

# Vom Schienenschalter zum induktiven Radsensor mit Verfahrensmix

Josef Frauscher

Gleisschaltmittel, die auf den Spurkranz der Eisenbahnräder ansprechen, nehmen einen unverzichtbaren Platz als Schalt-, Melde- und Zählgeräte in der Eisenbahnsicherungstechnik ein. In ihrer einfachsten Anwendung melden Gleisschaltmittel punktgenau an jener Stelle ein herannahendes Schienenfahrzeug, an der das erste Rad bzw. die erste Achse des Fahrzeuges sich über dem Gleisschaltmittel befindet. Je nach Fahrgeschwindigkeit und Dauer der Rückschaltverzögerungszeit wird ein Schaltvorgang pro Achse oder pro Zug ausgegeben.

Die Betätigung einer Eisenbahnkreuzungs-Sicherungsanlage oder die Warnung von Arbeitsrotten im Gefahrenbereich sind Beispiele für eine ganze Reihe von Anwendungsmöglichkeiten. Mit zwei kurz hintereinander angeordneten Schaltkontakten, deren Einzelpulse sich bei einer Radüberfahrt überlappen, kann eine zuverlässige und geschwindigkeitsunabhängige Fahrtrichtungserkennung ausgelesen werden. Diese Gleisschaltmittel, auch als Doppelschienenwechsler bezeichnet, bilden die Grundlage für eine richtungsabhängige Achsenzählung als Gleisfreimeldeanlage, die sich zunehmend gegenüber Gleiskreisen auf Grund der höheren Verfügbarkeit durchsetzt.

Die Frauscher GmbH hat in einem vierjährigen Forschungs- und Entwicklungsprojekt vor dem Hintergrund von 25 Jahren Erfahrung auf dem Gebiet der induktiven Sensortechnik einen Radsensor entwickelt, der durch überragende Eigenschaften beeindruckt. Die Funktionsweise des in Kürze zulassungsreifen Produktes mit der Typenbezeichnung RSR123 basiert auf einem Verfahrensmix mehrerer bekannter induktiver Wirkweisen.

Nach einer kurzen Darstellung der unterschiedlichen Wirkprinzipien werden hier die komplexen Einwirkungen beleuchtet, die grundsätzlich vorhanden und im Zuge der zunehmenden Traktionsleistungen in verstärktem Maße zu verkräften sind.

**Ing. Josef Frauscher**

Geschäftsführer

Frauscher GmbH, Gewerbestraße 1,

A-4774 St. Marienkirchen

E-Mail: office@frauscher.com

## 1 Wirkprinzip der Gleisschaltmittel

In der Geschichte der Eisenbahnsicherungstechnik sind unterschiedlichste Wirkprinzipien bekannt, jedoch nur wenige haben sich bewährt und Verbreitung gefunden. Das wohl älteste Wirkprinzip beruht auf mechanisch betätigten Kontakten. Dabei betätigt der Spurkranz einen federbelasteten Schalthebel, der mit einem oder mehreren elektrischen Kontakten verbunden ist. Derartige Schienenschalter sind auch heute noch als Doppelschienenwechsler verfügbar und werden für Meldekontakte und Rottenwarnanlagen eingesetzt, beispielsweise im Netz der SNCF und in einigen Maghreb-Staaten.

Mitte des vorigen Jahrhunderts kamen die ersten berührungslosen Schaltgeräte zum Einsatz. Die als Magnetschienenkontakte (MK) oder Impulsgeber bezeichneten Gleisschaltmittel sind mit einem Permanentmagnetsystem ausgestattet, in deren Einflussbereich sich magnetisch betätigte, elektrische Kontakte befinden. Die Einwirkung des Eisens des Spurkranzes löst infolge der Feldveränderung eine Kontaktbetätigung aus. Magnetschienenwechsler werden noch heute in großen Stückzahlen als Meldegeräte im Bereich von Eisenbahnkreuzungs-Sicherungsanlagen verwendet, aber auch als Zählpunkte für Gleisfreimeldeanlagen. Im selben Zeitraum wurden berührungslose Schalter bekannt, die auf dem Trafoprinzip beruhen [1]. Eine Primärschleife generiert ein Wechsellängsfeld in einem Eisenjoch, das mindestens einen Luftspalt in Richtung Schienenkopf hin aufwies. Ein im Luftspalt durchlaufender Spurkranz veränderte den magnetischen Fluss und damit einhergehend die Induktion in einer Sekundärschleife, die vorzugsweise als Differenzialschleife ausgebildet ist. Dieses Wirkprinzip wurde später durch Verwendung von Ferriten und Erhöhung der Arbeitsfrequenzen verbessert [2, 3].

In den siebziger Jahren beeinflusste die Elektronik das Wirkprinzip der Gleisschaltmittel nachhaltig. Gleichauf mit einem enormen Entwicklungsschub im Bereich der Industrieelektronik machte das Wirkprinzip des induktiven Näherungsschalters erste Gehversuche. Zunächst wurden so genannte Schienenkopfschalter in eine vertikale Bohrung im Schienenkopf eingebracht, um die Lauffläche der Räder zu detektieren. In der weiteren Folge setzte sich eine Bauart durch, die seitlich an der Gleisinnenseite einer Schiene montiert wurde und mit nach oben gerichteten Spulen die

Einwirkung des Spurkranzes erfasste. Vielfach bediente man sich seinerzeit der NAMUR-Schnittstelle (NAMUR = Normenausschuss Messen und Regeln), die Zweidrahtschalter mit genormten Spannungs- und Strompegeln definierte (EN50227/DIN19234).

Etwa im selben Zeitraum entstanden Geräte, die nach dem magnetodynamischen Prinzip arbeiten [4]. Die Funktion der als magnetische Impulsgeber bezeichneten Gleisschaltmittel beruht auf einem Permanentmagnetsystem mit offenen Weicheisenjochen. Die von den vorbeie rollenden Spurkränzen verursachten Flussänderungen induzieren auswertbare Spannungen in Spulen, die im Bereich des magnetischen Flusses angebracht sind. Dieses Wirkprinzip funktioniert erst ab einer gewissen Geschwindigkeit, die allerdings durch laufende Schaltungsoptimierung auf nahezu null gesenkt wurde.

Abschließend zu dieser Aufzählung der auf den Spurkranz der Eisenbahnräder bezogenen Wirkprinzipien – die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt – sei noch das Verfahren der Mikrowellentechnik erwähnt.

Zu keiner Zeit fehlte es an Verfahren, andere schaltauslösende Kriterien einzusetzen. Beispielsweise konnten pneumatisch betätigte Kontakte eine gewisse Verbreitung finden. Genutzt wird dafür die Durchbiegung der Schiene an der Radbelastungsstelle, die auf einen Membranzylinder wirkt, der über einen Druckimpuls Schaltkontakte betätigt. Mit diesem Verfahren verwandt ist der Einsatz von Kraftmessensoren, die im Bereich des Schienensteiges die Materialspannungen bei Überfahrt eines Rades messen [5, 6].

Weit verbreitet sind Gleisschaltmittel, die auf der einen Schienenseite eine Senderspule installiert haben, auf der anderen Seite eine Empfangsspule. Das Rad bzw. der Radreifen beeinflusst die induktive Kopplung zwischen Sender und Empfänger. Die Geräte sind vorwiegend als Doppelsensoren ausgeführt und werden vielfach als Zählpunkte für Achszähler verwendet.

## 2 Schienenschalter und Radsensoren mit induktivem Wirkprinzip

Häufig wird mittlerweile das Wirkprinzip des induktiv wirkenden Schienenschalters/Radsensors verwendet (Bild 1). Vorteilhaft für den Anwender sind der einfache Aufbau, der geringe Montageaufwand und die Tatsache, dass keine Elektronik am Gleis nötig ist.

Zu beachten ist, dass das von der Spule ausgehende Wechselmagnetfeld zwangsläufig auf einen Teil des Schienenkopfes trifft, weil nicht nur eng am Schienenkopf anlaufende Spurkränze erfasst werden müssen, sondern sogar hochlaufende oder in einen verschlissenen Schienenkopf einlaufende Spurkränze. Dieser Umstand beeinflusst die folgenden Betrachtungen entscheidend.

Um diese Technologie seriös zu beschreiben, dürfen die bekannten Verfahren innerhalb des Hauptbegriffes „induktiver Sensor“ nicht übergangen werden. Obwohl in allen Fällen mindestens eine von Wechselstrom durchflossene Spule als Kernelement wirkt, ist dennoch zwischen folgenden Verfahren zu unterscheiden:

### 2.1 Wirbelstrom- und Hystereseverfahren

Das von der Sensorspule ausgehende Wechselmagnetfeld verursacht Wirbelstrom- und Hystereseverluste in ferromagnetischen Materialien (hier der Spurkranz), die sich in seinem Einflussbereich befinden. Diese Verluste wirken auf die Sensorspule zurück und verlangen ihr Leistung ab bzw. verringern ihre Schwingkreisgüte.

### 2.2 Feldablenkungsverfahren

Das von einer wechselstromgespeisten Spule ausgesandte Magnetfeld wird von vorhandenen ferromagnetischen Materialien derart gebeugt, dass sich die Induktion in einer nahe gelegenen Empfangsspule ändert [7]. Diese Beeinflussung kann zunehmen oder abnehmen.

### 2.3 Induktivitätsverfahren

Die Induktivität einer Sensorspule wird durch den Einfluss von umgebendem ferromagnetischem Material verändert. Der Einfluss des Materials ist von der Betriebsfrequenz abhängig.

## 3 Die komplexen Einwirkungen auf Radsensoren

Ein induktiv wirkender Radsensor muss zuverlässig den Spurkranz eines Schienenfahrzeuges erfassen, gleichzeitig aber auch gegen folgende Beeinflussungen resistent sein:

### 3.1 Umgebungstemperatur von $-40 \dots +85 \text{ °C}$ (in nordischen Ländern bis $-60 \text{ °C}$ )

Dieser extreme Temperaturbereich wird zwar bei den elektronischen Bauteilen weitgehend beherrscht, verursacht aber bei der Entwicklung frequenz- und gütestabiler Spulen Kopfzerbrechen. Da Spulen nach wie vor in irgendeiner Weise aus Kupferleitern bestehen und diese feuchtigkeitsdicht in eine Vergussmasse eingebettet werden müssen, kristallisieren sich folgende Probleme heraus: Steigende Temperatur

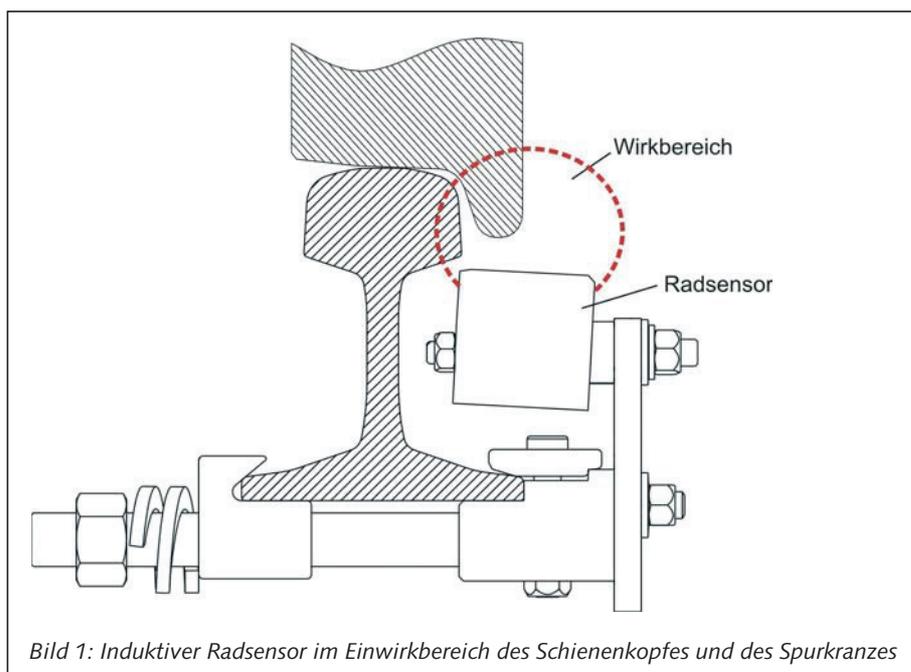


Bild 1: Induktiver Radsensor im Einwirkungsbereich des Schienenkopfes und des Spurkranzes

verursacht einen erhöhten Kupferwiderstand und verringert die Spulengüte, die auch durch den dielektrischen Verlustfaktor der Vergussmasse zwischen den Spulenumwicklungen beeinflusst wird. Der dielektrische Verlustfaktor verläuft nicht linear zur Temperatur und nimmt meist ab  $60 \text{ °C}$  deutlich zu.

### 3.2 Schientemperatur von $-40 \dots +100 \text{ °C}$ (zusätzliche Erwärmung der Schiene durch die lineare Wirbelstrombremse)

Wie eingangs erwähnt, liegt der Schienenkopf erheblich im Einflussbereich der Sensorspulen. Die Permeabilität und die Leitfähigkeit des Eisens verändern sich über die Temperatur. Das wirkt sich in der Sensorspule in Form einer Drift aus und bewirkt bei steigender Temperatur eine Erhöhung der Wirbelstromverluste und gleichzeitig eine Verringerung der Hystereseverluste durch abnehmende Permeabilität des Materials. Beide Verläufe sind nicht linear bei gegebener Arbeitsfrequenz.

### 3.3 Permeabilitätsveränderung des Schienenmaterials durch Schienenströme

Schienenrückströme verursachen ein Magnetfeld, das auch die Oberfläche des Schienenmaterials magnetisiert. Die Folge davon ist eine Verringerung der Permeabilität des Schienenkopfmaterials und damit einhergehend, von der Sensorspule registrierte, abnehmende Hystereseverluste. Wechselstromtraktion wirkt sich darüber hinaus anders aus als Gleichstromtraktion. Fahrleitungskurzschlüsse bis  $40 \text{ kA}$  oder Transienten aus atmosphärischen Entladungen können das Schienenmaterial in magnetische Sättigung treiben und deshalb die Hystereseverluste gänzlich verdrängen.

### 3.4 Magnetfeld durch Schienenrückströme

Schienenrückströme verursachen ein Magnetfeld, das konzentrisch um die Schiene herum verläuft, weshalb die Sensorspule voll in dessen Einflussbereich liegt. Wenn die Sensorspule mit einem Ferritkern aufgebaut ist, kann dieser vom Magnetfeld in Sättigung getrieben werden. Fahrleitungskurzschlüsse und Ströme aus atmosphärischen Entladungen verursachen ähnliche Auswirkungen.

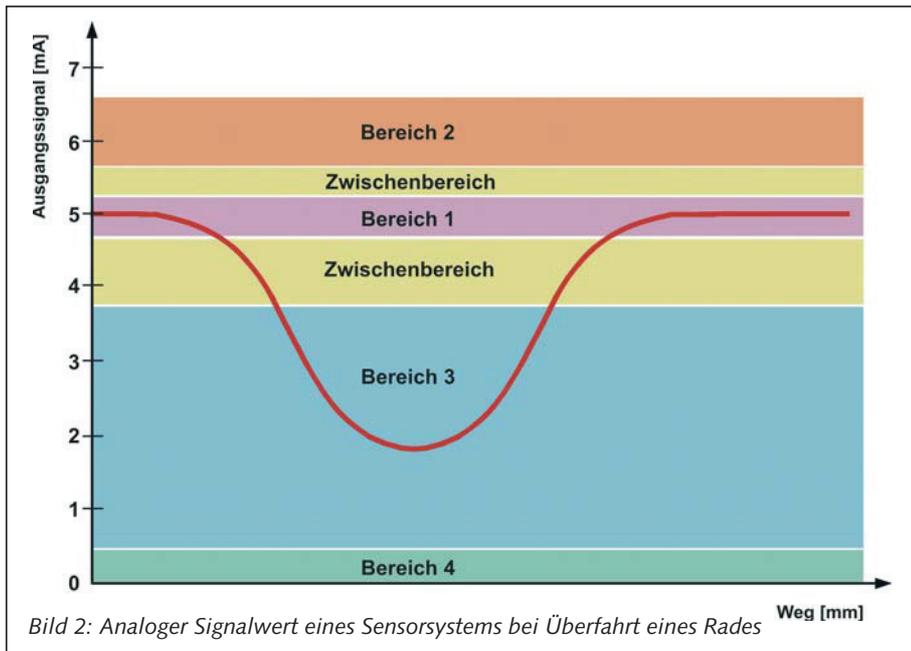
### 3.5 Traktionsstromkommutierung

Das oft von weitem sichtbare Feuer an den Stromabnehmern der Fahrzeuge oder Kontaktprobleme zwischen Schiene und Rad verursachen Stromänderungen im Schienenrückstrom in einem weiten Frequenzspektrum. Die daraus hervorgerufenen Magnetfelder induzieren in der Sensorspule Spannungen, die zu verkräften sind.

### 3.6 Nässe, Schnee, Eis

Die in der Praxis von induktiven Sensoren ausgehenden Magnetfelder von einigen kHz bis einigen Mhz führen bei Nässe, Schnee und Eis gewöhnlich zu keiner Beeinflussung. Allerdings verursachen hohe Betriebsfrequenzen auch elektrische Felder, die auf die kapazitiven Einwirkungen von Wasser o. Ä. reagieren. Sensorspulen müssen daher gegen die Ausbreitung elektrischer Felder kompensiert sein.

Das war eine Zusammenfassung der Einwirkungen, die unmittelbar an der Schiene entstehen oder von ihr ausgehen, unabhängig davon, ob sich ein Schienenfahrzeug über dem Sensor befindet oder nicht. Wesentlich dramatischer sind meist störende Einwirkungen, die Schienenfahrzeuge während der Überfahrt über den Sensor auf diesen ausüben:



feld treibt diesen in magnetische Sättigung. Die Auswirkungen gleichen den unter 3.3 beschriebenen. Das Streumagnetfeld erreicht den Sensor und muss störungsfrei verkräftet werden. Die Auswirkungen sind ähnlich den unter 3.4 beschriebenen.

### 3.10 Parasitäre Saugkreise

Die Geometrie RAD-ACHSE-SCHIENE-SCHWELLE kann als Leiterschleife betrachtet werden, die einen Teil des vom Sensor ausgehenden Magnetfeldes empfängt. Falls die Resonanzfrequenz der Schleife in der Nähe der Betriebsfrequenz des Sensors liegt, ist eine Beeinflussung des Sensorsystems möglich.

### 3.11 Mechanisches Schocken, Schwingen

Schocken wird vorwiegend von Flachstellen auf den Laufflächen der Räder verursacht, während Schwingen hauptsächlich durch Riffelbildung auf der Schienenoberfläche auftritt. In der EN 50125-3 sind die Werte für Schocken und Schwingen definiert. In der Praxis können jedoch deutlich höhere Beanspruchungen auftauchen.

## 4 Schalter oder Sensor

Die Anforderungen an ein Gleisschaltmittel sind unterschiedlich, je nachdem ob die Verwendung in Form eines Einzelsystems für einen richtungsunabhängigen Impuls erfolgt, oder als richtungsdetektierendes Doppelsystem für Achszählwendungen. Beispielsweise kann ein „Achsschalter“ durchaus unter den in den Abschnitten 3.7 bis 3.10 beschriebenen Beeinflussungen leiden, ohne dass die Anlage davon negativ beeinflusst wird.

Die Messlatte der hier behandelten Sensoreigenschaften wird im Einsatzbereich der Achszählqualität durchgehend von entsprechenden Lastenheften der Netzbetreiber bestimmt. Sobald ein Sensor die gewünschten Eigenschaften besitzt, ist der Einsatzbereich als Impulsgeber (Pedal) für Achsen ohnedies abgedeckt.

25 Jahre Erfahrung in der Entwicklung von induktiven Sensoren, beginnend 1980 mit induktiven Wegaufnehmern über erste Einsätze von Radsensoren für die Messung der Raddurchmesser 1986 [7] haben gezeigt, dass solche Aufgaben ohne ein analoges, abstandsmessendes Ausgangssignal kaum erfüllbar sind. Im Gegensatz zu einem Schalter, dem nur die Zustände „ein“ und „aus“ bzw. „High“ und „Low“ zugeordnet sind, erlaubt ein analog wirkender Sensor eine Reihe von weiteren Aussagen, die z. B. der Diagnose und Fehlerfrüherkennung dienen. Am Beispiel des Radsensors Typ RSR122, den die Frauscher GmbH seit 6 Jahren fertigt und von dem sich bereits ca. 12.000 Stück unter Sicherheitsverantwortung im Einsatz befinden, sei dies dargestellt (Bild 2).

### 3.7 Störende Magnetfelder von Invertern, Drosseln, Trafos

Verlustarme Leistungsinverter erfordern hohe Schaltfrequenzen und steile Schaltflanken. Unter den Schienenfahrzeugen ist deshalb mit störenden Magnetfeldern zu rechnen, die eine hohe Bandbreite, von energietechnischen Frequenzen bis hin zu einigen Mhz, aufweisen. Wenn ein störendes Magnetfeld unmittelbar die Betriebsfrequenz des Sensors trifft, sind die Auswirkungen besonders drastisch.

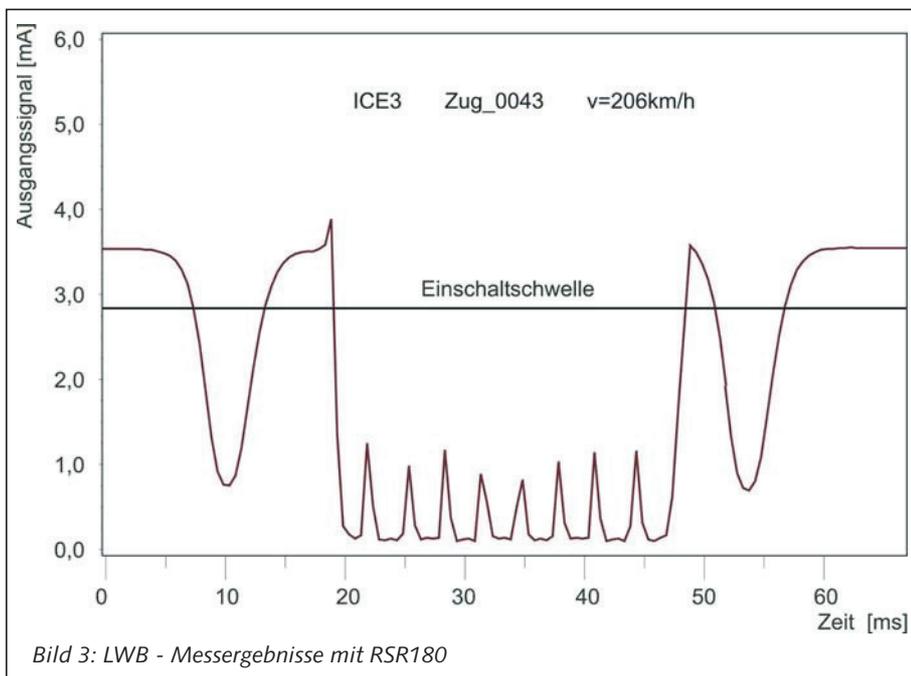
### 3.8 Balisen, LZB

Der Datenaustausch zwischen Fahrzeugen und ortsfesten Gleisgeräten beruht auf definierten Frequenzen und Magnetfeldern, die nicht zu Störungen führen dürfen. Da

diese Werte bekannt sind, können diese Beeinflussungen schon in der Designphase des Sensors berücksichtigt werden.

### 3.9 Magnetschienenbremse, Wirbelstrombremse

Diese Bremsen wirken in mehrfacher Hinsicht auf den Radsensor ein. Zum einen verursacht das Metall- und Spulenvolumen der Bremse, welches seitlich über den Schienenkopf in den Wirkungsbereich des Sensors reicht, eine Teilbedämpfung des Sensorsystems, die zu keiner Schaltauslösung wie bei einem Spurkranz führen darf. Zum anderen generieren beide Bremsenarten, insbesondere die Wirbelstrombremse, ein enormes Magnetfeld, das wiederum zweierlei Auswirkungen hat. Das in den Stahl des Schienenkopfes eindringende Magnet-



Das Bild zeigt den Signalverlauf eines Sensorsystems bei Überfahrt eines Rades. Der gesamte mögliche Signalbereich ist in folgende Zonen einzuteilen:

Bereich 1:

$<5,25 \text{ mA}$   $>4,75 \text{ mA}$ : Sensor ordnungsgemäß an der Schiene, kein Radeinfluss

Bereich 2:

$>5,5 \text{ mA}$ : Sensor von der Schiene abgefallen (Signal steigt an, weil sich der Schienenkopf außerhalb des Einwirkungsbereiches befindet).

Bereich 3:

$<3,8 \text{ mA}$   $>0,5 \text{ mA}$ : Sensor durch ein Rad belegt

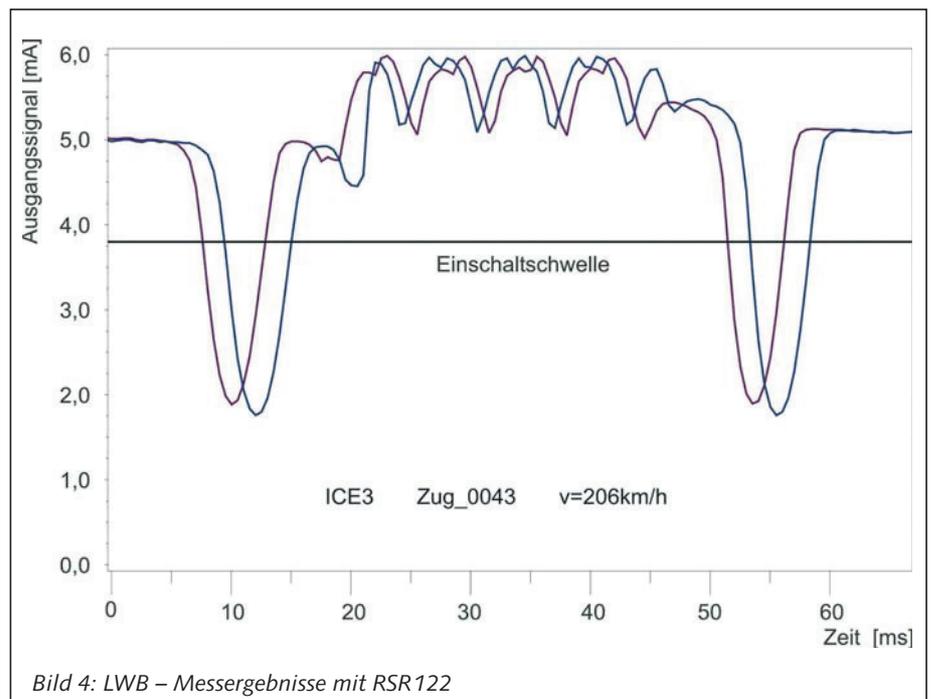
Bereich 4:

$<0,5 \text{ mA}$ : Aderbruch oder Bauteilfehler

Zwischenbereiche:

Sensorsystem nach wie vor belegungsmelddefähig, aber Wartung (Justage) erforderlich

Diese Signalwerte stehen am Radsensor als eingeprägte Stromwerte zur Verfügung und können über die Kabelstrecke bequem von einer intelligenten Baugruppe in der Innenanlage ausgewertet werden. Die Einspeisung der analogen Signalwerte erlaubt außer den oben angeführten Zustandsangaben noch eine Reihe weiterer Bewertungen. Die Berechnung des Raddurchmessers, die Ausgabe der Radmitte über den Sensor oder die Erkennung einer Magnet-schienenbremse sind nur einige Beispiele



dafür. Darüber hinaus gestattet das analoge Sensorsignal die Triggerung für die Ausgabe des für Zählzwecke genutzten Rechtecksignals an frei vorwählbaren Signalpegeln, sodass auch Radlaufflächen ohne Spurkränze oder am Schienenkopf

hochlaufende Spurkränze detektiert werden können.

Das Gleisschaltmittel RSR122 erfüllt die Vorgaben des Lastenheftes der Deutschen Bahn AG und wurde nach den Regeln der Mü 8004 entwickelt, geprüft und vom

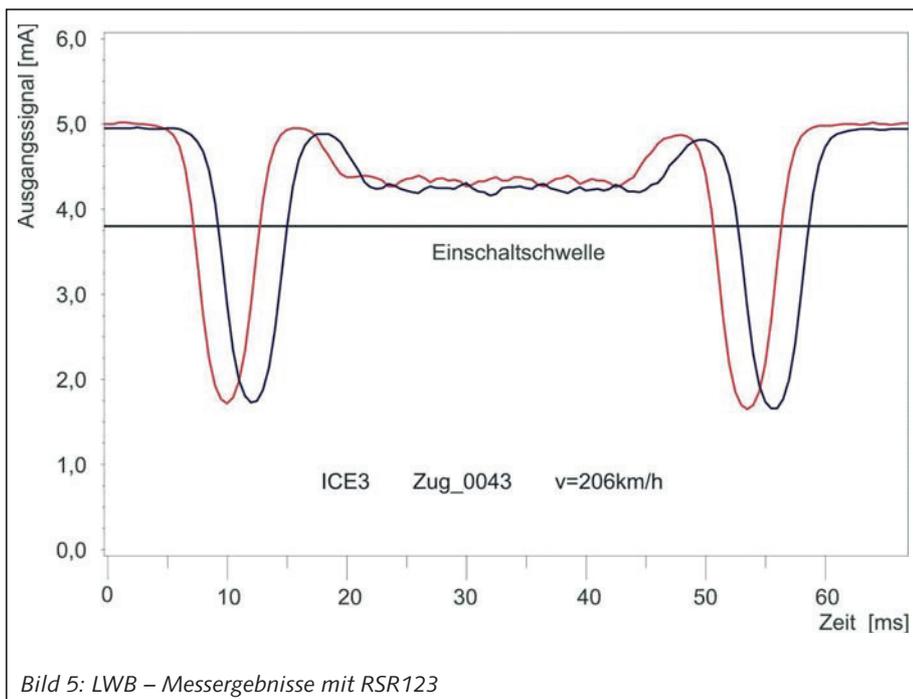


Bild 5: LWB – Messergebnisse mit RSR123



Bild 6: Prototyp RSR123

Eisenbahn-Bundesamt (EBA) zugelassen (EBA-Zulassung Nr. 207016.2/9) [8]. Weitere Zulassungen in anderen Ländern folgten.

## 5 Radsensor Typ RSR123

Der Radsensor Typ RSR122 arbeitet nach dem „Wirbelstrom- und Hystereseverfahren“, während ein weiteres Sensorprodukt der Frauscher GmbH mit der Typenbezeichnung RSR180, das seit 1992 in Serie gefertigt wird, nach einer Kombination aus dem „Feldablenkungsverfahren“ und dem „Induktivitätsverfahren“ arbeitet.

Begünstigt durch die hohen Stückzahlen, die von beiden Radsensortypen weltweit im Einsatz sind (ca. 23.000 Stück), stellten sich im Laufe der stetigen Beobachtung und der Kundenbetreuung spezielle Stärken aber auch Schwächen der einzelnen Verfahren heraus. Für die Forschungsabteilung der Frauscher GmbH war dies Grund genug, sich Gedanken über eine neue Schaltung zu machen, die die Vorteile der einzelnen Verfahren in sich vereinigt, deren Nachteile aber überwindet. Ein entscheidender Punkt in der Anforderungsspezi-

fikation war von vorne herein die absolute Kompatibilität zum Produkt RSR122, weswegen die Bezeichnung RSR123 als logische Fortsetzung der Produktlinie festgelegt wurde.

Die Forschungsarbeiten für den Radsensor RSR123 gestalteten sich schwierig und langwierig. Sie waren von zahlreichen Rückschlägen geprägt und stellten das Entwicklungspersonal vor immer neue Herausforderungen. Das ergänzende Studium der von der „Hochschulelektrotechnik“ in manchen Teilbereichen nicht vermittelten Wissenstiefen war genauso erforderlich, wie die Herstellung unkonventioneller Prüfmittel: so z. B. ein Gerät für die Generierung von bis zu 18 kA Schienenstrom sowie ein Magnetfeldgenerator für Feldstärken bis zu 1 Tesla (T) auf Schienenoberkante (SOK).

Nach etwa zweijähriger Forschungsarbeit war eine befriedigende Grundsaltung gefunden, deren Wirkweise auf einer Kombination der induktiven Verfahren nach Punkt 2.1 bis 2.3 besteht (Verfahrensmix). Der daraufhin gestartete Entwicklungsprozess nach CENELEC förderte noch Punkte zutage, die verbesserungswürdig waren. Nach zahlreichen Prüfungen, Messungen und Testeinsätzen lassen sich nun die bereits nachgewiesenen Eigenschaften kurz vor Abschluss des Zulassungsprozesses wie folgt zusammenfassen:

- Keine störende Beeinflussung durch Schienenströme bis 40 kA (von DC ...50 Hz).
- Keine störende Beeinflussung durch Magnetfelder im energietechnischen Frequenzbereich bis 1 T (auf Höhe SOK).
- Keine störende Beeinflussung durch Magnetfelder im Arbeitsfrequenzbereich der Sensorsysteme (ca. 1 Mhz) bis 3,0  $\mu$ T.
- Keine Rückwirkung von parasitären Saugkreisen durch Neutralisierung des Fernfeldes.

- Kein Einfluss durch Temperaturveränderungen des Schienenmaterials.

Es würde den Rahmen dieses Artikels sprengen, alle bisherigen Messergebnisse grafisch darzustellen. Als Beispiel seien hier die Messungen unter der linearen Wirbelstrombremse (LWB) auf der Hochgeschwindigkeitsstrecke Frankfurt–Köln gezeigt (Bilder 3-5). Im Vergleich zu den Werten des RSR123 sind die Signale der Radsensoren RSR180 und RSR122 gezeigt, die neben dem Prüfling an derselben Schiene montiert waren und während einer Zugfahrt aufgezeichnet wurden. Das Verhalten der unterschiedlichen Wirkprinzipien ist sehr aufschlussreich, weil davon ausgegangen werden kann, dass jeder Sensor den gleichen Einwirkungen ausgesetzt war. Messaufzeichnungen unter Einwirkung der aktiven linearen Wirbelstrombremse (LWB) sind darüber hinaus deshalb aussagekräftig, weil nicht nur starke Magnetfelder auf den Radsensor wirken, sondern auch eine magnetische Sättigung des Schienenkopfes eintritt und zusätzlich eine Teilbedämpfung der Sensorsysteme durch die Metalloberfläche der Bremse stattfindet (vgl. Punkt 3.9).

### LWB – Messergebnisse mit RSR180 (Bild 3)

Der am Sensorsystem anliegende Ruhestrom von ca. 3,5 mA wird zunächst von der ersten Achse des Drehgestells beeinflusst. Daraufhin folgt der Einfluss des Magnetfeldes der LWB, das die im Sensor befindliche Sender-Ferritspule in Sättigung treibt. Die unter dem Magneinfluss fehlende Aussendung wird von den Sensoren erfasst und im abgesenkten Sensorsignal dargestellt. Dieser Radsensor eignet sich deshalb nicht für Einsätze unter der LWB.

### LWB – Messergebnisse mit RSR122 (Bild 4)

Der an beiden Sensorsystemen eingestellte Ruhestrom von 5 mA wird zunächst durch die erste Achse des Drehgestells beeinflusst. Danach wird der Einfluss der LWB nach der ersten Achse des Drehgestells sichtbar. Er äußert sich in einer starken, modulierten Signalanhebung. Ursache dafür ist der von den Jochen der LWB unregelmäßig in magnetische Sättigung getriebene Schienenkopf, der in diesem Zustand entdämpfend auf die Sensorsysteme einwirkt. Die den Sensor bedämpfenden Wirbelstromverluste sind nach wie vor wirksam, der Schienenkopf verhält sich in diesem Zustand in Bezug auf seine magnetischen Eigenschaften quasi wie ein rostfreier, antimagnetischer Stahl. Da die Signalanhebung unter der Wirbelstrombremse in der Auswerteeinheit unterdrückt wird, eignet sich dieser Sensortyp uneingeschränkt als Zählpunkt in Verbindung mit der LWB.

### LWB – Messergebnisse mit RSR123 (Bild 5)

Im Wesentlichen wirkt auf die Sensorsysteme nur die metallische Oberfläche der

Bremse ein, die dadurch bedingte Signalabsenkung besitzt noch einen ausreichenden Abstand bis zur Einschalttriggerschwelle „Rad“. Weder das starke, auf den Sensor wirkende Magnetfeld, noch der in magnetischer Sättigung befindliche Schienenkopf verursachen störende Signalauswirkungen. Im Zuge der Entwicklung des Radsensors RSR123 wurden weitere Erkenntnisse aus den bisherigen Sensoranwendungen analysiert. Dadurch kann der RSR123 neben den hervorragenden elektromagnetischen Verträglichkeitswerten noch zusätzliche Verbesserungen bieten:

- Mikrokontrollergesteuerter Abgleich an der Schiene: Nach erfolgter Montage an der Schiene, die dank der Schienenklemme nur wenige Minuten dauert, kann der Radsensor per Befehl über das Anschlusskabel zu einem automatischen Abgleich gestartet werden. Damit sind Handhabungsfehler ausgeschlossen und der Abgleich kann in sicherem Abstand außerhalb des Gleises durchgeführt werden.
- Kabelstecker: Die Anbringung eines geeigneten Kabelsteckers am Radsensor geht konform mit dem Wunsch vieler Signaltechniker nach kurzen Manipulationszeiten bei Abbau der Sensoren wegen Gleisarbeiten oder bei Gerätetausch.
- Große Einwirklänge: Die Einwirklänge konnte dank einer speziellen Spulengeometrie um 20 % gegenüber dem

Radsensor RSR122 vergrößert werden. Dies gestattet eine großzügigere Filterung gegen Übertragungseinflüsse, die beispielsweise bei unsymmetrischen Kabeln auftreten können.

## 6 Zusammenfassung

Die Frauscher GmbH hat weltweit hohe Stückzahlen an Radsensoren im Einsatz, die nach dem induktiven Wirkprinzip, aber nach unterschiedlichen Verfahren arbeiten. Die daraus gewonnenen Erfahrungen waren Grundlage für ein mehrjähriges Forschungsprojekt, das nicht nur die letzten Schleier in Bezug auf die komplexen Einwirkungen auf Radsensoren lüftete, sondern auch die Entwicklung einer Sensorbasisschaltung mit bisher kaum erreichter elektromagnetischer Verträglichkeit ermöglichte. Die Forschungsergebnisse wurden in einem nach dem CENELEC Prozess entwickelten neuen Radsensor mit der Typenbezeichnung RSR123 (Bild 6) umgesetzt. Die Wirkweise des RSR123 besteht aus einem Verfahrensmix aus bisher bekannten induktiven Verfahren. Die Eigenschaften des Sensors markieren einen neuen Stand der Technik und ermöglichen dem Anwender eine weitere Steigerung der Anlagenverfügbarkeit und eine Reduzierung des Montage-, Einstell- und Wartungsaufwandes.

## SUMMARY

### From track switch to inductive wheel sensor using a variety of technologies

Worldwide, Frauscher GmbH has large numbers of wheel sensors in operation based on the inductive operating principle, but using different operating methods. The experience gained was the basis for a research project of several years, which did not only lift the last veils off the complex effects of wheel sensors, but also provided the development of a basic sensor circuit boasting unprecedented electromagnetic compatibility. Research results were converted into a new wheel sensor with type designation RSR123 (Figure 6), developed in compliance with the CENELEC procedure. The operating mode of RSR123 is based on a variety of technologies using known inductive mechanisms. Sensor properties mark a new state-of-the-art and afford users a further increase in equipment availability and a reduction in mounting, adjustment and maintenance cost.

giving shape to mobility

Movares

Independent Engineering Consultancy

www.movares.com

Verkehrstechnik aus Braunschweig

**BBR**

Stellwerke      Fahrsignalanlagen      EOW-Technik

Zugsicherungssysteme      Informationstechnik      Industrieelektronik

Baudis Bergmann Rösch  
Verkehrstechnik GmbH

Pillaustraße 1e  
38126 Braunschweig

Tel: 0531 / 27300-0  
Fax: 0531 / 27300-999

www.bbr-vt.de