

# Schienenrauheiten auf dem Schweizer Bahnnetz: Erfassung, Resultate, Abhängigkeiten

Christian Czolbe<sup>1</sup>, Thomas Thron<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PROSE AG Schweiz, CH-8400 Winterthur, E-Mail: christian.czolbe@prose.ch

<sup>2</sup> PROSE Deutschland GmbH, 10555 Berlin, E-Mail: thomas.thron@prose-deutschland.de

## Einleitung

Im relevanten Geschwindigkeitsbereich wird der Eisenbahnlärm durch das Rollgeräusch dominiert. Die Ursachen der Schwingungsanregung liegen in den Rauheiten der Laufflächen von Rad und Schiene. Das Rollgeräusch hängt direkt mit der Summenrauheit im Kontaktbereich zusammen und wird über dies hinaus von der Abklingrate der Schiene (Track Decay Rate, TDR) beeinflusst. Die Geräuschanteile welche von Rad, Schiene und Schwelle abgestrahlt werden, unterscheiden sich im Frequenzbereich und im Pegel.

Über glatte Laufflächen oder geringe Rauheiten ist eine Lärmbekämpfung direkt an der Quelle erzielbar. Durch Umrüstung und Modernisierung der Bremsanlagen vom Rollmaterial, z. B. bei neuen Fahrzeugen mit Scheibenbremsen oder bei Güterwagen durch K- oder L-Sohlen, werden hohe Radrauheiten vermieden. Damit nehmen die Radrauheiten am Rollmaterial heute tendenziell ab und ein Teil der Ursachen kann wirkungsvoll bekämpft werden (Lärmreduktion um 7-10 dB). Dies funktioniert jedoch nur auf Gleisen mit niedrigen Schienenrauheiten. Sobald die Schiene eine hohe Rauheit aufweist, ist die Summenrauheit und damit das Rollgeräusch auch bei glatten Rädern entsprechend hoch. Nach dem heutigen Stand des Wissens und der Technik ist bei der Rollgeräuschminderung die Schiene hiermit im Rückstand. Die existierenden Vorgehensweisen zur Schienenpflege an lärmintensiven und überwachten Streckenabschnitten sind bisher eher rudimentär. Für eine effiziente und effektive Schienenpflege ist eine genaue Kenntnis über die örtliche Lage und Höhe der Schienenrauheiten in einem Abschnitt sowie deren Entwicklung über der Zeit notwendig.

Im Auftrag des schweizerischen Bundesamtes für Umwelt haben EMPA, die TU Berlin und PROSE ein neues Berechnungstool für Schienenlärm - sonRAIL [1] - aus umfangreichen Messungen und theoretischen Grundlagen entwickelt. Darin werden die Fahrzeugemissionen der aktuellen Flotte sowie die akustisch relevanten Eigenschaften von Gleis und Umgebung detailliert berücksichtigt, so dass Lärmimmissionsprognosen mit einer sehr hohen Genauigkeit erstellt werden können.

Mit Hilfe von sonRAIL können ab sofort die Einflüsse moderner Lärminderungsmaßnahmen untersucht werden. Damit erlaubt sonRAIL, den Mitteleinsatz zu optimieren und Maßnahmen mit hohem Nutzen zu finden. Die Schienenrauheit ist als wesentlicher Eingangsparameter erforderlich und sollte für alle zu berechnenden Abschnitte verfügbar sein. Deshalb wurde entschieden, die Schienenrauheiten auf den relevanten Streckenabschnitten der Schweiz zu ermitteln.

## Messung

Die exakte Rad- und Schienenrauheiten lassen sich durch eine Abtastung der Oberfläche in einem direkten Messverfahren nach EN ISO 15610 [2] mit hohem Aufwand bestimmen. Für die kontinuierliche Messung der Schienenrauheiten auf längeren Streckenabschnitten ist dieses Verfahren ungeeignet. Deshalb wurde ein Verfahren modifiziert und angewandt, mit dem die Schienenrauheit effizient über längere Streckenabschnitte im Netz erfasst werden kann.

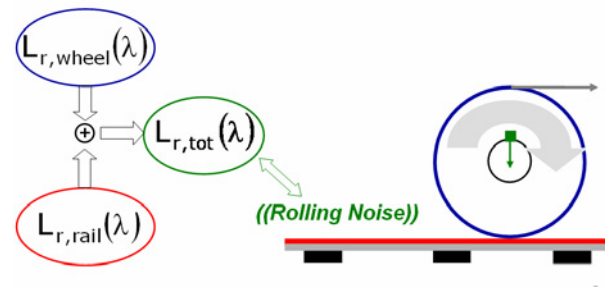


Abbildung 1: Messprinzip Schienenrauheit

Über Beschleunigungsmessungen am Schienenfuß oder am Achslager lässt sich die **Summenrauheit** von Rad und Schiene erfassen (Abbildung 1). Mit Hilfe einer **direkt gemessenen Rauheit** der Schiene oder des Rades, kann die jeweils **unbekannte Rauheit** berechnet werden [3]. Die hier beschriebene Applikation dieser als Pass-by-Analysis (PBA) bekannten Methode der TU Delft & TNO zur Messung der Schienenrauheiten erfolgte über ein Güterwagenrad.

Bei einer Messung am rotierenden Rad vom Achslager aus kann die Summenrauheit in der Kontaktfläche erst nach Filterung mit einer Radsatz-spezifischen Übertragungsfunktion  $H_2(f)$  ermittelt werden. Diese Funktion muss durch Kalibration über eine Referenzmessstelle mit bekannter, direkt gemessener Schienenrauheit nach EN 15610 [2] für jedes Rad bestimmt werden.

## Ergebnisse im Schweizer Bahnnetz

Aus der Messung von insgesamt 1075 km Normalspurgleis wurden die mittlere Schienenrauheiten in Abbildung 2 abgebildet. Die Schienenrauheit der Schweiz ist sehr niedrig und liegt unterhalb der TSI Noise CR [6] Grenzkurve. Lediglich die oberen (std+) Standardabweichungen führen zu Überschreitungen der Grenzkurve von ca. 4 dB. Die relevanten Wellenlängen liegen beim langsamen Güterverkehr bei 3,2 cm und beim Personenverkehr mit 200 km/h bei 8 cm. Aus den Untersuchungen zu sonRAIL [5] wird dieser ä-

berst niedriger Verlauf der Schienenrauheit vor allem an Strecken mit schweren Güterverkehr wiedergefunden.

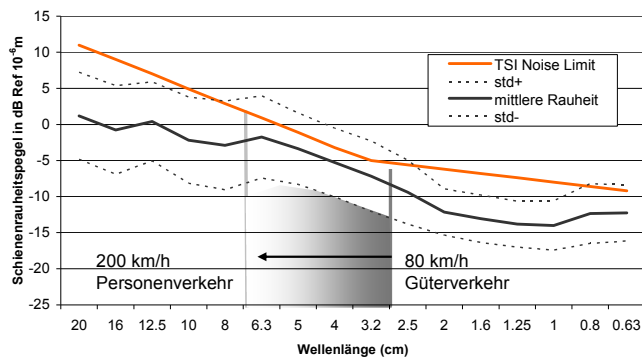


Abbildung 2: Mittlere Schienenrauheit im Schweizer Netz

### Abhängigkeit vom Oberbautyp

In Abbildung 3 sind die Ergebnisse über die verschiedenen Oberbautypen abgetragen.

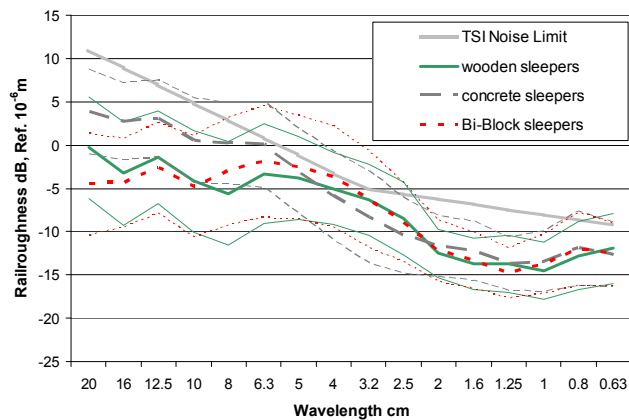


Abbildung 3: mittlere Rauheit nach Oberbautyp

Durch eine Bestimmung des Einzahlwertes aus [4] nach Gleichung 1 kann ein Verlauf der Rauheiten im Netz (Abbildung 4) dargestellt und die Spektren der Oberbauten bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten betrachtet werden.

$$L_{\lambda CA} = 10 \log \sum_{\lambda=20 \text{ cm}}^{0,4 \text{ cm}} 10^{0,1\{R(\lambda)+\Lambda(\lambda)+C(\lambda)+A(f(\lambda,v))\}} \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

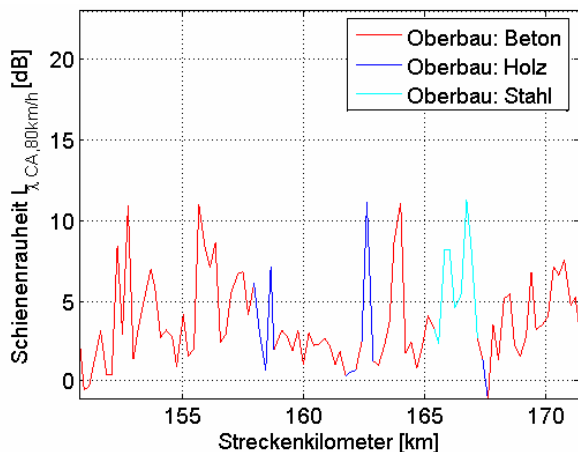


Abbildung 4: Rauheitsverlauf mit Oberbauzeichnung

Die Einzahlwerte für die unterschiedlichen Geschwindigkeiten sind in Tabelle 1 enthalten. Zum Vergleich der Pegelwerte bewegt sich das TSI [6] Grenzspektrum in diesem Geschwindigkeitsbereich zwischen 7,8 und 9,5 dB. Aus Abbildung 3 und Tabelle 1 geht der Oberbautyp mit Holzschwelle als derjenige mit niedrigster mittlerer Rauheit hervor.

Tabelle 1: Einzahlwerte je Geschwindigkeit

Oberbautyp Schwellenart	Mittlerer Einzahlwert Rauheit $L_{\lambda CA}$		
	80 km/h	120 km/h	160 km/h
Beton	3.3 dB	4.2 dB	4.6 dB
Holz	3.0 dB	3.8 dB	4.2 dB
Bi-Block	3.4 dB	4.3 dB	4.7 dB

Aus der sonRAIL Untersuchung [5] zur Track Decay Rate ist eine Korrelation zwischen hoher Dämpfung sowie hohem Schwellengewicht und hohen Schienenrauheitspegeln bei den unterschiedlichen Oberbautypen erkennbar (z. B. bei der Betonschwelle tieffrequente Dämpfung bzw. langwellige Rauheiten). Dies ist jedoch nur eine erste Feststellung und muss noch weiter untersucht werden.

### Zusammenfassung

Kontinuierliche Schienenrauheiten über ganze Netzabschnitte lassen sich mit einem verhältnismäßig geringen Aufwand durch das angewandte indirekte Messverfahren ermitteln. Das Verfahren wurde validiert und erfüllt die Anforderungen. Die hier gezeigten Ergebnisse sind ein Anfang, können jedoch als repräsentativ für das Schweizerische Bahnnetz betrachtet werden. Weitere Messungen sind jedoch erforderlich, um die Abdeckung zu erhöhen und Grundlagen für die Entwicklung von Maßnahmen zur Schienepflege bereitzustellen.

Danksagung: Die Messungen der Schienenrauheiten wurden vom Bundesamt für Umwelt der Schweiz BAFU im Zusammenhang mit dem sonRAIL Schienenlärm Berechnungstool finanziert.

### Literatur

- [1] Sehu D., Thron T., Railway Noise: A Problem? A Contribution to the Solution: sonRAIL, EURONOISE 2009
- [2] EN 15610: Railway applications - Noise emission - Rail roughness measurement related to rolling noise generation 2009
- [3] Janssens M.H.A., Dittrich M.G., de Beer F.G., Jones C.J.C., Railway noise measurement method for pass-by noise, total effective roughness, transfer functions and track spatial decay, journal of sound and vibration 293, 2006
- [4] Nemeth I., Schleinzer G., Investigation into the indirect Determination of Wheel-Rail Surface Roughness, MI-NI Conference on Vehicle System Dynamics Budapest 2008
- [5] BAFU Hrsg. sonRAIL Projektdokumentation, ISBN 9-783-940727-18-3, IFV Bahntechnik Berlin, 2010
- [6] TSI Noise CR: Technical Specification of Interoperability, Conventional Rail - Noise Emission, 2006