

Belästigung durch Lärm: Psychische und körperliche Reaktionen

Interdisziplinärer Arbeitskreis für Lärmwirkungsfragen beim Umweltbundesamt, Berlin*

Zusammenfassung. Belästigungen bilden die Hauptwirkungen von Umweltschall. Sie führen zur Minderung des psychischen, körperlichen und sozialen Wohlbefindens. Das Bundesimmissionsschutzgesetz nennt als eines seiner Ziele den Schutz vor erheblicher Belästigung durch Geräusche. In diesem Aufsatz werden Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung zu den psychischen und körperlichen Aspekten von Belästigungen dargestellt, Kriterien für die Abgrenzung zwischen »Belästigung« und »erheblicher Belästigung« beschrieben sowie Anhaltswerte für die Beurteilung von Umweltschall angegeben.

Schlüsselwörter: Lärmwirkungen – Lästigkeit – zentralnervöse und periphere Reaktionen – Lärmbewertung

Annoyance caused by noise: psychic and somatic reactions

Summary. Annoyance is the main effect of environmental noise, it reduces the psychic, somatic, and social well-being. The Federal Immission Control Law has the aim to avoid considerable annoyance caused by noise. In this paper scientific results about the psychic and somatic aspects of annoyance are presented, criteria for the discrimination between "annoyance" and "considerable annoyance" are reported, and immission values for the assessment of environmental noise are discussed.

Key words: noise effects – annoyance – central and peripheral reactions – noise evaluation

Des gênes par du bruit: des réactions psychiques et physiques

Résumé. La gêne est l'effet le plus décisif du bruit de l'environnement et limite le bien-être psychique, physique et social. La loi fédérale sur la protection contre les immissions prévoit notamment des mesures contre la gêne considérable par les immissions. Cette publication présente des résultats des études sur les effets du bruit au sens psychique et physique des gênes. On montre des critères pour définir «gêne» et «gêne considérable» et nomme des valeurs indicatives pour le jugement du bruit de l'environnement.

* Der Interdisziplinäre Arbeitskreis für Lärmwirkungsfragen wurde 1978 vom Bundesminister des Innern gebildet. Mitglieder: A. W. von Eiff, H. Ising, G. Jansen, R. Martin, B. Röhrmann, A. Schick, W. Schönplugh, M. Spreng (Geschäftsführung: D. Gottlob)

Mots clés: effet du bruit – gêne – réactions centrale et périphérique – évaluation du bruit

1 Einleitung

Frei von Belästigungen zu leben, ist ein allgemein anerkannter sozialer Wert. Das Bundesimmissionsschutzgesetz nennt als eines seiner Ziele den Schutz vor erheblicher Belästigung. Dabei ist Belästigung die unerwünschte Beeinflussung menschlichen Erlebens und Verhaltens; die unerwünschte Beeinflussung schlägt sich in deren psychischen und körperlichen Folgen nieder. Zu diesen Folgen gehören Störungen der Arbeit, der Kommunikation, der Erholung und des Schlafes. Teilweise damit verbunden, teilweise eigenständig entstehen Beeinträchtigungen des psychischen und körperlichen Wohlbefindens; diese treten vor allem als emotionale Verstimmungen und als Beeinflussung des physiologischen Gleichgewichtes in Erscheinung.

Zu den wesentlichen Quellen von Belästigungen gehören Schalleinwirkungen aus der Umgebung des Menschen. Zwar ist Schall als Informationsträger sowie als Quelle ästhetischen Erlebens oft willkommen. Überfordern jedoch die Intensität, die Dynamik, die Frequenzcharakteristik oder die Bedeutung des Schalls die Fähigkeit oder die Bereitschaft einer Person, diesen zu verarbeiten, so treten Veränderungen des psychischen und körperlichen Zustands auf, die als bedenklich zu bewerten sind. Diese Veränderungen sind teilweise Folgen der oben genannten Arbeits-, Kommunikations-, Erholungs- und Schlafstörungen; der Zusammenhang dieser Störungen mit Schall ist bereits Gegenstand früherer Stellungnahmen gewesen [11–13]. Teilweise dürften Minderungen des Wohlbefindens jedoch unmittelbar auf die Schalleinwirkung zurückgehen; diese sind dann auch in Situationen zu erwarten, in denen Menschen keine besonderen Absichten verfolgen. Die Minderung des psychischen und körperlichen Wohlbefindens durch Schall, insbesondere durch Schall bedingte Verstimmungen und Beeinflussung des physiologischen Gleichgewichtes sind Thema dieses Artikels.

Psychische und körperliche Aspekte der Belästigung werden in den Abschnitten 2 und 3 getrennt behandelt, obwohl sie in Entstehung und Verlauf eng miteinander verknüpft sind. Die Darstellung erstreckt sich auf Zu-

stände und Vorgänge außerhalb des Hörorgans (extraaurale Wirkungen).

Es ist zweckmäßig, zwischen akuten und überdauernden Wirkungen zu unterscheiden. *Akute* Wirkungen sind zeitlich eng mit der Geräuscheinwirkung verknüpft. *Überdauernde* Wirkungen bestehen in langfristig bleibenden Veränderungen von Einstellungen, Verhaltensweisen, Körperfunktionen usw. Sie bleiben auch dann beobachtbar und feststellbar, wenn die Geräusche selbst nicht oder nicht mehr einwirken.

Besondere Beachtung verdient die Dauer der Schalleinwirkung. Einerseits bietet eine längere Dauer Gelegenheit zur Gewöhnung an Schalle sowie zur Bewältigung der durch Schalleinwirkung entstehenden Belastungen. Andererseits kann mit der Dauer der Schalleinwirkung die Belästigung anwachsen. Bereits in Zeiträumen von Minuten und Stunden kann sich die Empfindlichkeit für Schalle erhöhen; in längeren Fristen können sich chronische Veränderungen psychologischer Funktionen ergeben. Länger andauernde Beeinträchtigungen führen möglicherweise zu chronischen Persönlichkeitsveränderungen, längerfristige Beeinträchtigungen physiologischer Regulationsvorgänge zu chronischen körperlichen Funktionsstörungen oder Organschäden. Der pathologische Aspekt wird hier allerdings nicht ausführlich behandelt.

Grundsätzlich sind psychische Zustandsänderungen und physiologische Reaktionen im Gefolge von Hörempfindungen als natürlich und unbedenklich zu beurteilen. Die Grenzen – vor allem hinsichtlich Ausmaß, Dauer und Häufigkeit der Belastung –, an denen unbedenkliche psychophysische Veränderungen in Belästigung übergehen, sind nicht einfach bestimmbar. Da die Schallwirkungen bei steigender Belastung annähernd kontinuierlich zunehmen und außerdem individuell stark streuen, ergeben sich präzise Grenzwerte nicht unmittelbar aus Forschungsergebnissen. Im übrigen ist zu berücksichtigen, daß Ansätze für Grenzwerte entsprechend den jeweils betrachteten Wirkungsbereichen unterschiedlich ausfallen können. Auch werden – je nach Wirkungsbereich – unterschiedliche Kriterien zur Bestimmung der Erheblichkeit der Belästigung zu entwickeln sein.

2 Psychische Reaktionen

2.1 Der affektive Charakter von Belästigung

»Belästigung«, »Beeinträchtigung des Wohlbefindens« u. ä. sind aus psychologischer Sicht Kategorien des subjektiven Erlebens. In ihnen verbinden sich kognitive und emotionale Inhalte. Vorherrschende Affekte sind Unbehagen, Schrecken, Angst und Verärgerung. In Wahrnehmung und Denken dominieren Erlebnisse des Verlustes an persönlicher Autonomie und Kompetenz (z. B. Einschränkung der Entscheidungsfreiheit, Hilflosigkeit), der Bedrohung (z. B. der Gefährdung von Leben und Gesundheit) sowie der Nötigung (z. B. der Veranlassung zu einem Umzug). Die genannten Affekte sowie die sie stützenden Kognitionen erfahren von den Betroffenen selbst eine negative Bewertung – insbesondere, wenn die Affekte eine höhere Intensität erreichen. Als nachteilig wird auch empfunden, daß intensive negative Affekte in der Lage sind, positive Erlebnisse zu verdrängen. So schränkt sich die Aufmerksamkeit möglicherweise auf den als Lärm empfundenen Schallein, und die wünschenswerte

vielseitige Beziehung des Menschen zu seiner Umwelt verarmt.

Diese Verarmung kann ihrerseits wiederum zur Ursache von Störungen beabsichtigter Tätigkeiten werden (möglicherweise von ärgerbedingten Einschlaf- und Erholungsstörungen, angstbedingten Lernstörungen, durch Gefühle der Feindseligkeit beeinträchtigte Kommunikation).

Bei der Abgrenzung zwischen »Belästigung« und »erheblicher Belästigung« ist entscheidend, welche Konsequenzen der Belastung durch Lärm und ihrer Bewältigung man Menschen zumuten will. Als Kriterien sind besonders folgende Punkte wesentlich:

- die Anforderung, negative Kognitionen ohne Nachteil aus dem Bewußtsein zu verdrängen oder neu zu bewerten (z. B. Aufmerksamkeit verlagern, ablenkende Beschäftigung aufnehmen, Schallereignis als notwendig akzeptieren),
- die Anforderung, Affekte selbst zu regulieren (z. B. sich nach Ärger oder Angst zu entspannen bzw. beruhigen),
- die Anforderung, Verhaltensabsichten räumlich und zeitlich anzupassen (z. B. anderen Arbeitsraum wählen, andere Schlafzeit wählen).

Ferner ist zu beachten, daß für das subjektive Erlebnis der Erheblichkeit eine wesentliche Rolle spielt, wieweit Schallereignisse in Stärke und Häufigkeit außerhalb des in der jeweiligen Umwelt üblichen (gewohnten) Bereichs liegen, und ob die angesprochenen Anpassungs- bzw. Bewältigungsleistungen ständig erbracht werden müssen oder nur zeitweilig.

2.2 Lästigkeitsbewertung von Geräuschen

Will man die Ursachen der Belästigung untersuchen, so stellt sich zunächst die Frage, welche Merkmale des einzelnen Geräusches die Lästigkeitsbewertung bestimmen. Dem ist in zahlreichen psychoakustischen Laborstudien nachgegangen worden.

Wie laut ein Geräusch ist, stellt in der Regel die wichtigste Ursache dafür dar, daß ein Geräusch als störend und lästig empfunden wird. Allerdings erwiesen sich schon früh in der Geschichte der Schallforschung Kriterien der Lautstärke oftmals als nicht hinreichend; es gibt viele störende Geräusche, die nicht übermäßig laut sind.

So zeigte sich in entsprechenden Experimenten, daß z. B. Geräusche von Schreibmaschinen, Haushaltsgeräten, Autos, Flugzeugen usw. oder Naturgeräusche oder Kindergeschrei auf Lästigkeitsskalen auch dann sehr unterschiedlich eingeschätzt werden, wenn sie mit dem gleichen Schallpegel präsentiert wurden.

Angesichts solcher Ergebnisse nahm die Lärmwirkungsforschung den Sachverhalt der Gestörtheit bzw. Lästigkeit (engl. perceived noisiness bzw. annoyance) hinzu: diese erwiesen sich als wesentlich bedingt durch weitere physikalische Eigenschaften von Geräuschen, wie deren Dauer, Häufigkeit, zeitlichen Verlauf, Frequenzzusammensetzung (wahrgenommen als Tonhaltigkeit, Schärfe, Rauigkeit), Impulshaltigkeit.

Die Lästigkeitsforschung erfuhr dann eine weitere wichtige Erweiterung, indem der situative und persönliche Kontext des Hörers berücksichtigt wurde. Es zeigte sich nämlich, daß die Lästigkeit von Geräuschen nicht nur von physikalischen Bedingungen abhängt; vielmehr erwies sich der Lästigkeitseindruck als das Ergebnis eines Zusammenwirkens von Schallein mit bestimmten Tätig-

keiten, Zuständen und Eigenschaften von Personen. Das bedeutet: ob ein Geräusch als lästig empfunden wird, hängt immer auch von der Eigenart der Tätigkeit (wie z. B. Arbeiten, Sich-Unterhalten, Fernsehen, Sich-Erholen, Schlafen) sowie den Einstellungen zum Lärm und zum Lärmerzeuger und den biologischen und psychologischen Merkmalen der Betroffenen, z. B. Gesundheitszustand oder Belastbarkeit, ab.

Auch für langfristige, komplexe Schalleinwirkungen (z. B. die Geräuschbelastung durch Flugverkehr oder einen Industriebetrieb) erwies sich die erfragte Lästigkeit als ein brauchbarer allgemeiner Indikator unerwünschten Schalls: Das Urteil über die Lästigkeit eines Umweltsachverhaltes gibt die persönliche Interpretation des eigenen Befindens bzw. des Ausmaßes der Beeinträchtigung einer Person wieder. Das Lästigkeitsgefühl hat häufig sogar die Funktion, eine Person vor Überlastung zu warnen. In diesem Sinn betrachtet auch die Umweltmedizin die Lästigkeit als Hinweis auf Risiken für den Gesundheitszustand.

Das Lästigkeitsurteil von Betroffenen wird darum auch berücksichtigt, wenn eine Grenze zwischen zumutbarem und unzumutbarem Schall festzulegen ist, sowohl bei gerichtlichen Entscheidungen zu einzelnen Geräuschquellen wie auch in der Gesetzgebung.

2.3 Beeinträchtigung von Wohn- und Lebensbedingungen

Geräuschquellen wie Autostraßen, Eisenbahnen, Flugverkehr, Industrie- und Handwerksbetriebe, Bauarbeiten, Gaststätten, Sporteinrichtungen u.v.a.m. wirken nahezu überall auf öffentliche und private Lebensbereiche – Wohnungen, Wege, Plätze, Parks – ein und machen Lärm zum subjektiv prominentesten Umweltstressor. Nach demoskopischen Erhebungen fühlen sich etwa 60% aller Bewohner der Bundesrepublik Deutschland durch Lärm aus der Umwelt belästigt, vor allem durch den allgegenwärtigen Verkehrslärm.

Dabei treten vielfältige Beeinträchtigungen menschlicher Aktivitäten auf. Entsprechende psychologische und soziologische Feldstudien in Wohngebieten ergaben folgende Hauptergebnisse:

- **Kommunikation:** Sowohl die aktive sprachliche Verständigung (persönliche oder telefonische Unterhaltung) als auch die passive Kommunikation (Radio-, Fernseh-, Musikhören; Beachtung akustischer Signale) werden behindert. Daß bei hoher Belastung der Spracherwerb verzögert bzw. verschlechtert wird, ist eine besonders kritische Auswirkung.
- **Rekreation:** Entspannung und Erholung werden in der Wohnung, besonders aber draußen – auf dem Balkon, im Garten, beim Spazierengehen – soweit gestört, daß Gereiztheit und Nervosität resultieren oder auch auf Rekreation ganz verzichtet wird. Das Problem wird dadurch verschärft, daß zahlreiche Geräuschquellen gerade zu den Zeiten intensiv auftreten, in denen Menschen Ruhe besonders wünschen, nämlich abends (etwa 17–20 Uhr) und am Wochenende (Samstag nachmittags und sonntags).
- **Psychisches Befinden:** Eine Wohnsituation, in der ständig unerwünschte Geräusche auftreten, löst Unmut, Verärgerung und Unzufriedenheit aus. Ferner können unbekannt oder plötzliche oder im Spektrum extreme Geräusche (z. B. Schießknappe, Tiefflüge) Erschrecken und Angst hervorrufen, insbesondere bei Kindern.

- **Sozialverhalten:** Unter Geräuschbelastung wird die soziale Umwelt weniger beachtet, die Neigung zu häuslicher Geselligkeit ist geringer, die Hilfsbereitschaft geht zurück, und Ärger schlägt leichter in Aggressivität um.

- **Wohnungsnutzung:** Das Wohnverhalten wird eingeschränkt, indem Schlafräume verlegt werden müssen, Fenster geschlossen zu halten sind (also das Lüften eingeschränkt ist) und vor allem Außenwohnräume (Balkon, Terrasse usw.) praktisch unnutzbar werden können; dies fördert die Neigung zu außerhäuslichen Aktivitäten.

Die betroffenen Bewohner reagieren auf derartige Beeinträchtigungen in sehr unterschiedlicher Weise:

- Sie bleiben bei ihren Verhaltensabsichten und versuchen, die Lärmefekte zu *kompensieren*; diese Bewältigungsleistung bewirkt jedoch nachfolgende Beeinträchtigungen, verursacht also »psychische Kosten«.
- Sie *protestieren* beim Verursacher oder bei Behörden; in den siebziger Jahren war Lärm der häufigste Anlaß für Umweltbeschwerden und die Gründung entsprechender Bürgerinitiativen o. ä.
- Sie nutzen Möglichkeiten des *technischen Schallschutzes* (z. B. Doppelfenster); da sich freilich Außenwohnräume, Parks usw. nicht schützen lassen, ist die Entlastung recht begrenzt.
- Sie *tun nichts*, teils aus Gleichgültigkeit oder Trägheit, teils aber auch, weil sie keine erfolgsträchtigen Handlungsmöglichkeiten sehen und darum in eine Befindlichkeit von Hilfslosigkeit und Resignation geraten.
- Sie entschließen sich zum *Umziehen*; ein solcher Schritt löst zwar das Lärmproblem, ist aber aus sozialpsychologischen oder materiellen Gründen nur einer Minderheit möglich.

Was die Dauer von Beeinträchtigungen angeht, so sprechen sozialwissenschaftliche Befunde dafür, daß es sich um langanhaltende Wirkungen handelt; trotz Gewöhnung bzw. Anpassung im einzelnen kann nicht damit gerechnet werden, daß die erlebte Belästigung durch Umweltlärm im Laufe der Jahre wesentlich abnimmt.

3 Körperliche Reaktionen bei Geräuscheinwirkungen

Reizeinwirkungen auf den Organismus, insbesondere Schalleinwirkungen, ziehen eine Fülle körperlicher Aktivierungen und Reaktionen mit sich. Es werden dadurch biologische Funktionen und physiologische Regulationsprozesse ausgelöst, verändert und zum Teil bis an ihre Grenzen beansprucht.

In diesem Sinne kann demgemäß Schall als körperlich belastend (Stressor) eingestuft werden und bei daraus resultierenden Beeinträchtigungen ein physischer Belastungsaspekt gegeben sein.

3.1 Primär zentralnervöse Reaktionen und Auswirkungen

Körperliche Zustandsänderungen infolge Beschallung treten zunächst dadurch auf, daß die auf das Ohr treffenden Schallsignale von den Sinneszellen des Innenohres in elektrische Erregungen umgesetzt werden und über die Nerven der Hörbahn die Verarbeitungsebenen des Zentralnervensystems erreichen. Höhere Stammhirnteile werden über schnelle, spezifische Verarbeitungsbahnen bereits nach wenigen Millisekunden aktiviert. Dabei sind anfänglich überschießende Erregungswerte vor allem bei

schnellen, starken Intensitäts- und Frequenzänderungen der Schalle beobachtbar.

Allerdings sind im zentralnervösen Bereich nur natürliche und unbedenkliche Erregungsänderungen zu beobachten. Sie überdauern zwar die Schalleinwirkung noch eine gewisse Zeit (Minuten), bleibende Veränderungen oder gar Schädigungen sind nicht zu erwarten. Diese können sich vielmehr einerseits in praktisch allen, funktionell durch die Stammhirnerregung stets mit einbezogenen peripheren physiologischen Systemen manifestieren, andererseits sind diese Erregungsänderungen Vorstufe entsprechender psychischer Zustandsänderungen.

Derartige zentralnervöse Erregungsbeeinflussungen sind z. B. Änderung normaler Ersetzungsprozesse einzelner Neuronen im Stammhirn, kurz- bzw. mittelfristige Störung der genauen Ortungsmöglichkeit oder Störungen der Sprachdiskriminationselemente (Maskierungseffekte). Sie beginnen etwa bei Momentanpegeln von 60–65 dB(A) (ausgenommen Sprachdiskriminationsstörungen). Entsprechend zeigen sich z. B. auch in der elektrischen Gehirnaktivität (Elektroenzephalogramm, EEG) deutlich Reaktionen zwischen etwa 60 und 70 dB(A).

Mitaktivierungen anderer physiologischer Systeme entstehen beim Gehör, wie bei allen Sinnesorganen, auch dadurch, daß die von der spezifischen Hörbahn abgehenden Abzweigungen von Nervenbahnen in ein unspezifisches Aktivierungssystem laufen und so über Umschaltvorgänge im Stammhirnbereich zu Funktionsänderungen beitragen im

- Bereich der Großhirnrinde,
- Hirnstamm und Großhirn-verknüpfenden System (limbischen System),
- hypothalamischen-vegetativen System,
- motorischen System.

Durch die Beeinflussung der Funktion der Großhirnrinde werden im wesentlichen Gedächtnisfunktionen (Ultra-Kurzzeitgedächtnis, Kurzzeitgedächtnis, Langzeitgedächtnis), aber auch Handlungsauslösungen und Verknüpfungen verschiedener Großhirnzentren, d. h. Assoziationen, betroffen.

Das limbische System ist neben der Aufgabe einer mittelfristigen Speicherung (Aufschaukelung bei wiederholten prägnanten Schallereignissen im Minuten- bis Stundenbereich) vor allem für die Affektlage verantwortlich. Eine Erregungsanhebung im unspezifischen Aktivierungssystem führt somit zu einer entsprechenden Verschiebung, so daß eben bei geräuschexponierten Menschen häufig Antrieb, Gefühlslage und Motivation verändert sind.

Deutliche Beeinträchtigung geistiger Leistungsfähigkeit und ausgeprägte Verschiebungen der vegetativen Gleichgewichtslage, die sich in signifikanten und deutlich bei Einzelreizen beobachtbaren Auswirkungen niederschlagen, sind bei Momentanpegeln oberhalb von 75 dB(A) zu erwarten. Die Verschiebung der vegetativen Gleichgewichtslage durch stark und summatorisch erregte Zentren, welche die vegetativen Funktionen regulieren, wirkt sich über nervöse und hormonell gesteuerte Wege auf periphere Organe bzw. deren Regel- und Steuermechanismen aus. In diesem Bereich kann es auch durch Beschallung zu einer Beeinflussung des Hormonhaushaltes kommen.

Derartig zentralnervöse ausgeprägte Erregungsvorgänge können längerfristiges Überspielen bzw. Bevormunden eines Teiles der feinregulatorischen peripheren

Regelsysteme (z. B. Blutdruckregelung) bewirken, wobei teilweise Funktionsminderungen auftreten können. Sie erhöhen längerfristig die Verstärkung anderer peripherer Regelkreise bzw. Steuermechanismen mit der Gefahr wachsender Instabilitätsneigung, und sie können zum Teil für den Empfindlichkeitsverlust peripherer Sensoren verantwortlich gemacht werden. Bei längerer Geräuschbelastung sind durch hormonelle Überproduktion auch Veränderungen im Mineralhaushalt möglich.

3.2 Sekundär physiologische Reaktionen und Auswirkungen

Als akute Reaktionen in Laborexperimenten (Kurzzeitbeschallung) lösen z. B. kurzzeitige Schalle infolge der primären zentralnervösen Erregungen im peripheren Bereich verschiedene physiologische Reaktionen aus, die naturgemäß auch beim Einsetzen längerer Schallbelastungen auftreten. Aufgrund ihrer Geschwindigkeit sind diese Reaktionen weitgehend über Nervenbahnen verursacht und können als reflexartige Vorgänge angesehen werden.

Hierbei auftretende Reaktionen sind z. B.

- eine Kontraktion der Muskulatur peripherer Blutgefäße und geringfügige Veränderungen der Herzfrequenz,
- eine Änderung der Atmung,
- Hautwiderstandsänderungen,
- Änderungen der Muskelanspannung, Bewegungsgenauigkeit und -sicherheit.

Einige der genannten Reaktionsgrößen weisen auch noch nach längerer Exposition eine Änderung auf, während andere Parameter schnell zum Ausgangswert zurückkehren. Zur letzteren Gruppe gehören z. B. Kennwerte der Muskelanspannung, wie sie im Elektromyogramm (EMG) erfaßt werden.

Für die Herzfrequenz lassen sich beispielsweise in Abhängigkeit von den verwendeten Schallreizen qualitativ unterschiedliche Reaktionsmuster bestätigen. Bei niedrigen Momentanschallpegeln tritt häufig eine Abnahme der Herzfrequenz für einige Sekunden auf. Bei Verwendung höherer Schallpegel kann hingegen eine kurzfristige Zunahme der Herzfrequenz beobachtet werden. Diese läßt sich auch bei niedrigeren Schallpegeln nachweisen, wenn größere Schallpegelanstiegsgeschwindigkeiten oder informations- bzw. impulshaltige Schalle verwendet werden.

Im Gegensatz zu dem geschilderten Verhalten der Herzfrequenz besteht für die Reaktion der Fingerpulsamplitude (indirektes Maß für die Fingerdurchblutung) eine eindeutigere und monotone Beziehung zwischen Schallpegel und der Stärke (Reduktion der Durchblutung) dieser Reaktion.

Unter längerer Schalleinwirkung im Bereich von Minuten (Laborexperimente) treten eine Vielzahl von sekundär physiologischen Reaktionen, auch im hormonellen Bereich, auf. Die reflexartig ausgelösten Reaktionen im Blutkreislauf im Sinne einer Gefäßverengung bleiben auch bei längerer Schalleexposition bestehen, am eindrücklichsten meßbar anhand der Fingerpulsamplitude, schwächen sich allerdings langsam ab. Infolge der Gefäßverengung kommt es zu einer Steigerung des arteriellen Widerstandes, was sich in der Regel in einer Steigerung des diastolischen Blutdrucks niederschlägt. Hinsichtlich der Pumpwirkung des Herzens sind blutdrucksteigernde Effekte weniger ausgeprägt. Obwohl in eini-

gen Studien von längerfristigen geringfügigen Herzfrequenzsteigerungen berichtet wurde (insbesondere bei zusätzlichen Leistungsanforderungen), wurden vielfach auch Abfälle der Herzfrequenz beschrieben. Bei Schlagvolumen und Herzminutenvolumen wurden zumeist Verminderungen beobachtet.

Insgesamt sind jedoch die beschriebenen Herz- und Gefäßreaktionen, nicht nur im Vergleich verschiedener Meßreihen untereinander, starken interindividuellen Schwankungen unterworfen. Faktoren, die für unterschiedliche Reaktionen verantwortlich sein können, sind außer dem Schallpegel

- Eigenschaften der untersuchten Personen,
- die Dauer der Beschallung,
- die Art des verwendeten Schalles, die Art der Darbietung und die Situation.

Außer den genannten Faktoren können schallbedingte Einflüsse auf den Kreislauf auch von der momentanen Tätigkeit der untersuchten Personen abhängen.

Inwieweit generell von körperlichen Reaktionsmustern auf das psychische Erleben bzw. die Gesamtbelastung geschlossen werden kann, ist eine offene Frage. Auch die Theorie der Orientierungs- und Defensivreaktionen, die im übrigen für andauernden Lärm nur bedingt anwendbar ist, erlaubt keine Antwort. Orientierungsreaktionen folgen auf neue, i. a. nicht bedrohliche Schallereignisse und klingen ab, Defensivreaktionen folgen dagegen auf intensive oder bedrohliche Schallereignisse und nehmen nicht ab; oft entfällt dann auch jegliche Gewöhnung an die auslösenden Schallpegel. Experimentell wurden bei geringen Reizintensitäten Orientierungsreaktionen (mit Herzfrequenzabfall), bei hohen Reizintensitäten Defensivreaktionen (mit Herzfrequenzanstieg) erwartet. Es treten jedoch zu große individualspezifische Unterschiede auf, um dieses Konzept zu verallgemeinern.

Sekundär physiologische Reaktionen bei längerer Schalleinwirkung im Bereich von Stunden bzw. Tagen sind durch Feldexperimente erfaßbar. Derartige Feldstudien mit längerer Schallexposition erbringen weitgehend ähnliche Ergebnisse wie die laborexperimentellen Befunde. Bei Kindern, die in lärmexponierten Schulen unterrichtet wurden, fanden sich höhere Blutdruckwerte als in Kontrollschulen; ebenso wiesen Industriearbeiter aus Betrieben mit starker Schallbelastung am Ende der Schicht höhere Blutdruckwerte auf, wenn sie am Tag ohne Gehörschutz gearbeitet hatten. Neben den beschriebenen Kreislaufauswirkungen von Geräuschen finden sich in der Literatur auch Untersuchungen zu anderen Wirkungen, die in der Regel aber weniger systematisch erforscht sind. So zeigten sich Einflüsse auf die Magenbewegung, Speichelsekretion, Sekretion der Magensäure, Schleimhautdurchblutung des Magens, Blutfette, Elektrolytstoffwechsel (z. B. Magnesium, Calcium und Kalium) und Blutzucker sowie Gerinnungszeiten und Blutviskosität.

4 Schlußfolgerungen und Empfehlungen

Belästigungen bilden die Hauptwirkungen von Umweltlärm. Sie führen zur Minderung des körperlichen, psychischen und sozialen Wohlbefindens, wobei diese Reaktionen in vielschichtigen Wechselbeziehungen stehen.

Von den Merkmalen eines Geräusches haben neben der Stärke vor allem die Zeitstruktur, die spektrale Zusammensetzung und der Informationsgehalt Einfluß auf

das Ausmaß der akuten psychischen Reaktionen. Die Lästigkeit hängt aber auch stark von situationsspezifischen Einflüssen, Persönlichkeitsfaktoren und Einstellungen der Betroffenen ab.

Akute körperliche Reaktionen treten zusammen mit psychischen (kognitiven und emotionalen) Reaktionen auf, aber auch als deren Folge. Allerdings sind bei höheren Schallpegeln körperliche Reaktionen auch ohne Veränderungen der Affektlage zu beobachten. Zwar nimmt die Reaktionsstärke einiger Körperfunktionen bei längerer Belastungsdauer ab, es hat sich aber gezeigt, daß Verschiebungen des physiologischen Gleichgewichts auch dann eintreten, wenn Menschen dem Lärm jahrelang ausgesetzt waren, so daß man nicht von einer vollständigen (körperlichen) Gewöhnung an den Umweltlärm ausgehen kann. Auch sozialwissenschaftliche Untersuchungen sprechen dafür, daß es sich bei den erfragten psychischen Reaktionen auf Umweltlärm um langjährig dauernde Wirkungen handelt. Es kann also nicht damit gerechnet werden, daß durch Gewöhnung die Belästigung im Laufe der Jahre wesentlich abnimmt.

Diese überdauernden Wirkungen bilden sich im allgemeinen aus längerfristigen Erfahrungen in und mit der Belastungssituation aus. Die durchschnittliche Belästigung einer größeren Betroffenenengruppe hängt daher gleichermaßen mit der Stärke, der Dauer und der Häufigkeit der Geräuschereignisse zusammen. Mit zeitlich mittlen Geräuschparametern, wie dem Mittelungspegel, kann deshalb die Gesamtbelästigung in der Regel am besten abgeschätzt werden. Für die Beurteilung der akuten Belästigung einzelner Personen müssen u. U. weitere Kriterien beachtet werden.

Immissionswerte, bei deren Überschreitung mit erheblichen Belästigungen durch Umweltlärm zu rechnen ist, sind nicht einfach bestimmbar. Dies ist u. a. darauf zurückzuführen, daß die Wirkungen bei steigender Belastung im Durchschnitt kontinuierlich zunehmen und auch innerhalb gleicher Belastungsstufen stark streuen können.

Als *Anhaltswerte* für das Eintreten der psychischen, sozialen und körperlichen Folgen von Belastungen lassen sich vereinfacht angeben:

Im allgemeinen sind bei Mittelungspegeln L_{Am} innerhalb von Wohnungen, die nachts unter 25–30 dB(A) und tags unter 30–35 dB(A) liegen, keine wesentlichen Belästigungen zu erwarten.

Tagsüber ist bei Mittelungspegeln L_{Am} ab 50 bis 55 dB(A) außerhalb des Hauses zunehmend mit Beeinträchtigungen des psychischen und sozialen Wohlbefindens zu rechnen. Dies steht in Einklang mit den Anforderungen von Schallschutznormen, so z. B. den in DIN 18005 Teil 1 angeführten Orientierungswerten für eine angemessene Berücksichtigung des Schallschutzes in der städtebaulichen Planung.

Die Belästigung dürfte allerdings schon bei niedrigeren Pegeln eintreten, wenn dem Geräusch besondere Auffälligkeitsmerkmale zuzuordnen sind. Für solche spezifischen Fälle geben vorhandene Richtlinien, insbesondere VDI 2058 Blatt 1, sinnvolle Lärmschutzempfehlungen.

Im Bereich höherer Belastungsstufen liegen die Belästigungsbefunde im allgemeinen bei Wohn-, Gewerbe- und Fluglärm (insbesondere militärischem Fluglärm) vergleichsweise höher und bei Schienenverkehrslärm relativ niedriger als bei Straßenverkehrslärm gleichen Mittelungspegels.

Akute körperliche Reaktionen können je nach Affektlage schon bei sehr niedrigen Momentanpegeln eintreten. Sie setzen unabhängig von der Affektlage bei Momentanpegeln oberhalb von 60 dB(A) ein. Bei Pegeln oberhalb von 75 dB(A) sind deutliche Verschiebungen der physiologischen Gleichgewichtslage zu erwarten.

Bei der Anwendung derartiger Anhaltswerte für den Lärmschutz ist zu bedenken, daß – wie in dieser Schrift erläutert – die Belästigungsreaktionen des Menschen große Streuung aufweisen; entsprechend ist also auch unterhalb der Anhaltswerte mit dem Auftreten von Beeinträchtigungen zu rechnen. Deshalb wird dringend empfohlen, die Möglichkeiten zur Unterschreitung der Anhaltswerte zu nutzen. Außerdem ist von größter Bedeutung, daß Ruhepausen innerhalb der jeweiligen Geräuschkategorie bewahrt werden bzw. so groß wie möglich sind.

Literatur

1. Bosshardt, H.-G.: Subjektive Realität und konzeptuelles Wissen; Sprachpsychologische Untersuchungen zum Begriff der Belästigung durch Lärm. Münster: Aschendorff 1988
2. Cohen, S.; Evans, G. W.; Stokols, D.; Krantz, D. S.: Behavior, health, and environmental stress. New York: Plenum 1986
3. Cohen, S.; Scapapan, S.: The social psychology of noise. In: Jones, D. M.; Champman, A. J. (eds.): Noise and society. Chichester: Wiley 1984, 221–245
4. DIN 18005 Teil 1: Schallschutz im Städtebau – Berechnungsverfahren. Mai 1987
5. DFG-Forschungsbericht: Fluglärmwirkungen – eine interdisziplinäre Untersuchung über die Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen. Boppard: Boldt 1974
6. von Eiff, A. W.; Neus, H. u. a.: Feststellung der erheblichen Belästigung durch Verkehrslärm mit Mitteln der Streßforschung. UBA-Forschungsbericht 105 01 303, Berlin 1981
7. Finke, H.-O.; Guski, R.; Rohrmann, B.: Betroffenheit einer Stadt durch Lärm. UBA-Texte, Berlin 1980
8. Guski, R.: Lärm – Wirkungen unerwünschter Geräusche. Bern: Huber 1987
9. Ising, H.; Günther, T.; Melchert, U.: Nachweis und Wirkungsmechanismen der blutdrucksteigernden Wirkung von Arbeitslärm. Zbl. Arbeitsmed. 30 (1980) 194–203
10. Ising, H.: Streßreaktionen und Gesundheitsrisiko bei Verkehrslärmbelastung. WaBoLu-Bericht 21/1983; Berlin: Reimer 1983
11. Interdisziplinärer Arbeitskreis für Lärmwirkungsfragen beim Umweltbundesamt: Beeinträchtigung des Schlafes durch Lärm. Z. Lärmbekämpfung. 29 (1982) 13–16
12. Interdisziplinärer Arbeitskreis für Lärmwirkungsfragen beim Umweltbundesamt: Wirkungen von Lärm auf die Arbeitseffektivität. Z. Lärmbekämpfung. 30 (1983) 1–3
13. Interdisziplinärer Arbeitskreis für Lärmwirkungsfragen beim Umweltbundesamt: Beeinträchtigung der Kommunikation durch Lärm. Z. Lärmbekämpfung. 32 (1985) 95–99
14. Jansen, G.: Zur nervösen Belastung durch Lärm. Beihefte zum Zentralblatt für Arbeitsmedizin und Arbeitsschutz, Darmstadt: Steinkopf 1967
15. Jansen, G.: Zur »erheblichen Belästigung« und »Gefährdung« durch Lärm. Z. Lärmbekämpfung. 33 (1986) 2–7
16. Jansen, G.; Klosterkötter, W.: Lärm und Lärmwirkungen. Ein Beitrag zur Klärung von Begriffen. Bundesminister des Innern (Hrsg.). Bonn 1980
17. Jones, D. M.; Champman, A. J. (eds.): Noise and society. Chichester: Wiley 1984
18. Klosterkötter, W.: Kritische Anmerkungen zu einer »Zunehmbarkeitsgrenze« für Beeinträchtigungen durch Straßenverkehrslärm. Kampf dem Lärm 2 (1974) 29–39
19. Kryter, K. D.: The effects of noise on man. New York: Academic Press 1985
20. Kutscheidt, E.: Rechtsprobleme bei der Bewertung von Geräuschmissionen. Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht 40 (1989) 193–199
21. Rohrmann, B.: Psychologische Forschung und umweltpolitische Entscheidungen: Das Beispiel Lärm. Opladen: Westdeutscher Verlag 1984
22. Rohrmann, B.: Psychologische Kriterien für die »erhebliche« Belästigung. In: Schick, A.; Walcher, K. P. (Hrsg.): Beiträge zur Bedeutungslehre des Schalls. Bern: Lang 1984
23. Sachverständigenrat für Umweltfragen: Umweltgutachten 1987
24. Schick, A.: Schallwirkung aus psychologischer Sicht. Stuttgart: Klett-Cotta 1979
25. Schick, A.: Methoden der Schallbewertung und Ergebnisse der Lärmforschung. Heidelberg: Springer (im Druck)
26. Schöpfung, W.: Acht Gründe für die Lästigkeit von Schallen und die Lautheitsregel. In: Schick, A. (Hrsg.): Akustik zwischen Physik und Psychologie. Stuttgart: Klett 1981
27. Spreng, M.: Risikofaktor Lärm – Physiologische Aspekte. In: von Eiff, A. W. (Hrsg.): Risikofaktoren der Umwelt. Stuttgart: Schattauer 1985
28. Spreng, M.: Noise effects on auditory and vegetative control systems in man. Proceedings of the INTERNOISE 85 München, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeit TB 39, Dortmund 1985
29. VDI-Richtlinie 2058 Blatt 1: Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft. September 1985
30. VDI-Richtlinie 3722 Blatt 1: Wirkung von Verkehrsgereäuschen. August 1988

Interdisziplinärer Arbeitskreis für Lärmwirkungsfragen
beim Umweltbundesamt
Bismarckplatz 1
D-1000 Berlin 33