

Messung und Beurteilung von Erschütterungsimmissionen

 Technische Fachinformation

1. ERSCHÜTTERUNGEN

Unter den Begriffen Erschütterungen oder Vibrationen werden im technischen Sinn alle Arten mechanischer Schwingungen in festen Körpern verstanden. Erschütterungsimmissionen sind durch technische Vorgänge an einem bestimmten Ort auftretende Vibrationen, etwa in einem Wohngebäude. Sie wirken auf das Gebäude und auf Menschen ein, die sich darin aufhalten. Erschütterungen können je nach Stärke Menschen belästigen oder Sachschäden verursachen.

2. WAHRNEHMBARKEIT

Wirkt eine Erschütterungsquelle auf ein Gebäude ein, werden seine Bauteile – insbesondere der Fußboden – zu Schwingungen angeregt. Diese übertragen sich dann auch auf Menschen, die sich darin aufhalten. Die Übertragung erfolgt entweder direkt über die Füße und Beine oder indirekt über Stühle, Tische oder das Bett auf den Körper. Ob diese Einwirkungen als Vibrationen wahrgenommen werden oder nicht, hängt von unterschiedlichen Faktoren ab. Erschütterungsreize verarbeitet der Körper anders als Schall- oder Lichteinwirkungen, für

deren Empfang und Verarbeitung wir spezielle Sinnesorgane besitzen. Verschiedene, über den ganzen Körper verteilte unspezifische Rezeptoren nehmen die Schwingungen auf und leiten sie weiter. Grundsätzlich wird die Wahrnehmbarkeit beeinflusst durch

- die Intensität der Erschütterungen,
- deren Frequenzzusammensetzung,
- die Einwirkungsrichtung in Bezug auf die Körperachse (Wirbelsäule),
- die Dauer der Einwirkung,
- die individuelle Empfindlichkeit des betroffenen Menschen.

3. BELÄSTIGUNG

Schall- und Lichtreize sind für den Menschen zur Orientierung und zur Kommunikation in weiten Grenzen notwendig. Wir haben uns daher an sie gewöhnt. Von außen einwirkende Erschütterungen sind für Menschen dagegen entwicklungsgeschichtlich ungewohnt oder außergewöhnlich. In vielen Fällen sind sie mit potenziellen Gefahren verbunden – denken wir beispielsweise nur an ein Erdbeben. Daher empfinden wir fremderzeugte



Schwingungen grundsätzlich als irritierend. Treten sie im Wohnbereich auf, finden viele Menschen sie bereits dann als erheblich störend, sobald sie wahrnehmbar sind.

Der Grad der individuellen Belästigung durch Erschütterungseinwirkungen hängt von objektivierbaren Schwingungskenngrößen, von individuellen Faktoren und von weiteren, oft unvermeidbaren Begleiterscheinungen ab, den sogenannten Sekundäreffekten.

Objektivierbare Kenngrößen sind

- die Stärke der Schwingungseinwirkung; diese wird beschrieben durch die sogenannte „Bewertete Schwingstärke“ (KB), siehe Abschnitt 5,
- die Einwirkungsdauer, die Häufigkeit und die Tageszeit des Auftretens,
- die Umgebungssituation und die Ortsüblichkeit (Wohnung, Verkehrsmittel, Arbeitsplatz).

Individuelle Faktoren beim Betroffenen sind

- die persönliche Wahrnehmungsschwelle für Schwingungen,
- die Art der Tätigkeit während der Einwirkung,
- der Gesundheitszustand (physisch, psychisch),
- die Gewöhnung oder Sensibilisierung,
- die Einstellung gegenüber dem Verursacher,
- die Einschätzung der Vermeidbarkeit bzw. Notwendigkeit der Einwirkung.

In der Wohnumgebung werden unübliche Schwingungseinwirkungen stets als störend empfunden. Dagegen werden z. B. beim Fahren im Auto oder während der Handhabung vibrierender Geräte wie etwa einer Bohrmaschine selbst hohe Einwirkungen nicht als erhebliche Belästigung empfunden. Dies ist vergleichbar mit lauten Geräuschen, die man selbst erzeugt. Sobald man Schwingungen lediglich passiv ausgesetzt ist, ohne sie kontrollieren zu können, tritt eine Sensibilisierung ein. Auch die Notwendigkeit spielt dabei eine Rolle. So werden etwa Einwirkungen von einer vorübergehenden Baustelle eher akzeptiert als solche, die z. B. von einer unwichtigen Waschmaschine des Wohnnachbarn ausgehen.

Durch Schwingungen verursachte Sekundäreffekte sind

- optisch wahrnehmbare Schwingungen von Gegenständen im Wohnbereich wie etwa Pflanzen, Lampen oder Spiegel,

- die Anregung hörbaren tieffrequenten Luftschalls durch schwingende Bauteile,
- das Auftreten zusätzlicher Geräusche, etwa Klappern einer Tür oder Klirren von Gläsern.

Ob und ab welcher Stärke eine Erschütterungseinwirkung als Belästigung wahrgenommen wird, hängt also in komplexer Weise von vielen Faktoren ab. Die Erfahrung zeigt, dass im Wohnumfeld bereits geringste, gerade wahrnehmbare Einwirkungen als erheblich belästigend gewertet werden, wenn sie täglich über längere Zeit auftreten. Daher ist in Wohnungen die vollständige Vermeidung fühlbarer Erschütterungen anzustreben. Hinweise hierzu gibt die Tabelle 1 der LAI-Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen (Stand 06.03.2018).

4. OBJEKTIVE ERFASSUNG

Die Wahrnehmbarkeit von Erschütterungen hängt, wie bereits in Abschnitt 2 beschrieben, neben ihrer Intensität auch von der Frequenz und der Einwirkungsrichtung ab. Diese Einflüsse wurden für Sinusschwingungen in Laborversuchen untersucht. Daraus wurden vereinfachte mittlere Kurven für die Frequenzabhängigkeit abgeleitet und genormt. Sie dienen als Grundlage für die messtechnische Frequenzbewertung. Das Ergebnis ist eine der Schwingungswahrnehmung entsprechende Messgröße: Die bewertete Schwingstärke (Abkürzung KB).

Durch Messung der bewerteten Schwingstärke lässt sich die Wahrnehmbarkeit von Erschütterungen für die überwiegende Zahl der Betroffenen objektiv ermitteln. Ein Unsicherheitsfaktor bleibt die individuell unterschiedliche Wahrnehmungsempfindlichkeit einzelner Menschen.

5. MESSUNG UND BEURTEILUNG

Bei der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen in Wohnungen, die durch Anlagen in einem benachbarten Betrieb hervorgerufen werden, sind die Anforderungen des Immissionsschutzrechts heranzuziehen. Nach § 3 Abs. 1 Bundes-Immissionsschutzgesetz sind Erschütterungen dann als schädliche Umwelteinwirkungen anzusehen, wenn sie nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen.

Soweit Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden einwirken, sind diese Anforderungen in DIN 4150 Teil 2 „Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ (Juni 1999) sowie in den LAI-Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen (März 2018) konkretisiert. Die DIN 4150 Teil 2 und die LAI-Hinweise sind weitgehend inhaltsgleich. Die Anhaltswerte A der Norm sind identisch mit den entsprechenden Immissionswerten IW der LAI-Hinweise. Derzeit wird die DIN 4150 Teil 2 aktualisiert. Ein entsprechender Arbeitskreis ist im Jahre 2018 vom DIN gebildet worden.

Bei Einhaltung der in den o. g. Regelwerken niedergelegten Anforderungen werden erhebliche Belästigungen von Menschen „in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen“ in der Regel vermieden. Zur Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen in Wohngebäuden sind somit die Anhaltswerte nach Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2 bzw. die Immissionswerte nach Tabelle 3 der LAI-Hinweise (März 2018) einschlägig. Eventuell vorhandene Sekundäreffekte sind in den Anhaltswerten bzw. Immissionswerten – soweit möglich – pauschal berücksichtigt.

Beurteilungsgrößen

Bevorzugte Ausgangsgröße zur Messung von Erschütterungsimmissionen ist die Schwinggeschwindigkeit. Dabei ist die Schwingungswahrnehmung des Menschen oberhalb ca. 10 Hz frequenzunabhängig und nur proportional zum Messwert. Die Frequenzabhängigkeit bei tiefen Frequenzen wird näherungsweise durch eine Filterfunktion berücksichtigt, die so genannte KB-Bewertung, siehe Formel (1):

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

f Frequenz

f_0 5,6 Hz

Abbildung 1 zeigt den Amplitudenfrequenzgang $H_{KB}(f)$ des KB-Filters. Dieses Filter realisiert keine Kurve gleicher Wahrnehmung, sondern ist eine Interpolation zwischen zwei unterschiedlichen Kurven für verschiedene Einwirkungsrichtungen. Der tatsäch-

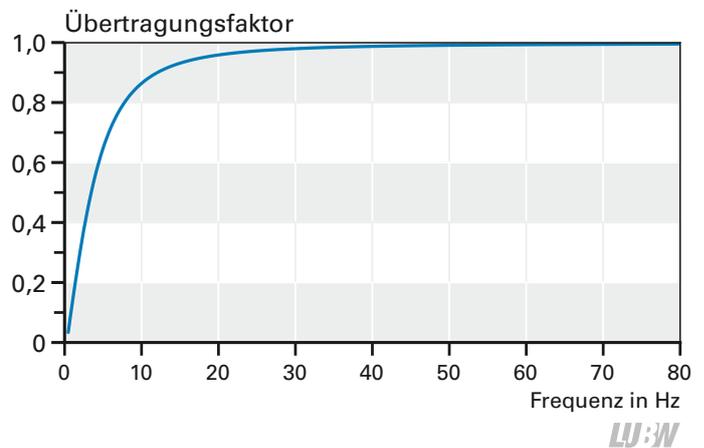


Abbildung 1: Amplitudenfrequenzgang des Übertragungsfaktors $H_{KB}(f)$ des KB-Filters, siehe Formel (1)

liche Grad der Wahrnehmung kann daher von Fall zu Fall niedriger liegen als der mittels dieses Filters festgestellte Wert von KB ausweist. Außerdem werden die Frequenzen oberhalb 80 Hz durch ein Sperrfilter abgeschnitten (Bandbegrenzung). Diese Frequenzen liefern bei Erschütterungseinwirkungen über das Gebäude keinen nennenswerten Beitrag zur Wahrnehmung.

Aus dem so frequenzbewerteten Signal wird der gleitende Effektivwert gemäß Formel (2) mit der Zeitkonstanten $\tau = 125$ ms gebildet. Die Zeitkonstante ist die gleiche, die auch bei der Geräuschemessung in der Einstellung „fast“ (schnell) benutzt wird. Daher werden die auf der Basis dieses Effektivwertes ermittelten Größen mit dem Index F gekennzeichnet. Das so gebildete bandbegrenzte und frequenzbewertete Signal wird als bewertete Schwingstärke $KB_F(t)$ bezeichnet und unterliegt in der Regel zeitlichen Schwankungen.

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

τ 125 ms

ξ Integrationsvariable

F Fast, Abkürzung für $\tau = 125$ ms

Maximale bewertete Schwingstärke

Der während der Beurteilungszeit erreichte höchste Wert der sich meist zeitlich verändernden bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$ ist die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} . Sie ist eine der beiden maßgeblichen Beurteilungsgrößen.

Beurteilungs-Schwingstärke

In manchen Fällen, vor allem bei stark schwankenden Einwirkungen oder solchen von kurzer Dauer, muss zusätzlich die sogenannte Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTi} ermittelt werden. Diese wird ähnlich wie der Taktmaximalpegel im Bereich des Lärms bestimmt. Die Zeitabschnitte, während derer Erschütterungen auftreten, werden dabei in Teilabschnitte (N) von jeweils 30 s Dauer aufgeteilt (siehe Abbildung 3) und der quadratische Mittelwert – der sog. Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} – aus den jeweiligen maximalen KB_{FTi} -Werten dieser Teilabschnitte KB_{FTi} berechnet, siehe Formel (3):

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

N Anzahl der Takte

Bei der Ermittlung von KB_{FTm} ist für alle Takte mit $KB_{FTi} \leq 0,1$ tatsächlich $KB_{FTi} = 0$ zu setzen. Denn Erschütterungen mit $KB_{FTi} \leq 0,1$ sind in der Regel nicht wahrnehmbar und dürfen daher auch keinen Beitrag zu KB_{FTm} erbringen.

Aus KB_{FTm} erfolgt schließlich unter Berücksichtigung von Einwirkungszeiten, Ruhezeiten und maßgeblicher Beurteilungszeit die Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} , siehe Formeln (4) und (5).

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

T_e tatsächliche Einwirkungszeit mit KB_{FTm}

T_r Beurteilungszeit: 16 h tags und 8 h nachts

Liegt von den Einwirkungen „tags“ ein Teil 1 der Dauer $T_{e,1}$ außerhalb der sogenannten Ruhezeiten und ein Teil 2 der Dauer $T_{e,2}$ innerhalb, so errechnet sich KB_{FTr} gemäß Gleichung 5 aus den Teilbeiträgen. Hierbei gehen die Ruhezeiten mit dem Gewichtungsfaktor 2 ein:

$$KB_{FTr} = \sqrt{\frac{1}{T_r} (T_{e,1} \cdot KB_{FTm,1}^2 + 2 \cdot T_{e,2} \cdot KB_{FTm,2}^2)} \quad (5)$$

Ruhezeiten sind die Stunden von werktags 6 bis 7 Uhr und 19 bis 22 Uhr sowie sonn- und feiertags von 6 bis 22 Uhr. Analog zu Formel (5) kann KB_{FTr} auch aus einer größeren Anzahl j einzelner Teilbeiträge mit verschiedenen Werten von $KB_{FTm,j}$ zusammengesetzt werden.

Messort

Erschütterungseinwirkungen sind jeweils in vertikaler Richtung (z) und zwei zueinander rechtwinkligen horizontalen Richtungen (x,y) zu ermitteln. Grundsätzlich ist die Stelle der stärksten Einwirkung auf dem Fußboden zu wählen. Der Beurteilung werden die am Fußboden auftretenden Schwingungen zu Grunde gelegt. Die an der Einleitungsstelle in den Körper des Menschen, etwa der Sitzfläche des Stuhles, auftretenden Schwingungen bleiben außer Betracht. Dies wurde festgelegt, um die Messergebnisse nicht durch das in weiten Grenzen variierende Schwingungsverhalten unterschiedlicher Möblierungen zu beeinflussen. Das Schwingungsverhalten des Inventars ist durch die Festlegung der Anhaltswerte bzw. Immissionswerte auf Basis vorliegender Erfahrungen berücksichtigt.

Normgerechte Wahl der Messpunkte, vertikal (z)

Der maßgebliche Messpunkt (Ort der stärksten Einwirkung) ist in der Regel auf der am stärksten betroffenen Gebäudedecke festzulegen, meist in Deckenfeldmitte. Unterzüge und Innenwände sind dabei zu beachten. Lose Bodenbeläge wie z. B. Teppiche sollten entfernt werden. Bei der Beurteilung kurzzeitiger Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen dürfen alternativ zur direkten Messung am maßgeblichen Messpunkt auch Messungen am Fundament zur Beurteilung herangezogen werden.

Normgerechte Wahl der Messpunkte, horizontal (x,y)

a) Bei Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden: Der maßgebliche Messpunkt ist in dem zu beurteilenden Stockwerk meist dicht in einer Ecke der Außenwand in Richtung zur Erschütterungsquelle festzulegen (zwei zueinander rechtwinklige Messrichtungen, mindestens eine Messrichtung parallel zu einer Gebäudehauptachse). Bei beidseitig aussteifenden Decken (Betondecken) können die horizontalen Schwingungen auf der Decke an beliebiger Stelle erfasst werden.

b) Bei Einwirkungen auf bauliche Anlagen: Der maßgebliche Messpunkt liegt hier in der Deckenebene über dem obersten Vollgeschoss (Ebene der Außenwände) meist dicht in einer Ecke der Außenwand in Richtung zur Erschütterungsquelle (zwei zueinander rechtwinklige Messrichtungen, mindestens eine Messrichtung parallel zu einer Gebäudehauptachse). Bei beidseitig aussteifenden

den Decken (Betondecken) können die horizontalen Schwingungen auf der Decke an beliebiger Stelle erfasst werden. Bei der Beurteilung kurzzeitiger Erschütterungseinwirkungen dürfen alternativ zur direkten Messung am maßgeblichen Messpunkt auch Messungen am Fundament zur Beurteilung herangezogen werden, siehe hierzu auch DIN 4150 Teil 3 (Dezember 2016), Abschnitte 5, 6 und 7.

Anhaltswerte, Immissionswerte

Derzeit gibt es keine gesetzlich verbindlichen Grenzwerte für Erschütterungsimmissionen. Die Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 2 sind Vorschläge des Gutachterkreises, der die Norm erarbeitet hat. In der Praxis werden diese Anhaltswerte vor Gericht mangels anderer Bewertungsgrundlagen meist wie „Grenzwerte“ behandelt.

In Baden-Württemberg werden die „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) vom 06.03.2018 herangezogen. Inhaltlich stimmen diese weitgehend mit der DIN 4150 Teil 2 überein. Die Immissionswerte der LAI-Hinweise sind identisch mit den Anhaltswerten der Norm. Das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft

Baden-Württemberg hat als oberste Immissionsschutzbehörde des Landes die Hinweise mit Schreiben vom 30.08.2018 zur Anwendung empfohlen. Im Verwaltungsvollzug werden die Anhaltswerte somit wie verbindliche Grenzwerte behandelt.

Die Anhaltswerte bzw. Immissionswerte wurden über viele Jahre im praktischen Einsatz bestätigt und dienen auch in der Rechtsprechung als Orientierungshilfe zur Konkretisierung der Anforderungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Die Werte können daher in typischen Fällen zur Beurteilung der Belästigung durch Erschütterungsimmissionen als Arbeitshilfe herangezogen werden. Bei atypischen Fällen ist im Einzelnen zu prüfen, ob die Werte aufgrund von Art, Ausmaß und Dauer der Erschütterungseinwirkungen geeignet sind, deren Erheblichkeit und Zumutbarkeit sachgerecht zu beurteilen.

Die Norm bzw. die LAI-Hinweise enthalten die in Tabelle 1 aufgeführten Anhaltswerte für fünf verschiedene Gebietseinstufungen sowie für die Beurteilungszeiten Tag und Nacht.

Einen Hinweis auf die Fühlbarkeit der Erschütterungseinwirkungen gibt die maximale bewertete Schwing-

Tabelle 1: Anhaltswerte A der DIN 4150 Teil 2 für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen. 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 nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkung vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

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

stärke ($KB_{F_{max}}$). Die Fühlschwelle liegt bei den meisten Menschen im Bereich zwischen $KB_F = 0,1$ und $KB_F = 0,2$. Siehe auch LAI-Hinweise Tabelle 1 (März 2018) zur Wahrnehmbarkeit von Erschütterungseinwirkungen in Wohnumgebung.

Vorgehensweise bei der Beurteilung

Anhand des Ablaufdiagramms Abbildung 2 wird das Vorgehen bei der Beurteilung deutlich: Zuerst wird die maximale Bewertete Schwingstärke für die drei Richtungskomponenten x, y und z ermittelt. Der größte dieser Werte, $KB_{F_{max}}$, wird mit den Anhaltswerten A_u und A_o der Tabelle 1 verglichen:

- Ist $KB_{F_{max}}$ kleiner oder gleich dem (unteren) Anhaltswert A_u , sind die Anforderungen der DIN 4150 Teil 2 eingehalten.
- Ist $KB_{F_{max}}$ größer als der (obere) Anhaltswert A_o , sind die Anforderungen der DIN 4150 Teil 2 nicht eingehalten.
- Für selten auftretende und kurzzeitige Einwirkungen ist die Anforderung der DIN 4150 Teil 2 eingehalten, wenn $KB_{F_{max}}$ kleiner oder gleich A_o ist.
- Bei häufigeren Einwirkungen, für die $KB_{F_{max}}$ größer ist als A_u , aber kleiner als A_o , ist zusätzlich zu prüfen, ob die Beurteilungs-Schwingstärke $KB_{F_{Tr}}$ kleiner ist als A_r . Ist dies der Fall, dann sind die Anforderungen der DIN 4150 Teil 2 eingehalten.

Das A_r -Kriterium dient einer angemessenen Beurteilung stark schwankender und/oder nur kürzere Zeit einwirkender Erschütterungen, deren $KB_{F_{max}}$ -Wert größer als A_u , aber nicht größer 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 vier Stunden am Tage bzw. zwei Stunden in der Nacht sind. Deutlich längere Einwirkungszeiten führen in derartigen Fällen grundsätzlich zur Überschreitung von A_r . Die Durchführung dieses Teils des Beurteilungsverfahrens ist in der Praxis damit nur in wenigen Fällen tatsächlich erforderlich.

Durch Störungen beeinflusste Messwerte sind von den Auswertungen auszuschließen. Wird der Vergleich von Messergebnissen mit Immissionswerten durchgeführt, um bei festgestellten schädlichen Umwelteinwirkungen bestimmte Maßnahmen anzuordnen, muss sichergestellt sein, dass Überschreitungen der Immissionswerte

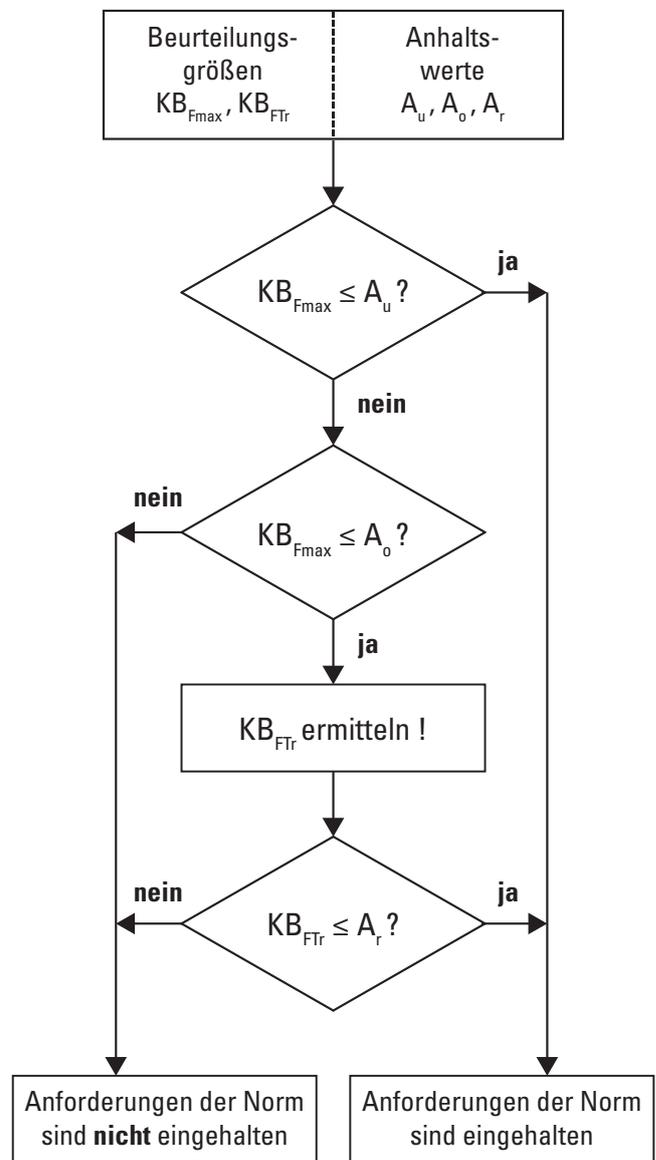


Abbildung 2: Ablaufdiagramm für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen nach DIN 4150 Teil 2 (Juni 1999) bzw. den LAI-Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen (März 2018)

nicht auf messtechnischen Unsicherheiten beruhen. Bei der normgerechten messtechnischen Ermittlung von Schwinggeschwindigkeiten oder KB-Werten sind erfahrungsgemäß Unsicherheiten von bis zu $\pm 15\%$ zu erwarten. Sollen Anordnungen auf die Messergebnisse gestützt werden, ist daher in der Regel vom Messwert ein Abzug von 15% vorzunehmen, siehe LAI-Hinweise, Abschnitt 4. Das dargestellte Beurteilungsverfahren ist grundsätzlich für alle Arten von Erschütterungseinwirkungen anwendbar. Es gibt jedoch Sonderregelungen für sehr seltene Einwirkungen wie z. B. Sprengungen in Steinbrüchen, für den Schienenverkehr sowie für Erschütterungen von Baustellen. Näheres ist DIN 4150 Teil 2 bzw. den LAI-Hinweisen zu entnehmen.

6. BEURTEILUNGSBEISPIEL

In dem nachfolgenden Beispiel handelt es sich um Erschütterungseinwirkungen innerhalb einer Wohnung in einem allgemeinen Wohngebiet. Die Erschütterungen werden durch Maschinen eines Gewerbebetriebes verursacht. Der Betrieb arbeitet von Montag bis Freitag jeweils im Zeitraum zwischen 6:00 Uhr und 24:00 Uhr. Der am maßgeblichen Immissionsort – Ort der stärksten Einwirkung – in der dominierenden Richtungskomponente (Messrichtung z) aufgezeichnete Zeitverlauf der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$ ist in Abbildung 3 dargestellt. Der Zeitverlauf ist repräsentativ für die gesamte Betriebszeit.

Gemäß DIN 4150 Teil 2 sind bei Erschütterungseinwirkungen in Wohnungen in Wohngebieten die nachstehenden Anhaltswerte maßgeblich:

Tags: $A_u = 0,15$, $A_o = 3$, $A_r = 0,07$

Nachts: $A_u = 0,1$, $A_o = 0,2$, $A_r = 0,05$

Beurteilungszeitraum „Tags“ (6 bis 22 Uhr)

Schritt 1: Ermittlung von KB_{Fmax} und Vergleich mit A_u . $KB_{Fmax} = 0,15 \leq A_u = 0,15$. Die Anforderung der Norm für den Tag ist eingehalten. Es sind keine weiteren Prüfschritte erforderlich.

Beurteilungszeitraum „Nachts“ (22 bis 6 Uhr)

Schritt 1: Ermittlung von KB_{Fmax} und Vergleich mit A_u . $KB_{Fmax} = 0,15 > A_u = 0,1$. Der Anhaltswert A_u ist überschritten. Prüfschritt 2 ist erforderlich.

Schritt 2: Vergleich von KB_{Fmax} mit A_o .

$KB_{Fmax} = 0,15 < A_o = 0,2$. Der Anhaltswert A_o ist unterschritten. Prüfschritte 3 und 4 sind erforderlich.

Schritt 3: Ermittlung von KB_{FTm} .

$$KB_{FTm} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N KB_{FTi}^2} = 0,07 \quad (6)$$

Bei der Berechnung von KB_{FTm} sind Werte $KB_{FTi} \leq 0,1$ mit dem Wert 0 einzusetzen. Dies betrifft die Takte 1-3, 6-7 und 9-10 (vgl. rote Linien in Abbildung 3).

Schritt 4: Ermittlung von KB_{FTr} und Vergleich mit A_r .

$$KB_{FTr} = KB_{FTm} \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,04 \quad (7)$$

mit Einwirkzeit $T_e = 2$ Stunden und

Beurteilungszeit T_r „Nachts“ = 8 Stunden

Ergebnis: $KB_{FTr} = 0,04 < A_r = 0,05$. Die Anforderung der Norm ist auch nachts eingehalten.

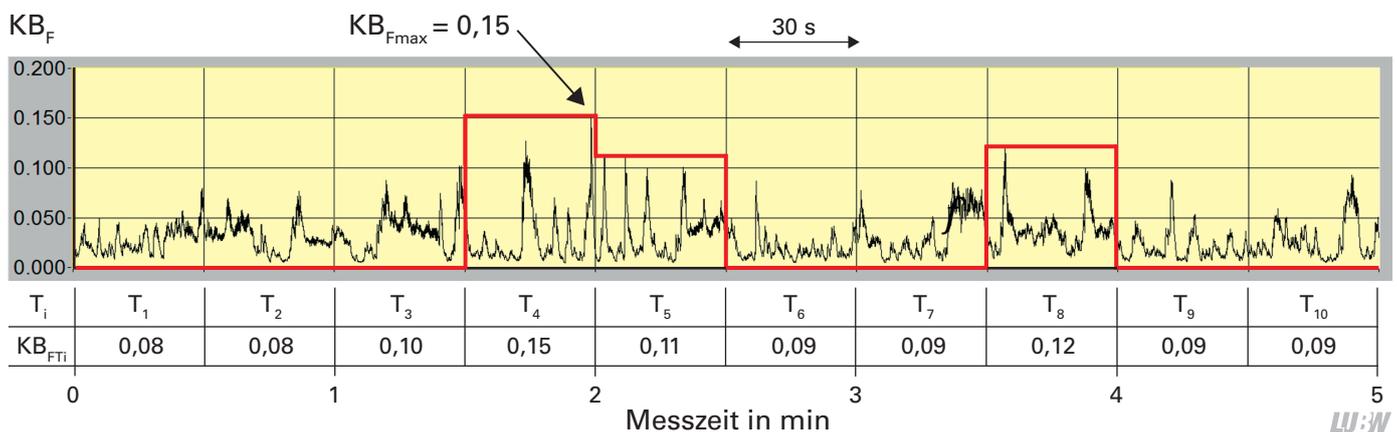


Abbildung 3: Beurteilungsbeispiel. Zeitverlauf der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$ mit Bestimmung der Taktmaximalwerte KB_{FTi} für die Erschütterungseinwirkung. Bei der Berechnung von KB_{FTm} sind KB_{FTi} -Werte kleiner 0,1 mit Null anzusetzen. Dies betrifft die Takte 1-3, 6-7 und 9-10 (siehe rote Linien).

LITERATUR

- DIN 4150: Erschütterungen im Bauwesen
Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden,
Ausgabe Juni 1999
Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Ausgabe
Dezember 2016
- DIN 45 669: Messung von Schwingungsimmissionen
Teil 1: Schwingungsmesser – Anforderungen und Prü-
fungen, Ausgabe September 2010
Teil 2: Messverfahren, Ausgabe Juni 2005
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissions-
schutz (LAI): Hinweise zur Messung, Beurteilung
und Verminderung von Erschütterungsimmissionen,
Stand 06.03.2018
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft
Baden-Württemberg: Erlass vom 30.08.2018,
Az. 4-8822.10/140
- Splittgerber, Heinz (1986): Messung und Beurteilung
von Erschütterungsimmissionen – Vergleich verschie-
dener Verfahren – LIS-Berichte Nr. 61, 1986

IMPRESSUM

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe www.lubw.de
BEARBEITUNG	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Referat 34 – Technischer Arbeitsschutz, Lärmschutz Kai Jänke, Karl-Jürgen Kiesel E-Mail: laerm@lubw.bwl.de
STAND	Oktober 2018

Der Nachdruck ist mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung eines Belegexemplars gestattet.