



UmweltWissen

Lärm – Hören, Messen und Bewerten

Lärm ist heute eines der gravierendsten Umweltprobleme: Sehr viele Menschen fühlen sich durch den immer stärker werdenden Lärm belästigt, während die anderen Umweltbelastungen weniger beeinträchtigend erlebt werden (s. Abb. 1).

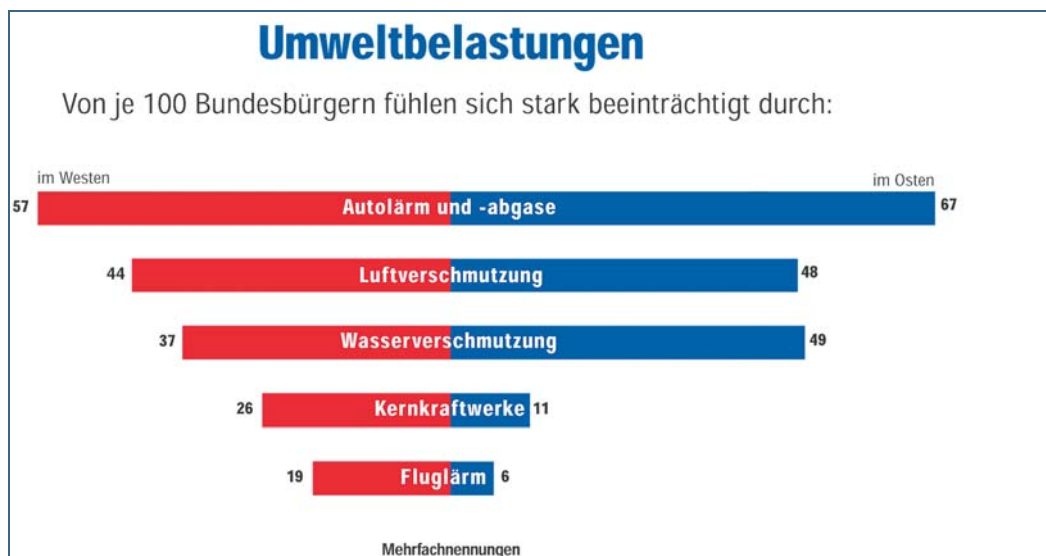


Abb. 1: Als stark erlebte Beeinträchtigungen durch verschiedene Umweltbelastungen. Angaben in Prozent, Mehrfachnennungen möglich

Besonders der Verkehrslärm wird als starke Belästigung erlebt (s. Abb. 2 und Publikation ► [Lärm – Straße und Schiene](#)). Aber auch in Industrie- und Freizeitanlagen und in der Nachbarschaft entsteht Lärm (s. Publikation ► [Lärm – Wohnen, Arbeit, Freizeit](#)).

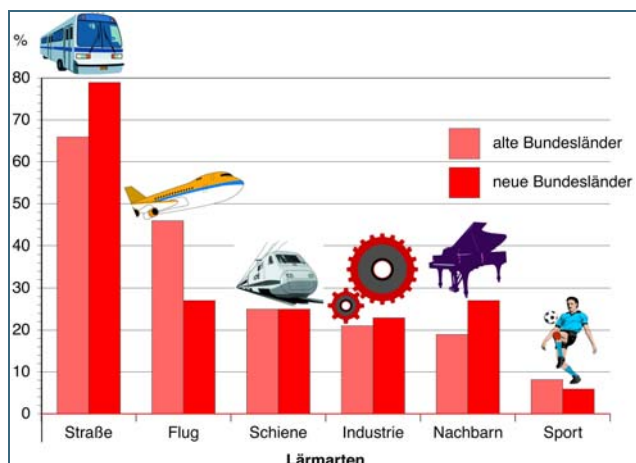


Abb. 2: Lärmbelästigte Bürger (Angaben in Prozent)

Für die Wahrnehmung von Geräuschen haben wir ein eigenes Sinnesorgan – anders als für die anderen Umweltbelastungen. Das Ohr ist das empfindlichste Sinnesorgan des Menschen. Es hört nie weg und ist „immer ganz Ohr“. Jedes Geräusch wird aufgenommen und an das Gehirn weitergeleitet. Erst dort wird entschieden, ob das Geräusch wichtig oder unwichtig ist und ob es Gefahr bedeutet oder nicht. Diese subjektive Bewertung macht – abgesehen von eindeutigen Schädigungen des Ohrs – eine Beurteilung von Geräuschbelastungen aufwändig.

1 Etwas Physik vom Schall

Als Luftschall (kurz: Schall) bezeichnet man Luftdruckschwankungen, die dem atmosphärischen Druck überlagert sind. Durch mechanische Schwingungen von Festkörpern (z.B. Lautsprechermembranen, Stimmbänder, Saiten, Gehäuseblech) oder durch Unterbrechung eines Luftstromes (Lochsirene) werden Über- und Unterdrücke erzeugt, die sich als Schallwellen mit einer Geschwindigkeit von etwa 340 m/s ausbreiten. Je größer die Luftdruckschwankungen sind, desto größer ist die Schallintensität und umso lauter das Geräusch.

Die Zahl der Luftdruckschwankungen pro Sekunde bezeichnet man als Frequenz. Bei einer einzelnen Frequenz spricht man von einem Ton, bei einem Frequenzgemisch von einem Geräusch. Mit der Frequenz nimmt die Tonhöhe zu.

Der Druck p ist definiert als Kraft pro Fläche und wird in Newton (N) pro Quadratmeter (m^2) gemessen.

$$1 \frac{N}{m^2} = 1 Pa$$

- Dafür gibt es als Abkürzung die Einheit Pascal (Pa).
- 100 Pa bezeichnet man auch als 1 Hektopascal (hPa).

Die Frequenz f ist definiert als die Zahl der Luftdruckschwankungen pro Sekunde. Sie wird in Hertz (Hz) gemessen.

- 1 Schwingung pro Sekunde = 1 Hz und 1000 Hz = 1 kHz.

Die Schallgrößen werden durch ein logarithmisches Maß beschrieben: den Pegel, z. B. den Schalldruckpegel $L(t)$ in Dezibel (dB). Das logarithmische Maß wurde eingeführt, weil damit die Gesetzmäßigkeit des menschlichen Hörens in etwa nachgebildet und der weite Bereich des Hörvermögens erfasst werden kann.

Schalldruckpegel L ist definiert als der momentane Schalldruck im Verhältnis zum minimal hörbaren Schalldruck. Dieses Verhältnis wird in einer logarithmischen Skala dargestellt.

$$L(t) = 10 \log \frac{p(t)^2}{p(0)^2}$$

$p(0)$ = Bezugsschalldruck
= kleinster hörbarer Schalldruck bei 1 kHz
= 0,00002 Pa

$p(t)$ = momentaner Schalldruck gemessen in Pa

Bei logarithmischen Größen gelten zum Teil ungewohnte Rechenregeln:

- Zwei gleichlaute Geräuschquellen verursachen einen um 3 dB höheren Schalldruckpegel als nur eine von ihnen. Dementsprechend ist die Summe zweier Geräusche mit 0 dB ein Geräusch mit 3 dB.

4. In der Ohrschnecke sind feine Haare (Zilien) in mehreren Reihen auf der Basilarmembran angeordnet. Je nach Frequenz des Geräusches werden dabei Zilien verschiedener Reihen von Haarzellen bewegt. Diese Bewegung wird im Cortischen Organ in Reizströme umgewandelt. Das Cortische Organ besteht aus den etwa 20.000 Sinneszellen mit den Zilien, ihrer Einbettung in die Basilarmembran sowie aus der Deckmembran.
5. Der Hörnerv leitet die Reizfolgeströme zur Hirnrinde: wir hören.

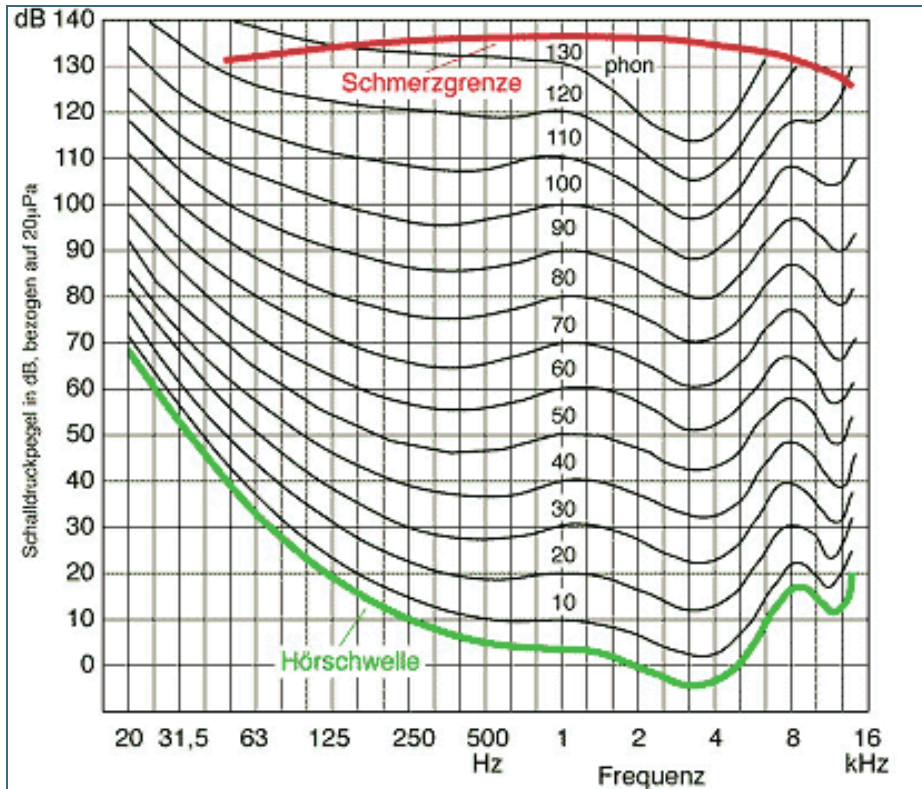


Abb. 6:
Abhängigkeit des Lautstärkeempfindens von Schalldruck und Frequenz. Die Linien verbinden Punkte gleicher Lautstärke miteinander. Den niedrigsten Schalldruckpegel kann der Mensch bei ca. 4 kHz wahrnehmen (Hörschwelle)

Das Ohr verarbeitet eine große Bandbreite von Schalldrücken und Frequenzen (s. Abb. 6) und kann zugleich auch feine Unterschiede heraushören:

- Die Hörschwelle liegt bei einem Schalldruck von etwa 0,00002 Pa. Der mittlere Schwingweg der Luftmoleküle ist dabei etwa so groß wie ein Atomdurchmesser. Die Schmerzgrenze liegt bei etwa 20 Pa. Damit erstreckt sich der Empfindlichkeitsbereich des Gehörs über sechs Zehnerpotenzen des Drucks. Dabei ist eine Pegeländerung von 1 dB gerade noch hörbar.
- Das Ohr kann Töne von etwa 16 – 16 000 Hz hören. Bei ca. 4 000 Hz hat das gesunde Ohr seinen empfindlichsten Bereich.
- Sehr langsame Luftdruckschwankungen (< 16 Hz) kann das Ohr nicht wahrnehmen. Z. B. sind Luftdruckschwankungen durch Wettereinflüsse sehr langsam und daher unhörbar. Der Luftdruck schwankt zwischen 980 und 1030 hPa. Bei schönem Wetter misst man ca. 1015 hPa.

Das Lautstärkeempfinden wird von Schalldruck und Frequenz gemeinsam bestimmt (s. Abb. 6), da der Schall je nach Frequenz vom Gehörgang über das Trommelfell bis zu den Gehörknöchelchen unterschiedlich stark weitergeleitet wird.

3 Schallmessung

Das Mikrofon nimmt in hörbaren Bereichen den Schalldruck – anders als das menschliche Gehör – weitgehend unabhängig von der Frequenz auf. Um bei Messungen die Lautstärke zu erfassen, wird daher im Messgerät ein Filter eingebaut, der die Frequenzbewertung des Ohres nachbildet. Dieser frequenzgewichtete Pegel wird als dB(A) angegeben: Die A-Kurve kommt der Frequenzempfindlichkeit des Gehöres bei den üblichen Umweltgeräuschen nahe.

Je nach Zweck der Messung gibt es verschiedene Möglichkeiten, den Schallpegel anzugeben:

Momentanpegel LA(t)

Das ist der Schalldruckpegel LA(t) zu einem bestimmten Zeitpunkt.

Mittelungspegel

Da häufig nicht nur ein momentaner Wert, sondern der Schall während eines bestimmten Zeitraumes interessiert, werden Mittelungspegel berechnet. Für verschiedene Lärmarten werden verschiedene Rechenverfahren angewandt:

- Mittelungspegel Leq: Über die Einwirkzeit energetisch gemittelter Schalldruckpegel. Er dient zur Beurteilung von Verkehrsgeräuschen.
- Mittelungspegel LAFTm nach dem Taktmaximalpegelverfahren: Der Schalldruckpegelverlauf wird in "Takte" von 5 Sekunden Dauer unterteilt. In diesen Takten ermittelt man den jeweils maximalen Pegel. Die Maximalpegel werden dann so weiter verrechnet, als ob sie die vollen 5 Sekunden dauern würden (Taktmaximalpegel LAFT). Die einzelnen Taktmaximalpegel werden für die Dauer der Einwirkung energetisch gemittelt (LAFTm). Dieses Verfahren berücksichtigt die Lästigkeit von Pegelspitzen und dient zur Beurteilung von Anlagengeräuschen.

Beurteilungspegel

Für die Beurteilung der Geräusche von Anlagen gilt die TA Lärm. Dabei werden neben dem Mittelungspegel auch die Geräuschdauer und die Tageszeit berücksichtigt. Für Lärm am Tag (6 bis 22 Uhr) und in der Nacht (22 bis 6 Uhr) gelten unterschiedliche Richtwerte. Außerdem werden Zu- und Abschläge verrechnet, z. B. bei ton- und informationshaltigen Geräuschen wie Lautsprecherdurchsagen.

4 Lärm wirkt auf Körper, Geist und Seele

Das Gehör verbindet uns unmittelbar und ständig mit unserer Umwelt. Ungewohnte und laute Geräusche warnen uns vor drohenden Gefahren. Daher lässt sich unser Ohr auch nicht abschalten und wir sind in ungeschützten Situationen auch besonders empfindlich: Nachts alarmieren uns bereits geringere Lärmpegel als tagsüber. In der Sprache ist dieser Zusammenhang noch erkennbar: Lärm und Alarm stammen aus derselben Wortwurzel.

Lärm ist ein Zeichen von Gefahr und ruft Veränderungen hervor, die den Körper zunächst auf Verteidigung oder Flucht einstellen sollen: die Stresssymptome. Das Herz-Kreislaufsystem erhöht seine Arbeit (Durchblutung, Herzschlagvolumen, Pulsfrequenz, Fingerpulsamplitude, Durchmesser der Adern), die Muskelanspannung steigt, die Atmung beschleunigt sich und die Pupillengröße ändert sich. Auch die Gehirnstromaktivitäten (EEG) werden von Lärm beeinflusst. All diese Reaktionen werden durch eine verstärkte Ausschüttung von Stresshormonen begleitet. Bei nächtlichem Lärm verschlechtert sich außerdem die Schlafqualität.

4.1 Physische Auswirkungen

- Minderung der Schlafqualität,
- zeitweilige Hörschwellenverschiebung bei kurzer Einwirkung sehr lauter Geräusche z. B. Knalle,
- dauerhafte Hörschwellenverschiebung → Schwerhörigkeit → Vertäubung bei lang dauernden Einwirkungen ab etwa 80 bis 85 dB(A), z. B. Walkman, Disco- und Technosound, Heimwerkergeräte.

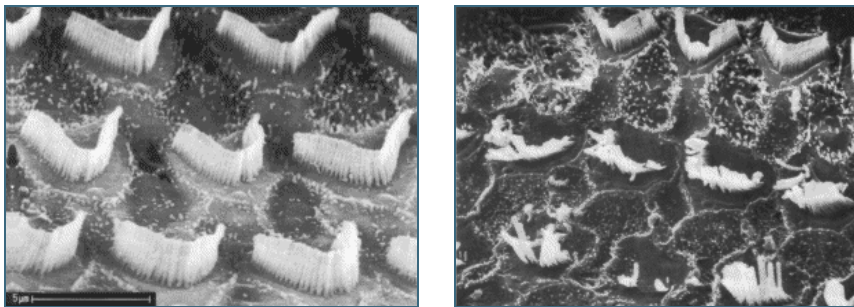


Abb. 7 und 8: Mechanische Schädigung der Zilien der äußeren Haarzellen (5 μm = 0,005 mm). Links: Drei Reihen intakter Zilien. Rechts: Zilienverwüstung nach Überlastung mit Impulsschall

4.2 Psychische Auswirkungen

- Stress und Nervosität als Risikofaktoren für Herzinfarkt,
- üble Laune, Ärger, Ohnmachtgefühle,
- Beeinträchtigung des Lebensgefühls,
- Erhöhung des Medikamentenkonsums,
- Zunahme von Fehlern,
- Abnahme der Lernfähigkeit.

4.3 Soziale Auswirkungen

- Anheben der Stimme, Unterlassen von Kommunikation,
- Veränderung der Nutzung von Wohnräumen, Terrassen, Balkonen und Gärten sowie des Lüftungsverhaltens,
- Abnahme von Hilfsbereitschaft und häuslicher Geselligkeit, Ghettobildung.

4.4 Ökonomische Auswirkungen

- Krankheitskosten und Berufsunfähigkeitsrente wegen Schwerhörigkeit – die häufigste Berufskrankheit und zunehmende Kinder- und Jugendkrankheit,
- Kosten für Schlafmittel, Arzt u. ä.,
- Wertminderung von Grundstücken,
- Kosten für Fehler.

Heute werden folgende Schalldruckpegel als gesundheitlich relevant angesehen:

- > 80 dB(A): Das Hörvermögen wird ab 80 – 85 dB(A) gemindert. Eine vorübergehende Einwirkung sehr lauter Geräusche kann die Hörschwelle zeitweilig verschieben und Tinnitus auslösen. Wiederholte, lang andauernde Einwirkungen verursachen Hörschwellenverschiebungen, die – je lauter die Dauergeräusche, desto schneller – in Schwerhörigkeit übergehen können. Beispiele dafür sind Arbeitslärm, Heimwerkergeräte, Diskobesuche, Walkman, Technosound u.ä. Sehr laute ohrennahe Knalle (> 120 dB(A)), z.B. durch Kapselpistolen, können ein Knalltrauma mit Beschädigung der Zilien bewirken (s. Abb.7).
- 60–80 dB(A): Bei nur vorübergehender Einwirkung liegen Geräusche unter 80 dB(A) im Bereich der menschlichen Anpassungsfähigkeit. Als gesundheitlich beeinträchtigend sieht die Lärmwirkungsforschung heute Dauerbelastungen oberhalb von 60 dB(A) an.
- < 60 dB(A): Bei Werten unter 60 dB(A) wird von Belästigungen und erheblichen Belästigungen gesprochen. Hier leiden das psychische und soziale Wohlbefinden sowie die Schlafqualität.
- > 45 dB(A): Bei Pegeln über 45 dB(A) lassen sich Änderungen der Schlafstadien feststellen.
- > 25 dB(A): Die Erholbarkeit des Schlafes wird häufig bereits bei Dauerschallpegeln ab 25 – 30 dB(A) als gestört empfunden.

5 Lärm: mehr als Schall

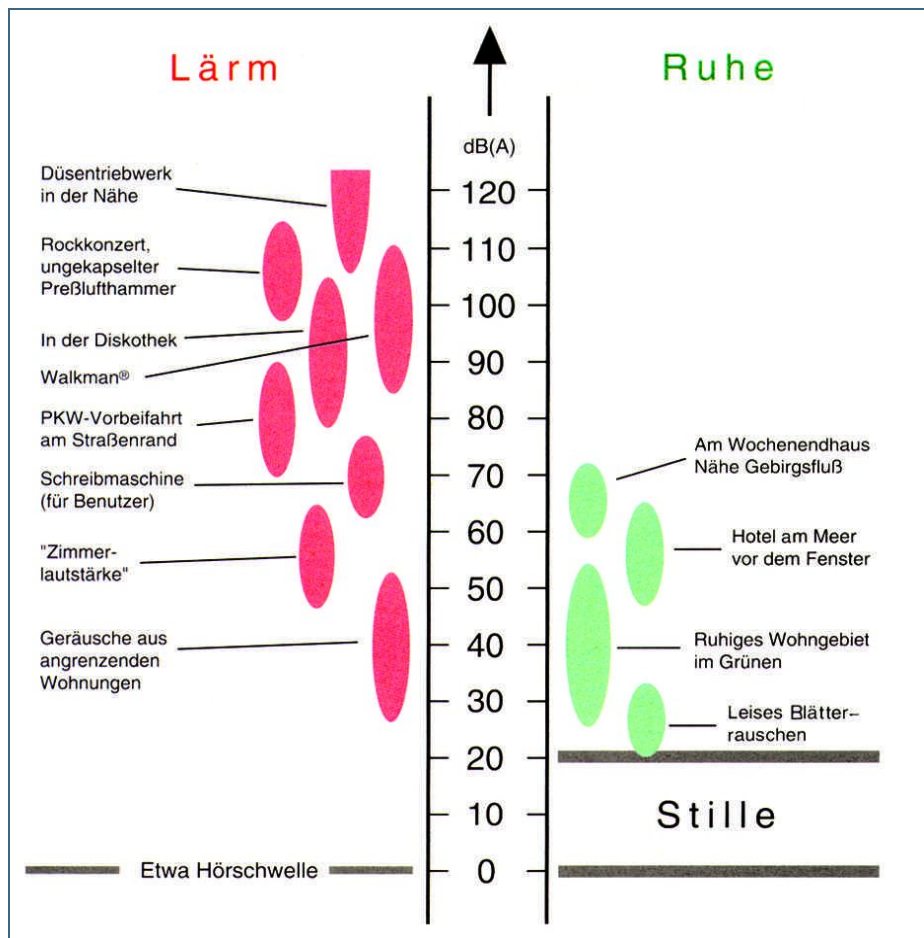


Abb. 9: Schalldruckpegel verschiedener Geräusche. Je nach subjektiver Einschätzung bewerten wir ein Geräusch als „Lärm“ oder als „Ruhe“.

Schall wird erst zu Lärm, wenn er bewusst oder unbewusst stört. Zwei ähnliche Geräusche können – selbst bei gleichem Schallpegel – sehr unterschiedlich empfunden werden: Ein Wasserfall in einer idyllischen Bergwelt wird allgemein mit Erholung gleichgesetzt, während eine befahrene Autobahn mit dem gleichen Schallpegel eine Belastung darstellt.

Im Bereich der bewusst erlebbaren Belästigung durch Umweltlärm (30 bis 80 dB(A)) beeinflussen mehrere Faktoren die Wirkung des Lärms: die akustischen Merkmale, die Geräuschart, der Zeitpunkt und die Ortsüblichkeit sowie Informationshaltigkeit und Bedeutung des Geräusches, die Empfindlichkeit des Betroffenen und die Einstellung zur Geräuschquelle (s. Kasten).

Die Wirkung eines Geräusches hängt ab

- von den akustischen Geräuschmerkmalen:
 - Lautstärke, Dauer, zeitlicher Verlauf (gleichbleibend, schwankend bis impulshaltig),
 - Frequenzzusammensetzung (ohne/mit hervortretenden Tönen),
 - Häufigkeit der Geräuschereignisse,
 - Differenz zwischen Stör- und Hintergrundgeräusch,
- von der Geräuschart:
 - Naturgeräusch (Vögel, Wind, Blätterrauschen, Wasserfall, Gewitter),
 - Musik und Sprache (natürlich oder elektronisch wiedergegeben),
 - Geräusche am Arbeitsplatz,
 - Geräusche vom Verkehr (Straßen-, Schienen-, Schiffs- und Luftverkehr),
 - Geräusche von Anlagen (Gewerbe, Gaststätten, Sport, Freizeit, Schießen, Baustellen),
- vom Zeitpunkt:
 - allgemein (tags, nachts, während der Ruhezeiten morgens, abends, sonn- und feiertags),
 - individuell (Wach-/Schlafzustand, Arbeiten/Wohnen und Erholen, Konzentrationszustand),
- von der Ortsüblichkeit des Geräusches:
 - Wohngebiet, Mischgebiet, Gewerbegebiet,
- von der Informationshaltigkeit und Bedeutung des Geräusches:
 - tropfender Wasserhahn,
 - Wimmern des Babys für die Mutter/einen Fremden,
 - Musik als Wohlklang oder Ruhestörung,
- von der Geräuschempfindlichkeit der Betroffenen:
 - Persönlichkeitsmerkmale (ausgeglichene/reizbare, optimistische/pessimistische Einstellung),
 - situative Empfindlichkeit (Geräusch ungewohnt/gewohnt; entspannt, ruhig,
 - erholt/angespannt, nervös, müde, erschöpft),
- von der Einstellung zur Geräuschquelle:
 - Zuneigung zum/Neid auf Geräuschverursacher,
 - geräuschvolle Tätigkeit sinnvoll/unsinnig,
 - geräuschverursachendes Verhalten allgemein anerkannt/abgelehnt,
 - Geräusch vermeidbar/unvermeidbar, verminderbar/unverminderbar.

6 Fazit

Die Wirkung von Umweltlärm ist bei verschiedenen Menschen sehr unterschiedlich. Mit wachsenden Pegeln nehmen allerdings die negativen Wirkungen unerwünschter Geräusche zu und gleichzeitig steigt der Prozentsatz der Personen an, die sich gestört fühlen und objektiv belastet sind. Eine scharfe Grenze, ab der alle Menschen gleich beeinträchtigt wären, gibt es nicht. Bei der Beurteilung muss man daher von einem „durchschnittlichen“ Menschen, sowie von normierten Mess- und Rechenverfahren ausgehen.

Weitere Auskünfte erhalten Sie:

- beim Umweltschutzingenieur in Ihrer Kreisverwaltungsbehörde
- bei Schalltechnischen Beratungsbüros (§ 26 BImSchG – Stellen auf dem Gebiet des Lärmschutzes): aktuelle Adressen finden Sie im LfU-Internet unter
▶ http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_35_laerm_literatur_linkliste.pdf

Weiterführende Publikationen des Infozentrums UmweltWissen

- ▶ [Lärm – Straße und Schiene](#)
- ▶ [Lärm – Wohnen, Arbeit, Freizeit](#)

7 Ansprechpartner

Private Anfragen an das Bayerische Landesamt für Umwelt richten Sie bitte an unser Bürgerbüro:

E-Mail: oeffentlichkeitsarbeit@lfu.bayern.de

Fragen und Anregungen zu Inhalten, Redaktion und Themenwahl der Publikationen von UmweltWissen sowie Anfragen bezüglich Recherche und Erstellung von Materialien für die Umweltbildung/-beratung richten Sie bitte an:

UmweltWissen am Bayerischen Landesamt für Umwelt:

Telefon: 0821 9071-5671

E-Mail: umweltwissen@lfu.bayern.de

Internet: www.lfu.bayern.de/umweltwissen

Impressum:

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Postanschrift:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Bildnachweis:

Telefon: (08 21) 90 71-0
Telefax: (08 21) 90 71-55 56
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Bearbeitung:
Dr. Katharina Stroh (LfU)
Dr. Michael Gerke (LfU)

Stand:
2003 (Links 03/11)

Diese Veröffentlichung wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Sie haben diese Veröffentlichung auf Papier, wollen aber auf die verlinkten Inhalte zugreifen?

Die jeweils aktuellste Ausgabe finden Sie im Internet unter:

- ▶ www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_34_laerm_messen_bewerten.pdf oder unter
- ▶ www.lfu.bayern.de: UmweltWissen > Lärm