

DIN 30786-2

ICS 55.020

Ersatz für
DIN 30786-2:2005-06**Transportbelastungen –
Datensammlung von mechanisch-dynamischen Belastungen –
Teil 2: Wertesammlungen**

Transportation loads –
Data collection of dynamic mechanical loads –
Part 2: Collection of data

Charges de transport –
Regroupement de données des charges dynamiques-mécaniques –
Partie 2: Regroupement de valeurs

Gesamtumfang 107 Seiten

Normenausschuss Verpackungswesen (NAVp) im DIN

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Allgemeine Angaben zur Darstellung der Transportbelastungen	7
5 Vorgehensweise zur Erfassung von Transportbelastungsdaten	9
6 Inhaltsverzeichnis der Anhänge zur Wertesammlung	11
Anhang A (informativ) Straßentransport.....	12
A.1 Gemessene Werte	13
A.1.1 Vertikale Vibrationsspektren auf der Ladefläche verschiedener Fahrzeuge beim Befahren von Landstraßen, gepflasterten Straßen und Gelände	13
A.1.2 Vibrationsspektren gemessen in vertikaler Richtung auf einer einzigen LKW/Nutzlast-Kombination – das Fahrzeug ist mit Blattfedern ausgerüstet	14
A.1.3 Vergleich der Vibrationsbelastungen in verschiedenen Richtungen auf einem Anhänger mit Blattfederung, beladen mit 18 144 kg und bei einer Fahrt auf einer Beton-Autobahn mit einer Geschwindigkeit von 88 km/h	16
A.1.4 Spektren von LKW/Anhänger-Kombination mit verschiedenen Federungssystemen und verschiedenen Lasten	18
A.1.5 BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH – Auslieferfahrt.....	20
A.1.6 BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH – Fernfahrt	22
A.1.7 Vertikalspektrum eines 15 t-LKW während der Fahrt auf einer Asphaltstraße in Ortschaften und auf Überlandstraßen	24
A.1.8 Straßentransport mit verschiedenen Fahrzeuggrößen und bei verschiedenen Geschwindigkeiten	25
A.1.9 Intermodal Shipping Environment	27
A.1.10 Vergleich zwischen Luft- und Blattfederung eines LKW	29
A.1.11 Vertikalspektren gemessen auf einem Anhänger, der auf Beton-Autobahnen mit einer Geschwindigkeit von 88 km/h fuhr und verschieden schwer beladen war – der Anhänger war mit Blattfedern ausgerüstet	31
A.1.12 LKW-Transport von Automobilmotoren in einem 40 Fuß langen, blattgefederten Sattelanhänger auf Stadtstraßen und Autobahnen – die Schwingungen wurden am Boden des Anhängers im Bereich der Hinterachse gemessen – es wurde mit einer Abtastrate von 500 Hz gearbeitet	33
A.2 Prüfspektren.....	35
A.2.1 Allgemeines	35
A.2.2 Vertikale LKW Transport-Prüfspektren. Pegel II ist identisch mit dem Spektrum aus ASTM D 4728:1991	35
A.2.3 Straßentransport bis zum vorgeschobenen Depot	36
A.2.4 Straßentransport-Prüfspektren	37
A.2.5 Vertikale Straßentransport-Prüfspektren	38
A.2.6 LKW-Schwingbelastungen auf USA-Autobahnen	38
A.2.7 Allgemeines vertikales Straßentransport-Prüfspektrum	39
A.2.8 Verschiedene Werksnormen eines Fahrzeugherstellers sowie eines Herstellers für Ein- und Anbauteile für die Fahrzeugindustrie und für Airbag im Vergleich zur DEF STAN 00-35, Teil 5.....	40
A.2.9 Prüfdauer und Leistungsdichtespektrum abgeleitet von Messdaten westeuropäischer Transporte	42
A.3 Sonstige Informationen.....	44
A.3.1 Klassen von Einflussgrößen – Klassifizierung von vertikalen Vibrationsparametern für den Transport.....	44
A.3.2 Sammlung weiterer Parameter	45

Anhang B (informativ) Innerbetriebliche Transporte, Messungen am Transportmittel	48
B.1 Gemessene Werte	48
B.1.1 Stoßbelastungen, gemessen bei der Handhabung von Paletten mit Gabelstaplern – die Stoßbelastungen wurden in Fahrtrichtung des Gabelstaplers gemessen – die Messstelle befindet sich auf der Palette, in der Nähe der Aufprallstelle von Palette und Gabelstapler	48
B.1.2 Messdaten weiterer innerbetrieblicher Transporte	49
B.2 Prüfspektren	49
Anhang C (informativ) Lagerung, Umschlag und innerbetrieblicher Transport, Messungen im oder am Packstück	50
Anhang D (informativ) Schienentransport	51
D.1 Gemessene Werte	51
D.1.1 Schienentransport bis zum vorgelagerten Depot	51
D.1.2 Schienentransport mit „Wagon GDE“ mit 2 Drehgestellen, Güterwagen mit Schiebelehrform und Flachbettwagen mit 2 Drehgestellen – dieses Spektrum gilt für alle drei Wagentypen	52
D.1.3 Schienentransport von Automobil-Motoren in Amerika	54
D.2 Prüfspektren	55
D.2.1 Vertikal-Prüfspektren für Schienentransport – Pegel II ist identisch mit dem Spektrum aus ASTM D 4728:1991	55
D.2.2 Vertikal-Prüfspektren der Kategorie 1 (am Fahrzeugkörper angebaut), für Klasse A: Schränke, Unterbaugruppen, Ausrüstungen und Bauteile, die direkt auf oder unter dem Fahrzeugkörper angebaut sind	56
D.2.3 Schienentransport-Prüfspektrum	58
Anhang E (informativ) Schiffstransport	59
E.1 Gemessene Werte	59
E.1.1 Seetransport mit Frachter: 5 000 t < Nutzlast (NL) < 15 000 t	59
E.1.2 Messdaten weitere Schiffstransporte	60
E.2 Prüfspektren	60
E.2.1 Vertikales Vibrationsspektrum eines Schiffstransportes	60
E.2.2 Prüfspektren weitere Schiffstransporte	61
Anhang F (informativ) Kombinierte Transport	62
F.1 Allgemeines	62
F.2 Gemessene Werte	63
F.2.1 Schienentransport verschiedener Straßenfahrzeuge	63
F.2.2 Messdaten weitere kombinierter Transporte	64
F.2.3 Prüfspektren	64
Anhang G (informativ) Lufttransport	65
G.1 Gemessene Werte	66
G.1.1 Lufttransport bis zum vorgelagerten Depot mit einem Vickers Viscount VC 10-Flugzeug mit Düsenantrieb	66
G.1.2 Lufttransport mit einer Herkules MK 1 mit Turbopropeller-Antrieb	67
G.1.3 Lufttransport mit Turbopropeller-Flugzeug	68
G.1.4 Spektren von Helikoptern verschiedener Größe bei seitlichem Abheben	70
G.1.5 Luftfracht-Transport – Vertikal, Palettenmitte	72
G.1.6 Luftfracht-Transport – Vertikal, Palettenecke	74
G.1.7 Luftfracht-Transport – Längs	76
G.1.8 Luftfracht-Transport – Transversal	78
G.1.9 Warentransport auf dem Flughafenareal – Vertikal, Palettenecke	80
G.1.10 Warentransport auf dem Flughafenareal – Vertikal, Palettenmitte	82
G.1.11 Warentransport auf dem Flughafenareal – Transversal	84
G.1.12 Warentransport auf dem Flughafenareal – Längs	85
G.2 Prüfspektren	87
G.2.1 Vertikale Prüfspektren für Lufttransport	87
G.2.2 Vertikales Prüfspektrum für Transport mit Propellerflugzeug – Beispiel: Herkules C 130	88

G.2.3	Lufttransport mit Düsenflugzeug – die Spektren gelten für die Ladefläche als auch im Container	89
G.2.4	Helikoptertransport – Ladung gesichert	90
G.2.5	Transport mit Propellerflugzeug – Ladung gesichert	91
G.3	Sonstige Informationen.....	92
G.3.1	Transportflugzeug mit Strahlantrieb.....	92
G.3.2	Transportflugzeug mit Propellerantrieb – Flugbedingungen.....	93
G.3.3	Transportflugzeug mit Propellerantrieb – verschiedene Messstellen	94
G.3.4	Transport-Helikopter	95
G.3.5	Messstellenanordnungen in verschiedenen Flugzeugtypen	97
Anhang H	(informativ) Kurzfassung der Wertesammlung	99
Anhang I	(informativ) Gleichungen zur Berechnung des Gesamteffektivwertes eines geglätteten Spektrums	105
Literaturhinweise		106

Vorwort

Dieses Dokument wurde im Normenausschuss Verpackungswesen (NAVp), Arbeitsausschuss NA 115-01-04 AA „Anforderungen und Prüfung“ erarbeitet bzw. überarbeitet. Die Norm ist Teil eines normativen Gesamtkonzepts zur Erfassung und Beschreibung von Belastungen, die bei Transport, Umschlag und Lagerung von Gütern auftreten und auf diese einwirken können.

Besondere Bedeutung erlangt die Norm im Rahmen der Umsetzung der Europäischen Richtlinie über Verpackungen und Verpackungsabfälle (Richtlinie 94/62/EG vom 20. Dezember 1994). Die darin enthaltene Zielsetzung zur Vermeidung, beziehungsweise Reduzierung von Verpackungsabfällen erfordert unter anderem, dass zur Wahrung eines ausreichenden Schutzes der Transportgüter der notwendige Verpackungsaufwand auf die zu erwartenden Transportbelastungen abgestimmt wird. Dies setzt jedoch die Kenntnis der beim Versand typischerweise auftretenden Transportbelastungen voraus.

In nationalen und internationalen Normenwerken fehlen derzeit jedoch noch auf wissenschaftlich gesicherten Werten basierende Grundlagennormen, die Transportbelastungen, insbesondere im Bereich der mechanisch-dynamischen Belastungen, hinreichend beschreiben und mit technischen Größen charakterisieren. Die Ursache hierfür ist in erster Linie ein Mangel an veröffentlichten Daten, die unzureichende Beschreibung der Messungen oder Einschränkungen bezüglich der Verallgemeinerungsfähigkeit.

Mit der vorliegenden Norm wird eine Datensammlung von mechanisch-dynamischen Transportbelastungen bereitgestellt, die auf dem bisherigen Stand von Veröffentlichungen in nationalen und internationalen Normen, Regelwerken und wissenschaftlichen Veröffentlichungen beruht.

Die Genehmigung zum Abdruck der einzelnen Messergebnisse wurde von den Autoren eingeholt.

Obwohl die Datenbasis von Fachleuten als unzureichend und mit Mängeln in der Dokumentation hinsichtlich des Ursprungs der Daten bewertet wird, kann sie als erste Orientierungshilfe gesehen werden. Mit fortschreitenden Erkenntnissen soll sie Zug um Zug erweitert und überarbeitet werden. Kritische Kommentare und Bewertungen oder Ergänzungen der Daten durch neuere Messungen sind daher sehr willkommen und können dem Arbeitsausschuss übergeben werden.

Diese Norm enthält neben den gesetzlichen Einheiten auch die Einheiten „Fuß“, „Inch“ und „Meile“, die in Deutschland nicht zugelassen sind. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Anwendung dieser Einheiten im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr aufgrund des Gesetzes über Einheiten im Messwesen nicht zulässig ist. Die Angabe dieser Einheiten dient lediglich als Hilfe im amtlichen und geschäftlichen Verkehr (z. B. bei Einfuhr und Ausfuhr) mit solchen Staaten, die diese Einheiten anwenden.

Umrechnung

1 Fuß	=	30,48 cm
1 Inch	=	2,54 cm
1 Meile	=	1,609 344 km

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber DIN 30786-2:2005-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Normative Verweisungen aktualisiert;
- b) Bild 1 und Bilder im Anhang I aktualisiert;
- c) Werte und Bild in A.2.4 gestrichen und dafür Hinweis auf DIN EN ISO 13355 aufgenommen;
- d) neue Werte in A.2.8 eingefügt;
- e) redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 30786-2: 2005-06

Einleitung

Transportbelastungen gehen von technischen Einrichtungen (z. B. Transportmittel, Umschlag- und Fördergeräte), Handhabungen (z. B. Kippen, Werfen, Absetzen, Stauen) und Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur, Feuchtigkeit, Sonnenlicht, Luftverunreinigungen) aus und führen zu Transportbeanspruchungen an der Verpackung und am Transportgut, die gegebenenfalls Beschädigungen hervorrufen können. Art und Stärke der Beanspruchungen hängen von der Beschaffenheit der Ware (z. B. Temperatur- oder Stoßempfindlichkeit) und ihrer Verpackung ab und können in der Regel nur einzelfallbezogen bestimmt und bewertet werden.

Transportbelastungen werden zur besseren Vergleichbarkeit direkt am Transportmittel (und nicht im Innern einer Verpackung oder im Transportgut) und daher in erster Näherung unabhängig vom Transportgut ermittelt und beschrieben.

Zur Bestimmung der Transporttauglichkeit einer Ware werden oftmals vorab Laboruntersuchungen durchgeführt, bei denen typische Transportbelastungen simuliert werden. Häufig ist es auch sinnvoll, Messdaten von mechanisch-dynamischen Transportbelastungen unterschiedlicher Quellen miteinander zu vergleichen. Dazu ist eine einheitliche Darstellung dieser Daten erforderlich.

Die vorliegende Norm enthält in einheitlicher Form eine Zusammenstellung von Daten der mechanisch-dynamischen Belastungen, wie sie auf der Ladefläche eines Transportmittels bei sachgemäßer Durchführung des Transports auftreten können. Diese Wertesammlung basiert auf zahlreichen Unterlagen über Messungen und Untersuchungen von Transportbelastungen und gibt den aktuellen Kenntnisstand wieder. Damit stellt diese Norm für einen weiten Kreis potentieller Nutzer eine Grundlage für die Ableitung von Prüfbedingungen für standardisierbare Prüfverfahren und Transportsimulationen im Labor dar und bietet eine Grundlage für die Diskussion in der Fachöffentlichkeit. Sie selbst ist keine Prüfvorschrift.

Die in dieser Norm dargestellten Werte sind Ergebnisse von Messverfahren, die analysiert und mit Blick auf Plausibilität und Wahrscheinlichkeit ausgewählt wurden. Es wurden die Messbedingungen (soweit bekannt), die Prüfspektren oder Klassifizierungen und andere ergänzende Darstellungen zusätzlich angegeben, die einem besseren Verständnis der Belastungssituation und der Streuung der Belastungswerte in unterschiedlichen Transportsituationen oder an verschiedenen Stellen im Transportmittel dienen. Die Messbedingungen selbst konnten nicht überprüft werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in die Prüfspektren bereits Verallgemeinerungen, Glättungen, Überarbeitungen oder Vereinfachungen eingegangen sind, die nicht bewertet werden konnten. Deshalb sind die Prüfspektren mit größeren Unsicherheiten behaftet als die reinen Messergebnisse. Es kann angenommen werden, dass zahlreiche weitere Messungen durchgeführt wurden, deren Ergebnisse zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Norm noch nicht vorlagen.

Weiterhin muss erwähnt werden, dass die Angabe von Werten der spektralen Beschleunigungsdichte (PSD) zur Beschreibung der mechanisch-dynamischen Transportbelastungen entsprechend der Beschriftung der einzelnen Diagramme zur Darstellung der Transportbelastungen in g^2/Hz (entnommen der jeweiligen Literatur) erfolgt. Wir weisen jedoch darauf hin, dass die Angabe der PSD in dieser gemischten Form (Formelzeichen für Beschleunigung und Angabe der Einheit für Frequenz) nicht zulässig ist. In den DIN EN 60721-3-2 und DIN EN 60068-2-64 wird die PSD in $\text{m}^2/\text{s}^4/\text{Hz}$ oder m^2/s^3 angegeben.

Da die Werte nicht ausschließlich mittels genormter Messverfahren, d. h. entsprechend wissenschaftlich fundierter Kenntnisse, gewonnen wurden und auch nicht alle Einzelheiten und Ergebnisse in vollständiger Form bekannt sind, bedürfen diese Daten im Hinblick auf den jeweiligen Anwendungsfall einer sorgfältigen Analyse und Interpretation durch den Nutzer.

Außerdem erhebt diese Norm nicht den Anspruch auf Vollständigkeit.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm stellt eine Zusammenstellung von Daten zu mechanisch-dynamischen Transportbelastungen auf, wie sie auf den Ladeflächen von Transportmitteln (Land-, Luft- und Seefahrzeugen) beim üblichen Einsatz (keine Zufälle) auftreten können. Hierbei handelt es sich vorwiegend um mechanische Schwingungen in einem weiten Frequenzbereich sowie um Stoßbelastungen.

Die Norm stellt eine Grundlage dar für die Ableitung von Prüfbedingungen, die Bestandteil in Prüfnormen werden oder bei Transportsimulationen in Laboruntersuchungen zur Anwendung kommen.

Ziel dieser Norm ist es, eine einheitliche Darstellung der Daten zu mechanisch-dynamischen Transportbelastungen zur Verfügung zu stellen, die es den Anwendern ermöglicht, die einzelnen Daten zu analysieren und zu bewerten. Die jeweiligen Werte sind für universelle Nutzungen vorgesehen. Sie berücksichtigen nicht die Empfindlichkeit einzelner, unterschiedlicher Transportgüter, etwa im Hinblick auf die angegebenen Frequenzbereiche.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 30786-1, *Transportbelastungen — Datensammlung von mechanisch-dynamischen Belastungen — Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Übersicht über die Normenstruktur*

DIN EN 15433-2, *Transportbelastungen — Messen und Auswerten von mechanisch-dynamischen Belastungen — Teil 2: Datenerfassung und allgemeine Anforderungen an Messeinrichtungen*

DIN EN 15433-3, *Transportbelastungen — Messen und Auswerten von mechanisch-dynamischen Belastungen — Teil 3: Datengültigkeitsüberprüfung und Datenaufbereitung für die Auswertung*

DIN EN 15433-4, *Transportbelastungen — Messen und Auswerten von mechanisch-dynamischen Belastungen — Teil 4: Datenauswertung*

DIN EN 15433-5, *Transportbelastungen — Messen und Auswerten von mechanisch-dynamischen Belastungen — Teil 5: Ableitung von Prüfvorschriften*

DIN EN 15433-6, *Transportbelastungen — Messen und Auswerten von mechanisch-dynamischen Belastungen — Teil 6: Transportüberwachung mit automatischen Aufzeichnungsgeräten zur Messung stochastisch auftretender Stöße*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in DIN 30786-1 angegebenen Begriffe.

4 Allgemeine Angaben zur Darstellung der Transportbelastungen

Die angegebenen Daten wurden den Normen, der Fachliteratur, Projektberichten oder persönlichen Mitteilungen entnommen und einheitlich dargestellt. Soweit die Messbedingungen bekannt sind, wurden diese angegeben. Die Daten sind jedoch nicht nach Festlegungen nach DIN EN 15433 ermittelt worden.

Die Werte werden in Form von Tabellen und grafischen Darstellungen angegeben. Die Tabellen sind in die einzelnen Frequenzabschnitte gegliedert, wobei zu jedem Frequenzintervall das Leistungsdichtespektrum der Beschleunigung (Power Spectrum Density: PSD) in g^2/Hz dargestellt sind und für das gesamte Spektrum der Gesamteffektivwert (g_{RMS}) als Maß für die Gesamtbelastung angegeben wird.

Gleichungen zur Berechnung des Gesamteffektivwertes eines geglätteten Spektrums sind im Anhang I enthalten.

Um eine einheitliche Darstellung der unterschiedlich veröffentlichten Werte sicherzustellen, wurde die Darstellung eigenverantwortlich durchgeführt.

Vorzugsweise werden die Ergebnisse von Messfahrten dargestellt.

Darstellungen zum besseren Verständnis der Streuung der Belastungswerte in unterschiedlichen Transportsituationen oder an verschiedenen Stellen im Transportmittel, Prüfspektren oder Klassifizierungen zum besseren Verständnis der jeweiligen Belastungssituation wurden zusätzlich angegeben. (siehe hierzu Einleitung und Vorwort.)

Die jeweiligen Werte sind für universelle Nutzungen vorgesehen. Sie berücksichtigen nicht die Empfindlichkeit einzelner, unterschiedlicher Transportgüter, etwa im Hinblick auf die angegebenen Frequenzbereiche.

Es gibt Transportgüter, die im niederfrequenten Bereich empfindlich auf Belastungen reagieren und andere, wie etwa Mikroelektronik, Optoelektronik oder Feinmechanik, die auf hochfrequente Belastungen ansprechen.

Die Entscheidung, welche Teile eines Frequenzspektrums zur Prüfung herangezogen werden müssen, setzt die Kenntnis des Prüflings voraus und liegt daher beim Anwender.

5 Vorgehensweise zur Erfassung von Transportbelastungsdaten

Vorerst ist abzuklären, wie die Transportkette beschaffen ist, auf der sich das Transportgut bewegt. Vorteilhafterweise sollte dazu eine Liste erstellt werden, aus der hervorgeht, mit welchen Transportmitteln das Packgut während der einzelnen Phasen des gesamten Transportweges befördert wird. Daraus kann abgeleitet werden, welche mechanisch-dynamischen Belastungen hauptsächlich auftreten können. So können beispielsweise Stöße beim Umschlag und Rangieren auftreten, während Vibrationen beim Transport mittels Straßen-, Schienen-, Schiff- und Lufttransportmitteln auftreten. Bild 1 zeigt ein Beispiel einer solchen Transportkette.

Ferner ist zu ermitteln, auf welchen Transportwegen (Straße, Schiene, Wasser, Luft) ein Gut während seines Transportes vom Hersteller zum Anwender befördert wird. So ist beispielsweise beim Straßentransport auf schlechten Straßen mit höherfrequenten Schwingbelastungen zu rechnen, die, bedingt durch Schlaglöcher und/oder Fugen in den Straßendecken, von einer hohen Anzahl von Stößen begleitet werden. Bei Flugtransporten treten vermehrt hochfrequente Schwingungen auf, wobei bei der Landung mit hohen Stoßbelastungen zu rechnen ist.

Die bei einem Transport auftretenden mechanisch-dynamischen Belastungen sind nach DIN EN 15433-2 zu messen, um daraus später geeignete Prüfspezifikationen für die Transportsimulation ableiten zu können. In DIN EN 15433-2 werden Angaben gemacht, an welchen Messstellen gesicherte Daten für eine Transportsimulation ermittelt werden können.

Die ermittelten Daten sollten nach DIN EN 15433-3, DIN EN 15433-4 und DIN EN 15433-5 für eine Prüfspezifikation aufgearbeitet werden.

Falls die Transportbelastungen nicht selbst gemessen werden können, sind diese den anliegenden Anhängen zu entnehmen.

Werden hauptsächlich Stöße mit automatischen Aufzeichnungsgeräten gemessen, so müssen diese Geräte den Anforderungen nach DIN EN 15433-6 entsprechen.

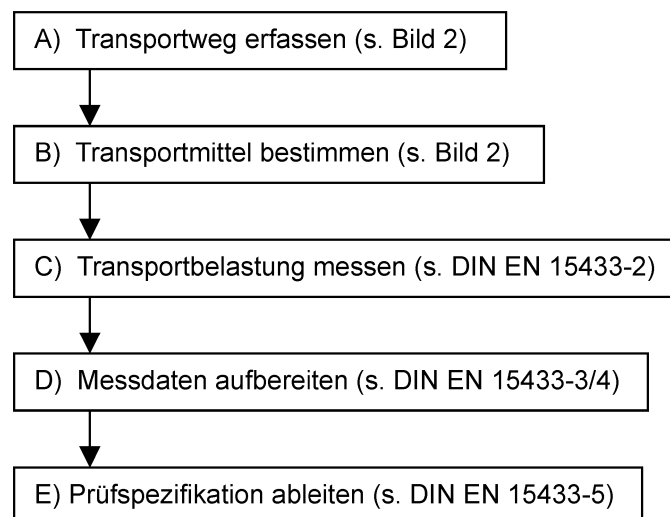


Bild 1 — Ablaufplan zur Ermittlung von Transportbelastungen

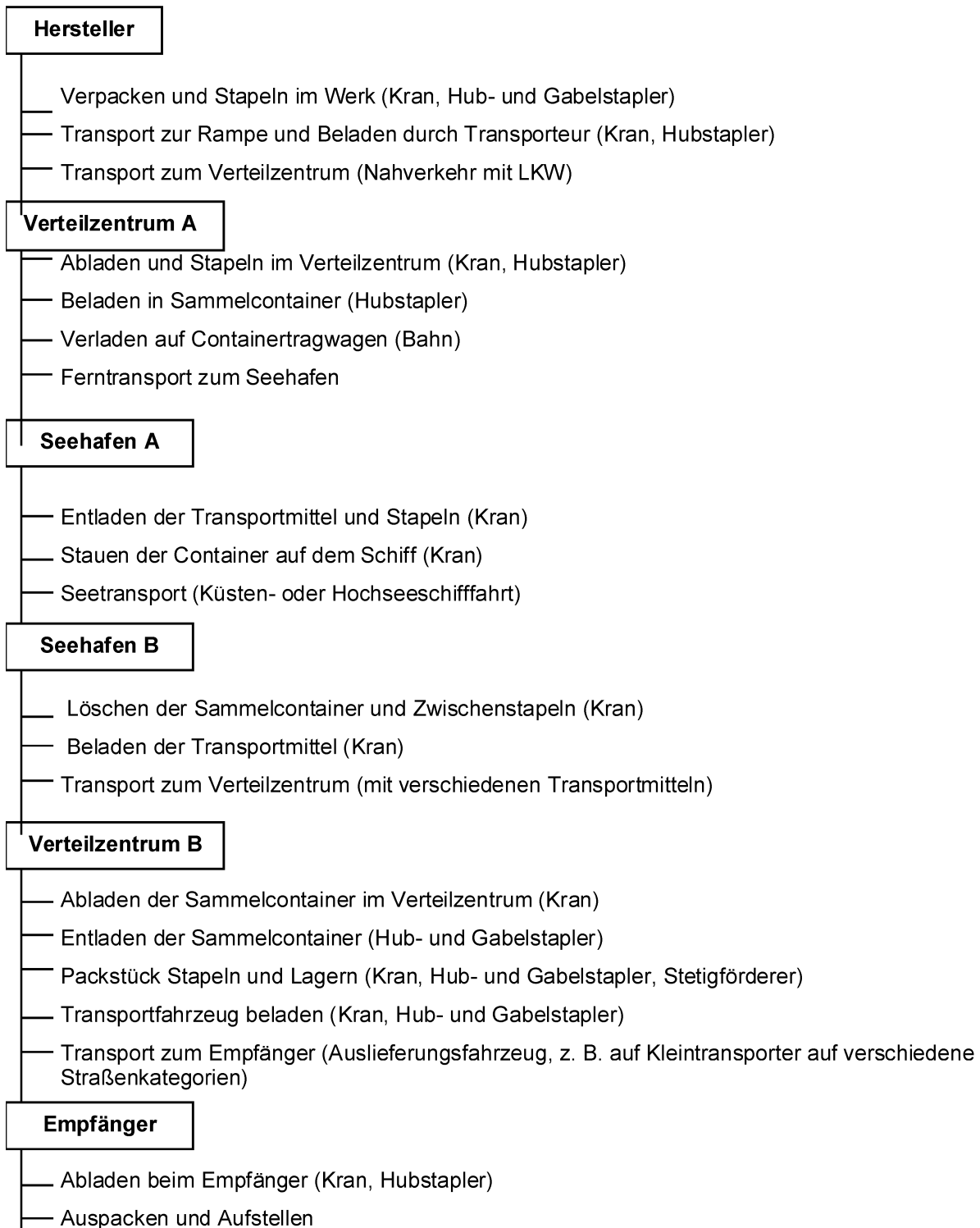


Bild 2 — Beispiel einer Transportkette mit Überseetransport

6 Inhaltsverzeichnis der Anhänge zur Wertesammlung

Anhang A (informativ) STRAßENTRANSPORT

Anhang B (informativ) INNERBETRIEBLICHE TRANSPORTE, MESSUNGEN AM TRANSPORTMITTEL

Anhang C (informativ) LAGERUNG, UMSCHLAG UND INNERBETRIEBLICHER TRANSPORT
(MESSUNGEN IM ODER AM PACKSTÜCK)

Anhang D (informativ) SCHIENENTRANSPORT

Anhang E (informativ) SCHIFFSTRANSPORT

Anhang F (informativ) KOMBINIRTER TRANSPORT

Anhang G (informativ) LUFTTRANSPORT

Anhang H (informativ) KURZFASSUNG DER WERTESAMMLUNG

Anhang I (informativ) GLEICHUNGEN ZUR BERECHNUNG DES GESAMTEFFEKTIVWERTES
EINES GEGLÄTTETEN SPEKTRUMS

Anhang A (informativ)

Straßentransport

Die im Anhang A aufgeführten Werte wurden folgenden Quellen entnommen:

A.1 Gemessene Werte

- A.1.1 AECP 1:1982
- A.1.2 ASTM D 4728:1991
- A.1.3 ASTM D 4728:1995
- A.1.4 ASTM D 4728:1995
- A.1.5 Auslieferfahrt; 2000
- A.1.6 Fernfahrt; 2000
- A.1.7 EXACT DK 1-237:1983
- A.1.8 GAM EG-13:1985
- A.1.9 Intermodal Shipping Environment; 1991
- A.1.10 Pierce et al.:1992
- A.1.11 Singh S. Paul, et al; 1992
- A.1.12 Singh S. Paul, et al; 1995

A.2 Prüfspektren

- A.2.1 ASTM D 4169:1999
- A.2.2 DEF STAN 00-35, Teil 5; 1992
- A.2.3 ETS 300 019-2-2:1992
- A.2.4 DIN EN ISO 13355:2003
- A.2.5 MIL-STD-810 F, Methode 514.5C, Bild 514.5C-1; 2000
- A.2.6 NATO AECTP 400:1995
- A.2.7 Verschiedene Werksnormen eines Fahrzeugherstellers sowie eines Herstellers von Einbau- und Anbauteilen für die Fahrzeugindustrie und für Airbag, im Vergleich zur DEF STAN 00-35, Teil 5;1999

A.3 Sonstige Informationen

- A.3.1 BS EN 60721-3-2:1997; IEC 60721-3-2:1997; DIN EN 60721-3-2:1998-03
- A.20 DEF STAN 00-35, Teil 5; 1992, Schockantwort Spektrum
- A.21 DEF STAN 00-35, Teil 5; 1992, Schwingungsverhalten eines Land Rover auf verschiedenen Straßen
- A.22 DEF STAN 00-35, Teil 5; 1992, Einfluss der Beladung auf die Intensität der Fahrzeugschwingung
- A.23 DEF STAN 00-35, Teil 5; 1992, Schwingintensität an verschiedenen Orten eines Sattelschleppers

A.1 Gemessene Werte

A.1.1 Vertikale Vibrationsspektren auf der Ladefläche verschiedener Fahrzeuge beim Befahren von Landstraßen, gepflasterten Straßen und Gelände

Tabelle A.1 — Beschleunigungsspektren verschiedener Fahrzeuge in Funktion verschiedener Straßen (siehe Bild A.1)

Frequenz Hz	PSD A g^2/Hz	PSD B g^2/Hz	PSD C g^2/Hz
3		0,01	
3,2			0,05
3,5	0,14		
4		0,015	0,04
4,5	0,055	0,02	
5	0,055	0,013 5	0,02
5,2	0,05	0,01	
6		0,006	0,017
7	0,02	0,003	
8		0,002	
8,5		0,001 5	
9			0,01
10	0,018	0,001 8	0,009
20	0,017	0,000 3	0,002 5
25		0,000 23	
30	0,008	0,000 1	0,001 3
40	0,007 5		
50	0,002		0,000 7
60			0,000 6
80			0,000 6
100			0,000 5
200			0,000 22
300			0,000 19
400			0,000 1
	0,800 2 g_{RMS}	0,742 7 g_{RMS}	0,549 5 g_{RMS}
A Bedford 3 t, 120 km/h, gepflasterte Straße			
B Bedford 3 t, 48 km/h, Landstraße			
C Land Rover, Gelände			

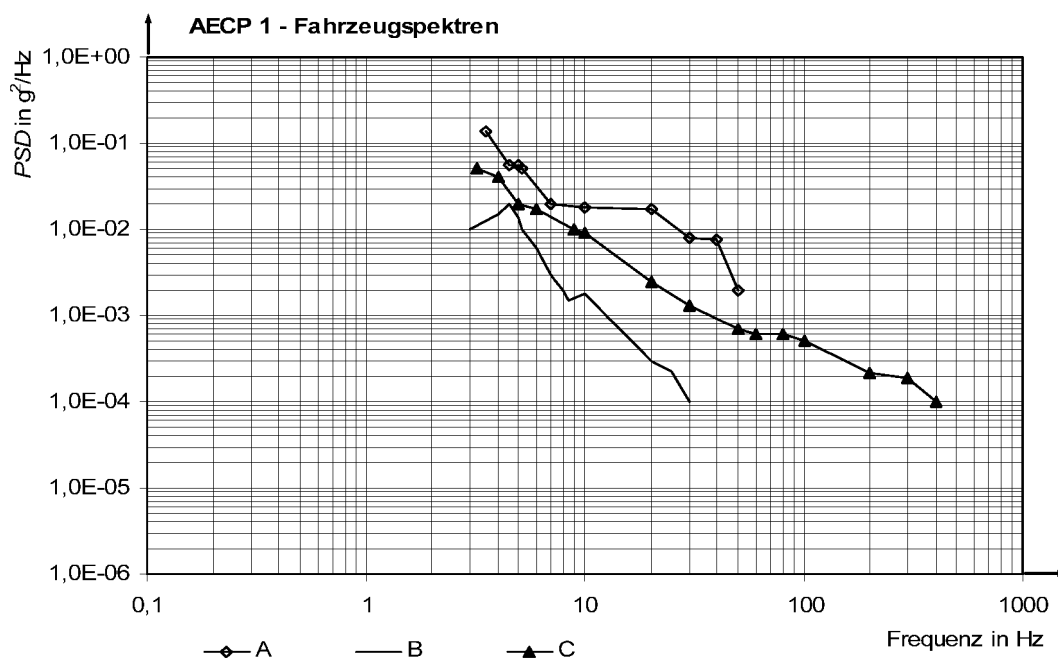


Bild A.1 — Fahrzeugspektren in Funktion von verschiedenen Straßen

A.1.2 Vibrationsspektren gemessen in vertikaler Richtung auf einer einzigen LKW/Nutzlast-Kombination – das Fahrzeug ist mit Blattfedern ausgerüstet

Tabelle A.2 — Vibrationsspektren in Funktion der Straßenkategorie (siehe Bild A.2)

	Werkgelände	Stadtstraße	Autobahn	Vorortstraße	Landstraße	Nebenstraße
Frequenz Hz	PSD A g^2/Hz	PSD B g^2/Hz	PSD C g^2/Hz	PSD D g^2/Hz	PSD E g^2/Hz	PSD F g^2/Hz
1,8	0,000 2	0,009	0,02	0,012 2	0,1	0,024 6
3,4	0,01	0,07	0,2	0,044 9	0,358	0,055
5,6	0,000 4	0,004	0,024 6	0,008	0,053 7	0,012
8,3	0,000 52	0,004	0,022 3	0,007	0,057 6	0,011
11,2	0,003	0,007	0,038 6	0,012 2	0,09	0,02
20	0,000 14	0,002	0,027 2	0,005	0,033 2	0,007
56	0,000 035	0,001	0,006	0,002	0,006	0,002
100	0,000 02	0,000 4	0,002	0,000 7	0,003 16	0,000 7
	0,163 7 g_{RMS}	0,483 9 g_{RMS}	1,156 5 g_{RMS}	0,602 7 g_{RMS}	1,482 6 g_{RMS}	0,693 8 g_{RMS}

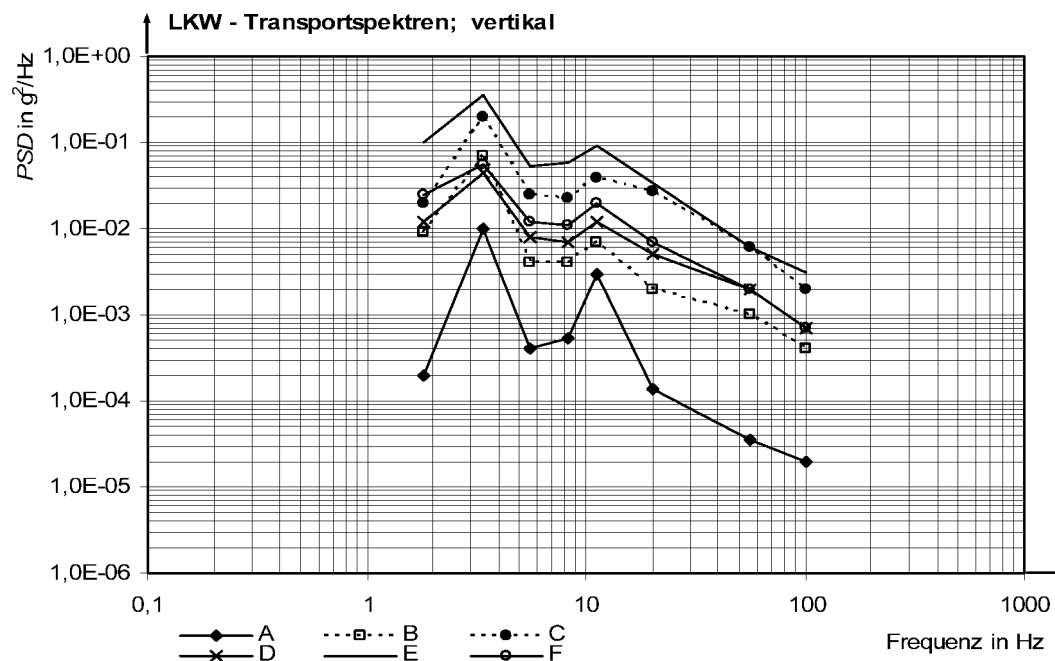


Bild A.2 — Vibrationsspektren in Funktion der Straßenkategorie

A.1.3 Vergleich der Vibrationsbelastungen in verschiedenen Richtungen auf einem Anhänger mit Blattfederung, beladen mit 18 144 kg und bei einer Fahrt auf einer Beton-Autobahn mit einer Geschwindigkeit von 88 km/h

Tabelle A.3 — Vertikal-, Quer- und Längsspektren eines Anhängers (siehe Bild A.3)

Frequenz Hz	Vertikal	Längs	Quer
	PSD g ² /Hz	PSD g ² /Hz	PSD g ² /Hz
1	0,000 75	0,000 069 1	0,000 069 1
2		0,000 166	0,000 1
3	0,022 8	0,000 494	0,000 1
4	0,01	0,000 353	
5			0,000 053 7
6	0,000 353	0,000 075	
7		0,000 084 5	0,000 353
8		0,000 23	
9	0,000 353		0,000 14
10		0,000 07	0,000 06
11	0,000 049 4	0,000 006 9	
14	0,000 1		0,000 353
16	0,001 8	0,001 684	0,01
17,5	0,001 96		
18,5	0,003 84	0,002 39	
22			0,002 74
23		0,001	
24	0,006 45		0,003 53
27,5	0,001		
30	0,001 4	0,000 1	0,000 166
40	0,001 1	0,000 298	0,001
46	0,000 35		0,002 32
50	0,000 14	0,000 1	0,000 635
55	0,001 66	0,000 384	0,000 439
60	0,000 42		0,000 324
70	0,000 202	0,000 14	0,000 196
82	0,000 537		
90		0,000 477	0,000 5
100	0,000 166	0,000 075 2	0,000 177
	0,351 8 g _{RMS}	0,186 4 g _{RMS}	0,307 g _{RMS}

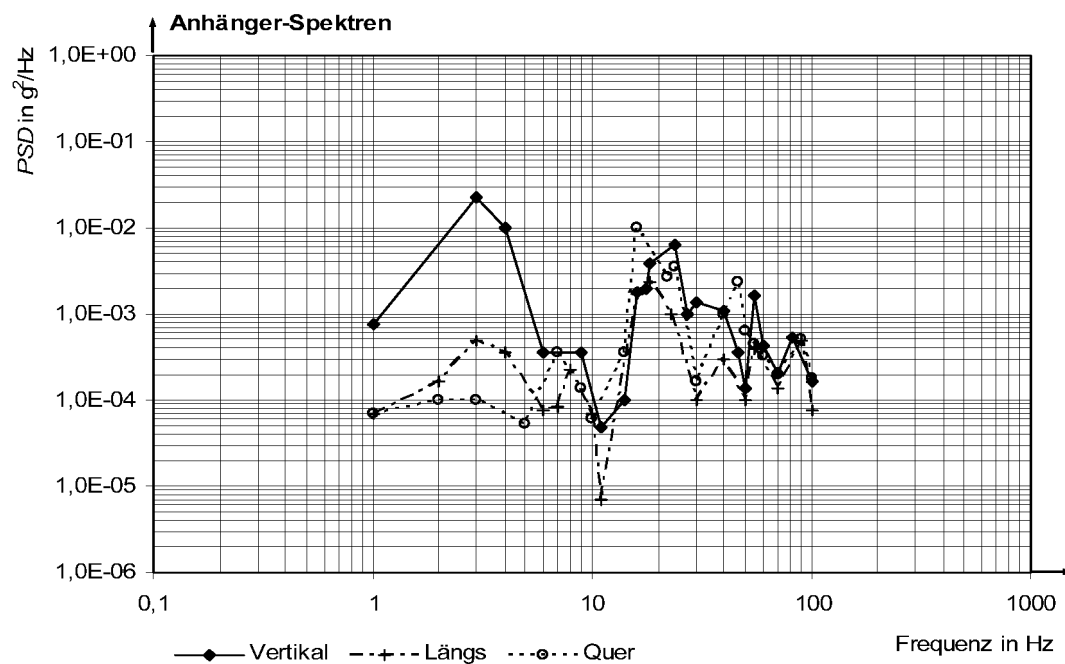


Bild A.3 — Vertikal-, Quer- und Längsbeschleunigung

A.1.4 Spektren von LKW/Anhänger-Kombination mit verschiedenen Federungssystemen und verschiedenen Lasten

Tabelle A.4 — LKW/Anhänger-Spektren in Funktion verschiedener Federungssysteme und verschiedener Lasten (siehe Bild A.4)

Frequenz Hz	Blattfederung	Blattfederung	Luftfederung	Luftfederung
	PSD A g ² /Hz	PSD B g ² /Hz	PSD C g ² /Hz	PSD D g ² /Hz
1	0,001	0,000 1	0,000 7	0,001 5
2		0,000 2	0,001 5	0,006
3	0,01	0,002	0,001	0,004
4	0,01	0,002		
5			0,000 05	0,000 08
6		0,000 05		0,000 08
7			0,000 08	0,000 15
8	0,000 1			
9			0,000 05	
10				0,000 09
14	0,002			
20	0,002	0,000 6	0,000 05	0,000 15
28		0,000 6		
30			0,000 2	0,000 4
32	0,000 1			
40	0,000 8		0,000 05	0,000 2
50		0,000 08	0,000 6	
55	0,000 8			
60	0,000 1	0,000 08	0,000 2	
100	0,000 06	0,000 005	0,000 2	0,000 2
	0,262 6 g _{RMS}	0,140 8 g _{RMS}	0,14 g _{RMS}	0,204 2 g _{RMS}
A 9 072 kg B 18 144 kg C 2 268 kg D 8 165 kg				

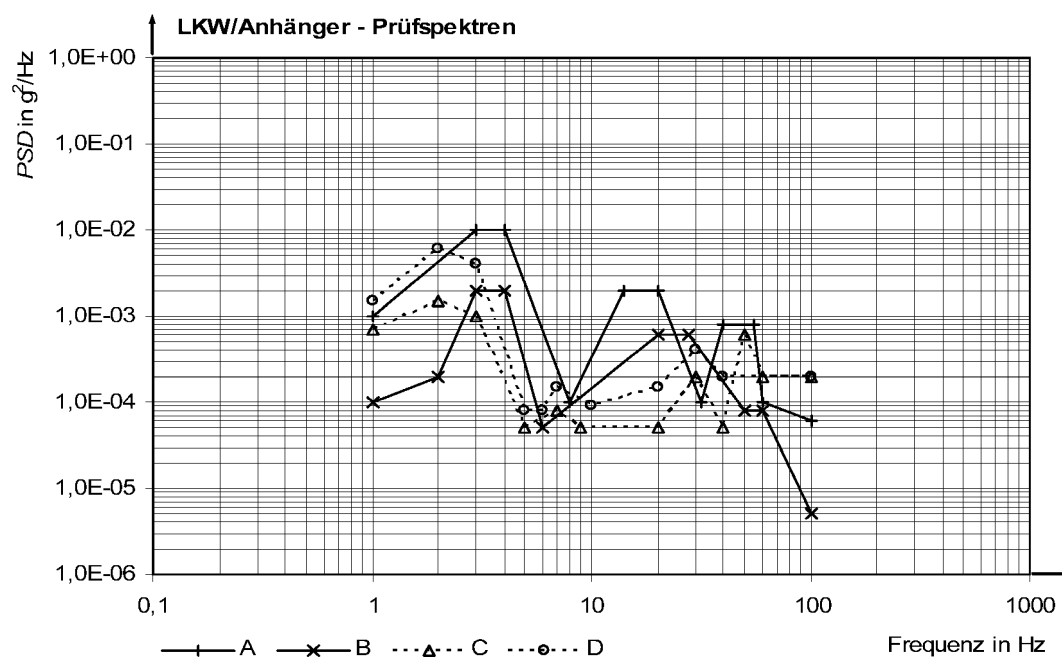


Bild A.4 — Prüfspektren in Funktion verschiedener Lasten und verschiedener Federungssysteme

A.1.5 BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH – Auslieferungsfahrt

Auslieferungsfahrt auf Überlandstraßen und innerorts mit LKW-Typ MB 817; Beladung 2 180 kg.

Messstelle hinter der Hinterachse, rechts.

**Tabelle A.5 — Auslieferungsfahrt auf Überlandstraßen und innerorts mit LKW-Typ MB 817
(siehe Bild A.5)**

Frequenz Hz	Vertikal
	PSD g^2/Hz
2	0,014 753 1
4	0,006 109
6	0,001 248 9
8	0,001 172 4
10	0,001 581
12	0,003 371 7
14	0,003 208 1
16	0,001 105 3
18	0,000 621 3
20	0,000 371 9
22	0,000 239 7
24	0,000 302 8
26	0,000 276 5
28	0,000 165 9
30	0,000 119 4
32	0,000 120 3
34	0,000 135 4
38	0,000 111 2
46	0,000 206 5
58	0,000 289 4
74	0,000 417 9
94	0,004 607 6
118	0,000 164 3
146	0,000 092 9
178	0,000 064 8
214	0,000 014 4
	0,367 g_{RMS}



Bild A.5 — Auslieferungahrt auf Überlandstraßen und innerorts

A.1.6 BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH – Fernfahrt

Von Süddeutschland 1990 km über Fernstraßen in die Westtürkei mit MAN-LKW Typ AS-F24/136 EL (Sattelkraftfahrzeug mit Aufbau). Zulässiges Gesamtgewicht 35 000 kg. Ladung: 9,6 t Waschmaschinen.

Messstelle im Schnittpunkt der Diagonale der Ladeplattform.

Tabelle A.6 — Fernfahrt auf Überlandstraßen und innerorts (siehe Bild A.6)

Frequenz Hz	Vertikal
	PSD g^2/Hz
2	0,004 049 5
10	0,000 116 3
18	0,000 578 6
28	0,000 249 1
40	0,000 690 4
46	0,000 390 2
48	0,000 410 6
50	0,000 382
58	0,013 838 3
68	0,002 994 3
78	0,006 044
106	0,000 060 4
116	0,000 125 6
120	0,000 115 5
138	0,000 166 7
164	0,000 094 8
166	0,000 095 6
180	0,000 072 6
184	0,000 073 8
190	0,000 069 4
198	0,000 077 6
204	0,000 073 1
206	0,000 073 4
236	0,000 021 3
238	0,000 022 6
	0,459 7 g_{RMS}

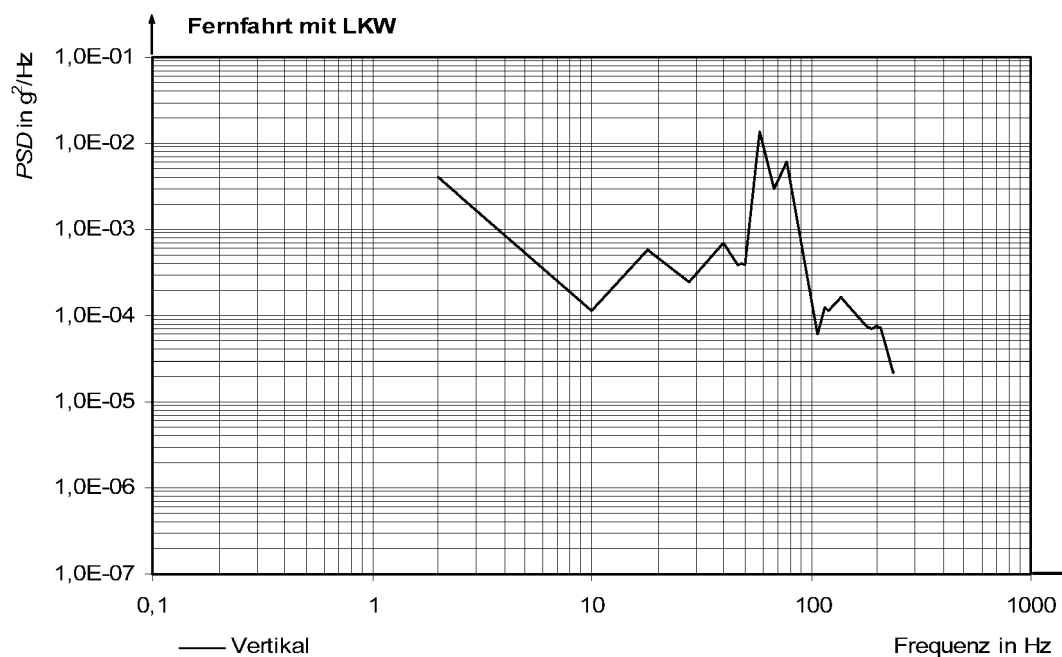


Bild A.6 — Fernfahrt auf Überlandstraßen und innerorts mit LKW

A.1.7 Vertikalspektrum eines 15 t-LKW während der Fahrt auf einer Asphaltstraße in Ortschaften und auf Überlandstraßen

Tabelle A.7 — Vertikales Vibrationsspektrum eines 15 t-LKW (siehe Bild A.7)

Frequenz Hz	PSD g^2/Hz
4	0,008 5
8	0,001
12	0,003 5
18	0,003 5
52	0,000 1
62	0,000 3
90	0,000 1
120	0,007
200	0,000 2
	0,51 g_{RMS}

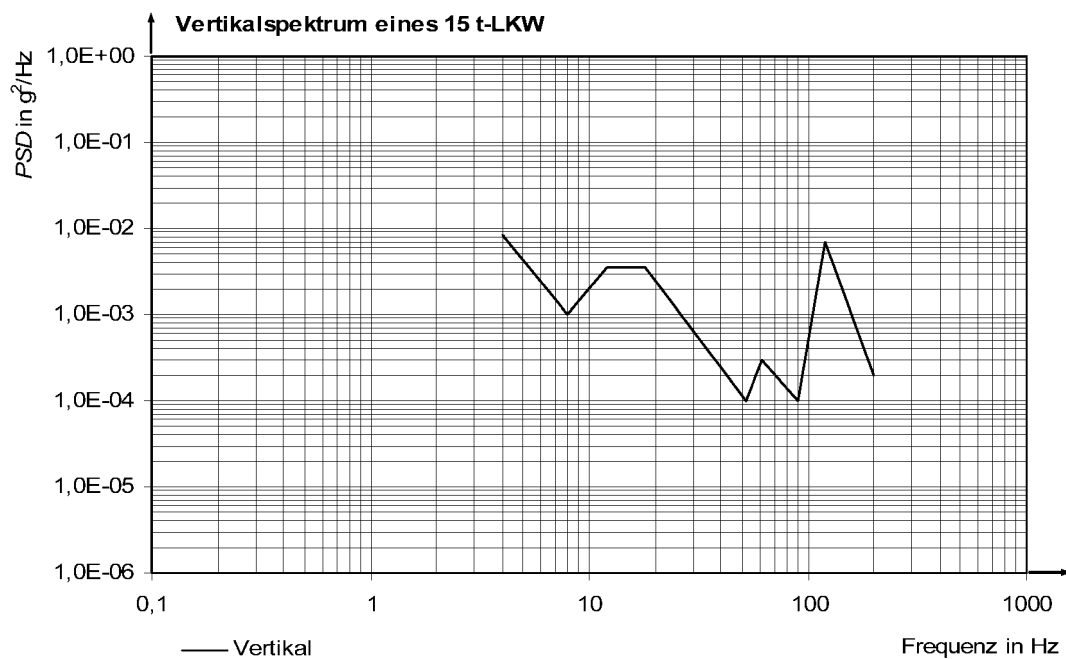


Bild A.7 — Vibrationsspektrum eines 15 t-LKW

A.1.8 Straßentransport mit verschiedenen Fahrzeuggrößen und bei verschiedenen Geschwindigkeiten

Alle Spektren sind in vertikaler Richtung gemessen worden.

**Tabelle A.8 — LKW-Spektren in Funktion von Vehikelgröße und Fahrgeschwindigkeit
(siehe Bild A.8)**

Frequenz Hz	PSD A g ² /Hz	PSD B g ² /Hz	PSD C g ² /Hz
0,1	0,000 01	0,000 01	0,000 01
1,5	0,000 01		0,000 01
1,5	0,002		0,01
1,7		0,000 01	
1,7		0,008	
2,5		0,008	
2,5		0,004	
3	0,002		0,01
3	0,000 2		0,000 2
6		0,004	
6		0,000 02	
10		0,000 02	
10		0,000 5	
15	0,000 2	0,000 5	0,000 2
15	0,000 02	0,000 02	0,000 04
30		0,000 02	
30		0,000 07	
38		0,000 07	
38		0,000 04	
50	0,000 02		0,000 04
50	0,000 1		0,000 02
60	0,000 1		0,000 02
60	0,000 01		0,000 01
90	0,000 01		0,000 01
90	0,000 6		0,000 2
110	0,000 6		0,000 2
110	0,000 06		0,000 01
180	0,000 06	0,000 04	
180	0,000 2	0,000 01	
500	0,000 2	0,000 01	0,000 01
	0,296 g _{RMS}	0,180 9 g _{RMS}	0,404 4 g _{RMS}
A LKW: 2,5 t < Nutzlast (NL) < 8 t: 90 km/h B LKW: 2,0 t < Nutzlast (NL) < 19 t: 75 km/h C LKW: 2,5 t < Nutzlast (NL) < 8 t: Gelände, 20 km/h			

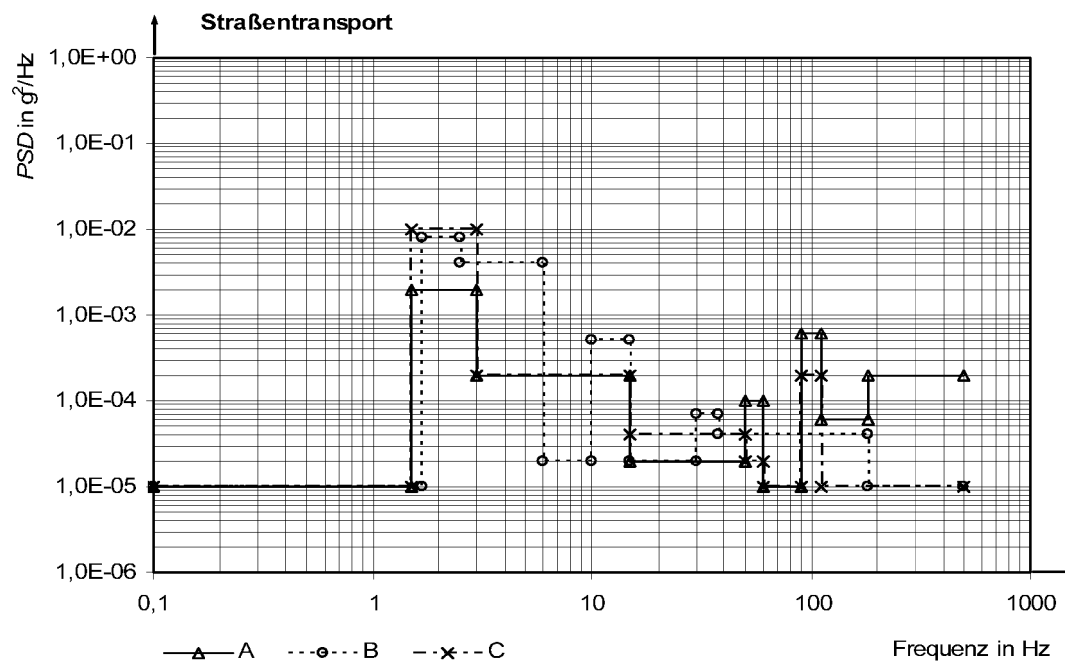


Bild A.8 — LKW-Spektren in Funktion von Vehikelgröße und Fahrgeschwindigkeit

A.1.9 Intermodal Shipping Environment

Messungen der vertikalen Vibration an einem Sattelschlepper mit gleichbleibender Beladung, aber auf verschiedenen Straßen. Die Messungen wurden nur bis 30 Hz durchgeführt.

Tabelle A.9 — Sattelschlepper-Spektren in Funktion von Straßenkategorien (siehe Bild A.9)

Frequenz Hz	Landstraße	Autobahn	Stadtstraße
	PSD g ² /Hz	PSD g ² /Hz	PSD g ² /Hz
1,5	0,01	0,01	0,01
2,5	0,15	0,17	0,15
3	0,1	0,08	0,06
3,5	0,63		0,2
4	0,34	0,19	
5	0,07		
6	0,022	0,02	0,015
8	0,01	0,005	0,015
8,5	0,01	0,02	
9	0,01		0,12
10	0,01	0,01	0,02
11	0,004	0,005	
12	0,06		0,22
13		0,07	0,1
14	0,15		
14,5	0,04	0,04	0,04
15	0,06	0,06	0,06
16	0,04	0,03	
17	0,06		0,03
17,5	0,13		
18	0,04		
20	0,056	0,03	
21		0,06	
22		0,052	0,025
22,5	0,05		0,04
23	0,08		
24	0,03		0,027 5
25,5	0,055	0,035	0,02
30	0,02	0,02	0,02
	1,314 2 g _{RMS}	1,082 1 g _{RMS}	1,174 6 g _{RMS}

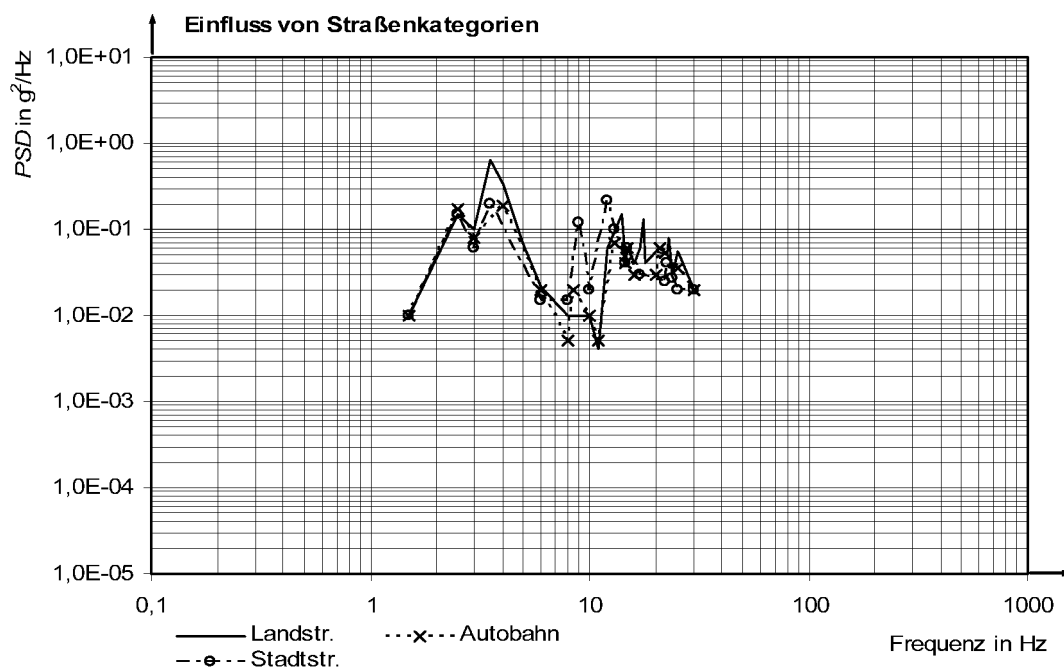


Bild A.9 — Sattelschlepper-Spektren in Funktion von Straßenkategorien

A.1.10 Vergleich zwischen Luft- und Blattfederung eines LKW

Alle Werte sind in vertikaler Richtung gemessen worden.

Tabelle A.10 — Vergleich zwischen guter und schlechter Luftfederung und Blattfederung (siehe Bild A.10)

Frequenz Hz	PSD A g^2/Hz	PSD B $[\text{g}^2/\text{Hz}]$	PSD C $[\text{g}^2/\text{Hz}]$
1	0,002	0,002	0,003
2		0,01	0,013
3	0,015	0,015	0,01
4	0,4		
5	0,6	0,14	0,000 4
6		0,1	0,000 3
7	0,004	0,006	0,000 9
8	0,002		
9			0,000 26
10		0,001	
11,1	0,002	0,001 6	
12,9		0,001 6	0,000 22
14,9	0,007		0,000 9
15,8	0,005		
17,2		0,02	0,000 12
20	0,02	0,02	
21,2			0,001 7
22		0,01	
23,4	0,007 5		0,000 8
26,3	0,004		
28,1			0,002 3
30	0,016		
31	0,005	0,018	0,000 5
34,5	0,011		0,000 5
36,2		0,06	
38	0,008		0,000 16
40	0,01	0,05	
41,7		0,02	0,000 5
43,8	0,01		
44,5			0,000 33
45,9	0,008		
50	0,02	0,006	0,006
51,3	0,005		
53			0,000 6
60	0,008	0,02	0,002
61,1			0,000 6
63,1			0,000 6
65,1			0,004
70		0,01	
70,7			0,005
74			0,001
80		0,01	0,002 6
83,4			0,000 7
92,4			0,002 3
100	0,003 6	0,006	0,001
	1,222 1 g_{RMS}	1,263 7 g_{RMS}	0,371 9 g_{RMS}
A Blattfederung B defekte Luftfederung C gute Luftfederung			

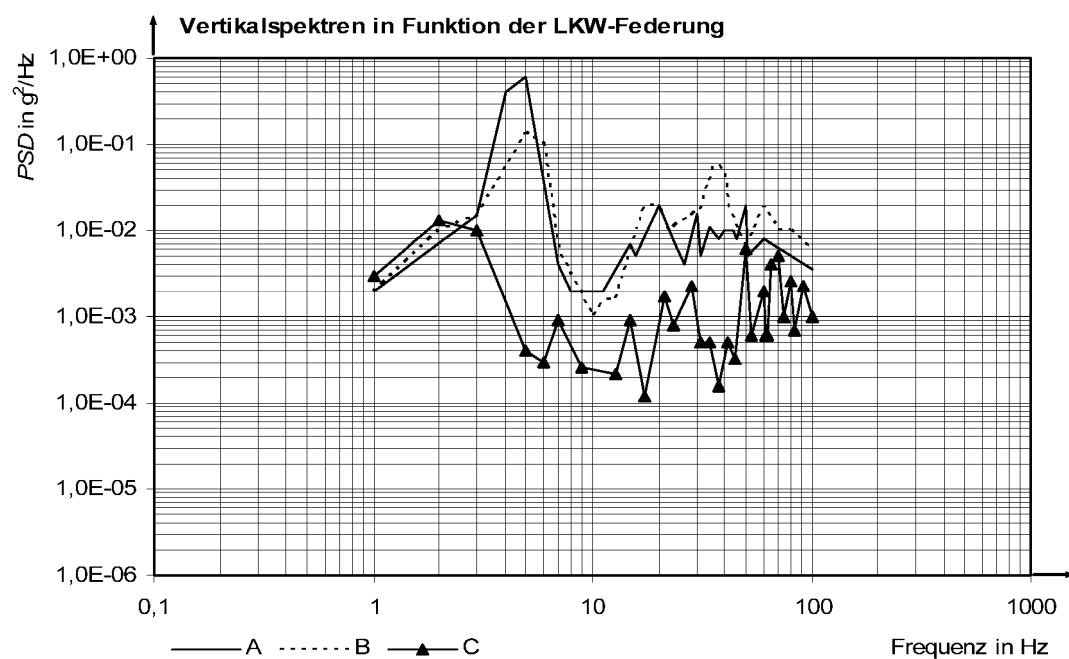


Bild A.10 — Vergleich verschiedener Federungen

A.1.11 Vertikalspektren gemessen auf einem Anhänger, der auf Beton-Autobahnen mit einer Geschwindigkeit von 88 km/h fuhr und verschieden schwer beladen war – der Anhänger war mit Blattfedern ausgerüstet

Die Darstellung der Kurven weicht ab, als dass lediglich die Kurven der Vertikalanregungen aus den Originalbildern einander gegenüber gestellt worden sind.

Tabelle A.11 — Spektren eines Sattelschleppers in Funktion der Last (siehe Bild A.11)

Frequenz Hz	PSD A g^2/Hz	PSD B g^2/Hz
1	0,000 1	0,001
2	0,000 3	
3		0,02
4	0,007 5	0,012
5	0,007	0,001
6	0,001	0,000 55
8	0,000 5	
9		0,000 55
10	0,000 06	
12	0,000 06	0,000 07
15		0,000 1
16	0,000 65	0,001
17	0,000 5	
20	0,001 4	0,006 5
25		0,007
28		0,001
30	0,000 5	
32	0,000 06	
40	0,000 25	0,001
46	0,000 55	
50	0,000 535	0,000 2
55		0,000 5
60		0,000 5
74	0,000 5	
100	0,000 02	
	0,227 8 g_{RMS}	0,358 4 g_{RMS}
A Biskuits und Chips palettiert; 3 183 kg		
B Mayonnaise in Glasflaschen, palettiert; 18 182 kg		

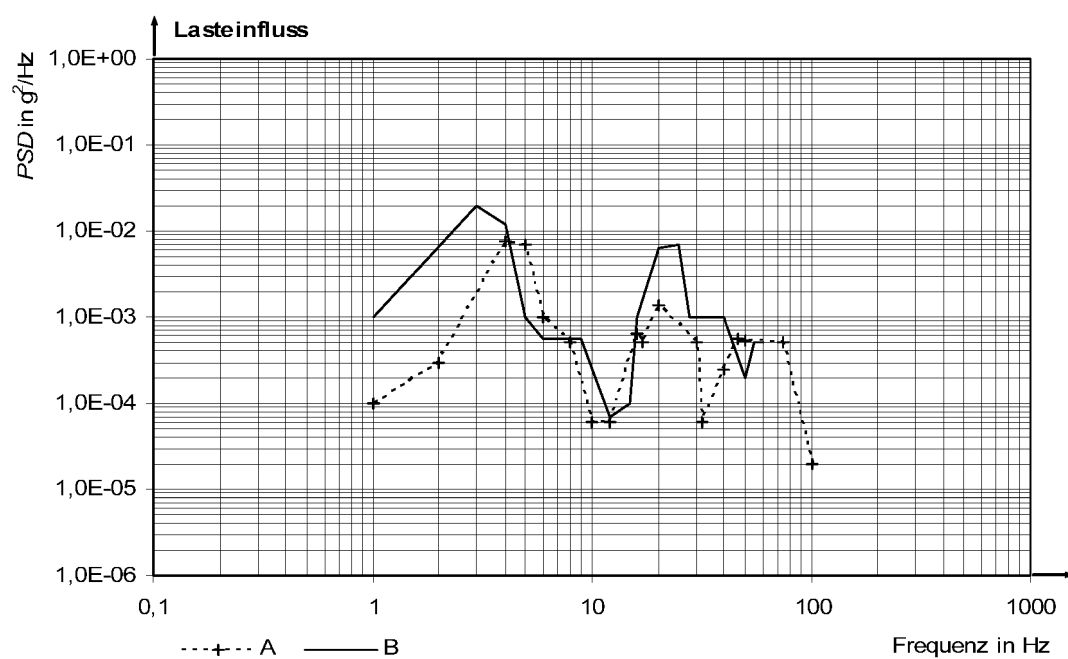


Bild A.11 — Sattelschlepper-Spektren in Funktion der Last

A.1.12 LKW-Transport von Automobilmotoren in einem 40 Fuß langen, blattgefederten Sattelanhänger auf Stadtstraßen und Autobahnen – die Schwingungen wurden am Boden des Anhängers im Bereich der Hinterachse gemessen – es wurde mit einer Abtastrate von 500 Hz gearbeitet

Tabelle A.12 — Gemessene Spektren eines Sattelschleppers auf Stadtstraßen und Autobahnen (siehe Bild A.12)

Frequenz Hz	PSD A g ² /Hz	PSD B g ² /Hz	PSD C g ² /Hz
2	0,002 967	0,000 01	0,000 016 3
3,9	0,003 37	0,000 022 5	0,000 015 6
4	0,003 15	0,000 023 1	0,000 015 3
5,8	0,000 562 3	0,000 015 8	0,000 009 12
7,7	0,000 177 8	0,000 020 9	0,000 036 3
9,5	0,000 189 6	0,000 016 98	0,000 036 3
11,65	0,000 1	0,000 007 94	0,000 01
14,9	0,000 072 6	0,000 005 25	0,000 019 1
15,6	0,000 085 8	0,000 004 79	0,000 021 3
17	0,000 112	0,000 003 98	0,000 036 3
18,9	0,000 154 5	0,000 003 31	0,000 047 9
19,4	0,000 177 8	0,000 003 08	0,000 052
20,8	0,000 275	0,000 003 63	0,000 077 9
21,2	0,000 244 8	0,000 003 98	0,000 093 8
22,7	0,000 189 6	0,000 005 75	0,000 093 8
24,7	0,000 1	0,000 009 12	0,000 097 3
26,1	0,000 073 6	0,000 01	0,000 091 2
27	0,000 059 9	0,000 01	0,000 089 1
27,8	0,000 047 6	0,000 008 87	0,000 083 2
28,5	0,000 046 4	0,000 007 45	0,000 069 2
32,1	0,000 059 9	0,000 005 92	0,000 115 9
32,7	0,000 052 7	0,000 005 92	0,000 120 2
34,5	0,000 046 4	0,000 005 25	0,000 075 9
36,9	0,000 046 4	0,000 003 37	0,000 052 5
37,9	0,000 044 1	0,000 006 31	0,000 083 2
40,5	0,000 111	0,000 020 9	0,000 199
42,8	0,000 099 4	0,000 027 04	0,000 251
44	0,000 093 8	0,000 020 9	0,000 1
46,15	0,000 049 5	0,000 015 85	0,000 035 6
47,8	0,000 052 7	0,000 01	0,000 021 9
50,5	0,000 059 9	0,000 004 17	0,000 018 7
54,2	0,000 033 7	0,000 005 25	0,000 015 1
57,4	0,000 025 4	0,000 004 37	0,000 006 31
63,2	0,000 022 9	0,000 002 51	0,000 007 45
70	0,000 017 4	0,000 005 25	0,000 015 8
72,2	0,000 021 5	0,000 005 25	0,000 01
74	0,000 035 9	0,000 005 25	0,000 005 75
82,7	0,000 127 5	0,000 005 25	0,000 005 75
87	0,000 046 4	0,000 005 25	0,000 01
100	0,000 020 2	0,000 001 51	0,000 004 79
	0,124 8 g _{RMS}	0,024 8 g _{RMS}	0,058 7 g _{RMS}
A Vertikal B Längs C Quer			