

# WIRKSAMKEIT VON SYLOMER® UND SYLODYN® IN WAGGONBÖDEN VON SCHIENENFAHRZEUGEN

## FACHARTIKEL

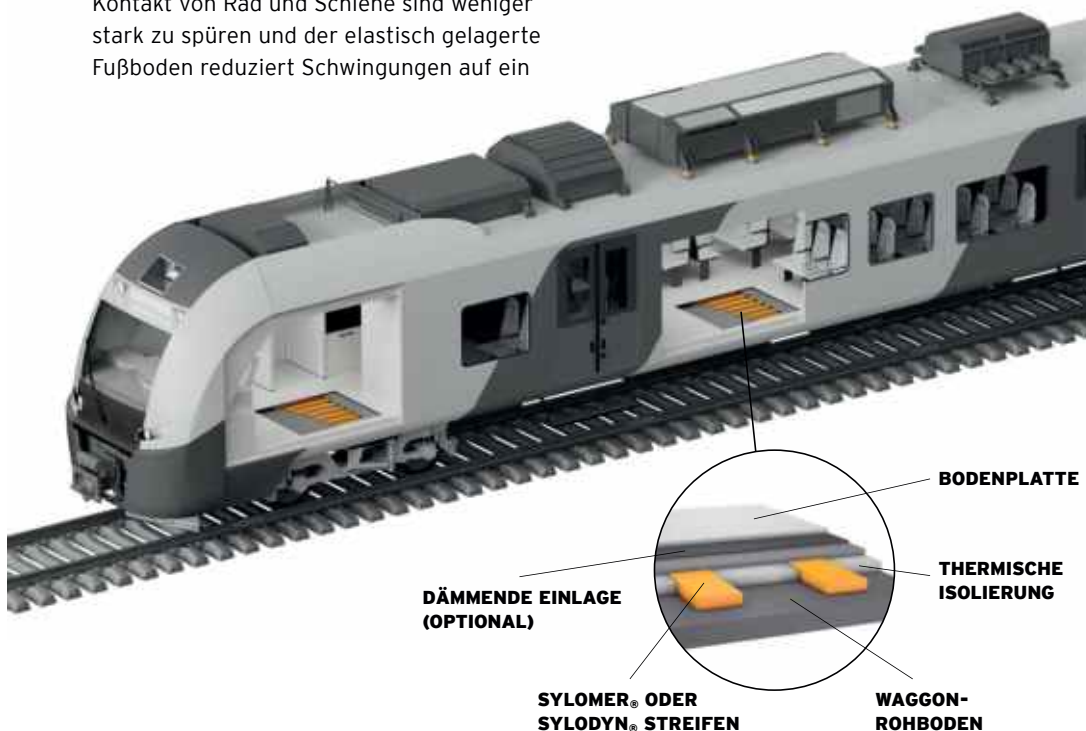
Verkehrsunternehmen müssen heute ihren Kunden einen angemessenen Mehrwert bieten und die Allgemeinheit davon überzeugen, dass die Entscheidung für die Nutzung öffentlicher Transportmittel nicht allein eine Kostenentscheidung sein sollte. In diesem Zusammenhang sind Faktoren wie Zuverlässigkeit, Komfort, Zeiteinsparungen und Sicherheit von besonderer Bedeutung - in Zeiten von Rentabilitätszwängen bedeutet dies eine große Herausforderung für die Hersteller von Schienenfahrzeugen.

Mit den von Getzner angebotenen Materialien Sylomer® und Sylodyn® für die Waggonbodenlagerung lassen sich Schwingungen reduzieren. Das erhöht den Reisekomfort für Passagiere und Zugpersonal und sorgt gleichzeitig für eine längere Lebensdauer des Waggons und seiner Bauteile. Erschütterungen durch den Kontakt von Rad und Schiene sind weniger stark zu spüren und der elastisch gelagerte Fußboden reduziert Schwingungen auf ein

Minimum. Das gesamte System verringert das Auftreten von sekundärem Luftschall und sorgt so für einen größeren Komfort und niedrigen Lärmpegel im Fahrzeug. Sylomer® und Sylodyn® sind seit Anfang der 90er-Jahre als Materialien für Waggonbodenlagerungen im Einsatz. Elastische Lager aus Polyurethan werden im Fußbodenbau verwendet, um Schwingungen in der Fußbodenkonstruktion möglichst gering zu halten. Diese Schwingungen entstehen durch den Kontakt zwischen Rad und Gleis und werden über das Drehgestell in das Fahrzeug übertragen, wobei sekundärer Luftschall entsteht. Sylomer® und Sylodyn® weisen eine höhere Effizienz als andere Materialien auf und tragen dazu bei, diesen Schall zu reduzieren. Der Schallpegel hängt von der Bauweise des Waggons, der Bodenplatte, dem Bodenbelag und der Gesamtkonstruktion ab.

### 1. Einbau

Sylomer® und Sylodyn® werden in der Regel als Streifen unterhalb der Bodenplatte verlegt.





Schwingungen reduzieren mit Waggonbodenlagerungen aus Sylomer® FR

Die Streifen sollten am besten verklebt werden. Es muss darauf geachtet werden, dass diese nicht mit mechanischen Befestigungen durchbohrt werden, da sonst Schallbrücken entstehen können. Verklebungsempfehlungen für unterschiedliche Klebstoffpartner stehen auf Anfrage zur Verfügung.

Zur Simulation der Effizienz einer Fußbodenlagerung mit Sylomer®- und Sylodyn®-Streifen hat Getzner Werkstoffe zwei Tests in externen Labors in Finnland (2014) und in Spanien (2015) durchführen lassen. Aufgrund des Fehlens verbindlicher Regelungen für das Testen elastischer Fußbodenkomponenten unter unterschiedlichen Lastbedingungen wurden verschiedene Vorschriften, wie DIN EN ISO 3381:2011, TSI NOISE (EU), 1304/2014 und DIN 45635, herangezogen.

## 2. Testergebnisse

Bei dem 2015 in Spanien durchgeführten Test wurden eine Phenolharz-Bodenplatte, Gummi-Metall Elemente und Getzner Sylomer® als Punkt- und Streifenlager miteinander verglichen.

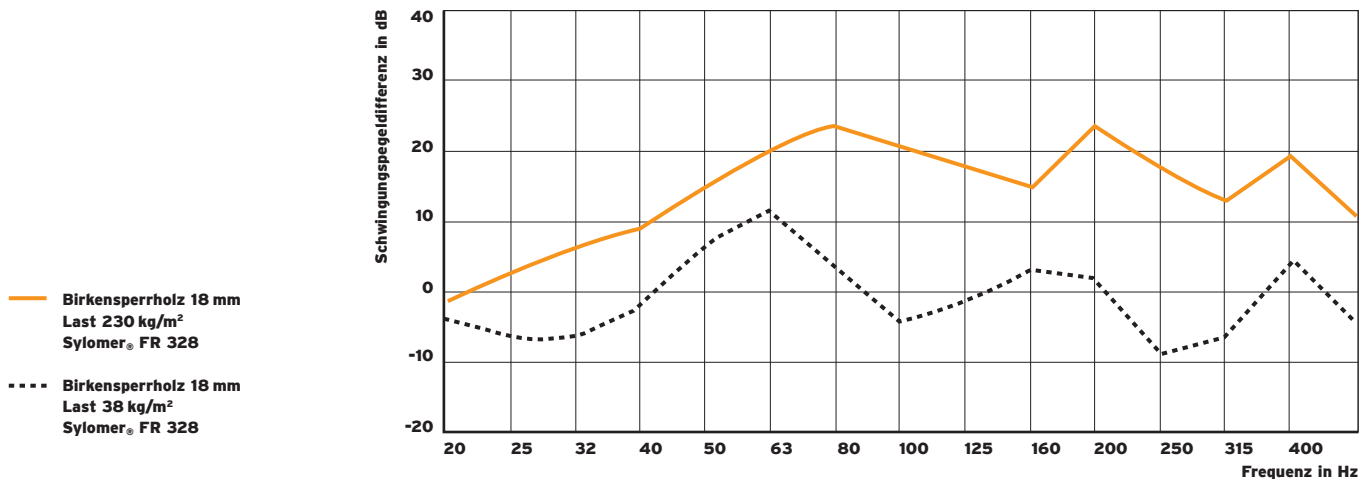
Der Tabelle kann die Abstimmfrequenz der Lager unter unterschiedlichen Lastbedingungen entnommen werden. Je geringer der Hz-Wert ist, desto elastischer und effizienter ist das Lager. Die Bodenplatte aus Phenolharz weist eine um das 3,9-Fache höhere dynamische Steifigkeit auf, und beim Gummi-Metall Elemente liegt die dynamische Steifigkeit im Vergleich zu Sylomer® FR 3110 beim 1,75-Fachen (Gütefaktor).

Sylomer® ist also in allen Lastsituationen deutlich effizienter als die Phenolharz-Bodenplatte oder die Gummi-Metall Elemente. Bei einer Testlast von 250 kg/m<sup>2</sup> beträgt der Unterschied bis zu 9,09 Hz (zwischen Phenolharzplatte und Sylomer® FR 328), sodass die Abstimmfrequenz mit Sylomer® FR 328 auf 9,22 Hz gesenkt werden kann.

Das untere Diagramm eines Tests in Finnland aus dem Jahr 2014 zeigt die Leistungsunterschiede bei verschiedenen Lastsituationen. Bei geringer Verkehrslast (leerer Waggon) weist Sylomer® eine geringere Performance als bei Betriebslast auf. Bei großer Verkehrslast zeigt die elastische Dämmung gute Ergebnisse und

das über einen großen Frequenzbereich hinweg. Polyurethan weist ein nichtlineares Verhalten auf: Die statische Last hat einen großen Einfluss auf das dynamische Verhalten.

Diese Materialeigenschaft ist ein großer Vorteil von geschäumtem Polyurethan (Sylomer®) und bietet eine deutlich bessere Schwingungsisolierung als steifere Materialien wie Gummi. Die Erfahrung zeigt, dass die meisten Tests in leeren Waggons durchgeführt werden. Ein derartiger Test erbringt ein komplett anderes Ergebnis als ein Test in einem Waggon unter Volllast. Das sollte bei der Betrachtung von Testergebnissen stets berücksichtigt werden.



Die Tabelle zeigt die Abstimmfrequenz der Lager unter den Lastbedingungen „keine Last“, leerer Waggon „50 kg/m<sup>2</sup>“ und Verkehrslast „250 kg/m<sup>2</sup>“. Je geringer der Hz-Wert ist, desto elastischer und effizienter ist das Lager. Sylomer® ist also in allen Lastsituationen deutlich effizienter als die Phenolharzplatte oder Gummi-Metall Elemente.

Last	Abstimmfrequenz	Gütefaktor	f1	f2
<b>Phenolharzplatte</b>				
-	149,41 Hz	11,161	141,76 Hz	155,15 Hz
250 kg/m <sup>2</sup>	18,31 Hz	6,036	16,45 Hz	19,48 Hz
<b>Gummi Elemente</b>				
-	34,08 Hz	10,791	32,89 Hz	36,05 Hz
250 kg/m <sup>2</sup>	12,31 Hz	7,554	11,81 Hz	13,44 Hz
<b>Sylomer® FR 3110</b>				
-	19,49 Hz	7,556	18,00 Hz	20,58 Hz
250 kg/m <sup>2</sup>	9,31 Hz	4,185	8,19 Hz	10,42 Hz
50 kg/m <sup>2</sup>	12,53 Hz	3,566	11,13 Hz	14,65 Hz
<b>Sylomer® FR 328</b>				
-	16,57 Hz	5,495	15,07 Hz	18,09 Hz
250 kg/m <sup>2</sup>	9,22 Hz	3,849	7,89 Hz	10,38 Hz
50 kg/m <sup>2</sup>	14,74 Hz	1,232	9,88 Hz	21,85 Hz

In der Praxis sind die folgenden drei Lastsituationen von Bedeutung\*:

Leerer Waggon: 20 kg/m<sup>2</sup>  
 Betriebslast: 360 kg/m<sup>2</sup>  
 Maximallast: 500 kg/m<sup>2</sup>

\* Dies ist ein Beispiel. Diese Angaben sollten projektweise seitens des Waggonherstellers oder Schienennetzbetreibers bereitgestellt werden.

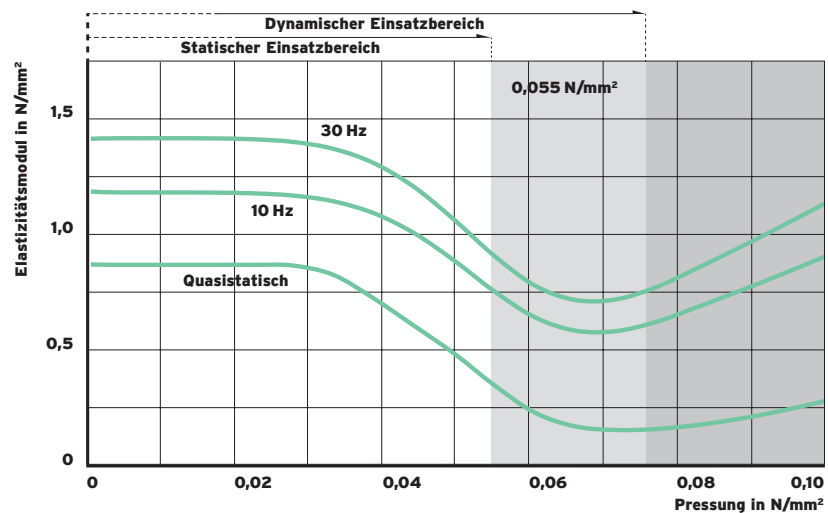
Getzner Werkstoffe verwendet zur Streifen-dimensionierung bei jedem Projekt stets die Betriebslast unter Berücksichtigung des Einflusses der Maximallast. Je nach Zugtyp und Einsatzland gelten unterschiedliche Lastangaben. Zwar fehlen standardisierte Angaben, aber als Betriebslast wird von 4 Personen à 90 kg und 500 kg/m<sup>2</sup> während der Spitzenverkehrszeiten ausgegangen.

### 3. Weicherer Dynamikbereich

Die Besonderheit von elastischen Lagern aus Polyurethan besteht darin, dass diese ein nichtlineares Verhalten aufweisen, sodass die einwirkende Last einen großen Einfluss auf die Dynamikleistung hat. Sylomer® und Sylodyn® sind darauf ausgelegt, die besten Effizienzwerte bei Betriebslast zu zeigen.

Im Gegensatz zu anderen Produkten werden diese Materialien im berechneten Dynamikbereich (Betriebslast) nicht steifer, sondern weicher. Dies ermöglicht eine hochgradig effiziente Schwingungsminderung und damit einen geringeren Schallpegel.

### Elastizitätsmodul

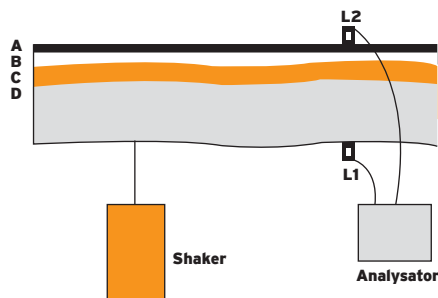


## 4. Testbedingungen und -details

### 4.1 Birkensperrholz mit Sylomer® FR



Mit dem unteren in Finnland durchgeführten Test sollte die Schwingungspegeldifferenz (dB) verschiedener Testproben in den Terzbändern von 20 bis 500 Hz ermittelt werden.



**A Fußbodenplatte (Furnier)**  
**B Schwingungsisolierung**  
**C Stahlgitterrahmen**  
**D Schwingende Fahrzeugkarosserie**

Zur Simulation der Fahrzeugkarosserie war der Stahlgitterrahmen starr mit dem Betonblock verbunden, sodass er mit der Karosserie und der Bodenplatte mitschwingt.

Der Testaufbau bestand aus einer schwingenden Betonplatte (1200 mm × 800 mm × 200 mm), einem Stahlgitterrahmen, den Schwingungsisolierungsstreifen aus Sylomer® und der Bodenplatte aus Birkensperrholz.

Im Testaufbau wurde die Oberseite des Fußbodens mit einer Masse von 228 kg/m<sup>2</sup> beschwert, um 3 Passagiere mit einem Körpergewicht von je ca. 80 kg zu simulieren. Die Gesamtlänge der Isolierungsstreifen zwischen der Bodenplatte und dem Stahlgitterrahmen, befestigt auf vier Querträgern, betrug 4 × 0,75 m = 3 m.

Das Fußbodenaufbausystem wurde durch einen elektromagnetischen Shaker in Schwingung versetzt. Die Übertragung der Kraft vom Shaker auf die Betonplatte erfolgte über eine Schubstange.

Die Schwingungsbeschleunigungswerte wurden mithilfe eines piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmers ermittelt, wobei an drei Stellen an der Unterseite der Betonplatte und an drei Stellen an der Oberseite der Holzplatte gemessen wurde. Im Durchschnitt dauerte jede Messung 20 Sekunden. Das Messsystem wurde vor und nach der Messung mithilfe eines kalibrierten Hand-Shakers kalibriert.

## DIE FOLGENDEN MATERIALIEN KAMEN ZUM EINSATZ:

- Birkensperrholzplatte von Metsä Wood, Stärke 18 mm
- Sylomer® FR 328, brandhemmend, 40 mm breit, Stärke 25 mm
- Die Oberseite des Bodens wurde mit 228 kg (6 Stück Flachstahl à 38 kg) beschwert
- Lufttemperatur im Testraum: 22,1°C, relative Luftfeuchte: 39 %, statischer Druck: 1008 hPa

#### 4.2 Phenolharzplatte, Gummi-Metall Elemente und Sylomer® FR



Phenolharzplatte



Gummi Elemente



Sylomer® FR 3110



Sylomer® FR 328

Mit diesem in Spanien durchgeführten Test sollte vor allem das Dynamikverhalten verschiedener Fußbodensysteme ermittelt werden. Die beste Methode, dieses Dynamikverhalten sichtbar zu machen, bestand darin, sinusförmige Schwingungen mit ausreichender Intensität zu erzeugen. Diese Testmethode ist in der EN 60068-2-6 definiert.

Die Anregung erfolgte durch einen elektrodynamischen Shaker, auf dem der Fußbodenaufbau montiert war. Die im Test verwendete Unterkonstruktion hatte eine Größe von 1750 × 1950 mm.

Die gesamte Fußbodenkonstruktion wurde in vertikaler Richtung mit einer allmählich von 5 Hz auf 500 Hz ansteigenden Frequenz angeregt. Der Schwingungspegel lag bei 2 m/s<sup>2</sup> mit einer Laufgeschwindigkeit von 1 Oktave/min.

Bei den Tests wurden ein Waggon ohne jede Last, ein leerer Waggon mit vollständiger Einrichtung (ca. 50 kg/m<sup>2</sup>) und ein Waggon mit Betriebslast mit ca. 250 kg/m<sup>2</sup> (drei Personen à 83 kg) simuliert.

### DIE FOLGENDEN TEST-BEDINGUNGEN KAMEN ZUM EINSATZ:

- Bodenplatte aus Phenolharz (Punktlagerung),  
Gütefaktor: 6,036,  
mechanischer Verlustfaktor: 0,166
- Gummi-Metall Elemente (Punktlagerung),  
Gütefaktor: 7,556,  
mechanischer Verlustfaktor: 0,132
- Sylomer® FR 3110 (Punktlagerung),  
Gütefaktor: 9,31,  
mechanischer Verlustfaktor: 0,107
- Sylomer® FR 328 (Streifenlagerung),  
Gütefaktor: 9,22,  
mechanischer Verlustfaktor: 0,108

## Gütefaktor

Der Gütefaktor (Q-Faktor) ist eine in der Elektronikindustrie verwendete Größe, mit der die Dämpfung eines schwingenden Systems gemessen wird. Der Gütefaktor ist der Reziprokwert des mechanischen Verlustfaktors.

- Schwingendes System mit geringer Dämpfung = System mit hoher Effizienz
- Schwingendes System mit hoher Dämpfung = System mit geringer Effizienz

## Werte f1 und f2

Eine Methode zur Definition der Dämpfungseffizienz ist die Nutzung der Halbwertsbreite. Die Werte f1 und f2 sind die Werte auf jeder Seite des Frequenzbereichs, an denen eine Reduzierung des Höchstwerts um - 3 dB auftritt. - 3 dB bedeutet  $1/\sqrt{2} = 70,7\%$ .

## 5. Zusammenfassung

Die Bedeutung der Schwingungsisolierung des Fußbodens für die Reduzierung des Geräuschpegels und die Erhöhung des Komforts im Eisenbahnwagen wird häufig unterschätzt. Es gibt zwar standardisierte Akustiktests, aber keine Vorschriften und spezifizierten Tests bezüglich der Dämmung des Körperschalls, der unerwünschten sekundären Luftschall zur Folge hat. Die Berücksichtigung elastischer Polyurethan-Fußbodenlager in Form von Sylomer® und Sylodyn® in der Konstruktionsphase hilft, die Fußbodenhöhe abzusenken und den Schallpegel sowie die Lebenszykluskosten für die gesamte Nutzungsdauer eines Zuges zu reduzieren.

Mit 45 Jahren Erfahrung und Langzeitreferenzen ist Getzner Ihr Spezialist für Fußbodenlagerungsanwendungen in Eisenbahnwaggons.

## Sylomer® FR 328 - Konfiguration ohne Last





Getzner Werkstoffe, Bürs

# ENGINEERING A QUIET FUTURE

Wir sind stolz darauf, die weltweit führenden Experten für Schwingungsisolierung und Erschütterungsschutz in den Bereichen Bahn, Bau und Industrie zu sein.

Unsere innovativen Produkte basieren auf unseren eigens entwickelten Materialien wie Sylomer®, Sylodyn® und Sylodamp® und werden durch Federelemente wie Isotop® ergänzt.

Unsere Anwendungen reduzieren Vibrationen und Lärm effektiv. Sie verringern den Verschleiß, verlängern die Lebensdauer der gelagerten Komponenten und verbessern die Gebrauchstauglichkeit, die Qualität und den Komfort.

Wir sind spezialisiert auf integrierte Lösungen und zielgerichtete Services zur nachhaltigen Vibrationsisolierung, basierend auf intensiver Forschung, klimafreundlicher Produktion und jahrzehntelanger Erfahrung.

## Getzner Werkstoffe GmbH

Herrenau 5  
6706 Bürs, Österreich  
T +43-5552-201-0  
info.buers@getzner.com

[getzner.com](https://www.getzner.com)