

Wirbelstromprüfung beim Schienenschleifen

Ralf CASPERSON, Hans-Martin THOMAS, Rainer POHL, BAM, Berlin
Roger MEIERHOFER, SPENO International SA, Genf, Schweiz

Kurzfassung. Bei der Gewährleistung der Sicherheit des Fahrbetriebes im Schienenverkehr spielen betriebsbedingte Oberflächenschäden eine zunehmend wichtige Rolle, da diese Schäden bei ungehindertem Wachstum bis zum Schienenbruch führen können.

Als allgemeine Instandhaltungsmaßnahme ist die Oberflächenbearbeitung mit Schleifzügen weit verbreitet. Das Schienenschleifen dient sowohl der Reprofilierung der Schienen als auch dem präventiven Abarbeiten von Oberflächenschäden.

Gemeinsam mit der Firma SPENO International SA, der DB AG und weiteren Partnern hat die BAM ein Wirbelstromprüfsystem für Schienenschleifzüge bis zur Anwendungsreife entwickelt, das in der Lage ist, speziell bei dem Fehlertyp der Head Checks die Schädigungstiefe zu bestimmen. Die Onlineauswertung und -darstellung der Prüfergebnisse (Schädigungstiefe, Spurlage, Häufigkeit) während des Schleifens ermöglicht eine Optimierung des Schleifprozesses sowie eine Protokollierung der Schleifergebnisse bezüglich der Freiheit von Oberflächenschäden.

Einführung

Bei der Gewährleistung der Sicherheit des Fahrbetriebes im Schienenverkehr spielen betriebsbedingte Oberflächenschäden eine zunehmend wichtige Rolle, da diese Schäden bei ungehindertem Wachstum bis zum Schienenbruch führen können.

Als allgemeine Instandhaltungsmaßnahme ist die Oberflächenbearbeitung mit Schleifzügen weit verbreitet. Das Schienenschleifen dient sowohl der Reprofilierung der Schienen als auch dem präventiven Abarbeiten von Oberflächenschäden.

Man unterscheidet beim Schienenschleifen zwischen Neulagen-, zyklischem, symptomabhängigem und korrektivem Schleifen (Abbildung 1).



Abbildung 1. Arten des Schienenschleifens (Quelle: SPENO International SA).

Neulagen-Schleifen

Das Neulagen-Schleifen dient der Optimierung des Rad-Schiene-Kontaktes bei neu verlegten Schienen. Es wird eine Minimierung des dynamischen Belastungsniveaus und somit eine größtmögliche Verzögerung des Schädigungsprozesses erreicht.

Zyklisches Schleifen

Beim zyklischen Schleifen wird in regelmäßigen Intervallen die oberste Materialschicht abgetragen. Hierbei wird die ermüdete Fahrfläche präventiv entfernt, bevor Rollkontaktermüdungsschäden auftreten.

Symptomabhängiges Schleifen

Das symptomabhängige Schleifen dient der Beseitigung von Riffeln, Schlupfwellen, Rollkontaktermüdung und anderer Oberflächenschäden bei Erreichen bestimmter Eingriffsschwellen. Die Eingriffsschwellen werden von den Schienenbetreibern nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten und technisch vertretbarem Schädigungsniveau festgelegt. Die Kontrolle, wann die Eingriffsschwellen erreicht sind, erfolgt durch Regelinspektion mit Schienenprüfzügen und Handmesssystemen.

Korrektives Schleifen

Korrektives Schleifen dient der Beseitigung tiefer Riffel und Wellen sowie der Wiederherstellung des Querprofils bei plastischer Deformation des Schienenkopfes.

Der Fehlertyp „Head Checks“

Die Wirbelstromprüfung wird in Schleifzügen in erster Linie beim symptomabhängigen Schleifen zur Beseitigung von Rollkontaktermüdungsschäden eingesetzt. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf dem Fehlertyp der Head Checks.

Bei den Head Checks handelt es sich um Rissfelder in der Oberfläche der Fahrkannte, die durch Rollkontaktermüdung überwiegend in den Außenschienen von Bögen entstehen. Die Risse haben einen Abstand von ca. zwei bis sieben Millimeter und laufen unter einem Winkel von $\approx 30^\circ$ in das Schieneninnere hinein (Abbildung 2).



Abbildung 2. Head Checks: Magnetpulveranzeige (links) und Schliffbild (rechts).

Können die Head Checks ungehindert wachsen, kippen sie in den Schienensteg ab und führen schließlich zu einem Serienbruch. Werden die Oberflächenschäden dagegen regelmäßig durch Schienenschleifen beseitigt, wird ein Bruch verhindert und die Standzeit der Schiene erheblich verlängert (Abbildung 3).

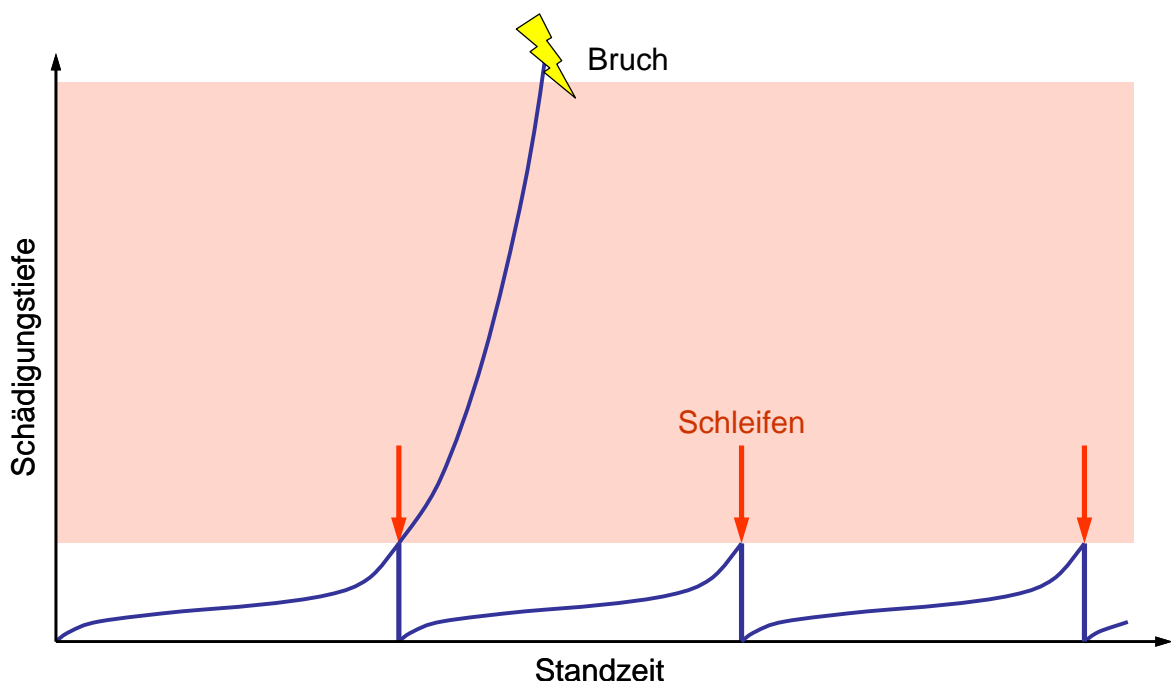


Abbildung 3. Verlängerung der Lebensdauer durch Schienenschleifen.

Wirbelstromprüfung beim Schienenschleifen

Die Wirbelstromprüfung ermöglicht zu Beginn eines Schleifeinsatzes die Schädigungstiefe von Oberflächenfehlern zu bestimmen, um den Schleifprozess zu optimieren (Nullmessung).

Am Ende des Schleifeinsatzes dient die Wirbelstromprüfung der Qualitätskontrolle und Dokumentation der Schleifergebnisse hinsichtlich der Freiheit von Oberflächenfehlern (Schlussmessung).

Bisher konnte das Wirbelstromsystem nur an künstlichen Testfehlern kalibriert und durch Schliffbilder an ausgebauten Testschienen verifiziert werden. Der Einsatz der Wirbelstromprüfung beim Schienenschleifen ermöglicht in Zusammenhang mit Abtragsmessungen zwischen den einzelnen Schleifüberfahrten eine Kalibrierung und Verifizierung des Systems an realen Oberflächenschäden.

Die beim Schienenschleifen gewonnenen Erkenntnisse fließen auch in die Regelinspektion mit Prüfzügen und Handmesssystemen ein und helfen, die Aussagen der Wirbelstromprüfsysteme zu verbessern.

Aufbau des Wirbelstromprüfsystems

Das Wirbelstromprüfsystem besteht aus je vier Wirbelstromsonden pro Schiene, einem achtkanaligen Wirbelstromprüfgerät, einem Industrie-PC mit einer Analog-Digital-Umsetzer-Karte, einem Monitor mit Touchscreen zur Bedienung und einem Drucker zur Dokumentation der Ergebnisse. Der Analog-Digital-Umsetzer wird von einem Weggeber getriggert (Abbildung 4).

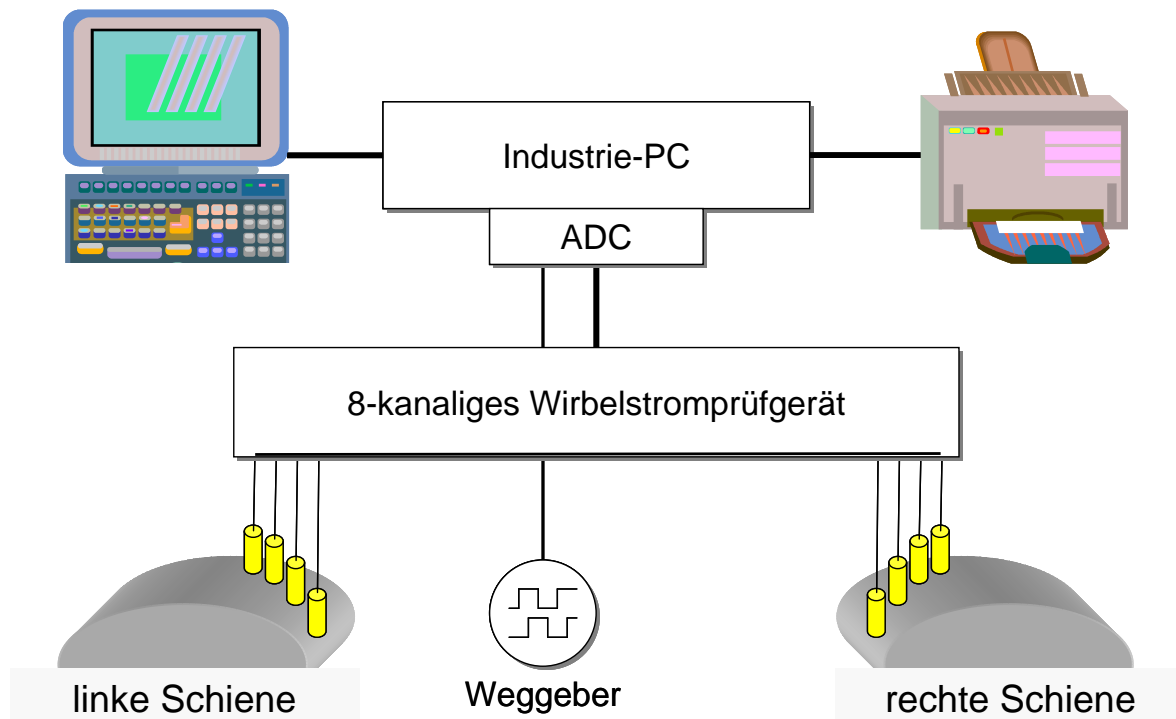


Abbildung 4. Aufbau des Wirbelstromprüfsystems.

Auswertung der Messdaten

Die Messdaten werden während des Schleifens in Echtzeit nach Schweißnähten, Head Checks, ... klassifiziert, die Schädigungstiefe mit Hilfe von Kalibrierkurven bestimmt und zur Anzeige gebracht (Abbildung 5).

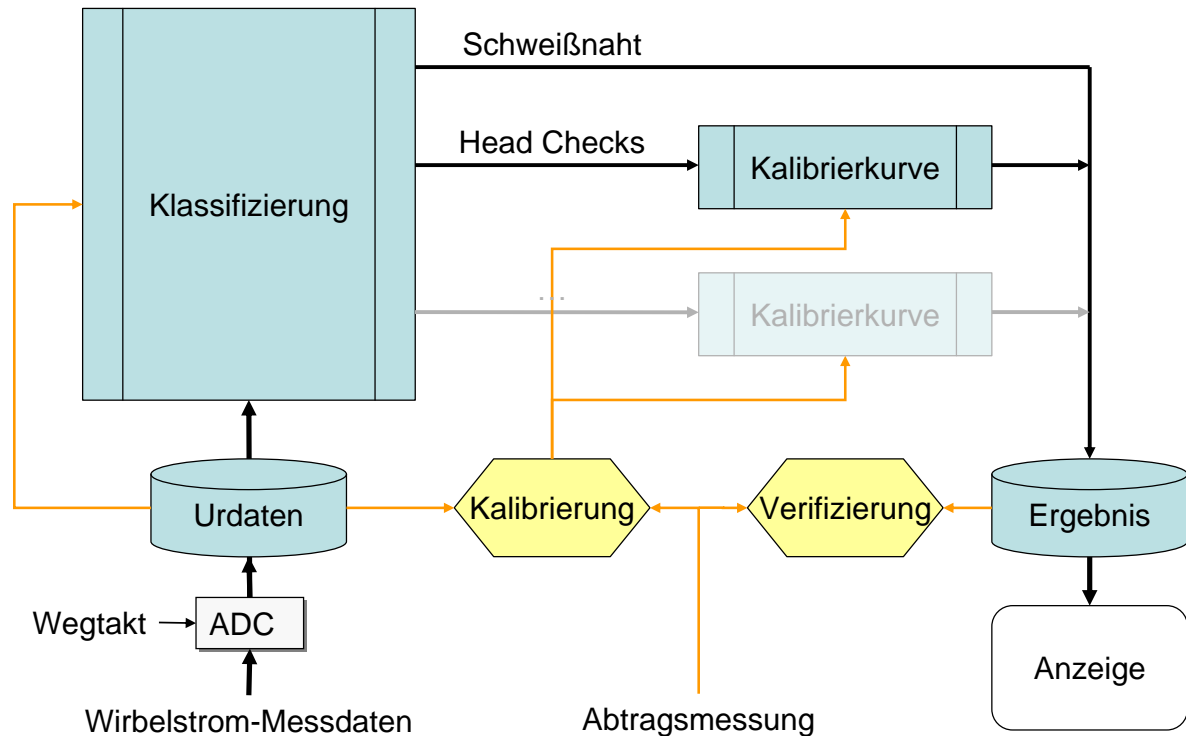


Abbildung 5. Auswertung der Messdaten.

Die Urdaten werden mit einer Auflösung von 1000 Messpunkten pro Meter aufgenommen, als Ergebnis wird ein Datensatz pro Meter gespeichert. Jeder Datensatz enthält Informationen über die Anzahl der Fehler pro Meter, Fehlertypen, mittlere und maximale Schädigungstiefe, Schweißnähte und Positionsmarken. Die Ergebnisdateien sind somit nur wenige kB groß und lassen sich z. B. problemlos per E-Mail verschicken.

Die Urdaten werden derzeit zur Weiterentwicklung der Algorithmen und Verbesserung der Kalibrierung benötigt. Sobald die Entwicklung abgeschlossen ist, kann auf die Speicherung der Urdaten verzichtet werden.

Beispielhafte Ergebnisse der Online-Auswertung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Online-Auswertung an zwei Beispielen gezeigt.

Im ersten Beispiel wurde von dem Wirbelstromsystem anhand der Nullmessung eine Schädigungstiefe von 0,7 mm bestimmt. Nach einem Abtrag von 0,8 mm waren alle Oberflächenschäden beseitigt, die Wirbelstrommessung war also korrekt (Abbildung 6).

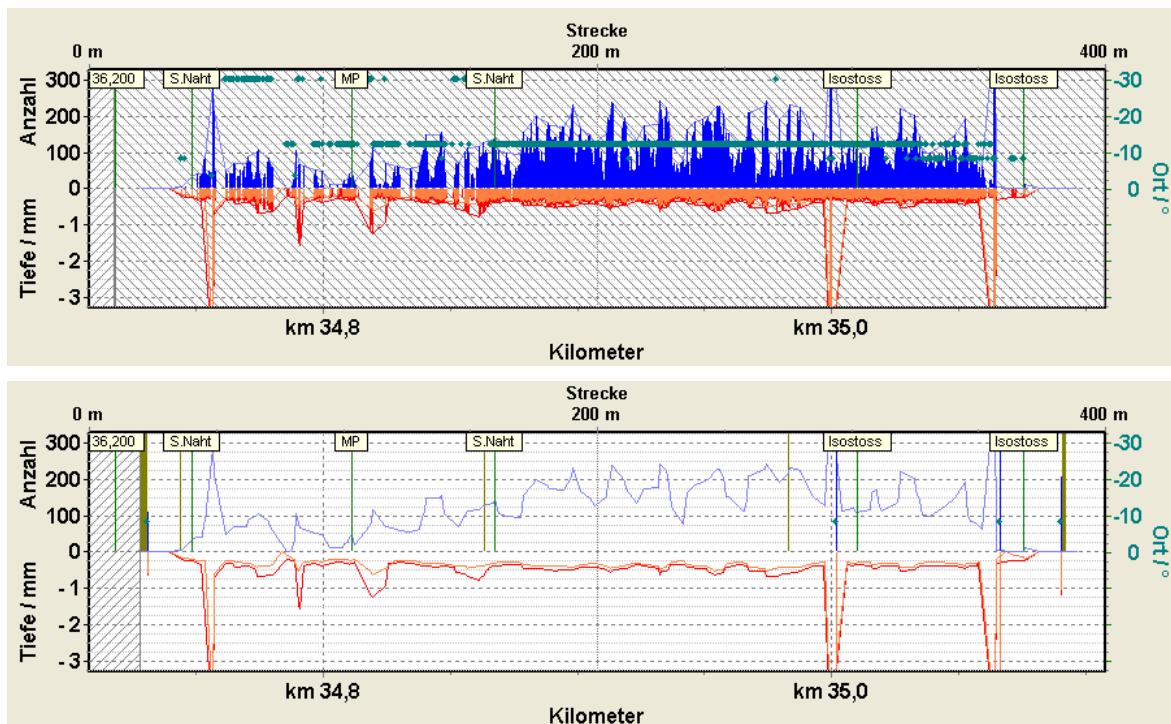


Abbildung 6. Beispiel 1: Nullmessung (oben) und nach 0,8 mm Abtrag (unten).

Im zweiten Beispiel wurde bei der Nullmessung mit dem Wirbelstromsystem eine Schädigungstiefe von 1 mm bestimmt, nach einem Abtrag von 2 mm bleiben jedoch noch Anzeigen stehen (Abbildung 7). Hier lagen die Head Checks so dicht beieinander (über 200 Head Checks pro Meter), dass sie Schädigungstiefe auf Grund von Überlagerungseffekten zu gering bewertet wurde.

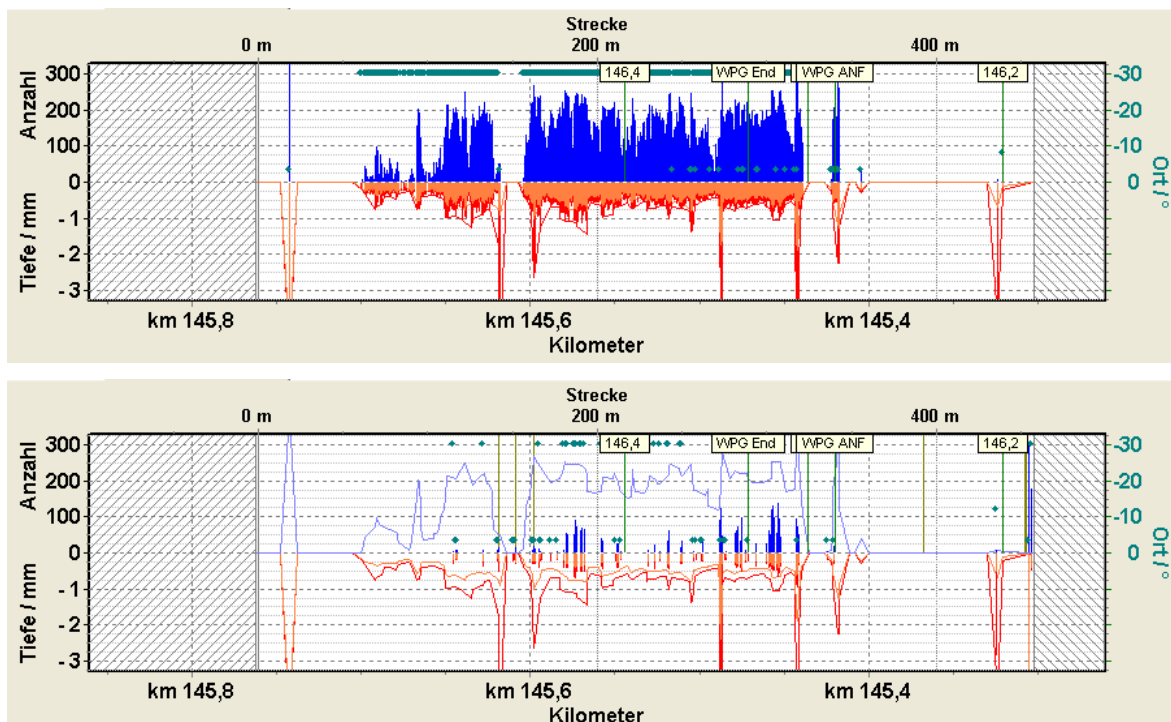


Abbildung 7. Beispiel 2: Nullmessung (oben) und nach 2 mm Abtrag (unten).

Der Auswertungsalgorithmus konnte mit Hilfe der aufgezeichneten Urdaten verbessert werden, so dass sich bei erneuter Auswertung derselben Urdaten jetzt eine korrekte Schädigungstiefe ergibt (Abbildung 8).

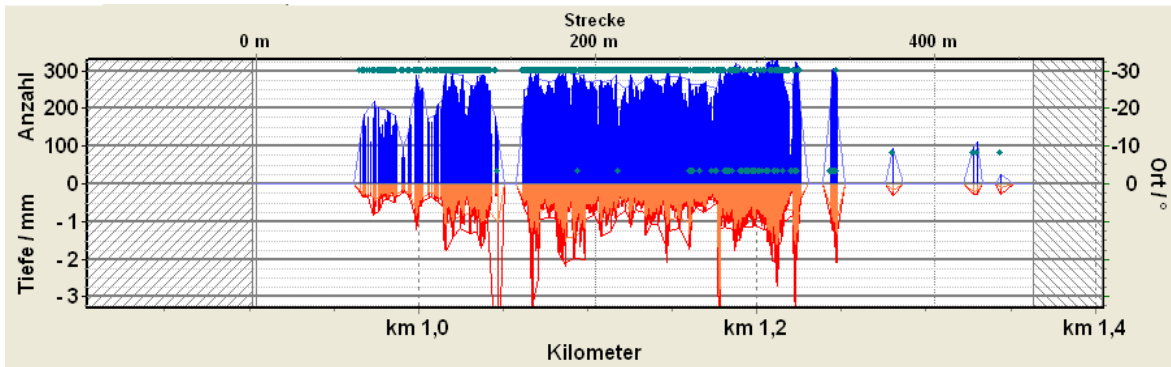


Abbildung 8. Beispiel 2: Nullmessung mit verbessertem Algorithmus.

Reproduzierbarkeit bei Hin- und Rückfahrt

Aufgrund der Position der Schleifscheiben und der Wirbelstromsonden sind bei Hin- und Rückfahrt des Schleifzuges identische Messwerte zu erwarten (Abbildung 9). Bei jeder Hinfahrt wird das Ergebnis der letzten zwei Schleifgänge gemessen.



Abbildung 9. Lage der Schleifscheiben und Wirbelstromsonden.

Anfangs lieferten Hin- und Rückfahrt entgegen den Erwartungen unterschiedliche Messwerte. Die Ursache lag daran, dass die Wirbelstromsonden je nach Fahrtrichtung des Schleifzuges unterschiedlich gut an der Fahrkannte geführt wurden.

Der Sondenträger konnte von der Firma SPENO International SA, dem Betreiber der Schleifzüge, so verbessert werden, dass jetzt Hin- und Rückfahrt nahezu deckungsgleiche Signale liefern (Abbildung 10).

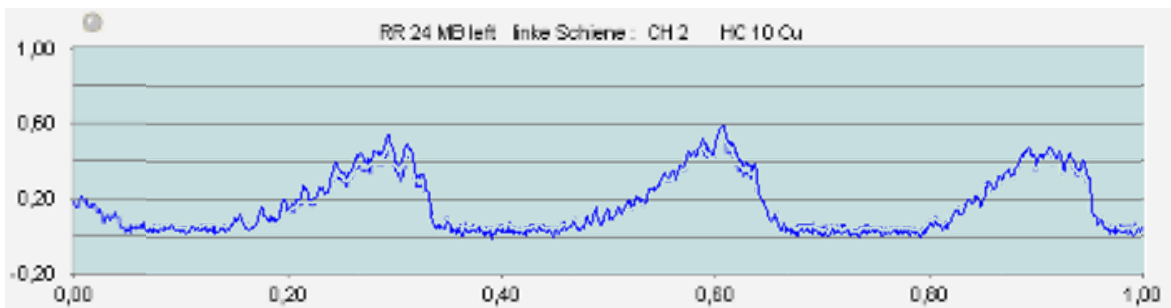


Abbildung 10. Nahezu deckungsgleiche Urdaten bei Hin- und Rückfahrt.

Zusammenfassung

Die Wirbelstromprüfung beim Schienenschleifen ermöglicht eine Optimierung des Schleifprozesses durch Bestimmung der Schädigungstiefe in Echtzeit vor und während des Schleifens sowie eine Qualitätskontrolle und Dokumentation der Schleifergebnisse. Begleitende Abtragsmessungen dienen der Verifizierung und Kalibrierung der Auswertalgorithmen.

Die Übertragung der beim Schienenschleifen gewonnenen Erkenntnisse auf die Wirbelstromprüfung mit Prüfzügen und Handmesssystemen hilft, die Genauigkeit der Prüfaussage bei der Regelinspektion zu verbessern und auf diverse Fehlertypen (Squats, BelGroSpis, ...) zu erweitern.