer von 6 bis 12 Monaten

Bei einer weiteren Bearbeitung (z.B.: *Duplex-Beschichtung*, ...) ist dies mit dem Verzinker im Vorfeld abzuklären. |



## „RL: 2. Auflage

### • 2. Auflage -> 5.12 Hochtemperaturverzinkung (Neu!)

Hochtemperaturverzinkung ist ein Schmelztauchverfahren, bei dem Stahlteile je nach Anforderung bei Temperaturen von 480 bis 620° C in einem sogenannten Keramikessel, einem elektrisch (*induktiv*) oder oberflächenbeheizten Verzinkungsbad getaucht und veredelt werden. Dabei werden bei Temperaturen der Zinkschmelze von 480 bis 620° C die zu verzinkenden Teile in der Regel mit Gestellen oder in Körben verzinkt, die direkt nach dem Verzinkungsprozess im sogenannten Schleuderverfahren durch rasches Drehen von Zinkresten befreit („*geschleudert*“) werden. Das Ergebnis sind auf Grund von der höheren Temperatur (*Viskosität*) gegenüber der Standardverzinkung dünnere und meist graue bis dunkelgraue Zinkschichten (*keine Reinzinkschicht im Normalfall*), die auf Grund der Eisen/Zinklegierung härter sind.

#### Vorteile der Hochtemperaturverzinkung:

- auf Grund der Schleuderfertigung weniger Zinknachlauf
- bessere Gängigkeit von Gewinden, Schrauben
- freie Öffnungen
- höhere Oberflächenhärte (*durchwachsene Eisen/Zinklegierung*)
- verbesserte Verschleißbeständigkeit
- besseres tribologisches Abriebverhalten
- ...



#### Nachteile der Hochtemperaturverzinkung:

- geringere Schlagfestigkeit der Verzinkungsschichten (*Sprödigkeit*)
- Einschränkung der Bauteile auf kleinere Dimensionen (*Badabmessungen*)
- Einfluss höherer Temperatur auf Werkstoffe,...
- ...

≈ 520 – 560°C

„RL: 2. Auflage

- 2. Auflage -> 5.13 DUPLEX-Verfahren (*Neu!*)



**DUPLEX – VERFAHREN** (*FVZ & Beschichtung „Nass“ / „Trocken“*)

„RL: 2. Auflage

## Diverse Themen im Zusammenhang mit Duplex (nach FVZ):



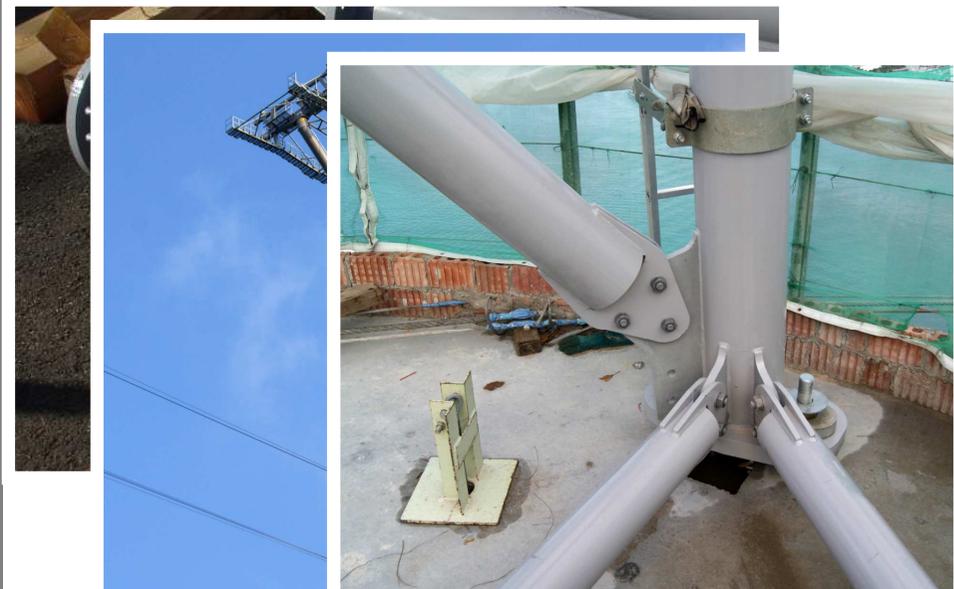
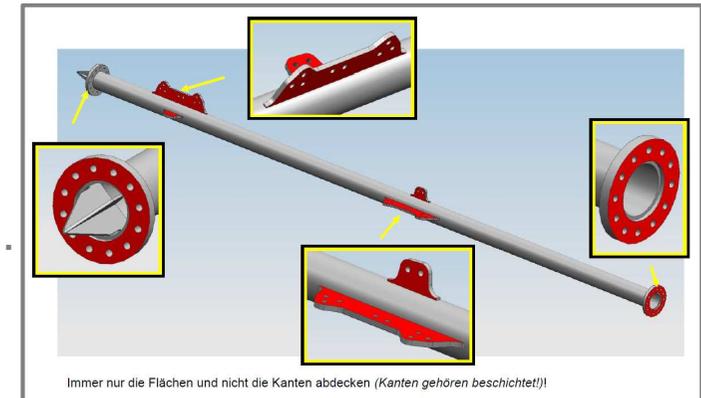
- Vorbehandlung & Sweepen (12944-4/9)  
(Oberfläche, Rauheit, Sauberkeit, ...)
- Zeitraum zw. FVZ & Beschichtung  
(Lagerung, Bearbeitung (Rückstände), ...)
- Schichtaufbau bzw. System (EP, PU, ...)
- Schichtstärken
- Kanteneffekt
- Ausbesserung (System, Glanzgrad,...)  
(Nass- & Trocken-Beschichtung -> Baustelle/Betrieb)
- Handling
- Lagerung, Verpackung & Transport
- Wartung (Beschichtung!)

„RL: 2. Auflage

## Weitere Themen im Zusammenhang mit Duplex *(nach FVZ)*:

- Schraubensetzung
- Reibwerte *(Reibverbindungen, Werte,...)*  
→ Abdeckungen,...

- Farbgebung  
*(bei Möglichkeit!)*



## „RL: 2. Auflage

- 2. Auflage -> 6.2 Weißrost (Neu!)



### 6.2 Weißrost

Der klassische Korrosionsschutz der Feuerverzinkung beruht auf einer zeitverzögerten (*Tage, ...*) Ausbildung einer „**Zinkpatina**“ (*Deck- bzw. Schutzschichten*) auf Grund von einer langsamen Korrosion an der Oberfläche (*natürliche Bewitterung*). Diese Schutzschichten bestehen primär aus basischem Zinkcarbonat (*Zinkhydroxidcarbonat*) und können sich bei längerer Benetzung mit Wasser oder bei mangelndem Luftzutritt nicht entsprechend ausbilden. Das dabei entstehende „weiß-gräuliche“ Korrosionsprodukt nennt man „**Weißrost**“.

Die Bildung von **Weißrost** (*größtenteils Zinkhydroxid*) ist auch ein natürlicher Vorgang und hat grundsätzlich keine Auswirkung auf die Verzinkungsqualität und ist auch kein Grund für Beanstandungen, sollte nicht im Vorhinein mit dem Verzinker eine Vereinbarung für z.B. Lagerung unter Dach bzw. Transport in geschlossenen LKW usw. getroffen worden sein.

In dauerfeuchter Umgebung, z.B. in Spalten, aufeinanderliegenden Flächen (*Bleche, großflächige Konstruktionen, ...*) und bei hoher Kondensatbildung, entsteht sehr rasch Weißrost. Diese Weißrostbildung kann zu höheren Abtragsraten führen, falls das feuchte Klima bestehen bleibt, keine Trocknung erfolgt, weil dadurch die Bildung der Zinkpatina nur bedingt bzw. nicht erfolgen kann.

Kritische Bauteile bezüglich „Erscheinungsbild“, wie z.B. Bleche, großflächige Konstruktionen usw., dürfen nicht lange aufeinander gestapelt liegen, falls sie der Witterung ausgesetzt sind, da der Korrosionsschutz der Verzinkung stark abnehmen kann und somit das Erscheinungsbild drastisch beeinflusst.

Für eine mögliche spätere Beschichtung (*Duplex-Verfahren*) ist Weißrost unbedingt zu entfernen, da ansonsten die Haftung nicht gegeben ist.

Abb. 22: Weißrostentfernung größtenteils mit Hilfe einer Bürste bei noch kürzeren Lagerzeiten





## „RL: 2. Auflage

- 2. Auflage -> 6.3 Braunfärbung (*Neu!*)

### 6.3 Braunfärbung

Unter „**Braunfärbung**“ versteht man im Allgemeinen eine rostbraune Verfärbung des Zinküberzuges, die durch Korrosion bzw. durch Korrosionsprodukte, wie Abgase und andere Luftverschmutzungen, sowie andere witterungsbedingte Umwelteinflüsse entsteht. Diese Braunfärbung ist in der Regel keine Korrosion vom Grundwerkstoff. Die Verfärbung steht meistens im Zusammenhang mit dem Korrodieren vom Eisenanteil bzw. den Eisenionen in den Zink-Legierungsschichten und ein brauner „Belag“, bevorzugt auf Wetterseiten und rauen Oberflächen, ist die Folge.

Eine „Braunfärbung“ von feuerverzinkten Oberflächen kann vor allem auch an Gewässern und feuchten, sumpfigen Landschaften und alpinen Regionen auf Grund der Anhaftung von Algen und Mosen – speziell bei fehlenden Reinzinkschichten und rauerer Oberflächen - beobachtet werden.

Bei diesem Erscheinungsbild empfiehlt es sich, mit dem Verzinkungsunternehmen Rücksprache zu halten und gegebenenfalls eine Ursachenanalyse durchzuführen und z.B. durch Schichtdickenmessungen die Auswirkungen auf den Korrosionsschutz zu prüfen bzw. deren intakte Schutzwirkung sicher zu stellen.

Abb. 24: Beispiele der Braunfärbung an Gewässern (unterschiedliche Zink-Schichtausbildung)

„RL: Ausblick, Empfehlung, Diskussion

- 2. Auflage -> „Abweichungs- bzw. Fehlerkatalog“!?



- Erfahrungen
- Sammlung
- ...
- Bild-Rechte, Formulierungen,...  
-> Aufwände!



Idee -> **3. Auflage!**

+ Schleuderverzinken, Salzsprühtest, Abkühlung mit Wasser, Flux-Prozess, Zink-Schichtausprägungen, ... + Ergänzungen!?

„RL: Ausblick, Empfehlung, Diskussion

# „Gemeinsame Schulungen / Informationsaustausch“

Architekten, Konstrukteure, Fertiger,... -> FVZ-Betrieb!

## FVZ-Informationen/Schulung

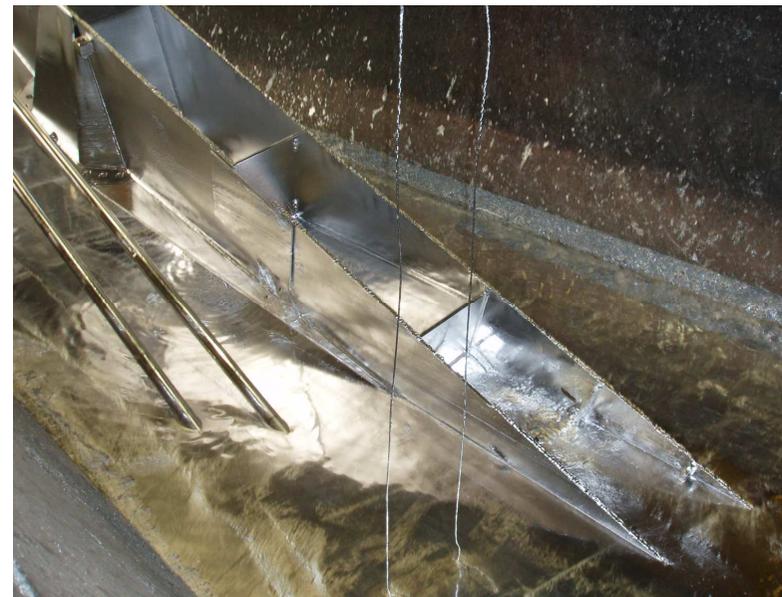
(*neuer*) Mitarbeiter  
(*Techniker,...*) und  
Besichtigung  
in einer  
Verzinkerei!  
(*Intervall*)



„RL: Ausblick, Empfehlung, Diskussion

**Demonstration („Lerneffekt“ ↑):**

- „Präpariertes Bauteil“
- Kein Standard-Tauchprozess!
- Eintauchen und Ausziehen!
- ...

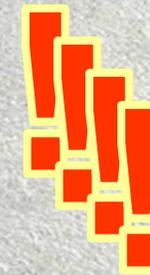


„RL: Ausblick, Empfehlung, Diskussion

**Kommunikation!**



„Stahlbauer“ ↔ „Verzinker“  
(+ „Beschichter“)



**Prozesskette:**

„Werkstoff – Konstruktion – Fertigung - Feuerverzinkung“

„RL: Ausblick, Empfehlung, Diskussion

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



„Heißer“ Kaffee!



Otmar Burtscher (*Collini GmbH*)  
DI Markus Winkler (*Doppelmayr Seilbahnen GmbH*)