

Erschütterungen im Bauwesen

Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

DIN
4150-2

ICS 13.160; 91.120.25

Ersatz für
Ausgabe Dezember 1992

Vibrations in buildings — Part 2: Effects on persons in buildings

Vibrations aux bâtiments — Partie 2: Effets sur personnes dans les bâtiments

Inhalt

	Seite
Vorwort	1
1 Anwendungsbereich	2
2 Normative Verweisungen	2
3 Definitionen	2
4 Allgemeine Hinweise zur Beurteilung der Belästigung von Menschen in Gebäuden durch Erschütterungsimmissionen	4
5 Hinweise zur Messung	4
6 Beurteilung der Erschütterungsimmissionen	5
7 Näherungsverfahren zur Ermittlung der Beurteilungsgrößen aus direkten Erschütterungsregistrierungen	9
8 Meßbericht	10
Anhang A (informativ) Ermittlung der Erschütterungsimmissionen durch Schienenverkehr	11
Anhang B (informativ) Flußdiagramm für die Bewertung von Erschütterungen durch Baumaßnahmen	12
Anhang C (informativ) Beispiele	13
Anhang D (informativ) Erläuterungen	18
Anhang E (informativ) Literaturhinweise	21

Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuß 00.50.00 „Schwingungsfragen im Bauwesen; Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ des NABau erarbeitet.

DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ besteht aus:

- Teil 1: Grundsätze, Vorermittlung und Messung von Schwingungsgrößen
- Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
- Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Fortsetzung Seite 2 bis 21

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Normenausschuß Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI

Änderungen

Gegenüber der Ausgabe Dezember 1992 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Es wurden neue Festlegungen zu Erschütterungen bei Baumaßnahmen und durch Schienenverkehr in die Norm aufgenommen.
- b) Ferner wurden die Anhänge A, B und E neu aufgenommen.
- c) Die Erläuterungen wurden als Anhang D und die Beispiele im Anhang C aufgenommen.
- d) Die bisherigen Beispiele 9 und 10 entfallen.
- e) Die Norm wurde redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 4150: 1939-07

DIN 4150-2: 1975-09, 1992-12

1 Anwendungsbereich

Diese Norm enthält Angaben für die Beurteilung von Erschütterungen im Frequenzbereich von 1 Hz bis 80 Hz, die in Gebäuden auf Menschen einwirken. Mit Hilfe des in dieser Norm beschriebenen Beurteilungsverfahrens können beliebige periodische und nichtperiodische Schwingungen beurteilt werden.

Zweck der Norm ist die angemessene Berücksichtigung des Erschütterungsschutzes im Immissionsschutz. Es werden Anforderungen und Anhaltswerte genannt, bei deren Einhaltung erwartet werden kann, daß in der Regel erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden.

Schwingende Bauteile können auch zur Abstrahlung von sekundärem Luftschall führen; dieser kann nach der vorliegenden Norm nicht beurteilt werden.

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

DIN 1311
Schwingungslehre

DIN 4150-2 : 1975-09
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 Schwingungsimmissionen — Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung

DIN 45669-2
Messung von Schwingungsimmissionen — Teil 2: Meßverfahren

DIN EN 60651

Schallpegelmesser (IEC 60651 : 1979 + A1 : 1993);
Deutsche Fassung EN 60651 : 1994 + A1 : 1994

VDI 2057 Blatt 1

Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen — Grundlagen, Gliederung, Begriffe

VDI 2057 Blatt 2 : 1987-05

Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen — Bewertung

VDI 2057 Blatt 3

Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen — Beurteilung

BauNVO

Baunutzungsverordnung — BauNVO i. d. F. vom 23.01.1990 (BGBl. I, S. 132)

16. BImSchV

Verkehrslärmschutzverordnung — Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 12. Juni 1990 (BGBl. I, S. 11036), zuletzt geändert am 25. September 1990 durch das sechste Überleitungsgesetz (BGBl. I, S. 2106)

3 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die Definitionen nach DIN 1311 und die folgenden:

3.1

Erschütterungen

Mechanische Schwingungen fester Körper mit potentiell schädigender oder belastigender Wirkung.

3.2

Erschütterungsimmissionen

Die an Meßorten nach 5.2 auftretenden Schwingungen.

3.3

unbewertetes Erschütterungssignal

Das der Schwingschnelle $v(t)$ proportionale und bandbegrenzte Signal nach DIN 45669-1 im Arbeitsfrequenzbereich von 1 Hz bis 80 Hz.

3.4

frequenzbewertetes Erschütterungssignal $KB(t)$

Es ergibt sich aus dem unbewerteten Erschütterungssignal (siehe 3.3) durch die Frequenzbewertung (Filterung) nach DIN 45669-1. Die Gleichung für den Amplitudenfrequenzgang lautet:

$$|H_{KB}(f)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (f_0/f)^2}} \quad (1)$$

Dabei ist:

f_0 5,6 Hz (Grenzfrequenz des Hochpasses);

f die Frequenz, in Hz.

ANMERKUNG: Diese Frequenzbewertung ist keine Kurve gleicher Wahrnehmung, sondern eine Bezugsbewertungskurve. Sie wird herangezogen für die Bewertung bei nicht vorgegebener Körperhaltung und setzt sich zusammen aus Elementen der Bewertungen für die Einwirkungen im Stehen und Sitzen. (Siehe VDI 2057 Blatt 2 : 1987-05, Abschnitt 5.)

3.5

zeitbewertete Erschütterungssignale

3.5.1

bewertete Schwingstärke $KB_\tau(t)$

Der gleitende Effektivwert des frequenzbewerteten Erschütterungssignals nach Gleichung (2).

$$KB_\tau(t) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_{\xi=0}^t e^{-\frac{t-\xi}{\tau}} \cdot KB^2(\xi) d\xi} \quad (2)$$

Die Zeitkonstante ist $\tau = 0,125$ s (siehe auch DIN 45669-1).

Als Formelzeichen für die bewertete Schwingstärke wird bei Verwendung von $\tau = 0,125$ s verwendet: $KB_F(t)$.

ANMERKUNG 1: Der „gleitende Effektivwert“ nach Gleichung (2) ist zu jedem Zeitpunkt der Beobachtung t durch alle zurückliegenden Signalanteile mit zeitlich exponentiell abklingendem Gewicht bestimmt.

ANMERKUNG 2: Diese Definition des „gleitenden Effektivwertes“ liegt z. B. auch der Festlegung der Zeitbewertung „F“ der Anzeige bei der Messung des Schallpegels zugrunde (siehe auch DIN EN 60651).

ANMERKUNG 3: Bei sinusförmigen Erschütterungen und Frequenzen von $f > 10$ Hz ist $KB_F(t)$ praktisch konstant und gleich dem Effektivwert des frequenzbewerteten Erschütterungssignals. Für tiefere Frequenzen schwankt $KB_F(t)$ periodisch um den Effektivwert. Die Amplitude dieser Schwankungen nimmt mit abnehmender Frequenz zu. Dieser Einfluß ist bei der Festlegung der Anhaltswerte berücksichtigt.

3.5.2

maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax}

Maximalwert von $KB_F(t)$, der während der jeweiligen Beurteilungszeit (einmalig oder wiederholt) auftritt und der zu untersuchenden Ursache zuzuordnen ist.

3.5.3

Taktmaximalwert KB_{FTi}

Die Meßzeit wird in Takte von je $T = 30$ s eingeteilt. Jedem dieser Takte wird der darin erreichte Maximalwert der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$ zugeordnet (siehe Bild 1). Mit dem Index i werden die Takte numeriert.

Bei wiederholten Erschütterungseinwirkungen, welche kürzer als ein oder wenige 30-s-Takte sind und die von wesentlich längeren Einwirkungspausen unterbrochen werden — wie z. B. beim Schienenverkehr —, darf der Beginn der Takte jeweils an den Beginn der Ereignisse gelegt werden, so daß die Anzahl der belegten Takte minimiert wird.

3.6

Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm}

Wurzel aus dem Mittelwert der quadrierten Taktmaximalwerte KB_{FTi} nach Gleichung (3).

$$KB_{FTm} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N KB_{FTi}^2} \quad (3)$$

Dabei ist:

N die Anzahl der Takte.

Bei Anwendung der Gleichung (3) sind Werte $KB_{FTi} \leq 0,1$ mit dem Wert 0 einzusetzen. Jedoch gehen auch diese Takte in die Anzahl N ein.

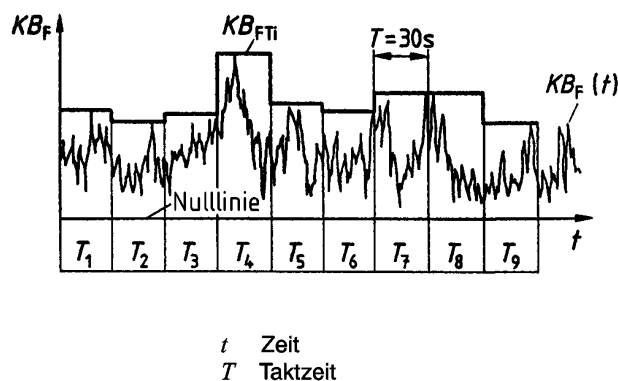


Bild 1: Ermittlung der Taktmaximalwerte KB_{FTi}

3.7 Zeiten

3.7.1 Meßzeit T_m

Die Meßzeit $T_m = N/120$ h ist die Zeit, über die die Mittelwertbildung mit einem Meßsignal erfolgt. Sie ist in der Regel kürzer als die Beurteilungszeit. Die Meßzeit kann aus mehreren Teilmeßzeiten bestehen.

3.7.2 Einwirkungszeit T_e

Summe aller Taktzeiten, während deren Erschütterungen einwirken; sie kann in Teileinwirkungszeiten T_{ej} unterteilt werden, z. B. zur Beschreibung von unterschiedlichen Erschütterungsimmissionen.

3.7.3 Beurteilungszeit T_r

Diejenige Zeit, auf die die tatsächliche tägliche Erschütterungseinwirkung bezogen wird. Sie beträgt tags 16 h (6.00 bis 22.00 Uhr) und nachts 8 h (22.00 bis 6.00 Uhr).

3.7.4 Ruhezeiten

Innerhalb der Beurteilungszeit werden tags folgende Ruhezeiten definiert:

- werktags von 6.00 bis 7.00 Uhr und von 19.00 bis 22.00 Uhr,
- sonn- und feiertags von 6.00 bis 22.00 Uhr.

3.8 Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{FT,r}$

Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit unter Berücksichtigung eines Gewichtsfaktors für Einwirkungen, die in Ruhezeiten fallen (siehe 6.4.2).

3.9 Sekundäreffekte

Die durch einwirkende Erschütterungen im betrachteten Raum verursachten sichtbaren Bewegungen von Gegenständen oder hörbaren Geräusche werden als „Sekundäreffekte“ bezeichnet. Dazu gehören z. B.:

- sichtbare Schwingungsbewegungen von Lampen, Bildern, Pflanzen;
- hörbares Klappern von Türen, Fenstern usw.; Vibrieren von Gläsern, Geschirr, Töpfen;
- Wandern von Gläsern, Geschirr in Schränken oder auf Regalen.

ANMERKUNG: Der von schwingenden Raumbegrenzungsflächen abgestrahlte sekundäre Luftschall wird nach Geräusch-Richtlinien beurteilt.

4 Allgemeine Hinweise zur Beurteilung der Belästigung von Menschen in Gebäuden durch Erschütterungsimmissionen

Grundsätzlich sollte der Mensch in Gebäuden, insbesondere in Wohnungen, so wenig wie möglich wahrnehmbaren Erschütterungen ausgesetzt werden. Wahrnehmbare Erschütterungen sind jedoch nach dem Stand der Technik nicht immer zu vermeiden.

Art und Grad der individuellen Beeinträchtigung und Belästigung durch Erschütterungen hängen vom Ausmaß

der Erschütterungsbelastung und deren Wechselwirkung mit individuellen Eigenschaften und situativen Bedingungen des betroffenen Menschen ab.

Die Belästigung des Menschen durch Erschütterungen hängt insbesondere von folgenden Faktoren ab:

- der Größe (Stärke) der auftretenden Erschütterungen;
 - der Frequenz;
 - der Einwirkungsdauer;
 - der Häufigkeit und Tageszeit des Auftretens und der Auffälligkeit (Überraschungseffekt);
 - der Art und Betriebsweise der Erschütterungsquelle.
- Von den individuellen Eigenschaften und den situativen Bedingungen sind unter anderem von Bedeutung:
- der Gesundheitszustand (physisch, psychisch);
 - die Tätigkeit während der Erschütterungsbelastung;
 - der Grad der Gewöhnung;
 - die Einstellung zum Erschütterungserzeuger;
 - die Erwartungshaltung in bezug auf ungestörtes Wohnen, die unter Umständen von der Art des Wohngebietes (Wohnumfeld) abhängig ist;
 - die Sekundäreffekte (siehe 3.9).

Das Beurteilungsverfahren dieser Norm berücksichtigt die Belästigung in nachfolgend beschriebener Weise.

Die Erschütterungsimmissionen werden an Meßorten zur Beurteilung der Schwingungen (siehe 5.2) ermittelt.

Aus den unbewerteten Erschütterungssignalen wird die bewertete Schwingstärke $KB_F(t)$ gewonnen. Für die Beurteilungszeit wird daraus die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} und, falls erforderlich, die Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{FT,r}$ bestimmt und mit Anhaltswerten verglichen, die nach Einwirkungsorten entsprechend der baulichen Nutzung ihrer Umgebung und nach der Tageszeit des Auftretens unterteilt sind. Somit werden auch Einflüsse der Ortsüblichkeit und der Zeitpunkt des Auftretens der Erschütterungen berücksichtigt.

Der Grad der Belästigung ist von individuellen und situativen Bedingungen abhängig. Belästigungen sind nur auszuschließen, wenn die einwirkenden Erschütterungen nicht wahrnehmbar sind. Erhebliche Belästigungen liegen im allgemeinen nicht vor, wenn die Anhaltswerte dieser Norm eingehalten werden.

Bei Einhaltung der in dieser Norm in Tabelle 1 genannten Anhaltswerte ist zu erwarten, daß auch die Sekundäreffekte in der Regel nicht zu einer erheblichen Belästigung führen. Treten dennoch in Einzelfällen, z. B. bei horizontalen Bauwerksschwingungen mit Frequenzen unterhalb von etwa 8 Hz, erhebliche Sekundäreffekte auf (z. B. durch Resonanzen), so kann eine spezielle Untersuchung und Beurteilung notwendig werden.

Bei Baumaßnahmen ist insbesondere zu berücksichtigen, daß die Einwirkungen zeitlich begrenzt sind. In vielen Fällen ist es notwendig, ein Verfahren einzusetzen, welches zur Erreichung des Arbeitszieles Erschütterungen in den Baugrund einleiten muß. Daher sind für diesen Fall andere Maßstäbe hinsichtlich der Bewertung der Erheblichkeit und Zumutbarkeit anzulegen als bei Erschütterungseinwirkungen durch stationäre Anlagen, die grundsätzlich zeitlich unbegrenzt auf die Umgebung einwirken. Näheres hierzu siehe in Anhang D, zu 6.5.4.

5 Hinweise zur Messung

5.1 Meßgeräte

Für die Erschütterungsmessungen sind Schwingungsmesser nach DIN 45669-1 einzusetzen. Vorzugsweise sollten Schwingungsmesser DIN 45669 — A3HV 80/1

oder Schwingungsmesser DIN 45669 — B3HV 80/1 verwendet werden; für Erschütterungsmessungen an Schienenverkehrswegen ist in der Regel ein Schwingungsmesser mit einer unteren Frequenzgrenze von 4 Hz ausreichend.

Wenn die zu messenden Erschütterungen hinreichend stationär sind, dürfen die einzelnen Raumrichtungen mit einkanalen Geräten nacheinander gemessen werden.

Für die Aufstellung und Ankopplung der Meßgeräte gilt DIN 45669-2.

5.2 Meßrichtungen und Meßorte

Die Messung der Schwingungsgrößen muß in vertikaler Richtung (z) und zwei zueinander rechtwinkligen, horizontalen Richtungen (x und y) (meist parallel zu den Gebäudeaußenwänden) erfolgen. Sie muß auf dem Fußboden des zu untersuchenden Raumes vorgenommen werden, und zwar an den Stellen, an denen die stärksten Erschütterungen zu erwarten sind. Dies ist bei Erschütterungen in vertikaler Richtung meistens die Mitte des Deckenfeldes. Die Messung der Schwingungsgrößen in den horizontalen Richtungen darf auch in oder dicht an aufgehenden Bauteilen, z. B. Wänden mit Tür- oder Fensternischen, vorgenommen werden. Sind Messungen auf Fußbodenbelägen, Teppichen und dergleichen unvermeidbar, so ist das Meßverfahren bezüglich der Ankopplung von Schwingungsaufnehmern bei weichen Unterlagen nach DIN 45669-2 anzuwenden.

5.3 Meßzeit

Die Meßzeit muß die kennzeichnende Erschütterungseinwirkung erfassen. Die Meßergebnisse untypischer Zustände sind als solche zu kennzeichnen. Die Meßzeit richtet sich nach der Regelmäßigkeit des zeitlichen Verlaufs der Erschütterungen und kann kurz gegenüber der Einwirkungs- und der Beurteilungszeit sein.

5.4 Meßwerte

Von den zu beurteilenden Erschütterungseinwirkungen müssen die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} und, falls erforderlich, die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} getrennt für die Beurteilungszeiten tags und nachts bestimmt werden.

In Ruhezeiten fallende Erschütterungen sind gesondert zu erfassen.

Bei der Ermittlung von KB_F -bewerteten Größen treten erfahrungsgemäß meßtechnisch bedingte Unsicherheiten bis etwa 15 % auf.

6 Beurteilung der Erschütterungsimmissionen

6.1 Beurteilungsgrößen

Es gibt zwei Beurteilungsgrößen:

- KB_{Fmax} , die maximale bewertete Schwingstärke nach 3.5.2;
- KB_{FTr} , die Beurteilungs-Schwingstärke nach 3.8 und 6.4.

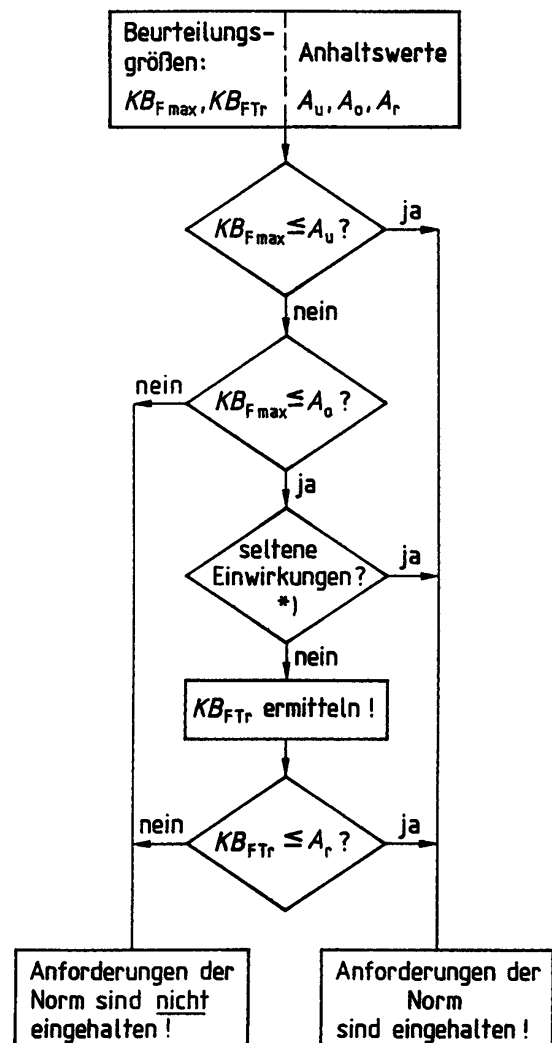
Die beiden Beurteilungsgrößen sind getrennt für die drei Richtungskomponenten x , y (horizontal) und z (vertikal) zu ermitteln. Die jeweils größte der drei ist der Beurteilung zugrunde zu legen.

6.2 Verfahren

Die Beurteilungsgrößen sind — soweit erforderlich — zu ermitteln und mit den Anhaltswerten A nach Tabelle 1 zu vergleichen. Siehe hierzu das Flußdiagramm Bild 2.

Im ersten Schritt werden die maximalen bewerteten Schwingstärken für die drei Richtungskomponenten x , y und z ermittelt. Der größte dieser drei Werte ist mit den Anhaltswerten A_u und A_o nach Tabelle 1 zu vergleichen:

- Ist KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem (unteren) Anhaltswert A_u , dann ist die Anforderung dieser Norm eingehalten.
- Ist KB_{Fmax} größer als der (obere) Anhaltswert A_o , dann ist die Anforderung dieser Norm nicht eingehalten.
- Für selten auftretende, kurzzeitige Einwirkungen ist die Anforderung der Norm eingehalten, wenn KB_{Fmax} kleiner als A_o ist (siehe 6.5.1).



*) Siehe 6.5.1

Bild 2: Flußdiagramm für das Beurteilungsverfahren

- Für häufige Einwirkungen, bei denen KB_{Fmax} größer als A_u , aber kleiner als A_o ist, ist in besonderen Fällen ein weiterer Prüfschritt für die Entscheidung erforderlich, nämlich die Bestimmung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} nach 6.4. Ist KB_{FTr} nicht größer als der Anhaltswert A_r (A_r ist der Anhaltswert zum Vergleich mit Beurteilungsschwingstärken) nach Tabelle 1, dann sind die Anforderungen der Norm ebenfalls eingehalten.

Dieses Verfahren ist grundsätzlich für alle Arten von Erschütterungseinwirkungen anzuwenden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Anhaltswerte nicht schematisch anzuwenden sind und eine Beurteilung jeweils im Einzelfall — auch unter Berücksichtigung der Meßunsicherheiten der KB -bewerteten Größen (siehe Beispiel 3) — zu erfolgen hat.

Einige quellspezifische Regelungen werden in 6.5 behandelt.

ANMERKUNG: Das A_r -Kriterium dient einer angemessenen Beurteilung stark schwankender und/oder nur kürzere Zeit einwirkender Erschütterungen, deren KB_{Fmax} -Wert größer als A_u , aber kleiner als A_o ist. Für Einwirkungen mit relativ geringen Schwankungen der Taktmaximalwerte wird das A_r -Kriterium nur dann eingehalten, wenn die Einwirkungen kürzer als 4 h am Tag bzw. 2 h in der Nacht sind. Für deutlich längere Einwirkungszeiten erübrigt sich daher in der Regel die Bestimmung von KB_{FTr} . Siehe hierzu auch Beispiel 2 im Anhang C.

6.3 Anhaltswerte

Die Tabelle 1 enthält Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen, die in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen auftreten.

6.4 Ermittlung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}

6.4.1 Einwirkungen außerhalb von Ruhezeiten

Die Beurteilungsschwingstärke wird nach den Gleichungen (4a) oder (4b) gebildet:

$$KB_{FTr} = \sqrt{\frac{1}{T_r} \sum_j T_{ej} KB_{FTm,j}^2} \quad (4a)$$

$$KB_{FTr} = KB_{FTm} \sqrt{T_e/T_r} \quad (4b)$$

Dabei ist:

T_r	die Beurteilungszeit (tags 16 h, nachts 8 h);
T_e	die Einwirkungszeit außerhalb von Ruhezeiten;
T_{ej}	die Teileinwirkungszeiten außerhalb von Ruhezeiten;
KB_{FTm} und $KB_{FTm,j}$	der (die) Taktmaximal-Effektivwert(e) nach Gleichung (3), die für die Einwirkungszeit T_e oder Teileinwirkungszeiten T_{ej} repräsentativ sind.

Tabelle 1: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen

Zeile	Einwirkungsort	Tags			Nachts		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete BauNVO, § 9).	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete BauNVO, § 8).	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete BauNVO, § 7, Mischgebiete BauNVO, § 6, Dorfgebiete BauNVO, § 5).	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet BauNVO, § 3, allgemeine Wohngebiete BauNVO, § 4, Kleinsiedlungsgebiete BauNVO, § 2).	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen.	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05

In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkungen vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

Gleichung (4a) wird angewendet, wenn sich die Gesamteinwirkung aus mehreren Abschnitten unterschiedlich starker Erschütterungsimmissionen der Dauer T_{ej} mit dafür repräsentativen Werten $KB_{FTm,j}$ zusammensetzt. Gleichung (4b) gilt für den Fall, daß sich die gesamte Erschütterungsimmission während der Beurteilungszeit durch einen einzigen repräsentativen Wert von KB_{FTm} beschreiben läßt.

6.4.2 Einwirkungen auch während der Ruhezeiten

Erschütterungseinwirkungen während der Ruhezeiten nach 3.7.4 führen in Wohnungen zu erhöhten Störwirkungen. Bei der Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke wird dies dadurch berücksichtigt, daß diese Zeiten mit dem Faktor 2 gewichtet werden. Dadurch ergibt sich der Wert der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTTr} nach Gleichung (5) zu:

$$KB_{FTTr} = \sqrt{\frac{1}{T_r} \left(T_{e1} \cdot KB_{FTm1}^2 + 2 T_{e2} \cdot KB_{FTm2}^2 \right)} \quad (5)$$

Dabei ist:

T_r	die Beurteilungszeit;
T_{e1}	die Einwirkungszeit außerhalb von Ruhezeiten;
T_{e2}	die Einwirkungszeit während der Ruhezeiten;
KB_{FTm1}	der Taktmaximal-Effektivwert außerhalb der Ruhezeiten;
KB_{FTm2}	der Taktmaximal-Effektivwert während der Ruhezeiten.

Erforderlichenfalls kann die Gleichung (5) analog zu Gleichung (4a) durch Glieder für weitere Teileinwirkungszeiten ergänzt werden.

6.5 Quellspezifische Regelungen

6.5.1 Selten auftretende, kurzzeitige Erschütterungen

Bei selten auftretenden und nur kurzzeitig einwirkenden Erschütterungen bis zu 3 Ereignissen je Tag, z. B. Sprengerschütterungen, gilt die Anforderung als eingehalten, wenn die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem (oberen) Anhaltswert A_o nach Tabelle 1 ist. Die Ermittlung von KB_{FTTr} und der Vergleich mit A_r entfällt.

Dies gilt grundsätzlich auch für Erschütterungen, die von Gewinnungssprengungen verursacht werden, mit folgenden zusätzlichen Regelungen:

Folgen mehrere Sprengungen unmittelbar aufeinander, gelten diese im Sinne der Norm als ein Ereignis. Wird von dieser Regelung Gebrauch gemacht, dürfen aber insgesamt nicht mehr als 15 Sprengungen in einer Woche stattfinden.

Wenn die Sprengungen werktags mit Vorwarnung der unmittelbar Betroffenen in den Zeiten von 7.00 bis 13.00 Uhr oder von 15.00 bis 19.00 Uhr erfolgen, gelten in Gebieten nach Tabelle 1, Zeilen 3 und 4, auch die A_o -Werte nach Zeile 1, wenn nur ein Ereignis je Tag stattfindet. In Ausnahmefällen (wenige Male je Jahr) dürfen die KB_{Fmax} -Werte bis 8 betragen.

ANMERKUNG: Die Vorwarnung erfolgt in der Regel durch akustische Signalgebung oder außerhalb des Absperrbereiches auch durch andere Maßnahmen.

6.5.2 Erschütterungen durch Straßenverkehr

Die Erschütterungsimmissionen durch Straßenverkehr sind nach 6.2 zu beurteilen und mit den Anhaltswerten nach Tabelle 1 zu vergleichen. Der Faktor 2 in 6.4.2 zur

Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung für Einwirkungen während der Ruhezeiten ist dabei nicht anzuwenden.

6.5.3 Erschütterungen durch Schienenverkehr

6.5.3.1 Allgemeines

Die Erschütterungsimmissionen durch Schienenverkehr sind nach 6.2 zu beurteilen. Dabei sind die Besonderheiten nach 6.5.3.2 bis 6.5.3.4 zu beachten. Empfehlungen für die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Immissionen sind im Anhang A dargestellt.

- Die Beurteilung erfolgt anhand der Kriterien A_u (für KB_{Fmax}) und A_r (für KB_{FTTr}). Immer wenn $KB_{Fmax} > A_u$ ist, erfolgt die Beurteilung auf der Basis der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTTr} im Vergleich zu A_r . Bei der Ermittlung von KB_{FTTr} (siehe auch Anhang A) wird der Faktor 2 in 6.4.2 zur Berücksichtigung der erhöhten Störwirkung für Einwirkungen während der Ruhezeiten nicht angewendet.
- Die (oberen) Anhaltswerte A_o erhalten beim Schienenverkehr eine andere Bedeutung als in der übrigen Norm. Siehe hierzu 6.5.3.5.

6.5.3.2 Unterirdischer Schienenverkehr

Für unterirdischen Schienenverkehr jeder Art gelten die Anhaltswerte A_u und A_r nach Tabelle 1.

6.5.3.3 Oberirdischer Schienenverkehr des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV)

Hiermit sind im Sinne dieser Norm die Schienenwege gemeint, die ausschließlich von Schienenfahrzeugen des Nahverkehrs (Straßenbahn, Stadtbahn, U-Bahn, S-Bahn), nicht aber von solchen des Fernverkehrs befahren werden.

- Für oberirdische Schienenwege des ÖPNV gelten die um den Faktor 1,5 angehobenen A_u - und A_r -Werte nach Tabelle 1.
- Bei städtebaulichen Planungen von Baugebieten sollten die Anhaltswerte nach Tabelle 1 eingehalten werden.

6.5.3.4 Oberirdischer Schienenverkehr außer ÖPNV

- Für neu zu bauende Strecken gelten die Anhaltswerte A_u und A_r nach Tabelle 1. Als „neu“ im Sinne dieser Norm wird eine Strecke dann angesehen, wenn ihre Trasse so weit von bestehenden Trassen entfernt verläuft, daß die Erschütterungseinwirkungen bestehender Trassen für die Beurteilung vernachlässigbar sind.
- Bei städtebaulichen Planungen von Baugebieten sollten die Anhaltswerte A_u und A_r nach Tabelle 1 eingehalten werden.
- An bestehenden Schienenwegen werden die Anhaltswerte nach Tabelle 1 vielerorts überschritten. Verfahren zur Erschütterungsminderung stehen derzeit nur begrenzt zur Verfügung. Daher müssen den Anwohnern oft Erschütterungsimmissionen zugemutet werden, die oberhalb des Niveaus liegen, ab dem mit zunehmender Wahrscheinlichkeit erhebliche Belästigungen auftreten können. Die Grenze der Zumutbarkeit kann nur im Einzelfall festgestellt werden. Hierbei sollten u. a. folgende Beurteilungskriterien berücksichtigt werden:
 - historische Entwicklung der Belastungssituation;
 - Höhe und Häufigkeit der Anhaltswertüberschreitungen;
 - Vermeidbarkeit von Anhaltswertüberschreitungen (z. B. Einhaltung des Standes der Technik bei Gleisanlagen und Fahrzeugen);