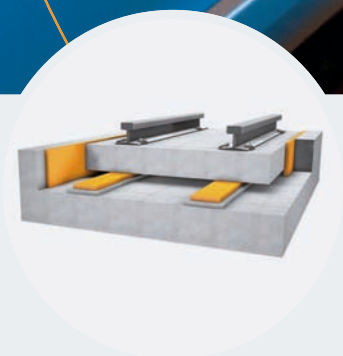


Masse-Feder-Systeme



1 | Körperschall und seine Folgen



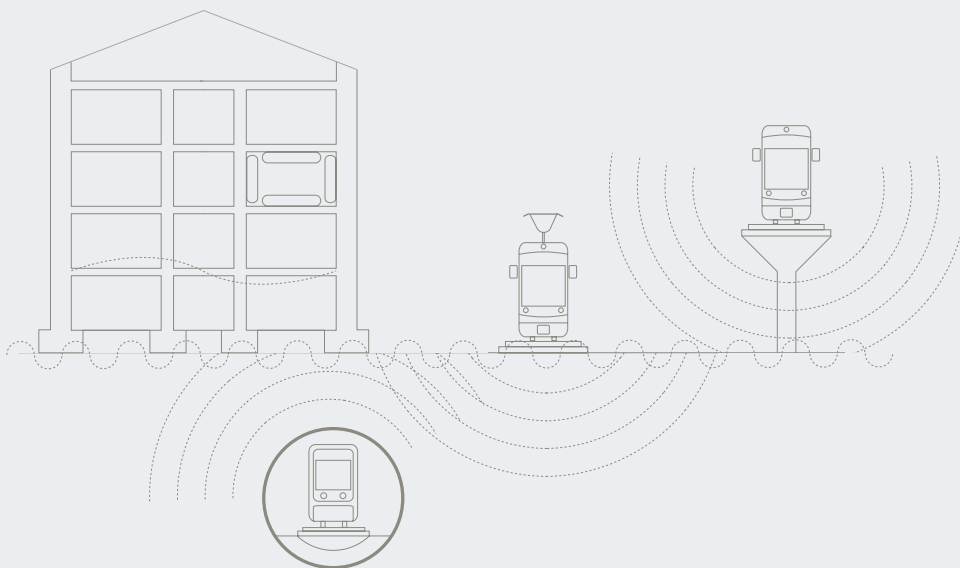


Ruhe kehrt ein

Straßenverkehr und Züge verursachen aufgrund ihrer Geschwindigkeit und des Eigengewichts Körperschall. Dieser breitet sich im Boden aus und wirkt schwingungsanregend auf Gebäude und auf in der Nähe aufgestellte, empfindliche Messgeräte oder Maschinen.

Gebäude, Geräte und Maschinen sind selbst auch schwingungsfähige Systeme. Erregungen durch Züge oder Verkehr verstärken sich zusätzlich durch die Struktur der betroffenen Objekte. Die mechanischen Schwingungen und der dadurch hervorgerufene Sekundärluftschall, also Lärm, sind für den Menschen auf Dauer gesundheits-schädigend. Vibrationen beeinflussen

zudem die Funktionsfähigkeit von Maschinen und Geräten. Erhebliche Einschränkungen und negative Auswirkungen auf Qualität und Produktivität können die Folge sein. Bei einer dynamischen Überbeanspruchung der Gebäudestruktur besteht darüber hinaus die Gefahr von Schäden an der Substanz, wie Setzungen und Risse.



2 | Hochwirksamer Körperschallschutz

Wirksamkeit
über Jahrzehnte

Körperschallemissionen können am Entstehungsort durch unterschiedliche Maßnahmen je nach Anforderung reduziert werden. Masse-Feder-Systeme kommen überall dort zum Einsatz, wo an den Körperschallschutz die höchsten Anforderungen gestellt werden. Die Werkstoffe Sylomer® und Sylodyn® werden als individuelle,

elastische Lagerungen auf der ganzen Welt eingesetzt. Sie gewährleisten die geforderte Wirksamkeit über Jahrzehnte. Die erprobten Werkstoffe gelten zusammen mit dem technischen Know-how von Getzner heute als die High-Tech-Standardlösung für Masse-Feder-Systeme.





Vorteile von Lagern aus Sylomer® und Sylodyn®

- Zuverlässige, homogene und dauerhafte Elastizität
- Kurzzeitige, auch extreme Überbelastung möglich
- Direktes Befahren durch schwere Fahrzeuge möglich
- Niedrige Baukosten durch einfache und schnelle Installation
- Unterschiedliche Bauformen durch Variation der Dichte, Dicke und Fläche des Werkstoffs
- Hohe Wirtschaftlichkeit durch Langzeitstabilität
- Minimierter Unterhaltsaufwand

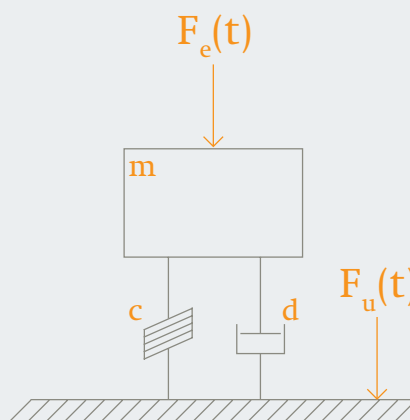
Für die Anwendung als hochelastisches Lager in einem Masse-Feder-System sind Sylomer® und Sylodyn® die idealen Werkstoffe - egal für welche Bauart.

3 Wirkungswise eines Masse-Feder-Systems

Schwingungen wirksam isolieren

Ziel der Schwingungsisolierung ist es, den Oberbau von seiner Umgebung dynamisch zu entkoppeln und so die Übertragung von Erschütterungen und Körperschall zu verringern.

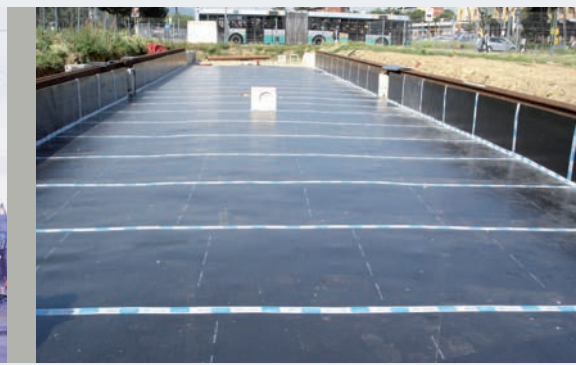
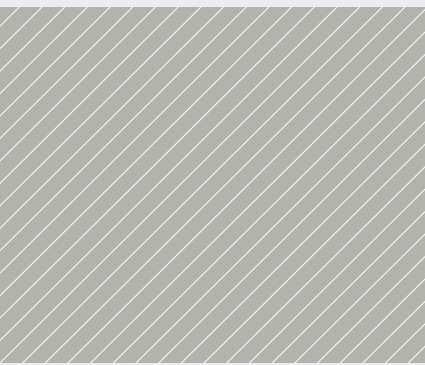
Diese Entkopplung erfolgt durch Ausbildung eines schwingungsfähigen Systems. Wird eine dauerhaft elastische Federschicht, wie Sylomer® oder Sylodyn®, eingebaut, so erfolgt die Isolierung direkt an der Quelle der Emissionen. Dadurch wird gewährleistet, dass die Fußpunktkraft $F_u(t)$ kleiner als die Erregerkraft $F_e(t)$ ist. So verringern sich die Schwingungen, die durch die Fußpunktkräfte hervorgerufen werden.



Die Wirkungsweise eines elastisch gelagerten Oberbaus lässt sich anhand eines Ersatzsystems, dem sogenannten Einmassenschwinger, sehr gut beschreiben. Viele Schwingungsprobleme können näherungsweise mit diesem einfachen physikalischen Modell diskutiert werden. Wird die Oberbaumasse durch eine kurzzeitige äußere Kraft $F_e(t)$ aus der Gleichgewichtslage gebracht, so führt die Masse Schwingungen mit der Eigenfrequenz f_0 aus.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{c}{m}}$$

c = dynamische Federsteifigkeit
 m = Oberbaumasse +
unabgefederte Radsatzmasse



Wie schnell die Amplitude dieser Schwingung abklingt, hängt von der Dämpfung durch die Feder ab. Bei Sylomer®- und Syldyn®-Werkstoffen wird die Dämpfung durch den mechanischen Verlustfaktor beschrieben.

Zur Beurteilung eines Masse-Feder-Systems ist der Amplitudenfrequenzgang (Betrag der Übertragungsfunktion) zu ermitteln. Er beschreibt das Amplitudenverhältnis in Abhängigkeit der Frequenz f oder in Abhängigkeit des Frequenzverhältnisses zwischen der Fußpunktkraft $F_u(t)$ und der Erregerkraft $F_e(t)$ bei der Quellenisolation.

Bei der Schwingungsisolation gibt es zwei Bereiche, nämlich einen **Verstärkungs-** und einen **Isolationsbereich**.

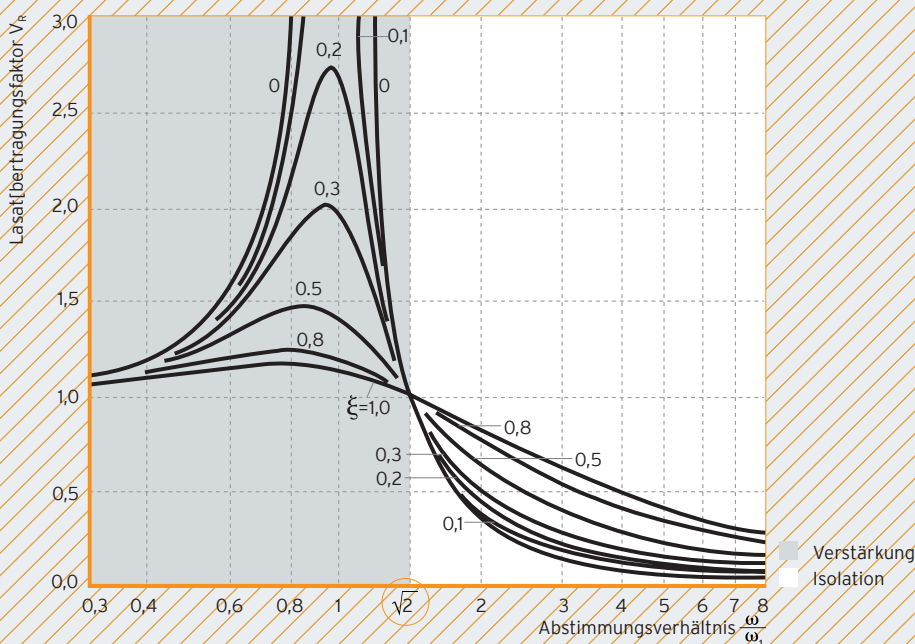
Die Verstärkung entsteht nur dann, wenn eine Erregerfrequenz, die mit der Eigenfrequenz der elastischen Lagerung übereinstimmt, vorhanden ist oder eine breitbandige Anregung vorliegt.

Die Isolation beginnt ab einer Frequenz, die $\sqrt{2} \cdot f_0$ entspricht. Aus dem Amplitudenfrequenzgang ist zu ersehen, dass die Verstärkung bei der Isolationseigenfrequenz f_0 mit zunehmendem

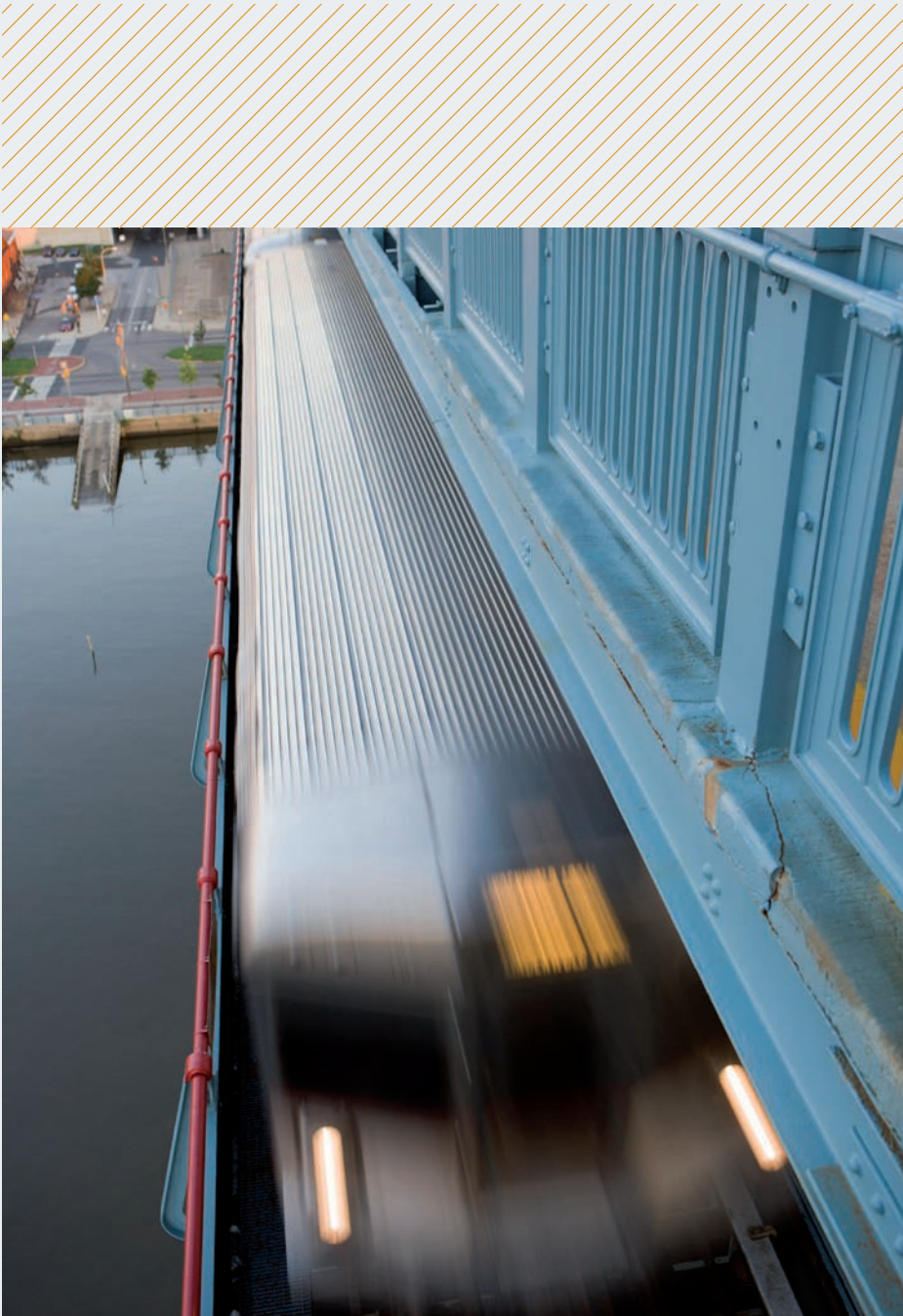
Dämpfungsgrad reduziert wird, während der Isolationsgrad mit zunehmender Dämpfung geringer wird.

Für die Eigenschaften der Feder eines Masse-Feder-Systems bedeutet das, dass diese ein möglichst geringes Verhältnis von dynamischer zu statischer Steifigkeit aufweisen sollte. Die dynamische Steifigkeit des Lagers sollte außerdem durch Frequenz und Belastung nur eine geringe Veränderung erfahren.

Die Dimensionierung eines Masse-Feder-Systems ist eine Optimierungsaufgabe für Ingenieure. Diese Aufgabe erfordert fundiertes und spezialisiertes Know-how, wie es Getzner mit Partnern seit Jahren bietet. Die Wirkungsweise eines Masse-Feder-Systems kann allerdings durch stehendes Wasser unter dem Massetrog und im System massiv beeinflusst werden. Beim Bau eines Masse-Feder-Systems ist daher der Einbau einer dauerhaft ausreichenden Drainage unbedingt sicherzustellen.



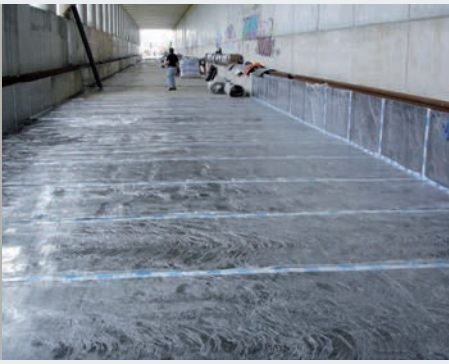
4 | Ausführungsvarianten



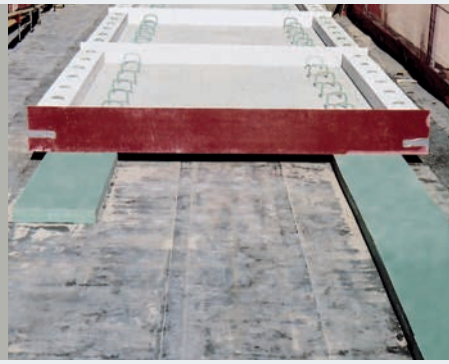
Eine Vielzahl unterschiedlicher Bauarten von Masse-Feder-Systemen wurde in den letzten Jahrzehnten von den europäischen Eisenbahnen entwickelt. So gibt es Bauarten in Ortbeton- oder Fertigteile-Bauweise, Kombinationen aus beidem, mit oder ohne Schotterbett.

Bei der Auslegung der elastischen Lager für Masse-Feder-Systeme ist auch die gewählte Bauausführung für die Funktionalität und Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems ausschlaggebend.

Ob vollflächige, streifenförmige oder punktförmige Auslegung - Getzner sorgt mit seinem Know-how für technisch einwandfreie, wirtschaftlich nachhaltige und funktionierende Lösungen.



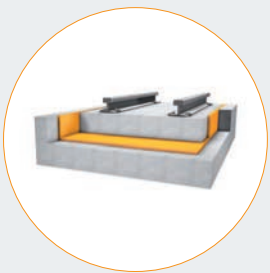
Vollflächige Lagerung



Streifenförmige Lagerung



Punktförmige Lagerung

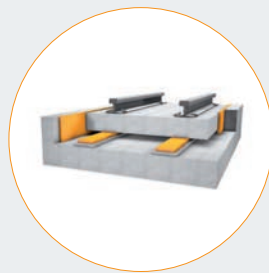


Vollflächige Lagerung

Mit einer vollflächigen elastischen Lagerung werden je nach Anwendungsfall Eigenfrequenzen zwischen 14 und 25 Hz realisiert. Dies entspricht einer erreichbaren Körperschalldämmung bis 30 dB im überkritischen Frequenzbereich.

Die Bauvorteile einer vollflächigen elastischen Lagerung von Getzner liegen:

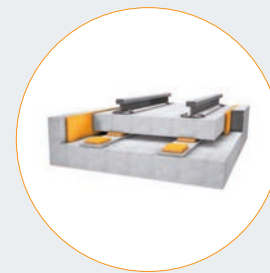
- in der einfachen, schnellen und kostengünstigen Bauweise
- in der geringen Gefahr von Baufehlern
- in der großflächigen Lasteinleitung in den Untergrund
- in der Bedämpfung von Struktur-schwingungen der Gleistragkörper
- in der geringen Anzahl von Verlegefugen
- in der hohen Horizontalstabilität des Gesamtsystems
- im wirtschaftlichen Gesamtsystem



Streifenförmige Lagerung

Streifenförmige Lager werden vorzugsweise bei Masse-Feder-Systemen eingesetzt, die in Fertigteil-Bauweise oder in kombinierter Fertigteil-/Ortbeton-Bauweise ausgeführt werden. Die im Fahrbetrieb auftretenden Horizontalkräfte - sowohl in Fahrtrichtung (Brems- und Beschleunigungskräfte) als auch quer zur Gleisachse (z. B. Fliehkräfte, Seitenkräfte infolge von Gleislagefehlern) - sind durch die relativ großen Lagerflächen gut beherrschbar.

Mit der streifenförmigen Lagerung sind im Vergleich zur vollflächigen Lagerung tiefere Oberbau-Abstimmfrequenzen (8 - 15 Hz) bei einem vertretbaren wirtschaftlichen Aufwand erzielbar. Insgesamt wird durch die streifenförmige Lagerung eine höhere Körperschalldämmung erreicht.



Punktförmige Lagerung

Die gewählte Bauform der Gleistragplatten oder Gleiströge bestimmt die Form der punktförmigen Lager. Meist sind es in Ortbeton-Bauweise hergestellte Gleistragplatten, die nach dem Aushärten angehoben werden. Die Lager werden durch Einbringöffnungen in der Platte eingeschoben.

Da durch den Fahrbetrieb Horizontalkräfte entstehen, muss bei der Dimensionierung der meist relativ kleinen Lagerfläche auf die Übertragung dieser Kräfte geachtet werden. Um den Vorgaben entsprechend die horizontalen Auslenkungen zu begrenzen, kommt in der Praxis das Optimum der Größen „Schubmodul, Lagerdicke und Lagerfläche“ zum Einsatz.

Die tiefsten Abstimmfrequenzen sind durch punktförmige Lagerungen erreichbar (5 - 12 Hz). Diese Form der Lagerung erfüllt die höchsten Anforderungen an den Körperschallschutz. Mit dieser Systemart ist eine Körperschalldämmung von 30 dB und mehr durchaus erreichbar.

5 Gestaltung von elastisch gelagerten Übergängen

Für einen reibungslosen Übergang

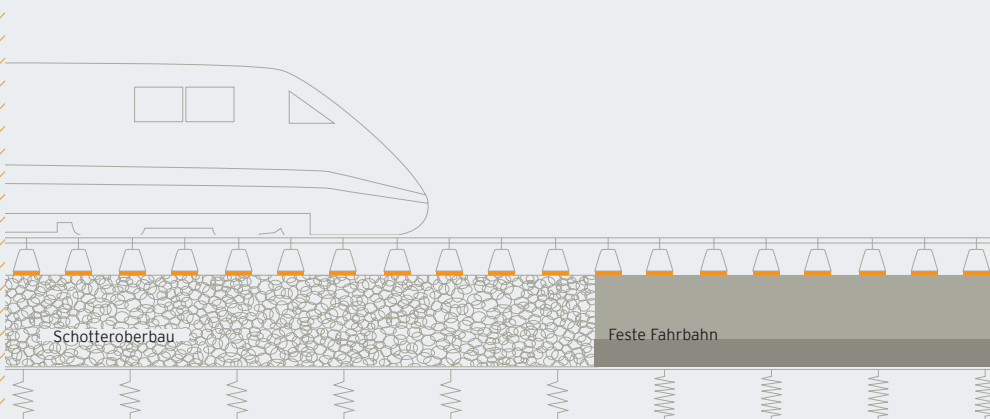
Die Übergangsbereiche zu benachbarten Oberbauformen (Schotteroberbau, Feste Fahrbahn) müssen sehr präzise geplant werden, damit keine dauerhaften Störstellen im Gleis entstehen. Bei Masse-Feder-Systemen entstehen immer Übergangsbereiche, da diese, im Gegensatz zu normalen Oberbauten, höhere Einsenkungen mit sich bringen. Durch Temperaturschwankungen und Betonminderung sind die Übergangsbereiche zusätzlich besonderen Beanspruchungen ausgesetzt. Getzner bietet auch hier kompetente Lösungen.

Die erforderliche Systemsteifigkeit in den Übergangskonstruktionen kann zum Beispiel erreicht werden durch:

- eine verdichtete Lageranordnung
- eine Änderung der Lagermaterialsteifigkeit
- den Einbau besonderer Schienenbefestigungen
- den Einbau von Schwellenbohlungen

Bei der Umsetzung ist zu beachten, dass zu hohe Stützpunktkräfte eine Schienenbefestigung überbeanspru-

chen können. Mit der Finite-Elemente-Methode (FE-Methode) berechnet und simuliert Getzner alle Faktoren für die optimale Auslegung in Übergangsbereichen.



Übergang zw. Masse-Feder-System und fester Fahrbahn mit elastischen Schwellensohlen.



6 | Ausführungsfehler beim Bau

Unsere Erfahrung
gibt Ihnen Sicherheit

Bau- oder Konstruktionsfehler oder unsachgemäße bzw. unterlassene Detailausführungen beeinflussen fallweise die realen Eigenschaften von Masse-Feder-Systemen.

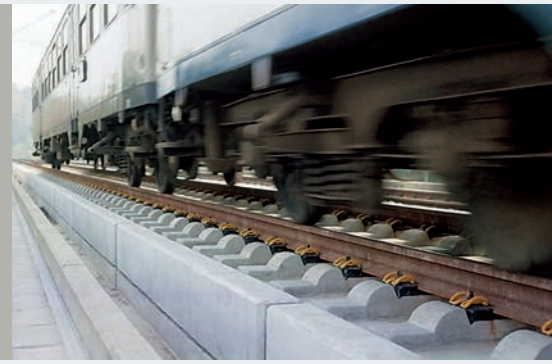
Beispiele hierfür sind:

- Nicht ausreichende oder fehlende Drainagen führen zum „Stempel-effekt“ im System
- Bei vollflächigen Systemen: fehlende, ungeeignete oder zu steife Seitenmatten
- Fehlerhafte Isolation von Kabelschächten, Entwässerungseinläufen und sonstigen Verbindungen
- Ungeeignetes Lagermaterial oder Unterschreitung bestimmter Lager-Mindestdicken
- Hohe Anzahl an Verlegefugen
- Nicht fachgerechter, sorgloser Einbau des Lagermaterials
- Konstruktive Gestaltung wie Länge der Fahrbahnplatte oder Ausführung der Bewehrung, unzureichende Lastverteilung auf dem Elastomer



Ausführungsmängel an einem Masse-Feder-System lassen sich nachträglich meist nur unter immensem Aufwand beheben. Abhängig von der Schwere der Mängel ist in manchen Fällen sogar ein kompletter Neubau erforderlich.

7 | Anforderungen an ein Elastomer-Lager



Vielseitig und bewährt

Seit mehr als vier Jahrzehnten bewähren sich die Werkstoffe Sylomer® und Sylodyn® im Eisenbahnoberbau als wirksamer Schutz vor Erschütterungen und Körperschall.

Getzner-Werkstoffe tragen zum Schutz von Kunstbauwerken bei, verbessern die Stabilität von Fahrwegen, reduzieren die dynamische Beanspruchung des Schotter und damit den Unterhaltsaufwand. Selbst nach 30 Jahren und mehr sind Bahnanwendungen aus Sylomer® und Sylodyn® nachweislich noch wirkungsvoll im Einsatz: Bei der Prüfung ausgebauter Proben zeigten die Elastomere selbst nach den vielen Betriebsjahren keinerlei Ermüdung.

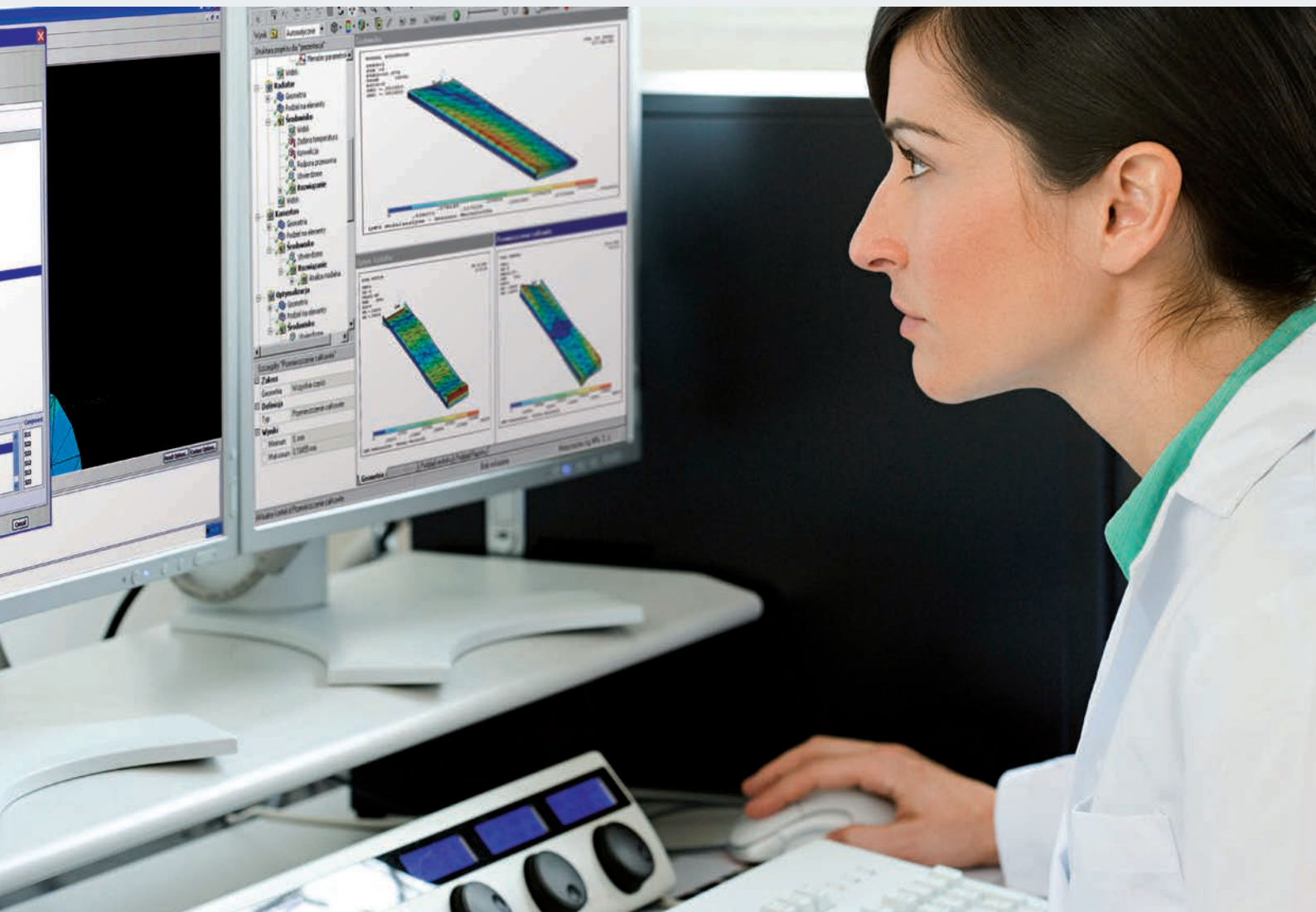
Besonders bei teilflächiger Lagerung ist es wichtig, die Anforderungen an das Lagermaterial und die Qualitätsüberwachung projektspezifisch zu definieren.

Die Norm DIN 45673-7, Mechanische Schwingungen - Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen - Teil 7: Labor-Prüfverfahren für elastische Elemente von Masse-Feder-Systemen“ führt ergänzend dazu weitere Hinweise zur Gebrauchstauglichkeit und Prüfung der statisch-dynamischen Steifigkeiten an.

Bedingungen für funktionierende und langlebige Masse-Feder-Systeme:

- Um die erforderlichen, spezifischen Eigenschaften der Lager zu bestimmen, sind die statischen und dynamischen Steifigkeiten zu prüfen.
- Mittels Dauerschwingversuch mit mindestens drei Millionen Lastwechseln wird die Veränderung der spezifischen Lagereigenschaften durch Betriebsbelastungen geprüft.
- Auch die Veränderung der Lagereigenschaften durch Umwelteinflüsse (z. B. Ozon, Wasser, Öle, Chemikalien) muss geprüft werden.
- Weiters wird geprüft, inwieweit sich die Lagergeometrie durch Kriechen, Betriebsbelastung und Umwelteinflüsse verändert.
- Die Qualität der Lager wird bereits vor dem Einbau sorgfältig überwacht.

8 | Finite-Elemente- Berechnung





Eine Finite-Elemente-Berechnung bringt folgende Ergebnisse:

- Tragfähigkeit der Tragplatte
- Statische Verformung infolge Eigengewichts
- Eigenformen
- Eigenfrequenzen
- Festigkeitsangaben
- Dynamische Beanspruchung und Schwingbewegungen
- Systemverhalten bei einer bestimmten Anregung (Simulation)
- Vorhersagen des dynamischen Verhaltens eines Systems bei verschiedenen Systemparametern
- Erforderliche Modifikationen für ein gewünschtes dynamisches Verhalten

Wissen, was auf Sie zukommt

Für eine Systemanalyse ist immer ein physikalisches Ersatzsystem zu entwickeln, das aus Massenverhältnissen, Steifigkeiten und Dämpfungskoeffizienten besteht. Die bekannteste Systemanalyse ist die Finite-Elemente-Berechnung (FE-Berechnung).

Bei der Schwingungsisolierung wird meistens davon ausgegangen, dass das schwingungsisolierte Objekt (Tragplatte des Fahrwegs) und der Untergrund jeweils starre Körper sind. Das Ziel dieser Annahme ist, rechnerisch die Wirkung der Schwingungsisolierung nachzuweisen. Möchte man jedoch Grenzen ausloten und das Gesamtverhalten des Systems verstehen, so werden weitere, für das reale System relevante Freiheitsgrade zugelassen und mit Hilfe einer FE-Berechnung analysiert.

Die Anforderungen an Konstruktionen wachsen ständig. Getzner bietet eine Vielzahl an Leistungen, um Planern und Ingenieurbüros bei der komplexen Materie als kompetenter Partner zur Seite zu stehen.

9 | Verlegehinweise





Isolation eines Masse-Feder-Systems gegenüber einer Kanalleitung

Vorbereitende Maßnahmen

Bei der Verlegung ist es wichtig, darauf zu achten, dass die Sylomer®- oder Sylodyn®-Lager die spätere Tragplatte vollständig von der Umgebung entkoppeln. Schallbrücken verhindern eine funktionierende Schwingungsisolation, ebenso sollte die Entwässerung des Systems gewährleistet sein.

Der Untergrund muss daher eben und frei von spitzen oder scharfkantigen Gegenständen sein. Ist dies nur bedingt möglich, kann zum Beispiel ein Vlies, das zwischen Untergrund und Matte gelegt wird, die Lagerung entsprechend schützen. Bewährt hat sich auch eine Sauberkeitsschicht aus Beton. Speziell Einzellager müssen stabil und lagegenau positioniert werden. Ein entsprechender Sockel mit einem Stahlrahmen stellt eine erfolgreiche Möglichkeit dar.

Bei einer vollflächigen Lösung ist gegebenenfalls eine Bewehrung sinnvoll. Hierbei muss eine ausreichende Lastverteilung der Bewehrung auf den Sylomer®- bzw. Sylodyn®-Matten sichergestellt sein. Entsprechende Auflager (Holz- oder Kunststoffplatten) verhindern überhöhte Flächenpressungen oder Einsenkungen.

Anlieferung

Getzner liefert die Werkstoffe direkt auf die Baustelle: Seitenmatten, Streifen- sowie Einzellager auf Paletten, Bodenmatten als zusammengerollte Bahnen mit einer Standardbreite von 1,50 m. Je nach Geometrie und Einbaubedingungen konfektioniert Getzner die Matten bereits im Werk und ermöglicht dadurch eine schnelle und wirtschaftliche Verlegung.

Die Bodenmatten können sowohl längs als auch quer zur Gleisachse verlegt werden. Dabei ist es wichtig, die Anzahl an Verlegefugen möglichst gering zu halten. Die verbleibenden Verlegefugen werden mit Hilfe eines Klebebandes verschlossen, damit verhindert wird, dass Betonmilch eintritt und Körperschallbrücken ausbildet.

Verlegung

Bei der Konfektion der Rollen achtet Getzner stets auf das Gesamtgewicht. Die Matten können so jederzeit problemlos von einem Zwei-Mann-Team verlegt werden. Auf diese Weise werden Verlegeleistungen von über 500 m² pro Person und Tag erzielt. Streifen- und Einzellager kann sogar eine einzelne Person positionieren. Die Mattenlänge oder herausragende Ecken korrigiert der Verleger problemlos mit Einwegmessern.

Getzner erstellt auf Wunsch professionelle Verlegepläne oder stellt eine Bauaufsicht zur Verfügung, um einen sachgerechten Einbau zu garantieren.

10 | Internationale Referenzen

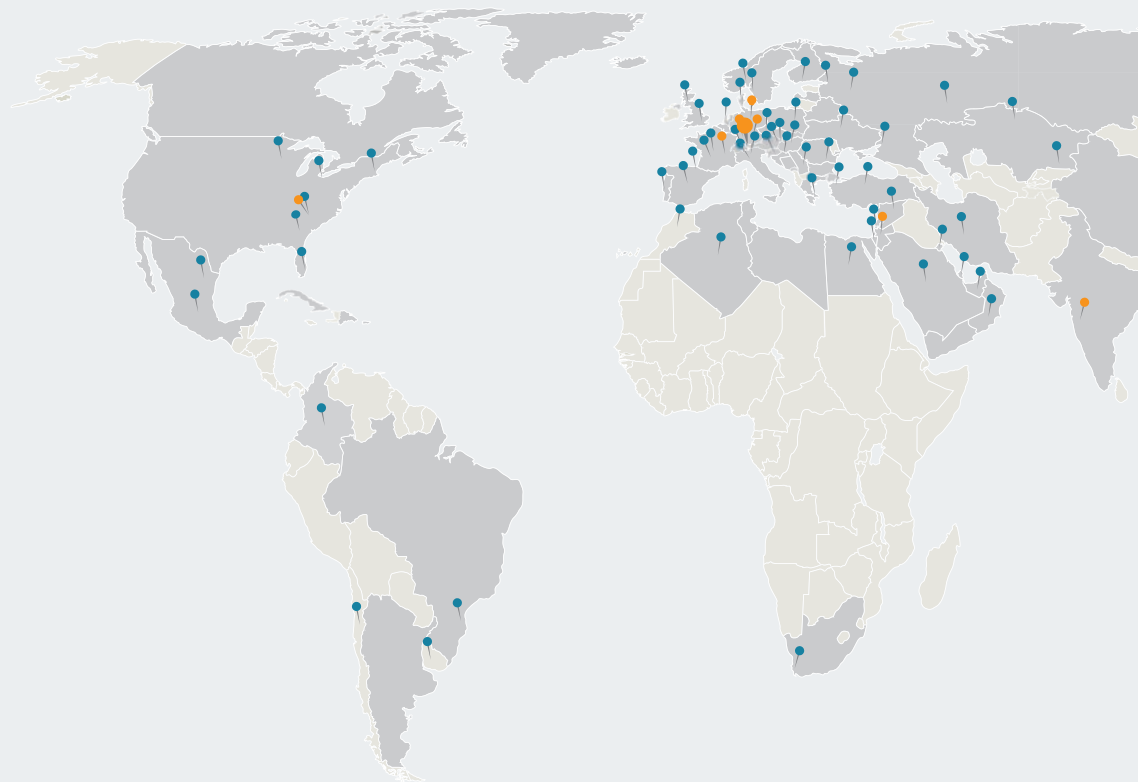


Lösungen von Getzner sind weltweit im Einsatz - wie die Fachleute von Getzner. Mit unseren 10 Niederlassungen sind wir in wichtigen geographischen Räumen vor Ort präsent. Über unsere zahlreichen Vertriebspartner bedienen wir so gut wie alle relevanten Märkte der Welt.

Niederlassungen in:

- Bürs, Österreich
- Berlin, Deutschland
- München, Deutschland
- Stuttgart, Deutschland
- Lyon, Frankreich
- Amman, Jordanien
- Tokio, Japan
- Pune, Indien
- Beijing, China
- Charlotte, USA

- Getzner Niederlassungen
- Getzner Vertriebspartner
- Referenzländer





Mailand Straßenbahn

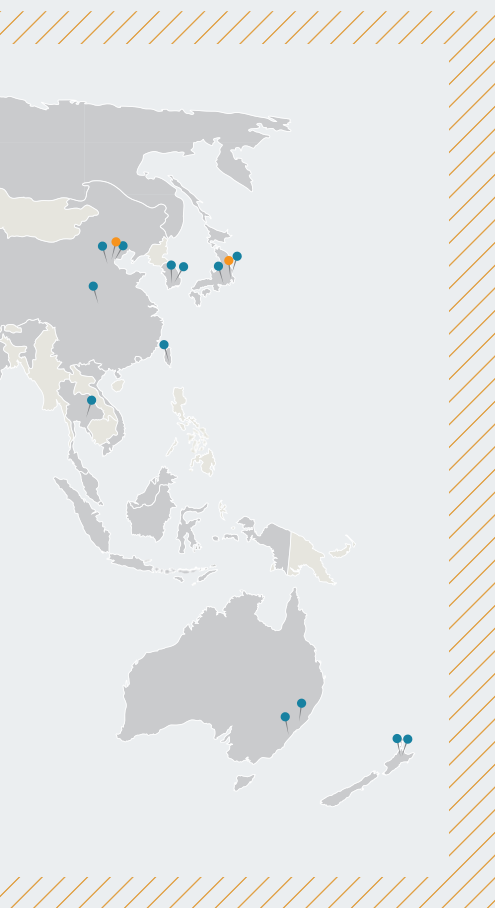


Nottingham Straßenbahn



München U-Bahn

Die von Getzner realisierten Projekte sprechen für sich. Hier ein Auszug aus unserer Referenzliste im Sektor Bahn:



Vollbahn

Auswahl an Projekten:

- Brenner Zulauf Nord, Römerbergtunnel, Zammer Tunnel, Arlbergtunnel, Neuer Lainzer Tunnel, Sittenbergtunnel (ÖBB)
- City Tunnel Leipzig, Alter Mainzer Tunnel, Neuer Mainzer Tunnel, Tiergartentunnel, Berlin Nord-Süd, Lehrter Bahnhof, Amperbrücke, Flughafenanbindung Köln/Bonn, Siegauentunnel, Auditunnel Ingolstadt (DB AG)
- NEAT: Zürichbergtunnel, Zimmerbergtunnel (SBB)
- Rom-Fiumicino, Udine-Tarvis, Mailand-Saronno, Catania (FS)
- Channel Tunnel Rail Link (Network Rail)
- Brüssel (SNCF)

Straßenbahnen

- | | |
|---------------|---------------------|
| - Augsburg | - Mashad |
| - Barcelona | - Montpellier |
| - Berlin | - München |
| - Bern | - Nantes |
| - Bordeaux | - Nizza |
| - Brest | - Nottingham |
| - Constantine | - Orléans |
| - Essen | - Paris - St. Denis |
| - Florenz | - Paris - T1 |
| - Genf | - Prag |
| - Göteborg | - Rom |
| - Graz | - Rouen |
| - Grenoble | - Santo Domingo |
| - Isfahan | - Sevilla |
| - Le Mans | - Shiraz |
| - Linz | - Straßburg |
| - Lyon | - Stuttgart |
| - Madrid | - Teneriffa |
| - Mailand | - Valencia |
| - Marseille | - Wien |

U-Bahnen/S-Bahnen

- | | |
|----------------|-------------|
| - Athen | - Krakau |
| - Augsburg | - Mailand |
| - Berlin | - München |
| - Bochum | - New York |
| - Buenos Aires | - Nürnberg |
| - Dortmund | - Sao Paulo |
| - Düsseldorf | - Wien |
| - Hong Kong | - Zürich |
| - Incheon | |

Getzner Werkstoffe GmbH

Herrenau 5
6706 Bürs
Österreich
T +43-5552-201-0
F +43-5552-201-1899
info.buers@getzner.com

Getzner Werkstoffe GmbH

Am Borsigturm 11
13507 Berlin
Deutschland
T +49-30-405034-00
F +49-30-405034-35
info.berlin@getzner.com

Getzner Werkstoffe GmbH

Nördliche Münchner Str. 27a
82031 Grünwald
Deutschland
T +49-89-693500-0
F +49-89-693500-11
info.munich@getzner.com

Getzner Spring Solutions GmbH

Gottlob-Grotz-Str. 1
74321 Bietigheim-Bissingen
Deutschland
T +49-7142-91753-0
F +49-7142-91753-50
info.stuttgart@getzner.com

Getzner France S.A.S.

Bâtiment Quadrille
19 Rue Jacqueline Auriol
69008 Lyon
Frankreich
T +33-6 77 59 51 65
info.lyon@getzner.com

Getzner Werkstoffe GmbH

Middle East Regional Office
Abdul - Hameed Sharaf Str. 114
Rimawi Center - Shmeisani
P. O. Box 961 303
Amman 11196, Jordanien
T +9626-560-7341
F +9626-569-7352
info.amman@getzner.com

Getzner India Pvt. Ltd.

1st Floor, Kaivalya
24 Tejas Society, Kothrud
Pune 411038, Indien
T +91-20-25385195
F +91-20-25385199

Nihon Getzner K.K.

6-8 Nihonbashi Odenma-cho
Chuo-ku, Tokio
103-0011, Japan
T +81-3-6842-7072
F +81-3-6842-7062
info.tokyo@getzner.com

Beijing Getzner Trading Co.; Ltd.

Zhongyu Plaza, Office 1806
Gongti Beilu Jia No. 6
100027 Peking, PR China
T +86-10-8523-6518
F +86-10-8523-6578
info.beijing@getzner.com

Getzner USA, Inc.

8720 Red Oak Boulevard, Suite 528
Charlotte, NC, 28217, USA
T +1-704-966-2132
info.charlotte@getzner.com

www.getzner.com

