

Thomas Cernic, Linz - Österreich  
www.cernic.at

**Schienenschweißen –  
Innovative Technologien  
erfordern neues Denken ...**

Leipziger Instandhaltungsforum 2016

Schienenschweißen – Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

**Verschweißung  
höher- & hochfester Rillenschienen**

- ❖ Grundlagen
- ❖ Schadensfälle & Versuche
- ❖ Hintergründe & Besonderheiten
- ❖ Blick zum ‚Rund-herum‘ (Vorschriften) ...

Übersicht

Schienenschweißen – Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

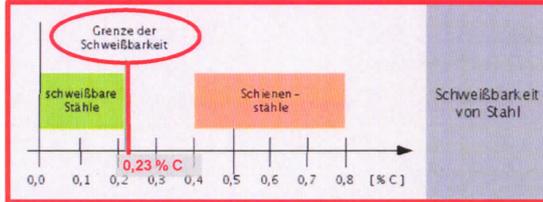
**Unsere Begleiter ...**



Vorstellung

Schienenschweißen – Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

**Schienestahl – Kohlenstoff**



Grundlagen

Schienenschweißen – Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

**Was bringt Vorwärmen  
beim Schienenschweißen?**

Ausbildungsexperiment

In Zusammenarbeit mit Swietelsky Eisenbahnbau  
© TB Cernic - Linz - Austria

Grundlagen

Schienenschweißen – Innovative Technologien erfordern neues Denken ...



„He Jens, stell‘ mir mal schnell  
den Strom ein bisschen höher!“

Fritz schweißt NUR eine kleine Raupe am Schienenfuß...

Schienenschweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### Schienenstahl – Kohlenstoff

- **Schweißungen von Schienenstahl brauchen ausreichend Zeit zum Abkühlen!**
- **Je mehr Kohlenstoff, desto mehr Abkühlzeit erforderlich!**

Schienenstahl

Schienenschweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### Wärmeeinflusszone

WEZ

Schmelzzone  
Grobkornzone  
Feinkornzone

1500 °C  
1000 °C  
500 °C

50 60 mm

Grundlagen

Schienenschweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### Wärmeeinflusszone – Härteverlauf

Grundlagen

Schienenschweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### Wärmeeinflusszone (WEZ)

Je mehr Wärme beim Schweißen eingebracht wird, desto

- **breiter ist die WEZ**
- **breiter ist die Weichglühzone**

Schienenstahl

Schienenschweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### Herausforderung ‚höherfeste Rillenschiene‘

700

höherfest

Grundlagen

Schienenschweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### E – Verbindungsschweißung – Hartauftragung

Härte

Elektrische Schienenverbindungsschweißung – Hartauftragung

Schienen-schweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

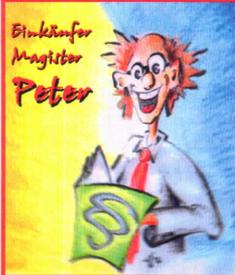


„Ich bekomme  
Akkordlohn,  
meine Firma zahlt  
nach Stück;  
Mensch, da geh' ich  
mal ordentlich  
mit'm Strom rauf ...“

Fritz gibt Gas ...

Schienen-schweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

„Die Firma kriegt  
den Zuschlag!  
Die sind die  
Billigsten,  
und:  
Die geben richtig  
Gas!“



Der kurz-sichtige Einkäufer

Schienen-schweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

Schadensfall  
**Eindellung**



Elektrische Schienen-verbindingsschweißen - Hartauftragung

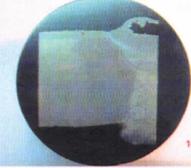
Schienen-schweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

Fall I **Hartauftragung überhitzt**

Härte



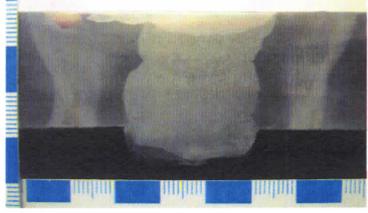
Härteabfall im SG  
bis 40 % !!!



Eindellung - Elektrische Schienen-verbindingsschweißen - Hartauftragung

Schienen-schweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

Fall II **Hartauftragung zu gering**



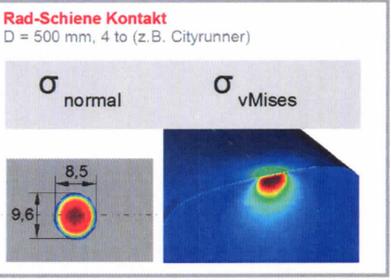
Eindellung - Elektrische Schienen-verbindingsschweißen - Hartauftragung

Schienen-schweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

Fall II **Mindeststärke Hartauftragung**

**Rad-Schiene Kontakt**  
D = 500 mm, 4 to (z.B. Cityrunner)

$\sigma_{normal}$        $\sigma_{vMises}$



Eindellung - Elektrische Schienen-verbindingsschweißen - Hartauftragung

Schienenschweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### Fall III Grundmaterial überhitzt

Härteabfall Weichglühzone

Eindellung - Elektrische Schienenverbindungsschweißung - Hartauftragung

Schienenschweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### Fall III ‚Breite der Weichglühzone‘ vs Kontakt

‚Eindrückung‘ – Verformung der Fahrfläche

Eindellung - Elektrische Schienenverbindungsschweißung - Hartauftragung

Schienenschweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### Fall III Härteabfall - ‚Tiefe der Weichglühzone‘

Vergleich Härte GWST – Härte Weichglühzone  
Referenzgüte R220 (CT3)

Schienenarten	Härte	Verhältnis (%)
CT3	40%	27%
CT2	27%	26%
CT4	26%	18%
CT1	18%	14%
CT2	14%	-

Eindellung - Elektrische Schienenverbindungsschweißung - Hartauftragung

Schienenschweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### Fall IV Beschleifung zu tief

Eindellung - Elektrische Schienenverbindungsschweißung - Beschleifung

Schienenschweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### Eindellung GEWÄHRLEISTUNG GUTER QUALITÄT?

„Ja, da haben wir einen Schweißüberwacher, der ist Profi... und natürlich der Billigste!“

Elektrische Schienenverbindungsschweißung - Hartauftragung

Schienenschweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### Eindellung – Conclusio

Ziel:  
**Gebrauchstauglichkeit während Lebensdauer**

⇒ Eine qualitativ gute Schweißung benötigt + 1h! gegenüber einer ‚Schnellen‘ !!!

⇒ Je ‚höherfester‘, desto enger das Toleranzfenster !!!

Elektrische Schienenverbindungsschweißung - Hartauftragung

Schienenweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### Schadensfall UP-Auftragschweißung

Höherfeste Schiene  
Bogen

UP-Auftragschweißung - Schienenbruch

Schienenweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### UP-Auftragschweißung - Schadensfall

UP-Auftragschweißung - Schienenbruch

Schienenweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### UP-Auftragschweißung - Schadensfall

UP-Auftragschweißung - Schienenbruch

Schienenweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### UP-Auftragschweißung - Aufmischung

UP-Auftragschweißung - Schienenbruch

Schienenweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### UP-Auftragschweißung - Grundwerkstoff

Vergleich R200 - 'Höherfest'

UP-Auftragschweißung - Schienenbruch

Schienenweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### UP-Schweißung - Schadensfall WIE HAT ER'S DENN GEMACHT?

„Ja, ich bekomm' nach Meter bezahlt - na klar, da geb' ich Stoff, was das Zeug hergibt!“

UP-Auftragschweißung - Schienenbruch

Schienen-schweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### UP-Auftragschweißung - Conclusio

Ziel:  
**Gebrauchstauglichkeit während Lebensdauer**

- ⇒ Strom / Spannung → geringe Aufmischung
- ⇒ Ausreichende Streckenenergie
- ⇒ Je ‚höherfester‘, desto enger das Toleranzfenster !!!

UP-Auftragschweißung - Schienenbruch

Schienen-schweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### AS-Schweißung - Höherfeste Rillenschienen







AS-Schweißung höherfester Rillenschienen

Schienen-schweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### AS-Schweißung - Höherfeste Rillenschiene



„Normalerweise  
schweiße ich  
SkV, aber SRZ  
is‘ ja auch  
nicht schwer...  
Is‘ ja alles das  
Gleiche!“

AS-Schweißung höherfester Rillenschienen

Schienen-schweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### Schadensfall AS-Schweißung

Mechanisch technologischer Versuch

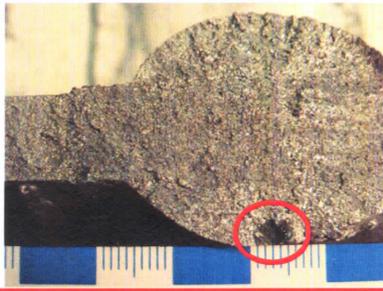
Kerbschlag an einer  
Schienenschweißung

© TB Cerncic - Linz - Austria - 2016

AS-Schweißung höherfester Rillenschienen

Schienen-schweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### AS-Schweißung - Schweißfehler

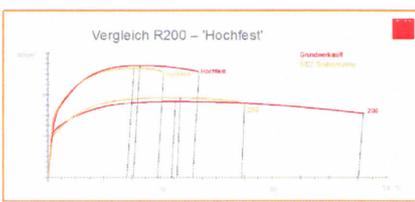



AS-Schweißung höherfester Rillenschienen

Schienen-schweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### AS-Schweißung - GWST Charakteristik

Vergleich R200 - 'Hochfest'



**Charpy-V 8J**

AS-Schweißung höherfester Rillenschienen

Schienen-schweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### AS-Schweißung - GWST Charakteristik



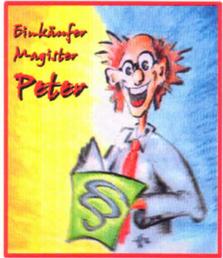
AS-Schweißung höherfester Rillenschienen

Schienen-schweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### AS-Schweißung - Schweißbeignung

Wie stellt unser Einkäufer gute QUALITÄT der Werkstoffe sicher?

„Wir bestellen nach den einschlägigen EN-Normen, da haben wir die anerkannten Regeln der Technik!“



AS-Schweißung höherfester Rillenschienen

Schienen-schweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### Grundwerkstoff

### prEN 14811 - ‚Rillenschienen‘

Diese Norm beinhaltet ‚praktisch keine‘ Regelung zur Gewährleistung der Stahlqualität...

AS-Schweißung höherfester Rillenschienen

Schienen-schweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### Grundwerkstoff

### prEN 14811 - ‚Rillenschienen‘

Einleitung:  
Diese Norm gilt für Beschaffungen, die unter die Europ. Beschaffungsrichtlinie 2014/24/EU fallen.

AS-Schweißung höherfester Rillenschienen

Schienen-schweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### AT-Schweißung höherfester Schienen

Ziel: **Gewährleistung der Schweißbarkeit, Stahlqualität**

VDV 609: Marginaler Hinweis auf Schweißbeignung

VDV 600: Marginaler Hinweis auf ‚Freiheit von Fehlern‘

prEN 14811: ‚Nichts‘

AS-Schweißung höherfester Schienen

Schienen-schweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

### Neues Denken scheint erforderlich bei ...

#### Allgemein

Bei der Strassenbahn entwickeln sich Materialien anders als bei der Vollbahn d.h. diesen speziellen Bedingungen ist Rechnung zu tragen

#### Vergabe

Der Fokus ist auf ‚Lebensdauer‘ und der dafür erforderlichen Komponente ‚Zeit‘ bei der Herstellung (‚Stückpreis vs. metallurgischer Zeiterfordernis‘) zu legen

Conclusio

Schienenschweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

Neues Denken scheint erforderlich bei ...

**Herstellung und Überwachung**  
Je ‚höher‘ die Güte, desto enger das Toleranzfenster'  
(z.B. Qualifizierung des Schweißverfahrens durch den Hersteller, Arbeitsproben vor der Herstellung, usw. ...)

**Regelwerk**  
Die Verarbeitung / Verschweißung höherfester Schienengüten erfordert präzise Regelungen  
( ‚Verformungsvermögen‘, ‚höhere Eigenspannungen‘, ‚Prüfungsmethoden‘, usw. ... )  
**u.v.a.**

Conclusio

Schienenschweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

Ich wünsche schöne Schienenschweißungen!



www.cerncic.at

Schienenschweißen - Innovative Technologien erfordern neues Denken ...

**Nachsatz – Rahmenbedingungen**

Ich bin ein ‚Ein-Mann-Betrieb‘ und investiere jedes Jahr für erhebliche Summen in Forschung. Aus diesem Grund ersuche ich um Verständnis, dass markante Daten (z.B. Materialdaten) in diesem Vortrag anonymisiert sind.

Im Sinne eines besseren Verständnisses wurden einige Darstellungen (z.B. Härteverläufe) vereinfacht / idealisiert.

Manche der dargestellten Abläufe sind Aufnahmen aus einem Schadensfall bzw. einem Versuch; es ist daher nur bedingt möglich, endgültige Schlüsse zu ziehen. Hier bedürfte es oftmals größerer Stichproben. Ich lade interessierte Verkehrsunternehmen ein, an Forschungsarbeiten und Grundlagenuntersuchungen teilzunehmen.

**Gerne stehe ich für ein persönliches Gespräch zur Verfügung!**  
Thomas Cerncic

www.cerncic.at