

Mechanische Schwingungen
**Elastische Elemente des Oberbaus von
 Schienenfahrwegen**
 Teil 1: Ermittlung statischer und dynamischer Kennwerte im Labor

DIN
45673-1

ICS 17.160

Mechanical vibration – Resilient elements used in railway tracks – Part 1: Laboratory determination of static and dynamic characteristics

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	7.3 Dynamische Versteifung	10
1 Anwendungsbereich	2	7.4 Verlustfaktor	10
2 Normative Verweisungen	2	8 Unterschottermatten	10
3 Begriffe und Formelzeichen	2	8.1 Statischer Bettungsmodul	10
3.1 Begriffe	2	8.2 Dynamischer Bettungsmodul	11
3.2 Formelzeichen	6	8.3 Dynamische Versteifung	11
4 Allgemeines	6	8.4 Verlustfaktor	11
4.1 Anforderungen an den Prüfaufbau	6	9 Elastische Elemente für Gleistragplatten und Gleiströge (Masse-Feder-Systeme)	12
4.2 Anforderungen an die Messtechnik	6	9.1 Allgemeines	12
4.3 Anforderungen an die Dokumentation	7	9.2 Einzellager aus Stahl oder Elastomer	12
4.4 Gliederung der Prüfverfahren	7	9.2.1 Vertikale statische Steifigkeit	12
5 Schotter	7	9.2.2 Horizontale statische Steifigkeit	12
6 Elastische Elemente von Schienen- befestigungen, Einzellager und kontinuierliche elastische Schienenlagerungen	7	9.2.3 Vertikale dynamische Steifigkeit	12
6.1 Elastische Elemente von Schienenbefestigungen	7	9.2.4 Verlustfaktor	13
6.1.1 Allgemeines	7	9.3 Elastomer-Streifenlager	13
6.1.2 Statische Steifigkeit	7	9.3.1 Vertikale statische Steifigkeit	13
6.1.3 Dynamische Steifigkeit	7	9.3.2 Horizontale statische Steifigkeit	13
6.1.4 Dynamische Versteifung	8	9.3.3 Vertikale dynamische Steifigkeit	13
6.1.5 Dämpfungskoeffizient	8	9.3.4 Verlustfaktor	13
6.2 Einzellager und kontinuierliche elastische Schienenlagerungen	8	9.4 Vollflächig verlegte Elastomermatten	13
6.2.1 Allgemeines	8	9.4.1 Statischer Bettungsmodul	13
6.2.2 Statische Steifigkeit bei vertikaler Belastung	8	9.4.2 Dynamischer Bettungsmodul	13
6.2.3 Statische Steifigkeit bei schräger Belastung	8	9.4.3 Verlustfaktor	13
6.2.4 Dynamische Steifigkeit bei vertikaler Belastung	8	10 Messbericht	13
7 Elastische Schwellenlagerungen	9	Anhang A (informativ) Beispiele für elastische Elemente des Oberbaus	14
7.1 Statischer Bettungsmodul	9	Anhang B (informativ) Beispiel für einen Prüfaufbau	17
7.2 Dynamischer Bettungsmodul	9	Anhang C (informativ) Beispiel für ein Kraft-Verformungs-Diagramm	18
		Anhang D (informativ) Literaturhinweise	19

Fortsetzung Seite 2 bis 20

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

Vorwort

Diese Norm ist vom Gemeinschaftsausschuss NALS/VDI C 15 „Schwingungsmessungen an Schienenbahnen“ erarbeitet worden.

Sie entstand aus dem Bedarf, Kennwerte zur Beschreibung der statischen und dynamischen Eigenschaften von elastischen Elementen des Oberbaus von Schienenfahrwegen zu ermitteln und anzugeben. Damit soll zum einen der Vergleich verschiedener Produkte erleichtert und zum anderen durch die Vollständigkeit der Daten die Berechnung der schwingungsmindernden Wirkung ermöglicht werden.

Durch elastische Elemente des Oberbaus 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 Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen in der Umgebung, wie z. B. Gebäuden, verringert werden. Es ist aber zu beachten, dass die Schiene infolge einer weicheren Lagerung stärker schwingen kann, wodurch eine höhere Schallemission möglich ist.

Der zweite Teil dieser Normenreihe, der z. Z. erarbeitet wird, beschäftigt sich mit der Ermittlung von Kennwerten solcher Elemente im Betriebsgleis (Einbaustand).

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt Verfahren zur Ermittlung von Kennwerten zur Beschreibung der statischen und dynamischen Eigenschaften von elastischen Elementen des Oberbaus von Schienenfahrwegen fest. Betrachtet werden nur solche Kenngrößen, die einen Bezug zur schwingungsmindernden Wirkung eines Gleisoberbaus, also zur Reduzierung der Emission von Erschütterungen und von Körperschall, aufweisen. Die Kennwertermittlung erfolgt unter möglichst wirklichkeitsnahen Bedingungen im Labor.

Die Kennwertermittlung an Neuentwicklungen von anderen elastischen Elementen des Oberbaus sollte analog zu den Beschreibungen in dieser Norm erfolgen.

Es werden weder vereinfachte Prüfungen zum Zweck der Qualitätssicherung oder Feststellung der Eignung beschrieben, noch Hinweise zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit gegeben (siehe hierzu Angaben in anderen Regelwerken, z. B. DIN EN 13146, TL 918 071, TL 918 235).

2 Normative Verweisungen

Diese Norm 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 dann zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

DIN 1319-1 : 1995-01

Grundlagen der Messtechnik – Teil 1: Grundbegriffe

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

E DIN EN ISO 10846-3

Akustik und Schwingungstechnik – Laborverfahren zur Messung der vibro-akustischen Transfereigenschaften elastischer Elemente – Teil 3: Bestimmung der dynamischen Transfersteifigkeit elastischer Stützelemente für translatorische Schwingungen – Indirektes Verfahren (ISO/DIS 10846-3 : 1997);

Deutsche Fassung prEN ISO 10846-3 : 1997

Normen der Reihe ISO 3534

Statistics – Vocabulary and symbols

3 Begriffe und Formelzeichen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1 Oberbau vor allem die Einrichtungen und Bauelemente, die der Lastübertragung und der Spurführung von Schienenfahrzeugen dienen. Zum Oberbau gehören: Gleise, Weichen und Kreuzungen mit Schienen, Schienenbefestigungsmitteln und Schienenstützelementen (Schwellen, Längsbalken, Platten), Spurstangen, Bettung, Planumschutzschicht, Frostschutzschicht, Eindeckungen und Schienenentwässerungen, oberbautechnische Zusatzeinrichtungen und Gleisabschlüsse. 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. Beispielsweise sind die Schwellen oder der Schotter 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. Ein geschlossener Oberbau kann auch von nicht-schienengebundenen Fahrzeugen befahren oder überquert werden.

3.1.4 Oberbauform jeweilige Ausprägung der einzelnen Bauart. Die Oberbauform ergibt sich aus der jeweiligen Kombination der eingesetzten Bauelemente.

ANMERKUNG: Eine Oberbauform ist z. B. eine elastisch gelagerte Feste Fahrbahn auf Brücken mit elastischer

Zwischenplatte unter der Schienenbefestigung und mit Zwischenlage unter dem Schienenfuß.

3.1.5 Masse-Feder-System (MFS) spezielle Oberbauform, die aus den Bauelementen Schiene einschließlich Schienenbefestigung, Gleistragplatte oder Gleistrog und einem elastischen Bauelement besteht. Dieses Bauelement befindet sich in der Regel zwischen Gleistragplatte bzw. Gleistrog und Unterbau.

ANMERKUNG: Ausführungsbeispiele sind in den Bildern A.3 bis A.5 angegeben.

3.1.6 Bauelemente des Oberbaus im Wesentlichen Schienen, elastische Elemente des Oberbaus, Schienenbefestigungsmittel und -stützelemente (Schwellen, Platten), Spurstangen, Bettung, Planumsschutzschicht, Frostschutzschicht.

3.1.7 elastische Elemente des Oberbaus Bauteile, die neben der grundsätzlichen Aufgabe der Lastübertragung und Lastverteilung sowie der Realisierung einer gewünschten Steifigkeit (Nachgiebigkeit) unter der rollenden Last zusätzlich der Reduzierung der Erschütterungs- und Körperschallemissionen dienen. Die Wirksamkeit der elastischen Elemente für diese zusätzliche Aufgabe wird in erster Linie durch ihre elastischen und dämpfenden Eigenschaften bestimmt.

Zu den elastischen Elementen des Oberbaus gehören:

- Schotter,
- Elastische Elemente von Schienenbefestigungen, Einzelager und kontinuierliche elastische Schienenlagerungen,
- Elastische Schwellenlagerungen,
- Unterschottermatten (USM),
- Einzellager, Streifenlager und Matten für Gleistragplatten und Gleiströge (Masse-Feder-Systeme).

ANMERKUNG: Neben der Elastizität des Oberbaus stellt vielfach die Elastizität des Unterbaus für die Gesamtelastizität einer Strecke eine wesentliche Komponente dar.

3.1.8 Messgröße physikalische Größe, der die Messung gilt.
[DIN 1319-1 : 1995-01]

ANMERKUNG: In der vorliegenden Norm ist die Messgröße die Schwingungsgröße am Ort des Schwingungsaufnehmers als Schwingweg, Schwinggeschwindigkeit (Schnelle), Schwingbeschleunigung oder als Kraft in ihrem zeitlichen Verlauf.

3.1.9 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: 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.

3.1.10 Dämpfung Vorgang des Abklingens einer Schwingung aufgrund von Abstrahlung von kinetischer Energie in Form von Wellen und/oder Umwandlung kinetischer Energie in Wärme. Im Allgemeinen ist der Zusammenhang zwischen der Dämpfungskraft und der Schwinggeschwindigkeit nichtlinear.

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.

3.1.11 Dämpfungskoeffizient d (von stützpunktförmig ausgebildeten elastischen Elementen des Oberbaus) Proportionalitätsfaktor bei linearer Abhängigkeit zwischen Dämpfungskraft $F_d(t)$ und der Schwinggeschwindigkeit $v(t)$:

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

Der Dämpfungskoeffizient ist im Allgemeinen frequenzabhängig, jedoch ist diese Abhängigkeit von der Frequenz relativ gering. Wegen Nichtlinearitäten ist der Dämpfungskoeffizient im Allgemeinen abhängig von der Vorlast und von der Amplitude der Schwinggeschwindigkeit.

3.1.12 Verlustwinkel δ_h Winkel, der angibt, wie weit die Stauchung (Gleitung) von flächenhaft ausgebildeten elastischen Elementen der Normalspannung (Schubspannung) bei harmonischem Zeitverlauf nacheilt.

3.1.13 Verlustfaktor η_h Der Verlustfaktor η_h von flächenhaft ausgebildeten elastischen Elementen des Oberbaus ist mit $\eta_h = \tan \delta_h$

definiert. Der Verlustfaktor ist im Allgemeinen frequenzabhängig. Wegen Nichtlinearitäten ist der Verlustfaktor im Allgemeinen abhängig von der Vorlast und von der Amplitude der Schwinggeschwindigkeit.

ANMERKUNG: Bisweilen wird auch bei Einzellagern der Verlustfaktor anstelle des Dämpfungskoeffizienten angegeben.

3.1.14 statische Steifigkeit k_{stat} Verhältnis einer punktförmig eingeleiteten Kraft mit stufenweiser oder sehr langsamer (quasistatischer) Kraftänderung zur zugehörigen Verformungsänderung in Kraftrichtung an einem elastischen Bauelement. Sie dient zur Charakterisierung der statischen Verformung von stützpunktförmig ausgebildeten elastischen Elementen des Oberbaus oder der statischen Verformung des gesamten Oberbaus, wobei zwischen vertikaler statischer Steifigkeit $k_{\text{stat},z}$ und horizontaler statischer Steifigkeit $k_{\text{stat},y}$ unterschieden wird. Die statische Steifigkeit wird in kN/mm angegeben.

ANMERKUNG: 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 (siehe 3.1.21) oder als Sekantensteifigkeit (siehe 3.1.23) angegeben werden.

3.1.15 komplexe Steifigkeit $\underline{k}_k(f)$ enthält die frequenzabhängigen elastischen und dämpfenden Eigenschaften eines elastischen Bauelementes oder des gesamten Oberbaus:

$$\underline{k}_k(f) = k_e(f) + i 2\pi f \cdot d(f). \quad (2)$$

Dabei beschreibt $k_e(f)$ die von der Frequenz f abhängige Steifigkeit, und mit dem Dämpfungskoeffizienten $d(f)$ werden die geschwindigkeitsproportionalen Eigenschaften eines Bauteils erfasst.

Die komplexe Steifigkeit kann auch

$$\underline{k}_k(f) = k_e(f)(1 + i \eta_h(f)) \quad (3)$$

mit dem frequenzabhängigen Verlustfaktor $\eta_h(f)$ geschrieben werden.

ANMERKUNG 1: Die Verwendung der komplexen Steifigkeit in Differentialgleichungen zur Beschreibung des Bewegungsverhaltens eines schwingungsfähigen Systems ist nur dann möglich, wenn im Zeitbereich die harmonischen Größen Auslenkung und Kraft komplex angesetzt werden.

ANMERKUNG 2: Der Betrag $k_k(f)$ der komplexen Steifigkeit $k_k(f)$ ist stets kleiner als die dynamische Steifigkeit $k_d(f)$ nach 3.1.16.

3.1.16 dynamische Steifigkeit $k_d(f)$ bei harmonischer Bewegung das Verhältnis der Amplitude einer punktförmig eingeleiteten Kraft zur Amplitude der zugehörigen eingangsseitigen Verformung in Kraftrichtung eines elastischen Bauelementes, wobei das Fundament starr ist. Die (im Allgemeinen frequenzabhängige) dynamische Steifigkeit dient zur Charakterisierung der dynamischen Verformung von stützpunktförmig ausgebildeten elastischen Elementen des Oberbaus oder der dynamischen Verformung des gesamten Oberbaus. Die dynamische Steifigkeit wird in kN/mm angegeben.

Die dynamische Steifigkeit enthält die elastischen und dämpfenden Eigenschaften sowie die Trägheitswirkungen des Materials der elastischen Bauelemente.

ANMERKUNG 1: Die dynamische Steifigkeit ist ebenfalls eine komplexe Größe: $\underline{k}_d$. Da jedoch in der Praxis häufig nur ihr Betrag verwendet wird, wird vorstehend nur dieser definiert und beschrieben.

ANMERKUNG 2: Bei relativ niedrigen Frequenzen ist der Einfluss der Trägheit der Masse der elastischen Bauelemente auf die Größe der dynamischen Steifigkeit gegenüber der komplexen Steifigkeit relativ gering. Daher kann der Dämpfungskoeffizient d näherungsweise folgendermaßen ermittelt werden:

$$d \approx \frac{k_k}{2\pi f} \frac{\operatorname{Im} \underline{k}_k}{\operatorname{Re} \underline{k}_k} \quad (5)$$

$$d \approx \frac{k_d}{2\pi f} \frac{\operatorname{Im} \underline{k}_d}{\operatorname{Re} \underline{k}_d} \quad (6)$$

Exakt ist

$$d(f) = \frac{k_e}{2\pi f} \frac{\operatorname{Im} \underline{k}_k}{\operatorname{Re} \underline{k}_k} \quad (7)$$

wie es sich aus Gleichung (3) ableitet. Gleichung (5) stellt eine Näherung für tiefe Frequenzen, Gleichung (6) zusätzlich für kleine Verlustfaktoren $\eta_h(f)$ dar.

ANMERKUNG 3: In vielen Fällen zeigen die elastischen Elemente des Oberbaus stark nichtlineare Eigenschaften. In diesem Fall ist die dynamische Steifigkeit auch von der Vorlast und dem Zeitverlauf der eingeleiteten Kraft abhängig. Zu Vergleichszwecken ist es hilfreich, für die Ermittlung der dynamischen Steifigkeit einheitlich eine

harmonische Erregung zugrunde zu legen. Die dynamische Steifigkeit ist dann als Verhältnis der Amplitude des grundharmonischen Anteils der Kraft zum grundharmonischen Anteil der Auslenkung bei einer bestimmten Kraftamplitude und Vorlast definiert.

3.1.17 dynamische Nachgiebigkeit; Rezeptanz $N(f)$ Reziprokwert der dynamischen Steifigkeit.

3.1.18 statischer und dynamischer Bettungsmodul C_{stat} und C_{dyn} bei flächig eingeleiteter Kraft die statische bzw. die dynamische Steifigkeit je Flächeneinheit bei flächenhaft ausgebildeten elastischen Elementen des Oberbaus. Er wird in N/mm³ angegeben.

ANMERKUNG: Da in der vorliegenden Norm unter den elastischen Elementen des Oberbaus von Schienenfahrwegen allein Bauteile verstanden werden, wird hier der in der Praxis übliche Begriff Bettungsmodul für die Kennzeichnung der auf seine Fläche A bezogenen Steifigkeit eines elastischen Elements verstanden.

3.1.19 Belastungskennlinie Darstellung des Zusammenhangs zwischen einer eingeleiteten Kraft F und der Verformung s in Richtung der Belastung (siehe z. B. Bild 1a und Bild C.1).

3.1.20 Kennlinie der flächenbezogenen Belastung Darstellung des Zusammenhangs zwischen einer eingeleiteten flächenbezogenen Belastung $\sigma = F/A$ in Normalenrichtung oder einer Scherbelastung τ und der Verformung s in Richtung der Belastung (siehe z. B. Bild 1b).

3.1.21 Tangentensteifigkeit $k_{\text{stat}}(F)$ Steigung $\frac{dF}{ds}$ der Belastungskennlinie in einem bestimmten Belastungspunkt F (siehe Bild 1a).

ANMERKUNG: Siehe Anmerkungen zu 3.1.22.

3.1.22 Tangentenmodul $C_{\text{stat}}(\sigma)$ bei flächig belasteten elastischen Elementen die Tangentensteifigkeit je Flächeneinheit: $C_{\text{stat}}(\sigma) = k_{\text{stat}}(F)/A$ mit A Fläche des Prüfkörpers und $\sigma = F/A$ (siehe Bild 1b).

ANMERKUNG 1: Die Tangentensteifigkeit und der Tangentenmodul werden üblicherweise für festgelegte Belastungspunkte angegeben.

ANMERKUNG 2: In der vorliegenden Norm wird die Tangentensteifigkeit aus der Belastungskennlinie bzw. der Tangentenmodul aus der Kennlinie der flächenbezogenen Belastung bei ansteigender Belastung ermittelt.

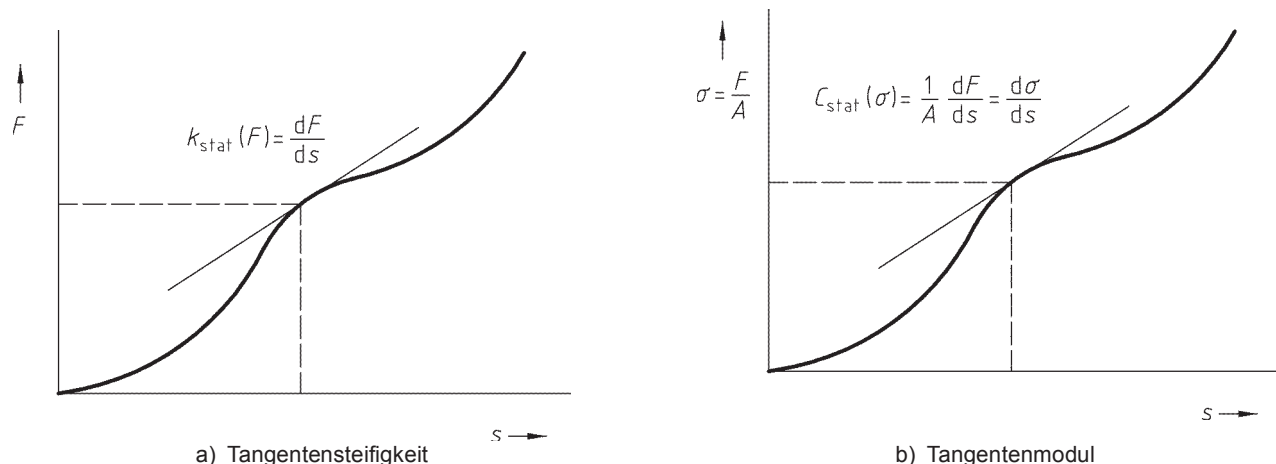


Bild 1: Bestimmung der Tangentensteifigkeit und des Tangentenmoduls

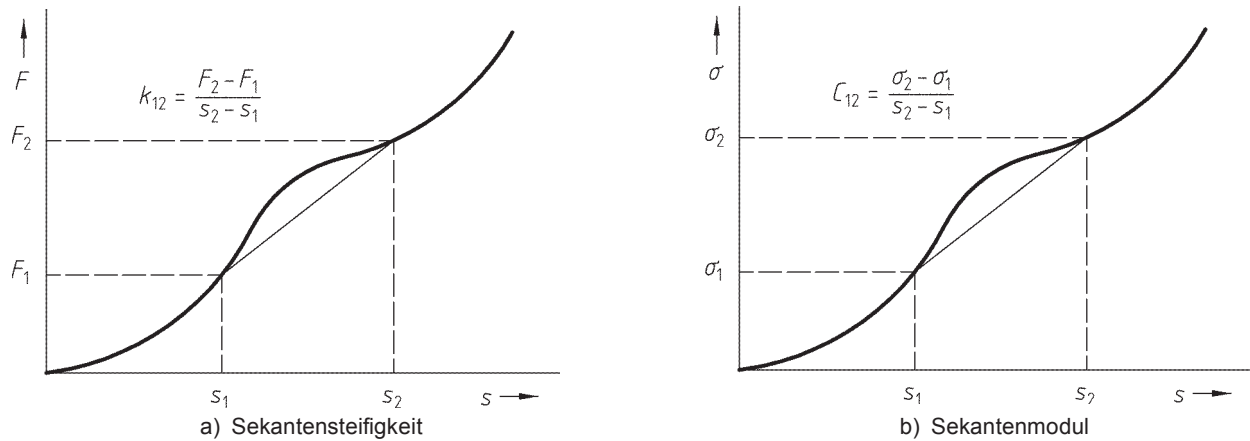


Bild 2: Bestimmung der Sekantensteifigkeit und des Sekantenmoduls

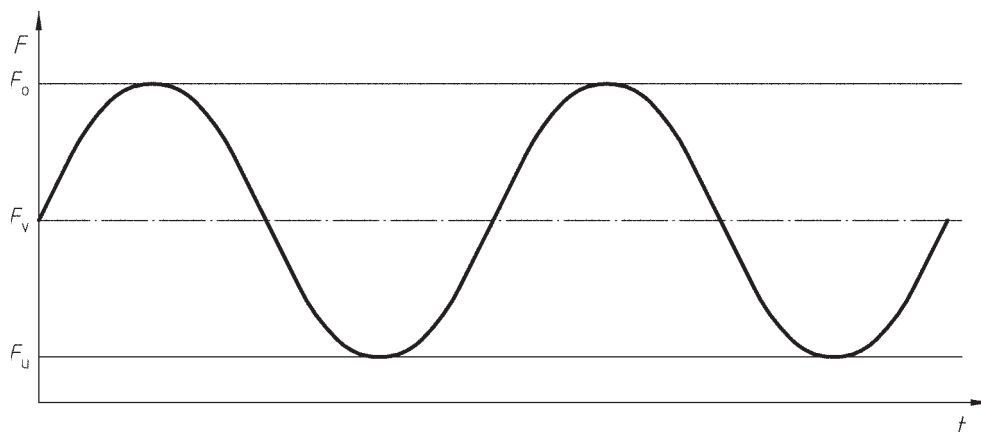


Bild 3: Vorlast F_v , Unterlast F_u und Oberlast F_o bei dynamischer Belastung $F(t)$

3.1.23 Sekantensteifigkeit k_{12} Steigung der Sekante durch zwei Lastpunkte der Belastungskennlinie (siehe Bild 2a und Bild C.1).

ANMERKUNG: Siehe Anmerkung zu 3.1.24.

3.1.24 Sekantenmodul C_{12} bei flächig belasteten elastischen Elementen die Steigung der Sekante durch zwei Belastungspunkte der Kennlinie der flächenbezogenen Belastung (siehe Bild 2b).

ANMERKUNG: In der vorliegenden Norm wird die Sekantensteifigkeit aus der Belastungskennlinie bzw. der Sekantenmodul aus der Kennlinie der flächenbezogenen Belastung bei ansteigender Belastung ermittelt.

3.1.25 dynamische Versteifung q Verhältnis zwischen dem dynamischen Bettungsmodul C_{dyn} nach 3.1.18 und dem statischen Bettungsmodul C_{stat} als Tangentenmodul nach 3.1.22 bei gleicher Vorlast. Die dynamische Versteifung ist also abhängig von der Vorlast und der Frequenz, bei der der dynamische Bettungsmodul ausgewertet wird.

ANMERKUNG: Bei Einzelementen sind anstelle der Moduli die entsprechenden Steifigkeiten zu verwenden.

3.1.26 mechanische Impedanz $Z(f)$ Verhältnis der Amplitude einer Kraft zur Amplitude der Schwinggeschwindigkeit während einer harmonischen Bewegung, also der Betrag der komplexen Impedanz. Die mechanische Impedanz wird in $\text{N}/(\text{m/s}) = \text{Ns/m}$ angegeben.

ANMERKUNG 1: Bezüglich der Auswirkungen von Nichtlinearitäten gelten in analoger Weise die Aussagen in Anmerkung 3 von 3.1.16.

ANMERKUNG 2: Mit der Impedanz wird der Widerstand eines elastischen Elementes des Oberbaus oder des gesamten Oberbaus gegenüber der Erregung von Körperschall, charakterisiert durch die Schwinggeschwindigkeit, beschrieben.

3.1.27 mechanische Admittanz $Y(f)$ Reziprokwert der mechanischen Impedanz.

3.1.28 Einfügungsdämmung Verhältnis der Leistung der Schwingungen (z. B. Körperschalleistung), die ohne das zu untersuchende elastische Element in die angrenzende Struktur eingeleitet wird, zu derjenigen mit dem zu untersuchenden elastischen Element.

ANMERKUNG 1: Die Einfügungsdämmung ist nur dann vom gewählten Messort weitgehend unabhängig, wenn die Randbedingungen (z. B. Untergrund, Tunnelkonstruktion, Gebäudekonstruktion, Fahrzeugart) gleichartig sind.

ANMERKUNG 2: Siehe auch Anhang B von DIN 45672-2 : 1995-07.

ANMERKUNG 3: Die Einfügungsdämmung lässt sich unter Verwendung der für das elastische Element ermittelten Kennwerte und Kennfunktionen berechnen (Literatur zur Berechnung siehe Anhang D).

3.1.29 Einfügungsdämm-Maß D_e zehnfacher dekadischer Logarithmus der Einfügungsdämmung.

3.1.30 Frequenzgang; Übertragungsfunktion $H(f)$ im Sinne dieser Norm das Verhältnis der Amplitude eines Schwingweges zur Amplitude der Kraft während einer harmonischen Bewegung als Funktion der Frequenz, also der Betrag der komplexen Übertragungsfunktion.

3.1.31 Vorlast F_v statische Belastung, die auf ein elastisches Element des Oberbaus aufgebracht wird, bevor die dynamische Belastung als Wechselbelastung einwirkt. Die Vorlast ist also die Mittellast bei einer dynamischen Belastung (siehe Bild 3).

3.1.32 Unterlast F_u Minimallast bei einer dynamischen Belastung (siehe Bild 3).

3.1.33 Oberlast F_o Maximallast bei einer dynamischen Belastung (siehe Bild 3).

3.1.34 Konditionierung (eines Bauelementes des Oberbaus) die Lagerung von elastischen Bauelementen des Oberbaus in erster Linie bei einer bestimmten Temperatur, relativen Luftfeuchte, Lagerung in Wasser, Alterung und Vorlast für eine festgesetzte Dauer unmittelbar vor Prüfbeginn.

ANMERKUNG: Siehe auch DIN ISO 471. Die Konditionierung ist für Bauelemente aus Elastomer und ähnlichen Materialien wichtig.

3.2 Formelzeichen

C_{12}	Sekantenmodul	N/mm ³
C_{dyn}	dynamischer Bettungsmodul	N/mm ³
C_{stat}	statischer Bettungsmodul	N/mm ³
$C_{\text{stat}}(\sigma)$	Tangentenmodul in einem bestimmten Belastungspunkt σ	N/mm ³
d	Dämpfungskoeffizient	Ns/m
D_e	Einfügungsdämm-Maß	dB
f	Frequenz	Hz
f_0	Eigenfrequenz eines schwingungsfähigen Systems	Hz
f_j	Prüffrequenzen	Hz
F	Kraft	kN
$\hat{F}$	Kraftamplitude	kN
F_1, F_2	Belastungspunkte	kN
F_d	Dämpfungskraft	kN
F_e	auf den Schienenkopf schräg aufgebrachte Kraft	kN
F_{max}	Maximallast	kN
F_o	Oberlast	kN
F_u	Unterlast	kN
F_v	Vorlast	kN
F_y	Horizontalkraft	kN
F_z	Vertikalkraft	kN
G	spektrale Leistungsdichte (Einheit problembezogen)	
$H(f)$	Frequenzgang, Übertragungsfunktion (Einheit problembezogen)	
i	imaginäre Einheit	
k_{12}	Sekantensteifigkeit	kN/mm
k_d	dynamische Steifigkeit	kN/mm
$k_e(f)$	von der Frequenz f abhängige Steifigkeit	kN/mm
k_k	komplexe Steifigkeit	kN/mm

k_k	Betrag der komplexen Steifigkeit	kN/mm
k_{stat}	statische Steifigkeit	kN/mm
$k_{\text{stat},y}$	horizontale statische Steifigkeit	kN/mm
$k_{\text{stat},z}$	vertikale statische Steifigkeit	kN/mm
$k_{\text{stat}}(F)$	Tangentensteifigkeit in einem bestimmten Belastungspunkt F	kN/mm
L_v	Schwingschnellepegel	dB
$N(f)$	dynamische Nachgiebigkeit, Rezeptanz	mm/kN
p	(Kraft-)Erregung	kN
q	dynamische Versteifung (dimensionslos)	
s	Verformung	mm
$\hat{s}$	Verformungsamplitude	mm
t	Zeitvariable	s
T_n	Terz	
v	Schwinggeschwindigkeit	mm/s
$Y(f)$	mechanische Admittanz	m/Ns
$Z(f)$	mechanische Impedanz	Ns/m
α	Winkel der Schrägbelastungseinrichtung	rad
δ_h	Verlustwinkel	rad
η_h	Verlustfaktor (dimensionslos)	
Δ	logarithmisches Dekrement (dimensionslos)	
$\sigma = F/A$	Belastung je Flächeneinheit in Normalenrichtung	N/mm ²
τ	Scherbelastung je Flächeneinheit	N/mm ²

4 Allgemeines

4.1 Anforderungen an den Prüfaufbau

Im Zusammenhang mit den in dieser Norm zu ermittelnden Kennwerten elastischer Elemente des Oberbaus sind spezielle Prüfaufbauten notwendig, wie sie z. B. in DIN EN ISO 10846-2 und in TL 918 071 (für Unterschottermatten) angegeben sind. Trotz spezifischer Unterschiede der Prüfaufbauten gibt es einige gemeinsame Anforderungen, die erfüllt werden müssen:

- starres Fundament; in DIN EN ISO 10846-2 wird dafür ein quantitatives Kriterium genannt.
- Die Reaktionskräfte des Schwingungserregers dürfen zu keiner wesentlichen Beeinflussung der Messgrößen führen.
- Der Prüfaufbau darf im untersuchten Frequenzbereich keine Resonanzen aufweisen.
- Die Lastverteilungsplatten auf beiden Seiten des Prüfkörpers sind so anzuordnen, dass nur die zu untersuchende Schwingungsrichtung angeregt wird (z. B. keine Kipp- oder Drehbewegungen bei einer rein translatorischen Anregung). Bezüglich der Auswirkung der Trägheit der Lastverteilungsplatten auf die Messergebnisse siehe DIN EN ISO 10846-2.

4.2 Anforderungen an die Messtechnik

Bei der Durchführung der Messungen sind, soweit zutreffend, die folgenden Anforderungen einzuhalten:

- Die Genauigkeit der ermittelten Übertragungsfunktion ist mittels der Kohärenzfunktion zu überprüfen.
- Bei Gleitsinuserregung sind zur Erhöhung des Signal-Stör-Abstandes Mitlauffilter zu verwenden.
- Weitere Anforderungen, z. B. bezüglich der Anbringung der Aufnehmer an den Lastverteilungsplatten, sind DIN EN ISO 10846-2 zu entnehmen.