

# Durchstrahlungsprüfung aluminothermischer Schweißungen von verlegten Schienen mit Hilfe von Speicherfoliensystemen

Jörg BECKMANN\*, Waldemar PRZYBILLA\*, Bernhard REDMER\*, Uwe EWERT\*,  
Siegfried RACHNY\*\*, Bela OCHSENFARTH\*\*, Ronald KRULL\*\*\*

\* Bundesanstalt für Materialforschung- und -prüfung, Unter den Eichen 87, 12205 Berlin

\*\* Applus RTD Deutschland, Inspektionsgesellschaft mbH, Elisabethstr. 8, 50226 Frechen

\*\*\* Deutsche Bahn AG, DB Systemtechnik, Bahntechnikerring 74,  
14774 Brandenburg-Kirchmöser

**Kurzfassung.** Speicherfoliensysteme werden seit den 80-iger Jahren in der Röntgendiagnostik eingesetzt. Die technische Modifizierung der anfänglich im medizinischen Bereich genutzten Speicherfoliensysteme ermöglichte die Einführung der Computer-Radiographie (CR) in die Digitale Industrielle Röntgenprüfung mit dem Ziel des Filmersatzes. Die Speicherfolien detektieren im Vergleich zum Röntgenfilm einen wesentlich größeren Dosisbereich. Die daraus resultierende Dynamik befähigt die Speicherfoliensysteme zur Abbildung eines großen Objektumfanges und verringert zugleich das Risiko einer Fehlbelichtung. Vor allem die Möglichkeit, unmittelbar nach dem Belichten das virtuell im Speicherleuchtstoff gespeicherte Durchstrahlungsbild auszulesen, in digitalisierter Form im PC zu speichern und auf dem Bildschirm betrachten zu können, verdeutlicht die Vorteile von CR Systemen beim Gebrauch in der Durchstrahlungsprüfung. Eine vollständige Ablösung des Röntgenfilmes durch digitale Techniken ist jedoch erst dann zu erwarten, wenn es gelingt, eine Bildqualität zu erreichen, die besser oder gleichwertig zu der vom jeweiligen Röntgenfilmsystem geforderten ist. Mit diesem Ziel hat in den letzten Jahren eine technische Weiterentwicklung von CR Systemen für den industriellen Einsatz stattgefunden. Im gleichen Zeitraum wurden mehrere Standards zur Bewertung von CR Systemen und zu deren richtigen Gebrauch in der Durchstrahlungsprüfung entwickelt.

Heutzutage ist die Herstellung von Durchstrahlungsbildern mit einer entsprechend gewünschten Bildgüte sichergestellt, was in den letzten Jahren zum verstärkten Einsatz von CR Systemen in der Durchstrahlungsprüfung führte.

Im Rahmen einer von der EU finanzierten Studie (Filmfree) wurden anfänglich systematische Untersuchungen zu den Einsatzmöglichkeiten und -grenzen von CR Systemen für die Durchstrahlungsprüfung von aluminothermischen Schweißnähten in Schienen durchgeführt.

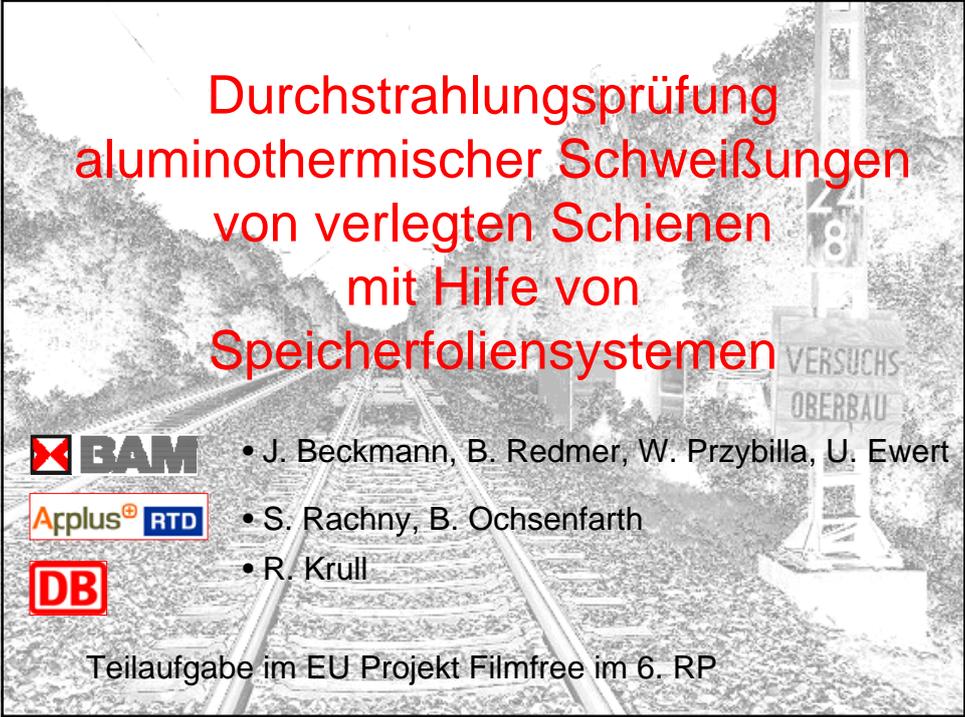
Anhand der Ergebnisse ließen sich optimale Bedingungen und Strategien für die Durchstrahlungsprüfung von Schienen ableiten, die anschließend im vor Ort Einsatz auf der Teststrecke der Deutschen Bahn verifiziert wurden.

Im vorgestellten Beitrag werden die Vorteile des Einsatzes von CR Systemen bei der Durchstrahlungsprüfung von aluminothermischen Schweißnahtverbindungen dargestellt und deren Verwendung unter realen Verkehrsbedingungen im Schienenverkehr beschrieben.

Es wird gezeigt, wie unter den bestehenden Fahrbetriebsbedingungen die Durchstrahlungsprüfung von Schweißungen in verlegten Schienen umgesetzt werden kann.

E-mail: joerg.beckmann@bam.de





# Durchstrahlungsprüfung aluminothermischer Schweißungen von verlegten Schienen mit Hilfe von Speicherfoliensystemen



• J. Beckmann, B. Redmer, W. Przybilla, U. Ewert



• S. Rachny, B. Ochsenfarth



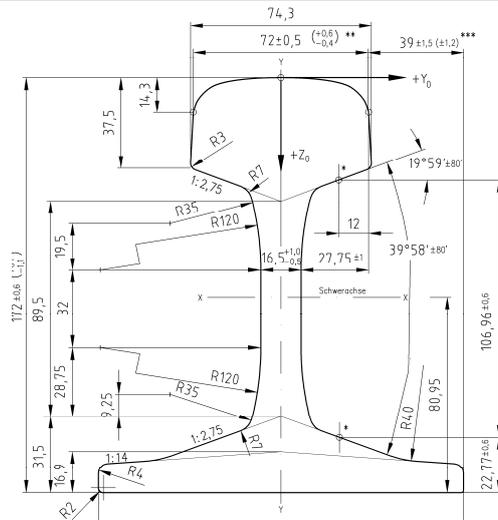
• R. Krull

Teilaufgabe im EU Projekt Filmfree im 6. RP

## Gliederung

- ▶ Beschreibung der Prüfsituation
- ▶ Computer Radiographie an Aluminothermischen Schweißnahtverbindungen von Schienen
- ▶ Ergebnisse
- ▶ Schlussfolgerung

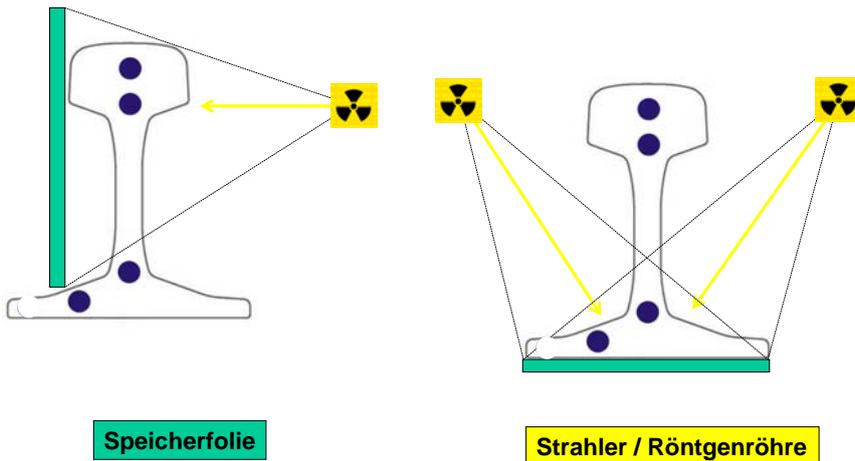
## Schweißnaht



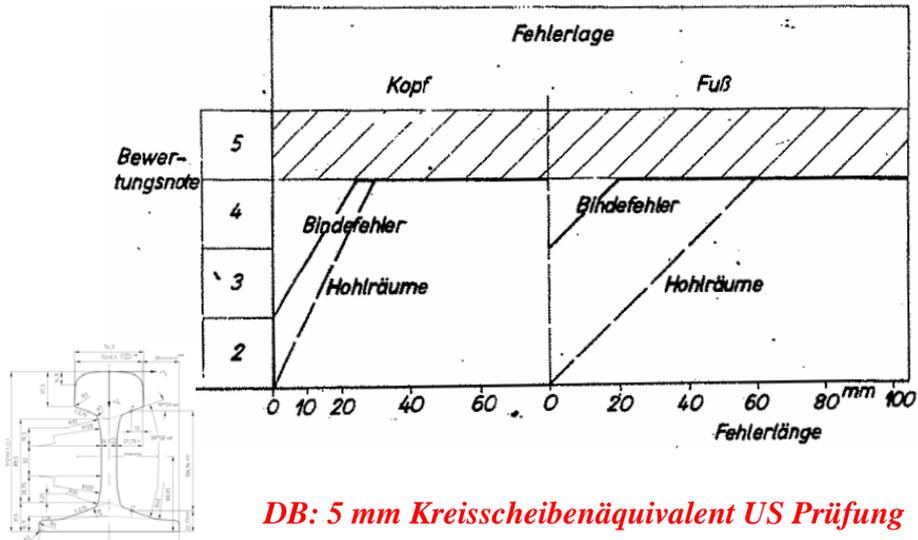
Kopf: 74,3 mm  
 Steg: 16,5 + 5 mm Nü  
 Fuß : < 17 mm + 5- 15 mm Nü



## Versuchsanordnung für Laborversuche an einer Testschiene



**Bewertungsschema für Schweißfehler  
bei der Deutsche Reichsbahn (ehemalige Bahn der DDR)**



**Ausgewählte CR Systeme**

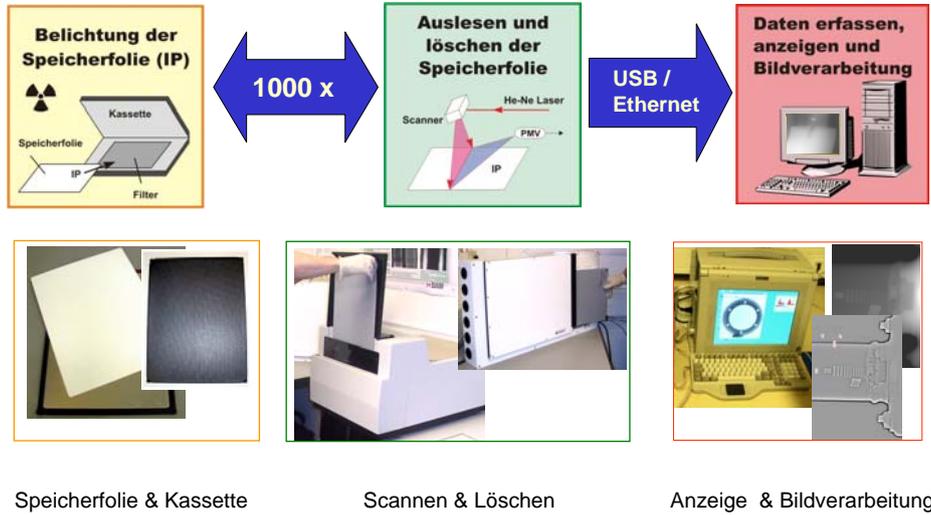


Fujifilm XG-1 Scanner  
& ST VI Speicherfolie



DUERR CR 35 NDT  
& ST VI Speicherfolie

## Speicherfolienzyklus für CR Systeme

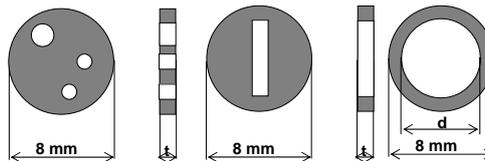


## Aluminothermische Schweißnähte für Laboruntersuchungen

Schienensegment,  
gefüllt mit künstlichen Artefakten



Schiene aus dem Schrott

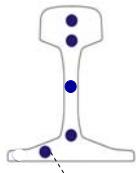


$$0,3 < t < 2,6 \text{ mm}$$

## Scheibendefekt im Fuß & Stegbereich

**SNR<sub>norm</sub>** 118:1; **BSR** 0,130 mm; **Class B No. wire: W9 (0,5 mm)**

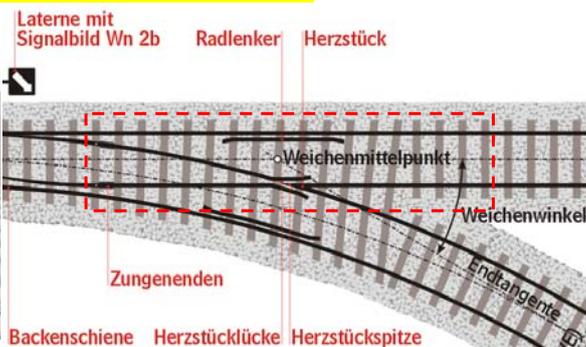
Ir-192 (925 GBq); IP: ST-VI; FFA=580 mm;; t=30 min; w=40...60 mm  
ZF: 0,3 mm Pb/ BF 0,5 mm Fe



Position



## Teststrecke Haste 1700-1 Kilometer 24,8 to 26,4



- Teststrecke zur Qualitätsbewertung von Weichen
- 10 unterschiedliche Weichensegmente eingebaut zur Bewertung der Materialgüte
- *Zur Realisierung einer reellen Weichenbelastung wird die Strecke im Mischbetrieb befahren.*

### Sicherheitsregeln (I)



Zugnäherung aus Haste:  
Arbeiten auf dem Gegengleis sind erlaubt

### Sicherheitsregeln(II)



Wenn der Zug aus der anderen Richtung (Wunstorf) kommt.....

## Sicherheitsregeln (II)



..Messausrüstung im Gleis aufnehmen

.....

...and den Zug passieren lassen...

## Sicherheitsregeln (II)



Zugverkehr ist laut und windig....

## Prüfvoraussetzung



Der Bahnsicherungsposten (grüne Sicherheitswesten) beobachtet den Zugverkehr und warnt die Person im Gleisbett **30 Sekunden** vor dem Passieren des Zuges. Zur Beseitigung der Prüftechnik von der Schiene werden **5 Sekunden** gewährt!

**Regel 1: Vertraue dem Streckenposten und arbeite.**



Zugfolge: Mischbetrieb

- Güterzüge
- Züge des Personennah- und Fernverkehrs

**Regel 2 – keine Info, ausgenommen das Warnsignal**

**DB Bonus: Erlaubnis zur UV Sperrung wurde gewährt!**



**Versuchsaufbau: Se-75**



Kopf

**Versuchsaufbau: IR-192**

Fuß und Steg



Versuchsaufbau: G 301 – 300 KV



Versuch: MGL – 225 KV





## EN 1435 Mindestbildgütezahlen (Einwandige Durchstrahlung)

Tabella B.1: Drahtsteg-BPK

Bildgüteklasse A	
Nennstärke r mm	BZ <sup>1)</sup>
bis 1,2	W 18
über 1,2 bis 2,0	W 17
über 2,0 bis 3,5	W 16
über 3,5 bis 5,0	W 15
über 5,0 bis 7	W 14
über 7 bis 10	W 13
über 10 bis 15	W 12
über 15 bis 25	W 11
über 25 bis 32	W 10
über 32 bis 40	W 9
über 40 bis 55	W 8
über 55 bis 85	W 7
über 85 bis 150	W 6
über 150 bis 250	W 5
über 250	W 4

<sup>1)</sup> Wenn In-192-Strahler verwendet werden, können BZ schlechter als die angegebenen Werte wie folgt akzeptiert werden:  
 10 mm bis 24 mm: bis 2 BZ  
 24 mm bis 30 mm: um 1 BZ

Tabella B.2: Stufe/Loch-BPK

Bildgüteklasse A	
Nennstärke r mm	BZ <sup>1)</sup>
bis 2,0	H 3
über 2,0 bis 3,5	H 4
über 3,5 bis 6,0	H 5
über 6,0 bis 10	H 6
über 10 bis 15	H 7
über 15 bis 24	H 8
über 24 bis 30	H 9
über 30 bis 40	H 10
über 40 bis 60	H 11
über 60 bis 100	H 12
über 100 bis 150	H 13
über 150 bis 200	H 14
über 200 bis 250	H 15
über 250 bis 320	H 16
über 320 bis 400	H 17
über 400	

<sup>1)</sup> Wenn In-192-Strahler verwendet werden, können BZ schlechter als die angegebenen Werte wie folgt akzeptiert werden:  
 10 mm bis 24 mm: bis 2 BZ  
 24 mm bis 30 mm: um 1 BZ

Prüfklasse A

Steg

Kopf

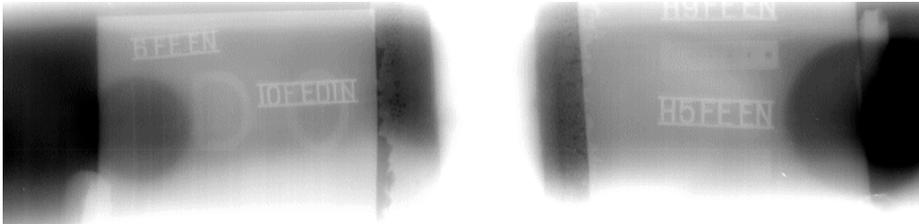
Steg

Kopf

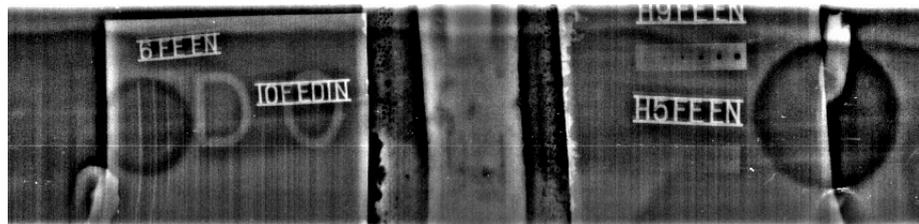
Se- 75; FFA = 500 mm; A= 888 GBq; t = 10 min

Steg

Originalbild



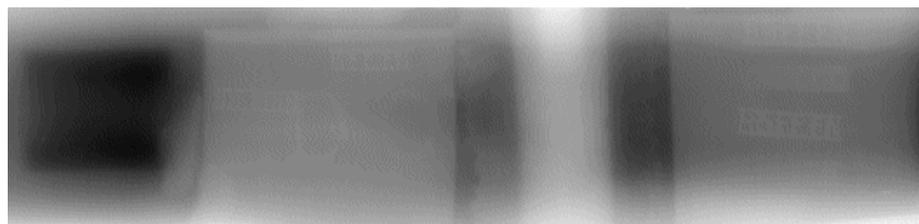
High Pass Running Mean Filter , Window Size 101 x 101



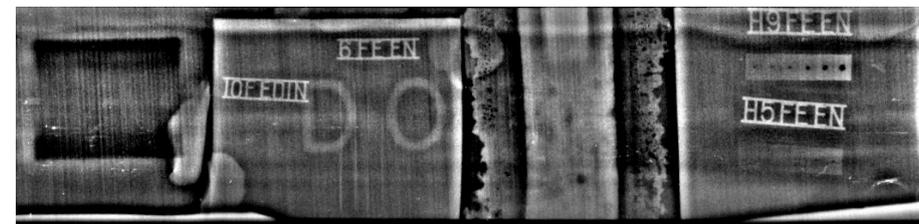
Ir- 195; FFD = 500 mm; A = 1665 GBq; t = 8 min

Steg

Digitale Radiographie



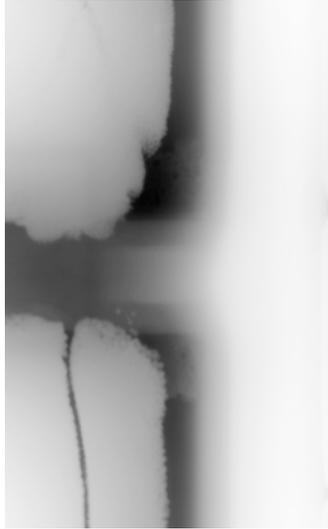
Hochpassfilter; gleitender Mittelwert Filter , Fenstergrösse 101 x 101



Ir- 195; FFD = 500 mm; A = 1665 GBq; t = 10 min

Steg & Kopf

Radiograph (Original)

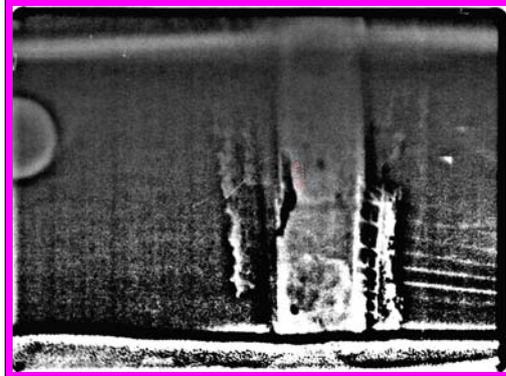
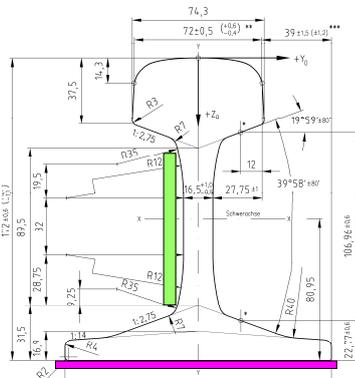
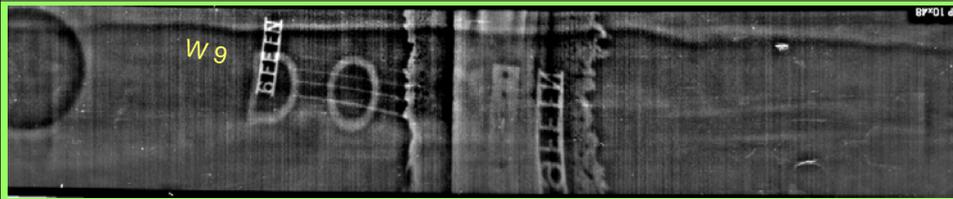


Hochpassgefiltertes Bild



Ir- 195; FFD = 200 mm; A = 1665 GBq; t = 2 min

Fuß & Steg





### **Zusammenfassung:**

Für die Durchstrahlungsprüfung von Schweißungen in verlegten Schienen mit Hilfe von Speicherfoliensystemen können Gammastrahler oder mobile Röntgenröhren eingesetzt werden.

- Der Einsatz von Se-75 als mobiler Gammastrahler ist für die Schienenprüfung ist zu empfehlen.

Zur Inspektion von aluminothermischen Schweißnähten während des Fahrbetriebes sind grundsätzlich zwei Prüfanordnungen zu empfehlen:

- die uneingeschränkt durchführbare Steg- & Fuß Konfiguration,
- die bei teilweiser Streckensperrung ( UV –Sperrung) durchführbare Kopf- und Stegkonfiguration.

Die in Anlehnung an die US Prüfung bei 5 mm festgesetzte minimal nachweisbare Fehlergröße in Schienen kann mit der Computer Radiographie erreicht werden, wenn die Anforderungen für die Prüfklasse A entsprechend der EN462-3 erfüllt werden.



**D  
Z  
E  
M  
E  
H  
T**



**Danke für Ihre Aufmerksamkeit**