

Einsatz der Wirbelstromprüfung zur Detektion von Head Checks an Fahrkanten von Schienen

Von Rainer Pohl, Ronald Krull, Sven Rühle*

Aufgabenstellung

Hohe Zuggeschwindigkeiten und große Achslasten beanspruchen das Schienenmaterial so stark, dass heute auch kleinere Oberflächenfehler zunehmend an Bedeutung gewinnen. Mit der standardmäßig bei der Inspektion des Schienennetzes eingesetzten Ultraschallprüfung ist eine genaue Untersuchung dieser Fehler nicht möglich.

Im Mittelpunkt der hier vorgestellten Arbeiten stand ein bestimmter Fehlertyp, die sogenannten Head Checks. Sie entstehen in Fahrkanten von Schienen und laufen unter einem Winkel von 15°-30° ins Werkstoffinnere. Der Abstand zwischen den einzelnen Rissen beträgt im Allgemeinen 2-7 mm (Bild 1).

Head Checks entstehen überwiegend in Gleisbögen durch Rollkontaktermüdung (Bild 2).

Ziel der Arbeiten war es, ein Verfahren bereitzustellen, welches in der Lage ist, Head Checks sowohl zu detektieren, als auch quantitativ zu analysieren. Damit besteht die Möglichkeit, durch gezieltes Schleifen, größeren Schädigungen der Schiene vorzubeugen.

Lösung

Als Messprinzip wurde das Wirbelstromverfahren gewählt. Dieses besitzt eine besonders hohe Empfindlichkeit gegenüber Oberflächenfehlern und ermöglicht gleichzeitig eine Tiefenbewertung offener Risse. Das

Wirbelstromverfahren ist sehr schnell und lässt sich gut automatisieren. Diese beiden Punkte sind für den gewünschten Einsatz in Schienenprüfzügen von besonderer Bedeutung.

Bei der Bearbeitung der Aufgabe mussten einige prinzipielle Eigenschaften von Wirbelstromsensoren beachtet werden (Bild 3 - 6):

Wesentlicher Teil der Arbeiten war es, einen Sensor zu entwickeln, der für die durch die Prüfaufgabe vorgegebenen, konkreten Bedingungen keinen der „roten Bereiche“ berührt, und dabei die „weißen Arbeitsbereiche“ so groß wie möglich macht.

Dies ist mit der Entwicklung des Sensors vom Typ HC 10 gelungen. Der Sensor ist nach einem für Wirbelstromsensoren neuartigen Konstruktionsprinzip aufgebaut. Mit diesem Sensor ist eine Bewertung von Rissen bis ca. 10 mm Tiefe möglich. Der Sensor erlaubt die Trennung von Rissanzeigen bis zu einem Rissabstand von ca. 3 mm. Mit Hilfe eines Softwarealgorithmus kann diese Trennung auf weniger als 2 mm verbessert werden.

Der Sensor hat, gegenüber anderen Sensoren, einen geringen Empfindlichkeitsverlust bei Abhebung von der Prüfoberfläche. Dies ist von besonderer Bedeutung, da je nach Abnutzungsgrad der Schienen immer mit einem unterschiedlichen Abstand zur Oberfläche betrieben werden.

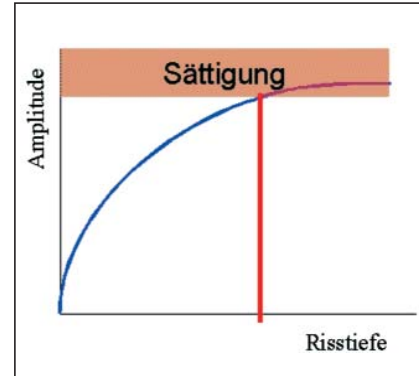


Bild 3: Eine Tiefenaussage ist nur in einem gewissen Bereich möglich. Tiefere Risse führen zu einem Sättigungsverhalten

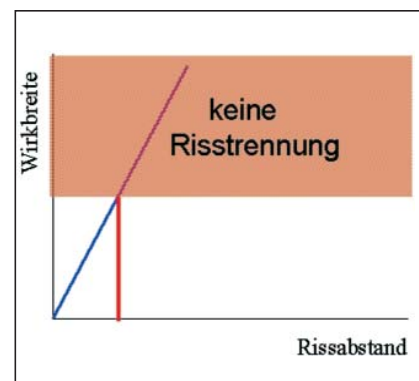


Bild 4: Risse mit geringem Abstand lassen sich nur voneinander trennen, wenn der Sensor eine gewisse Wirkbreite nicht überschreitet



Bild 1: Head Check-Anzeigen einer MP-Prüfung

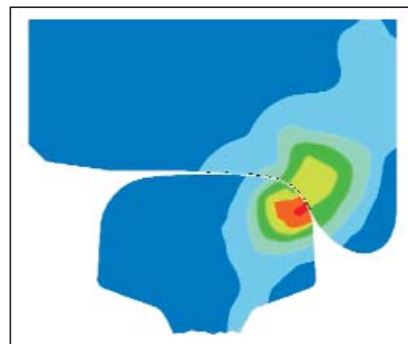


Bild 2: Simulation der Belastungssituation bei Head Check-Bildung

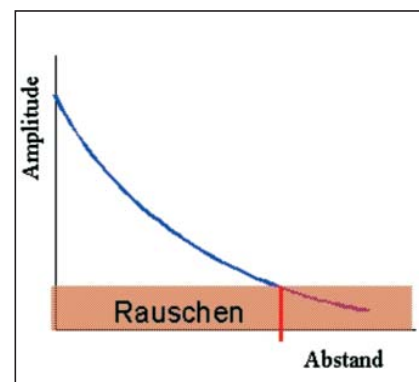


Bild 5: Mit zunehmenden Abstand des Sensors von der Oberfläche wird die Signalamplitude geringer. Ab einem gewissen Maximalabstand verschwinden die Signale im Rauschen

* Die Autoren erhielten für Ihre Arbeit den Bertholdpreis der DGZfP 2002

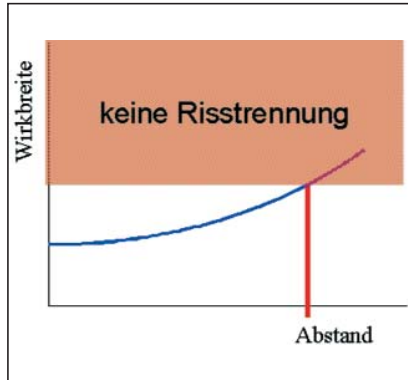


Bild 6: Ein weiterer Abstandeffekt ist die Vergrößerung der Sensorwirkbreite mit zunehmenden Abstand

Die Abhebekennlinie des Sensors ermöglicht zusätzlich eine nachträgliche Korrektur des Empfindlichkeitsverlustes bei der Auswertung der Messdaten.

Anwendung

Basierend auf den Grundlagenuntersuchungen und der Sensorentwicklung wurde ein Prüfsystem entwickelt, welches zum Weltpatent angemeldet wurde.

In verschiedenen Konfigurationen ergeben sich für dieses Prüfsystem drei Haupteinsatzgebiete:

- Schienenprüfzüge: Überwachung des gesamten Streckennetzes
- Handprüfung: Verifizierung der Ergebnisse des Prüfzuges; Prüfung von Weichen; spezielle Untersuchungen
- Schienenschleifzüge: Kontrolle der Qualität des Schleifens bei der Bearbeitung, Optimierung des Schleifprozesses

Das Prüfsystem für den Schienenprüfzug prüft jede Schiene mit vier Sensoren gleichzeitig. Die Prüfgeschwindigkeit kann dabei mehr als 100 km/h betragen. Für jede Schiene stehen ein vierkanaliges Wirbelstromgerät und ein Messrechner zur Verfügung. Dem System übergeordnet ist ein Steuerrechner, welcher auch als Schnittstelle zu den Signalen des Prüfzuges dient. Alle Geräte kommunizieren über ein Netzwerk miteinander. Mit Hilfe eines GPS-Empfängers (Global Positioning System) werden den Messdaten die aktuellen Messorte zugeordnet. Bereits während der Messung können die Daten durch ein im Hintergrund

laufendes Programm automatisch ausgewertet werden. Für die Prüfaufsicht werden einfache Statusanzeigen generiert (Bild 7).

Es wurden bereits zwei Prüfzüge mit solchen Prüfsystemen ausgerüstet.

Für die Handprüfung werden Sensoren und Prüftechnik mit Hilfe einer Draisine über das Gleis geführt. Die Draisine ist so konstruiert, dass sie im Kofferraum eines Kleinwagens transportiert werden kann. Es werden zwei Sensoren hintereinander in einer manuell wählbaren Prüfspur geführt. Der zweite Sensor ist besonders hochauflösend und wird für Analysezwecke genutzt. Es werden ein zweikanaliges Wirbelstromgerät und ein Outdoor-Laptop zur Datenspeicherung und Auswertung eingesetzt. Ein GPS-Gerät dient auch hier zur Speicherung des genauen Messortes zu den Daten.

Es sind zur Zeit zwei Draisinen im Einsatz (Bild 8).

Ergebnisse

Bisher wurden mit den Draisinen vielfältige Untersuchungen vorgenommen, um das Anwendungspotential auszuloten. Mit den Prüfzügen wurden mehrere Testfahrten durchgeführt. Dabei konnte eine gute Übereinstimmung der Prüfergebnisse der einzelnen Systeme untereinander nachgewiesen werden. An besonders charakteristischen Signalsignaturen war es auch möglich, mit Hilfe einer Magnetpulverprüfung die Übereinstimmung der Wirbelstromanzeigen mit dem realen Schädigungsmuster nachzuweisen (Bild 9).

Da das Wirbelstromsignal neben den Head Checks

auch alle anderen Änderungen der Oberflächeneigenschaften der Schiene anzeigt, gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Signalsignaturen. Es wurde begonnen einen Signalmusterkatalog zu erstellen. Mit seiner Hilfe kann die Auswertung der anfallenden Daten erleichtert werden.

Mit Hilfe des Wirbelstromprüfsystems ist es erstmalig möglich, die Schienen kilometerweise auf Oberflächenschädigungen zu untersuchen. Hierbei konnten ganz neue Erkenntnisse gewonnen werden. So fiel beim Auswerten der Messdaten auf, dass die Anzahl der Head Checks örtlich variierte. Beim Auftragen der Anzahl der Head Checks über dem Ort zeigte sich, dass hier eine gewisse Periodizität zu erkennen ist.

Die Messungen wurden am gleichen Streckenabschnitt zu späteren Zeitpunkten wiederholt. Dabei ergab sich, dass sich die Anzahl der Head

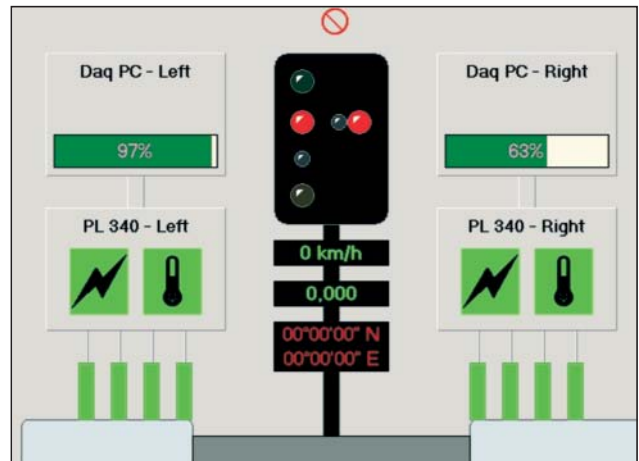


Bild 7: Statusbildschirm im Prüfzug



Bild 8: Prüfeinsatz mit Draisine

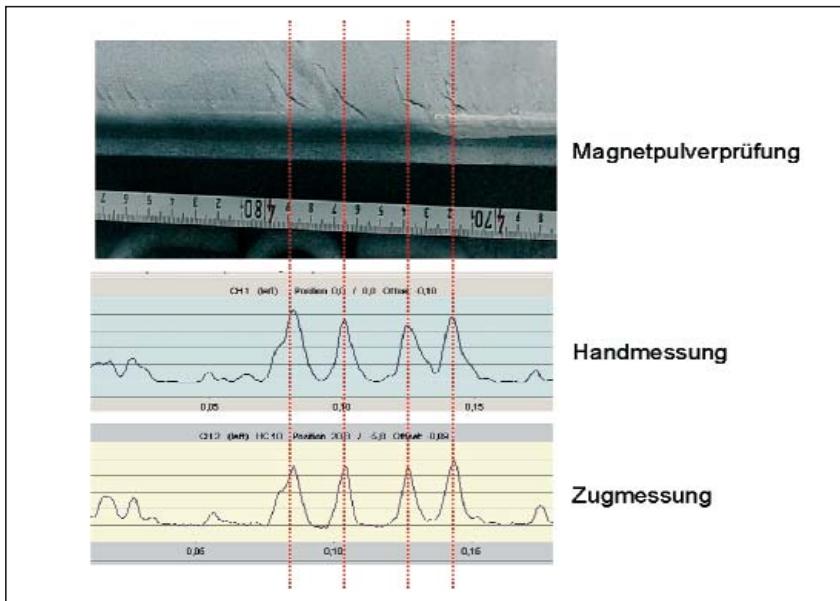


Bild 9: Vergleich der Ergebnisse

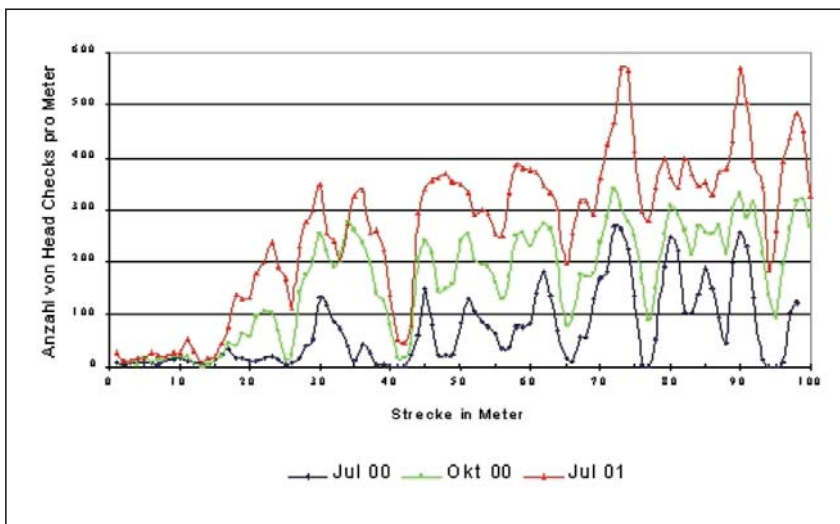


Bild 10: Häufigkeitsverteilung von Head Checks

Checks erhöhte, jedoch der prinzipielle periodische Verlauf erhalten blieb. Die genaue Ursache für dieses Verhalten muss noch weiter untersucht werden (Bild 10).

Ausblick

Bereits die ersten durchgeführten Versuche zeigten vielfältige Möglichkeiten, die sich bei der Untersuchung der Schienenoberfläche mit dem Wirbelstromprüfsystem ergeben. Mit den bereits vorhandenen Systemen ist nun in größerem Umfang Datenmaterial zu sammeln. Damit kann dann die automatische Auswertung verbessert werden.

Der Signalmusterkatalog ist mit den gesammelten Daten zu erweitern und

zu verifizieren. Beim praktischen Einsatz gemachte Erfahrungen können in die Weiterentwicklung der Systeme einfließen.

Ein Prüfsystem für den Einsatz in Schienenschleifzügen bleibt noch zu entwerfen. Da diese mit relativ geringen Geschwindigkeiten fahren, ist der gerätetechnische Aufwand zu verringern. Für den Einsatz in Schleifzügen könnten Sensoren mit anderen Eigenschaften Anwendung finden.

Am Handprüfsystem ist die Entwicklung in Richtung auf eine Minimierung der Masse zu lenken. Dadurch soll ein Einpersonenbetrieb ermöglicht werden. Hierzu ist die Konzentration der Prüftechnik in einem Gerät anzustreben.

Die Autoren:

Rainer Pohl



Ahrenschooper Straße 34
13051 Berlin
geb.: 25.01.1964
in Berlin
10 Klassen POS

1980 - 1982 Lehre Funkmechaniker; Stern Radio Berlin, 1982 - 1990 Labormechaniker im Mess- und Prüfgerätebau Stern Radio Berlin, 1986 - 90 Fernstudium Geräte und Anlagen der Nachrichtentechnik an der Ingenieurhochschule Berlin- Lichtenberg, 1990 - 1993 Direktstudium Nachrichtentechnik an FHTW Berlin (Fachhochschule für Technik und Wirtschaft ehemals IHS Lichtenberg), 1991/92 Praktikum BAM Labor Elektrische und magnetische Verfahren, 1993 Laboringenieur im BAM Labor „Elektrische und magnetische Verfahren“ Entwicklung von Wirbelstromsensoren; Applikationen; Messaufgaben

Ronald Krull



Lerchenweg 39
39576 Stendal
geb. am 27.01.1970 in
Magdeburg
10 Klassen POS

1986 - 1988 Erweiterte Oberschule (Abitur), 1992 - 1997 Studium an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 1997 Abschluss des Studiums als Dipl.-Ing. für Werkstofftechnik und Werkstoffprüfung, seit 1997 Dipl.-Ing. bei der DB Systemtechnik der Deutschen Bahn AG in Brandenburg-Kirchmöser

Sven Rühle



Kastanienweg 6
39291 Lostau
geb.: 29.05.1969 in
Magdeburg
12 Klassen Abitur

1989 -90 2 Semester Werkstofftechnik Uni Magdeburg, 1990 - 1994 Studium allgemeiner Maschinenbau an der FH Magdeburg, 1994 - 95 Diplomarbeit als Gemeinschaftsprojekt der FH Magdeburg, IZfP Saarbrücken, Universität Magdeburg und der Fa. Theysohn Salzgitter, 1995 Vertriebs- und Applikationsingenieur bei der Fa. Rohmann, 1996 Vertriebs- und Applikationsingenieur bei PLR, 1997 Dozententätigkeit im Rahmen der DGZfP-Lehrgänge, 2000 Prüfungsbeauftragter der DGZfP