

**Mechanische Schwingungen –
Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen –
Teil 3: Messtechnische Ermittlung der Einfügungsdämmung im
eingebauten Zustand (Versuchsaufbau und Betriebsgleis)**

Mechanical vibration –

Resilient elements used in railway tracks –

Part 3: Experimental evaluation of insertion loss of mounted track systems (in a test rig and in situ)

Vibrations mécaniques –

Éléments élastiques des voies ferrées –

Partie 3: Mesurage de la perte d'insertion de voies ferrées montées (banc d'essai et in situ)

Zur Erstellung einer DIN SPEC können verschiedene Verfahrensweisen herangezogen werden:
Das vorliegende Dokument wurde nach den Verfahrensregeln einer Vornorm erstellt.

Gesamtumfang 38 Seiten

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Einfügungsdämmung	6
3.1 Beschreibung	6
3.2 Messtechnische Ermittlung	7
4 Messung am Versuchsaufbau im Labor	9
4.1 Prinzip der Messung am Versuchsaufbau	9
4.2 Versuchsaufbau	11
4.3 Messpunkte	11
4.4 Messdurchführung	11
4.5 Auswertung und Ergebnisdarstellung	12
5 Messung im Betriebsgleis	13
5.1 Allgemeines	13
5.2 Messbedingungen	16
5.3 Messpunkte	16
5.4 Messdurchführung	16
5.5 Auswertung	18
5.6 Ergebnisdarstellung	18
Anhang A (informativ) Beispiele für die Abhängigkeit der Einfügungsdämmung von verschiedenen Parametern	19
Anhang B (informativ) Vergleich von Einfügungsdämmung und Durchlässigkeit	27
Anhang C (informativ) Beispiele von Versuchsaufbauten mit Ersatzanregung	32
Literaturhinweise	38

Vorwort

Diese DIN SPEC ist vom Arbeitsausschuss NA 001-03-15 AA (NALS/VDI C 15) „Schwingungsminderung in der Umgebung von Verkehrswegen“ erarbeitet worden. Sie gehört zusammen mit DIN V 45673-4, die die rechnerische Ermittlung der Einfügungsdämmung im eingebauten Zustand behandelt, zu den Normen der Reihe DIN 45673 über elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen, die die Verminderung der vom Schienenverkehr ausgehenden Schwingungen (Erschütterungen und Körperschall) zum Ziel haben.

Eine DIN SPEC nach dem Vornorm-Verfahren ist das Ergebnis einer Normungsarbeit, das wegen bestimmter Vorbehalte zum Inhalt oder wegen des gegenüber einer Norm abweichenden Aufstellungsverfahrens vom DIN noch nicht als Norm herausgegeben wird.

Zur vorliegenden DIN SPEC wurde kein Entwurf veröffentlicht.

Erfahrungen mit dieser DIN SPEC sind erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nals@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter <http://www.din.de/stellungnahme> abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI, 10772 Berlin.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Die Normenreihe DIN 45673 *Mechanische Schwingungen — Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen* besteht aus folgenden Teilen:

- Teil 1: *Begriffe, Klassifizierung, Prüfverfahren*
- Teil 2: *Ermittlung statischer und dynamischer Kennwerte im Betriebsgleis*
- Teil 3: *Messtechnische Ermittlung der Einfügungsdämmung im eingebauten Zustand (Versuchsaufbau und Betriebsgleis)*
- Teil 4: *Rechnerische Ermittlung der Einfügungsdämmung im eingebauten Zustand*
- Teil 5: *Labor-Prüfverfahren für Unterschottermatten*
sowie Beiblatt 1: *Prüfvordruck; mit CD-ROM*
- Teil 6: *Labor-Prüfverfahren für Besohlungen von Betonschwellen*
sowie Beiblatt 1: *Prüfvordruck; mit CD-ROM*
- Teil 7: *Labor-Prüfverfahren für elastische Elemente von Masse-Feder-Systemen*
sowie Beiblatt 1: *Prüfvordrucke; mit CD-ROM*
- Teil 8: *Labor-Prüfverfahren für kontinuierliche elastische Schienenlagerungen*
sowie Beiblatt 1: *Prüfvordruck; mit CD-ROM*
- Teil 9: *Labor-Prüfverfahren für diskrete elastische Schienenbefestigungen*

Änderungen

Gegenüber DIN V 45673-3:2004-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) weitere Verfahren zur Messung mit Ersatzanregung aufgenommen;
- b) Differenzierung der Verfahren für Messungen im Labor oder im Betriebsgleis;
- c) Unterscheidung der Einfügungsdämmung für die unterschiedlichen Messsituationen.

Frühere Ausgaben

DIN V 45673-3: 2004-09

1 Anwendungsbereich

Ziel der in dieser DIN SPEC beschriebenen messtechnischen Verfahren ist die Ermittlung der Einfügungsdämmung als Maß für die schwingungsmindernde Wirkung von elastischen Elementen des Oberbaus im eingebauten Zustand. Diese Messverfahren (mit Ersatzanregung) lassen sich an elastischen Elementen im eingebauten Zustand sowohl in einem Versuchsaufbau im Labor als auch im Betriebsgleis durchführen. Die zur Messung im Betriebsgleis unter Abschnitt 5 beschriebenen Messverfahren lassen sich grundsätzlich auch bei Messungen unter Fahrzeuganregung anwenden. Bei der Durchführung von Messungen im Betriebsgleis unter Fahrzeuganregung gelten auch die Anforderungen von DIN 45672.

Bei einem Versuchsaufbau im Labor können jedoch die realen Verhältnisse im Gleis nicht exakt nachgebildet werden, sodass nur ein relativer Vergleich der schwingungsmindernden Wirkung der elastischen Elemente möglich ist. Bei einer Ersatzanregung im Betriebsgleis werden die bei Zugüberfahrt entstehenden realen Belastungen nicht oder nur zum Teil simuliert, sodass auch hier nur ein relativer Vergleich der schwingungsmindernden Wirkung der elastischen Elemente möglich ist.

ANMERKUNG 1 Ursache für die Unterschiede sind beispielsweise die Lasteinflüsse aus Auflast und bewegter Last.

Mit der ermittelten Einfügungsdämmung ist ein relativer Vergleich der elastischen Elemente (im Weiteren Prüfkörper genannt) hinsichtlich ihrer schwingungsmindernden Wirkung im Oberbau im Frequenzbereich zwischen etwa 10 Hz und 200 Hz, mit Sicherheit aber zwischen 20 Hz und 100 Hz möglich. Der Referenzaufbau (Versuchsaufbau ohne Prüfkörper) ergibt sich aus dem jeweiligen Anwendungsfall. Die Ersatzanregung erfolgt vertikal durch eine stoßartige (Hammer), stochastische (Rüttelplatte) oder harmonische Anregung (Unwuchterreger, elektrodynamischer oder hydraulischer Schwingerreger usw.) auf den eingebauten und gegebenenfalls statisch vorbelasteten Prüfkörper.

Ermittelte Werte der Einfügungsdämmung, z. B. angegeben als Einfügungsdämm-Maß $D_e(f_{Tn})$ für ein bestimmtes elastisches Element, gelten nur bei dem für die Simulation eines Anwendungsfalls gewählten Referenzaufbau und der gewählten Ersatzanregung. Dieser Wert der Einfügungsdämmung kann im Allgemeinen nicht auf andere Anwendungsfälle und andere Anregungen übertragen werden, gibt aber Hinweise zur schwingungsmindernden Wirkung des elastischen Elements.

ANMERKUNG 2 Daher ist z. B. ein Vergleich der Einfügungsdämmung von elastischen Elementen für Schienenbefestigungen (z. B. Zwischenlagen, Zwischenplatten) oder von kompletten Schienenlagern (Einzellager, kontinuierliche Lager) mit der Einfügungsdämmung von Unterschottermatten nur dann möglich, wenn bei allen Versuchen ein identischer Referenzaufbau verwendet wurde.

Die beschriebenen Verfahren mit Ersatzanregung können noch nicht genormt werden, da eine umfassende Verifizierung der Ergebnisse der Messungen im Betriebsgleis bei Ersatzanregung gegenüber Messungen bei Fahrzeuganregung aussteht. Ein relativer Vergleich der Ergebnisse bei gleichartiger Ersatzanregung ist jedoch vielfach möglich.

Durch die Beschreibung von Verfahren mit Ersatzanregung in dieser DIN SPEC wird vor allem eine einheitliche Basis vorgegeben, um darauf aufbauend weitere Erfahrungen sammeln zu können.

ANMERKUNG 3 Neben der messtechnischen Ermittlung der Einfügungsdämmung ist auch eine analytische Bestimmung möglich. Verfahren einer solchen rechnerischen Abschätzung werden in DIN V 45673-4 aufgezeigt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 45669-2, *Messung von Schwingungsimmissionen — Teil 2: Messverfahren*

DIN 45672-1, *Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen — Teil 1: Messverfahren*

DIN 45672-2:1995-07, *Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen — Teil 2: Auswerteverfahren*

DIN EN ISO 266, *Akustik — Normfrequenzen*

DIN EN ISO 10846-2, *Akustik und Schwingungstechnik — Laborverfahren zur Messung der vibro-akustischen Transfereigenschaften elastischer Elemente — Teil 2: Direktes Verfahren zur Ermittlung der dynamischen Steifigkeit elastischer Stützelemente bei Anregung in translatorischer Richtung*

3 Einfügungsdämmung

3.1 Beschreibung

Die Einfügungsdämmung ist von der Art der Ermittlung, der Art der Anregung, der Amplitude der Anregung, der Vorlast und dem Messort abhängig (siehe Beispiele in Anhang A). Sie wird als Einfügungsdämm-Maß in dB dargestellt. Das Terzspektrum des Einfügungsdämm-Maßes $D_e(f_{Tn})$ stellt üblicherweise die Minderung eines Körperschall-Terzpegelspektrums $L_{v2}(f_{Tn})$ oder $L_{a2}(f_{Tn})$ bei einem Versuchsaufbau gegenüber dem Körperschall-Terzpegelspektrum $L_{v1}(f_{Tn})$ bzw. $L_{a1}(f_{Tn})$ bei einem Referenzaufbau dar:

$$D_e(f_{Tn}) = L_{v1}(f_{Tn}) - L_{v2}(f_{Tn}) \quad (1)$$

oder

$$D_e(f_{Tn}) = L_{a1}(f_{Tn}) - L_{a2}(f_{Tn}) \quad (2)$$

ANMERKUNG 1 Bei den zur Ermittlung des Einfügungsdämm-Maßes benötigten Terzpegelspektren handelt es sich um dB-skalierte Spektren nach DIN 45672-2:1995-07.

ANMERKUNG 2 Wird die Einfügungsdämmung als Summenwert (Einzahlwert) dargestellt, ist dieser Wert vom betrachteten Frequenzbereich abhängig. Es ist deswegen mindestens erforderlich, den betrachteten Frequenzbereich anzugeben; besser ist es jedoch, die Einfügungsdämmung als Spektrum darzustellen

Die Einfügungsdämmung beschreibt die Veränderung der Pegel am Beobachtungspunkt, die durch Hinzufügen eines (z. B. elastischen) Elementes oder durch Verwendung einer anderen Oberbauform entsteht. Von der Einfügungsdämmung D_e zu unterscheiden sind weitere Größen, die zur Charakterisierung des Einflusses eingebauter Elemente verwendet werden und die nicht mit der Einfügungsdämmung verwechselt werden dürfen:

- Pegeldifferenz ΔL_v in dB (auch Durchlässigkeit genannt). Diese kann über die Differenz der Pegel der Schwinggeschwindigkeit oberhalb und unterhalb des hinzugefügten Elements – besonders bei elastischen Lagerungen – einfach ermittelt werden;
- Pegeldifferenz der Kräfte ΔL_F in dB der oberhalb und unterhalb einer elastischen Lagerung übertragenen Kräfte.

Die Einfügungsdämmung lässt sich sowohl rechnerisch als auch messtechnisch ermitteln. Im Folgenden wird nur auf die messtechnische Ermittlung der Einfügungsdämmung eingegangen. In Anhang B sind vergleichend an einem System mit einem Freiheitsgrad die mathematischen Beschreibungen der Einfügungsdämmung und der Durchlässigkeit einander gegenübergestellt und beispielhaft die Ergebnisse der Berechnung der Einfügungsdämmung und der Durchlässigkeit von zwei Oberbauformen gezeigt. Die Einfügungsdämmung stellt eine physikalische Größe des Gesamtsystems dar. Es ist nicht zulässig, die Durchlässigkeit anstelle der Einfügungsdämmung zu ermitteln.

Die Messung der Einfügungsdämmung kann unter Ersatzanregung im Labor oder im Betriebsgleis erfolgen. Weiterhin lässt sich die Einfügungsdämmung auch unter Fahrzeuganregung ermitteln. In Bild 1 sind die verschiedenen Möglichkeiten zur Ermittlung der Einfügungsdämmung gegenübergestellt. Da nicht alle Eigenschaften des Gesamtsystems bei den verschiedenen Messungen exakt erfasst werden können, stellen die beschriebenen Messverfahren immer eine Näherung dar.

Es wird unterschieden zwischen

- dem rechnerischen Einfügungsdämm-Maß ($D_{e,R}$),
- dem Labor-Einfügungsdämm-Maß ($D_{e,L}$),
- dem Betriebsgleis-Einfügungsdämm-Maß unter Ersatzanregung ($D_{e,E}$) und
- dem Betriebsgleis-Einfügungsdämm-Maß unter Zuganregung ($D_{e,Z}$).

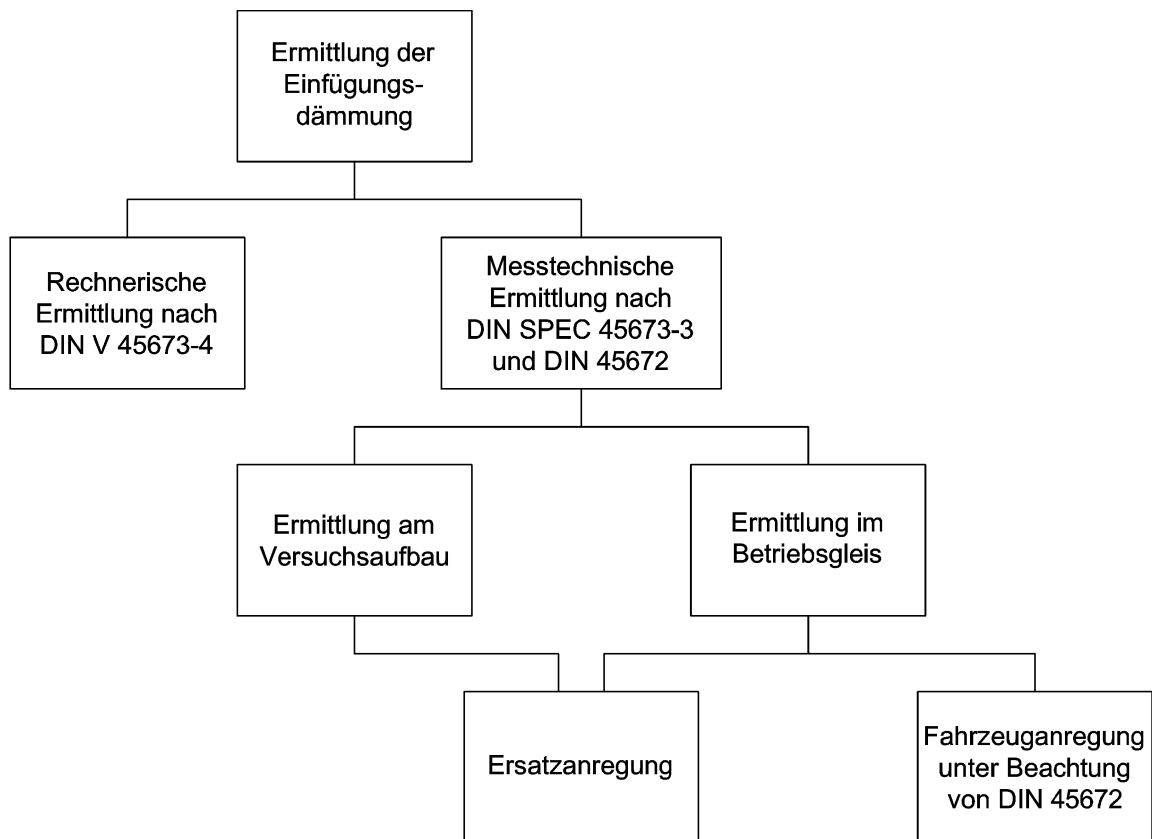


Bild 1 — Übersicht Ermittlung der Einfügungsdämmung

3.2 Messtechnische Ermittlung

Für die messtechnische Ermittlung der Einfügungsdämmung an einem Versuchsaufbau, der den realen Verhältnissen weitgehend entsprechen muss, werden Versuchsaufbauten unterschiedlicher Größe eingesetzt. Die Messungen können in abgeschlossenen Prüfräumen oder bei Verwendung großer Versuchsaufbauten auch im Freien durchgeführt werden. Für die aufzubringende Ersatzanregung werden die in Bild 2 aufgelisteten Verfahren eingesetzt.

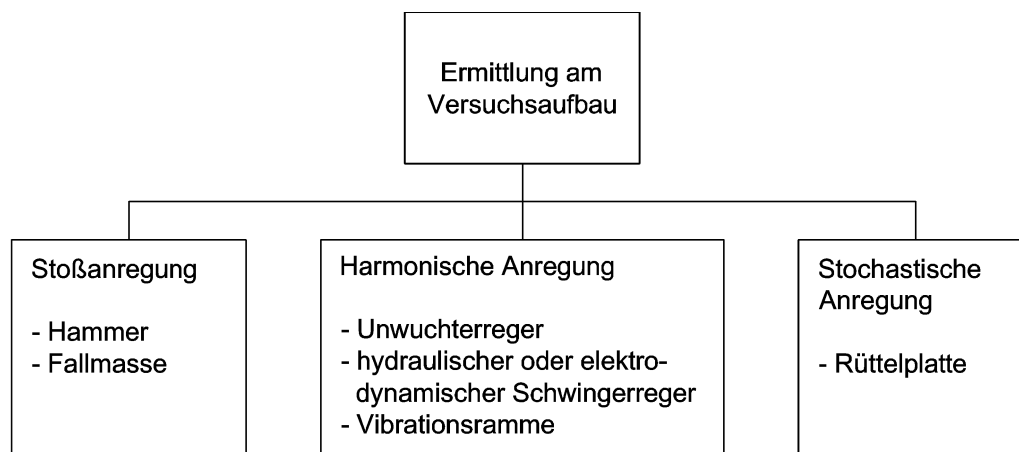


Bild 2 — Übersicht Ersatzanregung

Für Messungen zur Ermittlung der Einfügungsdämmung im Betriebsgleis werden die in Bild 3 zusammengefassten Messverfahren angewandt. Bei der Verwendung des Links/rechts-Verfahrens (siehe 5.1) ist es in der Regel erforderlich, die Übertragungsadmittanzen zu ermitteln und zur Bewertung der Messergebnisse heranzuziehen. Beim Vorher/nachher-Verfahren kann zur Beurteilung der Messergebnisse die Ermittlung der Übertragungsadmittanzen sinnvoll sein.

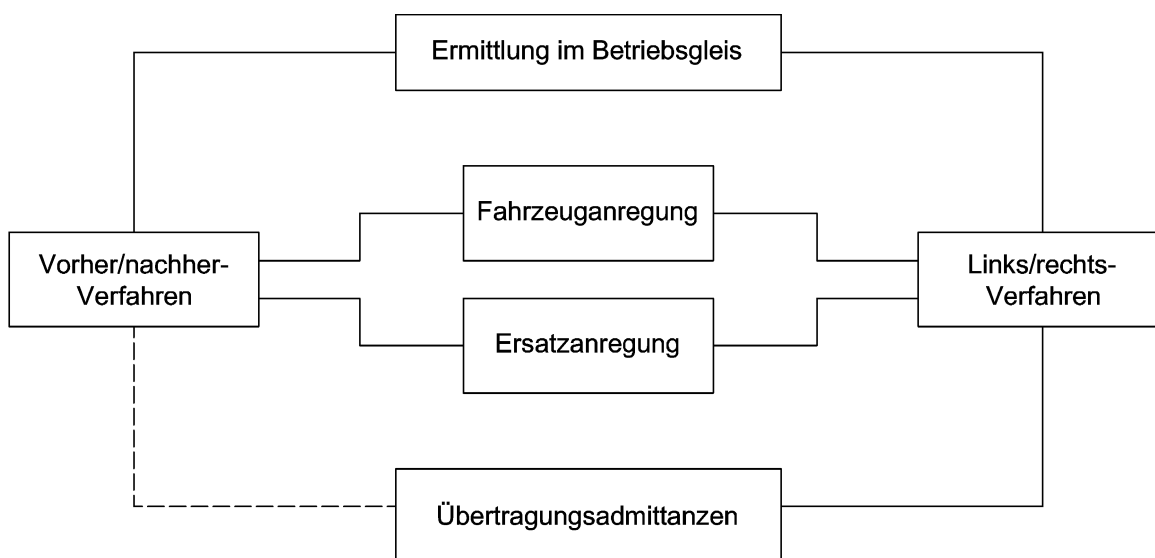


Bild 3 — Messverfahren zur Ermittlung der Einfügungsdämmung im Betriebsgleis

Bei Messungen nach dem Vorher/nachher-Verfahren (siehe 5.1) werden neben den Eigenschaften des Versuchsaufbaus auch die Veränderungen der Übertragungseigenschaften des Bodens messtechnisch erfasst. Daher kommt es bei diesem Verfahren darauf an, möglichst gleiche Verhältnisse bei beiden Messungen zu realisieren. Durch die Messung von Übertragungsadmittanzen kann beispielsweise die mögliche Veränderung der Übertragungseigenschaften des Bodens überprüft werden.

4 Messung am Versuchsaufbau im Labor

4.1 Prinzip der Messung am Versuchsaufbau

4.1.1 Allgemeines

Am Versuchsaufbau im Labor (Gebäude oder Freigelände) erfolgt die messtechnische Ermittlung der Einfügungsdämmung von eingebauten elastischen Elementen und elastischen Oberbausystemen von Schienenfahrwegen mit Ersatzanregung. Es sollte gegebenenfalls unter Verwendung einer geeigneten Vorlast gemessen werden. Eine Vorlast lässt sich in vielen Fällen auf Grund der Randbedingungen der Messung nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand realisieren. Bei Oberbausystemen mit hoher Eigenlast, wie z. B. punktförmig gelagerte Masse-Feder-Systeme mit elastischen Elementen mit linearem Übertragungsverhalten, wird der Einfluss der Vorlast sehr gering, während er bei geringer Eigenlast und elastischen Elementen mit nichtlinearem Übertragungsverhalten jedoch sehr hoch sein wird. Insofern kann die Höhe der Vorlast insbesondere bei Schienenlagern, Schwellenlagern und vollflächigen Masse-Feder-Systemen einen wesentlichen Einfluss auf den Wert der Einfügungsdämmung haben. Ist dies der Fall, ist eine dem Regelbetrieb entsprechende Vorlast aufzubringen. Dies ist bei der Beurteilung derartiger Messungen zu beachten.

Als Ersatzanregung kommen eine Stoßanregung, eine harmonische Anregung und eine stochastische Anregung in Betracht, die im Weiteren erläutert werden.

Die Verfahren lassen sich sowohl mit als auch ohne Messung der Anregekraft durchführen. Erfolgen sie ohne Kraftmessung, ist sicherzustellen, dass der Referenzaufbau und der Versuchsaufbau mit derselben Kraft angeregt werden. Die Verfahren mit Kraftmessung haben den Vorteil, dass

- das absolute Kraftniveau bekannt ist,
- eine Normierung durch Kraftbezug erfolgen kann,
- mittels Betrachtungen der Übertragungsadmittanzen eine rechnerische Korrektur erfolgen kann.

Die Randbedingungen, unter denen die Messungen am Versuchsaufbau erfolgen, lassen sich nicht allgemein festlegen. Sie sind vielmehr der Fragestellung der Untersuchung anzupassen.

4.1.2 Stoßanregung

Das Messverfahren mittels Stoßanregung ist für die Ermittlung der Einfügungsdämmung von elastischen Elementen von Schienenbefestigungen (z. B. Zwischenlagen, Zwischenplatten), kompletten Schienenlagern (Einzellager, kontinuierliche Lager) sowie kompletter elastischer Oberbausysteme geeignet. Die Stoßanregung als Ersatzanregung wird mit einem Prüfhammer (Impulshammer, Stoßhammer) oder einer Fallmasse (siehe Beispiel in Anhang C) realisiert und gemessen, womit eine vertikale Anregung mit Frequenzen von 5 Hz bis 200 Hz möglich ist. Werden für derartige Untersuchungen Prüfhammer oder Fallmassen benutzt, sind sie mit einer Kraftmesseinrichtung auszustatten. Um eine hohe Anregung im unteren Frequenzbereich und damit ein möglichst realistisches Anregungsspektrum zu erhalten, ist der Prüfhammer (die Fallmasse) mit einer geeigneten weichen Aufschlagfläche auszurüsten.

Zur Erzeugung einer Stoßanregung bestehen verschiedene Möglichkeiten. In Tabelle 1 sind diese zusammengefasst und den möglichen Einsatzgebieten gegenübergestellt.

Tabelle 1 — Übersicht Stoßanregung

Erreger	Typ	Ungefähre Masse kg	Einsatzgebiet
Prüfhammer (Impulshammer, Stoßhammer)	klein	unter 1	hier nicht geeignet
	mittel	1 bis 4	Zwischenlagen Zwischenplatten Schienenbefestigungen
	groß	über 4 bis 10	Oberbauprüfkörper ^a Masse-Feder-System
Fallmasse	klein	5 bis 20	Oberbauprüfkörper ^a Masse-Feder-System
	groß	über 20 bis 100	Oberbauprüfkörper ^a Masse-Feder-System
^a z. B. Prüfkörper 2 nach DIN 45673-8			

4.1.3 Harmonische Anregung

Eine harmonische Anregung kann mit einem Unwuchterreger, einem hydraulischen oder einem elektrodynamischen Schwingerreger im Erregerfrequenzbereich von 5 Hz bis zu einer oberen Grenzfrequenz f_0 realisiert werden. Ein Vorteil dieser Erreger besteht darin, dass sich die harmonische Kraftamplitude einstellen lässt. Empfohlene Kraftamplituden in Abhängigkeit von der Achslast zur Simulation eines Drehgestells sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Beispiele von harmonischen Schwingerregern sind in Anhang C angegeben.

Tabelle 2 — Kraftamplituden bei harmonischer Anregung

Achslast t	Kraftamplitude der harmonischen Anregung zur Simulation eines Drehgestells kN	Beispiel
≤ 10	2 bis 4	Straßenbahn
≤ 16	3 bis 6	S-Bahn
≤ 25	5 bis 10	Vollbahn

Eine harmonische Anregung kann auf zwei Arten erfolgen:

- a) stufenlos über einen gewählten Frequenzbereich (Gleitsinusanregung);
- b) stufenweise mit den Terzmittenfrequenzen f_{Tn} nach DIN EN ISO 266 im gewählten Frequenzbereich.

ANMERKUNG Bei Anregung in Frequenzstufen besteht die Gefahr, dass eine Resonanzüberhöhung zwischen zwei Terzmittenfrequenzen nicht erkannt wird.

4.1.4 Stochastische Anregung

Der Einsatz einer Rüttelplatte für Bodenverdichtungsarbeiten, die auf einer Unterkonstruktion montiert ist (siehe Beispiel in Anhang C), stellt eine stochastische Anregung dar. Indem die Rüttelplatte einschließlich Unterkonstruktion vom Oberbausystem abhebt, wird der harmonischen Anregung entsprechend der Drehzahl der Rüttelplatte eine impulsförmige Anregung überlagert, sodass sich die stochastische Anregung einstellt.

Da die Erregerkraft meist nicht unmittelbar gemessen werden kann, ist die Ermittlung von Übertragungsfunktionen nicht möglich. Es wird dann nur das Terzspektrum der Schwinggeschwindigkeit zu Vergleichszwecken herangezogen, wobei ein absoluter Vergleich dieser Ergebnisse mit dem Einfügungsdämm-Maß nach Abschnitt 3 nur möglich ist, wenn die Kräfte der unterschiedlichen Messungen in etwa gleich sind.

ANMERKUNG Erfahrungsgemäß lässt sich bei Verwendung von Rüttelplatten mit einer nominellen dynamischen Kraft von $\pm 28 \text{ kN}$ bis $\pm 34 \text{ kN}$ (Herstellerangabe) der Emissionspegel einer Straßen- oder Stadtbahn sehr gut nachbilden.

4.2 Versuchsaufbau

Als Versuchsaufbau kommen je nach Fragestellung ein gesamtes Oberbausystem oder Teilsystem infrage. Der Versuchsaufbau muss folgenden Anforderungen genügen:

- Der Versuchsaufbau und der Einbau des Prüfkörpers müssen weitgehend den realen Verhältnissen beim Oberbau entsprechen. Der Versuchsaufbau im Labor muss eine Mindestlänge von 1 m aufweisen. Bei der Untersuchung von Zwischenplatten für Schienenlager kann die Messung an einem Lager ausreichend sein, während bei der Untersuchung eines Masse-Feder-Systems und bei Untersuchungen an einem Gleisstück ein Prüfkörper der Mindestlänge von 1 m zu klein ist.
- Der Versuchsaufbau muss reproduzierbar einen relativen Vergleich der schwingungsmindernden Wirkung von gleichartigen elastischen Elementen des Oberbaus oder unterschiedlicher Oberbauformen ermöglichen. Der Referenzaufbau ist der Versuchsaufbau ohne das betrachtete elastische Element oder die zum Vergleich herangezogene Oberbauform.
- Der Prüfkörper kann je nach Art der Untersuchung und dem Anwendungsfall auf einem starren Fundament mit hoher Impedanz des Unterbaus (siehe Beispiel in Anhang A sowie DIN EN ISO 10846-2) oder einer den Untergrundsteifigkeiten der realen Einbausituation angepassten Steifigkeit aufgebracht werden.
- Der Versuchsaufbau sollte eine Vorbelastung enthalten. Die Vorbelastung kann ein- oder zweistufig erfolgen, um die unabgefederte Radsatzmasse (1. Stufe) und die abgefederte Wagenmasse (2. Stufe) zu simulieren. Die auf den Prüfkörper einwirkende Vorbelastung muss geeignet sein, gleiche charakteristische Eigenschaften (insbesondere die dynamische Steifigkeit) im Prüfkörper zu erzeugen wie im Gleis. Es wird empfohlen, dass die Vorbelastung (1. Stufe) in etwa der unabgefederten Radsatzmasse bzw. – je nach Versuchsaufbau – derjenigen eines Drehgestells entspricht. Sofern eine weitere Auflast (2. Stufe) simuliert wird, ist diese durch elastische Elemente tief abzustimmen. Die Starrkörpereigenfrequenz muss einen ausreichenden Abstand zur untersten zu untersuchenden Frequenz haben.

4.3 Messpunkte

Zur Ermittlung der Einfügungsdämmung unter Ersatzanregung im geschlossenen Labor wird an Messpunkten an der Bauwerkssohle und/oder den Bauwerkswänden des Labors gemessen. Bei Anordnung des Versuchsaufbaus im Gelände (Außenlabor) wird an definierten Geländemesspunkten neben dem Prüfkörper gemessen. Darüber hinaus können weitere Messpunkte zur Bestimmung von Übertragungsfunktionen am Schienenkopf, am Schwellenkopf oder an sonstigen Stellen am Versuchsaufbau vorgesehen werden.

4.4 Messdurchführung

4.4.1 Stoßanregung

Die Anregung erfolgt durch Stöße in vertikaler Richtung.

ANMERKUNG 1 In der Regel erfolgt die Krafteinleitung mit dem Stoßerreger am Schienenkopf. Es ist aber z. B. bei der Untersuchung von Masse-Feder-Systemen auch möglich, die Betonplatte direkt anzuregen.

Es sind mehrere Messungen durchzuführen und die Güte der Messung anhand der Kohärenz zu prüfen.

ANMERKUNG 2 Der für die Messauswertung und die weitere Beurteilung relevante Frequenzbereich kann anhand der Kohärenzfunktion festgelegt werden. Messwerte bei Frequenzen, bei denen die Kohärenz deutlich unter 0,8 liegt, sind in der Regel für die Bestimmung der Einfügungsdämmung nicht geeignet.

Es ist jeweils die Übertragungsfunktion zwischen der Schwingungsgröße an dem gewählten Messort und der Stoßanregung zu bestimmen.

4.4.2 Harmonische Anregung

Die Anregung erfolgt – gegebenenfalls unter der Verwendung einer geeigneten Vorlast (siehe 4.1.1) – vertikal mit einer harmonischen Kraftamplitude, die über den Schienenkopf oder über beide Schienenköpfe in das Oberbausystem eingeleitet wird. Es ist darauf zu achten, dass die Kraftamplitude weitgehend unabhängig von der Erregerfrequenz konstant bleibt.

Bei jeder der Anregungsarten nach a) und b) sind mindestens zwei Messreihen am Referenzaufbau (ohne den Prüfkörper) und am Versuchsaufbau (mit dem Prüfkörper) durchzuführen, bei denen die Schwingungsantworten mittels Schwingungsaufnehmern an den gewählten Messpunkten zu messen sind.

ANMERKUNG Der für die Auswertung geeignete Frequenzbereich ist von dem verwendeten Erregertyp und dem am Messort vorhandenen Grundrauschen abhängig. Der Frequenzbereich kann anhand der Kohärenzfunktion festgelegt werden. Messwerte bei Frequenzen, bei denen die Kohärenz deutlich unter 0,8 liegt, sind in der Regel für die Ermittlung der Einfügungsdämmung nicht geeignet.

a) Gleitsinusanregung

Die Änderung der Frequenz bei der Gleitsinusanregung kann beispielsweise mit 0,25 Hz/s erfolgen. Für einen Frequenzdurchlauf beispielsweise von 10 Hz bis 100 Hz beträgt dann die Versuchsdauer 6 min. Bei der Gleitsinusanregung entspricht ein Frequenzdurchlauf einer Messreihe.

b) Anregung in Frequenzstufen

Bei der Anregung in Frequenzstufen besteht eine Messreihe aus den Einzelmessungen bei allen Terzmittelfrequenzen im gewählten Frequenzbereich.

4.4.3 Stochastische Anregung

Für die Messung wird die Rüttelplatte mit der Unterkonstruktion (siehe 4.1.4) auf dem Oberbau verfahren. Es ist darauf zu achten, dass die Rüttelplatte einschließlich Unterkonstruktion vom Oberbausystem abhebt.

Die Rüttelplatte muss sowohl beim Referenzaufbau als auch beim untersuchten Versuchsaufbau in derselben Art und Weise betrieben werden. Dies gilt für die Drehzahl und die Stellung des Gashebels.

4.5 Auswertung und Ergebnisdarstellung

4.5.1 Messung mit Erfassung der Erregerkraft

Für die Terzen entsprechend dem vom gewählten Messverfahren abhängigen Frequenzbereich sind die Übertragungsadmittanzen zwischen der Antwort als Schwinggeschwindigkeit oder Schwingbeschleunigung am gewählten Messpunkt und der Erregerkraft am Erreger zu bestimmen, und zwar sowohl am Referenzaufbau (ohne den Prüfkörper) als auch am Versuchsaufbau (mit dem Prüfkörper). Weiterhin sind die gemessenen Terzpegel des Antwortsignals an den gewählten Messpunkten für den relevanten Frequenzbereich zu bestimmen. Dabei ist jeweils über die relevanten Einzelmessungen arithmetisch zu mitteln.

ANMERKUNG Die Terzspektren können entweder aus Schmalbandspektren berechnet oder direkt mit einem Terzanalysator ermittelt werden. Wurden Schmalbandspektren ermittelt, können auch die Schmalbandspektren der Schwingungsanregung und der Schwingungsantwort dargestellt werden.