

04.19

Lizenziert für Herrn Harald Loy.
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

V+T Verkehr und Technik

72. Jahrgang
April 2019
Seite 113 – 152

www.VTdigital.de

Organ für den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV)
Verkehrstechnik · Verkehrswirtschaft · Verkehrspolitik



HeiterBlick

Innovativ. Komfortabel. Wirtschaftlich.

HeiterBlick aus Leipzig ist ein traditionsreicher Spezialist für Straßenbahnen mit Drehgestelltechnik. Unsere Fahrzeuge sorgen für hohen Fahrkomfort in Ihrer Stadt.



www.heiterblick.de

HARALD LOY | MICHAEL BISKUP | EWELINA KWIATKOWSKA

Messung der vibrationsisolierenden Wirkung eines elastischen Eisenbahnoberbaus

Anforderung elastischer Schwellensolehlen – Messungen an der Flughafenanbindung Krakau – Vibrationsreduktion um bis zu 74 % – Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Durch das Eisenbahninstitut der Universität Politechnika Wroclawsa konnte eindrucksvoll die Wirksamkeit von Schwellensolehlen des Typs SLS1308G an der Flughafenanbindung in Krakau nachgewiesen werden. Im folgenden Bericht werden die Anforderungen, die Messungsdurchführung und die Ergebnisse beschrieben.

1. Anforderung elastischer Schwellensolehlen

Die Eisenbahnlinie Nr.118 der Polnischen Staatsbahn PKP PKL führt von der Haltestelle Krakow Central zum Krakauer Flughafen und wurde im Jahr 2015 modernisiert. Der Oberbau besteht im Wesentlichen aus Schienen vom Typ 60E1, elastischen Stützpunkten auf Betonschwellen vom Typ PS94 und einem Schotterbett mit einer Höhe von 30 cm. In mehreren sensiblen Streckenabschnitten wurden rund 12.000 Schwellensolehlen eingebaut. Die Anforderungen ergeben sich aus dem Ausschreibungstext „PB Uklad torowoy i podtorze“ [1]: „Zur Reduktion negativer Einflüsse auf die Umgebung (Reduktion störender Vibrationen) ... sollen für neue Streckenabschnitte Sohlen unter den Schwellen zum Einsatz gelangen. Diese sollen als wirtschaftliche Alternative zu Unterschottermattenlösungen eingesetzt werden ... Neben der Reduktion von Vibrationsemissionen an die Umgebung, kann die Anwendung von Schwellensolehlen dynamische Kräfte reduzieren“.

Zum Einsatz kommen Schwellensolehlen SLS1308G von Getzner Werkstoffe (Bild 1). Durch die Verwendung dieser wirtschaftlichen und hocheffizienten Polyurethan-Produkte sollen die Emissionen an die Umgebung maßgeb-



Bild 1: Zum Einsatz kommen Polyurethan-Schwellensolehlen aus Sylomer® vom Typ SLS1308G

lich verringert werden, indem das physikalische Prinzip der Schwingungsisolierung zur Anwendung gebracht wird. Daneben sollen auch mit einer langfristig verbesserten Gleislage und dadurch einem ruhigeren Lauf der Züge weniger Lärm und Erschütterungen emittiert werden. Allgemein ist dabei die Wirksamkeit von eingesetzten elastischen Komponenten im Eisenbahnoberbau abhängig von Faktoren wie Masse, Steifigkeit und Dämpfung. Es wird ein schwingungsfähiges System ausgebildet, dessen Eigenfrequenz weit unter den zu isolierenden Anregungsfrequenzen liegt, basierend auf dem Wirkungsprinzip eines Ein- bzw. Mehrmassenschwingers. Als wesentliche Federkomponente zur Reduktion der Emissionen ist der technische Werkstoff Sylomer® etabliert.

Harald Loy,
Getzner Werkstoffe
GmbH; Arbeitsbereich
Intelligente Verkehrssysteme,
Universität
Innsbruck

Michael Biskup,
Getzner Werkstoffe
GmbH

Ewelina Kwiatkowska,
Wroclaw University
of Technology

Anzeigenschluss

für das Heft 6/2019 der Fachzeitschrift **V+T – Verkehr und Technik** ist der **9. Mai 2019!**

Thematische Schwerpunkte der Ausgabe:
Omnibusse, Schienenfahrzeuge

Übrigens: Ihre Anzeige erscheint ohne Mehrkosten auch im eJournal!



Ihr Anzeigenauftrag erreicht uns unter:

Tel. (030) 25 00 85 - 626

Fax (030) 25 00 85 - 630

Anzeigen@ESVmedien.de

ESV ERICH
SCHMIDT
VERLAG

Auf Wissen vertrauen

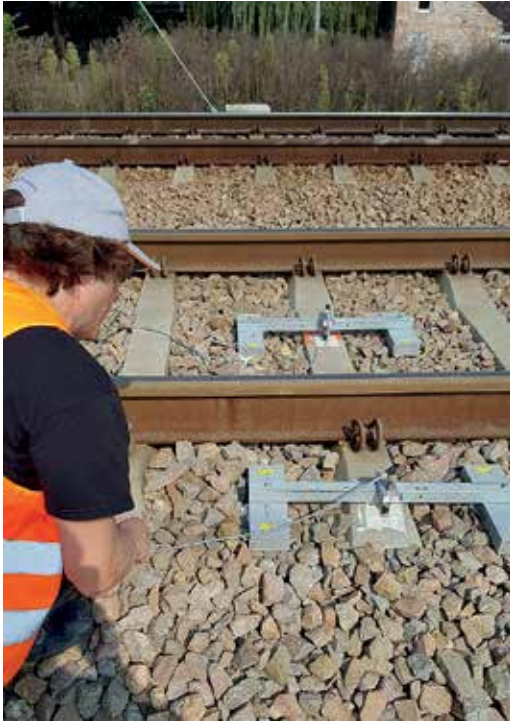


Bild 2: Messstellen an der Linie Nr. 118 ohne und mit Schwellensohlen

Schwellensohlen sind spezifisch unterschiedlich [4]. Unter anderem sind die dynamische Steifigkeit und das Langzeitverhalten entscheidend. Nur mit einem auf den jeweiligen Anwendungsfall genau abzustimmenden Oberbauverhalten können besohlte Schwellen ihre schwingungsisolierende Wirkung im Gleis voll entfalten. Zwar gilt, dass mit höherer dynamischer Wirksamkeit des gewählten Polyurethan-Werkstoffes (PUR) auch der zu erzielende Vibrationsschutz steigt; entscheidend ist jedoch die richtige rechnerische Auslegung des Gesamtsystems, unter anderem unter Berücksichtigung der auf der jeweiligen Strecke eingesetzten Fahrzeuge. Auf der hier elastisch optimierten Flughafenstrecke verkehren im engen Takt vornehmlich Züge vom Typ EN77 mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 70 km/h.

2. Messungen an der Flughafenstrecke

Die Messungen wurden am 14.9.2016 an zwei Streckenabschnitten durchgeführt [1], bei welchen eine Sektion mit Schwellensohlen ausgerüstet war, während der Referenzabschnitt einen konventionellen Schotteroberbau hatte:

- Sektion 1 ohne Schwellensohlen: km 3,700 (± 100 m), Strecke Nr. 1 linke Sektion.
- Sektion 2 mit Schwellensohlen: km 3,500 (± 100 m), Strecke Nr. 1 rechte Sektion.

Zunächst wurden repräsentativ an einzelnen Schwellen die vertikalen Einsenkungen bei Zugüberfahrt gemessen (Bild 2). Diese zeigten im unbesohnten Bereich eine sehr steife Auflagerung, die gemessene Vertikalbewegung lag nur bei ca. 0,3 mm. Im Streckenabschnitt mit Besohlung SLS1308G hingegen war, was die rechnerische Prognose bestätigt, ein weit elastischeres Verhalten vorzufinden, mit vertikalen Einsenkungen von etwa 1,5 mm (Bild 3). Diese Ergebnisse lassen eine positive Minderung der Ausbreitung störender Vibrationen erwarten. Mit verbesserter Gleiselastizität werden die dynamischen Kräfte reduziert, der Schotter wird geschont und daraus folgend die Langzeitqualität des Eisenbahnoberbaus verbessert.

Die Vibrationsmessungen wurden mit Beschleunigungsaufnehmern auf Rammpfählen neben dem Gleis, an jeweils drei Messpunkten im unbesohnten und im besohnten Abschnitt, durchgeführt (Gleismittenabstand 6–8 m, Messpunkt Abstand in Gleislängsrichtung 25 m). Insgesamt wurden zwölf Zugvorbeifahrten an jedem Messpunkt dynamisch erfasst. Messungsdurchführung und Auswertung erfolgten entsprechend relevanter Normen, gültig für elastische Elemente im Eisenbahnoberbau [2, 3].

In der Terzdarstellung (Bild 4) werden die Frequenzanteile sichtbar. Das Differenzspektrum zeigt die Wirksamkeit der Schwellensohlen durch die so genannte Einfügungsdämmung. Die Einfügungsdämmung beschreibt die relative Wirkung der Minderungsmaßnahme gegenüber der Referenzsituation [3]. Sie gibt an, wie sich das Terzspektrum des Körperschalls verändert, wenn wie hier Schwellensohlen vom Typ SLS1308G eingebaut werden. Dabei bleiben idealerweise alle übrigen Emissionseinflüsse unverändert, d. h. es werden das gleiche Fahrzeug,

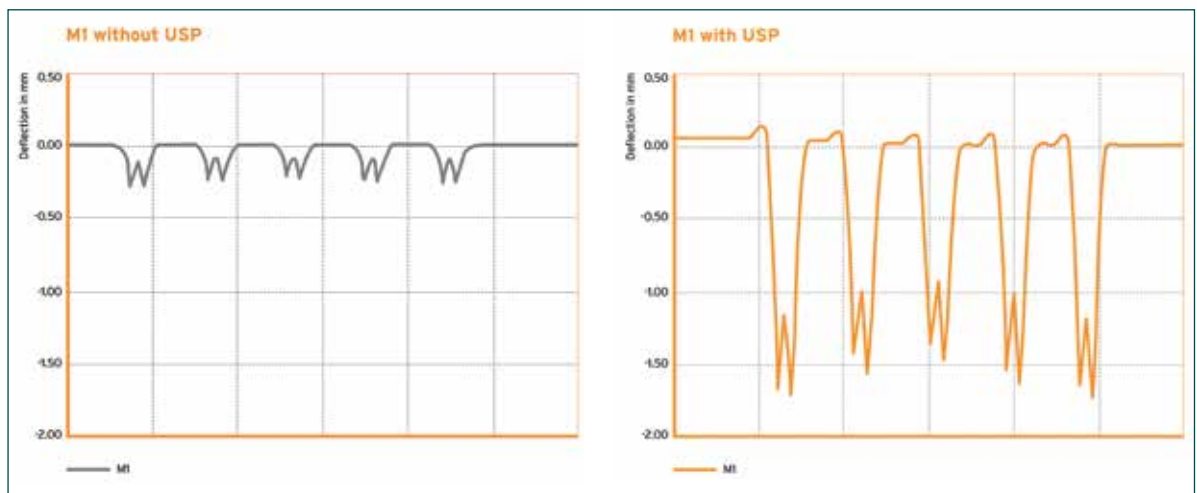


Bild 3: Schwelleneinsenkungen ohne und mit Schwellensohlen

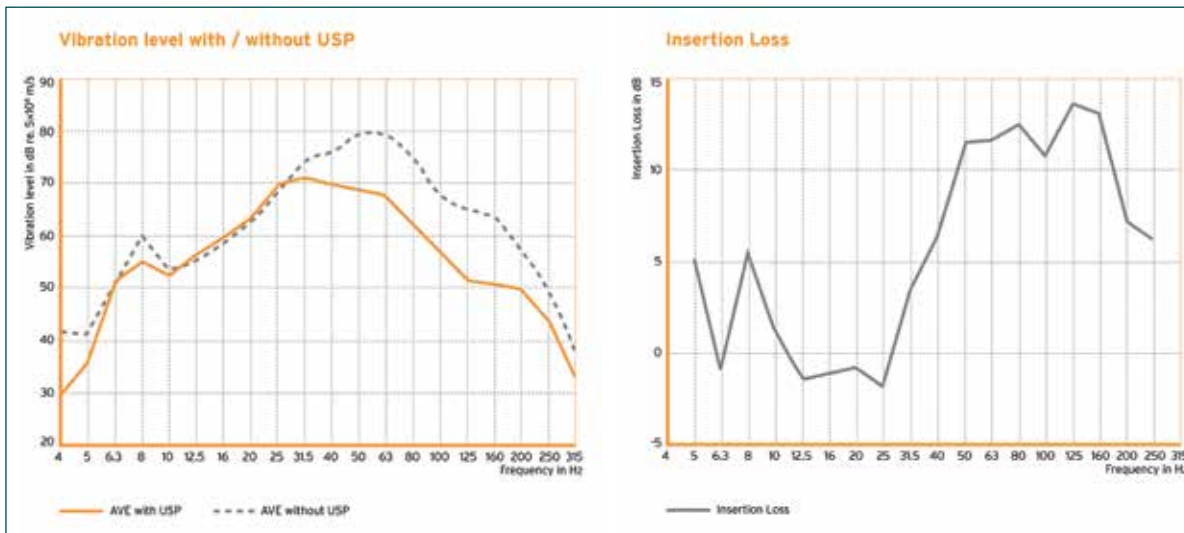


Bild 4: Gemessenes Terzband der Schwingschnelle ohne und mit Schwellensohlen SLS1308G (links), sowie die zugehörige Einfügungsdämmung als Differenzspektrum (rechts)

dieselbe Geschwindigkeit und die identische Schienenuhigkeit etc. betrachtet. Da das elastische Element das Gesamtsystem Eisenbahn beeinflusst, können bei geänderten Oberbauverhältnissen, anderen Untergründen bzw. anderen Fahrzeuggarnituren die frequenzabhängigen Einfügungsdämmungen abweichen.

3. Vibrationsreduktion um bis zu 74 %

Die Einfügungsdämmung ist als Differenz zwischen Sektion 1 (ohne Schwellensohlen) und Sektion 2 (mit Schwellensohlen) in Bild 4 dargestellt, ausgedrückt in Dezibel (dB). Dort, wo die Werte positiv sind, ist eine Reduktion der Vibrationen festzustellen, was eine Verbesserung im Gleisoberbau bedeutet.

Wie aus der gemessenen Einfügungsdämmung ersichtlich ist, ergibt sich eine Reduktion der Vibrationen im Gleis mit Schwellensohlen bereits bei Frequenzen oberhalb von 31,5 Hz, verglichen mit dem Gleis ohne zusätzliche elastische Polyurethan-Elemente. Frequenzen oberhalb von 40 Hz bis 200 Hz sind hauptsächlich verantwortlich für den sekundären Luftschall in angrenzenden Gebäuden.

Um einige Ergebnisse hervorzuheben: Vibrationen zwischen 50 Hz bis 63 Hz erreichen einen Pegel von 80 dBV ohne Schwellensohlen, während der Pegel mit Schwellensohlen auf weniger als 69 dBV reduziert wird, für Zuggeschwindigkeiten von 70 km/h. Das dominante Terzband vorbeifahrender Züge kann dabei bei ungefähr 63 Hz gefunden werden. Die Verwendung der Schwellensohlen SLS1308G zeigt eine Einfügungsdämmung von 11,6 dB (zum einfacheren Verständnis, eine Verbesserung von 10 dB korrespondiert mit einem verbesserten Einfügungsdämm-Maß von bereits 69 % – im vorliegenden Fall liegt mit 11,6 dB die mittlere Vibrationsreduktion sogar bei 74 %). Im Bereich der Eigenfrequenz kann nur eine sehr kleine Resonanzverstärkung gesehen werden. Diese Untersuchungen, speziell um den relevanten Frequenzbereich von 63 Hz, beweisen die fundamentale Einsetzbarkeit von Schwellensohlen zur Verminderung von Vibrationen und sekundärem Luftschall.

4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Das Ziel der durchgeführten Studie war, den vibrationsdämpfenden Effekt von Schwellensohlen im Schotteroberbau zu quantifizieren. Die Wirksamkeitsmessungen wurden an der Flughafenstrecke in Krakau, Polen, durchgeführt. Die Einfügungsdämmung zeigt, dass der Einsatz von elastischen Schwellensohlen aus Sylomer® des Typs SLS1308G von Getzner die Übertragung von Schwingungen signifikant reduziert. Bei der Frequenz von 63 Hz im Terzband konnte ein durchschnittliches Einfügungsdämm-Maß von 11,6 dB gemessen werden, dies entspricht einer Reduktion von störender Vibrationen um 74 %. Neben dem beschriebenen Effekt der Schwingungsreduktion wird durch den Einsatz der Schwellensohlen auch die Langzeitqualität des Eisenbahnoberbaus verbessert, was sich durch einen geringeren Instandhaltungsaufwand und damit geringere Kosten für den Bahnbetreiber auswirken wird. ■

Literatur:

- [1] Kwiatkowska, E.: Measurement results of vibration isolation performance, under-sleeper pads SLS1308G at Krakow Lobzow. Politechnika Wroclawska, Report No. 126/2017.
- [2] DIN 45669: Measurement of vibration immission, DIN 45672: Vibration measurement associated with railway traffic systems.
- [3] DIN 45673-3: Mechanical vibration – Resilient elements used in railway tracks – Part 3: Experimental evaluation of insertion loss of mounted track systems.
- [4] Loy, H.; Augustin A.; Tschann L.: Reduction of Vibration Emissions and Secondary Airborne Noise with Under-Sleeper Pads – Effectiveness and Experiences. Chapter in book: Noise and Vibration Mitigation for Rail Transportation Systems, pp. 595–605, Springer Nature 2018.