Sonderdruck aus: UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst, 01/2011, S. 28-36.

# Quantifizierung des Einflusses von Lärm auf Lebensqualität und Gesundheit

## Quantifying the impact of noise on wellbeing and health

*Wolfgang Babisch*

**Abstract:** *Noise affects the human organism in many ways. There is evidence that environmental noise causes serious annoyance, self-reported and electro-physiologically measurable sleep disturbances, cognitive impairment in school children and cardiovascular effects including ischaemic heart diseases and hypertension. Expert groups of the World Health Organization and the European Environmental Agency have evaluated the evidence of these associations and produced guidance documents that can be used for a quantitative health impact assessment of environmental noise and leisure noise. The practical and validated tools refer to exposure-response relationships that were derived from meta-analyses. Transforming the exposure information obtained from European noise mapping into numbers of affected people or DALYs according to the WHO burden of disease concept, provides a methodology to assess the environmental noise burden of disease (including annoyance) and to predict the possible benefit of noise mitigation measures. An overview is given about the development of environmental noise research and related noise policies in Europe.*

### Einleitung

Die Begriffe Schall und Lärm werden umgangssprachlich synonym verwandt, sie stellen jedoch unterschiedliche Betrachtungsebenen dar. Während 'Schall' die rein physikalisch-akustische Komponente beschreibt, weist 'Lärm' auch auf eine Wirkungsebene hin. Lärm wird häufig als unerwünschter Schall bezeichnet. Bei der Begriffszuweisung alleine auf die subjektive Bewertungsebene abzustellen, ist jedoch nicht hinreichend. Auch gewollter Schall (zum Beispiel laute Musik) kann körperliche Schäden hervorrufen, weshalb eine weitergehende Definition von 'Lärm' jegliche Schalleinwirkung umfasst, die belästigt, stört oder gesundheitliche Schäden hervorruft. So gesehen ist der Begriff Lärm universell einsetzbar, während der Begriff Schall sich auf die quantifizierbaren Schalldruckschwankungen bezieht, die mit

einem Schallpegelmesser als Schalldruckpegel in Dezibel-A (dB(A)) angegeben werden.

## Lärmwirkungen

Schall durchdringt unser Leben allerorts. Er ist ein essentieller Bestandteil unseres sozialen Lebens und gleichzeitig unerwünschter Abfall. Unser Körper ist in der Lage, Schall zu erzeugen und zu verarbeiten. Hierin besteht ein Unterschied zu anderen Schadstoffen, denen wir im Alltag ausgesetzt sind und die wir zu einem großen Teil nicht wahrnehmen können. Wir benötigen Schall zur Kommunikation, zur Orientierung und als Warnsignal. Ein Übermaß an Schall – in Stärke und Dauer – beeinträchtigt jedoch nicht nur das subjektive Wohlempfinden, sondern kann zu nachhaltigen gesundheitlichen Schäden führen. Lärm wird wegen seiner Wahrnehmbarkeit und seiner weiten Verbreitung im Alltag von vielen Menschen als die Umweltbelastung Nummer eins angesehen. Sowohl das bewusste Erleben von Lärm als auch die unbewusste Verarbeitung von Schallsignalen im Organismus können Auslöser für Körperreaktionen sein. Im Schlaf zeigen zum Beispiel auch diejenigen Personen vegetative Veränderungen (Herzfrequenz, Blutdruck) als Reaktion auf einzelne Schallereignisse, die am nächsten Morgen sagen, der Lärm hätte sie nicht gestört – und das auch, wenn sie schon viele Jahre in einer lauten Umgebung wohnen.

Für die Beurteilung der auralen Wirkungen (Gehörschäden) ist neben dem Spitzenpegel auch die Gesamtdosis der einwirkenden Schallenergie von Bedeutung. In den Arbeitsschutzrichtlinien ist klar formuliert, bei welcher täglichen Lärmdosis zum Beispiel persönlicher Schallschutz verwendet werden muss (Richtlinie 2003/10/EG 2003). Die extraauralen Lärmwirkungen (nicht das Gehör betreffend) lassen sich hingegen nicht mit den üblichen toxikologischen Konzepten begreifen. Das Ausmaß der Lärmwirkungen hängt stark davon ab, wie sehr der Lärm mit Aktivitäten des Einzelnen interferiert (zum Beispiel Kommunikation, Konzentration, Lernen, Entspannung, Schlaf). So ist es nicht verwunderlich, wenn bei einer Person eine Schallbelastung von 80 Dezibel am Arbeitsplatz weniger Stressreaktionen hervorruft als 65 Dezibel bei der Unterhaltung in der eigenen Wohnung oder 50 Dezibel beim Schlafen. Insofern wäre ein über 24 Stunden akkumulierter Dosiswert nicht zielführend. Auch wenn sich Personen tagsüber nicht in ihrer möglicherweise stark von Verkehrslärm belasteten Wohnung aufhalten, können die wenigen Abendstunden, in denen sie sich vom Tages-Arbeitsstress erholen möchten, die maßgebliche Noxe für schädliche Lärmwirkungen sein. Andererseits kann es sein, dass Personen, die den ganzen Tag zuhause sind und Tätigkeiten ausüben, die vom Lärm nicht beeinträchtigt werden, viel weniger psychische und physische Reaktionen zeigen.

Dennoch sind Lärmindikatoren, die die mittlere Lärmbelastung über längere Tageszeiträume hinweg beschreiben, wie der ungewichtete Mittelungspegel von 6–22 Uhr ($L_{Aeq,16h}$) oder der gewichtete Tag/Nacht-Lärmindikator $L_{den}$ sowie der Nacht-Lärmindikator $L_{night}$ (22–6 Uhr), geeignete Expositionsmaße, um Zusammenhänge zwischen der Lärmbelastung und den Lärmwirkungen in Bevölkerungskollektiven zu beschreiben und Vorhersagen über die Prävalenz von lärmbedingten gesundheitlichen Wirkungen zu treffen (Richtlinie 2002/49/EG 2002; 16. BImSchV 1990). Die beobachteten Zusammenhänge spiegeln die Wirkungen des Lärms in einem real vorliegenden Mix von Menschen mit unterschiedlichen Bedürfnissen, Dispositionen und Aktivitäten wider und sind die Grundlage für lärmpolitisches Handeln. Zu den wichtigsten Lärmwirkungen gehören: Störungen und Belästigungen, Schlafstörungen, Leistungsbeeinträchtigungen, körperliche Stressreaktionen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Gehörschäden. Immissionsbelastungen durch Verkehrsgeräusche liegen im Allgemeinen unterhalb der Gehörschädigungsgrenze. Deshalb ist die Ursache für lärmbedingte Gehörschäden, die nicht auf Arbeitslärm zurückzuführen sind, in Freizeitlärmbelastungen zu sehen. Dort hat der Einzelne im Gegensatz zum Umweltlärm im Prinzip jedoch die Kontrolle über die Lärmbelastung und exponiert sich gewissermaßen freiwillig. Allerdings führen die Unkenntnis und Ignoranz vor den Folgen hoher Lärmbelastung – beispielsweise durch laute Musik, Feuerwerk oder laute Hobbys – häufig zu einem nachlässigen Umgang mit solchen Lärmquellen.

## Europäische Lärmschutzpolitik

Ein wesentliches Element europäischer Lärmschutzpolitik war und ist es, die Lärmemission von Produkten über harmonisierte Grenzwerte für Motorfahrzeuge, Haushaltsgeräte und andere Lärm erzeugende Produkte im Binnenmarkt zu regulieren (zum Beispiel Richtlinie über umweltbelastende Geräuschemissionen von zur Verwendung im Freien vorgesehenen Geräten und Maschinen [Richtlinie 2000/14/EG 2000] oder Richtlinie über

die zulässigen Geräuschpegel von Kraftfahrzeugen [Richtlinie 2007/34/EG 2007]). Es wurde jedoch zusehends offenkundig, dass immissionsseitig ein EU-weiter Mangel an Daten zur Lärmbelastung der Umwelt und der damit verbundenen Auswirkungen der Lärmbelastung bestand, was die Fortentwicklung einer effektiven und nachhaltigen Lärmschutzpolitik behinderte. So hat die räumliche und zeitliche Ausweitung des Verkehrs trotz Lärm mindernder Auflagen an der Schallquelle zu keiner deutlichen Verringerung der Lärmbelastung geführt.

Im Jahr 1996 veröffentlichte die Europäische Kommission das sogenannte Grünbuch, das einen neuen Rahmen europäischer Lärmschutzpolitik auf EU-, nationaler und lokaler Ebene absteckte (Europäische Kommission 1996). Im Grünbuch wurde festgestellt, dass der von Verkehr, Industrie und Freizeitaktivitäten verursachte Lärm eines der wichtigsten lokalen Umweltprobleme für Europa darstellt, Lärmminderungsmaßnahmen bislang jedoch eine geringe Priorität in der Umweltpolitik hatten. Etwa 20 % der EU-Bevölkerung – rund 80 Millionen Menschen – würden unter Lärmpegeln leiden, die von Wissenschaftlern und Gesundheitsexperten als unakzeptabel eingestuft werden (CALM II Network 2007). Als umweltpolitisches Ziel wurde formuliert, dass niemand Schallpegeln ausgesetzt sein sollte, die Gesundheit und Lebensqualität gefährden. Im sechsten Umweltaktionsprogramm wurde unter dem Thema 'Umwelt und Gesundheit' explizit zum Ausdruck gebracht, dass sich mittlerweile die Einsicht durchgesetzt hat, dass die Gesundheit des Menschen durch Umweltprobleme wie Luft- und Wasserverschmutzung, gefährliche Chemikalien *und Lärm* beeinträchtigt wird (Sechstes Umweltaktionsprogramm 2001). Damit war ein Paradigmenwechsel vollzogen.

Im Ergebnis dieses Prozesses verabschiedete die Kommission die Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung des Umgebungslärms (END), die einen Meilenstein in der europäischen Lärmschutzpolitik darstellt (Richtlinie 2002/49/EG 2002). Ziel der Direktive ist es, ein gemeinsames Konzept festzulegen, um vorzugsweise schädliche Auswirkungen, einschließlich Belästigung, durch Umgebungslärm zu verhindern, ihnen vorzubeugen oder sie zu mindern. Daraus leiten sich als Aufträge an die Mitgliedstaaten ab: (1) die Ermittlung der Belastung der Bevölkerung durch Umgebungslärm (Lärmkarten), (2) die Information der Öffentlichkeit über Umgebungslärm und seine Auswirkungen, (3) die Durchführung von Aktionsplänen (Lärmminderungsmaßnahmen) insbesondere dann, wenn das Ausmaß der Belastung gesundheitliche Auswirkungen haben kann und (4) die Umweltqualität in den Fällen zu erhalten, in denen sie zufriedenstellend ist (Schutz ruhiger Gebiete). Seitdem hat das Lärmthema seinen Weg in fachübergreifende Politikbereiche gefunden. Die Reduzierung von Verkehrslärm durch geeignete Lärmminderungsmaßnahmen sowohl an der Quelle als auch in der Umwelt, ist ein fester Bestandteil der nachhaltigen Entwicklungsstrategie in der EU zur Minimierung der gesundheitlichen Auswirkungen durch den Lärm (Council of the European Union 2006; Eurostat 2009). Die Herausforderungen europäischer Lärmschutzpolitik liegen eindeutig im Transportsektor (European Commission 2009), wo auch weiterhin Zuwachsraten prognostiziert werden (European Commission 2006). Für Straßenverkehrslärm, Fluglärm und Schienenverkehrslärm aber auch für Industrie- und Gewerbelärm gibt es unterschiedliche technische, planerische und regulatorische Ansätze, die Lärmbelastung in der Umwelt zu mindern. Dies vor dem Hintergrund der Vision, schädliche Auswirkungen aller Lärmquellen bis zum Jahr 2020 zu vermeiden und ruhige Gebiete vor Lärm zu schützen (CALM II Network 2007).

Zur Abschätzung und Quantifizierung von Umweltrisiken wird bei Lärm ebenso wie in anderen Umweltbereichen auf statistische Zusammenhänge zwischen Expositionsindikatoren und Wirkungsendpunkten, sogenannte Dosis-Wirkungs-Relationen, zurückgegriffen, die aus der experimentellen und empirischen Wirkungsforschung abgeleitet und von Expertengremien geprüft und anerkannt worden sind. Solche Dosis-Wirkungs-Relationen können zu Prognosezwecken eingesetzt werden, um den Nutzen einer Lärmminderungsmaßnahme wirkungsseitig zu beurteilen. Sie sind somit ein wesentliches umwelt- und gesundheitspolitisches Werkzeug zur Begründung von Handlungsbedarf. In Anhang III der europäischen Umgebungslärmrichtlinie wird explizit erwähnt, dass zur Bewertung der Auswirkungen von Lärm auf die Bevölkerung Dosis-Wirkungs-Relationen verwendet werden sollen (Richtlinie 2002/49/EG 2002) – dies bezüglich der Wirkungsendpunkte Belästigung und (subjektive) Schlafstörungen und gegebenenfalls Lärmquellen-spezifisch. Belastbare Dosis-Wirkungs-Relationen liegen mittlerweile jedoch auch für andere Wirkungsendpunkte vor, zum

Beispiel für kognitive Lernstörungen bei Kindern, elektrophysiologisch messbare Schlafstörungen (Schlafstadienänderungen und definierte Aufwachreaktionen) und das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Auf der fünften Ministerkonferenz zu Umwelt und Gesundheit in Parma im März 2010 drängten die Mitgliedstaaten der EU die Weltgesundheitsorganisation (WHO) geeignete Richtlinien ('guidelines') für die umweltbezogene Lärmpolitik zu entwickeln und boten ihre Unterstützung dabei an. Die WHO und die Europäische Umweltagentur (EEA) haben den Wissensstand im Rahmen von Expertenanhörungen und Arbeitsgruppen evaluiert und entsprechende Empfehlungen für die quantitative Erfassung von Lärmwirkungen bei unterschiedlich lärmbelasteten Bevölkerungsgruppen erarbeitet. Darüber hinaus wurden von der WHO Lärm-Qualitätsziele im Sinne von Empfehlungen für Richt- und Grenzwerte abgeleitet.

## Weltgesundheitsorganisation (WHO)

### *Guidelines for Community Noise*

Im Jahr 1999 erschienen die 'Guidelines for Community Noise' der WHO (WHO 1999). Es wurde abgeschätzt, dass circa 40 % der Bewohnerinnen und Bewohner der Europäischen Union tagsüber mittleren Verkehrslärmpegeln von mehr als 55 dB(A) und etwa 20 % von mehr als 65 dB(A) ausgesetzt waren. Betrachtet man alle Verkehrslärmquellen zusammen, so lebt über die Hälfte der EU-Bevölkerung in Gebieten, die akustisch als nicht angenehm eingestuft wurden ("... that do not ensure acoustical comfort to residents."). Nachts sind auf der Grundlage dieser älteren Daten über 30% mittleren Schallpegeln von mehr als 55 dB(A) an ihren Wohnungen ausgesetzt. Mittlere Außenschallpegel sollten nach den WHO-Empfehlungen tagsüber unter 55 dB(A) liegen ($L_{Aeq, 16h}$), um erhebliche Belästigungen in nennenswertem Umfang zu vermeiden, und unter 50 dB(A), um moderate Belästigungen zu vermeiden. Abends und nachts sollten die Außenschallpegel ($L_{Aeq, 8h}$) 5 bzw. 10 dB(A) niedriger sein. Um einen ungestörten und gesunden Schlaf zu gewährleisten, sollte der über die Schlafzeit gemittelte Schallpegel im Schlafraum nicht mehr als 30 dB(A) betragen und einzelne Schallpegelspitzen 45 dB(A) nicht überschreiten. Signal-Rausch-Abstände (Schallpegelunterschied zwischen Nutz- und Störsignal) sollten mindestens 15 dB(A) betragen. Bei einem normalen Sprachpegel von 50 dB(A) in 1 Meter Entfernung bedeutet dies, dass von außen in Wohnungen eindringende Geräusche einen Hintergrundpegel von 35 dB(A) nicht überschreiten sollten.

In Klassenräumen sollte der Hintergrundpegel vorzugsweise noch niedriger sein, zum Beispiel 30 dB(A), wie etwa in deutschen Baunormen gefordert (DIN 4109). Darüber hinaus sollte die Halligkeit von Räumen gering sein. Bei einer Nachhallzeit von über einer Sekunde bestehen Sprachverständlichkeitsprobleme. Je nach Raumcharakteristik werden Nachhallzeiten von 0,5 bis 0,8 Sekunden empfohlen (Bistrup et al. 2006).

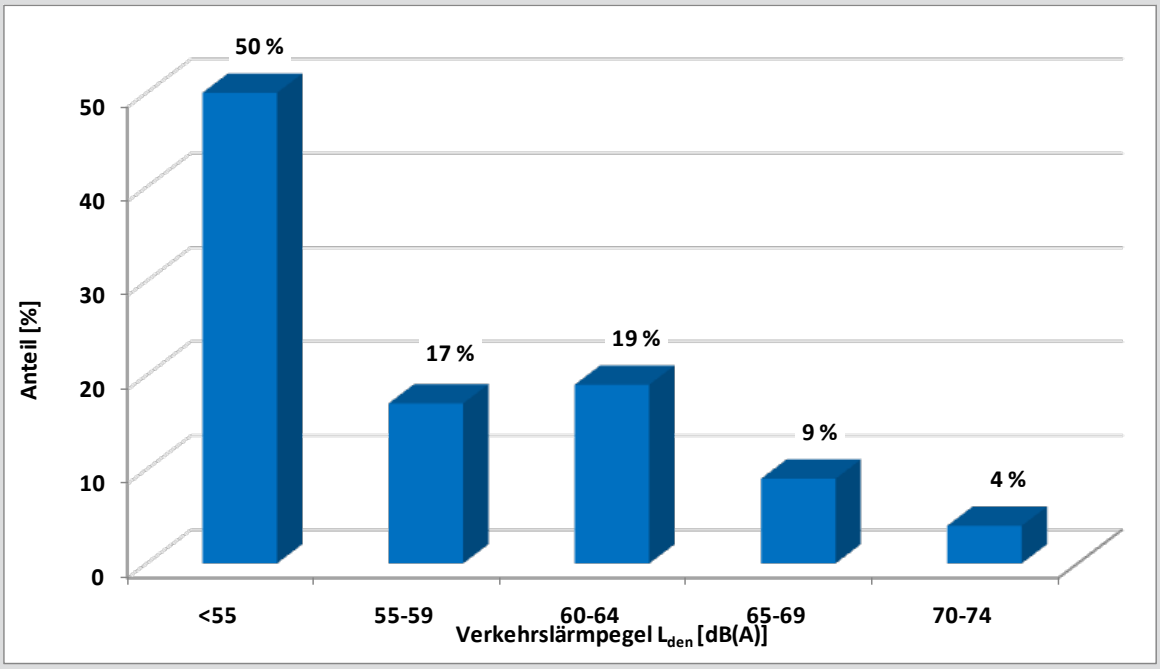
Basierend auf dem ISO Standard 1999 wird ein äquivalenter Dauerschallpegel (energetischer Mittelwert) über 24 Stunden ($L_{Aeq, 24h}$) unter 70 dB(A) oder von 75 dB(A) über 8 Stunden bei lebenslanger täglicher Exposition als sicher für das Gehör eingestuft. Zur Vermeidung von Gehörschäden sollten Gäste von Veranstaltungen (angenommene Aufenthaltsdauer von 4 Stunden) maximal vier Mal im Jahr einem mittleren Schallpegel von 100 dB(A) ausgesetzt sein. Zur Vermeidung von akuten Hörschäden sollten Maximalpegel ($L_{Amax}$) unter 110 dB(A) liegen. Im Hinblick auf tragbare Audiogeräte mit Kopfhörern wurde eine tägliche Dosis von 85 dB(A) über eine Stunde hinweg angegeben, die unterschritten werden sollte. Abgeleitet aus den Arbeitsschutzrichtlinen (Richtlinie 2003/10/EG 2003) wurde kürzlich von einem wissenschaftlichen EU-Ausschuss zu "neu auftretenden und neu identifizierten Gesundheitsrisiken" (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, SCENIHR) eine etwas höhere zu unterschreitende Wochendosis von 89 dB(A) über fünf Stunden genannt, wobei nur von einer 10jährigen Expositionsperiode ausgegangen wurde (SCENIHR 2008).

Bereits in den WHO-Guidelines von 1999 wurde auf Studien verwiesen, die zeigten, dass oberhalb eines Außenschallpegels ($L_{Aeq, 24h}$) von 65–70 dB(A) ein erhöhtes Risiko für Bluthochdruck und andere Herz-Kreislauf-Krankheiten, wie zum Beispiel den Herzinfarkt, besteht.

### *Night Noise Guidelines for Europe*

Im Jahr 2009 erschienen die 'Night Noise Guidelines for Europe' des Regionalbüros für Europa der WHO (WHO Regional Office for Europe 2009). Darin wird für den gemäß der europäischen Umgebungslärmrichtline als Jahresmittelwert ($L_{night}$) erfassten Schallpegel nachts außen vor den Gebäuden ein gesundheitlich abgeleiteter 'Night Noise

**Abbildung 1: Vorläufige Schätzung der in Europa von Straßenverkehrslärm betroffenen Bevölkerung in Agglomerationen mit mehr als 250.000 Einwohnern.**

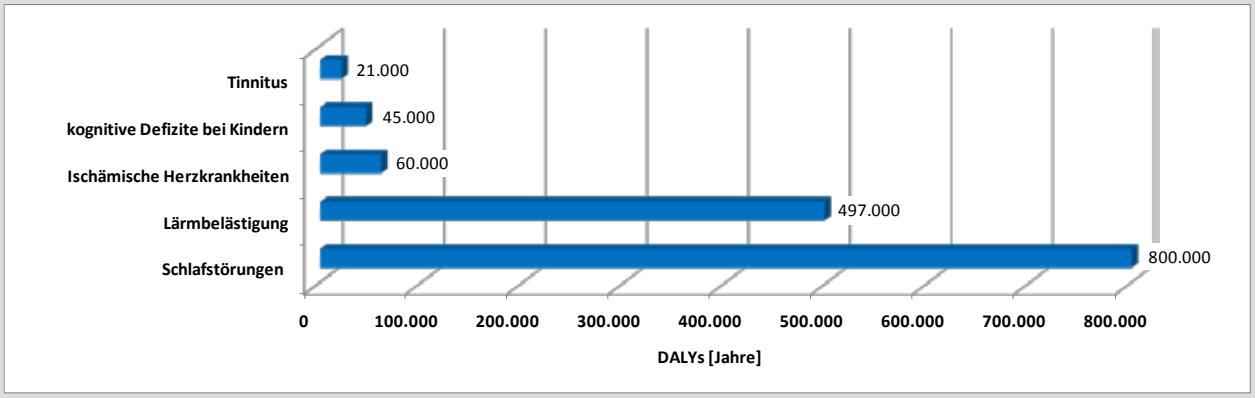



Guideline'-Wert (NNG) von 40 dB(A) formuliert, der erreicht oder unterschritten werden sollte, um Schlafstörungen durch Umweltlärm zu vermeiden. Dieser Wert von 40 dB(A) wird als 'lowest observed adverse effect level' (LOAEL) für die nächtliche Lärmbelastung außen angesehen, während 30 dB(A) der 'lowest observed effect level' (LOEL) ist, ab dem zwar biologische Effekte bei empfindlichen Personen auftreten, denen aber keine weitere klinische Bedeutung beigemessen wird. Oberhalb von 55 dB(A) wird die Belastung zunehmend als gesundheitlich bedenklich angesehen. Der Anteil von hochgradig Belästigten ('highly annoyed') und (subjektiv) Schlafgestörten ('highly sleep disturbed') steigt an und kardiovaskuläre Effekte gewinnen zunehmend an Bedeutung. Aus diesem Grund ist ein $L_{night,\ außen}$ von 55 dB(A) als 'Interim Target' (IT) empfohlen, der als Mindestanforderung in Situationen erreicht werden sollte, wo der NNG kurzfristig nicht zu erreichen ist. Er soll von politischen Entscheidungsträgern jedoch nur als ein vorübergehendes Ziel bei außergewöhnlichen lokalen Gegebenheiten verstanden werden.

### *Burden of Disease from Environmental Noise*

Das WHO-Regionalbüro für Europa ist dabei das Dokument 'Burden of Disease from Environmental Noise' zu veröffentlichen, das Anleitungen zur Abschätzung des Risikos für unterschiedliche Lärmwirkungen enthält (WHO Regional Office for Europe 2011). Für die gesundheitsrelevanten Endpunkte Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Schlafstörungen, Belästigung, kognitive Leistungen bei Kindern und Tinnitus (Ohrgeräusche) werden auf evidenzbasierter Grundlage Dosis-Wirkungs-Relationen vorgestellt. Diese werden zur Quantifizierung der Betroffenheit der Bevölkerung im Sinne des 'Burden of Disease' (EBD)-Konzeptes der WHO herangezogen (WHO 2011). Der Bericht bringt hierzu nationale Beispiele unter Verwendung der aktuell vorliegenden Belastungsdaten der ersten Phase der Lärmkartierung in der EU (EEA 2010a). Die ermittelten Betroffenenzahlen (**Abbildung 1**) sind eine vorläufige erste Abschätzung, da sich die verwendeten Expositionsdaten nur auf größere Agglomerationseinheiten der Mitgliedstaaten mit mehr als 250.000 Einwohnern beziehen. Außerdem ist zu beachten, dass in der Abbildung nur die Belastung durch Straßenverkehrslärm aufgetragen ist und nicht die Gesamtlärmbelastung durch alle Umweltlärmquellen. Bislang erfassen die Lärmkarten erst circa 20 % der europäischen Bevölkerung (27 'EUR-A'-Staaten). In zukünftigen Phasen der Lärmkartierung werden auch kleinere Agglomerationseinheiten erfasst und die Lärmbelastung zu niedrigeren Schallpegeln hin erweitert. Damit wird eine genauere Schätzung der Betroffenenzahlen möglich.

**Abbildung 2: Für westeuropäische Länder vorläufig geschätzte durch Umweltlärm bedingte DALYs.***




*** DALYs: disability adjusted life years. DALYs fassen sowohl die durch einen frühzeitigen Tod verlorenen als auch die durch Erkrankungen beeinträchtigten Lebensjahre in einer Maßzahl zusammen.**

Anhand der Verteilung der Bevölkerung über die unterschiedlichen Lärmkategorien wird für die verschiedenen Umweltlärmquellen mit Hilfe von Dosis-Wirkungs-Kurven die Exposition in Betroffenheit transformiert. Die daraus mit statistisch-epidemiologischen Methoden und Algorithmen berechneten, dem Lärm zugeschriebenen Krankheits- und Betroffenheitszahlen ('population attributable fraction') werden dem WHO-Konzept folgend in sogenannten DALYs ('disability adjusted life years') ausgedrückt (WHO 2011; Prüss-Üstün et al. 2003). Dabei werden die Prävalenzen mit Gewichtungsfaktoren ('disability weights') versehen, die sowohl den Schweregrad als auch die Dauer der Behinderung berücksichtigen. Dies ermöglicht quantitative Vergleiche und das Zusammenfassen mehrerer Wirkungen in Form eines Einzahlwerts. Verwendete Gewichtungsfaktoren sind: für akuten Herzinfarkt 0,405, für ischämische Herzkrankheiten insgesamt 0,350, für Schlaflosigkeit (primäre Insomnie) 0,100, für lärmbedingte Schlafstörungen 0,070, für erhebliche ('highly') Lärmbelästigung 0,020, für milden Tinnitus 0,010, für stark behindernden Tinnitus 0,110 und für unmittelbar auftretende kognitive Defizite 0,006. Die für westeuropäische Länder geschätzten lärmbedingten DALYs zeigt **Abbildung 2**. Die Gesamtlast der gesundheitlichen Beeinträchtigungen (einschließlich Belästigung) durch Umweltlärm wird für Westeuropa bei konservativen Annahmen demnach mit mehr als 1.000.000 DALY-Jahren geschätzt.

## Europäische Umweltagentur (EEA)

Das 'Expert Panel on Noise' (EPoN) der Europäischen Umweltagentur (EEA), eine Arbeitsgruppe, deren Aufgabe es ist, die EEA und die Europäische Kommission bei der Implementierung und Entwicklung einer effektiven Lärmpolitik in Europa zu unterstützen, hat 2010 den sogenannten 'Good practice guide on noise exposure and potential health effects' erstellt (EEA 2010b). Hierbei handelt es sich um eine Anleitung, die Anwendern praktische und validierte Werkzeuge an die Hand gibt, mit denen gesundheitliche Auswirkungen von Umweltlärm und dessen Minderung quantitativ beurteilt werden können, zum Beispiel für Aktionspläne nach der Umweltlärmrichtlinie aber auch für jegliche andere Art von Umwelt-Verträglichkeits-Betrachtungen ('health impact statement'). Dabei wird der Gesundheitsbegriff in seiner weiten Definition zugrunde gelegt, das heißt unter Einbeziehung sozialen Wohlbefindens. Das bedeutet für Lärm, dass auch Lärmbelästigungsreaktionen, die den Großteil der Beschwerden ausmachen, als Gesundheitseffekt verstanden werden. Lärmindikatoren, die auf dem äquivalenten Dauerschallpegel beruhen, stellen geeignete Expositionsmaße dar, um Zusammenhänge mit der Prävalenz oder Inzidenz von Symptomen und Krankheiten zu beschreiben, die in der längerfristigen/chronischen Einwirkung des Lärms ihre Ursache haben. Das betrifft zum Beispiel die ischämischen Herzkrankheiten (einschließlich Herzinfarkt) und die Hypertonie ebenso wie die Belästigungsreaktionen, wobei 'Steady-state'-Zustände bei der Exposition betrachtet werden (keine Überschussreaktionen durch kurzzeitig erfolgte Änderungen der Schallbelastung). Bei anderen Wirkungen, wie etwa den akuten Schlafstörungen, kann es hilfreich sein, zusätzlich zum Mittelungspegel auch ereignisbezogene Schallpegelindikatoren (zum Beispiel Maximalpegel, Anzahl der Ereignisse) zu berücksichtigen. Der Schallpegel alleine ist nicht

in jedem Fall entscheidend für das Einleiten von Lärmminderungsmaßnahmen. Natürlich spielt der Bevölkerungsbezug (Anzahl betroffener Wohnungen oder Personen, je nach vorhandener Datenlage) ebenso eine Rolle. Dies wirft unter Umständen ethische Fragen auf. Ist es besser (begrenzte) Ressourcen für den Schutz vergleichsweise weniger sehr stark Betroffener oder für den Schutz vieler gemäßigt Betroffener zu verwenden? Die Antwort ist sicherlich: Beides. Man könnte dem WHO-Ansatz beim Nachtlärm folgen (IT-Wert) und dem Schutz vor körperlichen Schäden eine hohe Handlungspriorität beimessen und bei Wirkungen von vermeintlich geringerem Schweregrad das Mengenprinzip stärker berücksichtigen.

Der 'Good practice guide' verweist auf die bekannten Dosis-Wirkungs-Relationen für Belästigungen und (subjektive) Schlafstörungen, die in der EU als Standardkurven zur Vorhersage der Bevölkerungsreaktionen verwendet werden (European Commission Working Group on Dose-Effect Relations 2002; European Commission Working Group on Health and Socio-Economic Aspects 2004). Die Verwendung dieser Beziehungen hat den Vorteil, dass ländervergleichende Betrachtungen auf EU-Ebene damit möglicherweise aussagekräftiger sind als bei Verwendung unterschiedlicher nationaler Dosis-Wirkungs-Kurven. Der Bericht stellt außerdem aktualisierte Dosis-Wirkungs-Relationen für Fluglärm vor, die der Tatsache Rechnung tragen, dass in jüngeren Untersuchungen bei gleicher Schallpegelbelastung stärkere Belästigungsreaktionen beobachtet wurden. Auch quantitative Möglichkeiten zur Ermittlung der Gesamtlärmbelästigung durch mehrere Quellen werden aufgezeigt. Die Dosis-Wirkungs-Relation für polysomnografisch (mittels Elektroenzephalogramm, Elektromyogramm und Elektrookolugramm) ermittelte Aufwachreaktionen lässt bereits oberhalb von Maximalpegeln von 33 dB(A) am Ohr des Schlafenden einen stetigen Anstieg der lärminduzierten Aufwachwahrscheinlichkeit durch Fluglärmereignisse erkennen. Oberhalb von nächtlichen Mittelungspegeln ($L_{night}$) außen von 45 dB(A) steigt unter realen Lebensbedingungen (unter anderem das individuelle Fensteröffnungsverhalten betreffend) das populationsbezogene Risiko für derartige Aufwachreaktionen deutlich an und führt etwa bei 55 dB(A), dem Interimswert der WHO, zu etwa einem zusätzlichen nächtlichen Aufwachereignis im Jahres- und Bevölkerungsmittel (vergleiche den Abschnitt 'Night Noise Guidelines for Europe' in diesem Beitrag). Basierend auf dem Stressmodell wird davon ausgegangen, dass chronischer Lärmstress das Risiko für Herz-Kreislauf-Krankheiten (beispielsweise Herzinfarkt, Hypertonie) erhöht. Quantitative Dosis-Wirkungs-Relationen für die beiden Endpunkte werden vorgestellt, die geeignet sind, die bevölkerungsbezogene Anzahl von Fällen durch Straßenverkehrslärm (Herzinfarkt) und Fluglärm (Hypertonie) abzuschätzen. Weitere Dosis-Wirkungs-Relationen (Straßenverkehrslärm-Hypertonie) werden von der Wissenschaft auf der Grundlage von Meta-Analysen derzeit erarbeitet. Für die Quantifizierung des Einflusses von Umweltlärm außen an den Schulen auf die kognitive Leistung von Schulkindern wird auf empirische Studienergebnisse zurückgegriffen und eine hypothetische Dosis-Wirkungs-Relation vorgestellt, die auch von der WHO für ihre EBD-Berechnungen verwendet wird. Nach dieser Relation ist von Leistungsminderungen ab Tages-Außenschallpegeln (näherungsweise $L_{den}$) von 50 dB(A) auszugehen.

Am Beispiel der Niederlande wird gezeigt, dass Umweltlärm im Vergleich von 16 potenziellen Umweltfaktoren auf der Grundlage von DALY-Berechnungen an vierter Stelle steht nach Unfällen im Haushalt, Partikeln in der Umgebungsluft und Verkehrsunfällen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Verkehrslärmbelastung in niederländischen Ballungsräumen eher etwas geringer ist als im EU-Durchschnitt (EEA 2010a). Ein Vergleich der existierenden Planungsrichtwerte für Wohngebiete von 14 EU-Staaten lässt große Unterschiede bezüglich des Straßenverkehrslärms mit $L_{den}$-Werten zwischen 52 und 68 dB(A) erkennen. Deutschland rangiert hier mit 55 (DIN 18005) beziehungsweise 59 dB(A) (16. BImSchV) im Mittelfeld (Immissionsschallpegelindikator $L_{Aeq,16h}$). Das Umweltbundesamt hat schon 2006 in einem Leitfaden für Gemeinden und Kommunen Umwelthandlungsziele für die Lärmaktionsplanung formuliert (UBA 2006). Eine Übersicht dazu gibt **Tabelle 1**.

## ENNAH-Netzwerk

Im siebenten Forschungs-Rahmenprogramm der EU werden in einem derzeit noch laufenden Projekt die Lärmwirkungen weitergehend evaluiert, um den Wissensstand zu konsolidieren. An dem Netzwerk mit dem Namen ENNAH ('European Network on Noise and Health') wirken 33 Europäische Forschungseinrichtungen aus 16 Ländern mit (ENNAH 2011). Aspekte der Lärmexpositionserfassung und Effekt-moderierender Einflussfaktoren (Wohndauer, Wohnraumausrichtung, individuelle

**Tabelle 1: Umwelthandlungsziele für die Lärmaktionsplanung (UBA 2006).**

| Zeitrahmen | Handlungsziel | Auslösekriterien in dB(A) |
|---|---|---|
| kurzfristig | Vermeidung von Gesundheitsgefährdungen | $L_{den}$ = 65, $L_{night}$ = 55 |
| mittelfristig | Minderung von erheblicher Belästigung | $L_{den}$ = 60, $L_{night}$ = 50 |
| langfristig | Vermeidung von erheblicher Belästigung | $L_{den}$ = 55, $L_{night}$ = 45 (40*) |

*NNG: Night-Noise-Guideline-Wert der WHO.

Lärm(stress)-Bewältigungsstrategien (Coping)), die Bedeutung lärmgestörten Schlafs für gesundheitliche Folgeeffekte, die Identifizierung von Risikogruppen (Kinder, gesundheitlich Vorbelastete, mögliche alters- und geschlechtsspezifische Unterschiede) sowie genetische Aspekte der Lärmempfindlichkeit stehen besonders im Fokus der Betrachtungen. Vor allem die komplexe Bedeutung kombinierter Expositionen sowohl verschiedener Lärmquellen als auch mit Luftschadstoffen werden behandelt. Verkehrsbedingte Lärm- und Luftimmissionen rühren, was den Straßenverkehr betrifft, von derselben Quelle her und verursachen über unterschiedliche Wirkmechanismen (Stress, inflammatorische Effekte) dieselben Wirkungen (kardiovaskulär, respiratorisch-allergisch). Die Bedeutung der Faktoren mittels geeigneter Forschungsansätze voneinander zu trennen ist eine Herausforderung zukünftiger Forschung, obwohl einige wenige Untersuchungen bereits darauf hinweisen, dass die Lärmeffekte weitgehend unabhängig von den Lufteffekten sind.

Es ist die Aufgabe des ENNAH-Netzwerks, den Stand der Lärmwirkungsforschung an die EU-Kommission zu kommunizieren und neue, den aktuellen Fragestellungen angepasste Studiendesigns im Hinblick auf mögliche zukünftige Forschungsaktivitäten der EU im Themenfeld Lärm und Gesundheit zu entwickeln.

## Empfohlene Webseiten

- European Commission – Environment: http://ec.europa.eu/environment/noise/home.htm
- European Environmental Agency: http://www.eea.europa.eu/themes/noise
- Umweltbundesamt: http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/index.html
- WHO European Centre for Environment and Health: http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environmental-health/noise

## Literaturverzeichnis

16. BImSchV (1990): Verkehrslärmschutzverordnung. Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes vom 12. Juni 1990. BGBl I: 1036.

Bistrup M-L et al. (2006): PINCHE's policy recommendations on noise: How to prevent noise from adversely affecting children. Acta Paediatrica 95 Suppl. 453: 31-35.

CALM II Network (2007): Research for a quieter Europe in 2020. An updated strategy paper of the CALM II Network. Brussels: European Commission, Research Directorate-General. ISBN 983-3200-010441-3.

Council of the European Union (2006): Review of the EU Sustainable Development Strategy (EU SDS) − Renewed Strategy. Document 10117/06. http://register.consilium.europa.eu/pdf/en/06/st10/st10117.en06.pdf (Abrufdatum 09.03.11).

EEA, ed. (2010a): EEA draws the first map of Europe's noise exposure. Copenhagen:European Environment Agency. http://www.eea.europa.eu/pressroom/newsreleases/eea-draws-the-first-map-of-europe2019s-noise-exposure (Abrufdatum 09.03.11).

EEA, ed. (2010b): Good practice guide on noise exposure and potential health effects. EEA Technical report No 11/2010. Copenhagen:European Environment Agency. http://www.eea.europa.eu/publications/good-practice-guide-on-noise (Abrufdatum 09.03.11).

ENNAH (2011): European Network on Noise and Health. http://www.ennah.eu/home?lang=en (Abrufdatum 09.03.11).

Europäische Kommission (1996): Grünbuch der Europäischen Kommission vom 4. November 1996 über die künftige Lärmschutzpolitik. KOM (96)540. Brüssel: Europäische Kommission.http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/com_96_540.pdf (Abrufdatum 09.03.11).

European Commission (2006): Mid-term review of the European Commission's 2001 Transport White Paper. Brussels: European Commission. Directorate-General for Energy and Transport. http://ec.europa.eu/transport/transport_policy_review/doc/2006_transport_policy_review_memo_en.pdf (Abrufdatum 09.03.11).

European Commission (2009): A sustainable future for transport. Luxembourg: Publications Office of the European Union. http://ec.europa.eu/transport/publications/doc/2009_future_of_transport_en.pdf (Abrufdatum 09.03.11).

European Commission Working Group on Dose-Effect Relations (2002): Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/noise_expert_network.pdf (Abrufdatum 09.03.11).

European Commission Working Group on Health and Socio-Economic Aspects (2004): Position paper on dose-effect relationships for night time noise. Brussels: European Commission. http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/positionpaper.pdf (Abrufdatum 09.03.11).

Eurostat (2009): Sustainable development in the European Union. 2009 monitoring report of the EU sustainable development strategy. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-78-09-865/EN/KS-78-09-865-EN.PDF (Abrufdatum 09.03.11).

Prüss-Üstün A et al. (2003): Introduction and methods, Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Environmental Burden of Disease Series, No. 1. Geneva: World Health Organization, Protection of the Environment. http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/9241546204/en/index.html (Abrufdatum 09.03.11).

Richtlinie 2000/14/EG (2000): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8.Mai 2000 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über umweltbelastende Geräuschemissionen von zur Verwendung im Freien vorgesehenen Geräten und Maschinen. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 162: 1-78. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:162:0001:0078:DE:PDF (Abrufdatum 09.03.11).

Richtlinie 2002/49/EG (2002): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 189: 12-25. http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/publikationen/200249EG.pdf (Abrufdatum 09.03.11).

Richtlinie 2003/10/EG (2003): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Februar 2003 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Lärm). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 42: 38-44. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/oj/2003/l_042/l_04220030215de00380044.pdf (Abrufdatum 09.03.11).

Richtlinie 2007/34/EG (2007): Richtlinie der Kommission vom 14. Juni 2007 zur Anpassung der Richtlinie 70/157/EWG des Rates über den zulässigen Geräuschpegel und die Auspuffvorrichtung von Kraftfahrzeugen an den technischen Fortschritt. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 155: 49-67. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:155:0049:0067:DE:PDF (Abrufdatum 09.03.11).

SCENIHR (2008): Potential health risks of exposure to noise from personal music players and mobile phones including a music playing function. Preliminary report. Brussels: European Commission. Directorate-General Health & Consumer Protection. http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_017.pdf (Abrufdatum 09.03.11).

Sechstes Umweltaktionsprogramm (2001): Mitteilung der Kommission an den Rat, das europäische Parlament, den Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Region zum sechsten Aktionsprogramm der Europäischen Gemeinschaft für die Umwelt. Brüssel: Kommission der Europäischen Gemeinschaften. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0400:FIN:DE:PDF (Abrufdatum 09.03.11).

UBA (2006): Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm - Auslösekriterien für die Lärmaktionsplanung. Dessau: Umweltbundesamt. http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/publikationen/UBA_Kriterien_ULR.pdf und http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/ulr.html#aus (Abrufdatum 09.03.11).

WHO (1999): Guidelines for community noise. Geneva: World Health Organization. http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html (Abrufdatum 09.03.11).

WHO (2011): About the Global Burden of Disease (GBD) project. World Health Organization. http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/about/en/index.html (Abrufdatum 09.03.11).

WHO Regional Office for Europe (2009): Night noise guidelines for Europe. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf (Abrufdatum 09.03.11).

WHO Regional Office for Europe (2011): Burden of disease from environmental noise. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environmental-health/noise/activities/assessing-the-risks-of-environmental-noise (Abrufdatum 09.03.11).

## Kontakt

Dr. Wolfgang Babisch
Umweltbundesamt
Fachgebiet II 1.5 "Umweltmedizin und gesundheitliche Bewertung"
Corrensplatz 1
14195 Berlin

E-Mail: wolfgang.babisch[at]uba.de

*[UBA]*