

DIN 45673-7

ICS 17.160; 93.100

Ersatzvermerk
siehe unten**Mechanische Schwingungen –
Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen –
Teil 7: Labor-Prüfverfahren für elastische Elemente von
Masse-Feder-Systemen**

Mechanical vibration –

Resilient elements used in railway tracks –

Part 7: Laboratory test procedures for resilient elements of floating slab track systems

Vibrations mécaniques –

Éléments élastiques des voies ferrées –

Partie 7: Méthodes en laboratoire pour essayer les éléments élastiques des systèmes masse-ressort

Ersatzvermerk

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

Gesamtumfang 22 Seiten

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Übersicht und allgemeine Grundlagen.....	4
4 Einzellager für Masse-Feder-Systeme	5
4.1 Vertikale statische Steifigkeit	5
4.2 Horizontale statische Steifigkeit	8
4.3 Vertikale dynamische Steifigkeit $k_{\text{dyn}}(f)$	9
4.4 Verlustfaktor η	10
5 Vollflächige elastische Matten für Masse-Feder-Systeme	10
5.1 Vertikaler statischer Bettungsmodul	10
5.2 Horizontaler statischer Bettungsmodul $C_{\text{stat,h}}$	13
5.3 Vertikaler dynamischer Bettungsmodul $C_{\text{dyn}}(f)$	13
5.4 Verlustfaktor η	13
6 Streifenlager für Masse-Feder-Systeme	14
7 Gebrauchstauglichkeit	14
7.1 Übersicht	14
7.2 Mechanische Dauerfestigkeit	14
7.3 Schubstabilität (Schubkriechen)	15
7.4 Identitätskontrolle	16
7.5 Material- und Bauteilprüfungen.....	16
8 Güteüberwachung, Qualitätssicherung	19
Anhang A (informativ) Beispiele für Masse-Feder-Systeme	20
Literaturhinweise	22

Vorwort

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

Sie entstand aus dem Bedarf, Kennwerte zur Beschreibung der statischen und dynamischen Eigenschaften sowie der Gebrauchstauglichkeit der elastischen Elemente von Masse-Feder-Systemen (MFS) im Labor unter Berücksichtigung des späteren Einbauszustands zu ermitteln. Damit soll zum einen der Vergleich verschiedener Produkte erleichtert und zum anderen die Dimensionierung eines Masse-Feder-Systems ermöglicht werden. Da Masse-Feder-Systeme jedoch Einzelfalllösungen sind, lassen sich keine allgemein gültigen Lastbereiche für die elastischen Elemente vorgeben.

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⁾*

Änderungen

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

- a) Prüfparameter und Prüfgrößen wurden erweitert und berücksichtigen damit besser die Praxisbedingungen;
- b) maßgebende Lasten näher erläutert und Hinweise zu den Einflussgrößen der statischen und dynamischen Kenngrößen gegeben;
- c) Aussagen zur Gebrauchstauglichkeit und Hinweise zur Qualitätssicherung aufgenommen.

Frühere Ausgabe

DIN 45673-1: 2000-05

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

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt Labor-Prüfverfahren zur Ermittlung von Kennwerten zur Beschreibung der statischen und dynamischen Eigenschaften der elastischen Elemente von Masse-Feder-Systemen (MFS) fest. Betrachtet werden neben den Kenngrößen, die einen Bezug zur schwingungsmindernden Wirkung eines Gleisoberbaus aufweisen, also zur Reduzierung der Emission von Erschütterungen und Körperschall, auch die für den statischen und den oberbautechnischen Nachweis benötigten. Da Masse-Feder-Systeme jedoch Einzelfalllösungen sind, lassen sich keine allgemein gültigen Lastbereiche für die elastischen Elemente vorgeben.

Neben den grundlegenden Prüfungen der relevanten Eigenschaften der elastischen Elemente von Masse-Feder-Systemen werden auch Prüfungen zur Gebrauchstauglichkeit festgelegt und Hinweise zur Güteüberwachung im Rahmen der Qualitätssicherung gegeben. Anforderungen an die Eigenschaften von Masse-Feder-Systemen und ihren elastischen Elementen sind in dieser Norm jedoch nicht enthalten.

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 45673-1, *Mechanische Schwingungen — Elastische Elemente des Oberbaus von Schienenfahrwegen — Teil 1: Begriffe, Klassifizierung, Prüfverfahren*

DIN 53504, *Prüfung von Kautschuk und Elastomeren — Bestimmung von Reißfestigkeit, Zugfestigkeit, Reißdehnung und Spannungswerten im Zugversuch*

DIN 53508, *Prüfung von Kautschuk und Elastomeren — Künstliche Alterung*

DIN EN 13906-1, *Zylindrische Schraubenfedern aus runden Drähten und Stäben — Berechnung und Konstruktion — Teil 1: Druckfedern*

DIN EN ISO 1798, *Weich-elastische polymere Schaumstoffe — Bestimmung der Zugfestigkeit und der Bruchdehnung*

DIN EN ISO 1856, *Weich-elastische polymere Schaumstoffe — Bestimmung des Druckverformungsrestes*

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 ISO 815, *Elastomere — Bestimmung des Druckverformungsrestes bei Umgebungs-, erhöhten oder niedrigen Temperaturen*

3 Übersicht und allgemeine Grundlagen

Begriffe, Formelzeichen, Anforderungen an den Prüfaufbau, Anforderungen an die Messtechnik, Anforderungen an die Dokumentation, Gliederung der Prüfverfahren siehe DIN 45673-1.

Die Dimensionierung eines Masse-Feder-Systems betrifft sowohl die statische Berechnung als auch die Ermittlung des Verformungsverhaltens (oberbautechnischer Nachweis) und der Abstimmfrequenz des Systems. Durch Masse-Feder-Systeme kann eine deutliche Reduzierung der Erschütterungs- und Körperschallemmission oberhalb des $\sqrt{2}$ -fachen der Abstimmfrequenz erreicht werden.

ANMERKUNG 1 Die Abstimmfrequenz eines Masse-Feder-Systems ist seine niedrigste vertikale Eigenfrequenz ohne Fahrzeuge. Sie lässt sich messtechnisch ermitteln und gibt Hinweise auf eventuell vorhandene Baumängel.

Masse-Feder-Systeme in Form von Gleistragplatten (siehe Bilder A.1, A.3 und A.4) und Gleiströgen (siehe Bild A.2) sind Einzelfalllösungen, die konstruktive Ausführung der Systeme und der elastischen Elemente ist sehr verschiedenartig. Daher lassen sich keine allgemein gültigen Lastbereiche für die Dimensionierung der elastischen Elemente von Masse-Feder-Systemen vorgeben.

Als elastische Elemente werden vorzugsweise verwendet:

- Einzellager aus Stahl oder Elastomer,
- Streifenlager,
- vollflächige elastische Matten.

Bei Masse-Feder-Systemen werden die bei Zugüberfahrt entstehenden Horizontalkräfte (z. B. Fliehkraft, Hangabtrieb) im Allgemeinen in den Lagern über Schub abgetragen. Sie sind bei Einzellagern und Streifenlagern gegenüber elastischen Matten besonders groß. Die Prüfungen zur Ermittlung der horizontalen statischen Steifigkeiten bzw. horizontalen statischen Bettungsmoduli sind in beiden Horizontalrichtungen durchzuführen.

Die Ermittlung statischer und dynamischer Kennwerte bei den Systemen ist in diesem Teil von DIN 45673 auf das elastische Element beschränkt. Die Kennwerte sind mit den aus der Dimensionierung des Masse-Feder-Systems errechneten Prüflasten zu ermitteln.

Die Prüflasten sind aufgrund der dynamischen und oberbautechnischen Anforderungen des Masse-Feder-Systems zu bestimmen. Relevante Parameter hierfür sind die Achslasten und Achsabstände der Fahrzeuge, die Fahrgeschwindigkeiten, Trassierungsparameter, wie Längsneigungen und unausgeglichene Fliehkräfte, sowie die Ausbildung des Oberbaus hinsichtlich der lastverteilenden Wirkung. Dabei ist grundsätzlich zwischen den im Betrieb auftretenden realen Belastungen (Gebrauchstauglichkeit) hinsichtlich der dynamischen Auslegung des Masse-Feder-Systems und dem oberbautechnischen Nachweis mit Bemessungslasten zu unterscheiden.

ANMERKUNG 2 Ziel ist, dass im Hinblick auf die nichtlinearen elastischen Eigenschaften der Lager nicht z. B. das Lastmodell LM 71 nach dem DIN-Fachbericht 101 für die schwingungstechnische Auslegung des Systems verwendet wird, sondern z. B. ein ICE 3 als Bemessungsfahrzeug, der die Strecke real benutzt. Der oberbautechnische Nachweis (Verformungen, Spannungen in Schiene und Platte, Lager usw.) wird dagegen mit dem Lastmodell durchgeführt.

Um eine nachhaltige Funktion der elastischen Elemente und damit die Wirksamkeit des Masse-Feder-Systems zu gewährleisten, sind die elastischen Elemente definierten Gebrauchstauglichkeitsuntersuchungen zu unterziehen. Masse-Feder-Systeme sollten unabhängig von der Art der elastischen Elemente konstruktiv so gestaltet werden, dass sich in der Ebene der elastischen Elemente kein Wasser ansammelt; siehe dazu 7.5.2.

4 Einzellager für Masse-Feder-Systeme

4.1 Vertikale statische Steifigkeit

4.1.1 Steifigkeit $k_{\text{stat},z}$

4.1.1.1 Allgemeines

Die vertikale statische Steifigkeit $k_{\text{stat},z}$ bestimmt das Einfederungsverhalten des Masse-Feder-Systems unter Verkehrsbelastung. Damit wird auch das Bewegungsverhalten der Gleistragplatte oder des Gleistrogs bei Zugüberfahrt beeinflusst.

ANMERKUNG Da die Messung der statischen Steifigkeit k_{stat} mit der in 4.1.1.2 festgelegten Be- und Entlastungsgeschwindigkeit mehrfach hintereinander ohne Erholungsphase durchgeführt wird, handelt es sich eigentlich um eine quasistatische Messgröße. Die Bezeichnung k_{stat} wie auch die Prüfdurchführung sichert aber die Vergleichbarkeit mit bestehenden Produktbeschreibungen und früheren Prüfvorschriften.

Darüber hinaus wird im Anschluss an die Ermittlung von $k_{\text{stat},z}$ nach einer vollständigen Erholungsphase eine weitere Belastung aufgebracht, die den Ruhewert $k_{\text{stat},0,z}$ der vertikalen statischen Steifigkeit liefert (siehe 4.1.2). Dieser Ruhewert dient zur Abschätzung der statischen Einsenkung unter einer ruhenden Last (z. B. ein Belastungsfahrzeug).

4.1.1.2 Prüfparameter

- Prüfkörpermaße: wie die Einzellager zum Einbau vorgesehen sind
- Anzahl der Prüfkörper: drei
- Konditionierung: trocken bei der Prüftemperatur mindestens 16 h vor Prüfbeginn
- Prüftemperatur: $(23 \pm 3)^\circ\text{C}$. Sofern die elastischen Elemente im Freien eingesetzt werden, ist die Steifigkeit auch bei festzulegenden Temperaturen unter 0°C in geeigneter Weise zu ermitteln.
- Art der Lasteinleitung: vertikal, zwischen zwei ebenen Lastplatten mit jeweils zwischengelegtem Schleifblatt der Körnung K120 auf starrem Leinenträger
- Prüflasten: Die Lasten zur Prüfung der Einzellager lassen sich nicht pauschal angeben, sie ergeben sich aus der Dimensionierung des Masse-Feder-Systems. Für die Laborprüfungen sind folgende Lasten je Lager heranzuziehen:

F_0 (Minimallast): Eigengewicht der Gleistragplatte oder des Gleistrogs einschließlich Schiene, Schienenbefestigung und gegebenenfalls Schotter

F_1 (Betriebslast): Minimallast F_0 zuzüglich der maßgebenden und mit dem dynamischen Beiwert (Schwingbeiwert) Φ multiplizierten vertikalen Verkehrslast P_V . Bei Gleisbögen ist zusätzlich der Vertikalkraftanteil F_{Fv} aus der Fliehkraft zu berücksichtigen (Zentrifugallast), der bei S- und Vollbahn etwa $F_{Fv} = 0,2 P_V$ beträgt, bei Niederflurfahrzeugen aber deutlich höher sein kann.

F_2 (Lastpunkt für die Auswertung): Minimallast F_0 zuzüglich der mit dem dynamischen Beiwert Φ multiplizierten vertikalen Verkehrslast P_{VB} des Bemessungsfahrzeugs oder zuzüglich des mit dem dynamischen Beiwert Φ multiplizierten Lastbilds für den oberbautechnischen Nachweis

F_3 (Höchstlast): $1,35 F_0$ zuzüglich der 1,5-fachen mit dem dynamischen Beiwert Φ multiplizierten vertikalen Verkehrslast P_{VB} des Bemessungsfahrzeugs oder zuzüglich des 1,45-fachen mit dem dynamischen Beiwert Φ multiplizierten Lastbilds für den oberbautechnischen Nachweis

ANMERKUNG 1 Mit dem dynamischen Beiwert Φ werden die sich aus der Überfahrt ergebenden zusätzlichen dynamischen Effekte berücksichtigt. Derzeit wird für Fahrgeschwindigkeiten bis 200 km/h der dynamische Beiwert $\Phi = 1,3$ verwendet.

ANMERKUNG 2 Die maßgebende vertikale Verkehrslast P_V ergibt sich aus den Achslasten der Linienfahrzeuge oder aus der vereinbarten Streckenklasse. Für die mechanische Dauerfestigkeit nach 7.2 werden bei S-Bahnen und Vollbahnen (teilweise auch bei U-Bahnen) für die Verkehrslast P_V die Zugtypen nach dem DIN-Fachbericht 101: 2009-03, Anhang F "Ermüdungsberechnungen", zugrunde gelegt.

ANMERKUNG 3 Bei Straßenbahnen, Stadtbahnen und U-Bahnen wird als Verkehrslast P_{VB} des Bemessungsfahrzeugs das am ungünstigsten wirkende Lastbild der Linienfahrzeuge oder eventueller Sonderfahrzeuge verwendet. Bei S-Bahnen und Vollbahnen wird für die oberbautechnischen Nachweise i. d. R. das Lastmodell LM 71 nach dem DIN-Fachbericht 101 verwendet.

ANMERKUNG 4 Der Faktor 1,5 ergibt sich als Teilsicherheitsbeiwert nach DIN 1055-100, der Faktor 1,45 als Teilsicherheitsbeiwert nach dem DIN-Fachbericht 101. Der Teilsicherheitsbeiwert bezieht sich auf die Lastseite, nicht auf die Art des zu berechnenden Tragwerks.

— Be- und Entlastungsgeschwindigkeit: kontinuierlich, 2 kN/s

— Anzahl der Lastzyklen: drei.

4.1.1.3 Prüfdurchführung und Auswertung

Es werden drei Lastzyklen, bestehend aus einer Belastung (ausgehend von der vollständigen Entlastung über 1 kN, F_0 , F_1 und F_2 bis zur Höchstlast F_3) und anschließender vollständiger Entlastung ohne Pause zwischen den Lastzyklen, aufgebracht. Der dritte Belastungszyklus wird aufgezeichnet und aus den gemessenen Einsenkungen s die vertikale statische Steifigkeit $k_{\text{stat},z}$ als Sekantensteifigkeit folgendermaßen ermittelt (siehe als Beispiel der Ermittlung einer Sekantensteifigkeit DIN 45673-1:2010-08, Bilder 3 und B.1):

$$k_{\text{stat},z1} = \frac{F_1 - F_0}{s_1 - s_0} \quad (1)$$

$$k_{\text{stat},z2} = \frac{F_2 - 1 \text{ kN}}{s_2 - s_{1 \text{ kN}}} \quad (2)$$

$$k_{\text{stat},z3} = \frac{F_2 - F_0}{s_2 - s_0} \quad (3)$$

ANMERKUNG I. d. R. wird $k_{\text{stat},z1}$ für die Verformungsberechnungen benötigt, $k_{\text{stat},z2}$ für den statischen Nachweis und $k_{\text{stat},z3}$ für den Nachweis der Biegeverformung der Gleittragplatte herangezogen.

Für jeden dieser drei Werte ist der arithmetische Mittelwert von den drei Prüfkörpern zu bilden, wobei auch die Einzelwerte anzugeben sind.

4.1.2 Ruhewert $k_{\text{stat } 0,z}$ der vertikalen statischen Steifigkeit

Zusätzlich ist an jedem noch eingespannten Prüfkörper nach einer Erholungsphase von 5 min im unbelasteten Zustand eine weitere Belastung in folgender Weise aufzubringen:

1. Schritt: Aufbringen der Belastung 1 kN, Belastungsdauer 1 min, Ablesewert $s_{1 \text{ kN}}$
2. Schritt: mit der Belastungsgeschwindigkeit 2 kN/s Steigern der Belastung auf F_0 , Belastungsdauer 10 min, Ablesewert s_0
3. Schritt: mit der Belastungsgeschwindigkeit 2 kN/s Steigern der Belastung auf F_1 , Belastungsdauer 10 min, Ablesewert s_1

Daraus ergeben sich die Ruhewerte

$$k_{\text{stat } 0,z0} = \frac{F_0 - 1 \text{ kN}}{s_0 - s_{1 \text{ kN}}} \quad (4)$$

$$k_{\text{stat } 0,z1} = \frac{F_1 - F_0}{s_1 - s_0} \quad (5)$$

Es ist der Mittelwert der Ergebnisse mit den drei Prüfkörpern zu bilden.