



**Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für
Immissionsschutz**

**Hinweise
zur Messung, Beurteilung und Verminderung
von Erschütterungsimmissionen**

(Stand 06.03.2018)

- 1 Geltungsbereich
- 2 Schädliche Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen
 - 2.1 Schädlichkeit von Erschütterungseinwirkungen
 - 2.2 Messung und Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen
- 3 Immissionswerte
 - 3.1 Einwirkungen auf Gebäude und andere bauliche Anlagen
 - 3.2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
- 4 Hinweise zur Beurteilung
 - 4.1 Einwirkungen auf Gebäude und andere bauliche Anlagen
 - 4.2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
- 5 Erschütterungen bei Baumaßnahmen
 - 5.1 Einwirkungen auf Gebäude und andere bauliche Anlagen
 - 5.2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden
- 6 Verminderung von erheblichen Belästigungen durch Erschütterungsimmissionen
 - 6.1 Aktive Schutzmaßnahmen
 - 6.2 Ausbreitungsweg
 - 6.3 Passive Schutzmaßnahmen
 - 6.4 Maßnahmen zur Verminderung erheblicher Belästigungen, insbesondere bei nur vorübergehend betriebenen Anlagen (z. B. Baustellenanlagen)

Anhang: Hinweise zu ausgewählten Einzelfällen

1 Geltungsbereich

Diese Hinweise dienen dem Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen sowie der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen. Sie enthalten Beurteilungsmaßstäbe zur Konkretisierung der Anforderungen aus § 5 Abs. 1 Nrn. 1 und 2 und § 22 Abs. 1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) sowie Anmerkungen zur Vorsorge. Hierzu siehe insbesondere Gliederungs-Nr. 6.1.

Die Hinweise gelten für genehmigungsbedürftige und nicht genehmigungsbedürftige Anlagen einschließlich Baustellen.

Diese Hinweise bilden keine geeignete Beurteilungsgrundlage für Erschütterungsimmissionen bei besonderen Nutzungen von Gebäuden und Grundstücken. Besondere Nutzungen von Gebäuden und Grundstücken sind Nutzungen, die gegenüber Erschütterungseinwirkungen in besonderem Maße empfindlich sind. Derartige Nutzungen liegen bei Arbeitsstätten mit erschütterungsempfindlichen Apparaturen oder Fertigungsgeräten (z. B. Elektronenmikroskope, Laser-Einrichtungen usw.) vor.

Zur Prognose von Erschütterungen werden in diesen Hinweisen keine Handlungsanleitungen gegeben. Eine Anleitung zur Vorermittlung von Erschütterungen enthält DIN 4150-1:2001-06 "Erschütterungen im Bauwesen – Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen".

In diesen Hinweisen sind auch keine Handlungsempfehlungen zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkung aus Straßen- und Schienenverkehr enthalten. Hinweise dazu enthalten DIN 4150-2, 6.5.2 und 6.5.3.

2 Schädliche Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen

Eine für Anlagenbetreiber und Überwachungsbehörden gleichermaßen bundesweit rechtsverbindliche Klärung der Frage, wann Erschütterungsimmissionen auf bauliche Anlagen und auf Menschen in Gebäuden als schädliche Umwelteinwirkungen anzusehen sind, existiert nicht. Die Bewertung der Erheblichkeit von Belästigungen bzw. Nachteilen durch Erschütterungseinwirkungen i.S. des BImSchG ist daher anhand von Regelwerken sachverständiger Organisationen oder von einzelfallbezogenen Gutachten vorzunehmen.

Die unter Nr. 2.2 genannten Normen können als antizipierte Sachverständigengutachten zur Konkretisierung des Begriffs der schädlichen Umwelteinwirkung herangezogen werden. Sie dürfen jedoch nicht schematisch angewandt werden.

2.1 Schädlichkeit von Erschütterungseinwirkungen

Erschütterungsimmissionen sind schädliche Umwelteinwirkungen im Sinne von § 3 Abs. 1 BImSchG, wenn sie nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen. Diese Hinweise enthalten Beurteilungsmaßstäbe für die Grenzen der Schädlichkeit von Erschütterungsimmissionen, die auf Gebäude und auf Menschen in Gebäuden bei üblicher Nutzung einwirken. Werden diese Beurteilungsmaßstäbe eingehalten, ist immer auch der Gefahrenschutz, insbesondere der Gesundheitsschutz von Menschen, sichergestellt.

a) Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude

Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude übersteigen die Grenze der schädlichen Umwelteinwirkungen, wenn sie geeignet sind, erhebliche Nachteile hervorzurufen. Unter Nachteilen sind dabei Vermögenseinbußen, insbesondere durch Schäden an Gebäuden und Gebäudeteilen, zu verstehen. Die Verminderung der bestimmungsgemäßen Nutzbarkeit eines Gebäudes ist in der Regel ein erheblicher Nachteil. Erschütterungen, die geeignet sind, Schäden an Gebäuden zu verursachen, die deren Standfestigkeit beeinträchtigen oder die Tragfähigkeit von Decken oder anderen Bauteilen vermindern, sind stets als schädliche Umwelteinwirkungen anzusehen. Im Übrigen hängt die Bewertung von Erschütterungseinwirkungen von der Gebäudeart und der Nutzung der Bauten ab.

Bei Wohngebäuden und in ihrer Konstruktion und/oder ihrer Nutzung gleichartigen Bauten sowie bei besonders erhaltenswerten (z. B. unter Denkmalschutz stehenden) Bauten sind darüber hinaus Erschütterungseinwirkungen als schädliche Umwelteinwirkungen anzusehen, wenn sie geeignet sind

- Risse im Putz von Decken und/oder Wänden,
- Vergrößerung von bereits vorhandenen Rissen in Gebäuden oder
- Abreißen von Trenn- und Zwischenwänden von tragenden Wänden oder Decken

zu verursachen.

Bei gewerblich genutzten Bauten (siehe Tabelle 2, Zeile 1) sind Erschütterungseinwirkungen, die die Standfestigkeit nicht berühren, in der Regel keine schädlichen Umwelteinwirkungen.

b) Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden können erhebliche Belästigungen hervorrufen. Belästigungen ergeben sich aus der negativen Bewertung von Erschütterungseinwirkungen und deren Folgeerscheinungen (z. B. sichtbare Bewegungen oder hörbares Klappern von Gegenständen). Zur Belästigung tragen auch die mit Erschütterungen verbundenen Beeinträchtigungen bestimmungsgemäßer Nutzungen von Gebäuden und Gebäudeteilen bei. Die Erheblichkeit hängt nicht nur vom Ausmaß der Erschütterungsbelastung, sondern auch von anderen Faktoren (siehe DIN 4150-2, 4) ab, die die Zumutbarkeit für den betroffenen Menschen bestimmen. Ein Hinweis auf die Fühlbarkeit der Erschütterungseinwirkung ist in DIN 4150-2, Anhang D "Erläuterung zu Abschnitt 6" gegeben.

Tabelle 1: Zusammenhang von Wahrnehmung und KB_{Fmax} , abgeleitet aus den Angaben in DIN 4150-2, Anhang D.

Maximalwert der Bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax}	Beschreibung der Wahrnehmung
0,1 bis 0,2	Beginn der Wahrnehmung. In Wohnungen bereits störend.
0,3	bei ruhigem Aufenthalt in Wohnungen überwiegend gut spürbar und damit stark störend

2.2 Messung und Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen

Die Normen

DIN 4150 "Erschütterungen im Bauwesen",

- Teil 3:2016-12 "Einwirkungen auf bauliche Anlagen",
- Teil 2:1999-06 "Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden,"

DIN 45669 "Messung von Schwingungsimmissionen",

- Teil 1:2010-09 "Schwingungsmesser: Anforderungen und Prüfungen",
- Teil 1:2012-12 "Schwingungsmesser: Anforderungen und Prüfungen - Berichtigung zu DIN 45669-1:2010-09",
- Teil 2:2005-06 "Messverfahren"

enthalten sachverständige Angaben zur Messung und Beurteilung der Einwirkung von Erschütterungen auf Gebäude und auf Menschen in Gebäuden.

Die verwendeten Schwingungsmesssysteme müssen den Anforderungen der DIN 45669-1 genügen. Seit der letzten Kalibrierung des Messsystems dürfen nach DIN 45669-1 nicht länger als drei Jahre vergangen sein. Bei der Durchführung der Messung sind die Vorgaben aus DIN 45669-2 zu beachten.

Maßgebend für die Beurteilung von Gebäudeschwingungen sind die maximalen Schwinggeschwindigkeiten, die in den horizontalen Schwingungsrichtungen auf der obersten Deckenebene auftreten. In vertikaler Schwingungsrichtung treten die maximalen Schwinggeschwindigkeiten meistens in der Mitte frei schwingender Deckenfelder auf. Zur Beurteilung einer kurzzeitigen Einwirkung auf bauliche Anlagen dürfen ersatzweise auch Messungen am Gebäudefundament erfolgen.

Zur Ermittlung der Erschütterungseinwirkung auf Menschen in Gebäuden muss die Messung auf dem Fußboden des am stärksten betroffenen, schutzbedürftigen Raumes nach DIN 4109-1, 3.16 (DIN 4109-1:2018-01 "Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen") erfolgen. Aus Messungen am Gebäudefundament können die zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Menschen in Gebäuden notwendigen Beurteilungsgrößen nicht eindeutig berechnet werden. Mit weiteren Kenntnissen, insbesondere über die Schwingungsübertragung im Gebäude, ist lediglich eine Abschätzung möglich. Sollen Anordnungen auf Messergebnisse gestützt werden, sind die auftretenden Erschütterungsimmissionen unbedingt am maßgeblichen Immissionsort zu erfassen.

Für Erschütterungseinwirkungen von außen auf schutzbedürftige Räume gelten die Beurteilungsmaßstäbe der DIN 4150-2. In ihrem Anwendungsbereich markieren die Anhaltswerte der DIN 4150-2 die Schwelle zwischen schädlichen und nicht schädlichen Umwelteinwirkungen. Diese Markierung stellt keine scharfe Grenze dar. Sie ist aber eine geeignete Grundlage für eine Immissionsbeurteilung, die auch die besonderen Umstände des Einzelfalls berücksichtigt.

Zur Beurteilung von selbst verursachten Schwingungseinwirkung am Arbeitsplatz sind die Vorgaben der VDI 2057 Blatt 1:2017-08 "Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen - Ganzkörper-Schwingungen", VDI 2057 Blatt 1 Berichtigung:2017-10" Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen - Ganzkörper-Schwingungen - Berichtigung zur Richtlinie VDI 2057 Blatt 1:2017-08" und VDI 2057 Blatt 3:2017-03 " Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen - Ganzkörperschwingungen an Arbeitsplätzen in Gebäude" und der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung zu beachten. Darin wird die Schwingungseinwirkung anhand einer bewerteten Schwingbeschleunigung beurteilt. Die aus diesen Regelwerken stammenden Beziehungen zwischen Beurteilungswert und Wahrnehmung sind nicht mit den Beurteilungsgrößen aus DIN 4150-2 vergleichbar und können bei der Beurteilung von Immissionen nicht verwendet werden.

3 Immissionswerte

Die Immissionswerte in Tabelle 2 und Tabelle 3 berücksichtigen die in Nr. 2.2 genannten Erkenntnisquellen.

Die Immissionswerte der Tabelle 2 kennzeichnen für den überwiegenden Teil der heute vorhandenen Gebäude eine Schwelle, bei deren Einhaltung eine Verminderung der bestimmungsgemäßen Nutzbarkeit als Folge von Erschütterungseinwirkungen nach den bisherigen Erfahrungen nicht eintritt. Bei der Überschreitung der Immissionswerte nimmt aber das Risiko derartiger Beeinträchtigungen zu.

Die Immissionswerte der Tabelle 3 und Tabelle 4 stellen auf die Vermeidung erheblicher Belästigungen von Menschen in Gebäuden ab. Tabelle 3 gibt Immissionswerte für Situationen an, in denen Erschütterungsquellen über mehrere Monate und Jahre auf Immissionsorte einwirken. Sie dienen zur Festlegung der Schwellen zwischen schädlichen und nicht schädlichen Umwelteinwirkungen. Die Immissionswerte der Tabelle 4 gelten für tagsüber einwirkende Erschütterungen von Baustellen und stellen Zumutbarkeitsmaßstäbe nach Maßgabe von Nr. 5.2 bereit.

Die Immissionswerte der Tabelle 3 und Tabelle 4 wurden über viele Jahre im praktischen Einsatz bestätigt und dienen auch in der Rechtsprechung als Orientierungshilfe zur Konkretisierung der Anforderungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG). Die Immissionswerte 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 Immissionswerte aufgrund von Art, Ausmaß und Dauer der Erschütterungseinwirkungen geeignet sind, deren Erheblichkeit und Zumutbarkeit sachgerecht zu beurteilen.

3.1 Einwirkungen auf Gebäude und andere bauliche Anlagen

Die Immissionswerte für die Beurteilung der Einwirkungen auf Gebäude (Tabelle 2) sind nach der Gebäudeart und nach der Dauer der Einwirkungen gestaffelt. Grundlage hierfür sind die Anhaltswerte nach DIN 4150-3:2016-12. Die Zuordnung der Gebäude zu den Zeilen nach Tabelle 2 erfolgt durch Inaugenscheinnahme.

Für Hausanschlussleitungen bis zu einem Abstand von 2 m zum Bauwerk gelten die Anhaltswerte für das Fundament des Bauwerks. Für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf erdverlegte Rohrleitungen und massive Bauteile können die Anhaltswerte aus DIN 4150-3, 5.2, 5.3 und 6.2 herangezogen werden.

Für die Beurteilung kurzzeitiger Erschütterungseinwirkungen dürfen auch am Gebäudefundament ermittelte Messwerte verwendet werden. Die zugehörigen Immissionswerte (Tabelle 2, Spalte 3 bis Spalte 5) sind frequenzabhängig. Ein Verfahren zur Bestimmung der maßgebenden Frequenz ist jedoch nicht festgelegt. Unterschiedliche Verfahren zur Frequenzbestimmung können zu voneinander abweichenden Ergebnissen und damit auch zu unterschiedlichen Immissionswerten führen.

Zur Ermittlung frequenzunabhängiger und eindeutiger Beurteilungsgrößen ist deshalb das in DIN 4150-3, Anhang B und DIN 45669-1, Anhang E beschriebene Verfahren bevorzugt anzuwenden. Das Signal der Schwinggeschwindigkeit wird dabei, dem zu untersuchenden Gebäudetyp entsprechend, frequenzbewertet. Durch diese Frequenzbewertung werden höherfrequente Signalanteile, entsprechend der frequenzabhängigen Gewichtung der Immissionswerte in Tabelle 2, abgesenkt. In der resultierenden bewerteten Schwinggeschwindigkeit v_{iBn} ist die Frequenzabhängigkeit der Immissionswerte bereits berücksichtigt und als Beurteilungsgröße kann unmittelbar das Betragsmaximum von v_{iBn} mit dem in Tabelle 2 aufgeführten, frequenzunabhängigen Immissionswert verglichen werden. Der Index i entspricht den drei zueinander orthogonalen Schwingungsrichtungen x , y und z . Das größte Betragsmaximum der drei Einzelkomponenten wird mit dem Immissionswerte aus Tabelle 2, Spalte 2 verglichen. Die zu verwendenden Bewertungfilter sind für jeden Gebäudetyp unterschiedlich. Mit dem

Index n ist deshalb die Zeile aus Tabelle 2 anzugeben, die dem zugrunde gelegten Gebäudetyp entspricht. Durch die vom Gebäudetyp abhängigen, unterschiedlichen Frequenzbewertungen sind die resultierenden bewerteten Schwinggeschwindigkeiten nicht unmittelbar ineinander umrechenbar.

Sind die Immissionswerte eingehalten oder unterschritten, ist davon auszugehen, dass keine schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des BImSchG vorliegen.

Werden die Immissionswerte überschritten, kommen Anordnungen nach §§ 17 oder 24 BImSchG in Betracht. Sind außerdem konkrete Anzeichen für Schäden im Sinne von erheblichen Nachteilen als Folge von Erschütterungen erkennbar, ist das Ermessen der zuständigen Behörde nach § 17 Abs. 1 Satz 2 BImSchG und ggf. auch nach § 25 Abs. 2 BImSchG eingeschränkt; sie darf dann nur bei einem atypischen Sachverhalt von einer nachträglichen Anordnungen absehen. Dabei ist zu beachten, dass an baulichen Anlagen Risse nicht nur durch Erschütterungen verursacht werden können; sie entstehen auch zum Beispiel durch ungleichmäßige Setzungen des Bauwerks oder durch ungleichmäßige Dehnungen verschiedener Baumaterialien bei Temperaturänderungen.

Werden Überschreitungen der Immissionswerte festgestellt, ohne dass konkrete Schäden erkennbar sind, kann die Anordnung von Maßnahmen zurückgestellt werden, wenn der Anlagenbetreiber für die betroffenen Gebäude das Maß der Erschütterungseinwirkungen, die voraussichtlich nicht zu Schäden führen, gutachterlich feststellen lässt und wenn dieses Maß nicht überschritten wird.

Sollen Immissionen nach Tabelle 2 begrenzt werden, ist zu prüfen, ob nicht ohnehin wegen der belästigenden Wirkung von Erschütterungen auf den Menschen die Erschütterungseinwirkungen weitergehend gemindert werden müssen.

Starke Erschütterungen können vor allem in locker bis mitteldicht gelagerten nicht bindigen Böden (Sande, Kiese) zu Sackungen des Bodens und damit zu Setzungen von Gründungskörpern führen. Das gilt besonders für häufige Erschütterungen, für gleichförmige Sande und für Böden unterhalb des Grundwasserspiegels. Nähere Informationen enthält DIN 4150-3, Anhang C. Ob schädliche Umwelteinwirkungen durch erschütterungsbedingte Sackungen verursacht werden, ist im Einzelfall durch einen Sachverständigen zu ermitteln.

Tabelle 2: Immissionswerte zur Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude in mm/s

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Zeile	Gebäudeart	Kurzzeitige Erschütterungen					Dauererschütterungen				
		Fundament					oberste Deckenebene, horizontal	Vertikale Deckenschwingungen	oberste Deckenebene, horizontal	Vertikale Deckenschwingungen	
		frequenz-unabhängig	Frequenzen ^{***)}								
		< 10 Hz	10 – 50 Hz	50 - 100 ^{*)} Hz							
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20	20 bis 40 IW(f) = 0,5*f + 15	40 bis 50 IW(f) = 0,2*f + 30	40	20	10	10		
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5	5 bis 15 IW(f) = 0,25*f + 2,5	15 bis 20 IW(f) = 0,1*f + 10	15	20	5	10		
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehen) sind	3	3	3 bis 8 IW(f) = 0,125*f + 1,75	8 bis 10 IW(f) = 0,04*f + 6	8	**)	2,5	**)		
Messwerte nach DIN 4150-3		Betrag maximalwerte der bewerteten Schwinggeschwindigkeit der größten Komponente in mm/s v_{iBn}		Betrag maximalwerte der Schwinggeschwindigkeit in mm/s der größten Komponente				der größten Komponente in horizontaler Schwingungsrichtung	in vertikaler Schwingungsrichtung	der größten Komponente in horizontaler Schwingungsrichtung	in vertikaler Schwingungsrichtung

*) Bei Frequenzen über 100 Hz sollen die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.

***) Das Maß der noch unschädlichen Erschütterungseinwirkungen ist im Einzelfall festzustellen.

****) Die Immissionswerte für Frequenzen von 10 bis 50 Hz sowie von 50 bis 100 Hz sind frequenzabhängig und durch lineare Interpolation zwischen den Immissionswerten der jeweiligen Zeilen zu ermitteln. Die Gleichungen, mit denen für eine Frequenz f der zugehörige Immissionswert IW(f) berechnet werden kann, sind unter den Immissionswerten an den Grenzen des jeweiligen Frequenzbereiches aufgeführt.

3.2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Tabelle 3 enthält Immissionswerte in Abhängigkeit von Gebietsart und Tageszeit der Einwirkungen. Grundlage hierfür sind die Anhaltswerte nach DIN 4150-2. Die Zuordnung des Einwirkungsortes zu den in Tabelle 3 aufgeführten Gebieten ist nach folgenden Grundsätzen vorzunehmen:

Maßgeblich für die Zuordnung sind die Festsetzungen in den Bebauungsplänen. Sonstige in Bebauungsplänen festgesetzte Flächen für Gebiete und Anlagen sowie Gebiete und Anlagen, für die keine Festsetzungen bestehen, sind entsprechend der Schutzbedürftigkeit zu beurteilen.

Wenn gewerblich, industriell oder hinsichtlich ihrer Erschütterungsauswirkungen vergleichbar genutzte und zum Wohnen dienende Gebiete aneinander grenzen (Gemengelage), können die für die zum Wohnen dienenden Gebiete geltenden Immissionswerte auf einen geeigneten Zwischenwert der für die aneinander grenzenden Gebietskategorien geltenden Werte erhöht werden, soweit dies nach der Pflicht zur gegenseitigen Rücksichtnahme erforderlich ist. Die Immissionswerte für Kern-, Dorf- und Mischgebiete sollen dabei nicht überschritten werden. Es ist vorauszusetzen, dass der Stand der Erschütterungsminderungstechnik eingehalten wird.

Für die Höhe des Zwischenwertes ist die konkrete Schutzwürdigkeit des betroffenen Gebietes maßgeblich. Wesentliche Kriterien sind die Prägung des Einwirkungsgebietes durch den Umfang der Wohnbebauung einerseits und durch Gewerbe- und Industriebetriebe andererseits, die Ortsüblichkeit der Erschütterungen und die Frage, welche der unverträglichen Nutzungen zuerst verwirklicht wurde. Liegt ein Gebiet mit erhöhter Schutzwürdigkeit nur in einer Richtung zur Anlage, so ist dem durch die Anordnung der Anlage auf dem Betriebsgrundstück und die Nutzung von Minderungsmöglichkeiten (s. Anhang) Rechnung zu tragen.

Die in Tabelle 3 genannten Gebiete entsprechen folgenden Gebietsfestsetzungen nach Baunutzungsverordnung:

Baugebiet BauNVO		Gebiete nach Tabelle 3 Zeile
Industriegebiete	(§ 9)	1
Gewerbegebiete	(§ 8)	2
Kerngebiete	(§ 7)	3
Urbane Gebiete	(§ 6a)	3
Mischgebiete	(§ 6)	3
Dorfgebiete	(§ 5)	3 oder 4 ¹⁾
besondere Wohngebiete	(§ 4a)	3 oder 4 ¹⁾
allgemeine Wohngebiete	(§ 4)	4
reine Wohngebiete	(§ 3)	4
Kleinsiedlungsgebiete	(§ 2)	4
Kurgebiete, Klinikgebiete, sonstige	(§ 11)	5
Sondergebiete		

¹⁾ je nach Schwerpunkt der Nutzung

Tabelle 3: Immissionswerte (IW) für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbaren schutzbedürftigen Räumen.

Spalte	1	2	3	4	5	6	7
Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		IW _u	IW _o	IW _r	IW _u	IW _o	IW _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 § 9 BauNVO)	0,40	6,0	0,20	0,30	0,60	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete § 8 BauNVO)	0,30	6,0	0,15	0,20	0,40	0,10
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete § 7 BauNVO, Urbane Gebiete §6a BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO)	0,20	5,0	0,10	0,15	0,30	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)	0,15	3,0	0,07	0,10	0,20	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, in Kurkliniken (§ 11 BauNVO).	0,10	3,0	0,05	0,10	0,15	0,05
	Beurteilungsgrößen nach DIN 4150-2	KB _{Fmax}	KB _{Fmax}	KB _{FTr}	KB _{Fmax}	KB _{Fmax}	KB _{FTr}

Die Beurteilung der Immissionen erfolgt mit Hilfe der Tabelle 3 und in Anlehnung an DIN 4150-2, 6.2 auf folgende Weise:

- Ist KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem (unteren) Immissionswert IW_u , dann ist die Anforderung dieser Hinweise eingehalten.
- Ist KB_{Fmax} größer als der (obere) Immissionswert IW_o , dann ist die Anforderung dieser Hinweise nicht eingehalten.
- Für selten auftretende, kurzzeitige Einwirkungen ist die Anforderung dieser Hinweise eingehalten, wenn KB_{Fmax} kleiner als IW_o ist (siehe Nr. 4.2).
- Für häufigere Einwirkungen, bei denen KB_{Fmax} größer als IW_u aber kleiner oder gleich IW_o ist, ist für die Entscheidung als weiterer Prüfschritt die Bestimmung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} nach DIN 4150-2, 6.4 erforderlich. Ist KB_{FTr} nicht größer als der Immissionswert IW_r (IW_r ist der Immissionswert zum Vergleich mit der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr}) nach Tabelle 3, dann sind die Anforderungen dieser Hinweise ebenfalls eingehalten.

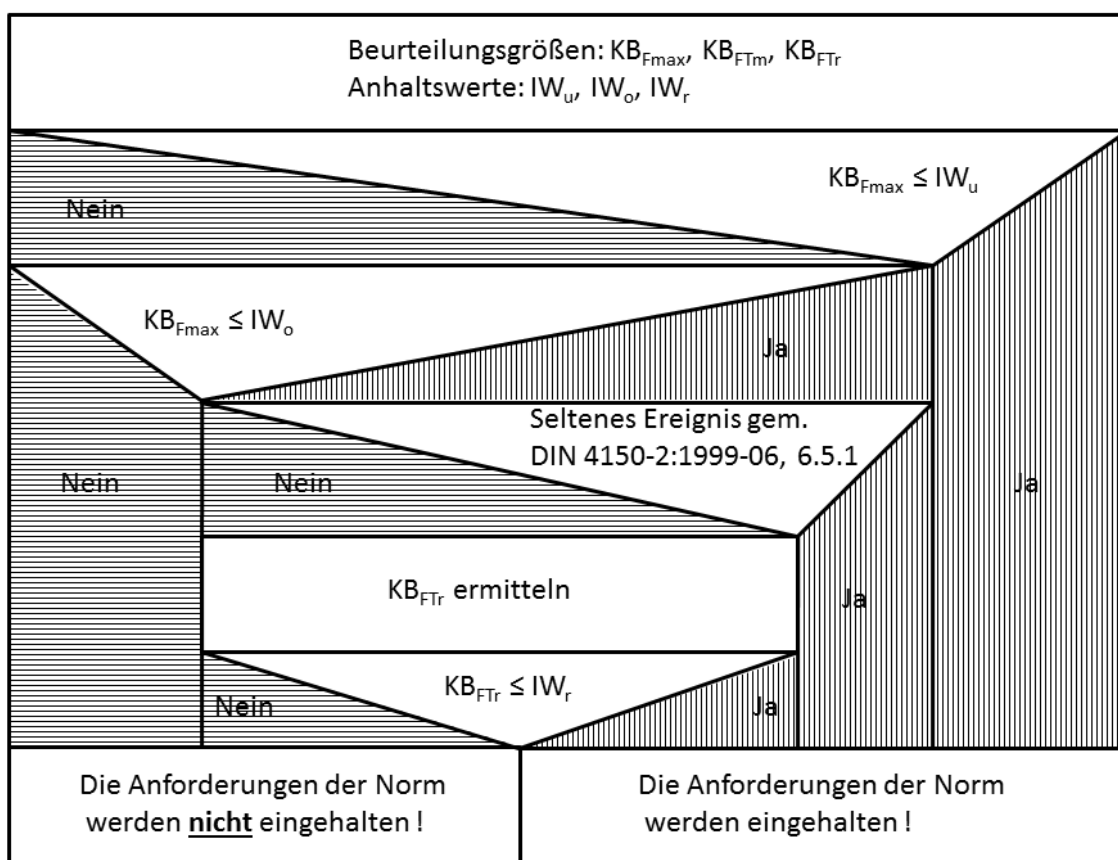


Abbildung 1: Struktogramm zur Veranschaulichung des Beurteilungsverfahrens der Erschütterungsimmissionen nach den Vorgaben der DIN 4150-2.

Bei Einhaltung der Werte der Tabelle 3 und Tabelle 4 ist zu erwarten, dass auch die Sekundäreffekte in der Regel nicht zu einer erheblichen Belästigung führen. Treten in Einzelfällen erhebliche Sekundäreffekte auf und lassen sich diese nicht auf einfache Weise abstellen (z. B. Resonanzen), so erfordern sie Untersuchungen im Einzelfall. Für die Beurteilung des von schwingenden Raumbegrenzungsflächen abgestrahlten sekundären Luftschalls sind die maßgebenden akustischen Regelwerke (insbesondere die TA Lärm sowie bei tieffrequenten Geräuschimmissionen die DIN 45680:1997-03 "Messung und Bewertung tieffrequenter Geräusche in der Nachbarschaft" in Verbindung mit dem Beiblatt 1 zu dieser Norm) heranzuziehen.

Bei der Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Gewerbebetrieben hat sich das Schutzziel nicht an besonders empfindlichen Nutzungen (siehe oben Nr. 1, Geltungsbereich, 3. Abs.) zu orientieren, sondern an solchen, die für Gewerbebetriebe üblich sind. (z. B. am Aufenthalt von Personen in Büroräumen).

4 Hinweise zur Beurteilung

Wird der Vergleich von Messergebnissen mit Immissionswerten durchgeführt, um bei festgestellten schädlichen Umwelteinwirkungen bestimmte Maßnahmen anzuordnen, muss sichergestellt sein, dass Überschreitungen der Immissionswerte nicht auf messtechnischen Unsicherheiten beruhen. Bei der messtechnischen Ermittlung von Schwinggeschwindigkeiten oder KB-Werten treten erfahrungsgemäß Unsicherheiten von bis zu $\pm 15\%$ auf. Sollen Anordnungen auf die Messergebnisse gestützt werden, ist in der Regel vom durch Messung ermittelten Wert ein Abzug von 15% vorzunehmen. Wird das Näherungsverfahren nach DIN 4150-2, 7 angewendet, können größere Unsicherheiten auftreten.

4.1 Einwirkungen auf Gebäude und andere bauliche Anlagen

Tabelle 2 unterscheidet zwischen kurzzeitigen Erschütterungen und Dauererschütterungen. Erschütterungen gelten nur dann als kurzzeitig, wenn ihre Häufigkeit und Dauer für Materialermüdungen und für Resonanzerscheinungen unerheblich ist (z. B. einzelne Sprengerschütterungen). An- und Abschaltvorgänge mit einer Einwirkung von nur wenigen Sekunden können separat als kurzzeitige Einwirkungen beurteilt werden.

4.2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Besonderheiten für vereinzelt auftretende Sprengerschütterungen:

Als kurzzeitig einwirkende Erschütterungen im Sinne von DIN 4150-2, 6.5.1, Satz 1 gelten Ereignisse mit einer Einwirkdauer von wenigen Sekunden pro Ereignis.

Als wenige Male pro Jahr im Sinne von DIN 4150-2, 6.5.1, letzter Satz gelten Sprengerschütterungen bei bis zu 10 Ereignissen pro Jahr.

Andere Maßnahmen im Sinne der Anmerkung zu DIN 4150-2, 6.5.1, auf die von der Überwachungsbehörde hingewirkt werden kann, sind beispielsweise: Ankündigung in Zeitungen oder mit Handzetteln, telefonische/persönliche Vorwarnung, Kombination der Vorwarnung mit gezielten Informationen und Benennung von Verantwortlichen.

5 Erschütterungen bei Baumaßnahmen

Baustellen sind in der Regel nicht genehmigungsbedürftige Anlagen im Sinne des BImSchG. Sie sind u. a. so zu errichten und so zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind, und nach dem Stand der Technik unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden.

5.1 Einwirkungen auf Gebäude und andere bauliche Anlagen

Für die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude bei Baumaßnahmen gelten die Ausführungen in Nr. 3.1 dieser Hinweise sinngemäß.

5.2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Die in Tabelle 4 enthaltenen Immissionswerte dienen der Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Wohnräume oder vergleichbare schutzbedürftige Räume durch Baumaßnahmen am Tage. Sie berücksichtigen die besonderen Aspekte von Baumaßnahmen wie zeitlich begrenzte Einwirkungen und die zum Teil gegebene Notwendigkeit des Einsatzes von Verfahren, welche zur Realisierung der Baumaßnahme Erschütterungen in den Baugrund einleiten müssen und damit zwangsläufig auf die Umgebung einwirken. 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.

Zur Beurteilung von nächtlichen Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen sind grundsätzlich die Immissionswerte aus Tabelle 3 heranzuziehen. Dies gilt auch für Sprengungen. Werden bei nächtlichen Baumaßnahmen die Immissionswerte der Tabelle 3 nicht eingehalten, sind durch besondere Maßnahmen im Einzelfall schädliche oder erheblich belästigende Erschütterungseinwirkungen zu vermeiden. Eine besondere Maßnahme kann z. B. das Anbieten von Hotelübernachtungen sein, so dass nur noch die Immissionswerte bzgl. der Erschütterungseinwirkung auf Gebäude zu betrachten sind.

Bei Baustellenerschütterungen ist das in DIN 4150-2, 6.5.4 beschriebene Beurteilungsverfahren mit folgenden Maßgaben anzuwenden:

Es gelten für tagsüber durch Baumaßnahmen verursachte Erschütterungen von höchstens 78 Tagen Dauer die Immissionswerte der Tabelle 4. Für Erschütterungen, die über den 78. Tag der Einwirkung hinaus gehen und für nachts auftretende Erschütterungen gelten grundsätzlich die Immissionswerte der Tabelle 3. Für tagsüber stattfindende Baustellensprengungen gilt allein das IWB_0 -Kriterium. Werte bis $IWB_0 = 8,0$ sind zugelassen, niedrigere Werte sind anzustreben.

Die Beurteilung von zeitlich begrenzten Erschütterungseinwirkungen durch Baustellen erfolgt in den drei Stufen I, II und III (siehe auch DIN 4150-2, 6.5.4.2 Buchst. a) bis c)):

Bei Unterschreitung der Stufe I ist nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen.

Liegen die Erschütterungen zwischen den Immissionswerten der Stufen I und II und sind die unter Nr. 6.4 aufgeführten Maßnahmen durchgeführt, liegen ebenfalls in der Regel keine erheblichen Belästigungen vor.

Überschreiten die Erschütterungseinwirkungen jedoch die Stufe II, so können die unter Nr. 6.4 beschriebenen Maßnahmen dazu beitragen, die unvermeidbaren schädlichen Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß zu beschränken.

Mit zunehmender Überschreitung der Stufe II nimmt die Wahrscheinlichkeit erheblicher Belästigungen trotz ergriffener Maßnahmen zu. Solange die Stufe III aber nicht überschritten wird, können die Pflichten des Betreibers als erfüllt angesehen werden, wenn alle im Einzelfall anwendbaren Maßnahmen nach 6.4 getroffen werden.

Sofern nicht bereits bei Überschreitung der Stufe II ein erschütterungsärmeres Bauverfahren gewählt wurde, gewinnt diese Maßnahme bei Überschreitung der Stufe III besondere Bedeutung, da von dieser Schwelle an auch aufwendige, aber weniger erschütterungsintensive Bauverfahren zunehmend als verhältnismäßig anzusehen sind. Bei der Ermessensausübung sind im Einzelfall außerdem andere Aspekte, wie die Dauer der Einwirkung und andere Immissionsarten (z. B. Lärm, Staub, Gerüche) mit in die Prüfungen einzubeziehen.

Immissionswerte für diese 3 Stufen sind in der Tabelle 4 für verschiedene Einwirkungsdauern D zusammengestellt. Dabei wird auf eine Unterteilung für verschiedene Gebietsarten verzichtet. Die Einteilung in Abschnitte von 6, 26 und 78 Tagen wurde von der durchschnittlichen Anzahl der

Werktage einer Woche, eines Monats und eines Vierteljahres abgeleitet. Für besonders schutzwürdige Gebiete (Objekte) wie z. B. Krankenhäuser oder ähnliches ist Tabelle 4 nicht anwendbar. Solche Fälle erfordern Einzelfallentscheidungen.

Für Einwirkungsdauern D , die zwischen einem Tag und 6 Tagen liegen, werden die Immissionswerte der Tabelle 4 linear interpoliert.

Unter der Dauer D der Erschütterungseinwirkungen in der Tabelle 4 ist die Anzahl von Tagen zu verstehen, an denen tatsächlich Erschütterungseinwirkungen auftreten (nicht die Dauer der Baumaßnahme an sich). Dabei sind Tage mit Erschütterungseinwirkungen, die unter den gebietsabhängigen Werten der Tabelle 3 dieser Richtlinie für IW_u oder IW_r liegen, nicht mitzuzählen.

Tabelle 4: Immissionswerte (IWB) für tagsüber auftretende Erschütterungseinwirkungen durch Baustellen

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zeitdauer	D ≤ 1 Tag			6 Tage < D ≤ 26 Tage			26 Tage < D ≤ 78 Tage		
Stufe	IWB _u	IWB _o *	IWB _r	IWB _u	IWB _o *	IWB _r	IWB _u	IWB _o *	IWB _r
I	0,8	5,0	0,4	0,4	5,0	0,3	0,3	5,0	0,2
II	1,2	5,0	0,8	0,8	5,0	0,6	0,6	5,0	0,4
III	1,6	5,0	1,2	1,2	5,0	1,0	0,8	5,0	0,6
**	KB _{Fmax}	KB _{Fmax}	KB _{FTr}	KB _{Fmax}	KB _{Fmax}	KB _{FTr}	KB _{Fmax}	KB _{Fmax}	KB _{FTr}

*Für Gewerbe- und Industriegebiete gilt IWB_o = 6,0.

**Beurteilungsgrößen nach DIN 4150-2.

6 Verminderung von erheblichen Belästigungen durch Erschütterungsimmissionen

6.1 Aktive Schutzmaßnahmen

Erschütterungen lassen sich am wirkungsvollsten durch Maßnahmen an der Erschütterungsquelle selbst vermindern. Dazu eröffnet der heutige Stand der Technik vielfältige Möglichkeiten.

Für die Minderung oder Vermeidung von Erschütterungen existiert eine Reihe häufig eingesetzter und bewährter Maßnahmen:

- Schaffung optimaler Betriebsbedingungen, Wartung und Pflege von Maschinen und Werkzeugen, Vermeidung unnötiger Lagerspiele, Verwendung scharfer Werkzeuge (Bohrer, Meißel usw.), Wahl der richtigen Temperatur der Werkstücke beim Schmieden,
- Übergang zu einer anderen Technik (z. B. Ersetzen von "Einrütteln" von Spundbohlen durch "Einpressen" oder unwuchtfreies Anlaufen von Rüttlern oder Vibrationsbären),
- sorgfältiges Auswuchten oder Einsatz von Massenausgleichern,
- Auswahl unschädlicher Erregerfrequenzen,
- Schwingungsisolierung mit Feder- und Dämpfungselementen, die den Kräften und Massen der Maschinen und gegebenenfalls der Masse des Fundamentes entsprechend dimensioniert werden. Neben der Verminderung der Erschütterungen in der Nachbarschaft ermöglicht diese Art der Schwingungsisolierung auch eine Reduzierung der Masse der Unterkonstruktion (Fundament). Die Verminderung der Erschütterungsbeanspruchung betrieblicher Einrichtungen kann erheblich sein. Stützen der Unterkonstruktion können in die Gebäudestruktur integriert werden; Höhenausgleich und Nivellierung sind auch nachträglich leicht möglich.

Alle diese Maßnahmen müssen in jedem Einzelfall sorgfältig auf ihre Einsatzmöglichkeit geprüft werden. Insbesondere muss darauf geachtet werden, dass nach Durchführung der Maßnahmen nicht andere unbeabsichtigte Resonanzen entstehen können. Insbesondere aktive Schutzmaßnahmen können auch zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen durchgeführt werden.

6.2 Ausbreitungsweg

Erschütterungen werden in der Regel durch den Boden übertragen, wobei die mechanischen Eigenschaften des Bodens die Ausbreitung häufig in unvorhergesehener Weise beeinflussen.

Erschütterungen nehmen im Allgemeinen mit dem Abstand von der Quelle ab, ihre Wirkungen können deshalb durch Vergrößerung des Abstandes im Normalfall vermindert werden.

Untersuchungen zeigen, dass die Ausbreitung von Schwingungen im Erdboden durch vertikal eingebrachte Schlitzlöcher oder Kanäle rechtwinklig zur Ausbreitungsrichtung (mit gasgefüllten Matten) behindert werden kann. Die Schlitzlöcher wirken wie Schallschirme im akustischen Bereich und sollen möglichst nahe an der Quelle eingesetzt werden. Sie haben in einigen Fällen zu einer spürbaren Verminderung der Erschütterungen geführt. Wegen der Abmessungen solcher Bauwerke in Relation zur Wellenlänge sind Maßnahmen an der Quelle zu bevorzugen.

6.3 Passive Schutzmaßnahmen

An den zu schützenden baulichen Anlagen können durch Veränderungen der Schwingungseigenschaften des Bauwerks oder von Bauteilen die Einwirkungen von resonanzbedingten Erschütterungen vermieden oder gemindert werden. Wegen des Aufwandes bei der erforderlichen Versteifung des genannten

Bauwerks oder von Bauteilen oder der Anbringung von Zusatzmassen sollten Versuche in dieser Richtung jedoch nur auf Einzelfälle beschränkt bleiben, zumal kaum vorhergesagt werden kann, ob die Maßnahmen Erfolg haben werden. Erfolgreich aber aufwendig ist auch die Abfederung von Gebäuden, über die vereinzelt berichtet wurde. Durch das Anbringen von Schwingungstilgern (elastisch gekoppelte Zusatzmassen) an Bau- oder Maschinenteilen können Resonanzschwingungen vermindert werden. Da die Maßnahmen nicht an der verursachenden Anlage getroffen werden, lassen sie sich in aller Regel nur mit Zustimmung der Betroffenen realisieren.

6.4 Maßnahmen zur Verminderung erheblicher Belästigungen, insbesondere bei nur vorübergehend betriebenen Anlagen (z. B. Baustellenanlagen)

Die psychischen Auswirkungen von Erschütterungseinwirkungen können vermindert werden durch:

- Umfassende Information der Betroffenen z. B. über die Maßnahmen, die Verfahren, die Dauer und die zu erwartenden Erschütterungen aus dem Betrieb.
- Aufklärung über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen und die damit verbundenen Belästigungen sowie Empfehlungen über Verhaltensweisen zur Minderung von Erschütterungswirkungen auf die Betroffenen.
- Einrichtung einer Anlaufstelle für Beschwerden.
- Zusätzliche betriebliche Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästigungen (Pausen, Ruhezeiten usw.).
- Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen sowie deren Beurteilung bezüglich der Einwirkungen auf Menschen und Gebäude.
- Nachweis des Nichtentstehens von Gebäudeschäden durch Beweissicherung.

Anhang: Hinweise zu ausgewählten Einzelfällen

Erschütterungen von Schmiedehämmern haben sich in einer Reihe von Fällen wirksam durch die Verwendung eines schwingungs isolierten Fundamentes verringern lassen; im Allgemeinen wurde eine etwa 80 %ige Verminderung der Erschütterungen gegenüber einer festen Gründung erreicht. Bei der Neuaufstellung von größeren Schmiedehämmern ist die schwingungs isolierte Gründung heute nicht wesentlich teurer als die feste Gründung. Dies gilt in gleicher Weise für die sog. Direktabfederung von Schmiedehämmern und Schmiedepressen, bei der die Isolierelemente nicht unterhalb eines Fundamentes, sondern direkt unter der Schabotte angeordnet werden.

Bei größeren Schmiedekurbelpressen entstehen durch den Anfahr impuls beim Einrückvorgang des Kurbeltriebs, beim eigentlichen Arbeitsvorgang und beim Abbremsen starke horizontale Kräfte, die zu niederfrequenten Erschütterungen in horizontaler Richtung führen. Diese lassen sich durch entsprechend dimensionierte schwingungs isolierte Fundamente wirksam vermindern. Bei der elastischen Aufstellung ist in der Regel ein relativ großes Fundament zur Erhöhung des Trägheitsmoments erforderlich.

Pressen für die Blechverarbeitung lassen sich im Allgemeinen mit Feder-Dämpfer-Elementen direkt abfedern, ohne dass ein abgefedertes Fundament, wie bei Schmiedehämmern und Schmiedepressen, erforderlich ist. Auch bei dieser direkten Abfederung konnten die Erschütterungen gegenüber fester Aufstellung um etwa 80 % vermindert werden.

Bei Webmaschinen kann durch eine Aktivisolierung eine gute Isolierung erreicht werden. Die Auslegung der elastischen Lagerung hängt von der Bauart der Webmaschinen, deren Drehzahl und von betrieblichen Gegebenheiten ab. Eine sehr gute Isolierung wird erzielt, wenn eine oder mehrere Webmaschinen auf einer gemeinsamen Grundplatte montiert werden und die gesamte Fundamentplatte elastisch gelagert wird.

Zur Verminderung von Erschütterungen, die von Sägegattern ausgehen, haben sich

- große Abstände von schutzbedürftigen Gebäuden (Darauf ist insbesondere in Gebieten mit hoch anstehendem Grundwasser zu achten.),
- große Fundamentmassen,
- Änderungen der Drehzahl, falls Anregung in Resonanz vorliegt (Die geänderte Drehzahl kann allerdings an anderer Stelle zu Resonanz führen.),
- Einbau spezieller Massenausgleichssysteme und die
- Auslegung des Fundamentes als Schwingfundament (Lagerung eines Fundamentblockes großer Masse auf Federisolatoren/Schwingungsdämpfern in einer Fundamentwanne) bewährt.

Von Schrottplätzen ausgehende Erschütterungen lassen sich durch schwingungs isolierte Aufstellung von Shreddern, Scheren und Fallwerken vermindern.

Die von Schwingrinnen, Auspendekrosten und -rohren in Gießereien ausgehenden Erschütterungen können durch doppel elastische Aufstellung vermindert werden. Bei Resonanzen kommen Drehzahländerungen in Betracht. Rüttel-Pressmaschinen lassen sich schwingungs isoliert aufstellen.

Schwingungs isolierte Aufstellungen zur Erschütterungsminderung sind ferner an Automaten zur Nagelherstellung, Bauschuttrecyclinganlagen, Betonsteinfertigern, Druckmaschinen, Prallmühlen, Pressen und Stanzen erfolgreich durchgeführt worden.

Erschütterungen von Gewinnungssprengungen können durch sprengtechnische Maßnahmen eingeschränkt werden. Auf die Größe der bei Sprengungen entstehenden Erschütterungen haben verschiedene Parameter wesentlichen Einfluss, insbesondere die Sprengstoffmenge je Zündzeitstufe und die Entfernung zu den schutzbedürftigen Objekten. Durch Verringerung der Lademenge (ohne Erhöhung der Verspannungen im Gebirge) und durch Vergrößerung der Entfernung zwischen Sprengstelle und schutzbedürftigen Objekten wurde eine Verminderung der Erschütterungsamplituden erreicht. Durch entsprechende Wahl von Zündfolge (Verzögerungssprengungen, durch Verwendung von Zeitzündern), Vorgabe, Bohrlochabstand, Sprengstoffmenge je Zündzeitstufe sowie durch geeignete Wahl der Abbaurichtung und Berücksichtigung der geologischen bzw. hydro-geologischen und örtlichen Verhältnisse, konnten Sprengerschütterungen gemindert werden.

Bei Sprengungen im Wasser ist eine erhebliche Verminderung der Erschütterungen durch Anordnung eines Luftschleiers im Wasser zwischen der Sprengstelle und dem Immissionsort erreicht worden.

Erschütterungen durch Baugrubensprengungen können ähnlich wie bei den standortgebundenen Steinbruchbetrieben durch Veränderung der Sprengstoffmengen, der Zündzeitfolge usw. gemindert werden. Ggf. sind andere Bauverfahren, wie Aufbrechen mit Meißel oder hydraulischen Gesteinsbrechern notwendig. Zur Verminderung von Erschütterungen durch Aufmeißeln kommt der Einsatz von Fräsen in Betracht. Bei Abbruchsprengungen ist meist die Fallenergie des gesprengten Bauwerkes für die Stärke der verursachten Erschütterungen maßgebend. Minderungen können hierbei durch Verkleinerung der abgesprengten Massen und die Anwendung von Fallbetten (Aufschüttungen) erzielt werden.

Erschütterungen, die bei Baumaßnahmen durch Vibrationsgeräte, Rammen oder Rüttler hervorgerufen werden, sind häufig durch Änderungen der Betriebsbedingungen dieser Geräte vermindert worden. Resonanz in Geschossdecken oder anderen Bauteilen beim Einsatz von Vibrationsbären kann durch unwuchtfreies An- und Abfahren vermieden werden. Erschütterungen durch schwere Rammgeräte konnten, wenn dies die Bodenverhältnisse zuließen, durch Ausweichen auf andere Arbeitsverfahren, z. B. Bohren oder Schlitzeln (Schlitzverfahren), vermindert werden. Es muss eine sorgfältige Prüfung der technischen und geologischen Voraussetzungen für den Einsatz entsprechender Geräte erfolgen.

Bei Einsatz von Rüttlern und Bodenverdichtern treten gelegentlich Resonanzschwingungen in einzelnen Bauteilen, besonders von Geschossdecken in Gebäuden auf. Diese sind fast immer nur im Nachhinein durch Änderung der Erregerfrequenzen, durch die Wahl eines anderen Baugerätes oder eines anderen Bauverfahrens zu beeinflussen. Ein- und Ausschaltvorgänge in unmittelbarer Nachbarschaft von

Gebäuden sind zu vermeiden. Die durch Vibrationsrammen verursachten Erschütterungsimmissionen können durch Spülverfahren oder durch Vorbohren vermindert werden. Bei Einpressverfahren zum Einbringen oder zum Ziehen von Rammgütern werden praktisch keine Erschütterungen verursacht.