

## FLACHSTELLENORTUNG QUO VADIS?

Paul M. ARNOCZKY

Zöllstraße 15  
CH-8248 Uhwiesen  
Telefon: 00-41-52-659-18-18  
Telefax: 00-41-52-659-18-28

### Abstract

The diagnosis of wheels is becoming more important for the successful carrying out of railway traffic with its increasing security standards.

Wheel flat spot detection plays an important part here because such spots, when rolling, cause severe damage to the rail heads, their joints, and waggons, which in turn infringe upon the travelling comfort and, last but not least, burden the environment.

The following article is an attempt to describe the historical development of an optimally good functioning system for detecting flat spots. This system makes not only the measurement of impacts (in kN) caused by rolling oval wheels and the length of their flat spots possible, but also the detection of oval wheels in general.

Concluding this development, a few confirming measurements have been compiled in the appendix.

*Keywords:* wheel flat location, impact detector, length detection of the wheel flat, impact detection of the wheel flat, oval wheel detection, detection with only one isolation in the track.

### 1. Einführung

Bereits am Ende der 60-er Jahre hat der ERRI<sup>1</sup>-Sachverständigenausschuß A 110 die zunehmende Bedeutung der automatischen Erkennung und Ortung von Flachstellen bei Schienenfahrzeugen erkannt. Die Aktualität des Problems hat sich zwangsläufig aus

- der steigenden Dichte des Schienenverkehrs.
- den immer größeren Fahrgeschwindigkeiten,
- den steigenden Sicherheitsanforderungen,
- den kürzen Zeitmöglichkeiten für die manuellen Wagen- und Radinspektionen und nicht zuletzt,
- stetig steigenden Personalkosten etc. ergeben.

---

<sup>1</sup>ERRI = European Rail Research Institute (vormals: ORE), Artur Van Schendelstraat 754, 3511 MK Utrecht, Holland



1. Lösung MÁV/Ungarn System 'Columbus'
2. Lösung Ericsson System 'JUL 400'

Beide Lösungen sind sich sehr ähnlich gewesen. Beide Systeme haben HF-Signal als Meß-Signal angewendet. Darauf, wie diese Systeme funktionieren, wird hier nicht näher eingegangen (BERNHARDSON, 1974, STALDER, 1978, KRYCHNIAK, 1983).

Die installierten Versuchsanlagen in der BRD, Schweiz, Polen (System Columbus) und in Schweden (System JUL 400) haben aber bei richtigen Betriebseinsatz sehr enttäuschende Resultate geliefert. Die Treffsicherheit war schlechter als 6%.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen ergaben aber, daß, wenn eine Ortungsanlage pro Jahr nur 8 Flachstellen richtig detektiert, die Investitionen schon wirtschaftlich tragbar sind (LEITENBERGER, 1975). Das Problem lag also in erster Linie nicht in der Wirtschaftlichkeit der Anlagen sondern in ihrer Glaubwürdigkeit. Die Anlagen haben viel mehr blinde Flachstellen gemeldet als richtige Flachstellen. Außerdem sind viele richtige Flachstellen gar nicht gemeldet bzw. mit falscher Achsenzuordnung angegeben worden. Die manuellen Kontrollarbeiten haben sich sehr vermehrt und sehr verunsichert. Das betroffene Personal hat sein Vertrauen in die Systeme verloren.

Die Versuchsanlagen sind nach und nach demontiert bzw. abgestellt worden. In den Fachkreisen hat sich eine enttäuschte Stimmung breit gemacht, daß das Problem doch nicht so einfach zu lösen ist.

## 2. Neue Versuche in der Schweiz

Die Hoffnung ist doch nicht ganz aufgegeben worden. In der Schweiz ist wegen des sehr dichten Transalpenverkehrs die Raddiagnostik wie:

- Flachstellen-Ortung (FLO)
- Heißläufer-Ortung (HB)
- Festbremsen-Ortung (HW)
- Ovalität-Ortung etc.

das Aktuellste gewesen (auch heute hoch) (NZZ, 1994).

Auf Grund einer Studie haben die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) eine Neuentwicklung der Flachstellenortungsanlage unterstützt. Diese Neuentwicklung ist auch durch den Fortschritt in der Elektronik, IC-Technik etc. sehr begünstigt worden. Die neuen Mikroprozessoren haben sich gerade für diese Problemlösung als sehr ideal erwiesen. Die in der Studie aufgelisteten neuen Lösungsmöglichkeiten haben sich als richtig bewährt und es hat sich eine neue brauchbare Lösung nach mehrjähriger Entwicklungsarbeit, Versuchen und Testfahrten herauskristallisiert.

Der Autor möchte sich hiermit für die großzügige Unterstützung und Zusammenarbeit von Seite der SBB bedanken.

## *2.1 Die Leitgedanken der neuen Lösung*

Es ist bei beiden Systemen eindeutig festgestellt worden, daß das Problem in erster Linie bei der Datenerfassung liegt. Die Schweiz hat hier neue Wege gesucht und auch gefunden, den Grundgedanken der Datenerfassung von JUL 400 beizubehalten, aber die Meß-Strecke in den Geleisen vollständig zu isolieren. Das Prinzip einer isolierten Meß-Strecke gemäß CH-Lösung zeigt *Abb. 2*.

### *2.1.1 Grundüberlegungen der CH-Lösung*

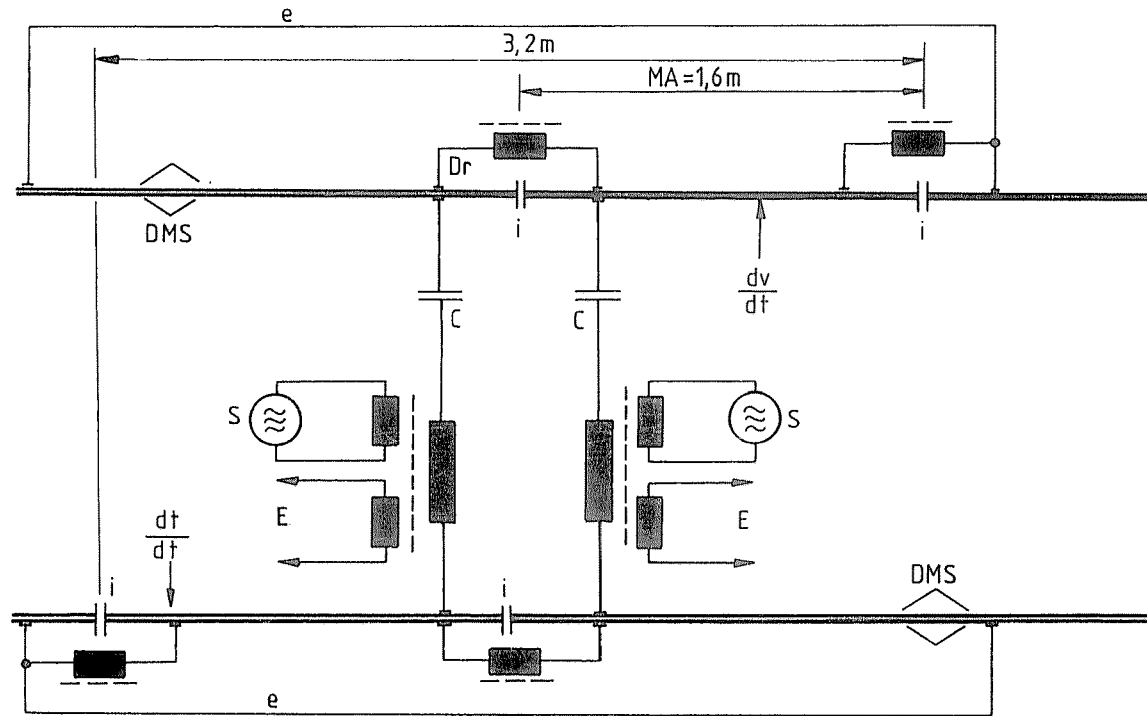
- Wenn ein Rad eine Flachstelle hat, haben beide Räder der Achse Flachstellen.
- Beide Achsen eines Drehgestelles sollen selektiv abgetastet und die Flachstellen selektiv registriert werden.
- *Die Schienenisolationen dürfen die Streckensignalisierungen nicht beeinflussen.*

Die ausgearbeitete Signaleinspeisung für die Messung und Erfassung von Flachstellen — gemäß *Abb. 2* — hat sich als eine sehr brauchbare Lösung erwiesen. Die Treffsicherheit der Meßanlage ist besser als 90% geworden. Die Achsenzuordnung einer Flachstelle wird praktisch 100%-ig genau getroffen. Um die Treffsicherheit der Anlage nahezu 100%-ig zu steigern, sind die Meß-Strecken verdoppelt worden (CH-Patent: Tandem System). Die Meßresultate haben diese Überlegung bestätigt.

### *2.1.2 Grundprinzip des Tandem-Systems*

*Abb. 3* zeigt die empfohlene Anordnung des Systems. Eine Meßunsicherheit tritt auf, wenn eine Flachstelle (FL) direkt über einen Isolierstoß rollt. Das Tandem-System versucht, diese Unsicherheit mit der speziellen Platzierung und mit der zweimaligen FL-Messung auf ein Minimum zu reduzieren.

Die zweite Meß-Strecke ist so plaziert, daß die Räder unter einem anderen Winkel durchrollen sollten. So werden praktisch alle Räder zweimal abgetastet. Alle Flachstellen werden praktisch zweimal erfaßt und registriert. Ausgewertet wird aber nur eine, die längste Flachstelle. Wenn die



Zeichenerklärung: DMS = Gewichtsmessung mit Dehnungsmessstreifen

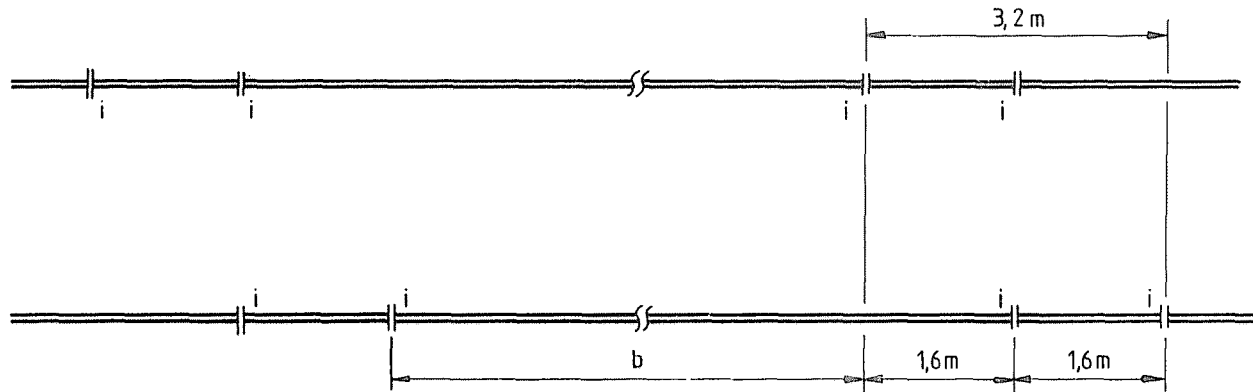
$\frac{dv}{dt}$  = Impactdetektor

$Dr$  = Resonanz - Drossel ( $f_0 = 100 \text{ kHz}$ ,  $z_0 \approx 4 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{DC} \approx 10 \text{ m}\Omega$ )

$i$  = Isolierstoß

$e$  = ohmische Verbindung

Abb. 2. Isolierte Meß-Strecke mit  $2 \times 2$  Isolierstöbe



$$b \approx (n \pm c) \frac{k_{\min} + k_{\max}}{2}$$

$$k_{\min} = D_{\min} \tilde{\tau}$$

$$D_{\min} = 0,85 \text{ m}$$

$$k_{\max} = D_{\max} \tilde{\tau}$$

$$D_{\max} = 1 \text{ m}$$

$$5 < n < 15$$

$$c = 0,1 \dots 0,4$$

Abb. 3. Anordnung des Tandem-Meß-Systems mit der  $2 \times 2$  Isolierung

erfaßte längste Flachstelle länger ist als die programmierte unterste Grenze, wird die FL in Form eines Telegramms gemeldet (*Abb. 8*).

### 2.1.3 Spezielle Merkmale des Tandem-Systems

Die Flachstellenortungs-Anlage erfaßt alle Flachstellen auf einem Rad. Diese werden aber nicht addiert. Nur eine, die längste, wird registriert, alle anderen werden weggeworfen. Wenn die Zuggeschwindigkeit genügend hoch ist, um eine Unterbrechung zwischen Schienen und Rad zu erzeugen, erfaßt die Anlage auch die kürzesten Flachstellen.

Wichtig ist, daß diese Unterbrechungszeit so lang ist, daß die Flachstellenortungs-Anlage mindestens 50 bis 100 Impulse zählt.

Beispiel: unterste physikalische Grenze der FL-Messung

$$\text{Meßfrequenz } f = 100 \text{ kHz}$$

$$T = 10 \mu\text{s}$$

$$100 \times T = 1 \text{ msec}$$

(Intern wird die Meßfrequenz 10:1 untersetzt)

Die unterste Geschwindigkeitsgrenze, wo noch eine Unterbrechung — sofern die Achse nicht belastet ist — möglich ist, beträgt 36 km/h = 10 mm/msec.

Daher kann gesagt werden, daß die Anlage ab  $v = 40$  km/h eine Flachstelle von mindestens 20 mm (Achsenlast-abhängig) erfassen kann. (Diese Behauptung ist durch die SBB-Meßfahrten bestätigt worden.) Diese Meßgrenze ist nur bei der  $1 \times 3$  — bzw.  $2 \times 2$ -Isolierung gültig.

Weiterhin ist es zu bemerken, daß die Flachstellenortungs-Anlage in erster Linie nur verpflichtet ist, die Flachstellen an Passiv-Rädern zu erfassen. Die Antriebsräder werden sowohl durch Personal als auch durch ABS-Elektronik (ABS=Anti-Blockierungs-System) überwacht.

### 2.1.4 Funktion der Meßschaltung und der Datenauswertung

Die Meß-Strecke ist offen (kein Rad).

Die HF-Signale sind hoch ( $H$ ) = ca.  $12 V_{po}$  (*Abb. 4*).

Ein gesundes Rad wird den Meßabschnitt (1,6 m) während des Durchrollens ständig kurzschliessen. Das HF-Signal ist 'low' ( $L$ ) (*Abb. 5*).

Hat das Rad aber eine Flachstelle, wird der Kurzschlußzwischen Rad und Schiene während des Hüpfens des Rades wegen der Flachstelle unterbrochen (*Abb. 6*).

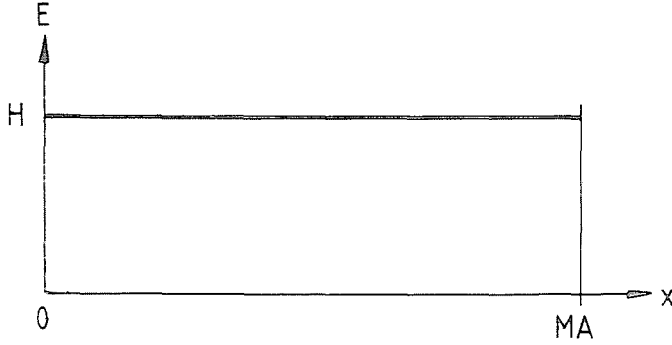


Abb. 4. Lehrlauf-Signal

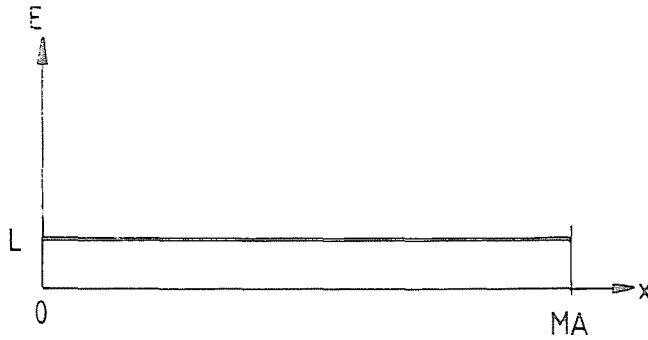


Abb. 5. Kurzschluß-Signal

Die Datenauswertung, dank der vielseitigen Möglichkeiten eines Mikroprozessors, scheint im ersten Moment relativ einfach zu sein. Aus dem Zusammenhang der Gl. (1)

$$\frac{FL}{MA} = \frac{i_{fl}}{i_v} \quad (1)$$

folgt:

$$FL = MA \frac{i_{fl}}{i_v} = 1,6 \frac{i_{fl}}{i_v}, \quad (1a)$$

- wo:  $i_{fl}$  = die gezählten Impulse beim Flachstellenunterbruch  
 $i_v$  = die gezählten Impulse, während ein Rad über den Meßabschnitt ( $MA$ ) rollt. ( $MA = 1,6$  m)  
 $FL$  = Flachstellen-Länge



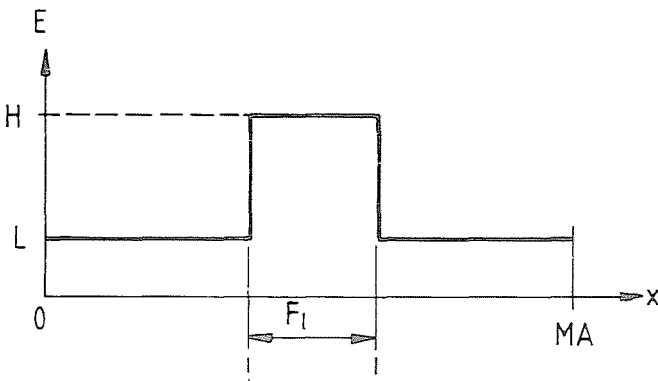


Abb. 6. Flachstellen-Meß-Signal

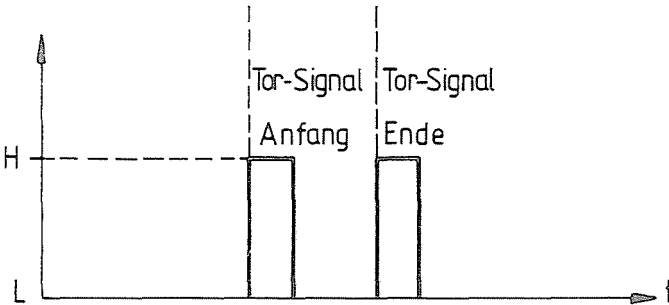


Abb. 7. Signalablauf und Erfassung mit Schlagdetektor

Man hat also anscheinend eine Lösung zustande gebracht, die nahezu perfekt arbeitet. Es ist aber *nicht* so.

### 2.1.5 Beeinflussende Faktoren der Auswertung

Die gemäß Gl. (1a) berechnete Flachstellenlänge stimmt mit der wirklich gefundenen Flachstelle weitgehend nicht überein, weil die Meßresultate

- geschwindigkeitsabhängig ( $v$ )
- achsengewichtsabhängig ( $Q$ ),
- von der Form der Flachstelle und nicht zuletzt,
- von der Qualität des Oberbaus abhängig sind.

Daher muß die Gleichung noch mit einem Korrektur-Faktor  $K = f(v, Q)$  ergänzt werden.

Daraus folgt, daß

$$FL = 1,6 \frac{i_{fl}}{i_v} K \quad (2)$$

ist.

Der  $K$ -Faktor (Gl. (2)) kann leider nur empirisch mit praktischen Versuchsmessungen oder mit sehr aufwendiger Computer-Simulation ermittelt werden.

Dazu hat man Achsengewicht mit je 2 Tonnen Gewichtssprung zwischen 4 und 20 Tonnen Achsenlast genommen und einen Versuchszug mit einem je 10 km/h-Geschwindigkeitssprung zwischen 40 und 120 km/h fahren lassen. Der Versuchszug bestand aus ca. 20 verschiedenen Waggonen mit verschiedenen — wie erwähnt — Achsengewichten und mit im voraus kontrollierten Flachstellen (Tabelle 1).

Tabelle 1  
Geschwindigkeits- und Gewichtsabhängigkeit des  $K$ -Faktors

Geschwindigkeit km/h	Achsengewichte			
	4T	6T	8T	20T
40	$K_{11}$	$K_{12}$	$K_{13}$	$K_{120}$
50	$K_{21}$	$K_{22}$	$K_{23}$	$K_{220}$
60	$K_{31}$	$K_{32}$	$K_{33}$	$K_{320}$
.				
.				
.				
120	$K_{91}$	$K_{92}$	$K_{93}$	$K_{920}$

Die  $K$ -Faktoren sind im Mikroprozessor gespeichert und der Prozessor nimmt bei der Auswertung die nötigen  $K$ -Korrekturen automatisch in Angriff. Dadurch hat man die Auswertungsergebnisse der natürlichen Länge der Flachstelle auf eine ca.  $\pm 30\%$ -ige Meßgenauigkeit verbessert.

Das approximative Gewicht einer Achse wird mit DMS-Streifen zweimal gemessen und ein Mittelwert genommen.

Die Zuggeschwindigkeit wird zwischen zwei Isolierstößen ermittelt.

Dank diesen Korrektur-Faktoren sind nun die Meßresultate auch für die Praxis brauchbar geworden. Die in Polen und Österreich und in der Schweiz installierten Anlagen ergaben eine nahezu 100%-ige Treffgenauigkeit. Diese Messungen wurden auch durch die in der Schweiz erzielten

Meßresultate einwandfrei bestätigt. Die in Schweden installierte Anlage hat ebenfalls ähnlich gute Resultate gemeldet.

Es sind aber wiederum neue Probleme aufgetreten. Die Anlage hat nun herausgefunden, daß die Räder nicht alle rund sind, sondern daß es auch *ovale Räder* gibt.

## 2.2 Ovale Räder

Die erzielten guten Meßresultate haben die Bahnfachleute ermutigt, an die Meßanlage außer den gestellten ERRI-Bedingungen noch zusätzliche Bedingungen zu stellen: Die Anlage sollte nicht nur Güterzüge sondern auch Personenzüge und IC-Züge messen und die Meßresultate brauchbar auswerten und melden.

Mit der Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit über 150 km/h tauchten neue Überraschungen auf, obwohl diese Bedingungen schienen im ersten Moment keine großen Probleme zu verursachen. Die CH-Anlage bei Baden hat konsequent tagelang bei einem Zug bei der Achse xx regelmäßig eine Flachstelle mit einer Länge über 250 mm gemeldet. Und man hat bei der visuellen Kontrolle keine Flachstelle gefunden. Es war ein Rad mit Ovalität. Nach Abdrehen des Rades ist die Ovalität verschwunden.

Die Ortungsanlage sollte aber keine ovalen Räder als Flachstellen melden. Ovale Räder sind nicht direkt schädlich, aber wegen des ovalen Rades kann ein Wagen bei einer bestimmten Fahrgeschwindigkeit seitlich und vertikal schwingen. Meldungen von ovalen Rädern sollten also von richtigen Flachstellenmeldungen zu unterscheiden sein. Daher ist die Ortungsanlage mit einem Impaktdetektor (Schlagdetektor) ergänzt worden.

*Wichtig* ist aber, daß die Anlage dort, wo die Fahrgeschwindigkeit nicht über 140 km/h ist, auch ohne Schlagdetektoren einwandfrei arbeitet. Viele Anlagen sind *ohne* Schlagdetektoren zur vollsten Zufriedenheit in Betrieb.

### 2.2.1 Funktion des Schlagdetektors

Es ist bekannt, daß eine richtige Flachstelle beim Wiederaufsetzen auf die Schienen einen Schlag erzeugt. Eigentlich ist dieser Schlag gefährlich. Er kann Schienenbrüche verursachen. Heutzutage wird auch seine Lärmwirkung von Umweltschützern stark kritisiert. Dagegen verursacht ein ovales Rad keinen Schlag, wenn es nach dem Kontaktunterbruch wieder sanft auf der Schiene landet. Diesen Unterschied nimmt ein Schlagdetektor wahr.

Wenn also ein Unterbruch zwischen Schiene und Rad auftritt bzw. endet, wird der Speicher des Schlagdetektors abgelesen (*Abb. 7*). Ist ein (oder

zwei) Schlagssignal vorhanden, wird es bei dem Telegramm mit \*-, -\* bzw.\*\* gekennzeichnet. Dagegen wird eine 'Oval'-Meldung mit — gekennzeichnet, weil kein Schlag gemeldet wurde (siehe Telegrammform von Abb. 8).

FL\*\*

```

* * * * *
FLACHSTELLENORTUNGSANLAGE RICKENBACH KM 34.330
MELDUNG: FLACHSTELLEN, HOTBOX LINKS; HOTBOX RECHTS, DIV.

STATUS: MIN-FL = 60 P-MODE =1 TANDEM = ON DV/DT = ON
DATUM. 15. 07. 94 ZEIT. 08:32 29 FUNK-UHR

TLX - NR. 157 ACHSENZAHL = 044 GESCHW. = 094

ACHSEN NR. I FLACHSTELLE I HOTBOX I
V.VORNE I V.HINTEN I ART I LINKS I RECHTS I DIV
022 I 023 I KLEIN -- I I I
023 I 022 I MITTEL -* I I I
027 I 018 I KLEIN *- I I I
035 I 010 I GROSS ** I I I

**** FEHLER IN DER GESCHW.-INDIK. **E09
* * * * *
    
```

**Zeichenerklärung:**

- Schlagdetektoren-Signale: -- = kein Schlag
- \* - oder - \* = die Flachstelle ist schädlich
- \*\* = die Flachstelle ist sehr schädlich
- Hotbox = Lagertemperaturmessung
- DIV = spezielle gemessene Größen
- FL \*\* = Vormeldung über Flachstellen

Abb. 8. Telegramm der Flachstellenortungsanlage

Bemerkung: Ein Schlag kann auch am Anfang einer Flachstelle auftreten, wenn sich das abgetragene Material bei der Bremsblockierung wieder am Anfang der Flachstelle aufschweißt.

### 2.3 *Behandlung einer Flachstelle nach der Meldung*

Das Protokoll, das heute eine Ortungsanlage meldet, ist beinahe irrtumsfrei. Selbstverständlich ist aber, daß weiterhin der Mensch entscheidet, was mit einer Flachstelle geschieht. Oft sprechen viele Gründe dafür, eine Flachstelle trotz ihrer Gefährlichkeit nicht aus einem Zug herauszunehmen, weil:

- der Zug nicht angehalten werden kann,
- der Wagen mit wichtigen Gütern beladen ist,
- es ein IC-Zug ist, etc. etc.

Die eigentliche Zielsetzung der ERRI ist nie eine 100%-ige Beseitigung aller Flachstellen gewesen (das wäre reine Utopie), sondern nur eine optimale Reduzierung von Flachstellen, um so die Flachstellen-Rollkilometer in einem Bahnnetz mindestens zu halbieren. Dazu kann und muß man verantwortungsvolle Kompromisse schließen. Eine Ortungsanlage sollte vor einem Bahnhof installiert werden, wo die notwendige Infrastruktur für eine rasche Behebung einer Flachstelle (Abdrehen oder Drehgestell wechseln, etc.) vorhanden ist. Es ist eine gewaltige Investition, in einem Schienennetz flächendeckende Infrastruktur aufzubauen.

### 2.4 *Zentrale Datenverarbeitung und Auswertung von Flachstellenmeldungen*

Das in der Schweiz entwickelte Ortungsanlagen-System verfügt — wie die anderen ausländischen Systeme auch — über eine sehr intelligente Datenverarbeitung und Datenübertragung. Das System ist in der Lage, statt Achsenzuordnung auch Wagenzuordnung durchzuführen (Ortungsanlage in China). Natürlich muß man dazu alle Wagenparameter des Schienennetzes der Ortungsanlage bekanntgeben. Das wäre in Europa sehr aufwendig, da jedes Land eigene Wagentypen und unzählige Wagen-Varianten hat.

Dagegen ist es ohne weiteres möglich, in Europa pro Land eine zentrale Datenauswertung mit Hilfe des gut ausgebauten Zugnumerierungssystems aufzubauen. Die Ortungsanlage kann mit Hilfe der Zugnummer ein Telegramm dorthin senden, wohin der Zug als Endziel gelenkt wird (Österreich).

Weiterhin kann ein Wagen dann zur Reparatur beordert werden, wenn der Wagen sein Endziel erreicht hat (DB<sup>2</sup>) etc.

---

<sup>2</sup>DB = Deutsche Bundesbahn AG

Auf die weiteren unzähligen Daten-, Lenkungs-, Übertragungs-, Sammlungs-, Auswertungs-, Statistik-, etc.- Möglichkeiten wird hier nicht näher eingegangen.

### 2.5 Vor- und Nachteile des CH-Systems

Es gibt kein Ortungs-System auf der Welt, das perfekt wäre. Das CH-System ist auch (noch) nicht perfekt (ARNOCKY, 1988).

#### 2.5.1 Vorteile

- Nahezu 100%-ige Verifikation von Flachstellen möglich.
- Manuelle Kontrolle der Meldung kann weggelassen werden.
- Datenverarbeitung, Datenübertragung hat unbegrenzte Möglichkeiten.
- Sehr große Zuverlässigkeit des Systems.
- Einfache Installation und Wartung, etc. etc.

#### 2.5.2 Nachteile (zur Zeit)

- $2 \times 2$  isolierte Schienenstöße sind notwendig.
- Trotz dieser Nachteile haben einige Bahnverwaltungen das System akzeptiert und eingesetzt, z. Z. sind über 12 Anlagen weltweit in Betrieb. Weitere 3 Anlagen werden in Kürze in Betrieb genommen (Österreich).
- Doch der größte Teil der Bahnen lehnen das System,  $2 \times 2$  oder  $3 \times 1$  Schienenisolation in den Hauptstrecken einzusetzen, kategorisch ab. Die Gründe sind auch verständlich: die statische Stabilität des Oberbaus wird doch etwas geschwächt.
- Mit den ständig wachsenden Reisegeschwindigkeiten (langsam bis zu 400 km/h) ist die Stabilität des Oberbaus doch sehr wichtig und läßt keine Kompromisse zu.

### 3. Anstatt $2 \times 2$ Isolierstößen nur einer

Die Abb. 9 zeigt eine neue Lösung, wo die Meßstelle nur eine Isolation benötigt (ARNOCKY, 1994).

Eigenschaften des neuen HF-Kreises:

- sehr hohe Meßfrequenz (statt 100 kHz ... 500 kHz oder mehr)

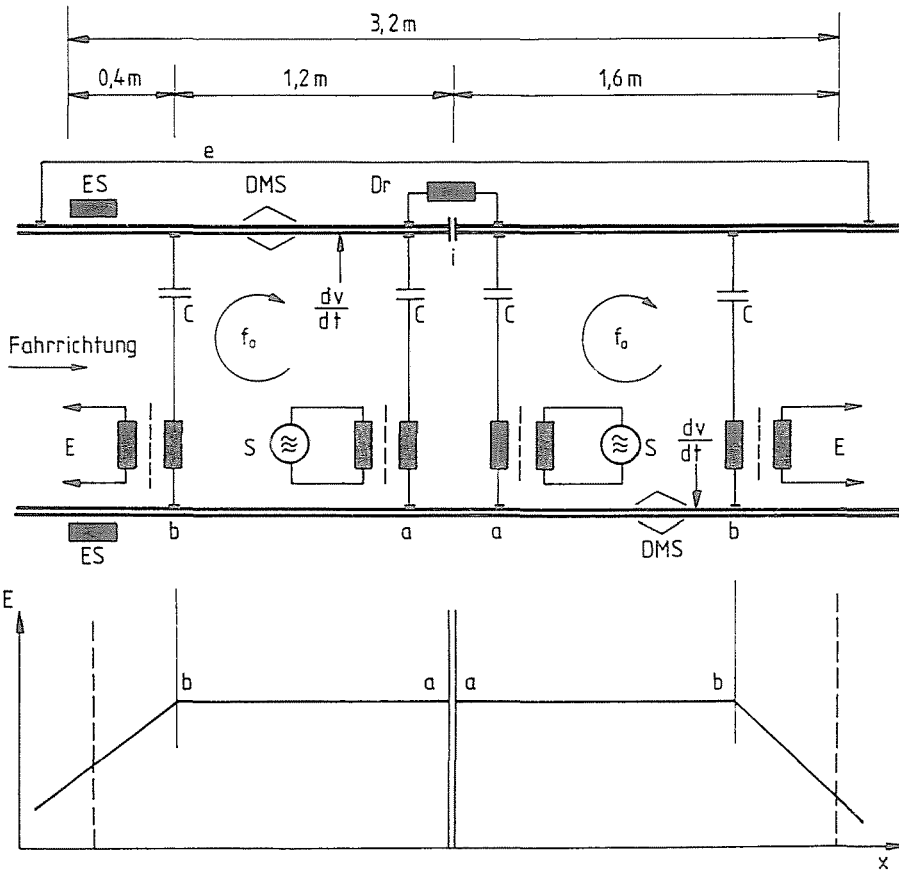


Abb. 9. Prinzipschema und Signalverlauf des Einspeisens mit 1× Isolierung (Zeichenerklärung siehe an Abb. 2)

– Resonanz-Bildung in den Meßabschnitten (2× Resonanzkreis)

Die Gewichtsmessung der Achse mit Hilfe von DMS-Streifen sowie die Schlagdetektion mit Impaktdetektoren werden nach wie vor beibehalten.

Die Meß-Strecke wird mit einem Endschalter-Paar (ES) zwischen Isolierstoß (I) und Endschalter-Paar (=1,6 m) begrenzt. In diesem Meßabschnitt wird auch die Fahrgeschwindigkeit der Achse gemessen. Die gemessene Zeit  $t = f(v)$  wird als Meßtorzeit auf die rechte Seite der Meß-

Strecke übertragen und die zweite Hälfte des Rades während dieser Zeit gemessen ab dem Zeitpunkt, wenn das Rad den Isolierstoß passiert.

Die neue Lösung ist also auch fähig, gleichzeitig zwei Räder zu detektieren. Ein sehr großer Vorteil des Systems ist, daß die Anlage mit der neuen Meß-Strecke auch Huckepack<sup>3</sup>-Räder messen kann.

Die neue Lösung hat sich als sehr gut erwiesen. Neben der installierten Versuchsanlage in der Schweiz hat die DB bereits eine Anlage installieren lassen (Anlage Augsburg). Die neue Lösung wird von der DB z. Z. praktisch erprobt und optimiert.

Die *Abb. 9* läßt erkennen, daß die Amplituden-Höhe des HF-Signals im Leerlauf zwischen *R*-Punkt und Isolierstoß konstant ist. Zwischen *R*-Punkt und Endschalter wird aber die Amplitude rapid abnehmen. Eine Prozessor sorgt dafür, daß die Vorspannung der Schaltschwelle immer in der Mitte vom *ES* liegt. Wenn der Meßabstand nicht kurzgeschlossen ist, ist die Amplitude des HF-Signals 'high' (*H*). Wird der Meßabstand von einem durchrollenden Rad kurzgeschlossen, geht das HF-Signal auf 'low' (*L*)-Zustand über. Hat das Rad eine Flachstelle, wird der Kurzschluß — wenn die Durchfahrtgeschwindigkeit mindestens 40 km/h ist — während der Flachstellenlänge unterbrochen. Das HF-Signal ist so lange wieder *H* (siehe auch *Abb. 4 - 6*).

### 3.1 FLO-2000<sup>4</sup>, die ausgereifte Flachstellenortungsanlage

Mit dem 1×-Schneiden hat das System (*Abb. 10*) die unbeschränkte Einsatzmöglichkeit erreicht. Gemäß 'ERRI-Oberbau-Vorschriften' dürfen die Geleise in einem Abstand von je mindestens 100 m geschnitten (isoliert) werden. Die HF-Meßmethode und das Tandem-System werden weiterhin beibehalten. Dadurch bleiben die bisherigen zuverlässigen Eigenschaften des Systems aufrechterhalten. Eine Verbesserung ist noch bei der Hardware möglich. FLO-2000 hat noch eine Hardware-Ausführung mit einem Haufen von Mikroprozessoren. Dadurch ist eine kundenspezifische Anpassung oder Integration von weiteren Datenerfassungen relativ schwer. Dank des heutigen Standes von Industrie-PCs kann die neue Generation von Ortungsanlagen mit einem PC realisiert werden. Eine solche Lösung hat den großen Vorteil, individuelle Kundenwünsche einfacher zu verwirklichen, z.B. Schlaggröße auch in kN zu klassifizieren.

---

<sup>3</sup>Huckepack = Niederflur-Wagen

<sup>4</sup>FLO = Flachstellenortung



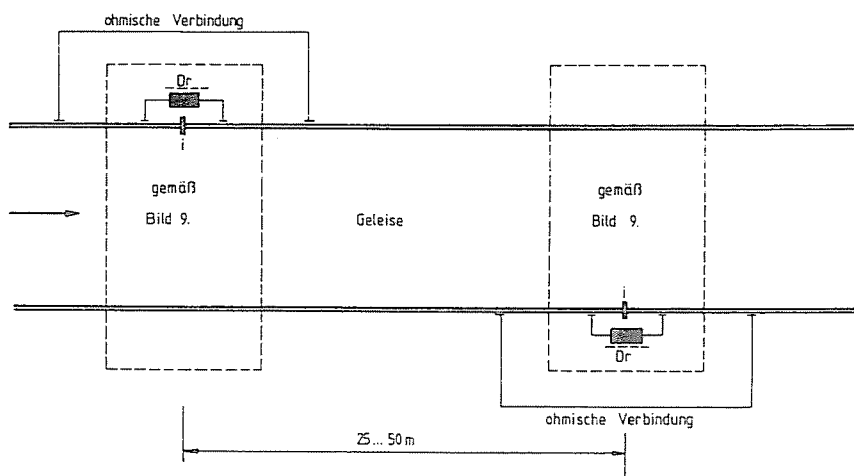


Abb. 10. Tandem-Meß-Stelle mit der 1× Isolierung

#### 4. Schlußbemerkung

Mit der Beseitigung von  $2 \times 2$  Isolierstößen verschwinden die bisher vorhandenen großen Nachteile des Systems endgültig. Die Zeit und sorgfältige Auswertungen müssen es bestätigen, ob das System wirklich alle realistischen und notwendigen Anforderungen erfüllt. Ein perfektes System oder eine perfekte Lösung gibt es nicht. Auch die Bahngesellschaften dürfen nicht das Unmögliche erwarten, sondern müssen mit realistischen Kompromissen das Maximum aus dem System herausholen.

#### 5. Anhang

In Zusammenarbeit mit der Deutschen Bundesbahn (DB AG) sind am 10. 10. 1994 mehrere (4) Testfahrten mit einem Spezialzug durchgeführt worden. Die Resultate und die Auswertung sind im Anhang zusammengefaßt worden (*Tabelle 2*).

Hiermit möchte ich mich bei der DB AG für die Durchführung dieser umfangreichen und aufwendigen Testfahrten und für den großartigen Einsatz aller Beteiligten bedanken.

**Tabelle 2**  
 Meßresultate mit einem Testzug  
 (Versuchsfahrten am 10. 10. 1994., DB, Augsburg)

Achsen Nr.	Gesamt- gewicht [t]	Flachstelle-Größe [mm]				
		Istwert	gemeldete Werte			
			$v_1$ 81 [km/h]	$v_2$ 73 [km/h]	$v_3$ 54 [km/h]	$v_4$ 46 [km/h]
1	Lokomotive					
2	Lokomotive					
3	Lokomotive					
4	Lokomotive					
5	13,0	60	50*-	44-*	60-*	52**
6	13,0	55	35**	32-*	42**	36**
7	13,9	40	24**	15-*	21-	24-
8	13,9	50	35**	30-*	39**	36**
9	13,8	30	-	-	-	-
10	13,8	20	-	-	-	-
11	24,3	40	27-*	21-*	23*-	18*-
12	24,3	40	18-	14-	-	-
13	24,3	40	18-	-	16-	14-
14	22,9	40	-	26-	21-	-
15	22,9	50	24**	21*-	19*-	18*-
16	24,4	55	27-*	28**	29*-	18*-
17	24,4	60	33-*	40**	97*-	22-*
18	21,3	20	-	-	-	-
19	21,3	30	-	-	-	-

Bemerkung: \*\*, \*, - = Signale der Schlagdetektoren

- = kein Schlag

### 5.1 Auswertung der Testfahrten

#### 5.1.1 Achsenzählung

Insgesamt sind 398 Achsen durchgefahren. Alle vier Endschalter es1 ... es4 haben die gleiche Achsenzählung gezählt. Zählsicherheit = 100%.

### 5.1.2 Geschwindigkeitsmessungen

Abstand zwischen  $es_1$  und  $es_3 = 38,4$  m

und zwischen  $es_2$  und  $es_4 = 38,4$  m

Die Geschwindigkeitsmessungen stimmten mit den Zuggeschwindigkeiten 100%-ig überein.

### 5.1.3 Treffsicherheit der Flachstellenortungsanlage

Erzielte Werte: Flachstellenlänge	ab 50 mm	100%
	40 – 50 mm	75%
	unter 40 mm	10%
	Huckepack	0%

Da die ERRI-Vorschriften eine Flachstellen-Erfassung nur ab 60 mm verlangen, erfüllt die Flachstellenortungsanlage die Bedingungen 100%-ig.

Huckepack: Die Meßmethode muß nochmals überlegt werden.

### 5.1.4 Meldungen der Flachstellenlängen

KNORR-Flachstellenortungsanlage garantiert eine  $\pm 30\%$ -ige Meldegenauigkeit.

#### 5.1.4.1 Streuung

Die effektiven Längenmeldungen weisen im allgemeinen max.  $\pm 15\%$  Streuung auf = sehr gut.

#### 5.1.4.2 ERRI-Vorschriften

Gemäß ERRI-Bedingungen soll die Flachstellenortungsanlage im normalen Betrieb die Flachstellenlänge nicht in mm melden sondern:

- 60 – 80 mm = kleine Flachstelle
- 80 - 120 mm = mittlere Flachstelle
- ab 120 mm = große Flachstelle

```

escnt es1 00019
escnt es2 00019
escnt es3 00019
escnt es4 00019
escnt +
escnt. 00001 06997
escnt 00008 07006
escnt 00013 07015
escnt 00019 07023
escnt s1i/o/a 00017 00002 00243
escnt s2i/o/a 00017 00002 00243
escnt s3i/o/a 00016 00003 00243
escnt s4i/o/a 00016 00003 00235

```

FL\*\*

```

* * * * *
FLACHSTELLENORTUNGSANLAGE RICKENBACH KM 34.330
MELDUNG: FLACHSTELLEN, HOTBOX LINKS, HOTBOX RECHTS, DIV.

```

```

STATUS : MIN-FL = 12 P-MODE = 3 SINGLE = ON DV/DT = ON(**) FK = 0
DATUM. 10. 10. 94 ZEIT. 10:11 37 SMART-WATCH

```

```

TLX-NR 014 ACHSENZAHL - 019 GESCHW. - 081

```

ACHSEN NR.		! FLACHSTELLE !		HOTBOX		
V.VORN	! V.HINTEN!	MM	! LINKS	! RECHTS	! DIV	
005	! 015	! 050*-	!	!	!	!
006	! 014	! 035**	!	!	!	!
007	! 013	! 024**	!	!	!	!
008	! 012	! 035**	!	!	!	!
011	! 009	! 027*-	!	!	!	!
012	! 008	! 018--	!	!	!	!
013	! 007	! 018--	!	!	!	!
015	! 005	! 024**	!	!	!	!
016	! 004	! 027*-	!	!	!	!
017	! 003	! 033*-	!	!	!	!

```

* * * * *

```

```

DATUM. 10. 10. 94 ZEIT. 10:11 38 SMART-WATCH

```

```

3A 4F 4F 50 50 50 50 51 50 51 51 51 50 50 50 50 50 51

```

```

ANR F1 F2 F3 F4 A1 A2 A3 A4 HB Q1 HW Q2 V1 V2 V3 V4 O1 O2 QK

```

```

001 00 00 00 00 00 00 00 00 00 07 00 0D 3A 4F 50 50 00 00 07
002 00 00 00 00 00 00 00 00 00 06 00 0C 3A 4F 50 50 00 00 06
003 00 00 00 00 00 00 00 00 00 06 00 0D 4F 4F 51 51 00 00 06
004 00 00 00 00 00 00 00 00 00 06 00 0C 4F 50 51 51 00 00 06
005 00 11 00 00 00 80 00 00 00 00 00 03 50 50 50 50 00 00 02
006 00 0C 00 0B 00 80 00 80 00 80 00 00 04 50 50 51 51 00 00 02
007 07 00 C8 00 80 00 80 00 00 00 00 04 50 50 51 51 00 00 02
008 0C 00 0A 00 80 00 80 00 00 00 00 03 50 50 51 51 00 00 02
009 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 01 00 04 50 51 51 51 00 00 02
010 00 00 00 00 00 00 00 00 00 01 00 03 51 50 50 50 00 00 02
011 00 00 09 06 00 00 80 80 00 01 00 05 50 51 50 50 00 00 03
012 00 00 06 00 00 00 00 00 00 01 00 04 51 51 50 50 00 00 02
013 06 00 00 00 00 00 00 00 00 01 00 04 51 51 50 50 00 00 02
014 00 00 00 00 00 00 00 00 00 03 00 07 51 50 51 51 00 00 03
015 00 08 00 07 00 80 00 80 00 03 00 07 50 50 51 51 00 00 03
016 00 00 00 09 00 00 80 00 03 00 06 50 50 51 51 00 00 02
017 00 00 00 0B 00 00 80 00 03 00 08 50 50 51 51 00 00 03
018 00 00 00 00 00 00 00 00 03 00 07 50 50 51 51 00 00 03
019 00 00 00 00 00 00 00 00 02 00 06 50 51 51 51 00 00 02

```

```

ANR F1 F2 F3 F4 A1 A2 A3 A4 HB Q1 HW Q2 V1 V2 V3 V4 O1 O2 QK

```

Abb. 11. Telegramm der Versuchsfahrt (v = 81 km/h)

### 5.1.5 Schlagdetektion

Neben der Information über die Länge einer Flachstelle gibt die Flachstellenortungsanlage auch eine Information darüber, wie eine Flachstelle nach der 'Landung' auf die Schiene schlägt. Eigentlich ist dieser Schlag und nicht die Länge der Flachstelle gefährlich.

#### Zeichenerklärung:

es1 ... es2	=	Endschaltersignale (Achsenzahl)
FL **	=	Vormeldung über Flachstellen
+ HOTBOX	=	Lagertemperaturmessung
+ DIV	=	spezielle gemessene Größen
ANR	=	Achsennummer
F1 ... F4	=	Flachstellen - Meßdaten pro Meßabschnitt
A1 ... A4	=	Schlagdetektor - Meßdaten pro Meßabschnitt
+ HB	=	Hotboxmeßdaten
Q <sub>1</sub> , Q <sub>2</sub>	=	Gewichtsdaten
+ HW	=	Radmanteltemperatur
V1 ... V4	=	Geschwindigkeit
O1, O2	=	Offsetkorrektur bei der Gewichtsmessung
QK	=	Korrektionsfaktor der Gewichtsmessung

**Bemerkung:** + bei dem Versuch nicht gemessen

Die Werte von F1 bis QK sind hexadezimal gegeben

*Abb. 11.*

Die Anlage ergänzt also die Längeninformation mit der Schlaginformation:

- - = kein Schlag: Die Flachstelle ist 'harmlos'
- \* - oder - \* = die Flachstelle ist schädlich
- \*\* = die Flachstelle ist sehr schädlich (siehe Protokolle)

```

escnt es1 00056
escnt es2 00056
escnt es3 00056
escnt es4 00056
escnt +
escnt 00001 05422
escnt 00008 05520
escnt 00015 05612
escnt 00023 05658
escnt 00031 05691
escnt 00039 05721
escnt 00047 05757
escnt 00055 05787
escnt s1i/o/a 00024 00032 00255
escnt s2i/o/a 00024 00032 00255
escnt s3i/o/a 00025 00031 00255
escnt s4i/o/a 00015 00041 00255

```

FL\*\*

```

*****
FLACHSTELLENORTUNGSANLAGE RICKENBACH KM 34.330
MELDUNG: FLACHSTELLEN, HOTBOX LINKS, HOTBOX RECHTS, DIV.
STATUS : MIN-PL = 10 P-MODE = 3 SINGLE = ON DV/DT = ON(**) FK = 0
DATUM. 10. 10. 94          ZEIT. 11:28 28 SMART-WATCH

```

```

TLX-NR 016          ACHSENZAHL          - 056          GESCHW. - 111

```

ACHSEN NR.		! FLACHSTELLE !		HOTBOX		
V.VORN	! V.HINTEN!	MM	! LINKS	! RECHTS	! DIV	
024	! 033	! 032--	!	!	!	
030	! 027	! 032--	!	!	!	
042	! 015	! 076--	!	!	!	
048	! 009	! 069--	!	!	!	

\*\*\*\*\*

```

DATUM. 10. 10. 94          ZEIT. 11:28 29 SMART-WATCH

```

```

4C 6A 6A 69 69 6A 6B 6D 6D 6E 6E 6E 6F 6E 70 6F 6F 6F 6F 6F 6F 6F 6F 6F
6F 6F 6F 6F 6F 6F 6F 6F 6F 6F 6F 6F 70 70 6F 6F 6F 6F 70 6F 6F 6F 6F 6F
6F 6F 70 6F 6F 6F 6F 6F

```

```

ANR F1 F2 F3 F4 A1 A2 A3 A4 HB Q1 HW Q2 V1 V2 V3 V4 O1 O2 QK

```

001	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	07	00	07	4C	6A	6D	6D	00	00	05
002	00	00	00	00	00	00	00	00	00	06	00	07	4C	6A	6D	6D	00	00	04	
003	00	00	00	00	00	00	00	00	00	06	00	07	6A	6A	6E	6E	00	00	04	
004	00	00	00	00	00	00	00	00	00	06	00	07	6A	69	6E	6E	00	00	04	
005	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	69	69	6E	6E	00	00	02	
006	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	69	6A	6E	6E	00	00	02	
007	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	05	6A	6B	6E	6E	00	00	02	
008	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6B	6D	6E	6E	00	00	02	
009	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6D	6D	6E	6E	00	00	02	
010	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6D	6E	6E	6E	00	00	02	
011	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6E	6E	6F	6F	00	00	02	
012	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6E	6E	6F	6F	00	00	02	
013	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6E	6F	6F	6F	00	00	02	
014	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6F	6E	6F	6F	00	00	02	
015	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	05	6E	70	6F	6F	00	00	02	
016	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	05	70	6F	6F	6F	00	00	02	
017	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	05	6F	6F	6F	6F	00	00	02	
018	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6F	6F	6F	6F	00	00	02	
019	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	05	6F	6F	6F	6F	00	00	02	
020	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	05	6F	6F	6F	6F	00	00	02	
021	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6F	6F	6F	6F	00	00	02	
022	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6F	6F	6F	6F	00	00	02	
023	00	00	00	00	00	00	00	00	00	03	00	05	6F	6F	6F	6F	00	00	02	
024	00	09	00	00	00	00	00	00	00	04	00	05	6F	6F	6F	6F	00	00	02	
025	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6F	6F	6F	6F	00	00	02	

Abb. 12. Telegramm des Inter-City-Expresses (Zeichenerklärung siehe an Abb. 11)

026	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6F	6F	6F	6F	00	00	02
027	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	05	6F	6F	6F	6F	00	00	02
028	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6F	6F	6F	6F	00	00	02
029	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	05	6F	6F	6F	6F	00	00	02
030	00	09	00	00	00	00	00	00	00	00	05	00	04	6F	6F	6F	6F	00	00	02
031	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	03	00	05	6F	6F	70	70	00	00	02
032	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6F	6F	70	70	00	00	02
033	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6F	6F	70	70	00	00	02
034	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6F	6F	70	70	00	00	02
035	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6F	6F	6F	6F	00	00	02
036	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6F	6F	6F	6F	00	00	02
037	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	05	00	05	6F	6F	6F	6F	00	00	03
038	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	05	00	04	6F	70	6F	6F	00	00	02
039	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	70	70	6F	6F	00	00	02
040	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	70	6F	6F	6F	00	00	02
041	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6F	6F	6F	6F	00	00	02
042	00	15	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6F	6F	6F	6F	00	00	02
043	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	03	00	05	6F	70	6F	6F	00	00	02
044	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	05	70	6F	6F	6F	00	00	02
045	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	05	6F	6F	6F	6F	00	00	02
046	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6F	6F	6F	6F	00	00	02
047	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	05	6F	6F	6F	6F	00	00	02
048	00	13	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	05	6F	6F	6F	6F	00	00	02
049	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	6F	6F	6F	6F	00	00	02
050	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	03	6F	6F	6F	6F	00	00	02
051	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	03	00	05	6F	70	6F	6F	00	00	02
052	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	04	00	04	70	6F	6F	6F	00	00	02
053	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	06	00	07	6F	6F	6F	6F	00	00	04
054	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	06	00	07	6F	6F	6F	6F	00	00	04
055	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	06	00	07	6F	6F	6F	6F	00	00	04
056	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	06	00	07	6F	6F	6F	6F	00	00	04

ANR F1 F2 F3 F4 A1 A2 A3 A4 HB Q1 HW Q2 V1 V2 V3 V4 O1 O2 QK

Abb. 12.

### 5.1.6 Flachstellen an Rädern vom ICE-Zug

Während der Versuchsfahrten sind auch die fahrplanmäßigen Züge normal gefahren. Die Flachstellenortungsanlage hat 6 ICE-Züge ( $6 \cdot 56 = 336$  Achsen) und 4 Regionalzüge (insgesamt 86 Achsen) diagnostiziert.

Ein ICE-Zug (11<sup>28</sup> Uhr) mit 56 Achsen hatte an 4 Achsen Flachstellen! Die Flachstellen waren relativ groß (76 mm!) jedoch 'harmlos', da sie keinen Schlag erzeugten (siehe Protokoll an Abb. 12), jedoch die Umwelt belastenden Lärm hatten.

Die 4 Regionalzüge wiesen keine Flachstellen auf.

### 5.1.7 Fazit

Die Flachstellenortungsanlage mit 1×-Schneiden erfüllt die Erwartungen vollumfänglich. Die empfohlenen Korrekturen können ohne großen Aufwand durchgeführt werden. Das System ist voll einsatzfähig.

Die Schieneninstallation — dank 1×-Schneidens — ist einfach und das 1×-Scheiden wird von allen Bahnen akzeptiert!

## Literatur

- ARNOCZKY, P. M. (1988): Ermittlung und Ortung von Flachstellen in den Laufflächen von Rädern von Schienenfahrzeugen. Pat. WO 88/01956.
- ARNOCZKY, P. M. (1994): Ortung von Flachstellen in den Laufflächen von Schienenfahrzeug-Rädern. Patentanmeldung. CH-01 844/94-4.
- BERNHARDSON, R. R. (1974): Method and System for Detecting Wheel Flats on Rail Vehicles. Ericsson, Sweden.
- KRYCHNIAK, S. (1983): Überwachung von Heißläufern und Flachstellen an Zügen der Polnischen Bahnen, *Die Eisenbahntechnik*, Vol. 31, No. 4, pp. 9–14.
- LEITENBERGER, W. (1975, DB): Erkennen von Flachstellen an Rädern fahrender Züge, *Eisenbahntechnische Zeitschrift*, Vol. 24, No. 6, pp. 6–8.
- STALDER, O. (1978): Automation des Eisenbahnbetriebes bei den Schweizerischen Eisenbahnen, *Signal + Draht*, Vol. 70, No. 9, pp. 9–10.
- NZZ (1994): Kesselwagen auf der Gothardlinie entgleist, *Neue Züricher Zeitung*, Vol. 22, 10. 1994.