

ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ IM BAHNBEREICH

**Einsatz von körperschall- und
erschütterungsmindernden Oberbausystemen
bei Schienenbahnen**

Dipl.-Ing. Udo Lenz
Senior Experte
öffentlich bestellt und vereidigter Sachverständiger
FCP IBU GmbH, Essen



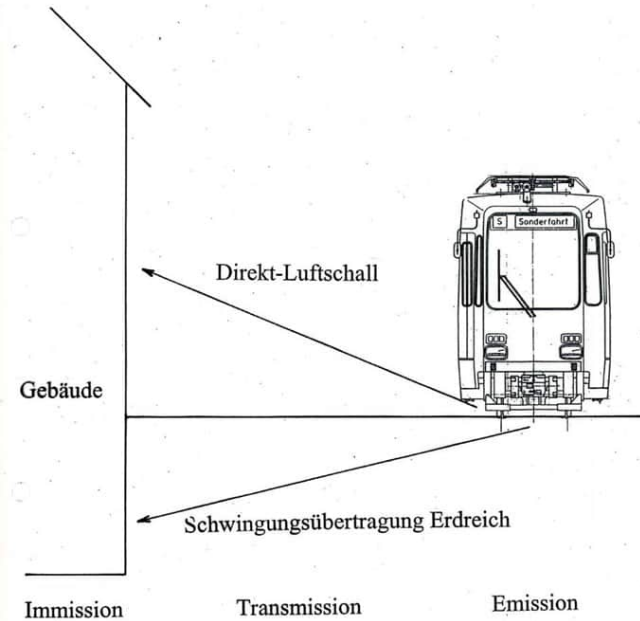
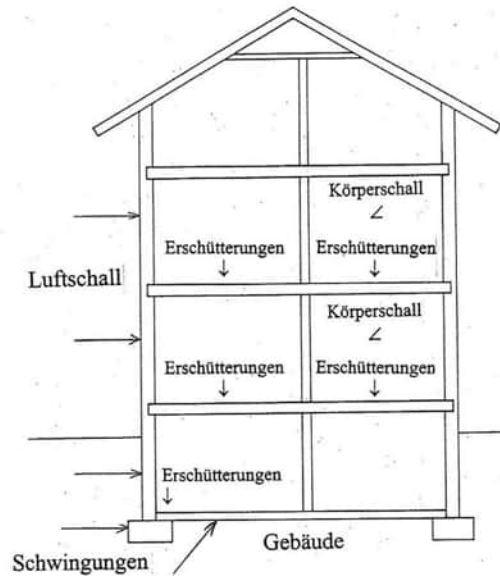
Erschütterungsschutz im Bahnbereich

Einsatz von körperschall- und erschütterungsmindernden
Oberbausystemen bei Schienenbahnen

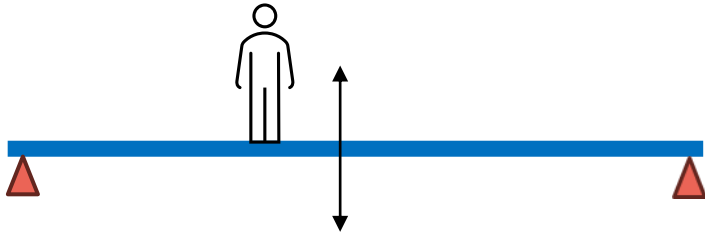
Übersicht Immissionen
Körperschall
Kennwerte
Erschütterungsmessung
Körperschallmessung
Prognose Schwingungsimmissionen
Beurteilungskriterien
Minderungsmaßnahmen Schwingungen



ÜBERSICHT IMMISSIONEN



ERSCHÜTTERUNGEN



Schwingungsübertragung ins Gebäude

Anregung von Decken

Bewegungen des Fußbodens

KÖRPERSCHALL



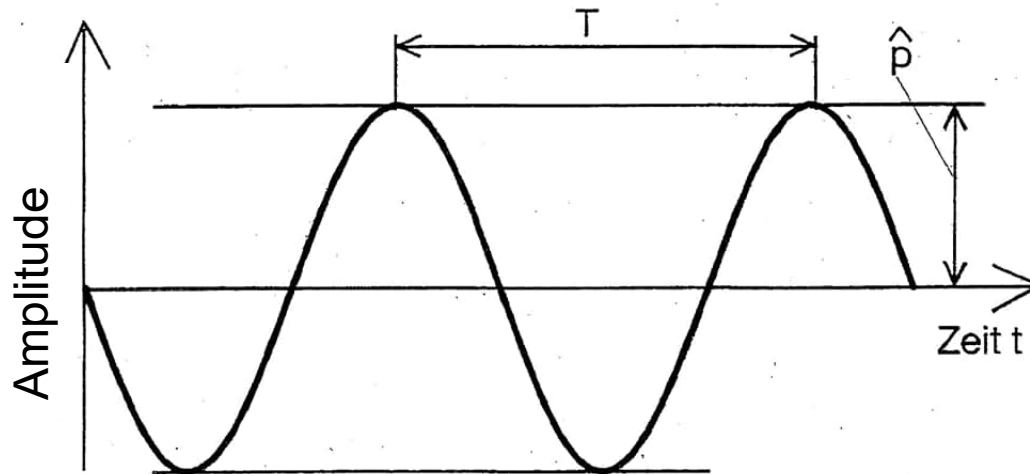
Schwingungsübertragung ins Gebäude

Anregung von Decken und Wänden

Schallabstrahlung der Bauteile

Innenraumpegel aus Schwingungsübertragung
(Sekundärluftschall)

KENNWERTE



Frequenz $f = 1/T$ Hz mit T in s

20 Schwingungen pro Sekunde
ergibt entsprechend:
 $20/1 \rightarrow 20$ Hz

KENNWERTE

Die Anzeige eines analogen Messgerätes ist träge
(Zeigerinstrument)

Daher wurde in der Vergangenheit eine
Zeitbewertung eingeführt
Damit wird erreicht, dass eine definierte
Anzeigetragheit eintritt



Die Zeitbewertung definiert, wie schnell der angezeigte Pegel ansteigt und wieder abfällt!

Slow Fast Peak Impuls

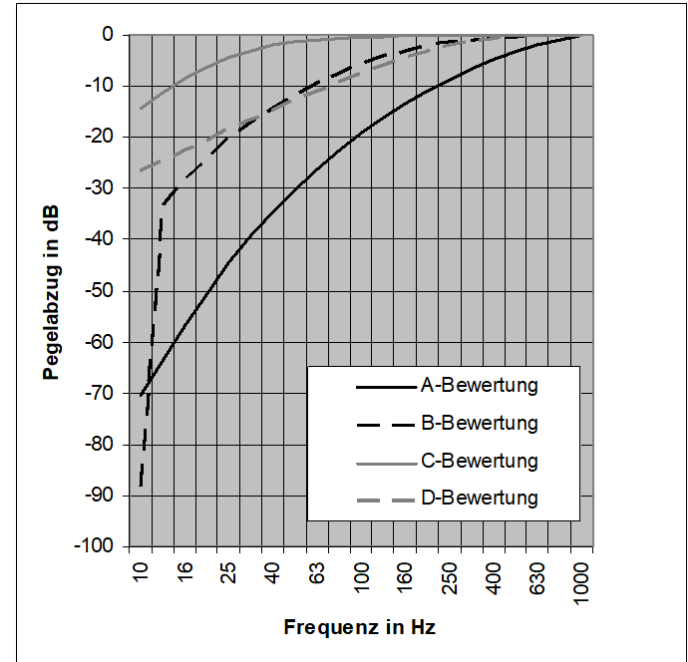
KENNWERTE

dB / dB(A) ?

Der Schallpegelmesser erfasst den Schalldruckpegel unverfälscht über alle Frequenzbereiche

Das menschliche Gehör nimmt Frequenzen mit unterschiedlicher Lautstärke wahr

Schalldruckpegel werden durch Pegelkorrektur an das menschliche empfinden angepasst
Verwendung findet i.d.R. die A-Bewertung

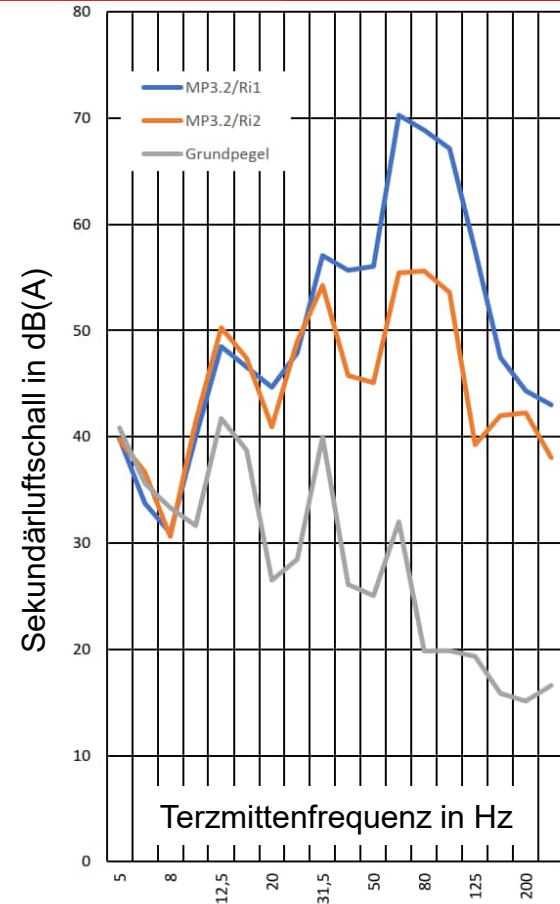


KENNWERTE

Das **Geräusch einer Schallquelle** kann sich aus mehreren Schalldruckwellen unterschiedlicher Frequenzen zusammensetzen.

Die Frequenzzusammensetzung der Geräusche beeinflusst das Hörempfinden des Menschen und die Möglichkeit der Geräuschminderung.

Daher ist es erforderlich die Geräuschzusammensetzung zu erfassen.



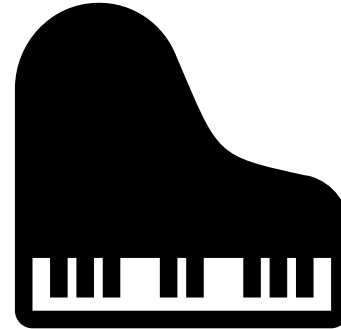
KENNWERTE

Erläuterung Frequenzzusammensetzung am Beispiel des Klaviers

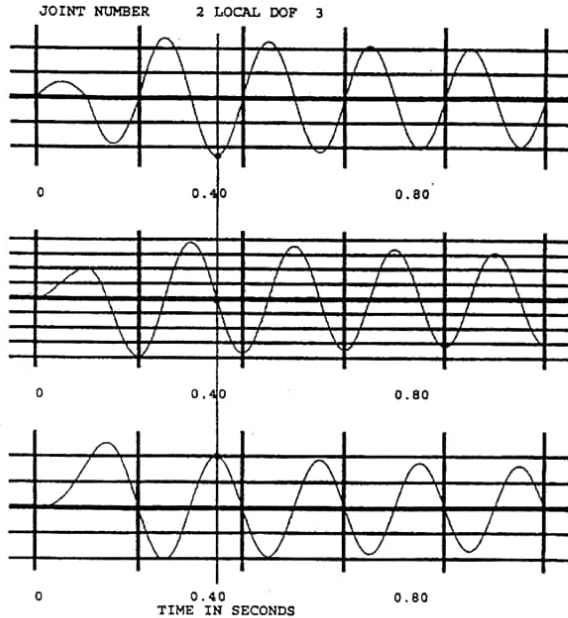
Ton (Sinussignal mit einer Frequenz) → 1 Klaviertaste

Klang (bis zu 3 Frequenzen) → 3 Klaviertasten

Geräusch (viele Frequenzen) → viele Klaviertasten



KENNWERTE



Schwingungsbeschleunigung

$$\hat{a} = a_{Ph} = -118,4 \text{ mm / s}^2$$

$$\hat{a} = (2\pi \cdot f)^2 \cdot \hat{s}$$

Schwinggeschwindigkeit

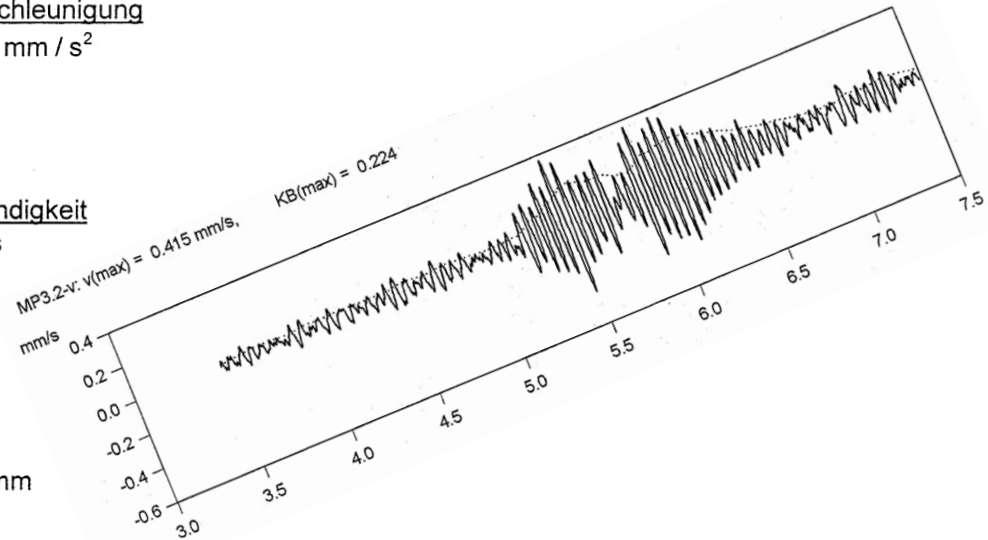
$$\hat{v} = +3,77 \text{ mm / s}$$

$$v_{Ph} = 0,00 \text{ mm/s}$$

$$\hat{v} = 2\pi \cdot f \cdot \hat{s}$$

Schwingweg

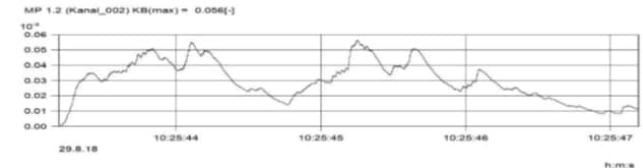
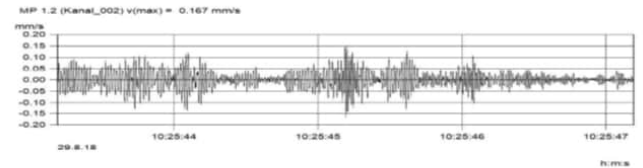
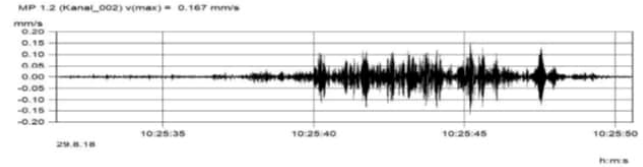
$$\hat{s} = s_{Ph} = +0,12 \text{ mm}$$



KENNWERTE

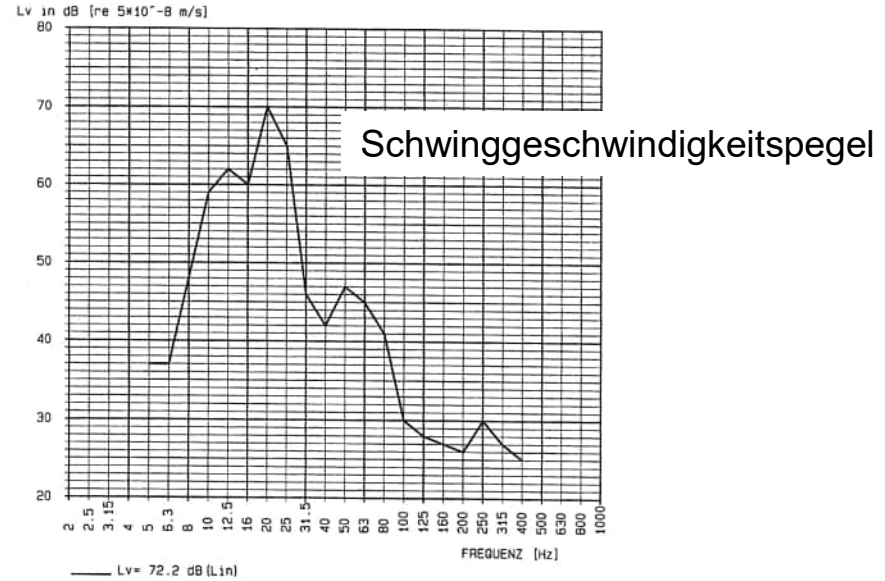
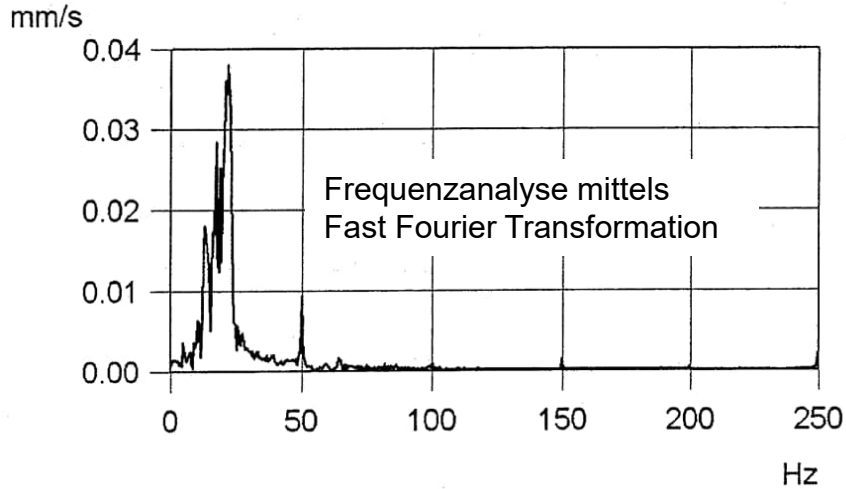
Auch Erschütterungsimmissionen werden
an das menschliche Empfinden angepasst

DIN 4150-2
bewertete Schwingstärke



KENNWERTE

$$MP3.2-vfe = 21.5 / v = 0.038 \text{ mm/s}$$



ERSCHÜTTERUNGSMESSUNG

siehe DIN 45672-1 DIN 45672-2



KÖRPERSCHALLMESSUNG (SEKUNDÄRLUFTSCHALL)



PROGNOSE SCHWINGUNGSIMMISSIONEN

Es existiert kein allgemein anerkanntes Prognoseverfahren mit Festlegung der detaillierten Prognoseparameter

keine rechtliche Regelung

PROGNOSE SCHWINGUNGSIMMISSIONEN

VDI 3837 bzw. DIN 45672-3
definieren Abstände, innerhalb derer
möglicherweise unzulässige
Erschütterungsimmissionen auftreten können.

Lage der Gleistrasse	Abstand in Meter	
	Straßenbahn	Eisenbahn
oberirdisch	25	60
unterirdisch	20	30



PROGNOSE SCHWINGUNGSIMMISSIONEN

Grundformel der Prognoseberechnung: $L_{v,I} = L_{v,E} + \Delta L_{v,BB} + \Delta L_{v,FB} + \Delta L_{v,DF} + D_e$

L_v: Schwinggeschwindigkeitspegel

Index I: Immissionspunkt (Deckenfeld im Gebäude)

Index E: Erregerspektrum

Index BB: Entfernungseinfluss (Schwingungsminderung im Boden)

Index FB: Übertragung vom Boden zum Gebäudfundament

Index DF: Übertragung Gebäudfundament zum Deckenfeld

De: Einfügungsdämmung einer Minderungsmaßnahme

Entwurf DIN 45672-3

PROGNOSE SCHWINGUNGSIMMISSIONEN

PERKSchiene

1: Einstellungen

1. Grundliegende Formel zur Prognose der Erschütterungsintensitäten
 4. nach Gleichung (1) der DIN 45672-3

$$L_v(f_n) = L_{v,r}(f_n) + \Delta L_{v,gg}(f_n) + \Delta L_{v,gg}(f_n) + \Delta L_{v,gg}(f_n) + D_v(f_n)$$

2: Emissionspektrum_LVE

Eingabekontrolle

Spektrum aus Datenfundus
 Korrekturspektrum

Adresse

MACH ALLES PLATT!!
 Einmal mit Alles mit scharf

3: Transmission im Boden dL_vBB (Entfernungseinfluss)

Transmission

$$\Delta L_{v,gg}(f_n) = 20 \log_{10} \left(\frac{r}{r_0} \right) + \frac{2\pi f_n d}{c} \cdot \epsilon$$

r	m	aus DIN 45672-3
r = 0	Leitungsquelle harmonisch/stationäre Oberflächenwelle	a = 0
r = 0,5	Zentrenquelle harmonisch/stationäre Raumwelle	a = 0,5
r = 0,5	Leitungsquelle impulsiv/stationäre Oberflächenwelle	a = 0,5
r = 0,5	Punktsquelle harmonisch/stationäre Raumwelle	a = 2
r = 7	Punktsquelle impulsiv/stationäre Oberflächenwelle	a = 7
r = 2,5	Punktsquelle impulsiv/stationäre Raumwelle	a = 2,5

4: Übertragungsfunktion auf die Decke

Übertragungsfunktion aus Datenfundus

Immissionsprognose mit Exceltabelle
entsprechend DIN 45672-3
unter Verwendung von, aus eigenen
Messungen abgeleiteten, Emissionspegeln

PROGNOSE SCHWINGUNGSIMMISSIONEN

In [DIN 45672-3](#) werden Rechenparameter für Gebäudeübertragungen festgelegt, es fehlen aber beispielsweise Emissionspegel.

Schwingungsprognosen sind immer mit hohen Ungenauigkeiten verbunden.

Ziel der Prognose sollte die Auswahl des für die jeweilige örtliche Situation optimalen Oberbaus sein! Es kommt hier nicht auf ein exaktes Prognoseergebnis an.

BEURTEILUNGSKRITERIEN

Erschütterungen

Die Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Menschen erfolgt unter Verwendung der bewerteten Schwingstärke anhand von Anhaltswerten nach Tabelle 1 der DIN 4150-2

Die Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf bauliche Anlagen erfolgt unter Verwendung der Schwinggeschwindigkeit anhand von Anhaltswerten nach Tabelle 4 der DIN 4150-3

BEURTEILUNGSKRITERIEN

Körperschall (Sekundärluftschall)

Eisenbahnen

in Anlehnung an 24.BImSchV mit Beurteilungspegeln
(Bundesverwaltungsgericht)

Straßenbahnen

TA Lärm + VDI 2719 anhand von mittleren Maximalpegeln
24.BImSchV anhand von Beurteilungspegeln



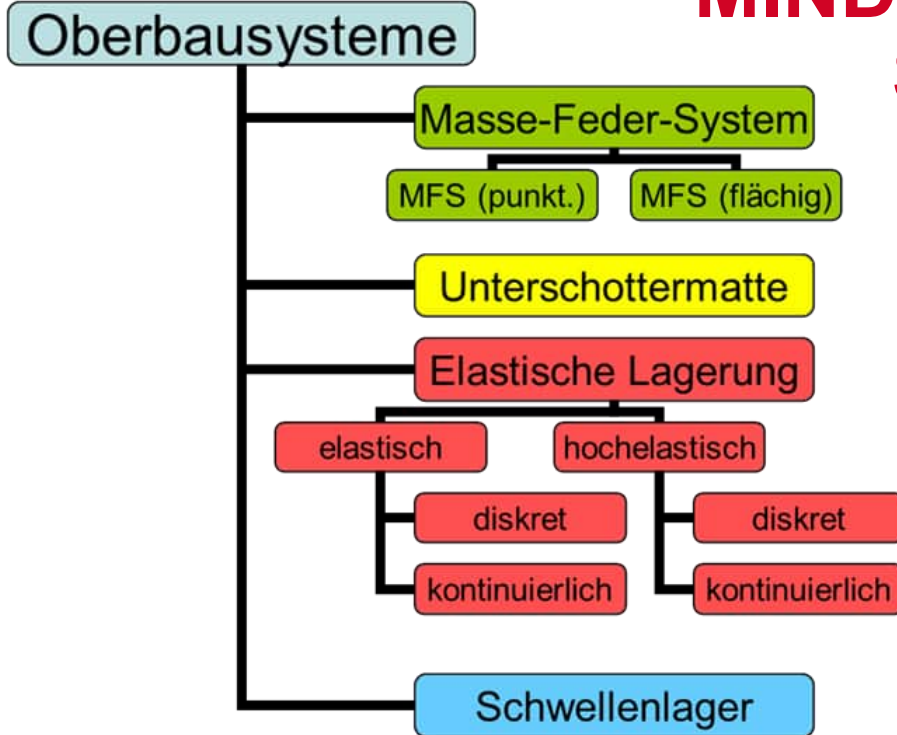
MINDERUNGSMABNAHMEN SCHWINGUNGEN

Es ist bekannt, dass ein elastischer Oberbau im Vergleich zum starren Oberbau geringere Schwingungsemissionen erzeugt.

Im DIN-Ausschuss „Schwingungsminderung in der Umgebung von Verkehrsanlagen“ werden Normen zu dieser Thematik entwickelt

Normenreihe DIN 45672 und DIN 45673

MINDERUNGSMABNAHMEN SCHWINGUNGEN



Übersicht elastische Oberbausysteme nach DIN 45673-1

MINDERUNGSMABNAHMEN SCHWINGUNGEN

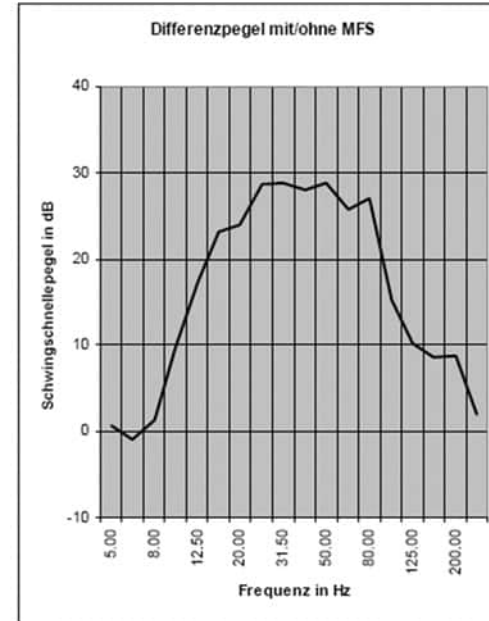
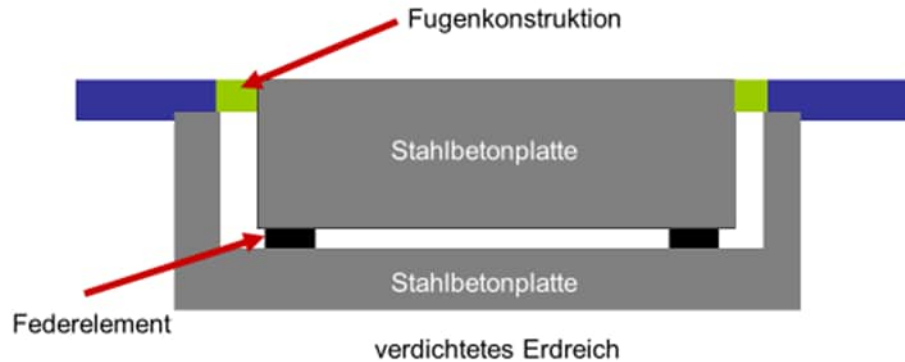
Die Einfügungsdämmung beschreibt die durch einen elastischen Oberbau im Vergleich zu einem Bezugs oberbau zu erwartende Minderung der Schwingungsemissionen eines Gleises

$$D_e = L_v (\text{Bezugs oberbau}) - L_v (\text{elastischer Oberbau})$$

Bezugs oberbau: beispielsweise Standardschotter oberbau, Oberbau der vorhandenen Gleisanlage

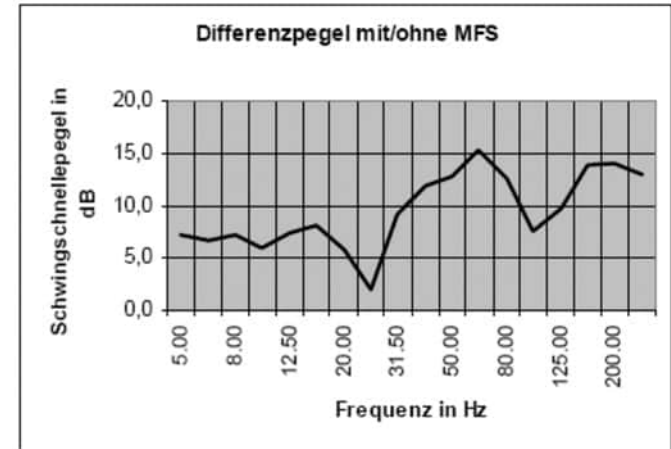
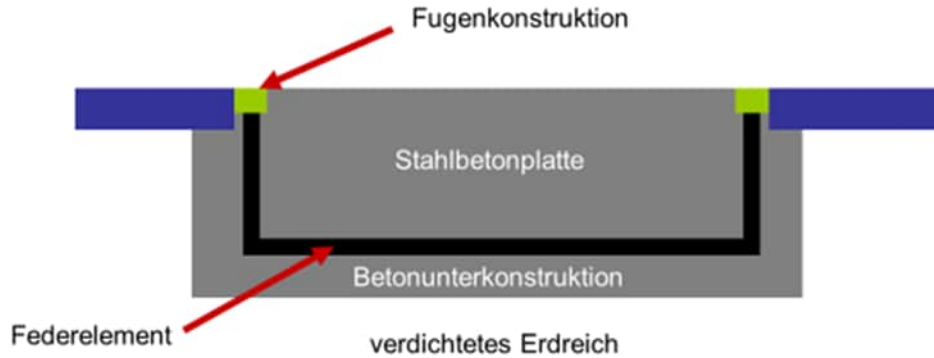
elastischer Oberbau: siehe DIN 45673

MINDERUNGSMABNAHMEN SCHWINGUNGEN



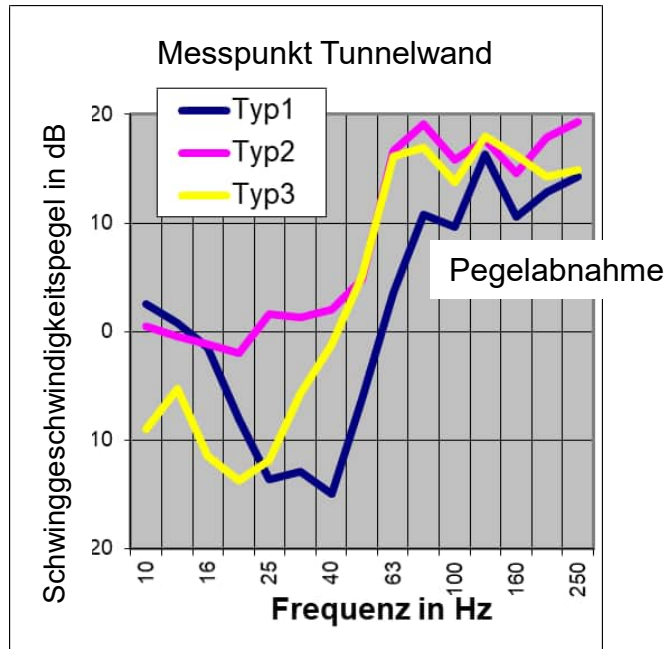
positiver Wert: Minderung

MINDERUNGSMABNAHMEN SCHWINGUNGEN



positiver Wert: Minderung

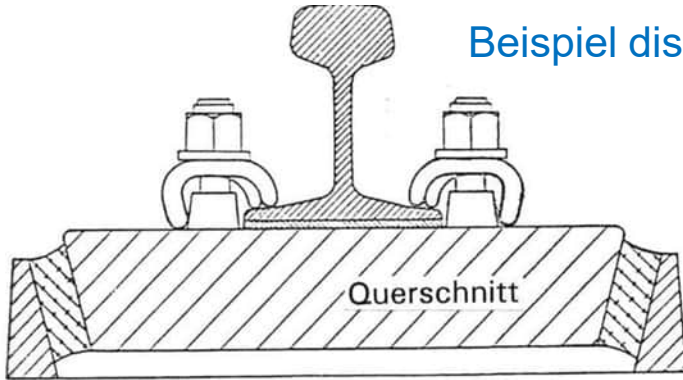
MINDERUNGSMABNAHMEN SCHWINGUNGEN



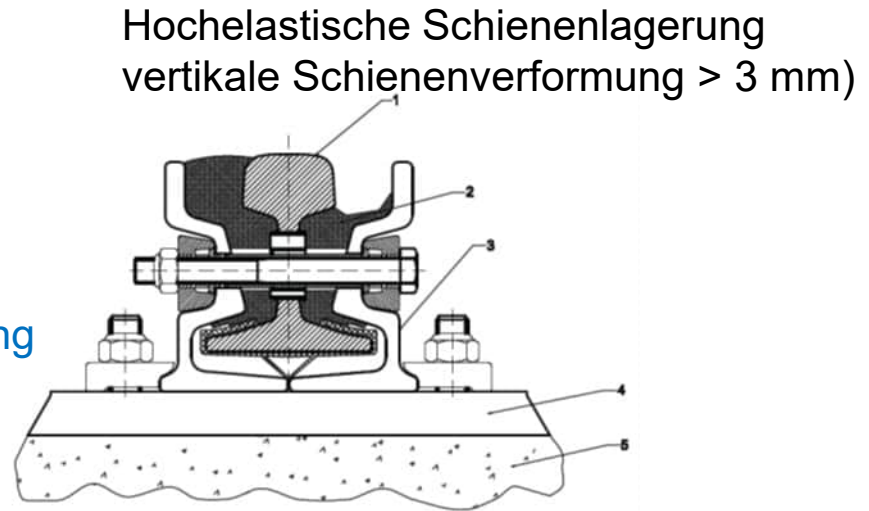
Vergleich Schotteroberbau mit/ohne Unterschottermatte

MINDERUNGSMÄßNAHMEN SCHWINGUNGEN

Beispiel diskrete Lagerung (Stützpunkt)

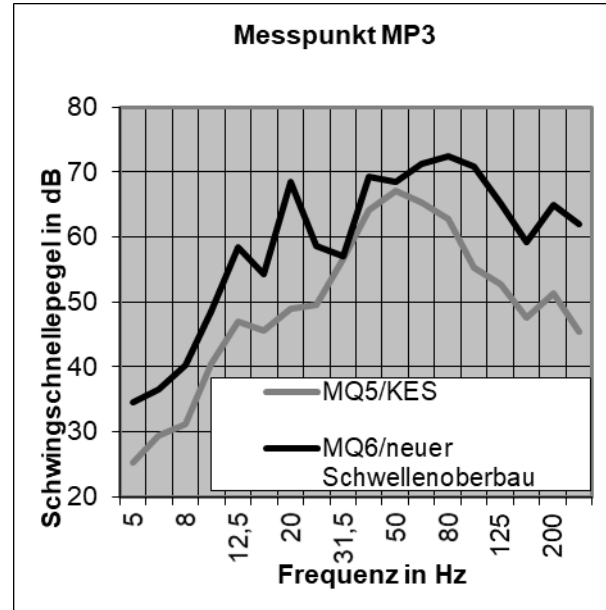
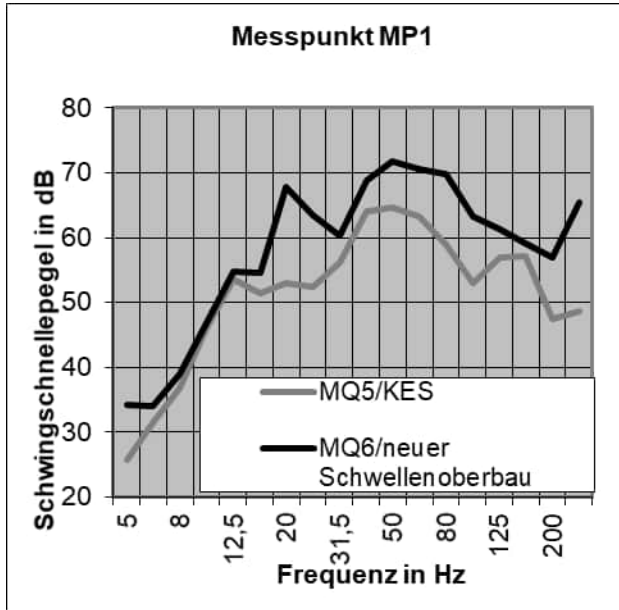


Beispiel kontinuierliche Lagerung



Hochelastische Schienenlagerung
vertikale Schienenverformung > 3 mm)

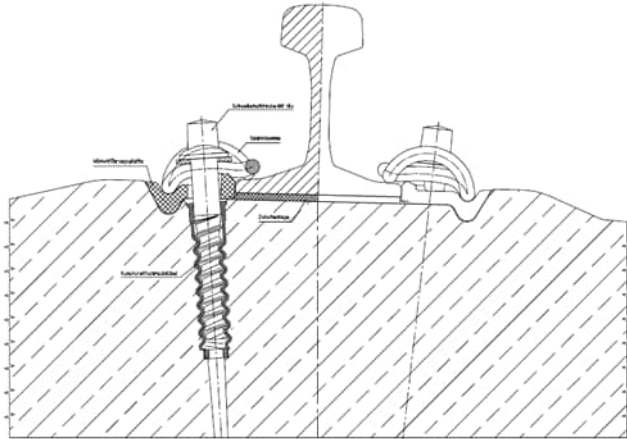
MINDERUNGSMABNAHMEN SCHWINGUNGEN



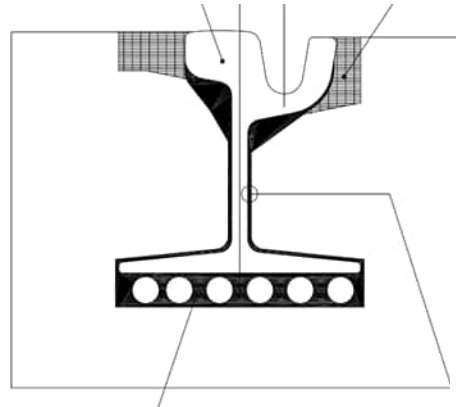
Rillenschienenlagerung
hochelastisch

MINDERUNGSMABNAHMEN SCHWINGUNGEN

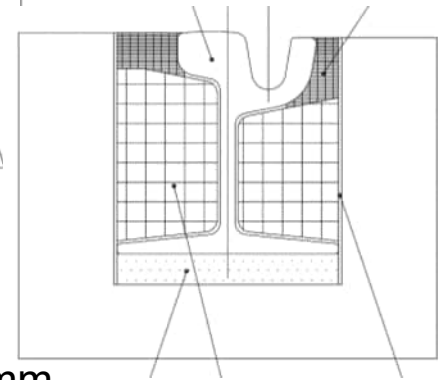
Beispiel diskrete Lagerung (Stützpunkt)



elastische Schienenlagerung vertikale Schienenverformung 1-2 mm



Beispiel kontinuierliche Lagerung

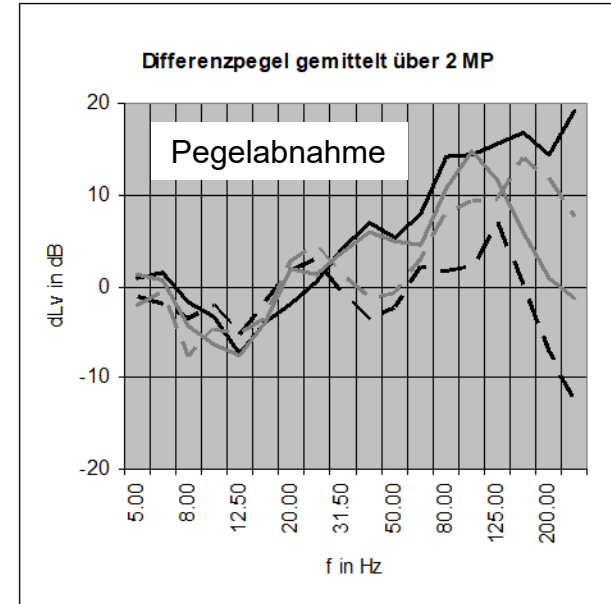


MINDERUNGSMABNAHMEN SCHWINGUNGEN



Schwelle

Schwellenbesohlung



MINDERUNGSMABNAHMEN SCHWINGUNGEN

Bei der Planung von Schienenverkehrswegen werden i.d.R. im Rahmen des Genehmigungsverfahrens Schwingungsimmissionsprognosen durchgeführt und erforderliche Schutzmaßnahmen in Form einer elastischen Oberbauform festgelegt.

Werden Gebäude in der Nähe von Schienenverkehrswegen geplant, lässt sich in Absprache mit dem Betreiber möglicherweise eine elastische Oberbauform nachrüsten.

EINSATZ VON KÖRPERSCHALL- UND ERSCHÜTTERUNGSMINDERNDEN OBERBAUSYSTEMEN BEI SCHIENENBAHNEN

FCP
IBU

Dipl.-Ing. Udo Lenz
+49 172 2004526
udo.lenz@fcp-ibu.de

FCP IBU GmbH

Immissionsschutz
Baudynamik
Umweltingenieurwesen

Ladenspelder Straße 61
45147 **Essen**
+49 201 87445-0

Kürfürstendamm 194
10707 **Berlin**

office@fcp-ibu.de

