

ICS 17.160; 93.100

Vornorm

**Mechanische Schwingungen –
Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen –
Teil 3: Messtechnische Ermittlung der Einfügungsdämmung in
eingebautem Zustand (Prüfaufbau und Betriebsgleis) bei
Ersatzanregung**

Mechanical vibration –
Resilient elements used in railway tracks –
Part 3: Experimental evaluation of insertion loss from artificial excitation of mounted track
systems (in a test rig and in situ)

Gesamtumfang 16 Seiten

Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI

Eine Vornorm 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.

Erfahrungen mit dieser Vornorm werden an den Normenausschuss Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI, 10772 Berlin, E-Mail: nals@din.de, erbeten.

Zu dieser Vornorm war der Entwurf DIN 45673 Bbl 1:2003-05 veröffentlicht worden.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	2
2 Normative Verweisungen	3
3 Einfügungsdämmung	4
4 Prüfverfahren	4
4.1 Prinzip der Prüfverfahren.....	4
4.2 Prüfaufbau.....	5
4.3 Messorte.....	6
4.4 Prüfdurchführung.....	8
4.5 Auswertung und Ergebnisdarstellung.....	8
Anhang A (informativ) Bildung des Einfügungsdämm-Maßes	10
Anhang B (informativ) Beispiel für den Einfluss der Steifigkeit und Masse des Unterbaus auf den messtechnisch ermittelten Wert des Einfügungsdämm-Maßes	11
Anhang C (informativ) Beispiel einer Ergebnisdarstellung	14
Literaturhinweise	16

Vorwort

Diese Vornorm ist im Gemeinschaftsausschuss NALS/VDI C 15 „Schwingungsminderung in der Umgebung von Verkehrswegen“ erarbeitet worden. Sie gehört zusammen mit dem in Vorbereitung befindlichen Beiblatt, das die rechnerische Ermittlung der Einfügungsdämmung in eingebautem Zustand behandelt, zu den Normen der Reihe DIN 45673 über elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen zum Zwecke der Verminderung der Erschütterungen, die von Schienenfahrwegen ausgehen.

1 Anwendungsbereich

Ziel der in dieser Vornorm beschriebenen messtechnischen Verfahren ist die Ermittlung der Einfügungsdämmung als Maß für die schwingungsmindernde Wirkung von elastischen Elementen des Oberbaus bei Ersatzanregung in eingebautem Zustand. Diese Prüfverfahren mit Ersatzanregung lassen sich an elastischen Elementen in eingebautem Zustand sowohl in einem Prüfaufbau im Labor als auch teilweise im Betriebsgleis durchführen. Bei einem Prüfaufbau 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.

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 20 Hz und 200 Hz möglich. Der Referenzprüfaufbau (Prüfaufbau ohne Prüfkörper) ergibt sich aus dem jeweiligen Anwendungsfall. Die Ersatzanregung erfolgt vertikal durch eine stoßartige (Hammer), stochastische (Rüttler) oder harmonische Erregung (Unwuchterreger, elektrodynamischer oder hydraulischer Schwingerreger usw.) auf den eingebauten und statisch vorbelasteten Prüfkörper.

Bezüglich der ermittelten Werte des Einfügungsdämm-Maßes gilt: Das Einfügungsdämm-Maß $D_e(f_{Tn})$ für ein bestimmtes elastisches Element gilt nur bei dem für die Simulation eines Anwendungsfalles gewählten Referenzprüfaufbau. Dieser Wert der Einfügungsdämmung kann im Allgemeinen nicht auf andere Anwendungsfälle übertragen werden.

ANMERKUNG 1 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 Referenzprüfaufbau 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 Betriebserregung aussteht. Es wird jedoch bei Einhaltung der Anforderungen an den Prüfaufbau (siehe 4.2) die Unsicherheit begrenzt. Ein relativer Vergleich der Ergebnisse bei gleichartiger Ersatzanregung ist jedoch vielfach möglich.

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

ANMERKUNG 2 Zur messtechnischen Ermittlung der Einfügungsdämmung bei Betriebserregung siehe DIN 45673-2:2001-10, Abschnitt 7. Neben der messtechnischen Ermittlung der Einfügungsdämmung ist auch eine analytische Bestimmung möglich. Verfahren einer solchen rechnerischen Abschätzung sollen in dem in Vorbereitung befindlichen Beiblatt zu DIN 45673 aufgezeigt werden.

2 Normative Verweisungen

Diese Vornorm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Vornorm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

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

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

DIN EN ISO 266, *Akustik — Normfrequenzen (ISO 266:1997); Deutsche Fassung EN ISO 266:1997*

DIN EN ISO 10846-2, *Akustik und Schwingungstechnik — Laborverfahren zur Messung der vibro-akustischen Transfereigenschaften elastischer Elemente — Teil 2: Bestimmung der dynamischen Transfersteifigkeit elastischer Stützelemente für translatorische Schwingungen — Direktes Verfahren (ISO 10846-2:1997); Deutsche Fassung EN ISO 10846-2:1998*

3 Einfügungsdämmung

Die Einfügungsdämmung wird durch das Einfügungsdämm-Maß beschrieben. Das Einfügungsdämm-Maß $D_e(f_{Tn})$ stellt üblicherweise die Minderung eines Körperschall-Terzpegelspektrums $L_{v,1}(f_{Tn})$ oder $L_{a,1}(f_{Tn})$ bei einem Referenzprüfaufbau gegenüber dem Körperschall-Terzpegelspektrum $L_{v,2}(f_{Tn})$ bzw. $L_{a,2}(f_{Tn})$ bei einem Prüfaufbau mit einem elastischen Element als Prüfkörper dar (siehe DIN 45672-2:1995-07, Anhang B):

$$D_e(f_{Tn}) = L_{v,1}(f_{Tn}) - L_{v,2}(f_{Tn}) \quad (1)$$

oder

$$D_e(f_{Tn}) = L_{a,1}(f_{Tn}) - L_{a,2}(f_{Tn}) \quad (2)$$

Da bei dieser Vorgehensweise die Erregung nicht gemessen wird, muss von einer etwa gleich großen Anregung bei beiden Prüfaufbauten ausgegangen werden.

ANMERKUNG 1 Bei Messungen im Betriebsgleis mit Betriebserregung wird diese Vorgehensweise angewendet.

Weil in dieser Vornorm von einer Ersatzanregung ausgegangen wird, deren Größe durch Messung oder Berechnung bekannt ist, können als Ausgangspunkt für die Ermittlung des Einfügungsdämm-Maßes Übertragungsfunktionen verwendet werden, sodass sich Abweichungen in der Größe der Ersatzanregung nicht oder nur aufgrund von Nichtlinearitäten auswirken können. Das Übertragungsmaß L_{Hvp} oder L_{Hap} in Terzpegel-Darstellung wird aus dem Quotienten aus der Schwinggeschwindigkeit $v(t)$ bzw. der Schwingbeschleunigung $a(t)$ an einem Messort MO (siehe 4.3) und der Ersatzanregung $p(t)$ auf der Schiene gebildet (siehe Anhang A). Demgemäß gilt für das Einfügungsdämm-Maß

$$D_e(f_{Tn}) = L_{Hvp,1}(f_{Tn}) - L_{Hvp,2}(f_{Tn}) \quad (3)$$

bzw.

$$D_e(f_{Tn}) = L_{Hap,1}(f_{Tn}) - L_{Hap,2}(f_{Tn}), \quad (4)$$

wobei der Index 1 den Referenzprüfaufbau und der Index 2 den Prüfaufbau bezeichnet.

ANMERKUNG 2 Die Einfügungsdämmung hängt neben der Steifigkeit des Prüfkörpers auch von der Steifigkeit und Masse des Unterbaus ab. Die rechnerische Simulation dieses Einflusses auf den Wert des ermittelten Einfügungsdämm-Maßes ist in Anhang B dargestellt.

4 Prüfverfahren

4.1 Prinzip der Prüfverfahren

4.1.1 Ermittlung der Einfügungsdämmung mittels Stoßerregung

Das Prüfverfahren mittels Stoßerregung ist für die Ermittlung der Einfügungsdämmung von elastischen Elementen von Schienenbefestigungen (z. B. Zwischenlagen, Zwischenplatten) sowie kompletten Schienenlagern (Einzellager, kontinuierliche Lager) geeignet. Die Stoßerregung als Ersatzanregung wird mit einem Prüfhammer (Impulshammer, Stoßhammer, Fallgewicht) realisiert und gemessen, womit eine vertikale Anregung mit Frequenzen von unter 20 Hz bis über 200 Hz möglich ist.

4.1.2 Ermittlung der Einfügungsdämmung mittels harmonischer Erregung

Eine harmonische Erregung kann mit einem Unwuchterreger sowie einem hydraulischen oder elektrodynamischen Schwingerreger realisiert werden. Beim Unwuchterreger erfolgt die Anregung vertikal mit einer harmonischen Kraftamplitude von ungefähr 25 kN, die bei diskreten Frequenzen im Erregerfrequenzbereich von etwa 20 Hz bis zu einer oberen Grenzfrequenz f_o über den Schienenkopf in das Oberbausystem

eingeleitet wird. Diese Grenzfrequenz ergibt sich fallbezogen aus der Anforderung, dass der Unwuchterreger nicht von der Schiene abheben darf.

Bei Verwendung eines hydraulischen oder elektrodynamischen Schwingerregers für die harmonische Erregung in festen Frequenzstufen oder mit Gleitsinus muss die Erregerkraft gemessen werden. Prüfaufbau und Prüfdurchführung entsprechen denen bei der Stoßerregung.

4.1.3 Ermittlung der Einfügungsdämmung mittels stochastischer Erregung

Beim Einsatz einer Rüttelplatte, die auf der Vorbelastungseinrichtung montiert wird, kann die Erregerkraft nicht unmittelbar gemessen werden. Daher ist die Ermittlung von Übertragungsfunktionen nach Anhang A 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 nicht möglich ist. Aus diesem Grund wird diese Art der Erregung in dieser Vornorm nicht weiter behandelt.

4.2 Prüfaufbau

Ein Prüfaufbau muss folgenden Anforderungen genügen:

- Der Prüfaufbau muss reproduzierbar einen relativen Vergleich der schwingungsmindernden Wirkung von gleichartigen elastischen Elementen des Oberbaus ermöglichen. Der Referenzprüfaufbau ist der Prüfaufbau ohne Prüfkörper.
- Starres Fundament, also hohe Impedanz (Steifigkeit und Masse) des Unterbaus (siehe auch Anhang B); in DIN EN ISO 10846-2 wird dafür ein quantitatives Kriterium genannt
- Elastische Unterlage zur Simulation der elastischen Eigenschaften des Schotters, des Planums, der Elemente unter einem Betonlängsbalken/unter einer Betontragplatte
- Gleisabschnitt, bestehend aus zwei mindestens 1 m langen Schienen auf mindestens zwei Schwellen oder auf zwei Betonlängsbalken oder auf einer Betonplatte. Bei kontinuierlichen Lagern beträgt die Länge des Betonlängsbalkens/der Betonplatte mindestens 1 m; die Breite des Längsbalkens ist entsprechend den Einbaubedingungen vor Ort zu wählen.
- Der Einbau des Prüfkörpers im Prüfaufbau muss den realen Verhältnissen beim Oberbau entsprechen.
- Vorbelastungseinrichtung, die über hochelastische Elemente die Schienen statisch z. B. mit einem Betonklotz vorbelastet. Die Vorlast ist entsprechend der maximalen Radkraft der auf der Strecke verkehrenden Fahrzeuge festzulegen (siehe auch DIN 45673-1:2000-05, Abschnitt 6). Sofern kleinere Vorbelastungen gewählt werden, sollte die Steifigkeit für die reduzierte Achslast in etwa gleich der Steifigkeit für die Vorlast sein. Dazu ist die statische Verformungskennlinie bereitzustellen. Die Erfahrung hat gezeigt, dass auch bei dieser Vorgehensweise brauchbare Ergebnisse für die Einfügungsdämmung erzielt werden.

Die nicht abgefederte Radsatzmasse wird durch eine Masse simuliert, die direkt auf den beiden Schienen über vier Punkte starr gelagert wird. Die Starrkörpereigenfrequenzen dieser Vorbelastungseinrichtung sollten durch die hochelastischen Elemente unter 10 Hz, die der simulierten, nicht abgefederten Radsatzmasse (Masse der unteren Platte und der zwei Querbalken) infolge der Biegeelastizität der Querbalken über 150 Hz liegen.

- Die Ersatzanregung erfolgt vertikal z. B. mit einem Prüfhammer, Unwuchterreger oder Schwingerreger direkt auf den Schienenkopf. Hierzu sind u. U. entsprechende Freiräume in der Belastungsmasse vorzusehen. Beim Unwuchterreger erfolgt die Einleitung der Unwuchtkräfte in das Gleis über einen an den Schienenköpfen befestigten Trägerrost, mit dem der Unwuchterreger verschraubt ist und auf dem die Federn mit der Belastungsmasse fixiert sind; dieser Trägerrost samt dem an ihm befestigten Unwuchterreger stellt die Masse des unabgefederten Drehgestells dar.