

DIN 45673-1

ICS 17.160; 93.100

Ersatzvermerk
siehe unten**Mechanische Schwingungen –
Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen –
Teil 1: Begriffe, Klassifizierung, Prüfverfahren**

Mechanical vibration –
Resilient elements used in railway tracks –
Part 1: Terms and definitions, classification, test procedures

Vibrations mécaniques –
Éléments élastiques des voies ferrées –
Partie 1: Terminologie, classification, méthodes d'essai

Ersatzvermerk

Mit DIN 45673-5:2010-08, DIN 45673-6:2010-08, DIN 45673-7:2010-08 und DIN 45673-8:2010-08 Ersatz für
DIN 45673-1:2000-05

Gesamtumfang 31 Seiten

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
3.1 Allgemeine Begriffe des Oberbaus	5
3.2 Spezielle Begriffe für Werkstoffe und Bauteile.....	9
3.3 Weitere Begriffe	17
4 Formelzeichen.....	18
5 Klassifizierung von Oberbausystemen mit elastischen Elementen.....	20
6 Labor-Prüfverfahren	20
6.1 Anforderungen an den Prüfaufbau	20
6.2 Anforderungen an die Messtechnik.....	21
6.3 Anforderungen an die Dokumentation	21
7 Arten von Prüfverfahren	21
8 Gebrauchstauglichkeit	22
9 Hinweise zur Güteüberwachung im Rahmen der Qualitätssicherung	22
9.1 Herstellung	22
9.2 Einbau	22
Anhang A (informativ) Beispiele für elastische Elemente des Oberbaus	23
Anhang B (informativ) Beispiel für eine Belastungskennlinie.....	29
Literaturhinweise	30

Vorwort

Diese Norm ist vom Arbeitsausschuss NA 001-03-15 AA (NALS/VDI C 15) „Schwingungsminderung in der Umgebung von Verkehrswegen“ erarbeitet worden.

Sie entstand aus dem Bedarf, Kennwerte zur Beschreibung der statischen und dynamischen Eigenschaften von elastischen Elementen des Oberbaus von Schienenfahrwegen im Labor unter Berücksichtigung des späteren Einbauzustands zu ermitteln und in der Produktbeschreibung anzugeben. Damit soll zum einen der Vergleich verschiedener Produkte erleichtert und zum anderen die Berechnung der schwingungsmindernden Wirkung ermöglicht werden.

Eine auf den jeweiligen Anwendungsfall und den vorherrschenden Randbedingungen angepasste Auswahl elastischer Elemente des Oberbaus führt zu einer besseren Kraftverteilung im Gesamtsystem, z. B. Verminderung der Kräfte in den einzelnen Stützpunkten. Dadurch werden die in die Umgebung ausgesandten Schwingungen oberhalb einer charakteristischen Frequenz vermindert, im Bereich um diese Frequenz jedoch häufig verstärkt. Je nach Lage der charakteristischen Frequenz und den Übertragungseigenschaften des gesamten mechanischen Systems können durch elastische Elemente Schwingungsemissionen und damit Erschütterungs- und Körperschallimmissionen in der Umgebung, wie z. B. Gebäuden, verringert werden. Es ist aber zu beachten, dass das Gleis infolge einer weicheren Lagerung stärker schwingen kann, wodurch eine höhere Schallemission möglich ist.

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 in eingebautem Zustand (Prüfaufbau und Betriebsgleis) bei Ersatzanregung*
- Teil 4: *Rechnerische Ermittlung der Einfügungsdämmung im eingebauten Zustand*
- Teil 5: *Labor-Prüfverfahren für Unterschottermatten*
- Teil 6: *Labor-Prüfverfahren für Besohlungen von Betonschwellen*
- Teil 7: *Labor-Prüfverfahren für elastische Elemente von Masse-Feder-Systemen*
- Teil 8: *Labor-Prüfverfahren für kontinuierliche elastische Schienenlagerungen*
- Teil 9: *Labor-Prüfverfahren für elastische Elemente von Schienenbefestigungen und Schienenlagern¹⁾*

1) In Vorbereitung als Ergänzung zu DIN EN 13146-9, in der bereits einige Festlegungen zur Bestimmung von Steifigkeiten von Schienenbefestigungssystemen getroffen sind.

Änderungen

Gegenüber DIN 45673-1:2000-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Titel und Aufbau geändert;
- b) Aussagen zur Gebrauchstauglichkeit und Qualitätssicherung aufgenommen;
- c) messtechnische Festlegungen für die einzelnen Arten von elastischen Elementen des Oberbaus von Schienenfahrwegen in neue Teile der Normenreihe übernommen.

Frühere Ausgabe

DIN 45673-1: 2000-05

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt Begriffe und allgemeine Anforderungen an Labor-Prüfverfahren zur Ermittlung von Kennwerten zur Beschreibung der statischen und dynamischen Eigenschaften von elastischen Elementen des Oberbaus von Schienenfahrwegen fest. Betrachtet werden dabei solche Kenngrößen, die einen Bezug zur schwingungsmindernden Wirkung eines Gleisoberbaus, also zur Reduzierung der Emission von Erschütterungen und Körperschall, aufweisen. Einzelheiten zu den Labor-Prüfverfahren für verschiedene elastische Elemente sowie spezielle Anforderungen sind in den entsprechenden Teilen dieser Normenreihe angegeben.

Weder in der vorliegenden Norm noch in den entsprechenden Teilen dieser Normenreihe können alle Randbedingungen erfasst werden. Daher liegt es in der Verantwortung des Prüfinstituts, eine ausreichende Reproduzierbarkeit der ermittelten Kennwerte sicherzustellen.

ANMERKUNG 1 Die Kennwertermittlung an Neuentwicklungen von elastischen Elementen des Oberbaus sollte analog zu den Festlegungen in dieser Normenreihe erfolgen.

ANMERKUNG 2 Im Gegensatz dazu werden in DIN 45673-2 Kenngrößen und -funktionen von elastischen Elementen des Oberbaus von Schienenfahrwegen aus Versuchen im Betriebsgleis bei realen Erregungen ermittelt. Eine Übereinstimmung von Kennwerten aus Versuchen im Betriebsgleis und aus Laborversuchen ist jedoch aufgrund abweichender Randbedingungen nicht immer gegeben.

In dieser Norm werden die Oberbausysteme mit elastischen Elementen klassifiziert. Es werden auch Angaben zu Gebrauchstauglichkeitsprüfungen von elastischen Elementen gemacht und Hinweise zur Güteüberwachung im Rahmen der Qualitätssicherung gegeben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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 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*

DIN EN ISO 10846-5, *Akustik und Schwingungstechnik — Laborverfahren zur Messung der vibro-akustischen Transfereigenschaften elastischer Elemente — Teil 5: Ermittlung der Transfersteifigkeit elastischer Stützelemente aus der Eingangssteifigkeit bei Anregung in translatorischer Richtung und tiefen Frequenzen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Allgemeine Begriffe des Oberbaus

3.1.1

Oberbau

Einrichtungen und Bauelemente, die der Lastübertragung und der Spurführung dienen

BEISPIELE Gleise, Weichen und Kreuzungen mit Schienen, Schienenbefestigungsmitteln und Schienenstützelementen (Schwellen, Längsbalken, Platten), Spurstangen, Bettung, Planumsschutzschicht, Frostschutzschicht, Eindeckungen und Schienenentwässerungen, oberbautechnische Zusatzeinrichtungen und Gleisabschlüsse.

ANMERKUNG Der Oberbau liegt auf dem Unterbau; der Unterbau umfasst das Erd- oder Kunstbauwerk, das den Oberbau trägt.

3.1.2

offener Oberbau

Oberbau, bei dem die Schienenoberkante und die Flächen zwischen den Schienen und außerhalb der Schienen nicht auf gleichem Niveau liegen

BEISPIEL Die Schwellen oder der Schotter sind sichtbar.

3.1.3

geschlossener Oberbau

Oberbau, bei dem die Schienenoberkante und die Flächen zwischen den Schienen und außerhalb der Schienen auf gleichem Niveau liegen, indem die Flächen mit Eindeckungen abgedeckt sind

ANMERKUNG Ein geschlossener Oberbau kann auch von nicht-schienengebundenen Fahrzeugen befahren oder überquert werden.

3.1.4

Oberbauform

Ausprägung der einzelnen Bauart des Oberbaus, die sich aus der jeweiligen Kombination der eingesetzten Bauelemente ergibt

BEISPIEL Elastisch gelagerte Feste Fahrbahn auf Brücken mit elastischer Zwischenplatte unter der Schienenbefestigung und mit Zwischenlage unter dem Schienenfuß.

3.1.5

Feste Fahrbahn

Oberbauform, bei der die Schienen auf einer steifen Unterkonstruktion unter Verwendung von Schienenbefestigungsmitteln direkt befestigt sind

ANMERKUNG Eine steife Unterkonstruktion kann eine Gleistragplatte aus Beton sein.

3.1.6

punktförmig gelagertes Masse-Feder-System

pMFS

Oberbauform, die aus den Bauelementen Schiene einschließlich Schienenbefestigung, Gleistragplatte oder Gleistrog und elastischen Einzellagern besteht, die sich zwischen Gleistragplatte bzw. Gleistrog und Unterbau befinden

BEISPIELE Siehe Bilder A.3 und A.4.

3.1.7

flächig gelagertes Masse-Feder-System

fMFS

Oberbauform, die aus den Bauelementen Schiene einschließlich Schienenbefestigung, Gleistragplatte oder Gleistrog und teilsflächig oder vollflächig verlegten Elastomermatten besteht, die sich zwischen Gleistragplatte bzw. Gleistrog und Unterbau befinden

BEISPIEL Siehe Bild A.5.

ANMERKUNG 1 Z. B. stellen mit Abstand zueinander verlegte streifenförmige Elastomermatten eine teilsflächige Verlegung dar.

ANMERKUNG 2 Ein flächig gelagertes Masse-Feder-System hat in der Regel eine höhere Abstimmfrequenz als ein punktförmig gelagertes Masse-Feder-System.

ANMERKUNG 3 Früher wurde ein flächig gelagertes Masse-Feder-System oft als leichtes Masse-Feder-System bezeichnet.

3.1.8**Bauelemente des Oberbaus**

im Wesentlichen Schienen, elastische Elemente des Oberbaus, Schienenbefestigungsmittel und Schienenstützelemente (Schwellen, Platten), Spurstangen, Bettung, Planumsschutzschicht

3.1.9**elastische Elemente des Oberbaus**

Bauteile, die neben der grundsätzlichen Aufgabe der Lastübertragung und Lastverteilung sowie der Realisierung einer gewünschten Steifigkeit (oder Nachgiebigkeit) unter der rollenden Last zusätzlich der Reduzierung der Erschütterungs- und Körperschallemission dienen

BEISPIELE Schotter, elastische Elemente von Schienenbefestigungen, Einzellager und kontinuierliche elastische Schienenlagerungen, elastische Schwellenlagerungen, Unterschottermatten, Einzellager, Streifenlager und Matten für Gleistragplatten und Gleiströge.

ANMERKUNG 1 Die Wirksamkeit der elastischen Elemente für diese zusätzliche Aufgabe wird in erster Linie durch ihre elastischen und dämpfenden Eigenschaften bestimmt. Neben der Elastizität des Oberbaus stellt vielfach die Elastizität des Unterbaus für die Gesamtelastizität einer Strecke eine wesentliche Komponente dar.

ANMERKUNG 2 Die elastischen Elemente des Oberbaus dienen alle zur Erhöhung der Elastizität des Oberbaus und somit zur Minderung der Schwingungsübertragung auf den Unterbau. Sie bewirken auch eine gleichmäßige Verteilung der Radkräfte. Das führt bei einem Schotteroberbau zu einer stabileren Gleislage und damit zu einem geringeren Anteil hohl liegender Schwellen, sodass die Schwingungsanregung geringer ist.

ANMERKUNG 3 Die elastischen Elemente des Oberbaus können in gleicher Weise im regulären Gleis, bei Weichen, Kreuzungen und Schienenauszügen Verwendung finden, ohne dass das immer explizit gesagt wird.

3.1.10**Zwischenlage**

Zw

elastisches Element des Oberbaus direkt unter dem Schienenfuß

BEISPIELE Siehe Bilder A.6 und A.8.

3.1.11**Zwischenplatte**

Zwp

unter einer lastverteilenden Platte und auf der Schwelle oder Tragplatte liegende elastische Schicht

ANMERKUNG Eine Rippenplatte ist eine lastverteilende Platte.

BEISPIELE Siehe Bilder A.6 b) und A.7.

3.1.12**elastische Schienenlagerung**

ES

Oberbauform, bei der die Schienen an Einzelstützpunkten elastisch gelagert sind

BEISPIELE Siehe Bilder A.7 und A.8.

ANMERKUNG 1 Bei Stadtbahnen beträgt die Schieneneinsenkung s durch die elastische Schienenlagerung bei maximaler Radlast ungefähr 1 mm bis 2 mm, bei hochelastischer Schienenlagerung ungefähr 3 mm bis 4 mm.

ANMERKUNG 2 Die elastische Schienenlagerung bei Weichen wird elastische Weichenlagerung (EWL) genannt.

3.1.13 Kontinuierliche elastische Schienenlagerungen

3.1.13.1

elastische Rillenschienenlagerung

ER

elastische Umhüllung einer Rillenschiene (Fuß und Steg bis zum Kopf)

BEISPIEL Siehe Bild A.9.

ANMERKUNG Es werden z. B. vorgefertigte Profile aus elastischem Material verwendet. Spurstangen (sofern vorhanden) werden ebenfalls elastisch ummantelt. Bei Stadtbahnen beträgt die Schieneneinsenkung s durch die elastische Rillenschienenlagerung bei maximaler Radlast ungefähr 1 mm bis 2 mm.

3.1.13.2

kontinuierlich elastisch gebettetes Schienensystem

kontinuierlich elastisch gelagertes Gleis

KES

Oberbauform, bei der die Schienen auf einem elastischen Medium (Unterguss oder Profil aus elastischem Material) nicht punktuell auf Einzelstützpunkten, sondern auf ihrer gesamten Länge durchgehend elastisch gelagert sind

BEISPIEL Siehe Bild A.10.

ANMERKUNG Im Gegensatz zur elastischen Rillenschienenlagerung können beim kontinuierlich elastisch gelagerten Gleis höhere Einsenkungen realisiert werden, womit eine bessere Schwingungsisolierung erreicht wird.

3.1.14

Schwellenbesohlung

SB

flächige elastische Unterlage unter einer Schwelle und kraftschlüssig mit ihr verbunden, z. B. geklebt, vorzugsweise angewandt bei einem Schotteroberbau

BEISPIEL Siehe Bild A.1.

ANMERKUNG Eine Schwellenbesohlung besteht in der Regel aus einer elastischen Schicht und einer Anbindeschicht.

3.1.15

Schwellenschuh

SS

elastische Ummantelung der Sohle, Seiten und Stirnflächen einer (Beton-)Schwelle, vorzugsweise angewandt bei einer Festen Fahrbahn

BEISPIEL Siehe Bild A.2.

ANMERKUNG Ein Schwellenschuh hat die Querschnittsform einer Schwelle und wird formschlüssig auf die Schwelle aufgesteckt. Er kann eine elastische Einlage haben.

3.1.16

Unterschottermatte

USM

flächige elastische Unterlage unter dem Schotter

3.2 Spezielle Begriffe für Werkstoffe und Bauteile

3.2.1

Linearität

Eigenschaft eines schwingungsfähigen Systems, die dadurch gekennzeichnet ist, dass das Superpositionsprinzip gilt, d. h. die Systemantwort auf eine Summe äußerer Erregungen ist gleich der Summe der Systemantworten auf jede einzelne Erregung

ANMERKUNG 1 Die elastischen Elemente des Oberbaus zeigen praktisch immer nichtlineare Eigenschaften. Bei der Ermittlung der dynamischen Kennwerte wird jeweils eine abschnittsweise Linearisierung vorgenommen, wobei bei einer harmonischen Erregung nur der grundharmonische Anteil berücksichtigt wird und bei regellosen Erregungen die Leistungsdichtespektren von Schwingungsantwort und -erregung ins Verhältnis gesetzt werden.

ANMERKUNG 2 Die Proportionalität zwischen Schwingungsantwort und Schwingungserregung ist eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für ein lineares schwingungsfähiges System.

3.2.2

Dämpfung

Vorgang des Abklingens einer freien Schwingung aufgrund von Abstrahlung von kinetischer Energie in Form von Wellen und/oder Umwandlung kinetischer Energie in Wärme

ANMERKUNG Die Umwandlung von kinetischer Energie in Wärme erfolgt in erster Linie durch die Werkstoffdämpfung der elastischen Elemente des Oberbaus und durch Reibung, z. B. der Schotterkörner aneinander. Im Allgemeinen ist der Zusammenhang zwischen der Dämpfungskraft und der Schwinggeschwindigkeit nichtlinear.

3.2.3

Dämpfungskoeffizient

d

Proportionalitätsfaktor bei linearer Abhängigkeit zwischen Dämpfungskraft $F_d(t)$ und der Schwinggeschwindigkeit $v(t)$:

$$F_d(t) = d \cdot v(t) \quad (1)$$

ANMERKUNG 1 Wegen Nichtlinearitäten ist der Dämpfungskoeffizient im Allgemeinen abhängig von der Vorlast und von der Amplitude der Schwinggeschwindigkeit.

ANMERKUNG 2 Der Dämpfungskoeffizient ist im Allgemeinen frequenzabhängig, jedoch ist diese Abhängigkeit von der Frequenz relativ gering. Bei relativ niedrigen Frequenzen kann der Dämpfungskoeffizient d daher näherungsweise folgendermaßen aus der kinetischen und der dynamischen Steifigkeit ermittelt werden:

$$d = \frac{k_{\text{kin}}}{2\pi f} \frac{\text{Im } k_{\text{dyn}}(i f)}{\text{Re } k_{\text{dyn}}(i f)} \quad (2)$$

3.2.4

Verlustwinkel

$\zeta(f)$

Winkel, der angibt, wie weit die Stauchung oder Gleitung von flächenhaft ausgebildeten elastischen Elementen mit linearen Eigenschaften der Normalspannung bzw. Schubspannung bei harmonischem Zeitverlauf nacheilt

ANMERKUNG 1 Der Verlustwinkel ist nur für elastische Elemente mit linearen Eigenschaften definiert. Der Verlustwinkel ist im Allgemeinen frequenzabhängig.

ANMERKUNG 2 Der Verlustwinkel kann für elastische Elemente des Oberbaus (Bauteilkennwert), aber auch für den gesamten Oberbau angegeben werden.

3.2.5

Verlustfaktor

$\eta(f)$
Verhältnis von Verlustarbeit Q zu aufgewandter Arbeit U bei quasistatischer oder harmonischer Belastung:

$$\eta(f) = \frac{Q}{U} \quad (3)$$

ANMERKUNG 1 Nur bei linearem Belastungs- oder Verformungsverhalten ist der Verlustfaktor gleich dem Tangens des Verlustwinkels $\zeta(f)$:

$$\eta(f) = \tan \zeta(f) \quad (4)$$

ANMERKUNG 2 Der Verlustfaktor ist im Allgemeinen frequenzabhängig. Aufgrund von Nichtlinearitäten ist der Verlustfaktor im Allgemeinen auch abhängig von der Vorlast und von der Amplitude der Schwinggeschwindigkeit.

ANMERKUNG 3 Sofern die Bauteile lineare und viskoelastische (Dämpfungskraft proportional der Schwinggeschwindigkeit) Eigenschaften haben, kann auch bei elastischen Elementen der Verlustfaktor anstelle des Dämpfungskoeffizienten d angegeben werden. Es gilt dann der Zusammenhang

$$\eta(f) = \frac{2 \pi f d}{k_{\text{dyn}}(f)} \quad (5)$$

mit der dynamischen Steifigkeit $k_{\text{dyn}}(f)$.

3.2.6 Steifigkeit, Bettungsmodul, Versteifung

ANMERKUNG Die folgenden Begriffe (siehe Bild 1) gelten für

- die statische Steifigkeit k_{stat} bei quasistatischer Kraftänderung,
- den Ruhewert $k_{\text{stat } 0}$ der statischen Steifigkeit bei statischer Krafteinwirkung,
- die kinetische oder niederfrequente Steifigkeit k_{kin} bei harmonischer Kraftänderung mit Frequenzen bis 1 Hz,
- die dynamische Steifigkeit $k_{\text{dyn}}(f)$ bei harmonischer Kraftänderung im Frequenzbereich über 1 Hz, unterschieden nach niederfrequenter dynamischer Steifigkeit $k_{\text{dyn } 1}(f)$ und höherfrequenter dynamischer Steifigkeit $k_{\text{dyn } 2}(f)$,
- die dynamische Versteifung $\kappa_{\text{dyn}}(f)$.

3.2.6.1

statische Steifigkeit

k_{stat}
Verhältnis der in Verformungsrichtung wirkenden Kraft zur entstehenden Verformung bei quasistatischer Kraftänderung

ANMERKUNG 1 Zur Unterscheidung der statischen Steifigkeit von der kinetischen und dynamischen Steifigkeit wird als Formelzeichen k_{stat} verwendet. Dabei wird zwischen der vertikalen statischen Steifigkeit $k_{\text{stat,z}}$ und den horizontalen statischen Steifigkeiten $k_{\text{stat,x}}$ und $k_{\text{stat,y}}$ unterschieden. Die statische Steifigkeit wird in kN/mm angegeben.

ANMERKUNG 2 Im Allgemeinen ist der Zusammenhang zwischen der eingeleiteten Kraft und der Verformung nichtlinear. In diesem Fall ist die statische Steifigkeit abhängig von der Belastung. Sie kann entweder als Tangentensteifigkeit $k_{\text{stat,T}}$ (siehe 3.2.10) oder als Sekantensteifigkeit k_{12} (siehe 3.2.12) angegeben werden.