

Verringerung von Eisenbahnlärm durch Schienenschleifen

Schienenschleifen schafft ebene, riffel- und wellenfreie Fahrflächen, die einen deutlich geringeren Lärmpegel bewirken.

Wolfgang Schöch

Der Bahnbetrieb verursacht, wie ja beinahe alle Transportmittel, Lärm. Dieser ist in der heutigen, umweltbedachten Gesellschaft ein wichtiger, heftig diskutierter Aspekt. Allerdings ist der durch vorbeifahrende Züge generierte Schallpegel Ergebnis verschiedener, teils komplexer Faktoren, wie in Abb. 1 zusammengefasst:

- Die eingesetzte Fahrzeugtype, z.B. Fahrmotoren, Zusammenwirken von Stromabnehmern und Fahrleitung, Luftwiderstand;
- die Zugfahrt selbst, z.B. Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigungs- und Bremsvorgänge;
- die vorhandene Oberbauart, z.B. Brücken, Gleiskonstruktionen mit unterschiedlichen Schwellentypen oder fester Fahrbahn und Ähnliches;
- der Wartungszustand von Fahrzeugen und Oberbaukonstruktion.

Lärm entsteht auch direkt an der Schnittstelle Rad-Schiene, wie in den Abb. 2–5 illustriert:

- Fahrflächenunebenheiten in Längsrichtung, z.B. Riffeln und Schlupfwellen, Eindrückungen, Squats, unebene Schweißstöße, Stoßlücken, Weichen und Kreuzungen, Bahnübergänge sowie zu einem kleineren Teil die Geometrie des Schienenkopf-Querprofils (Fahrspiegel-Lage und -Breite); diese können durch die Schienen-Reprofilierung beeinflusst

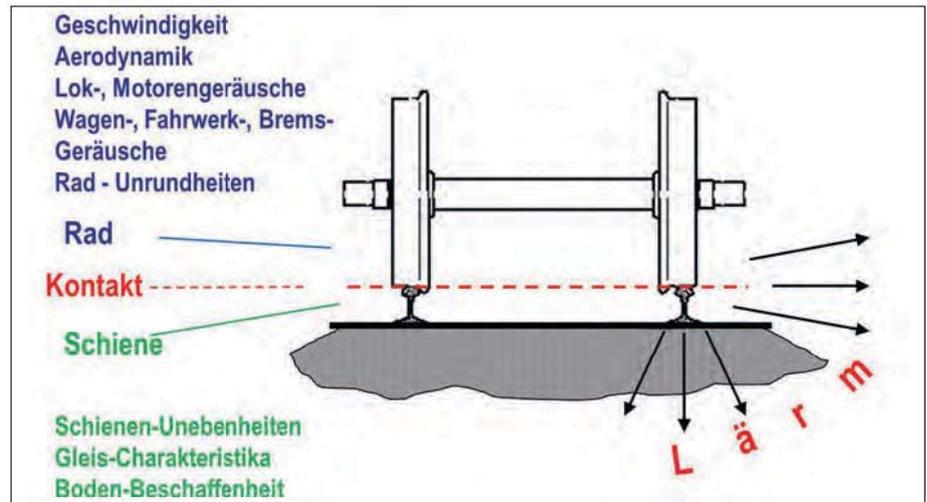


Abb. 1: Eisenbahnlärm – Einflussfaktoren

werden.

- Radunebenheiten, z.B. unrunde Räder, Flachstellen, Ermüdungserscheinungen. Sie können durch das Abdrehen der Räder beseitigt oder durch den Einsatz synthetischer Bremsklötze positiv beeinflusst werden.
- Die Intensität der Rad-Schiene-Berührung kann auch durch den Einsatz von Fahrkanten-Schmierung und Beeinflussung des Reibkoeffizienten (TOR-FM) reduziert werden.

Schon bei den ersten Einsätzen des Schienenschleifens wurde beobachtet, dass die Beseitigung von Riffeln und Wellen einen

positiven Einfluss auf den von der Fahrfläche ausgehenden Lärmpegel hatte. Als eine logische Konsequenz wurde der Einsatz der Schleiftechnik vorgeschlagen, wenn Anwohner Maßnahmen forderten, um einen hohen Lärmpegel zu korrigieren.

Überlegungen zur Schallreduktion durch Schleifen

Diskussionen innerhalb der „European Rail Maintenance Group“, eines informellen Forums von Fachleuten, das sich nach Abschluss des Innotrack-Projektes in regelmäßigen Abständen trifft, betrafen häufig die Möglichkeiten der Lärmreduktion durch



Abb. 2: Riffelbildung



Abb. 3: Kurze Wellen



Abb. 4: Schädigungen der Radlaufläche



Abb. 5: Flachstellen

das Schienenschleifen, die im Folgenden näher beleuchtet werden. Zuallererst muss einmal vermerkt werden, dass Lärm grundsätzlich subjektiv empfunden und bewertet wird. Daher rufen auch dieselben gemessenen Absolutwerte unterschiedliche Reaktionen bei verschiedenen Personengruppen hervor. Es gibt auch durchaus Differenzen zwischen dem, was gesetzlich erlaubt ist, und dem was lokal als tolerierbar bezeichnet wird. Manchmal werden höhere als die erlaubten Grenzwerte als akzeptabel empfunden, während andererseits Beschwerden über zu hohe Lärmpegel deponiert werden, obwohl diese innerhalb der gesetzlichen Grenzwerte liegen. Logischerweise ist es daher äußerst schwierig, Spezifikationen für die Schallreduktion beim Schienenschleifen zu erstellen, die sowohl den gemessenen Werten wie auch der subjektiven Empfindung gerecht werden.

Schleifen zur Lärminderung

Oft wird der Ausdruck „Akustisches Schleifen“ verwendet, wenn Bahnlärm durch den Einsatz der Schleiftechnik verringert werden soll. Allerdings bewirkt die Schienen-Reprofilierung wohl eine möglichst genaue Wiederherstellung der Ebenheit der Fahrfläche und der Geometrie des Schienenkopfes. Daraus folgt jedoch nicht, dass das Schienenschleifen einen absolut spezifizierten niederen Schallpegel bei der Vorbeifahrt eines Zuges an sich herstellen kann.

Daher wäre es wohl angebrachter, von einer „Lärminderung durch das Schienenschleifen“ oder kurz vom „Schallreduktionsschleifen“ zu sprechen. Denn tatsächlich wird nur die Berührzone Rad/Schiene im Zuge der Schleifung optimiert und – als willkommene Nebenerscheinung – der durch das Zusammenwirken von Rad und Schienen dort entstehende Schall günstig beeinflusst.

Alles was das Schienenschleifen – unabhängig von der angewendeten Methode oder Strategie – erreichen kann, ist ein ebener, riffel- und fehlerfreier Fahrspiegel in richtiger Breite und Lage auf dem Schienenkopf, der einen vergleichsweise niederen Schallpegel bewirkt, jedenfalls was das Schienenkopfprofil beeinflussen kann. Allerdings muss auch der Beitrag des Rades in Hinblick auf Profil und Rundheit berücksichtigt werden. Im weiteren Beitrag jedoch wird nur der Faktor „Schiene“ beleuchtet.

Schallreduktionsschleifen – Spezifikation geometrischer Größen

Schienenfleifarbeiten können nur über die Angabe geometrischer Größen – betreffend die Ebenheit, die Profilform und die Oberflächenrauheit sowie auch über den gewünschten Materialabtrag (minimaler und maximaler Wert) – definiert werden. Tatsächlich ist der oft geäußerte Wunsch, bestimmte (normalerweise niedere) Schallgrenzwerte nach dem Schienenschleifen zu garantieren, in der Praxis nicht möglich. Schallmessungen, die dafür notwendig wären, um diese auch direkt nach der Arbeitsausführung zu dokumentieren, würden auch andere vom Oberbau und dem Zugverkehr verursachte Einflüsse einschließen. Darüber hinaus könnten sie auch gar nicht unmittelbar nach den Schleifarbeiten ausgeführt werden.

Folglich ist nur die Vorgabe geometrischer Werte die einzig mögliche Vorgangsweise für die Ausführung der Schienenbearbeitung, die ja ausschließlich durch einen effektiven Materialabtrag zustande kommt, auch wenn es sich indirekt um die gewünschte Lärmreduktion in der Berührungszone zwischen Rad und Schiene handelt.

Wenn Schleifarbeiten ausgeführt werden sollen, die ausschließlich auf eine Lärmreduktion abzielen, müssen dennoch folgende Punkte beachtet werden: das Längsprofil, das Querprofil und der Fahrflächenzustand.

Das Längsprofil

Wie schon erwähnt, ist ein höherer Lärmpegel ausgehend von der Berührzone Rad/Schiene zu erwarten, wenn Fahrflächenunebenheiten im Längsprofil, insbesondere Riffeln und Schlupfwellen vorhanden sind. Daher ist die Forderung nach einer absoluten Ebenheit im Längsprofil nach den Schleifarbeiten unabdingbar. Jede verbleibende Unebenheit oder Unstetigkeit wird das Wiederauftreten der Riffel- und Wellenbildung begünstigen und damit auch das Auftreten einer erneuten höheren Lärmbelastung beschleunigen.

Die adäquate Spezifikation der erforderlichen Schleifarbeiten und deren korrekte Ausführung kann die Beseitigung von

Fahrflächenunebenheiten im Längsprofil gewährleisten. In dieser Hinsicht sind die Abnahmekriterien für das Längsprofil, wie sie in der Norm EN 13231-3:2012 [1] spezifiziert sind, ausreichend, um einen akzeptablen, niederen durchschnittlichen Lärmpegel zu garantieren (Tab. 1).

Der erwähnte Standard erlaubt, dass ein gewisser Prozentsatz des geschliffenen Abschnitts außerhalb der spezifizierten Spitze-Spitze-Grenzwerte sein darf (Tab. 2): Entweder weil zum Beispiel Pass-Stücke vor dem Schleifen einen deutlich schlechteren Zustand aufweisen oder wenn die angewandte Schleiftechnologie eine komplette Bearbeitung nicht ermöglicht, wie zum Beispiel im Bereich von Bahnübergängen oder signaltechnischen Einrichtungen (Achszählkontakte oder dergleichen).

Das Querprofil

Das Schienenkopf-Querprofil bestimmt die Position und Lage des Fahrspiegels. Dieser verändert sich im Lauf der Zeit aufgrund des Verschleißes und bedingt wegen verstärkten Auftretens von Schlupf und Reibung in der Berührungszone zwischen Rad und Schiene einen erhöhten Lärmpegel. Im Allgemeinen sind die Zielprofile für das

Wellenlängen-Bereich (mm)	10 - 30	30 - 100	100 - 300	300 - 1,000
Toleranzen Spitze-Spitze-Werte (mm)	± 0.010	± 0.010	± 0.015	± 0.075

Tab. 1: Abnahmekriterien für Spitze-Spitze-Werte im Längsprofil nach EN 13231-3:2012 [1]

Wellenlängen-Bereich (mm)	10 - 30	30 - 100	100 - 300	300 - 1,000
Klasse 1	5%	5%	5%	5%
Klasse 2	Keine Anforderungen	10%	10%	Keine Anforderungen

Tab. 2: Abnahmekriterien für erlaubte prozentuale Überschreitungen im Längsprofil nach EN 13231-3:2012 [1]

Schienenschleifen so gewählt, dass optimale Berührbedingungen gegeben sind, wodurch nach der Schienenbearbeitung auch die Verhältnisse in Bezug auf die Lärmentwicklung sich günstiger darstellen.

Zustand der Schienenoberfläche

Die Oberflächenbeschaffenheit der Schienen ist von Bedeutung für die Schallabstrahlung, auch kleinste Verformungen sind von Einfluss. Für den Zustand unmittelbar nach dem Schleifen, oft als „Finish“ bezeichnet, werden häufig die Begriffe „fein“ (akustisch), „rau“ (aggressiv) und „Standard“ ver-

wendet, Beispiele dafür sind in den Abb. 6 bis 8 illustriert.

Schallentwicklung unmittelbar nach dem Schleifen

Eine frisch geschliffene Schienenoberfläche schaut üblicherweise rauer aus als vor der Bearbeitung. Tatsächlich verursacht diese Rauheit, abhängig von der Beschaffenheit der Schleifscheiben, beim Überrollen von Rädern anfänglich einen höherfrequenten Schallpegel, der manchmal als „metallisch“ oder „schrill“ bezeichnet wird. Dieses an manchen Orten typische



Abb. 6: Geschliffene Schiene – feines (akustisches) Finish

Geräusch verliert sich im Lauf der Zeit je nach Gleiselastizität und Stahlgüte sowie der örtlich vorhandenen Situation. Härtere Schienenstähle verschleifen langsamer und die Rauheit reduziert sich dementsprechend über einen längeren Zeitraum. Auch spielen in dieser Hinsicht die Fahrzeugcharakteristik, Zuggeschwindigkeit und Achslast eine bedeutende Rolle.

Beim schweren Güterverkehr mit hohen Achslasten sind die Schleifriefen schon nach wenigen Zugfahrten verschwunden, während es im Fall von Mischbetrieb einiger Tage und manchmal sogar Wochen dazu bedarf. Im reinen Personenverkehr mit oftmals leichten Fahrzeugen (Metro, Straßenbahn), sind Schleifriefen oft auch noch nach Monaten erkennbar. Dort sind dann Maßnahmen zur Erzielung einer feineren Rauheit und Welligkeit durch das Schleifen anzudenken, wie etwa die Verwendung weicherer Schienenstähle, Schmierung oder auch eine besondere Schleifmethode. Tab. 3 zeigt charakteristische resultierende Wellenlängen in Abhängigkeit von der Arbeitsgeschwindigkeit

beim konventionellen Schleifen mit rotierenden Schleifscheiben.

Schleifgeschwindigkeiten kleiner als 5 km/h oder höher als 8 km/h resultieren in einem etwas geringeren Schallpegel unmittelbar nach dem Schleifen. Aus Gründen der Produktivität wird die erste Option nicht mehr verwendet. Der oft gehörte Vorschlag, Schleifscheiben mit einer speziell feinen Oberfläche zu verwenden, hat negative Auswirkungen im Hinblick auf die spezifische Leistung und die Logistik. Die niedrigere erzielbare Leistung und die damit verbundenen deutlich höheren Kosten dürften die erzielbaren geringeren Schallpegel während der ersten kurzen Zeitperiode nicht kompensieren.

Der Schallpegel nach dem Schienenschleifen ist vor allem dann störend, wenn die Schleifarbeiten nicht zur Beseitigung von Riffeln und Wellen – die ja besonders als unangenehm empfunden werden –, sondern zur zyklischen Beseitigung von Rollkontaktermüdung oder zur Pflege ermüdungsanfälliger Schienen ausgeführt werden.

Gelegentlich rufen diese Schleifarbeiten daher Anwohnerbeschwerden hervor. Der Hauptgrund des kurzzeitig höheren Schallpegels ist das Bemühen, möglichst viel Material in möglichst kurzer Zeit mit möglichst wenigen Schleifgängen – idealerweise nur ein oder zwei – abzutragen. Die resultierende höhere Rauheit verschiebt das Schallniveau in eine höhere, für das menschliche Ohr unangenehmere Frequenzzone. Schleifspezifikationen zu entwickeln, die allen Aspekten gerecht werden, ist nicht einfach. Daher ist es wohl besser, nur gelegentlich maßgeschneiderte, lokal anzuwendende Spezifikationen zu erarbeiten. Grundsätzlich sollten dann folgende Punkte immer berücksichtigt werden:

- Die gewählte Schleifstrategie sollte mit der vorherrschenden Schienengüte (Verschleißverhalten) kompatibel sein;
- der Einsatz von Fahrkantenschmierung bei bogenäußeren Schienen oder von Mitteln zur Beeinflussung des Reibungskoeffizienten (TOR-FM) auf der Fahrfläche sollte in Erwägung gezogen werden;
- die Spezifikationen für die Ausführung der Schleifarbeiten – speziell im Hinblick auf die Häufigkeit und den erforderlichen Materialabtrag (niedrig) – sowie die Anforderungen an die Oberfläche nach dem Schleifen (fein) sollten angepasst werden;
- die hieraus resultierenden niedrigen Produktionsraten und daher höheren Produktionskosten sind einzuplanen.

Schlussbemerkungen

Die Beseitigung von Oberflächenunebenheiten, insbesondere Riffeln und Schlupfwellen, führt im Zusammenhang mit einer Optimierung des Schienenkopfquerprofils zu einer Reduzierung des an der Schnittstelle Rad/Schiene entstehenden Schallpegels. Jedes zusätzliche Schleifen mit dem Ziel, den Schallpegel



Abb. 7: Geschliffene Schiene – raues (aggressives) Finish

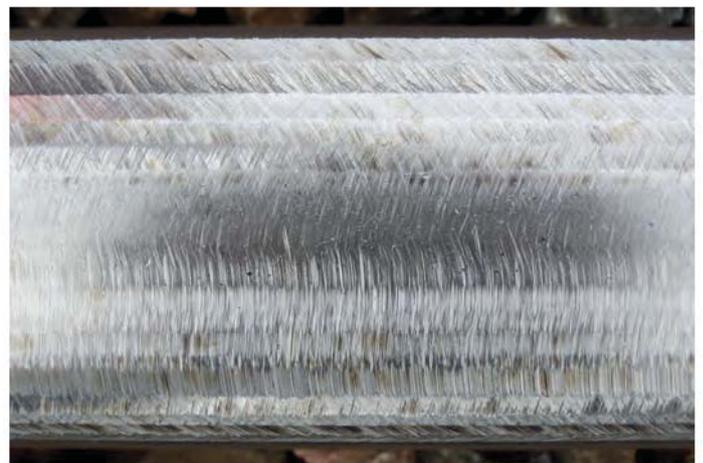


Abb. 8: Geschliffene Schiene – Standard Finish

weiter zu vermindern, ist normalerweise nicht zielführend, wenn die optimale Berührgeometrie zwischen Fahrzeug und Fahrweg schon hergestellt wurde. Allerdings gibt es einige Ausnahmen, wie zum Beispiel bei innerstädtischen Bahntrassen und Fahrzeugen mit leichten Achslasten, wo in bestimmten Streckenabschnitten spezielle Maßnahmen zu überlegen sind, inklusive angepasster Spezifikationen für die Ausführung von Schleifarbeiten.

„Schallreduktionsschleifen“ wird im Wesentlichen schon durch das Beseitigen von Fahrflächenunebenheiten und richtiger Schienenkopfprofilierung erzielt. Infolgedessen sollte auch der Begriff „Akustisches Schleifen“ überdacht werden: Das Vorhalten einer ebenen, fehlerfreien Fahrfläche und eines örtlich idealen Schienenkopf-Querprofils garantiert einen niederen Schallpegel, vorausgesetzt, die Spezifikationen entsprechend Euronorm EN13231-3:2012 sind eingehalten.

Nur in außerordentlichen Fällen sind spezielle Spezifikationen mit entsprechender geringerer Produktionsleistung zu überlegen. Dabei muss unbedingt das Gesamtsystem betrachtet werden. In ei-

Schleif-Geschwindigkeit (km/h)	3	5	6	8	10	15
Typische Wellenlänge nach dem Schienenschleifen (mm)	13.8	23.1	27.6	37.0	46.3	69.3

Tab. 3: Typische Wellenlängen von Unebenheiten nach dem Schleifen in Abhängigkeit von der Schleifgeschwindigkeit

nem aus vielen Teilkomponenten bestehenden System, wie es die Eisenbahn darstellt, trägt jeder individuelle Aspekt zum gesamtheitlichen Ergebnis bei. Daher ist der Ansatz, nur eine Teilkomponente optimieren zu wollen, nicht zielführend. Die Optimierung der Berührzone zwischen Rad und Schiene spielt bei der Schallreduktion zwar eine wesentliche Rolle, aber sie sollte nicht isoliert gesehen werden.

Jede Reprofilierung aus Wartungsgründen hilft die Schallabstrahlung durch die Rad-Schiene-Berührung auf ein akzeptables Maß zu reduzieren. Genauso trägt im Gegenzug schlussendlich jede Reprofilierungsarbeit, die an den Schienen zur Schallreduktion ausgehend von der Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Gleis ausgeführt wird, auch zu einer Verbesserung des Wartungszustandes des Gleises bei.

LITERATUR

[1] EN 13231-3:2012: „Bahnwendungen – Oberbau – Abnahme von Arbeiten, Teil 3: Abnahme von reprofilierten Schienen im Gleis“, Europäisches Komitee für Normung (CEN)

Dieser Beitrag ist das Ergebnis von Diskussionen innerhalb der „European Rail Maintenance (ERM) Group“, einer informellen Gruppe von Fachleuten, die sich nach Abschluss des Innotrack-Projektes in regelmäßigen Abständen zu einem Gedankenaustausch über Schienen und ihre Pflege trifft. Der Autor bedankt sich im Speziellen bei René Heyder (DB Systemtechnik), Jean-Marc Pauchet (SNCF), Rolf Dollevoet (ProRail), Urs Schönholzer (SBB) und Anders Frick (Trafikverket) für deren Beiträge zu der Diskussion.



Dr. Wolfgang Schöch

Director External Affairs,
Speno International SA
wolfgang.schoech@speno.ch

Zusammenfassung

Verringerung von Eisenbahnlärm durch Schienenschleifen

Durch den Einsatz der Schleiftechnologie können Mängel der Schienoberflächen effektiv beseitigt werden. Insbesondere werden neben der Bearbeitung von Rollkontaktermüdung auch Unebenheiten wie Riffel und kurze Wellen beseitigt und das Schienenkopf-Querprofil optimiert. Als positiver Nebeneffekt tritt dabei eine Reduktion des an der Berührfläche zwischen Rad und Schiene entstehenden Schalls auf. Grundlegende Überlegungen werden dargelegt und auf die Möglichkeiten und Grenzen hingewiesen, die eine gezielte Anwendung des Schienenschleifens zur Lärmreduktion bietet bzw. ihr eigen sind. Der Betrag ist das Ergebnis von Überlegungen der „European Rail Maintenance Group“, einer informellen Gruppe von Fachleuten, die sich nach Abschluss des Innotrack-Projektes in regelmäßigen Abständen trifft.

Summary

Railway noise abatement by rail grinding

The use of grinding technology allows for an effective removal of rail surface defects. Besides the treatment of rolling contact fatigue, uneven surfaces such as corrugations and short waves can be removed, along with an optimisation of the rail head cross section. This provides a positive side effect by reducing the noise produced at the contact surface between wheel and rail. Basic considerations are explained and hints are given on the properties, possibilities and limits of rail grinding aiming at noise abatement. The contribution is the result of reflections of the „European Rail Maintenance Group“, an informal group of experts who meet at regular intervals since the Innotrack project is completed.



INTERNATIONALE FACHZEITSCHRIFT
FÜR SCHIENENVERKEHR & TECHNIK