

Erfahrungen beim Einsatz der Wirbelstromprüfung im Schienenprüfzug 2 der DB Netz AG

R. Krull, H. Hintze, DB Kirchmöser; H.-M. Thomas, BAM Berlin; S. Rühle, PLR, Magdeburg; D. Nöllen, DB Netz, Minden

1 Einleitung

Die Rollkontaktermüdung im oberflächennahen Bereich der Schienen spielt in der heutigen Zeit eine zunehmende Rolle bei den notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen zur Gewährleistung eines sicheren Eisenbahnverkehrs. Hatten in der Vergangenheit Nierenbrüche und andere Fehler im Schienenvolumen Priorität bei



der Detektion und Bewertung durch geeignete zerstörungsfreie Prüfverfahren, so sind es heute Fehlerarten wie Head Checks (siehe Bild 1), Squats, Belgrospis etc., die es zu finden und hinsichtlich ihrer Schädigungstiefe zu bewerten gilt.

Bild 1: Starke Oberflächenschädigung durch Head Checks

Problematisch war dabei bisher die Erfassung derartiger

Fehler aufgrund ihrer Lage im Schienenquerschnitt und ihrer Geometrie, da die für die Schieneninspektion angewandte Ultraschalltechnik ein Volumenprüfverfahren ist und für die Inspektion der Schienenoberfläche nur bedingt geeignet ist. Aus diesem Grund wurde eine Wirbelstromprüftechnik insbesondere für die Detektion und Bewertung von Head Checks entwickelt, die Projektpartner sind dabei die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, die DB Systemtechnik, die Fa. Prüftechnik Line & Rühle GmbH sowie die Rohmann Engineering GmbH. Über die Entwicklung dieses Prüfsystems wurde bereits mehrfach im Rahmen der DGZfP-Jahrestagung durch die einzelnen Projektpartner berichtet. Ziel dieses Beitrages soll es deshalb sein, über die ersten Erfahrungen, die die Deutsche Bahn AG beim Einsatz des in den Schienenprüfzug 2 integrierten Prüfsystems gesammelt hat, zu berichten.

2 Beschreibung des Prüfsystems

Bei der in den Schienenprüfzug 2 eingebauten Wirbelstromprüftechnik handelt es sich um ein achtkanaliges System, das sich in zwei vierkanalige Geräte aufteilt, so dass für jede Schiene 4 Wirbelstromsonden zum Einsatz kommen können. Zusammen mit zwei Messrechnern, und einem Steuerrechner ist das gesamte System in einem 19"-Schrank (siehe Bild 2) untergebracht. Die Messrechner speichern die aufgenommenen Daten und leiten sie an den Steuer- oder Masterrechner weiter. Von hier aus lassen sich dann die entsprechenden Auswertungen vornehmen, bzw. die Daten können an das Ultraschallprüfsystem des Zuges weitergeleitet werden um eine kombinierte Auswertung beider Prüfergebnisse vornehmen zu können. Die Vorgehensweise dabei wird Gegenstand eines späteren Kapitels in diesem Beitrag sein.

Die Aufnahme der Daten erfolgt mit Hilfe von insgesamt 8 Wirbelstromsonden (4 auf jeder Schiene), die um die Fahrkante herum derart angeordnet sind, dass sie einen Bereich von ca. 28 mm lückenlos untersuchen können. Die Sondenhalterung, in die die Sonden integriert wurden, ist im Bild 3 dargestellt. Sie gewährleistet eine sichere Führung der Sensoren an der Fahrkante. Hierbei wurde be-



Bild 2: Prüfsystem im SPZ 2

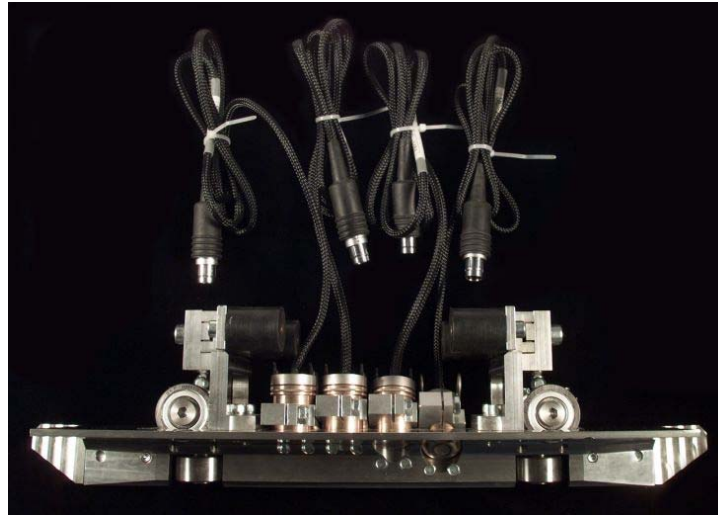


Bild 3: Sondenhalterung

sonderes Augenmerk auf die Einhaltung eines konstanten Luftspaltes von 1 mm während der gesamten Prüfung sowie die sichere Führung der Sonden im Weichenbereich gelegt, so dass die Halterung in der Herzstücklücke nicht angehoben zu werden braucht. Realisiert wurde dies durch die Kombination einer Rollen- und Schlittenführung. Die Sondenhalterung wurde nach ersten Tests nochmals überarbeitet, so dass sie nun durch weitere Führungselemente und eine Neuordnung der Führungsrollen, die oben genannten Parameter erfüllt. Der zur Zeit laufende Langzeittest dient der Untersuchung der dauerhaften Tauglichkeit der Halterung insbesondere der einzelnen Elemente, die während einer Prüfung von bis zu 70 km/h extrem hohen Belastungen ausgesetzt sind.

3 Kalibrierung des Prüfsystems

Um Head Checks hinsichtlich ihrer Schädigungstiefe und Ausdehnung auf der Schienenoberfläche bewerten zu können, ist eine genaue Kalibrierung sowie eine reproduzierbare Prüfungsdurchführung notwendig. Auf die einzelnen erforderlichen Schritte soll im Folgenden eingegangen werden.

Über die Aufstellung einer geeigneten Kalibrierkurve wurde bereits im Tagungsband der DGZfP-Jahrestagung 2002 berichtet. Gegenstand dieser Ausführungen soll vielmehr die geplante Kalibrierprozedur im Rahmen einer Regelinspektion sein.

Ein wesentliches Problem stellt die aufgrund des unterschiedlichen Querschnittes der an der Fahrkante auftretenden Verschleißprofile die Einhaltung eines konstanten Luftspaltes dar. Betrachtet man das im Bild 4 dargestellte typische Profil einer Bogenaußenschiene und vergleicht es mit der schematischen Darstellung eines Neuprofils, so erkennt man die unterschiedlichen Ausdehnungen der Luftspalte unter den einzelnen Sonden. Diese lassen sich durch die eingesetzte Sondenhalterung nur zum Teil kompensieren. Aus diesem Grund unterteilt man die Einstellung des Prüfsystems in zwei aufeinanderfolgende Schritte.

Zunächst werden an einem Testkörper, der aus einem Schienenstück mit aufgeschraubtem Plexiglasquader mit zwei unterschiedlich tiefen Bohrungen besteht, die Grundeinstellungen wie Nullpunktlage, Phase und Verstärkung eingestellt.

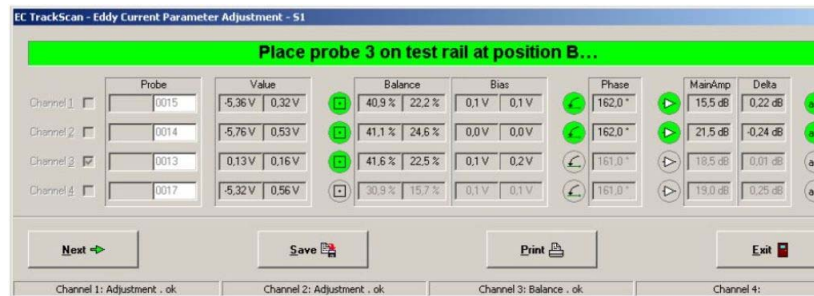
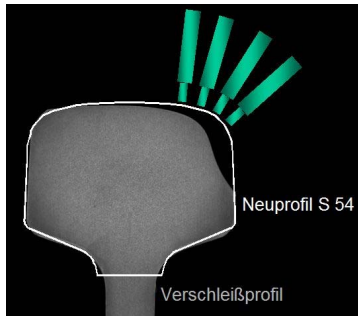


Bild 4: Sondenanordnung

Bild 5: Oberfläche zur Kalibrierung der Sonden

Dazu steht dem Prüfer eine Benutzeroberfläche innerhalb der Software zur Verfügung (siehe Bild 5), die es erlaubt, auf einem einfachen Wege die Kalibrierung für alle 8 eingesetzten Sonden vorzunehmen. Diese Prozedur ist nur bei der Kalibrierung neu einzusetzender Sonden notwendig und muss während des Einsatzes nicht wiederholt werden.

Um die Sonden in der Sondenhalterung auf den Abstand von 1 mm zur Schie-



Bild 6: Testkörper

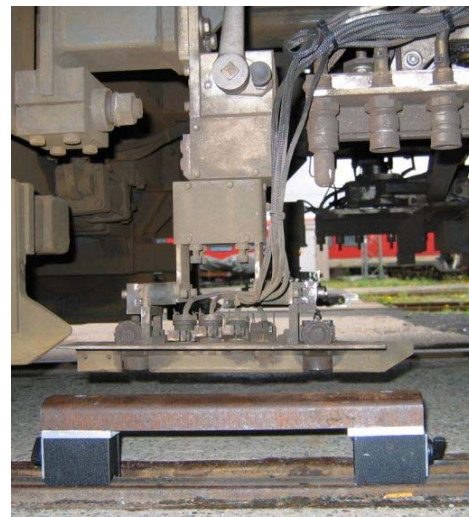


Bild 7: Testkörper auf Schiene

nenoberfläche einzustellen, ist ein zweiter Testkörper notwendig, der im Bild 6 dargestellt ist. Dabei handelt es sich um ein Schienenstück, das ein Neuprofil besitzt. Die Sondenhalterung wird im eingebauten Zustand auf diese Schiene abgesenkt (siehe Bild 7), und durch Verschiebung der Sonden in ihrer Befestigung werden die Abstände zwischen Sonde und Schiene mit Hilfe der Software auf den entsprechenden Abstand eingestellt. Nach Beendigung dieses Kalibrierschrittes ist das Prüfsystem einsatzbereit.

4 Auswertung der Daten

Im folgenden Kapitel wird auf die Auswertung der aufgenommenen Wirbelstromdaten eingegangen. Ziel dieser Auswertung ist die Kombination der Ergebnisse der Ultraschall- und der Wirbelstromprüfung, um sowohl instandhaltungstechnische Maßnahmen treffen zu können als auch sicherheitsrelevante Fehler aufzufinden und zu bewerten.

Im Bild 8 sind die typischen Signale der Wirbelstromprüfung an einer Schiene dargestellt. Erkennbar sind 4 Kanäle in der y/t- und in der x/y-Darstellung, wobei

die obere Darstellung die Signale der Sonde zeigt, die am weitesten in der Fahrkante prüft. Die Länge des Messschriebes beträgt 1 m. In diesem Fall haben die Sonden 1 bis 3 Head Checks detektiert, erkennbar an den Amplituden in der y/t-Darstellung.

Betrachtet man diese Darstellung der Rohdaten, so wird deutlich, dass einen nicht vertretbaren Aufwand bedeutet, diese Daten manuell auszuwerten. Aus diesem Grund werden die Signale nach vorgegebenen Algorithmen bereits nach ihrer Aufnahme ausgewertet und stehen dem Prüfer in dieser Form zur Verfügung.

Bild 9 zeigt die Auswertung eines 100 Meter langen Schienenstranges eines Testgleises, der bereits ausgewertet wurde. Dabei werden jeweils die Maximalwerte pro Meter in den verschiedenen Kategorien der Bewertung ermittelt. Im oberen

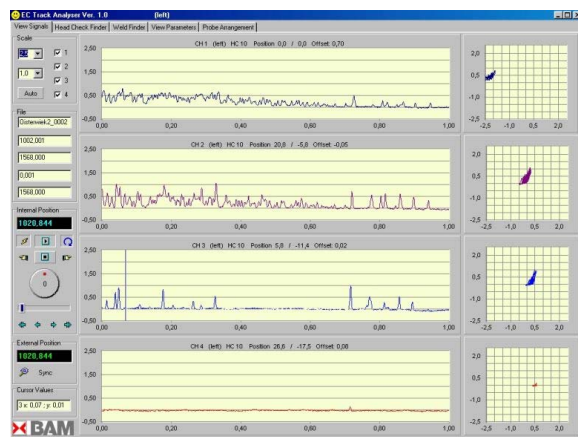


Bild 8: Wirbelstromrohdaten

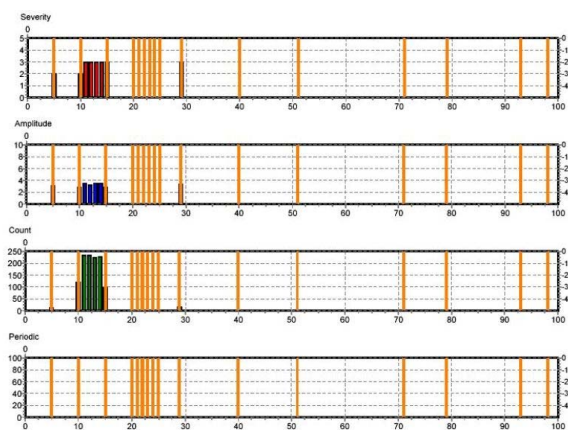


Bild 9: Ausgewertete Daten

Balken wird die Anzahl der Sonden aufgelistet, die Head Checks detektiert haben. Aufgrund der Kenntnis der Spurbreite eines jeden Kanals lässt diese Information Rückschlüsse auf die Ausdehnung der Risse auf der Oberfläche zu. Der zweite Messbalken zeigt die Amplitude der ermittelten Werte an. Er stellt damit den wichtigsten Parameter für die Bewertung der Head Checks dar, da er einen

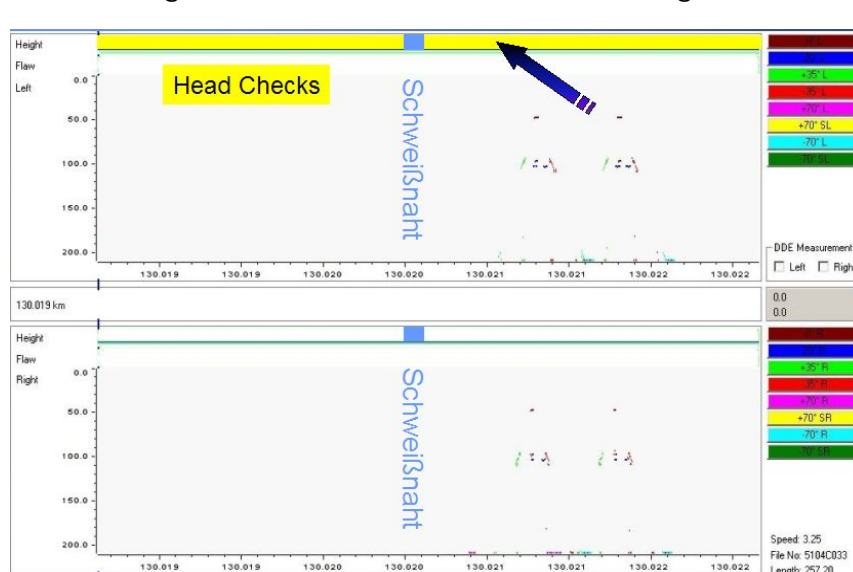


Bild 10: Kombination der UT- und ET-Daten

direkten Hinweis auf die Riss- und damit die Schädigungstiefe der Risse darstellt. Mit der dritten Abbildung ist es möglich, die Anzahl der Risse pro Meter festzustellen. Diese Größe wird in Zukunft jedoch eine untergeordnete Rolle spielen und für die Bewertung nicht weiter benutzt werden. Die letzte Anzeige dient der Feststellung von periodischen Anzeigen, die sich mit

realen Fehlersignale überlagern können und damit zu Fehlinterpretationen führen. Derartige Signale können beispielsweise durch Schleifriefen erzeugt werden, die ähnliche Signalformen und Amplituden erreichen, in diesem Fall jedoch nicht bewertet werden sollen. Bei den gelben Anzeigen, die auf allen vier Messschrie-

ben sichtbar sind, handelt es sich um die Kennzeichnung von aluminothermischen Schienenschweißungen, deren Detektion der Verbesserung der Ortungsgenauigkeit der erfassten Fehler dient.

Um diese vorausgewerteten Daten in Form eines Prüfprotokolls zur Verfügung gestellt zu bekommen, bedarf es jedoch weiterer Auswertelgorithmen insbesondere bei der Verknüpfung beider Prüfsysteme. Auch hier wurden bereits erste Schritte unternommen, die im Folgenden erläutert werden.

Basis für die kombinierte Auswertung der Daten bildet nach wie vor die bisher verwendete Benutzeroberfläche zur Analyse der Ultraschalldaten (siehe Bild 10). Die Abbildung zeigt die detektierten Signale in beiden Schienen des Gleises. Die einzelnen Anzeigen weisen verschiedene Farben auf, um dem Auswerter die Erkennung des jeweils für die Bewertung heranzuziehenden Prüfkopfes zu erleichtern. In diese Oberfläche werden nun die vorausgewerteten Daten aus der Wirbelstromprüfung integriert.

Lfd. Nr.	km von	km bis	Schiene	Länge (m)	HC Klasse	HC (m) je Kl	HC Breite
15	62,105	62,105	linke	1	1	1	
14	62,359	62,282	linke	77	1	5	
14	62,359	62,282	linke	77	1	6	
14	62,359	62,282	linke	77	1	4	
14	62,359	62,282	linke	77	1	6	
13	62,572	62,572	linke	1	1	1	
12	62,934	62,934	linke	1	1	1	
11	67,998	67,985	linke	13	1	1	
11	67,998	67,985	linke	13	1	1	
10	68,28	68,28	linke	1	1	1	
9	68,586	68,586	linke	1	1	1	
8	69,673	69,673	linke	1	1	1	
7	72,503	72,503	linke	1	1	1	
6	72,679	72,676	linke	2	2	2	
6	72,679	72,676	linke	2	1	2	
6	72,679	72,676	linke	2	1	1	
5	72,733	72,731	linke	2	2	2	
5	72,733	72,731	linke	2	1	1	
4	74,248	72,939	linke	1308	23	23	
4	74,248	72,939	linke	1308	456	456	
4	74,248	72,939	linke	1308	369	369	
3	74,621	74,586	linke	36	1	1	

Bild 11: Auswertung der Wirbelstromdaten

lierte Aussage über die Schädigungstiefe der Risse ist in dieser Darstellung noch nicht möglich. Um diese Angaben zu erhalten, kann der Auswerter durch ein Klicken an einer beliebigen Position des Balkens (siehe Pfeil im Bild 10) eine Tabelle aufrufen, wie sie im Bild 11 dargestellt ist. In dieser Tabelle werden die headcheckgeschädigten Abschnitte zusammengefasst. Die Klassifizierung der einzel-

nen Anzeigen weisen verschiedene Farben auf, um dem Auswerter die Erkennung des jeweils für die Bewertung heranzuziehenden Prüfkopfes zu erleichtern. In diese Oberfläche werden nun die vorausgewerteten Daten aus der Wirbelstromprüfung integriert. Im Falle des Auftretens von Head Checks wird ein gelber Balken im oberen Bereich der beiden Messschriebe abgebildet, der dem Auswerter zunächst einen qualitativen Hinweis auf das Vorhandensein von Head Checks gibt. Eine detail-

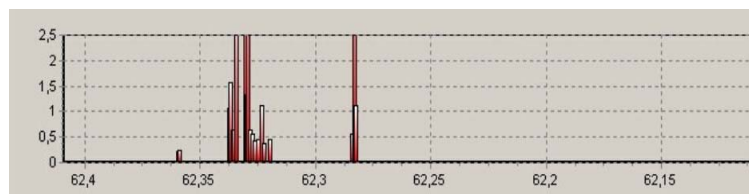


Bild 12: Parametereinstellung Bild 13: Grafische Fehlerdarstellung

nen Schädigungen erfolgt wiederum nach der entsprechenden Schädigungstiefe, wobei der gesamte Bereich in 4 Intervalle eingeteilt wird. Die Beschreibung der Risse in den einzelnen Abschnitten soll anhand eines Beispiels erläutert werden. Betrachtet man den Abschnitt mit der laufenden Nummer 14, so erkennt man, dass sich dieser über eine Länge von insgesamt 77 Metern vom Kilometer 62,359 bis 62,282 erstreckt. Innerhalb dieses Abschnittes sind insgesamt 5 Meter der Strecke mit Head Checks geschädigt, die eine Tiefe von mehr als 1,5 mm aufweisen, erkennbar an den 4 grünen Quadraten in den Spalten HC-Klasse und HC

(m) je Kl. Die übrigen Intervalle werden analog in der Tabelle aufgelistet. Die Breite der Intervalle kann manuell festgelegt werden, wodurch die Auswertung flexibel gestaltbar ist (siehe Bild 12). Zusätzlich zur Angabe der Schädigungstiefe wird die Ausdehnung der Head Checks auf der Schienenoberfläche angegeben, Priorität bei der Bewertung hat jedoch immer die Tiefe der Risse.

Um dem Auswerter einen Überblick über die Verteilung der detektierten Schädigungstiefen zu geben, gestattet die Software eine grafische Darstellung der Tabellenwerte (siehe Bild 13). Somit ist es möglich, gezielt abschnittsspezifische Instandhaltungsmaßnahmen zu ergreifen.

5 Ausblick

Die Wirbelstromprüfung im Schienenprüfzug 2 der DB Netz AG befindet sich zur Zeit in einer intensiven Erprobungsphase. Ziel ist es dabei, Erfahrungen beim Einsatz dieser Technik zu sammeln und gleichzeitig eine umfassende Bestandsaufnahme des Zustandes der Schienen hinsichtlich ihrer Oberfläche durchzuführen. Diese war bisher aufgrund fehlender geeigneter Prüfverfahren nicht möglich.

Auf der Basis dieser Untersuchungen werden dann Kriterien aufgestellt, die der Bewertung oberflächennaher Fehler dienen. Hauptaugenmerk wird dabei nach wie vor auf die Head Checks gelegt, die bisherigen Ergebnisse zeigen jedoch, dass sich mit geeigneten Kalibriermethoden auch weitere Oberflächenfehler wie Squats, Belgrospis etc. auf der Fahrfläche der Schiene mittels Wirbelstrom qualitativ und quantitativ bewerten lassen.