Minderung von Erschütterungsemissionen und sekundärem Luftschall durch Schwellenbesohlungen – Wirkungsweise und Erfahrungen

Reduction of vibration emissions and secondary airborne noise with Under-Sleeper-Pads – effectiveness and experiences

Dr. Harald Loy, ppa. Ing. Andreas Augustin, Bludenz/Bürs (Österreich)

Zusammenfassung

Im Eisenbahnoberbau werden Schwellenbesohlungen vorrangig zur Schotterschonung und zur Verbesserung der Gleislagequalität eingesetzt. Sie vergrößern die Kontaktfläche zwischen Betonschwelle und oberster Schotterlage, vermindern die Bildung von Schwellenhohllagen und reduzieren Oberbausetzungen. Elastische Schwellenbesohlungen können aber auch eine wirtschaftliche Möglichkeit darstellen, um die Übertragung von Erschütterungen und Körperschall zu reduzieren. Dafür sorgt die Ausbildung eines schwingungsfähigen Systems. Beide Effekte, Verbesserung der Gleislagequalität und Ausbildung eines schwingungsfähigen Systems, haben Auswirkungen auf gemessene Einfügungsdämmungen, die in diesem Beitrag erläutert werden. Abgleitet davon wird auf die Herausforderungen bei einer rechnerischen Prognose der Schwingungsminderung eingegangen. Anhand der gewonnenen Erfahrungen ausgeführter Projekte mit Schwellenbesohlungen zur Schwingungsreduktion werden die erzielten Wirkungen beispielhaft vorgestellt.

Abstract

In the railway superstructure, under-sleeper pads are primarily used for ballast protection and to improve the track quality. They increase the contact area between concrete sleepers and the top ballast layer, reduce the formation of hollowness beneath sleepers, and lower superstructure settlements. However, elastic under-sleeper pads can also represent a cost-effective way to reduce the transmission of vibration and structure-borne noise. Therefore the formation of a vibratory system is created. Both effects, improvment of the track quality and formation of a vibratory system, have an impact on the measured insertion loss which is discussed in this article. With the knowledge of that the challenges of a computational prognosis of the vibration mitigation effect is described. In light of experience gained in projects carried out with under-sleeper pads for vibration reduction, the achieved results are presented by way of examples.

1 Einleitung

Fahrende Züge erzeugen aufgrund des Rad/Schiene-Kontakts mechanische Schwingungen. Diese Schwingungen (Emission) breiten sich durch den Untergrund (Transmission) wellenförmig aus und werden am Empfangsort (Immission) oftmals als störend wahrgenommen. Von Erschütterungen spricht man, wenn diese Einwirkungen für den Menschen spürbar sind. Die Lebensqualität von Anwohnern kann dadurch in erheblichem Maß negativ beeinflusst werden. Insbesondere trifft dies dann zu, wenn sich in bewohnten Räumen die Schwingungen aufgrund von Resonanzeffekten verstärken bzw. sekundärer Luftschall als Folge höherfrequenter Anteile von Schwingungen abgestrahlt wird. Der sekundäre Luftschall ist meist als ein dumpfes, grollendes Geräusch wahrzunehmen. Dieses Geräusch kann durch den von außen kommenden, primären Luftschall überlagert werden *(Bild 1)*. Lärm und Erschütterungen stellen eine allgegenwärtige, unerwünschte Nebenerscheinung unserer Mobilität dar. Die Erhaltung und Steigerung der Lebensqualität, gerade in stark wachsenden Ballungszentren, verlangt daher nach geeigneten Maßnahmen. Am effektivsten ist es bekanntlich, wenn man zur Reduktion von störenden Schwingungen direkt an der Quelle der Emission ansetzt.

2 Hochwertiges Oberbausystem durch Gleichmäßigkeit und Nachgiebigkeit

Je gleichmäßiger der Eisenbahnoberbau ausgebildet ist, desto geringer ist die Kraftanregung bei Überfahrt eines Zuges.

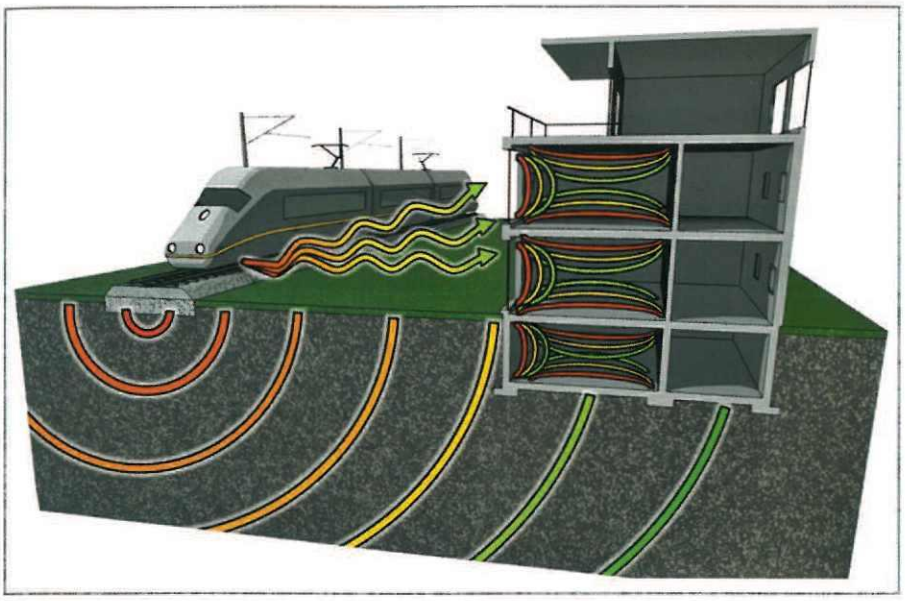


Bild 1: Schwingungsübertragung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen

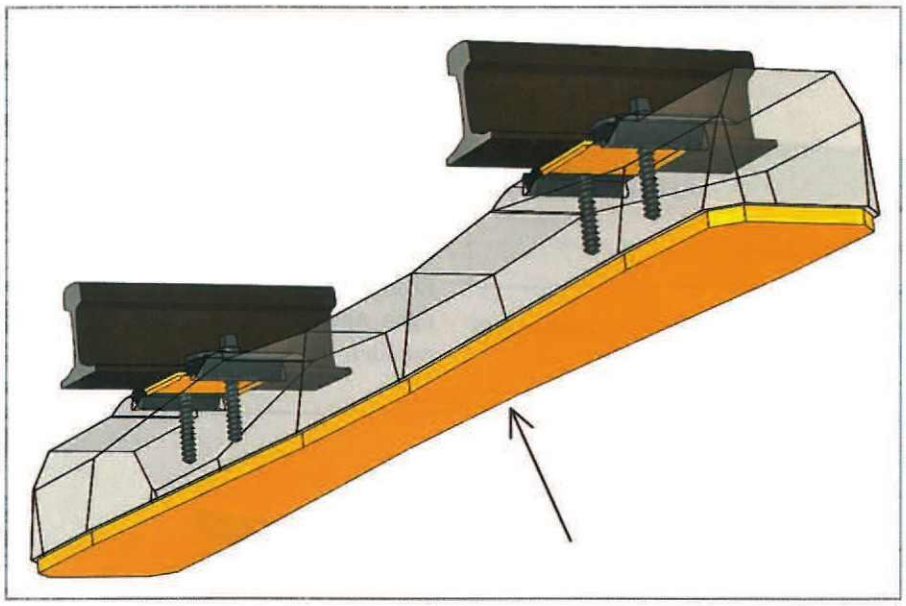


Bild 2: Schwellenbesohlung unter einer Betonschwelle

Bild 3: Digitale Kontaktflächenbestimmung an einer aus dem Betriebsgleis ausgebauten Betonschwelle mit PUR-Schwellenbesohlung (Porescan-Methode)

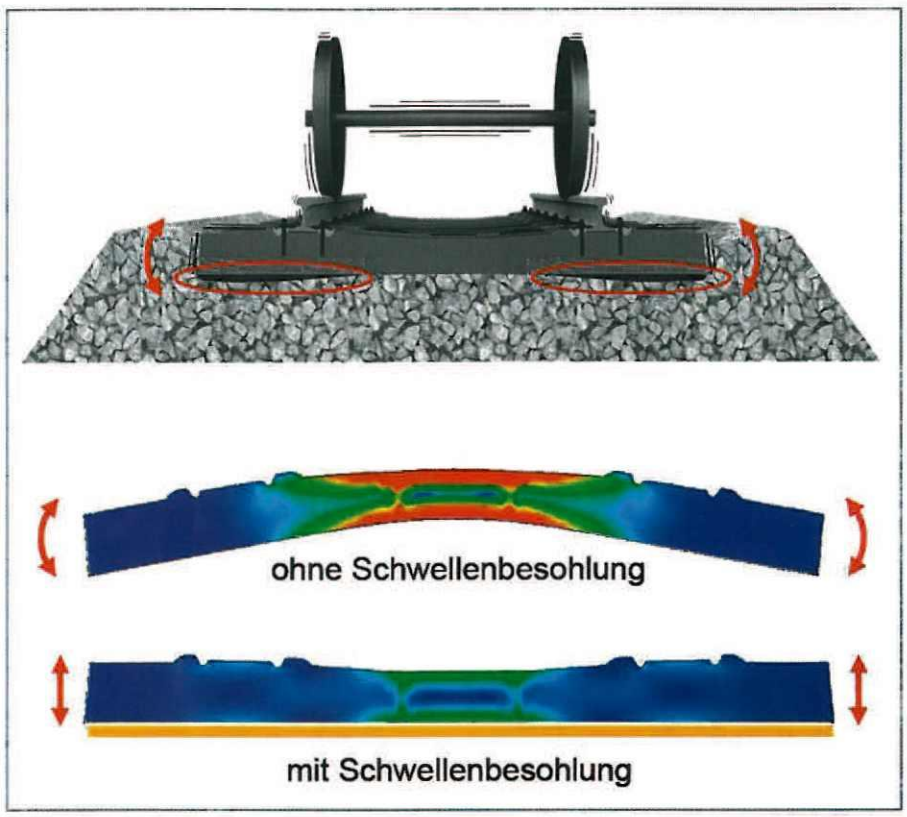
Der Gleisrost selbst ist im Regeloberbau schwimmend gelagert. Wiederholte dynamische Belastungen führen über die Zeit zu Veränderungen der Gleislage, was zusätzliche Beschleunigungen der Radsätze hervorruft. Die auftretenden Kräfte beeinflussen aus der Rückkopplung weiterhin die Lagequalität. Zeitlich bedingte Verschleißerscheinungen auf Rad- und Schienenoberfläche sowie Hohllagen unter den Schwellen verstärken diese Vorgänge bzw. sind das Resultat daraus. Das System schaukelt sich zunehmend auf, wodurch auch die Emissionen anwachsen. Durch Stopfen und Richten muss der Oberbau in weiterer Folge wieder in seine Ausgangslage zurückversetzt werden. Der zeitliche Verlauf einer Verschlechterung wird maßgeblich von der Anfangsqualität des Oberbaus bestimmt [1]. Das primäre Ziel muss daher sein, schon beim Einbau die Voraussetzungen für einen guten und dauerhaft möglichst formstabilen Fahrweg zu schaffen. Gleichmäßigkeit und Nachgiebigkeit stellen dabei wichtige Grundvoraussetzungen für ein hochwertiges Oberbausystem dar. Durch die definierte Anordnung elastischer Elemente, wie Schwellenbesohlungen *(Bild 2)*, kann der Fahrweg diesem Ziel näher gebracht werden.

3 Vergrößerte Kontaktfläche durch Schwellenbesohlungen

Durch die Anordnung von Schwellenbesohlungen unter den Betonschwellen wird eine direkte Hartauflage auf dem Schotter unterbunden. Die oberste Schotterlage kann sich in das Besohlungsmaterial einbetten, wodurch die Kontaktfläche vergrößert wird (2–8 % ohne Besohlung, auf bis zu 30–35 % mit Besohlung). Zu hohe Kontaktpressungen werden dadurch vermieden. Die größere Schotterkontaktfläche und die gleichmäßigere Bettung führen zu einer höheren Stabilität des Schotterbetts, geringeren Gleissetzungen und zu einem reduzierten Verschleiß an den wesentlichen Komponenten des Fahrwegs *(Bild 3)*.

Wie durchgeführte Laborversuche und Gleismessungen zeigen, ist der Querverschiebewiderstand von besohlten Schwellen dabei durchweg höher als bei

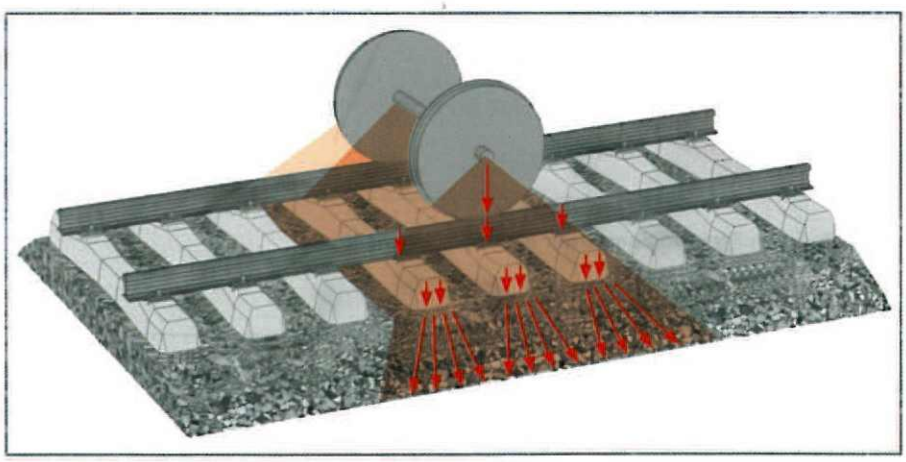
herkömmlichen Betonschwellen. Mit jenen Besohlungen, die aufgrund ihrer spezifischen Materialeigenschaften eine vergleichsweise tiefere Einbettung der Schottersteine zulassen, was somit zu einem größeren Kontaktflächenanteil führt, wurde ein weiterer Anstieg des Querverschiebewiderstands gemessen [2]. Insbesondere die Tatsache, dass in einem besohlten Schottergleis die Hohllagenbildung nahezu vollständig vermieden wird, zeigt, dass die besohlten Betonschwellen ein wesentlich positiveres Lageverhalten aufweisen *(Bild 4)*. Während beispielsweise im Streckennetz der Österreichischen Bundesbahnen an sieben von zehn unbesohlten Betonschwellen im Lauf der Zeit mehr oder weniger stark ausgeprägte Hohllagen zwischen Schwellenunterseite und dem Schotterbett auftraten, konnte in den gemessenen Abschnitten mit Besohlung keine Hohllagenbildung mehr festgestellt werden [3]. Die Streuung der Gleislagequalität ist in besohlten Bereichen wesentlich geringer als in unbesohlten. Diese Eigenschaften haben dazu geführt, dass Schwellenbesohlungen eine deutliche Verbesserung des klassischen Schotteroberbaus bewirken. Nicht zuletzt deshalb sind bei den Österreichischen Bundesbahnen besohlte Schwellen als Regelbauform etabliert. Im Hauptnetz werden heute bei Gleis- und Weichenneulagen standardmäßig Betonschwellen mit Schwellenbesohlungen verwendet.



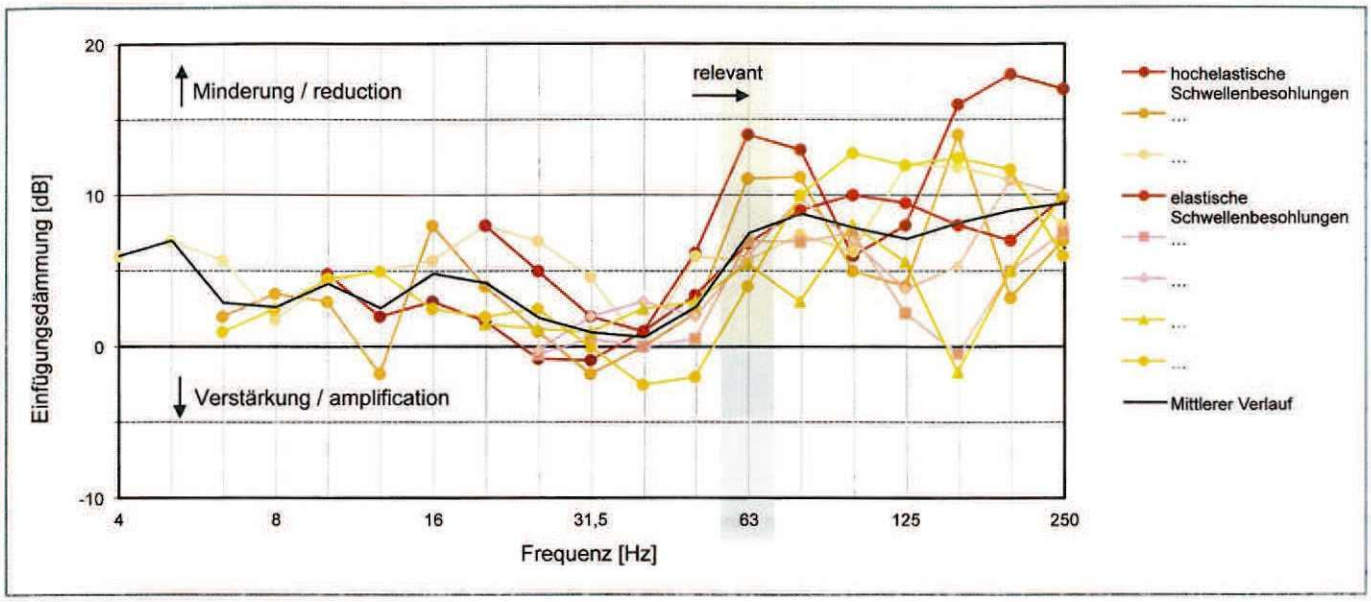
I Bild 4: Hohllagenbildung nur unter unbesohlten Betonschwellen. Hohllagen werden durch Schwellenbesohlungen vermieden, was zu einer gleichmäßigeren Lastabtragung führt

4 Schwingungsisolierung durch Sylomer® und Sylodyn®

Die Qualität des Eisenbahnoberbaus hat einen erheblichen Einfluss auf die Entstehung von Schwingungen. Eine Eisenbahnstrecke, die aufgrund von Schwellenbesohlungen langfristig eine verbesserte Gleislage aufweist, emittiert durch den ruhigeren Lauf der Züge weniger Lärm und Erschütterungen. Durch Verwendung hochelastischer Materialien lässt sich die Schwingungsausbreitung an die Umgebung zusätzlich verringern, indem das physikalische Prinzip der Massenkraftkompensation zur Schwingungsisolierung zur Anwendung kommt. Die Wirksamkeit von eingesetzten elastischen Komponenten im Eisenbahnoberbau ist dabei abhängig von Faktoren wie Masse, Steifigkeit und Dämpfung. Es wird ein schwingungsfähiges System ausgebildet, dessen Eigenfrequenz idealerweise weit unter den zu isolierenden Anregungsfrequenzen liegt, basierend auf dem Wirkungsprinzip eines Ein- bzw. Mehrmassenschwingers. Als wesentliche Federkomponente zur Reduktion der Emissionen haben sich die technischen Werkstoffe Sylomer® bzw. Sylodyn® bewährt. Den Anforderungen entsprechend können diese Materialien mit einer mehr oder weniger ausgeprägten Dämpfung versehen sein, insbesondere zur Vermeidung zu starker Resonanzüberhöhungen im Bereich der Eigenfrequenz. Mit einer auf den jeweiligen Anwendungsfall genau abzustimmenden dynamischen Steifigkeit können Schwellenbesohlungen somit ihre schwingungsisolierende Wirkung im Gleis zielgerecht entfalten. Je höher die dynamische Wirksamkeit des gewählten Polyurethan-Werkstoffs (PUR) ist, desto größer ist in der Regel auch der zu erreichende Vibrationsschutz *(Bild 5)*.



I Bild 5: Die Lastabtragung im Eisenbahnoberbau kann durch den Einsatz hochwertiger elastischer Elemente wesentlich verbessert werden

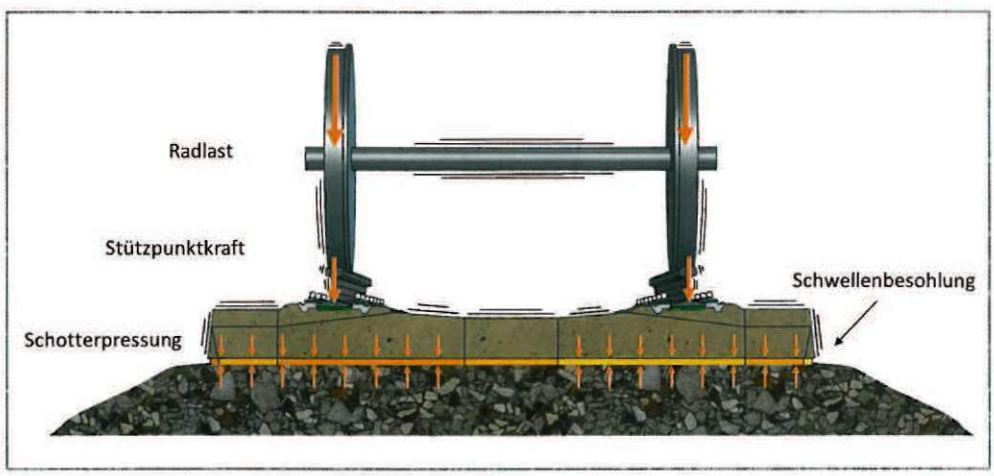


I Bild 6: Gemessene Einfügungsdämmungen mit verschiedenen elastischen bzw. hochelastischen Schwellenbesohlungen aus Sylomer® und Sylodyn®

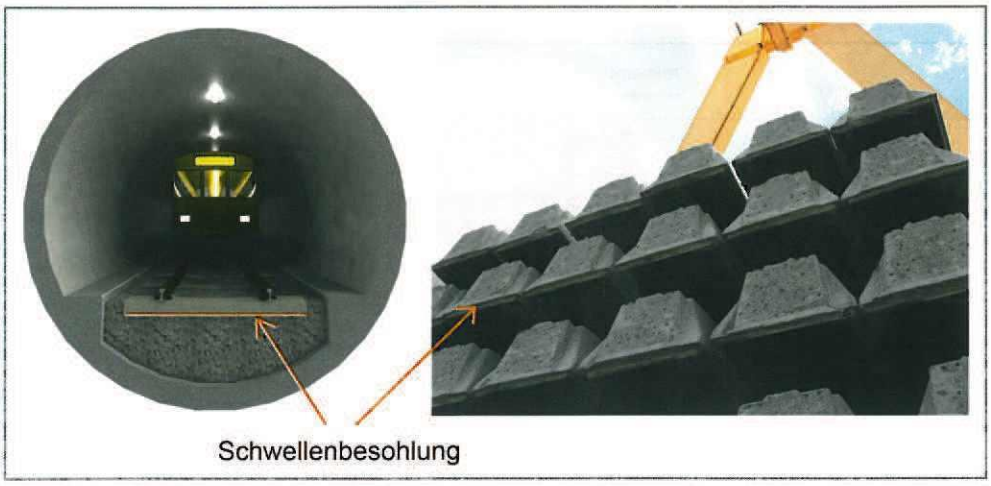
5 Messungen der Einfügungsdämmungen belegen die Effizienz

Die Einfügungsdämmung quantifiziert entsprechend der Normgebung [4] die frequenzabhängige Wirkungsweise elastischer Elemente im Einbauzustand. Sie beschreibt die relative Wirkung einer Minderungsmaßnahme gegenüber einer Referenzsituation. Die Einfügungsdämmung gibt beispielsweise an, wie sich der Körperschall verändert, wenn etwa Schwellenbesohlungen eingebaut werden. Dabei bleiben idealerweise alle übrigen Emissionseinflüsse unverändert, d. h. es wird dasselbe Fahrzeug, dieselbe Geschwindigkeit und die identische Schienenrauigkeit etc. betrachtet. Da das elastische Element das Gesamtsystem Eisenbahn beeinflusst, können bei geänderten Oberbauverhältnissen, anderen Untergründen bzw. anderen Fahrzeuggarnituren die frequenzabhängigen Einfügungsdämmungen abweichen. *Bild 6* zeigt eine Reihe von gemessenen Einfügungsdämmungen an unterschiedlichen Eisenbahnstrecken – mit verschiedenen Typen von Schwellenbesohlungen aus PUR-Material.

Wie aus den gemessenen Einfügungsdämmungen ersichtlich ist, liegen die Eigenfrequenzen der besohlten Oberbauten in der Regel bei etwa 30 Hz bis 40 Hz. In dem für den abgestrahlten Körperschall relevanten Bereich größer als 50 Hz (hier stellt der sekundäre Luftschall das maßgebende Kriterium dar) ergibt sich eine Streuung in der Dämmwirkung von ca. 4 dB bis 14 dB (63 Hz) über alle Besohlungstypen. Mit regulär elastischen Besohlungen sind 4 dB bis 7 dB erreichbare Werte. Demgegenüber stehen die im Zusammenhang mit der Körperschallisolation besonders zu betrachtenden, hoch elastischen Schwellenbesohlungen. Sie zeigen beispielhaft das enthaltene Leistungsvermögen auf: Mit einem derart akustisch optimierten Schotteroberbau können maximale Dämmwirkungen von 11 dB bis 14 dB (63 Hz) erzielt werden. Die durchgeführten Messungen belegen eine Effizienz dieser Besohlungstypen, die ursprüngliche Erwartungen mehr als erfüllte. Zum näheren Verständnis: 10 dB entsprechen bereits einem Isoliergrad (Reduktion) von 69 %. Im tiefen Frequenzbereich kleiner als 50 Hz ergibt sich dabei nahezu keine Verstärkung (–1 dB bis –3 dB), unterhalb von 25 Hz wird sogar nochmals eine Dämmwirkung von teilweise bis zu etwa 8 dB deutlich. Dieser Effekt dürfte im Wesentlichen aus der besseren Lage der Schwellen im Schotterbett resultieren (satte Einbettung, keine hohl liegenden Schwellen) bzw. auf positivere Oberbau-/Fahrzeug-Wechselwirkungen zurückzuführen sein. Im Bereich 100 Hz bis 160 Hz ist teilweise eine Verminderung der Dämmung vorhanden („Zweimassenschwinger-Effekt", nur bei weichen Zwischenlagen). Es bleibt allerdings fast immer bei einer positiven Wirkung (Minderung). Mit den bisherigen Erkenntnissen dürfte die grundsätzliche Eignung von Schwellen-



I Bild 7: Integration von Schwellenbesohlungen in den Lastabtragungspfad des Oberbaus



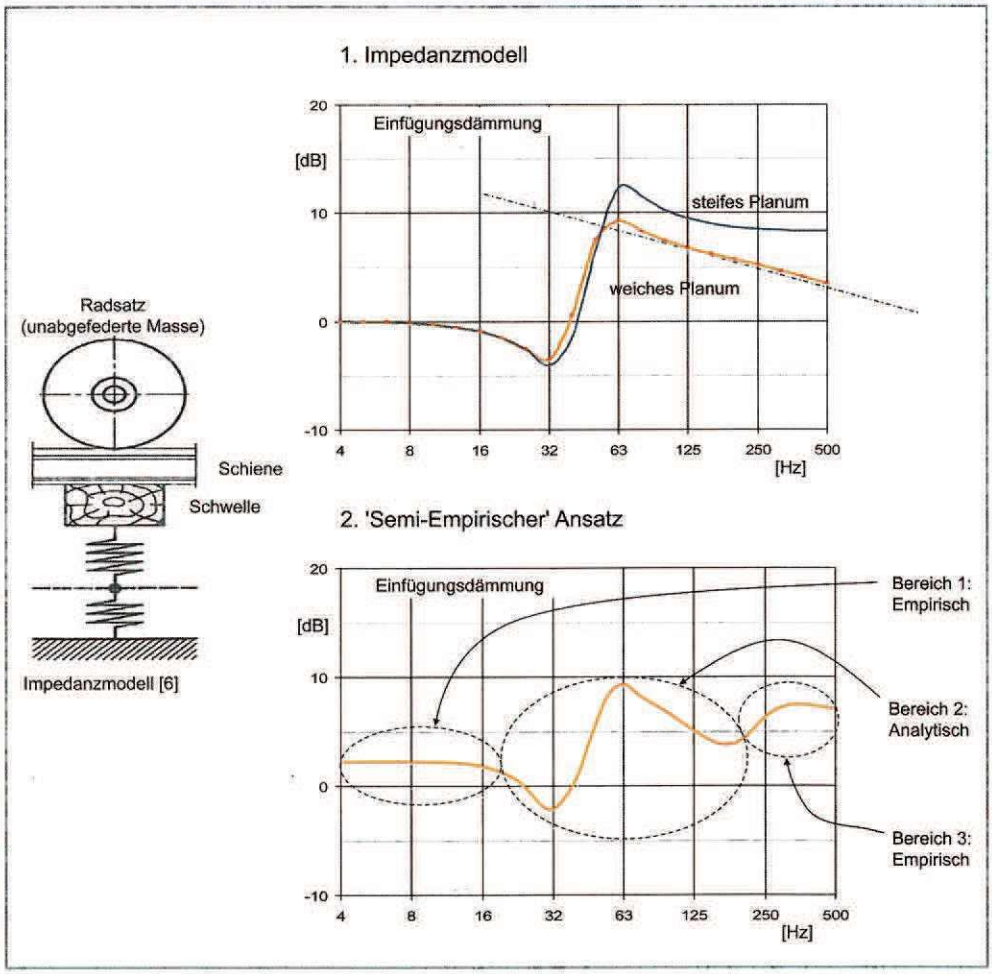
I Bild 8: Schwellenbesohlungen für den Schotteroberbau, im Tunnel (links), gestapelt (rechts)

besohlungen zur Schwingungsisolation nachgewiesen sein. Die Wahl des richtigen Produkts ist aber entscheidend. Dies gilt sowohl für Schwellenbesohlungen im Tunnel, als auch auf freier Strecke *(Bilder 7 und 8)*.

6 Prognoseberechnung der vibrationsdämmenden Wirkung

Die frequenzabhängige Wirkung von Schwellenbesohlungen ist aus den Ergebnissen der bisher gemessenen Strecken ersichtlich *(Bild 6)*. Eine verhältnismäßig einfache Möglichkeit für die rechnerische Prognose einer solchen vibrationsmindernden Wirkung stellt das Impedanzmodell dar [4, 5, 6]. Ursprünglich für Unterschottermatten konzipiert, kann dieses Modell prinzipiell auch für die Berechnung von Schwellenbesohlungen herangezogen werden. Die Einfügungsdämmung beschreibt hier ebenso die Relation zwischen den Schwinggeschwindigkeitsamplituden im Boden ohne eingefügte Elastizität zu den Amplituden im Boden mit eingefügter Elastizität. Neben der Federimpedanz des elastischen Materials wird auch die Abschlussimpedanz des Untergrunds berücksichtigt, was bei einem weicheren Planum im Frequenzbereich > 125 Hz typischerweise zu einem abfallenden Verlauf mit einer geringeren Wirkung im Terzspektrum führen kann (vgl. *Bild 9*: Impedanzmodell – linkes Diagramm). Ein möglicher Einbruch der Dämmwirkung bei 100 Hz bis 160 Hz bei vorhandenen weichen Zwischenlagen ist mit diesem Modell jedoch nicht abzubilden, ebenso wenig die bei Messungen oftmals festgestellte positive Wirkungsweise aufgrund der verbesserten Gleislage mit besohlten Schwellen im Frequenzbereich < 25 Hz.

Eine Möglichkeit, das im Gleis gemessene Verhalten auch mit einer Prognoseberechnung besser wiedergeben zu können, läge in der Verwendung eines ‚semi-empirischen' Ansatzes. Ein teilweise auf Erfahrungswerten basierendes Modell mit drei Bereichen könnte die Realität näher beschreiben (vgl. *Bild 9*: ‚Semi-empirischer' Ansatz – rechtes Diagramm, Bereich 1: Offset für verbesserte Gleislagequalität. Bereich 2: Berücksichtigung der abmindernden Wirkung weicher Zwischenlagen. Bereich 3: Optional abfallender Verlauf zur Berücksichtigung der abmindernden Wirkung des Planums). Es ist zu bedenken, dass die Anwendung einer solchen empirischen Berechnungsmethode unter Umständen mehr in situ-Messungen verlangt, um zukünftig treffendere Aussagen über die Wirkungsweise von Schwellenbesohlungen zur Schwingungsisolation vornehmen zu können. Es soll an dieser Stelle nur ein Denkanstoß sein – die Genauig-



I Bild 9: Modellansätze zur Prognose der Einfügungsdämmung von Schwellenbesohlungen

keit einer Prognose bei Schwellenbesohlungen könnte mit einer hohen Wahrscheinlichkeit durch die Empirie aber verbessert werden.

7 Auswirkungen auf den Luftschall

Wie bisherige Messungen im Gleis gezeigt haben, scheint der Einbau von Schwellenbesohlungen keinen signifikanten Einfluss auf die primäre Luftschallabstrahlung des Eisenbahnoberbaus zu haben. Unmittelbar nach dem Einbau kann im Frequenzbereich von 50 Hz bis 100 Hz zwar mit einer Verbesserung von etwa max. 5 dB gerechnet werden, demgegenüber steht aber eine Verschlechterung des primären Luftschalls von ebenfalls bis zu 5 dB im darüber liegenden Frequenzspektrum über 100 Hz [7]. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass sich in der Regel in unbesohlten Strecken die Gleislage vergleichsweise viel rascher verschlechtert und gleichzeitig lokale Einzelfehler (z. B. hohl liegende Schwellen) bzw. Oberflächenfehler auf der Schiene (z. B. Riffel-/Schlupfwellen an den Innenschienen in engen Bögen) entstehen. Solche Verschlechterungen der Gleisqualität können eine enorme Erhöhung des Luftschalls verursachen. Verriffelte Schienen können bei Zugüberfahrt beispielsweise zu einer Schallpegelerhöhung von mehr als 15 dB führen. Die verbesserte Langzeitqualität von Gleisen mit Schwellenbesohlungen ist nachgewiesen. Ein kurzzeitiger direkter Einfluss auf die primäre Luftschallabstrahlung scheint vernachlässigbar. Die Art der verwendeten Zwischenlage sollte aber bei Auslegungen immer mit berücksichtigt werden, da deren Steifigkeits- und Dämpfungseigenschaft einen wesentlichen Einfluss auf die Schallabstrahlung insbesondere der Schiene haben kann. Die beteiligten elastischen Komponenten sollten derart aufeinander abgestimmt sein, dass die Luftschallabstrahlung zumindest nicht erhöht wird. Zu diesem Thema müssen aber noch weitere Untersuchungen erfolgen.

8 Projektbeispiel Tunnel

Das folgende Beispiel zeigt die Ergebnisse einer erschütterungstechnischen Sanierung eines Eisenbahntunnels in Deutschland [8]. Grund für den nachträglichen Einbau von elastisch besohlten Schwellen war der stark wahrnehmbare sekundäre Luftschall in den Gebäuden oberhalb des Tunnels. Zahlreichen Beschwerden seitens der Anwohner folgte ein Rechtsstreit. Infolgedessen mussten Verbesserungsmaßnahmen durchgeführt werden. Aufgrund des vergleichsweise hohen Aufwands und der entsprechend hohen Kosten für einen nachträglichen Einbau von Unterschottermatten, hat man sich für den sehr viel einfacheren Austausch der unbesohlten Schwellen durch besohlte Schwellen entschieden. Diese Alternative war zudem deutlich kostengünstiger. Zum Einsatz kamen hoch wirksame Schwellenbesohlungen aus Sylodyn® mit der Bezeichnung SLN1010G von Getzner Werkstoffe. Zur Überprüfung der Wirksamkeit wurden Messungen im Tunnel sowie in einem oberhalb befindlichen Gebäude (1. OG) durchgeführt. In *Bild 10* sind die gemessenen Terzspektren ohne und mit Schwellenbesohlung sowie die zugehörigen Einfügungsdämm-Maße dargestellt.

Die Auswertung aller vorhandenen Ergebnisse zeigt sowohl im Tunnel als auch im Gebäude nach dem Einbau der besohlten Schwellen eine schwingungsmindernde Wirkung zwischen 5 dB und 10 dB ab einer Frequenz >40 Hz [8]. Der im Bereich der Eigenfrequenz liegende Einbruch in der Dämmwirkung ist entsprechend der Schwingungstheorie vorhanden, eine verstärkende Wirkung bleibt aber aus. Die Eignung der Schwellenbesohlung zur Minderung des sekundären

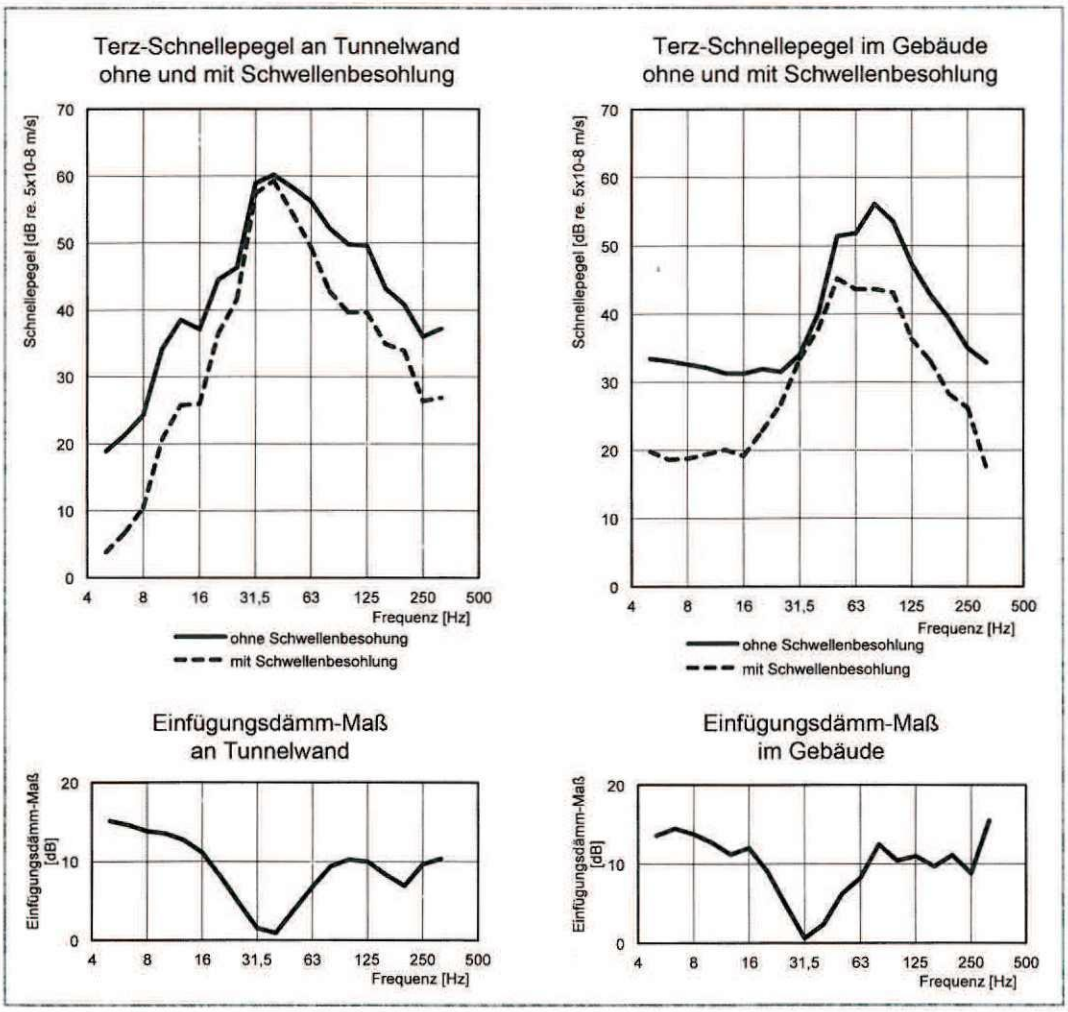


Bild 10: Gemessene Terz-Schnellepegel ohne und mit Schwellenbesohlung, Typ SLN1010G, sowie als Differenzspektren die zugehörigen Einfügungsdämm-Maße (Projektbeispiel Tunnel)

Luftschalls sowie der Erschütterungen konnte bei dieser Streckensanierung sowohl im Tunnel als auch innerhalb des Gebäudes nachgewiesen werden.

9 Projektbeispiel offene Strecke

Das folgende Beispiel zeigt auszugsweise die Ergebnisse von Untersuchungen der vibrationsdämmenden Wirkung von Schwellenbesohlungen auf einer offenen Strecke in Dänemark [9]. Auch hier wurden die hoch wirksamen Schwellenbesohlungen aus Sylodyn® vom Typ SLN1010G von Getzner Werkstoffe eingesetzt. Um die Wirkungsweise der Schwellenbesohlung zu quantifizieren, wurden Messungen 7,5 m neben der Strecke durchgeführt. Die ursprünglich als Beschleunigungspegel dargestellten Werte wurden zur Vereinheitlichung der Diagramme in Schnellepegel umgerechnet. In *Bild 11* sind die gemessenen Terzspektren ohne und mit Schwellenbesohlung sowie das zugehörige Einfügungsdämm-Maß dargestellt.
Basierend auf den gemessenen Daten dieser Messkampagne wurde festgestellt, dass durch die durchgeführten Maßnahmen eine schwingungsreduzierende Wirkung von circa 13,5 dB in den dominanten Frequenzbändern erzielt werden konnte. Die Reduktion in der Dämmwirkung im Bereich der Eigenfrequenz ist erwartungsgemäß deutlich zu erkennen, allerdings bleibt es auch hier bei einer positiven Wirkung (Minderung) ohne den befürchteten Einbruch mit einer verstärkenden Wirkung.

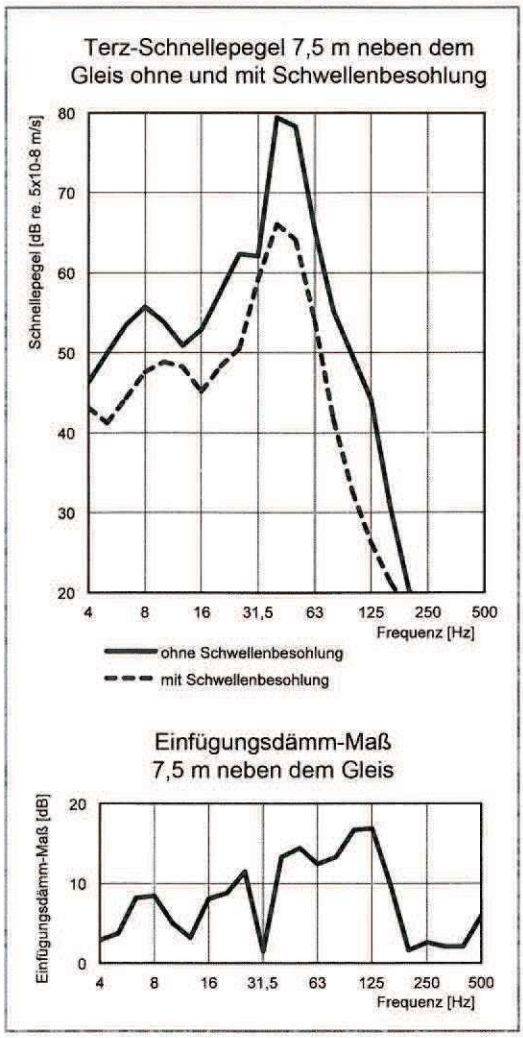


Bild 11: Gemessene Terz-Schnellepegel ohne und mit Schwellenbesohlung, Typ SLN1010G, sowie als Differenzspektrum das zugehörige Einfügungsdämm-Maß (Projektbeispiel offene Strecke)

10 Neueste Entwicklungen bei Schwellenbesohlungen

Schwellenbesohlungen, die vorrangig zur Verbesserung der Gleislage und Schotterschonung eingesetzt werden, bestehen heute aus einem widerstandsfähigen Material mit einer visko-plastischen Eigenschaft, die sich positiv auf die Schottereinbettung auswirkt.
Schwellenbesohlungen hingegen, die primär zur Schwingungsisolierung eingesetzt werden, benötigen dagegen ein eher weiches, dynamisch hoch elastisches Material mit geringer Dämpfung.
Wie die Erläuterungen zeigen, sind für einen effektiven Erschütterungsschutz beide Ansätze wichtig. Um sowohl die Entstehung der störenden Schwingungen durch eine stabile und sichere Gleislage, als auch deren Übertragung durch das physikalische Prinzip der Schwingungsisolierung zu reduzieren, bietet sich daher eine Kombination verschiedener Materialien an. *Bild 12* zeigt eine Schwellenbesohlung im Sandwich-Aufbau mit mehreren funktionalen Schichten. Die weiche und akustisch hoch wirksame Federschicht aus Sylodyn® ist dabei schützend eingebettet zwischen einem Anbindegitter aus Polyamid zur Schwellenbetonseite und einer visko-plastischen Schicht zur Schotterseite. Eine derartige Funktionstrennung deckt mehrere Aspekte ab und kann damit auch kombinierten Anforderungen gerecht werden.
Aktuelle Entwicklungsansätze zeigen die Möglichkeit, elastische und plastische Eigenschaften in nur einem Werkstoff ideal zu kombinieren. Sie stellen die Grundlage für die neueste Generation von PUR-Schwellenbesohlungen dar. Laufende Arbeiten in Forschung und Entwicklung bestätigen durch positive Ergebnisse verschiedener Tests bereits die zukunftsweisende Performance. Am Puls der Zeit kann damit der Bedarf nach optimierten und markgerechten Innovationen abgedeckt werden.

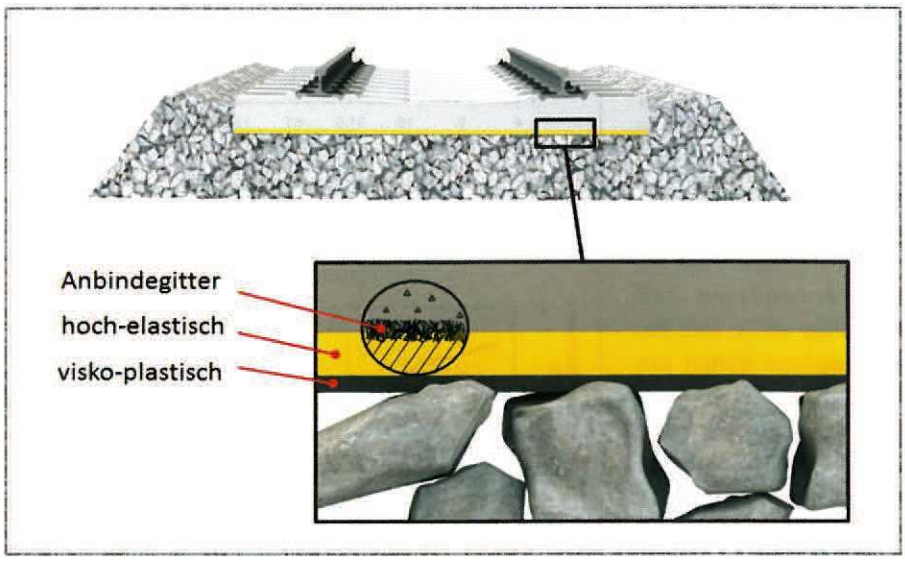


Bild 12: Schwellenbesohlung mit mehreren funktionalen Schichten

I Bild 13: Elastische und plastische Material-Eigenschaften von Schwellenbesohlungen kombiniert: Prognostizierte und gewünschte Schottereindrückungen unmittelbar nach dem Ausbau (links) und drei Wochen später – vollständige Rückstellung (rechts)

11 Zusammenfassung und Fazit

Der Eisenbahnverkehr erzeugt mechanische Schwingungen aufgrund der Wechselwirkung zwischen Fahrzeug und Fahrbahn, die entweder als Körperschall über das Erdreich oder als Luftschall übertragen werden. Mit geeigneten Schwellenbesohlungen aus Sylomer® bzw. Sylodyn® lassen sich nach heutigem Kenntnisstand die Schwingungen im für den Körperschall relevanten Frequenzbereich um mehr als 10 dB vermindern. Ein negativer Einfluss auf den primären Luftschall konnte bisher nicht festgestellt werden. Technisch optimierte Schwellenbesohlungen können eine wirtschaftliche Verbesserung des klassischen Schotteroberbaus darstellen, es kommt allerdings auf das verwendete Produkt an. PUR-Schwellenbesohlungen, die elastische und plastische Eigenschaften miteinander kombinieren, stellen die neueste Generation laufender Entwicklungen dar. – A 158 –

(Indexstichworte: Eisenbahnbau, Eisenbahn-Oberbau, Forschung, Infrastruktur, Umweltschutz)

(Bildnachweis: Alle Bilder, Getzner Werkstoffe GmbH)

Literatur

[1] *Veit, P.; Marschnig, S.:* Towards a more sustainable track. Railway Gazette International, January 2011, S. 42–44.

[2] *Iliev, D.:* Versuche mit elastisch besohlten Schwellen – Elastizität, Kontaktspannungen, Querverschiebewiderstand. Getzner Bahnfachtagung Schwarzenberg/Vorarlberg, Oktober 2011.

[3] *Auer, F.:* Einfluss von elastischen Komponenten auf das Gleisverhalten. ÖVG-Tagung Salzburg, Band 104, 2011, S. 53–55.

[4] DIN V 45673-4 (2008): Mechanische Schwingungen – Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen – Teil 4: Rechnerische Ermittlung der Einfügungsdämmung im eingebauten Zustand.

[5] *Wettschureck, R. G.; Kurze, U. J.:* Einfügungsdämm-Maß von Unterschottermatten. ACUSTICA 58 (1985) S. 177–182.

[6] *Müller, G.; Möser, M.:* Taschenbuch der Technischen Akustik. 3. Auflage, 2003, S. 545.

[7] *Behr, W.:* Wirkung unterschiedlicher Schwellenbesohlungen – Resultate des Innovationsprojektes „Leiser Zug auf realem Gleis (LZarG)". Getzner Bahnfachtagung Schwarzenberg/Vorarlberg, Oktober 2011.

[8] *Garburg, R.:* Aktuelle Erfahrungen und Erkenntnisse aus Sicht der Akustik beim Einsatz von Schwellenbesohlungen – DB Systemtechnik. Getzner Bahnfachtagung Schwarzenberg/Vorarlberg November 2007.

[9] COWI to Banedanmark: Experiments with vibration damping effect of Under Sleeper Pads (USP) – Vibration measurements in Dyrehaven at Springforbivej, Document No. A026780-0015, 9. January 2014.

Dr. Harald Loy (40). Bauingenieurstudium an der Technischen Universität München. Später Promotion an der Universität Innsbruck mit Auszeichnung. Ab 2000 Technischer Berater in München. Seit 2005 Entwicklungsingenieur bei Getzner Werkstoffe GmbH in Bürs im Bereich Forschung & Entwicklung. Von 2007 bis 2011 parallele Anstellung als Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Infrastruktur der Universität Innsbruck. Schwerpunkte in den Bereichen Simulation, Laborprüftechnik und In-Situ-Messungen. 2014 Nominierung für den Staatspreis für Innovation. Seit Juli 2014 Übernahme der Verantwortung als Leiter Team Systementwicklung.
E-Mail: Harald.Loy@getzner.com

ppa. Ing. Andreas Augustin (38). Besuch der Höheren Technischen Bundeslehranstalt für Maschinenbau und Automatisierungstechnik in Bregenz. Später berufsbegleitender Studiengang der Integrierten Produktentwicklung IPD an der Fachhochschule Dornbirn. Seit 1997 Tätigkeit als Konstrukteur im Maschinenbau. Ab 2000 Qualitätsingenieur in Forschung & Entwicklung bei Getzner Werkstoffe GmbH. Nach mehreren Führungspositionen im Qualitätswesen und der Entwicklung, Übernahme der F&E Gesamtverantwortung ab 2008. Zusätzlich Mitglied im Board of Directors der Chinesischen Produktionsniederlassung seit 2012. Derzeit Senior Vice President R&D und Engineering Services und Mitglied der Geschäftsleitung der Getzner Werkstoffe GmbH. Seit 2015 Prokurist.
E-Mail: Andreas.Augustin@getzner.com

Anschrift der Autoren: Getzner Werkstoffe GmbH, Herrenau 5, 6780 Bürs, Österreich.