

DIN 45672-1**DIN**

ICS 17.160

Ersatz für
DIN 45672-1:1991-09**Schwingungsmessung in der Umgebung von Schienenverkehrswegen –
Teil 1: Messverfahren**Vibration measurement associated with railway traffic systems –
Part 1: Measuring methodMesurage des vibrations liées au transport ferroviaire –
Partie 1: Méthode de mesure

Gesamtumfang 26 Seiten

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Messgrößen und Frequenzbereich	4
4 Beschreibungsgrößen.....	5
4.1 Allgemeines	5
4.2 Beschreibungsgrößen für den Emissionsbereich	5
4.3 Beschreibungsgrößen für den Transmissionsbereich	6
4.4 Beschreibungsgrößen für den Immissionsbereich.....	6
4.5 Beschreibungsgrößen für die elastischen Eigenschaften des Untergrunds und experimentelle Verfahren zu ihrer Ermittlung.....	7
5 Messgeräte	14
6 Messbedingungen	15
6.1 Messorte, Messquerschnitte	15
6.2 Messorte	15
6.3 Messquerschnitte	16
6.4 Messrichtungen	16
6.5 Ankopplung der Schwingungsaufnehmer	17
7 Betriebszustände	18
7.1 Grundsätzliches	18
7.2 Betriebszustände der Schienenfahrzeuge	18
7.3 Betriebszustände der Gleise	18
8 Durchführung der Messung.....	19
8.1 Messzeiten	19
8.2 Aufzeichnungsdauer	19
8.3 Art der Aufzeichnung	20
8.4 Störschwingungsmessung	20
9 Störeinflüsse	20
9.1 Allgemeines	20
9.2 Störeinflüsse bei der Ankopplung	20
9.3 Leitungsverbindung	20
9.4 Umwelteinflüsse.....	20
9.5 Messabweichungen durch Inhomogenitäten des Messgegenstandes	21
10 Messbericht	21
Literaturhinweise	26

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.

Zu dieser Norm war der Entwurf Änderung A1:2008-10 herausgegeben worden.

Die Normenreihe DIN 45672 *Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen* besteht aus folgenden Teilen:

- *Teil 1: Messverfahren*
- *Teil 2: Auswerteverfahren*

Änderungen

Gegenüber DIN 45672-1:1991-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt „Beschreibungsgrößen für die elastischen Eigenschaften des Untergrunds und experimentelle Verfahren zu ihrer Ermittlung“ aufgenommen;
- b) Norm redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 45672-1: 1991-09

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt Verfahren zur einheitlichen Messung mechanischer Schwingungen (Erschütterungen) fest, die durch die Wechselwirkung von Fahrzeug und Fahrweg erzeugt und in den Fahrweg und die Umgebung eingeleitet werden. Die Norm behandelt Messungen im Emissionsbereich, im Transmissionsbereich und im Immissionsbereich. Diese Messungen können im Zusammenhang mit der Planung und dem Bau von Schienenverkehrswegen und dem Betrieb von Schienenbahnen stehen.

Als Aufgabenstellung kommt in Betracht:

- die Beurteilung bestehender Situationen auf der Grundlage von Regelwerken und Messungen am Einwirkungsort (Immission), also bei der Einwirkung auf Menschen, Gebäude und schwingungsempfindliche Anlagen,
- die Durchführung von Immissionsprognosen für verschiedene Situationen des Systems Quelle – Ausbreitungsweg – Empfänger (zur Vorgehensweise siehe z. B. DIN 4150-1 und VDI 3837),
- die Ermittlung der Wirkung von schwingungsmindernden Maßnahmen an der Quelle, im Ausbreitungsweg oder beim Empfänger.

Diese Norm enthält die besonderen Anforderungen an Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen. Die allgemeinen Anforderungen an Erschütterungsmessungen finden sich in DIN 45669-2. In DIN 4150-3 sind Anhaltswerte zur Beurteilung von Bauwerksschwingungen angegeben, in DIN 4150-2 und VDI 2057 sind Beurteilungskriterien für die Einwirkung von Schwingungen auf den Menschen festgelegt.

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 4150-2, *Erschütterungen im Bauwesen — Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden*

DIN 4150-3, *Erschütterungen im Bauwesen — Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen*

DIN 45669-1, *Messung von Schwingungsmissionen — Teil 1: Schwingungsmesser; Anforderungen, Prüfungen*

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

DIN 45672-2, *Schwingungsmessungen in der Umgebung von Schienenverkehrswegen — Teil 2: Auswertungsverfahren*

3 Messgrößen und Frequenzbereich

Als Messgrößen werden der Schwingweg s , die Schwinggeschwindigkeit v (Schnelle) oder die Schwingbeschleunigung a in ihrem zeitlichen Verlauf am Ort des Schwingungsaufnehmers ermittelt.

Die Messwerte im Emissions-, Transmissions- und Immissionsbereich sind von bestimmten Beschreibungsgrößen abhängig (siehe Abschnitt 4). Im Interesse der Vergleichbarkeit von Messergebnissen sind die den Messgrößen zuzuordnenden Beschreibungsgrößen möglichst umfassend anzugeben.

Für Schwingungsmessungen an Schienenverkehrswegen ist im Allgemeinen ein Schwingungsmesser nach DIN 45669-1 mit einer unteren Frequenzgrenze von 4 Hz ausreichend, da Frequenzanteile unter 4 Hz nur mit vernachlässigbarer Größe auftreten. Für allgemeine Anwendungen ist eine obere Frequenzgrenze von 315 Hz ausreichend. Im besonderen Fall der Beurteilung der Einwirkung von Schwingungen auf den Menschen nach DIN 4150-2 ist der Frequenzbereich auf 80 Hz nach oben begrenzt.

4 Beschreibungsgrößen

4.1 Allgemeines

Die Beschreibungsgrößen kennzeichnen die Rahmenbedingungen für die Messungen. Sie sind je nach messtechnischer Aufgabenstellung für den Emissions-, Transmissions- und Immissionsbereich anzugeben. Die meisten Beschreibungsgrößen können in der Regel den Planungsunterlagen entnommen werden, die für die Bauausführung des Schienenverkehrsweges und des Immissionsbereiches vorliegen. Einige Beschreibungsgrößen sind gegebenenfalls vor Ort zu ermitteln.

4.2 Beschreibungsgrößen für den Emissionsbereich

4.2.1 Schienenfahrzeuge

- a) Fahrzeuge/Fahrzeugtyp mit Achslast-Schemabild;
- b) Laufgüte des Fahrzeugs, auch subjektiv nach Fahreindrücken;
- c) Fahrzeuggeschwindigkeit;
- d) unabgefederte Masse der Radsätze.

4.2.2 Oberbau

- a) Rauheit der Schienenlaufläche nach visueller Beurteilung des Laufspiegels auf Riffelbildung oder, falls möglich, mit einem Rauheitsmessgerät;

ANMERKUNG 1 Hinweise zur Durchführung einer Schienenrauheitsmessung werden in DIN EN 15610 und CEN/TR 15874 gegeben.

- b) Art der Gleisführung mit folgenden Angaben: Schienenprofil, Gleisgeometrie, z. B. Überhöhung, Radius, Steigung, Spurweite, Spurspiel, Weiche mit Kennzeichnung der Herzstück-Bauart;

ANMERKUNG 2 Methoden zur Beschreibung der Gleisgeometrie sind in DIN EN 13848-1 angegeben.

- c) Art der Gleisbettung, wie z. B.
 - Schotterbettung mit Schwellenrost (Schotterhöhe unter Schwellenunterkante, Korngrößenverteilung, Schwellenart und -abstand), Art der Schienenbefestigung,
 - schotterlose Bettung mit Beschreibung der unmittelbaren Gleislagerung (Rillenschienen auf Kiesbett, Schienen-Stützpunktlagerung auf Betonplanum) möglichst in Form einer Querschnittsskizze;
- d) Art von besonderen Oberbauformen, Hersteller- und Typenangabe, kurze Systembeschreibung und dynamische Kenngrößen, wie z. B. für
 - elastische Schienen-Stützpunktlager,
 - kontinuierliche elastische Schienenlager,
 - elastische Schwellenbesohlungen,
 - Unterschottermatten,
 - elastisch gelagerte Gleistragplatten und Gleiströge (Masse-Feder-Systeme).

4.2.3 Kunstbauwerke

- a) Brücken für Schienenwege im Geländeniveau mit Konstruktionsbeschreibung (Übersichtszeichnung);
- b) Tunnelbauwerke mit Konstruktionsbeschreibung und Querschnittsdimensionierung für
 - offene Bauweise mit Angaben über den Tunnelverbau,
 - geschlossene Bauweise mit Angaben über die Vortriebsart (bergmännisch, Schildvortrieb) und über den Schalenaufbau (z. B. Tübbings, Schalensysteme der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise NÖT),
 - Höhe der Tunnelbaugrundüberdeckung.

4.3 Beschreibungsgrößen für den Transmissionsbereich

4.3.1 Baugrundübertragung

Als Baugrund wird in dieser Norm der Transmissionsbereich zwischen Schienenweg (Gleisbettung für Gleislage im Geländeniveau oder die Tunnelperipherie für unterirdische Gleislage) und Gebäudefundament verstanden. Die Beschreibungsgrößen sind ein geologisches Schichtenverzeichnis mit Grundwasser-Pegelständen.

ANMERKUNG Vielfach erforderlich sind auch Kenngrößen zur Beschreibung der elastischen und dämpfenden Eigenschaften des Baugrundes, siehe 4.5.

4.3.2 Bauwerksübertragung

Die unmittelbare Bauwerksübertragung kommt in der Regel nur für Tunnelbauwerke der offenen Bauweise mit Abfangkonstruktionen für Anliegergebäude (Immissionsort) in Betracht. Es sind hier die konstruktiven Details der Abfangkonstruktion zwischen Tunnelperipherie und Anliegergebäuden auf der Grundlage von Bauausführungszeichnungen anzugeben.

4.4 Beschreibungsgrößen für den Immissionsbereich

Die Messgrößen im Immissionsbereich werden durch den konstruktiven Aufbau und die Dimensionen des schwingungsbelasteten Bauwerks nachhaltig beeinflusst. Das Bauwerk sollte daher möglichst genau durch die folgenden Merkmale beschrieben werden:

- a) Grundriss- und Schnittzeichnungen mit Dimensionierung der wichtigsten Tragwerkselemente (Fundamente, Decken, Wände);
- b) spezielle Angaben über den Aufbau von
 - Fundamenten (Streifen-, Platten- oder Einzelfundamente, Pfahlgründung),
 - Geschossdecken (Stahlbeton-Gewölbe/Kappen- oder Holzbalkendecken) mit ihren Einspannungsbedingungen, Fußbodenaufbau,
 - Wänden (Stahlbeton-, Mauerwerks- oder Fertigbetonwände);
- c) Eigenfrequenz und Dämpfung von Stockwerksdecken.

4.5 Beschreibungsgrößen für die elastischen Eigenschaften des Untergrunds und experimentelle Verfahren zu ihrer Ermittlung

4.5.1 Grundlagen

Die Beschreibungsgrößen für die elastischen Eigenschaften des Untergrunds sind die Ausbreitungsgeschwindigkeiten der Kompressions-, Scher- und Rayleighwellen, der Schubmodul, der Elastizitätsmodul und die Dämpfung. Grundlage der experimentellen Verfahren zu ihrer Ermittlung sind die Beziehungen zwischen den Ausbreitungsgeschwindigkeiten elastischer Wellen in homogenen festen Körpern und den elastischen Eigenschaften des Materials bei vorausgesetzter Linearität. In einem unbegrenzten Kontinuum entstehen bei einer Erregung zwei Wellenarten, die Kompressionswellen (P-Wellen) und die Scherwellen (S-Wellen) mit jeweils zugehöriger Ausbreitungsgeschwindigkeit v_p und v_s :

$$v_p = \sqrt{\frac{E}{\rho}} = \sqrt{\frac{G(1-\nu)}{\rho(1-2\nu)}} \quad (1)$$

$$v_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (2)$$

Dabei ist

E Elastizitätsmodul;

G Schubmodul;

ρ Dichte;

ν Querdehnzahl des Kontinuums.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit v_p der Kompressionswelle ist stets größer als die Ausbreitungsgeschwindigkeit v_s der Scherwelle.

Für die Querdehnzahl ν gilt

$$\nu = \frac{v_p^2 - 2v_s^2}{2(v_p^2 - v_s^2)} \quad (3)$$

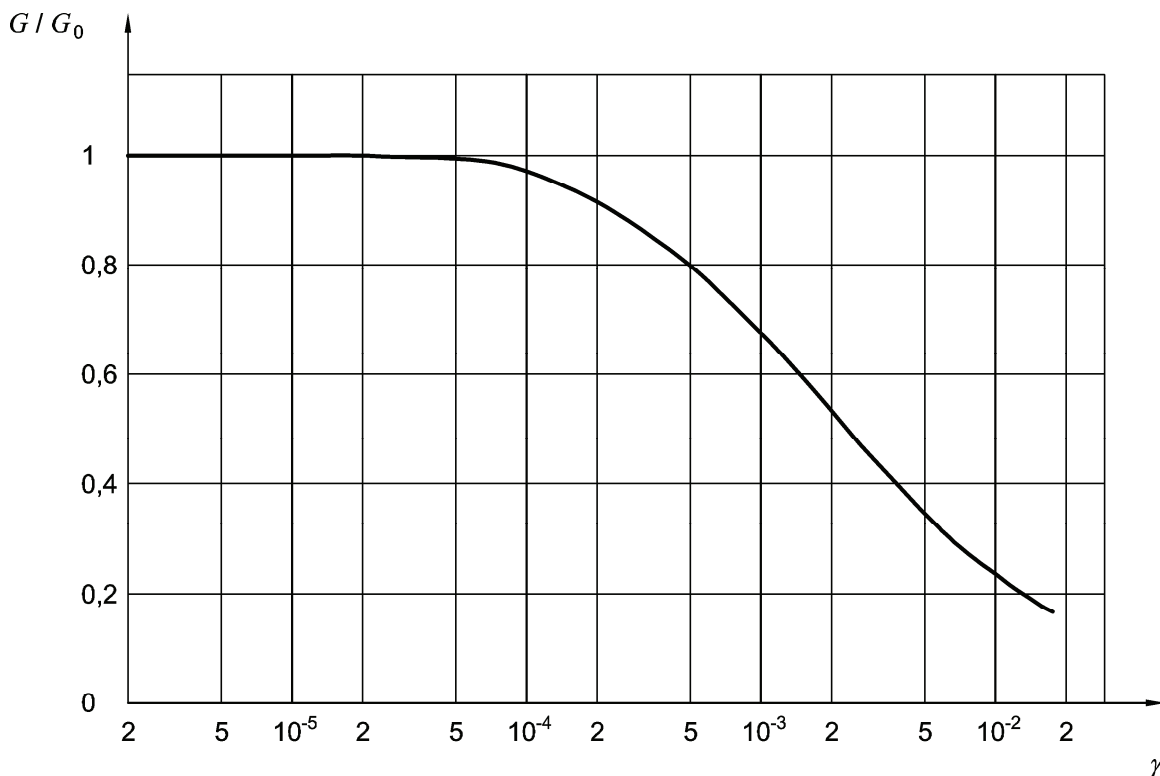
In einem Medium mit einer freien Oberfläche tritt als Folge dieser Randbedingung eine weitere Welle, die Rayleigh- oder Oberflächenwelle, auf. Diese Welle besitzt eine begrenzte Eindringtiefe, ihre Ausbreitung erfolgt längs einer Zylinderoberfläche, und ihre Ausbreitungsgeschwindigkeit v_R ist etwas geringer als diejenige der Scherwelle. Für die Ausbreitungsgeschwindigkeiten gilt also: $v_p > v_s > v_R$.

Aus Versuchsergebnissen ergibt sich im Mittel ein nichtlinearer Zusammenhang zwischen dem Schubmodul G und dem Gleitwinkel γ (siehe Bild 1). Dem Bild ist zu entnehmen, dass der Schubmodul für Gleitwinkelamplituden $\hat{\gamma} < 10^{-4}$ rad die größten Werte annimmt und zunächst in etwa konstant bleibt. Für Werte $\hat{\gamma} > 10^{-4}$ rad ist dann eine schnelle und stetige Abnahme bis unter 20 % des Höchstwerts zu beobachten.

Die Gleitwinkelamplitude $\hat{\gamma}$ kann aus der Schwinggeschwindigkeitsamplitude $\hat{v}$ und der Scherwellengeschwindigkeit v_s berechnet werden zu

$$\hat{\gamma} = \hat{v} / v_s \quad (4)$$

Bei den hier beschriebenen experimentellen Verfahren liegen die Gleitwinkelamplituden im Bereich um 10^{-6} rad. Der auf diese Weise ermittelte Schubmodul stellt somit einen Maximalwert dar. Da die bei Schienenverkehr auftretenden Erschütterungen im Untergrund ebenfalls Gleitwinkelamplituden in diesem Bereich hervorrufen, ist eine Berücksichtigung der Gleitwinkelabhängigkeit bei der Ermittlung des Schubmoduls nicht erforderlich.



Legende

G_0 Mittelwert des Schubmoduls bei sehr kleinen Gleitwinkeln

Bild 1 — Auf den Mittelwert G_0 normierter Schubmodul G in Abhängigkeit vom Gleitwinkel γ

Somit lassen sich die elastischen Materialkonstanten Schubmodul G und Elastizitätsmodul E für relativ kleine Verzerrungsamplituden bei Abschätzung oder Kenntnis der Materialdichte ρ direkt aus den gemessenen Ausbreitungsgeschwindigkeiten ermitteln:

$$\begin{aligned} G &= v_s^2 \rho \\ E &= v_p^2 \rho \end{aligned} \quad (5)$$

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Kompressionswelle eines natürlichen (gewachsenen) Untergrunds liegt je nach Art des Bodens oder Festgestein zwischen 200 m/s und 2 000 m/s, die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Scherwelle zwischen 10 m/s und 1 000 m/s.

ANMERKUNG Zum Vergleich einige Kompressionswellengeschwindigkeiten: Luft 343 m/s, Wasser 1 500 m/s, Beton (3 500 bis 4 500) m/s, Stahl 5 700 m/s.

Eine Zusammenstellung von Erfahrungswerten für beide Wellenarten ist in [1] und [2] zu finden.