

Lärmwirkungen bei Kindern und Erwachsenen - Qualitätsziele

Wolfgang Babisch, Umweltbundesamt

1. Einführung

Lärm ist allgegenwärtig. Tagtäglich ist jeder Mensch Lärm unterschiedlichster Art und Ausprägung ausgesetzt. Lärm ist definiert als unerwünschter Schall. Bei der Wahrnehmung und Bewertung von Geräuschen bestehen erhebliche individuelle Unterschiede. Neben Belästigungsreaktionen kann Schall/Lärm auch direkte körperliche Auswirkungen haben – diese reichen von Schlafstörungen bis hin zu einer Erhöhung des Herz-Kreislauf-Risikos und Gehörschäden. Aus diesem Grund wurden gesetzlich verschiedene Grenz- und Richtwerte für Lärm geschaffen, die sowohl die Zeitdauer der Lärmexposition als auch die Intensität des Lärms berücksichtigen.

Bei den Lärmwirkungen wird zwischen solchen unterschieden, die das Gehör betreffen (aurale Wirkungen) und solchen, die nicht das Gehör betreffen (extra-aurale Wirkungen).

1.1 Aurale Wirkungen (Auswahl)

- Zeitweilige Hörschwellenverschiebung TTS (Vertäubung)
- Dauerhafte Hörschwellenverschiebung PTS (irreversible Zerstörung von Hörzellen)
- Tinnitus (zeitweilige oder dauerhafte Ohrgeräusche)

Die Gefahren, besonders auch für Kinder und Jugendliche, durch Freizeitlärm schon bleibende Gehörbeeinträchtigungen davonzutragen, sind groß. Musikhörgewohnheiten, Geräusche von Spielzeug oder der Umgang mit Feuerwerk stellen Quellen einer hoher Schallbelastung dar. Erkenntnisse aus dem arbeitsmedizinischen Bereich zu schädlichen Lärmwirkungen werden üblicherweise auch auf Schallquellen des Umwelt- und Freizeitbereichs angewandt. Die Grundlage für Abschätzungen von Gehörschadensrisiken durch Dauerlärm (im Gegensatz zu Impusllärm) ist das empirische Hörverlust-Modell der ISO1999 [15].

Freizeitlärmquellen, die Gehörschäden hervorrufen können:

- Portable Musikabspielgeräte (Walkman, Discman)
Musik über Kopfhörer
- Diskotheken, Rockkonzerte
- Spielzeug
- Feuerwerk
- Umgang mit Maschinen, Werkzeug und anderen Geräten
- Computerspiele über Kopfhörer oder in Spielhallen
- Sportschießen

Die frühere Kommission „Soziakusis (Zivilisations-Gehörschäden)“ des Umweltbundesamtes hat sich für niedrigere Musikschallpegel in Diskotheken und ähnlichen Orten mit Musikbeschallung ausgesprochen [13,16]. Dies wurde von der Bundesärztekammer unterstützt [28]. In einer vom Umweltbundesamt durchgeführten Untersuchung zur Lautstärke in Diskotheken zeigte sich, dass Schallpegelabsenkungen zum Schutz vor Gehörschäden vom Publikum akzeptiert werden würden [4,8]. Gegenwärtig werden in einer Längsschnittuntersuchung regelmäßig Hörtests bei Schülern durchgeführt, um die Entwicklung

des Hörvermögens im zeitlichen Längsschnitt in Abhängigkeit von Freizeitgewohnheiten zu überprüfen. Auch im geplanten Kinder- und Jugendlichen-Survey des RKI und des UBA wird der Fragestellung nachgegangen.

Alle Möglichkeiten der umfassenden Aufklärung aller beteiligten Gruppen, einschließlich der Veranstalter (Diskothekbetreiber, Konzertveranstalter), des technischen Personals (Disk-Jockeys, Tontechniker), der Informationsvermittler (Schule, Medien) und der Konsumenten (Kinder, Schüler, Jugendliche), über die Gefahren lauten Musikhörens sollten genutzt werden, um das Bewusstsein für weitgehend gehörverträgliche Musikschallpegel im kommerziellen, wie auch im privaten Bereich, zu fördern. Dabei geht es nicht darum, den Spaß am Musikhören und der Bewegung zur Musik zu nehmen, sondern darum, die Verantwortung für die eigene Gesundheit und die anderer zu schärfen, um gerade auch die Fähigkeit den Musikgenuss nachhaltig erleben zu können, zu erhalten. In dem angesprochenen Bereich besteht immer noch eine große Unkenntnis über die Gesundheitsgefahren und wie man sie vermeiden kann.

1.2 Extra-aurale Wirkungen (Auswahl)

- Störungs- und Belästigungsreaktionen
- Schlafbeeinträchtigung
- Kommunikationsstörung
- Mentale Leistung (Lernen)
- Körperliche Stressreaktion (Stresshormone)
- Erhöhte Medikamenteneinnahme (Beruhigungs-, Schlafmittel)
- Erhöhten Risikofaktoren (Blutdruck, Blutfette)
- Prävalenz von Krankheiten (Herz-Kreislauf-Krankheiten)
- Psychische Störungen
- Gestörte Immunabwehr
- Frühgeburten

Bei den extra-auralen Wirkungen ist zu beachten, dass sie bei gleichen Geräuschpegeln in Abhängigkeit von der Tätigkeit der Betroffenen sehr unterschiedlich sein können. Insofern wäre z. B. ein Mittelwert der täglichen (24-stündigen) Schallexposition unter Wirkungsgesichtspunkten ein ungeeignetes Maß, um die möglichen Folgen abzuschätzen. Ein Mittelungspegel von 55 dB(A) beim Schlafen wirkt anders als derselbe Schallpegel beim Fernsehen oder 70 dB(A) beim Autofahren. Die Lärmquellen, die uns in der Umwelthygiene besonders beschäftigen sind vornehmlich dem Verkehrsbereich zuzuordnen, wobei Erkenntnisse über Wirkungsmechanismen auch aus dem Arbeitsbereich gewonnen werden, wo die Schallbelastungen höher sind.

Lärmquellen, die Belästigungs- und Stressreaktionen hervorrufen können:

Arbeitslärm
Straßenverkehr
Flugverkehr
Schienenverkehr
Industrie- und Gewerbe
Nachbarschaft
Geräusche im Wohngebäude

Lärmwirkungsuntersuchungen, wie sie das UBA durchführt, können für die Richt- und Grenzwertfindung herangezogen werden (Tabelle 2). Gerade wurde eine Untersuchung zum Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und Bluthochdruck abgeschlossen [18]. Wie sich auch schon in anderen Untersuchungen andeutete, scheint insbesondere die ungestörte Nachtruhe in diesem Zusammenhang von Bedeutung zu sein. Weitere Studien zum Herz-Kreislauf-Risiko durch Verkehrslärm stehen kurz vor dem Abschluss.

Ein Beispiel für Einflüsse des Lärms auf die mentalen Leistungsfähigkeit liefert eine Längsschnittuntersuchung bei Kindern, die in der Nähe von Flughäfen wohnten. Bei den lärmbelasteten Kindern wurden im Vergleich zu unbelasteten messbare Beeinträchtigungen der Gedächtnisleistung gefunden, die nach dem Abstellen der Lärmbelastung (Schließung des Flughafens) reversibel waren [11].

1.2 Lärmwirkungsmodell

Abb. 1 zeigt das Lärmwirkungsmodell, das den epidemiologischen Studien zu Lärmwirkungen zu Grunde liegt, und aus dem die Testhypothesen für bestimmte Fragestellungen abgeleitet werden können.

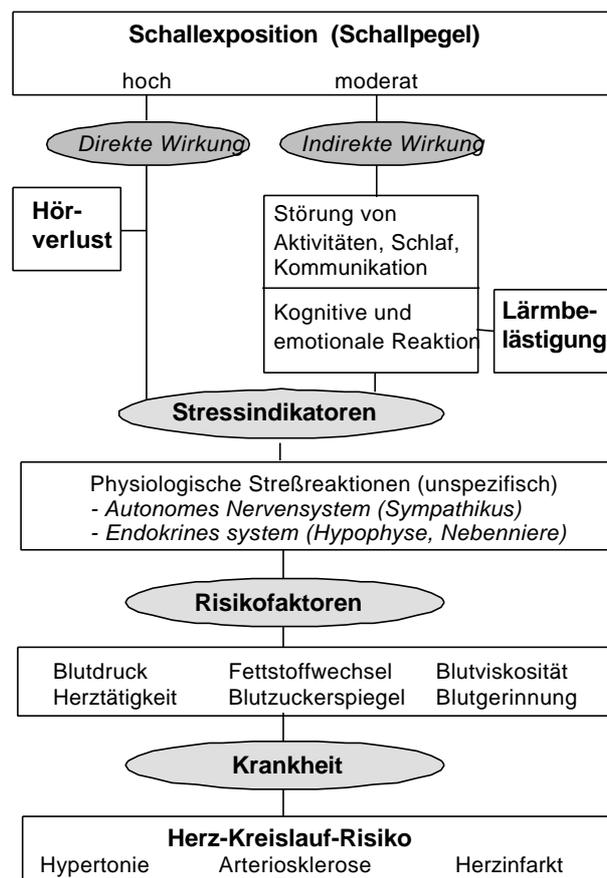


Abbildung 1: Lärmwirkungsmodell (Quelle: [3])

2. Qualitätsziele

Von der Weltgesundheitsorganisation wurden in Abhängigkeit vom betrachteten Umweltbereich und vom Wirkungsendpunkt Schallpegelwerte empfohlen (Tab. 1), die nicht überschritten werden sollten, um nachteilige Wirkungen auf den Menschen zu vermeiden [27]. Tab. 2 gibt eine Ergänzung dazu bezüglich Lärmwirkungen im Bereich des Herz-Kreislauf-Systems aus der Sicht von Lärmwirkungsforschern [3,21]. Die genannten Werte stellen Qualitätsziele der Umweltpolitik dar, die nach gegenwärtigem Erkenntnisstand keine Nachteile bei Gesundheit und Wohlbefinden erwarten lassen. In der realen Umwelt liegen die Geräuschbelastungen häufig über diesen Werten. In dem Spektrum zwischen zu erreichendem maximalen Wohlbefinden und zu verhindernden somatischen Gesundheitsschäden muss die Politik Entscheidungen über Grenzwerte treffen [5]. Dies kann auf der Grundlage von quantitativen Risikoabschätzungen und -bewertungen erfolgen, was in Abb. 2 skizziert ist.

Das bundesdeutsche Umweltlärmrecht basiert im wesentlichen auf der „Verkehrslärmschutzverordnung“ [1], der „Sportstättenverordnung“ [2], der „TA-Lärm“ (Gewerbelärm) [23] und dem „Fluglärmgesetz“ [10]. Eine umfassende Umweltlärmgesetzgebung, die den gleichen Bewertungsmaßstäben folgt, steht aus. In der Europäischen Union (EU) gilt seit Mitte des Jahres 2002 die „Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm“ [22]. Sie hat das Ziel (Artikel 1), ein gemeinsames Konzept festzulegen, um vorzugsweise schädliche Auswirkungen, einschließlich Belästigung, durch Umgebungslärm zu verhindern, ihnen vorzubeugen oder sie zu mindern. Damit hat die europäische Gemeinschaft erstmals eine rechtliche Regelung erlassen, die sich auf Geräuschimmissionen in der Umwelt bezieht. Umgebungslärm wird definiert als unerwünschte oder gesundheitsschädliche Geräusche im Freien, die durch Aktivitäten von Menschen verursacht werden, einschließlich des Lärms, der von Verkehrsmitteln, Straßenverkehr, Eisenbahnverkehr, Flugverkehr sowie Geländen für industrielle Tätigkeiten herrührt [12].

In einem zeitlichen Stufenmodell sind die Mitgliedsstaaten aufgefordert, zunächst die Lärmbelastung zu ermitteln (Aufstellung von Lärmkarten), die Öffentlichkeit über Umgebungslärm und seine Auswirkungen zu informieren und der Kommission über die Betroffenenpotenziale Bericht zu erstatten. Auf der Grundlage der Lärmkarten sind Aktionspläne zu entwickeln und einzuleiten, um insbesondere in Fällen, in denen das Ausmaß der Belastung gesundheitsschädliche Auswirkungen haben kann, die Lärmbelastung zu verhindern und zu mindern und die Umweltqualität in den Fällen zu erhalten, in denen sie zufriedenstellend ist. Die Kriterien dafür sind von den Mitgliedsstaaten in ihrem Geltungsbereich in eigener Verantwortung festzulegen. Der §47a des Bundesimmissionsschutzgesetzes sowie die 1992 vom Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) verabschiedete Musterverwaltungsvorschrift zur Durchführung des §47a BImSchG - Aufstellung von Lärminderungsplänen liefern die gesetzliche Grundlage dafür [9,17]. Von den Gemeinden oder den nach Landesrecht zuständigen Behörden werden bereits seit Ende der 80er Jahre Lärmkarten, Konflikt- und Lärminderungspläne erstellt. Auf EU-Ebene ist vor dem Jahr 2006 mit keinen Gemeinschaftsmaßnahmen zur Lärminderung bei den wichtigsten Lärmquellen zu rechnen [22].

Tabelle 1: „Guideline values“ (empfohlene Werte, die nicht überschritten werden sollten) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) für Lärm in speziellen Umweltbereichen (Quelle: [27]).

Umweltbereich	Kritische Effekte	Mittelungspegel Leq [dB(A)]	Zeitbasis [Stunden]	Maximalpegel Lmax, fast [dB(A)]
Wohnbereich (außen)	Erhebliche Belästigung (tags und abends)	55	16	-
	Mäßige Belästigung (tags und abends)	50	16	-
Wohnung (innen)	Sprachverständlichkeit und mäßige Belästigung (tags und abends)	35	16	
Schlafraum (innen)	Schlafstörung, nachts	30	8	45
Schlafraum (außerhalb)	Schlafstörung, Fenster offen (Messwerte vor dem Fenster)	45	8	60
Klassenraum (Schule), Vorschule (innen)	Sprachverständlichkeit, Störung von Informationsaufnahme, Mitteilungen und Kommunikation	35	Unterricht	-
Vorschule, Schlafräume (innen)	Schlafstörung	30	Ruhezeit	45
Schule, Spielplatz (außen)	Störung und Belästigung (Externe Quellen)	55	Spielzeit	-
Krankenhaus: Patientenräume (innen) Personalräume (innen)	Schlafstörung (nachts)	30	8	40
	Schlafstörung (tags und nachts)	30	16	-
Krankenhaus, Behandlungsräume (innen)	Störung von Ruhe und Erholung	(#1)		
Industrielle und kommerzielle Bereiche, Einkaufspassagen (innen und außen)	Gehörschäden	70	24	110
Unterhaltungsveranstaltungen, Festivals, „Events“	Gehörschäden (Besucher: <5 Mal pro Jahr)	100	4	110
Öffentliche Veranstaltungen (innen und außen)	Gehörschäden	85	1	110
Musik über Kopf-/Ohrhörer	Gehörschäden (Freifeld-Messwert)	85 (#4)	1	110
Impulslärm von Spielzeug, Feuerwerk und Schußwaffen	Gehörschäden (Kinder)			120 (#2)
	Gehörschäden (Erwachsene)			140 (#2)
Parklandschaften, Erholungs- und Naturschutzgebiete	Zerstörung der Ruhe	(#3)		

#1: So niedrig wie möglich

#2: Spitzenschalldruckpegel (Zeitbewertung „peak“, nicht Maximalpegel mit Zeitbewertung „fast“), in 100 mm Entfernung vom Ohr gemessen

#3: Bestehende ruhige Außenbereiche sollten geschützt werden und das Verhältnis von eindringenden Fremdgeräuschen und natürlichen Hintergrundgeräuschen sollte niedrig gehalten werden

#4: Unter dem Kopfhörer, auf Freifeld-Werte bezogen

Tabelle 2: Empfehlungen (Werte, die nicht überschritten werden sollten) anderer Autoren für Lärm in speziellen Umweltbereichen (Quellen: [3,21])

Umweltbereich	Kritische Effekte	Mittelungs- pegel Leq [dB(A)]	Zeitbasis [Stunden]	Maximal- pegel Lmax, fast [dB(A)]
Wohnbereich (außen)	Ischämische Herzkrankheiten (tags und abends)	65	16	-
	Ischämische Herzkrankheiten (nachts)	55	8	-
Wohnbereich (außen)	Bluthochdruck	70	16	-

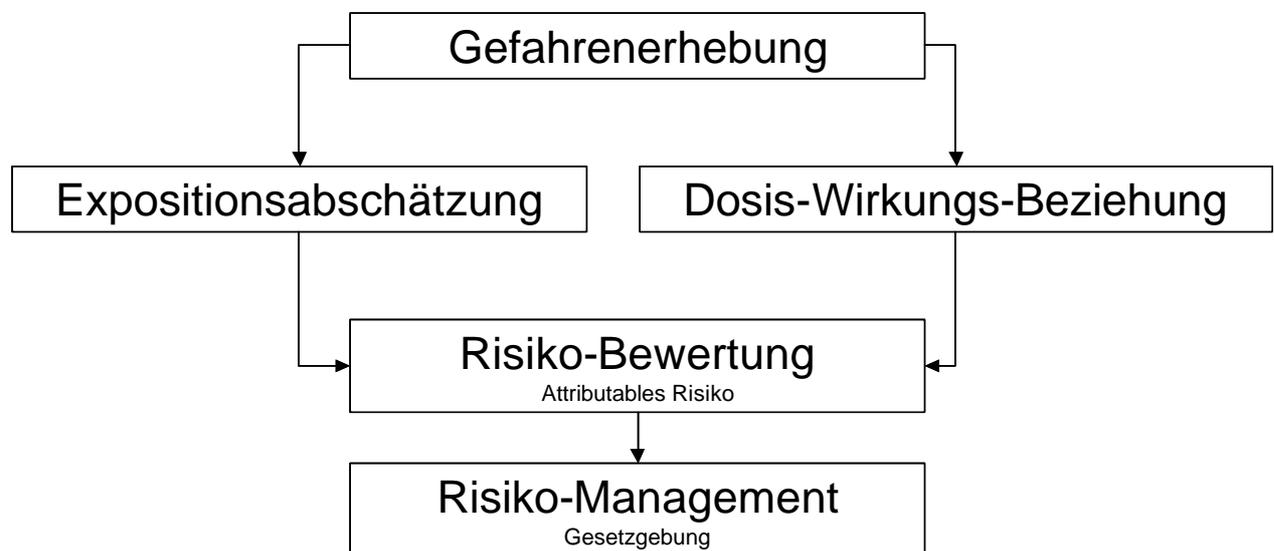


Abbildung 2: Konzept der quantitativen Risikobewertung

Weitergehende Informationen:

In den bekannten Handbüchern zur Umweltmedizin finden sich umfassende Zusammenstellungen der Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung sowie der Lärmgesetzgebung [6,7,14]. Das Umweltbundesamt stellt ausführliche Informationen zur Hilfe bei Lärmproblemen auf seinen Internetseiten bereit [26].

3. Ausgewählte Untersuchungsergebnisse aus Lärmstudien des Umweltbundesamts

3.1 Erhebungen zur Belästigung durch Umweltlärm [25]

Zur Beurteilung der subjektiven Geräuschbelastung (Belästigung) der Bevölkerung werden im Auftrag des Umweltbundesamtes seit 1984 in regelmäßigen Abständen repräsentative Erhebungen zur Störung und Belästigung durch Umweltlärm durchgeführt und in den „Daten zur Umwelt“ veröffentlicht. Die Datengrundlage stellen zufällig ausgewählte Stichproben vom Umfang ca. N = 2000 dar [20]. Für die Geräuschquellen Schienenverkehr, Straßenverkehr, Industrie und Gewerbe, Flugverkehr und Nachbarschaft ergaben sich für das Bezugsjahr 1998 die in Tab. 3 aufgeführten Belästigungszahlen [25]. In früheren Jahren bestanden große Unterschiede zwischen den alten und den neuen Bundesländern. So fühlten sich 1993 in den alten Ländern 21% und in den neuen Ländern 36% durch Straßenverkehrslärm „stark belästigt“ [24]. Diese Unterschiede gleichen sich jedoch zunehmend aus, was sicherlich an der voranschreitenden Modernisierung von Verkehrswegen (Fahrbahnbelag) und dem Bau von Umgehungsstraßen in den neuen Bundesländern liegt. Andererseits bestehen nach wie vor große Unterschiede bei der Belästigung durch Fluglärm, was sich aus der sehr unterschiedlichen Verteilung des Flugverkehrsaufkommens in Deutschland erklärt. Die großen Verkehrsflughäfen befinden sich vorwiegend in den alten Bundesländern.

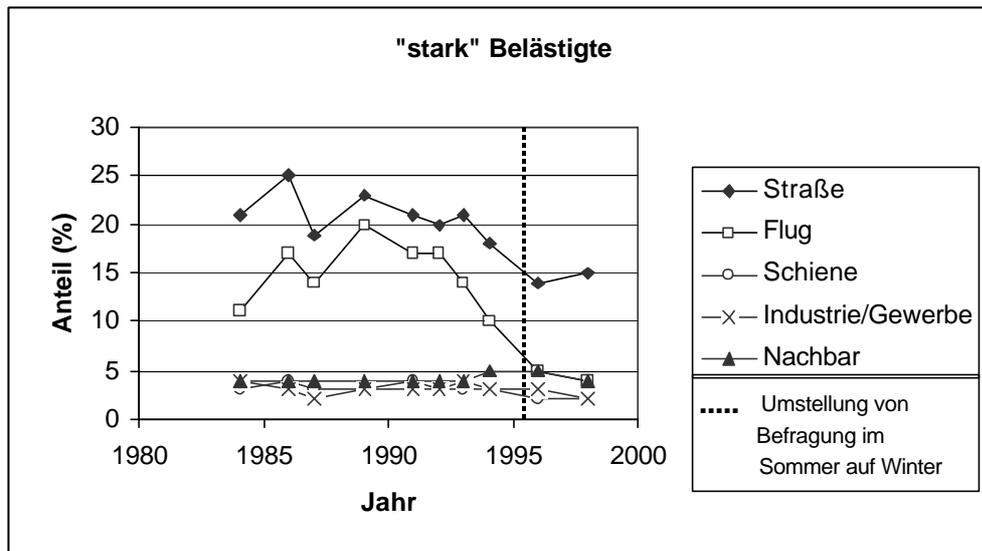
Tabelle 3: Lärmbelästigung in Deutschland (Bezugsjahr 1998)

Geräuschquelle	stark belästigt (%)			nicht so stark belästigt (%)		
	gesamt	alte Länder	neue Länder	gesamt	alte Länder	neue Länder
Schienenverkehr	2,5	2,7	2,1	12,2	12,9	11,1
Straßenverkehr	15,4	14,5	16,9	42,9	41,3	45,5
Industrie und Gewerbe	1,7	2,1	1,1	14,6	15,2	13,8
Flugverkehr	3,2	4,3	1,5	19,3	23,3	13,3
Nachbarn	3,7	4,2	3,0	28,5	28,3	28,8

Quelle: Umweltbundesamt 2001

Die Beobachtung der Lärmbelästigung über Jahre hinweg kann ein Indikator für die Effizienz von Maßnahmen zur Lärminderung sein. Allerdings ist bei derartigen Betrachtungen zu berücksichtigen, dass auch veränderte Einstellungen und Prioritätensetzungen, nicht zuletzt auch durch Wissenschaft und Medien beeinflusst, die individuelle Wahrnehmung und Beurteilung des Lärms beeinflussen. Abb. 3 gibt die Entwicklung der Lärmbelästigung in den alten Bundesländern über den Zeitraum von 1984 bis 1998 wieder (identisches Fragebogeninventar eingesetzt). Bei der Interpretation der Längsschnittdaten ist allerdings zu beachten, dass ab dem Jahr 1994 die Jahreszeit der Befragungsaktion von Sommer auf Winter umgestellt wurde. Da die Befragten ihre Erfahrungen mit dem Lärm vorwiegend auf die aktuelle Situation projizieren und die Jahreszeit Auswirkungen auf die Wahrnehmung von Umgebungslärm hat (im Sommer häufiger geöffnete Fenster und Aufenthalt im Freien), sind in den Folgejahren tendenziell eher geringere Belästigungsangaben im Interview zu erwarten. Betrachtet man die Kurven nur bis zum Jahr 1994, so zeigen sich bei Schienenverkehrslärm, Nachbarschaftslärm und Straßenverkehrslärm kaum Veränderungen in dem betrachteten Zeitraum, wohingegen für Straßenverkehrslärm eine leicht abnehmende Tendenz „stark“ Belästigter in dem betrachteten Beobachtungszeitraum zu verzeichnen ist. Der drastische Anstieg „stark“ durch Fluglärm belästigter Bürger in den 80er Jahren kann als Effekt verstärkter Tiefflugaktivitäten der Luftwaffe gedeutet werden. Nach dem Hochsetzens der Mindestflughöhen von militärischen

Tiefflügen auf 300 m über Grund Ende des Jahres 1990 nahm der Anteil „stark“ gestörter wieder deutlich ab.



Quelle: Umweltbundesamt, 2002

Abbildung 3: Lärmbelastigung in den alten Bundesländern im Jahresvergleich

Ab den Erhebungen des Jahres 2000 wurde ein neues Fragebogen-Inventar eingeführt, was einen direkten Vergleich der Antworten mit denen früherer Jahre nicht erlaubt. In Tab. 4 sind die neuen Ergebnisse zur Lärmbelastigung durch verschiedene Lärmquellen wiedergegeben [19,20]. Fasst man die beiden obersten Kategorien der Antwortskala („äußerst“ und „stark“) zu „hochgradig“ zusammen, so ergeben sich bezüglich der fünf Umweltlärmquellen Straßenverkehr, Flugverkehr, Schienenverkehr, Industrie/Gewerbe und Nachbarschaft für das Bezugsjahr 2000 18%, 6%, 5%, 4% und 7% sowie für das Bezugsjahr 2002 17%, 7%, 5%, 4% und 6% „hochgradig“ Belästigte. Tendaussagen lassen sich daraus nicht ableiten. Die Daten geben jedoch keinen Anlass zu der Annahme, dass die Lärmbelastigung durch Verkehrslärm in den letzten Jahren rückläufig ist. Dies ergibt sich auch bei der Gesamtbetrachtung der Daten von 1996 bis 2002 (Erhebung im Winter), wenn die Kategorie „stark“ der früheren Befragungen (Skala mit 3 Kategorien) und die zusammengesetzte Kategorie „hochgradig“ (Skala mit 5 Kategorien) näherungsweise gleich behandelt werden [19].

Tabelle 4: Lärmbelastigung in Deutschland (Bezugsjahr 2000 und 2002)

Geräuschquelle	gestört oder belästigt (%)									
	äußerst		stark		mittelmäßig		etwas		überhaupt nicht	
Jahr:	2000	2002	2000	2002	2000	2002	2000	2002	2000	2002
Schienenverkehr	1,7	1	3,1	4	7,3	11	11,3	17	76,6	74
Straßenverkehr	6,4	5	11,6	12	19,4	20	26,2	28	36,3	35
Industrie und Gewerbe	1,4	1	3,0	3	7,4	8	16,4	15	71,7	73
Flugverkehr	2,0	2	3,7	5	9,1	9	17,7	21	67,5	63
Nachbarn	2,2	2	4,3	4	10,7	11	22,3	23	60,4	60

Quelle: Ortscheid und Wende 2002, Ortscheid 2003

3.2 Studie: Musiklautstärke in Diskotheken [8]

Problembeschreibung

Schallpegelmessungen, die stichprobenartig in Diskotheken durchgeführt werden, führen auf Musikschallpegel zwischen 90 und 110 dB(A) auf der Tanzfläche [1]. Über die Jahre hinweg ist keine Veränderung hin zu niedrigeren Musikschallpegeln zu beobachten. Auswertungen von Befragungsergebnissen aus Untersuchungen zur Besuchshäufigkeit von Diskotheken und Musikclubs zeigen, dass die Jugendlichen im Mittel bis zu 1 Mal im Monat entsprechende Orte besuchen. Betrachtete man jedoch die Randgruppen der Verteilung, so zeigt sich, dass ca. 10% der Befragten mindestens 1-2mal in der Woche eine Diskothek oder ähnliches aufsuchen.

Für die Abschätzung des Gehörschadensrisikos sind die Schallpegel und die Aufenthaltszeiten der Besucher an den betreffenden Orten von Bedeutung. Aus diesen Expositionsgrößen lässt sich die mittlere wöchentliche Schalldosis als energieäquivalenter Dauerschallpegel berechnen. Dieser Beurteilungspegel wird üblicherweise unter Gewichtung mit den Jahren des Exponiertseins zur Risikoabschätzung nach dem empirischen Hörverlust-Modell der ISO 1999 herangezogen [2]. Ein regelmäßiger 4-stündiger Diskothekbesuch mit einem Mittelungspegel von 100 dB(A) wäre demnach genauso zu bewerten wie ein Beurteilungspegel von 90 dB(A) über eine 40 Stunden Arbeitswoche.

Abschätzungen nach der ISO 1999 ergeben, dass bei Jugendlichen nach 5 (bzw. 10) Jahren entsprechender Musikexposition in Diskotheken, Clubs u. ä. (Beurteilungspegel 90 dB(A) bezogen auf 40 Stunden/Woche) bei der audiometrischen Testfrequenz von 4 kHz im Mittel ein lärmbedingter Luftleitungshörverlust von ca. 9 (bzw. 11) dB zu erwarten ist (vgl. Abb. 1). 10 Prozent der Jugendlichen - die Empfindlichen - entwickeln demnach Gesamthörverluste von ca. 22 (bzw. 25) dB (wobei ca. 11 dB davon auch ohne Lärm aufgrund der „natürlichen“ Streuung zu erwarten sind).

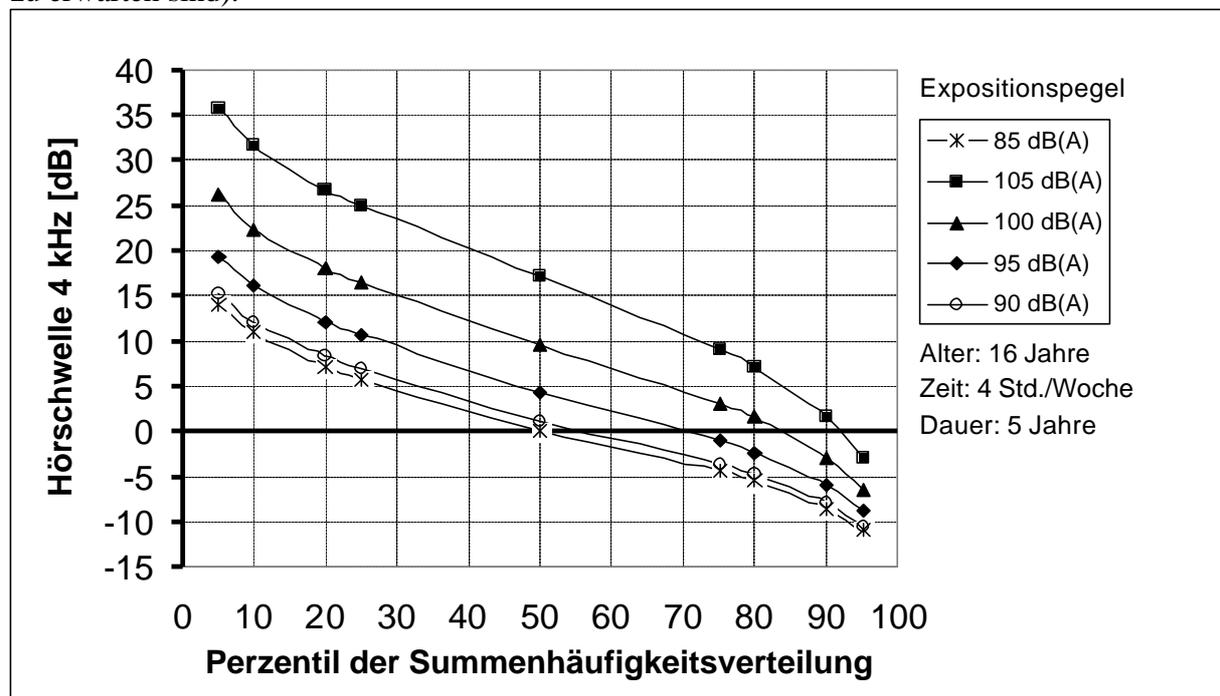


Abbildung 1: Beispiel für lärmbedingten Hörverlust nach ISO 1999

In empirischen Studien, in denen der Zusammenhang zwischen dem Hörvermögen und der Musikexposition untersucht wurde, werden zumeist geringere Effekte deutlich unter 5 dB für den mittleren Hörschwellenunterschied bei Frequenzen im Bereich der c5-Senke zwischen stark und wenig Exponierten gefunden, die nicht signifikant sind [3]. Aufgrund geringer statistischer Teststärke (ca. 10% hoch Exponierter in einer Zufallsstichprobe), erheblicher Expositions-Missklassifikation (unbekannte Schallpegel) und dem konfundierenden Einfluss anderer

Schallquellen (unbekannte Lärmexpositions-Geschichte) ist das jedoch nicht verwunderlich [3]. Die Lärmeffekte dürften in den empirischen Untersuchungen eher unterschätzt als überschätzt werden. Grundsätzlich stellt sich die Frage, ob es überhaupt des Nachweises von Lärmeffekten in empirischen Untersuchungen bedarf, um niedrigere, gehörverträgliche, Schallpegel in Diskotheken, Clubs und Konzerten zu fordern und durchzusetzen. Die Abschätzung auf der Grundlage der ISO 1999 und die arbeitsschutzrechtlichen Bestimmungen zum Schutz vor Gehörschäden durch Lärm („Iso-Energie-Prinzip“) bieten eine hinreichende Grundlage für präventives Handeln.

Empirische Erhebungen

In einer Querschnittsuntersuchung wurden 433 Oberschüler im Alter von 16-19 Jahren nach ihren Musikhörgewohnheiten befragt [4]. Ca. 20% der Schüler gingen mehr als 1mal pro Woche in Diskotheken. Ca. 25% der Befragten bevorzugten dort „sehr“ oder „extrem“ laute Musik. Nach Ausschluss derjenigen, die nicht in Diskotheken gingen, stieg der Anteil auf 33%. Ca. 5% der Schüler hörten täglich 4 oder mehr Stunden Musik über Kopfhörer, 35% davon „sehr“ oder „extrem“ laut. Bevorzugte Musikrichtungen waren „Hip-Hop“ und „Rap“. Ca. 43% der Befragten gaben an, nach lauter Musik Tinnitus-Symptome gehabt zu haben.

In einem Beschallungsexperiment, an dem 133 der zuvor befragten Schüler teilnahmen, wurden in einer kommerziellen Diskothek jeweils für die Dauer von ca. 40 Minuten verschiedene Musikschallpegel eingestellt, die über der Tanzfläche gemessen wurden. Die Mittelungspegel betragen 94, 101 und 92 dB(A). In den Aufenthaltsbereichen war der Schallpegel um ca. 5 dB(A) niedriger. Während jeder Beschallungsphase wurden mit Fragebögen die Beurteilungen der Musiklautstärke abgefragt. Die genannten Musikschallpegel wurden von 13, 88 bzw. 8 Prozent der Testpersonen als „extrem“ oder „sehr“ laut bezeichnet. 25-81-6 Prozent gaben in den jeweiligen Beschallungsphasen an, dass man sich auf der Tanzfläche bestenfalls durch Schreien verständigen konnte. 17-50-11 Prozent beurteilten die Musiklautstärke auf der Tanzfläche als zu laut, 39-3-47 Prozent als zu leise. Offensichtlich lag ein polarisiertes Antwortverhalten vor. Trotz dieser statistisch signifikanten Unterschiede waren 50-55-47 Prozent „ziemlich“ oder „sehr“ zufrieden mit der Musiklautstärke und 8-21-40 Prozent „wenig“ oder „nicht“ zufrieden mit der Lautstärke. Diese Unterschiede waren nicht signifikant. Die größtmögliche Zustimmung wurde im Mittel bei der Beschallung mit 94 dB(A) erreicht. Auf die Frage, ob sie regelmäßig eine Diskothek besuchen würden, in der die Musikschallpegel wie in den experimentellen Beschallungsphasen wären, antworteten 67-55-67 Prozent mit „ja“.

Diskussion

Auch in anderen Untersuchungen zur Akzeptanz von Musiklautstärken in Diskotheken beurteilten etwa die Hälfte der befragten Jugendlichen die Musik in den von ihnen besuchten Diskotheken als zu laut [5,6]. Über 90% der Befragten gaben an, nichts gegen eine Verringerung der Musiklautstärke in Diskotheken zu haben [7]. Entsprechende Ergebnisse wurden auch aus der Schweiz berichtet. In einer repräsentativen, telefonisch durchgeführten, Befragung gaben 60% der Jugendlichen an, dass sie die von Ihnen besuchten Musikveranstaltungen als zu laut zu empfinden (Zitat bei [7]). Bei einer Befragung von Berufsschülern beurteilten 52% die Musiklautstärke als zu hoch und nur 3% als zu leise [7]. Dies ist besonders bemerkenswert, weil Pegelbegrenzungen in der Schweiz gesetzlich vorgeschrieben sind [8]. Frauen lehnten die Musikschallpegel in der Untersuchung häufiger ab als Männer, und es wurde die Frage gestellt, ob durch überhöhte Lautstärken nicht an den Wünschen der Besucher vorbeigezielt wird oder gar ein Teil des Zielpublikums (vor allem Frauen) vom Besuch abgehalten wird. Weiterhin zeigte eine Untersuchung an über 1000 Schülern, dass ca. 30% der Befragten die Lautstärke auf der Tanzfläche in den Diskotheken/Clubs, die sie am häufigsten besuchen, als zu laut und 4% als zu leise beurteilten [9]. In dieser Untersuchung gaben 70% an, grundsätzlich nicht gegen eine Begrenzung der Schallpegel zu haben.

In einem ähnlichen Experiment wie dem hier vorgestellten wurde 30 Testpersonen in einer Diskothek Musik mit unterschiedlicher Lautstärke präsentiert. Die mittleren Schallpegel variierten zwischen 88 und 106 dB(A) [10]. Als Ergebnis zeigte sich, dass Musiklautstärken von 94 und 100 dB(A) zum Tanzen von ca. 2/3 der Befragten gleichermaßen bevorzugt wurden, wobei 100 dB(A) von ca. 1/3 noch als zu laut und 94 dB(A) von ca. 1/3 als zu leise eingestuft wurden. 106 dB(A) wurden von ca. 2/3 als zu laut und 88 dB(A) von ca. 2/3 als zu leise zum Tanzen abgelehnt. Berufsschüler wünschten sich zumeist höhere Schallpegel als Studenten. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen große Übereinstimmung mit denen der vorliegenden Untersuchung. Musikschallpegel unter 100 dB(A) auf der Tanzfläche rufen demnach die größtmögliche Akzeptanz beim allgemeinen Publikum hervor.

Im dem vorliegenden unter realen Bedingungen durchgeführten Experiment wurde die lauteste Beschallung (101 dB(A)) zwar am schlechtesten bewertet aber nicht nachdrücklich abgelehnt. Das Ergebnis lässt sich so interpretieren, dass die Musiklautstärke wenig Einfluss auf das Besucherverhalten von Jugendlichen an sich hat. Dafür scheinen vielmehr andere Faktoren verantwortlich zu sein, die in den Bereichen Jugendkultur, Gruppenverhalten, Partnersuche etc. zu suchen sind. Zu dem gleichen Ergebnis kam auch eine andere Untersuchung, in der bei 649 Diskothekenbesuchern keine nennenswerte Tendenz der Urteile in Richtung „zu laut“ oder „zu leise“ in Abhängigkeit von der gespielten Musiklautstärke erkennbar war [11]. Die Musikschallpegel variierten in dieser Untersuchung in den betrachteten Diskotheken zwischen 97 und 106 dB(A) und waren somit durchweg relativ hoch. Bei der Interpretation dieses Ergebnisses ist zu beachten, dass verschiedene Personen an verschiedenen Orten mit unterschiedlichen Musikschallpegeln befragt wurden, wohingegen bei dem Belastungsexperiment dieselben Personen sich am selben Ort zu unterschiedlichen Musikschallpegeln äußerten. Im quantitativen Vergleich mit den Erhebungsdaten einer weiteren Untersuchung zur Musiklautstärke in Diskotheken zeigte sich bereits in früheren Betrachtungen, dass die Lautstärke-Diskriminanzschätzung im inter-individuellen Vergleich schwächer ausfällt als im intra-individuellen Vergleich [4,12]. Das Ergebnis der Untersuchung von Leitmann, wonach im Gegensatz zu den Ergebnissen des Belastungsexperiments kein Zusammenhang zwischen der empfundenen Lautstärke und dem gemessenen Musikschallpegel bestand, zeigt, welche geringe Bedeutung der Schallpegel auf das Auswahlverhalten und das Wohlempfinden der Besucher in Diskotheken hat - sofern bestimmte Untergrenzen der Lautstärke nicht unterschritten werden. Diese Grenze liegt offenbar bei mittleren Schallpegeln um die 94 dB(A).

Aus den vorliegenden Ergebnissen zu Untersuchungen zur Akzeptanz von Musikschallpegeln kann insgesamt abgeleitet werden, dass eine Pegelminderung von äquivalenten Dauerschallpegeln über 100 dB(A) auf Werte deutlich unter 100 dB(A) keinen nachteiligen Einfluss auf das durchschnittliche Besucherverhalten der Diskothekenbesucher hätte. Dies ist für Betreiber von Diskotheken, Bars und Clubs sowie Musikveranstalter im Hinblick auf Maßnahmen zur Minderung von Schallpegeln von Bedeutung, die die Sorge äußern, dass gemäßigt laute Musikschallpegel den Umsatz nachteilig beeinflussen würden. Musikschallpegel unter 100 dB(A) stellen einen Kompromiss zwischen Gesichtspunkten des präventiven Gehörschutzes und der Lust auf laute Musik dar, sofern die Betroffenen nicht auch anderen Schallquellen hoher Intensität ausgesetzt sind [13]. In der Schweiz darf der über 60 Minuten gemittelte äquivalente Dauerschallpegel 93 dB(A) am Rand der Tanzfläche nicht überschreiten [8]. Das Umweltbundesamt und die Bundesärztekammer haben sich bekanntermaßen für äquivalente Dauerschallpegel zwischen 90 und 95 dB(A) ausgesprochen [14,15].

¹] Babisch, W. Schallpegel in Diskotheken und bei Musikveranstaltungen, Teil I: Gesundheitliche Aspekte. WaBoLu-Hefte 3/00. Umweltbundesamt, Berlin 2000.

- ²| ISO 1999. Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment. International Organization for Standardization, Geneva 1990.
- ³| Babisch, W. Gehörschäden durch Musik in Diskotheken. Z. Audiol., Suppl. III, 159-165 (2000).
- ⁴| Babisch, W., Bohn, B. Schallpegel in Diskotheken und bei Musikveranstaltungen, Teil II: Studie zu den Musikhörgewohnheiten von Oberschülern, Teil III: Studie zur Akzeptanz von Schallpegelbegrenzungen in Diskotheken. WaBoLu-Hefte 4/00. Umweltbundesamt, Berlin 2000.
- ⁵| Ising, H., Babisch, W. Gehörschadensrisikos durch laute Musik und Akzeptanz von Pegelbegrenzungen: Überblick über empirische Studien des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene. Z. Audiol., Suppl. I, 195-201 (1998).
- ⁶| Perlitz, T., Schultes, N., Hentschel, F. Meinungsforschung über Diskothekenbesucher und Untersuchung der Musik als Lärm in Diskotheken. Wettbewerb "Jugend Forscht", Berlin 1984.
- ⁷| Mercier, V., Hohmann, B. W. Is electronically amplified music too loud? What do young people think? Noise & Health, 4 (16), 47-55 (2002).
- ⁸| Der Schweizerische Bundesrat. Verordnung über den Schutz des Publikums von Veranstaltungen vor gesundheitsgefährdenden Schalleinwirkungen und Laserstrahlen (Schall- und Laserverordnung) vom 24. Januar 1996.
- ⁹| Neyen, S. Prüfung der Akzeptanz von Musikschallbegrenzungen bei Schüler/innen im Alter von 10-19 Jahren. Umwelt-Medizin-Gesellschaft, 15, 238-241 (2002).
- ¹⁰| Joiko, K. Maßnahmen zur Verminderung der Gehörschäden Jugendlicher durch Diskothekenmusik als Fortführung des Projekts von 1998, Forschungsbericht am Institut für Arbeitsingenieurwesen. Technische Universität Dresden, Dresden 2000.
- ¹¹| Leitmann, T. Wie bewerten Jugendliche die Lautstärke in Diskotheken?. Diplomarbeit am Institut für Technische Akustik. Technische Universität Berlin, Berlin 2001.
- ¹²| Kühl, J. T. Untersuchung des Zusammenhanges von Schallpegeln und subjektiven Angaben zur Lautstärke von Musik. Diplomarbeit am Institut für Technische Akustik. Technische Universität Berlin, Berlin 1997.
- ¹³| Axelsson, A. Recreational exposure to noise and its effects. Noise Control Eng. J., 44, 127-134 (1996).
- ¹⁴| Ising, H. Gehörgefährdung durch laute Musik. Soz. Präventivmed., 41, 327-328 (1996).
- ¹⁵| Wissenschaftlicher Beirat der Bundesärztekammer. Gehörschäden durch Lärmbelastungen in der Freizeit. Deutsches Ärzteblatt, 96, A 1081-1084, B 1836-1839, C 1760-1763 (1999).

3.3 Studie: Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose [18]

Zusammenfassung

Unter der Bezeichnung "Spandauer Gesundheits-Survey" (SGS) wird seit 1982 eine Längsschnittuntersuchung durchgeführt, die vom Robert Koch-Institut in Zusammenarbeit mit dem Bezirksamt Spandau (Gesundheitsamt) geleitet wird. In dieser Studie wird der Gesundheitszustand der Teilnehmer periodisch im zeitlichen Abstand von zwei Jahren untersucht, um allgemeingültige Präventionsstrategien abzuleiten. Anders als bei vielen anderen epidemiologischen Studien, denen ein expliziter Ziehungsschlüssel der Probanden zugrunde liegt, rekrutierte sich die Spandauer Kohorte aus Personen, die sich aufgrund von Aufrufen angesprochen fühlten, an der Untersuchung teilzunehmen. Der 9. Durchgang des SGS umfasste 2015 Probanden. 1714 nahmen mindestens zum 5. mal an der Untersuchung teil.

Der Spandauer Gesundheits-Survey soll den Teilnehmern auch die Möglichkeit geben, den eigenen Gesundheitszustand über mehrere Jahre regelmäßig kontrollieren zu lassen, auffällige gesundheitliche Veränderungen frühzeitig zu erkennen und diese ggf. schnell einer ärztlichen Behandlung zuzuführen. Beim Vorliegen von Risikofaktoren (Übergewicht, Bluthochdruck, Störungen des Fettstoffwechsels usw.) wurden den Probanden gezielt Hinweise auf die vom Bezirksamt angebotenen Präventionsmaßnahmen und Kurse zur Gesundheitsförderung gegeben. Die in der Studie durchgeführten klinischen und anamnestischen Erhebungen umfassten unter anderem Befragungen, Messungen und ärztliche Gespräche zu:

- sozio-ökonomischen Daten (Alter, Geschlecht, Bildung, Beruf, Familienstand usw.)
- Ernährung (u.a. Fetthaushalt, Flüssigkeitshaushalt)
- Alkohol- und Tabakkonsum
- Gesundheitszustand
- aktive Gesundheitsprävention

sowie:

- Blutdruck
- Urinuntersuchung
- Größe und Gewicht
- Atemfunktionsprüfung
- Blutuntersuchung

Alle Teilnehmer erhielten über ihren „Gesundheitscheck“ eine zusammenfassende medizinische Beurteilung und wurden bei auffälligen Befunden aufgefordert, sich in ärztliche Behandlung zu begeben.

Mit dem SGS konnte demzufolge ein Kollektiv, das überwiegend aus älteren, gesundheitsbewussten Probanden bestand, über viele Jahre medizinisch beobachtet und betreut werden. Der Survey ermöglicht somit vergleichende Längsschnitt-Analysen. Nahezu die Hälfte aller Teilnehmer der Spandauer Untersuchung gab im 9. Durchgang an, sehr stark (14 %) oder stark (35 %) auf die eigene Gesundheit zu achten. Nur etwa 5 % der Teilnehmer achteten darauf weniger oder gar nicht. Im Mittel waren die Probanden 60 Jahre alt. Der jüngste Teilnehmer gab ein Alter von 18 Jahren an, der älteste Teilnehmer ein Alter von 90 Jahren.

Zusätzlich zu der obligatorischen Datenerhebung wurde im 9. Durchgang des SGS die Geräuschbelastung der Teilnehmer außen an ihrer Wohnung erhoben, und sie wurden danach befragt, wie sehr sie sich am Wohnort durch Verkehrslärm gestört fühlen. Die Geräuschbelastung an den Wohnadressen durch Straßenverkehr wurde getrennt für den Tag und

die Nacht aus der Lärmdatenbank (Lärmkarte) der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung ausgelesen. Die Datenbank stellte für jede Wohnadresse einen Kartenausschnitt zur Verfügung, der es gestattete, die Lage des Wohnhauses (der Wohnung) zur Straße zu vermessen. Die aus der Lärmkarte gewonnenen Lageinformationen wurden mit Fragebogenangaben der Versuchspersonen zur Lage der Wohn- und Schlafräume abgeglichen bzw. ergänzt. Auf diesen Datengrundlagen wurden die Untersuchungspersonen in 5 dB(A)-Kategorien des A-bewerteten energieäquivalenten Dauerschallpegels (Immissionspegel) eingruppiert.

In einer Unterstichprobe des SGS (96 Wohnadressen) wurde der energieäquivalente Dauerschallpegel über 24 Stunden hinweg an der Fassade der Wohnungen der Probanden gemessen. Mit Hilfe der gemessenen Dauerschallpegel für den Tag und die Nacht wurden die „Datenbankpegel“ überprüft und Korrekturfaktoren für die Lagekategorien der Wohnungen ermittelt. Zusätzlich wurde für jede Wohnadresse die retrospektive Schallbelastung durch Straßenverkehr für die Jahre 1982 und 1993 erhoben. Ein Vergleich der Dauerschallpegel zeigte, dass sich die Geräuschbelastung der Wohnorte durch Straßenverkehr seit 1993 nicht wesentlich verändert hatte. Zum Zeitpunkt der Untersuchung lebten mehr als 50 % der Probanden länger als 25 Jahre, 75 % länger als 15 Jahre und 85 % länger als 10 Jahre in der angegebenen Wohnung. Die lange Wohndauer und die seit 1993 gleichbleibende Geräuschbelastung der Spandauer Probanden ermöglichen es, mit dem SGS chronische Auswirkungen einer Lärmbelastung auf die Gesundheit zu erfassen. Bei Teilnehmern, die an ihrem Wohnort mit Fluglärm belastet waren, ging zusätzlich die Fluglärmbelastung anhand der Fluglärmzonen des Flughafens Berlin-Tegel in die Auswertung ein.

Zusätzlich zur Standardbefragung im SGS wurde mit den Fragen „Wie stark fühlen Sie sich in ihrer Wohnung / Ihrem Haus durch folgende Lärmquellen am Tage (in der Nacht) gestört“ die individuelle Störung durch Straßenverkehrslärm, durch Fluglärm und durch Schienen- sowie Gewerbelärm erhoben. Neben den lärmbedingten Störungen wurde mit dem Lärmfragebogen auch die Lärmempfindlichkeit der Probanden erfasst und die Lageinformationen von Wohn- und Schlafräum in Bezug zu den umgebenden Straßen gewonnen. Insgesamt füllten 1801 Probanden den zusätzlich ausgegebenen Lärmfragebogen aus.

Die Überprüfung von statistischen Zusammenhängen zwischen der Lärmbelastung und gesundheitlichen Wirkungsendpunkten muss dem Umstand gerecht werden, dass sowohl bei Erkrankungen als auch Risikofaktoren von einer multifaktoriellen Beeinflussung ausgegangen werden muss. Bei der Studiauswertung müssen daher multiple statistische Verfahren eingesetzt werden, die sich an dem Pathogenesemechanismus und dem Skalenniveau der erhobenen Variablen orientieren. In dieser Studie kam die multiple logistische Regressionsrechnung zum Einsatz. Mit ihr kann ein Schätzer („Odds-Ratio“, OR) für das relative Risiko des Eintritts eines Ereignisses (z. B. Prävalenz einer Erkrankung) in Abhängigkeit von dem zu untersuchenden Faktor (z. B. der Geräuschbelastung, der Lärmbelastung) unter gleichzeitiger Berücksichtigung von anderen Einflussfaktoren (Kontrollvariablen) bestimmt werden. In den Auswertungen wurden insgesamt 12 Kontrollvariablen berücksichtigt, bei denen insbesondere bezüglich Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems von einer Einflussnahme auszugehen war. Es sind dies das „Lebensalter“, das „Geschlecht“, der „Body Mass Index“, der „Sozio-ökonomische Index“, der „Partnerverlust in der Ehe“, der „Alkoholkonsum“, der „Tabakkonsum“, „Bewegung im Beruf“, die „Sportliche Aktivität“, die „Lärmempfindlichkeit“, die „Hörfähigkeit“ sowie die „Jahreszeit der Untersuchung“. In bezug auf andere betrachtete Wirkungs-Endpunkte (z. B. aus dem immunologisch/allergisch vermittelten Bereich) ist der Kontrollvariablensatz jedoch als

weniger vollständig zu betrachten, was eine zurückhaltende Interpretation diesbezüglicher statistische Lärmeffekte erfordert.

Die Lärm-bezogenen Auswertungen erfolgten in der „Arbeitsstichprobe Lärm“ (N = 1718), für die vollständige Angaben im Lärm-Fragebogen vorlagen. Es ergaben sich statistische Zusammenhänge zwischen der nächtlichen Verkehrsgeräuschbelastung am Wohnort der Probanden (22:00–6:00 Uhr) und Beeinträchtigungen des Herz-Kreislaufsystems (Behandlung aufgrund von Hypertonie), des Immunsystems (Behandlung von Asthma) und des Stoffwechsels (Behandlung aufgrund erhöhter Blutfette). Im Gegensatz zum nächtlichen Verkehrslärmpegel wies der äquivalente Dauerschallpegel am Tage (6:00–22:00 Uhr) einen deutlich geringeren Zusammenhang mit der Prävalenz ärztlicher Behandlungen der genannten Krankheiten auf (Ausnahme chronische Bronchitis). Bei der Prävalenz ärztlicher Behandlungen von psychischen Störungen zeigte sich dagegen ein starker Zusammenhang mit der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm am Tage.

Im folgenden werden einige Untersuchungsergebnisse kurz vorgestellt. Bei den statistischen Auswertungen wurde zwischen der „Perioden-Prävalenz“ (ärztliche Behandlung im Intervall zwischen dem 8. und 9. Durchgang des SGS) und der „Lebenszeit-Prävalenz“ (ärztliche Behandlung irgendwann im Laufe des Lebens) unterschieden. Als Effekt-Schätzer wird jeweils das relative Risiko (berechnet als Odds-Ratio (OR)) mit dem zugehörigen Vertrauensbereich (95%-Konfidenzintervall (KI)) angegeben.

Bezüglich ärztlicher Behandlungen wegen Hypertonie war bei der Perioden-Prävalenz eine signifikante Erhöhung des relativen Risikos zu verzeichnen, wenn der nächtliche äquivalente Dauerschallpegel des Straßenverkehrs an den Wohnungen der Probanden über 55 dB(A) lag. Das relative Risiko lag im Vergleich zu Probanden aus Straßen mit einem äquivalenten Dauerschallpegel unter 50 dB(A) (Referenzkategorie) bei annähernd $OR=1,9$ ($KI=1,1-3,2$). Wurden nur Probanden in die Analyse aufgenommen, für die in den letzten zwei Jahren kein Wohnungswechsel zu verzeichnen war, so ergab sich ein ähnlicher Befund. Bei einem Außenpegel über 55 dB(A) und geöffnetem Schlafzimmerfenster stieg das relative Risiko hypothesenkonform (größere Lärm-Effekte bei höherem Innenraumpegel) auf $OR=6,1$ ($KI=1,3-29,2$) im Vergleich zu Probanden, die mit geöffnetem Fenster schliefen und deren nächtlicher äquivalenter Dauerschallpegel vor dem Schlafzimmerfenster unter 50 dB(A) lag. Auch die Auswertung der retrospektiven Anamnesedaten bestätigte die besondere Bedeutung der nächtlichen Schallbelastung bei der Ausbildung einer Hypertonie. Das Risiko für eine Hypertoniebehandlung war auch bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz bei Probanden mit einem nächtlichen Dauerschallpegel über 55 dB(A) mit $OR=1,8$ ($KI=1,1-2,9$) signifikant erhöht.

Das Risiko für ärztliche Behandlungen wegen erhöhter Blutfette war mit $OR=1,5$ ($KI=0,9-2,5$) hypothesenkonform erhöht (Perioden-Prävalenz) und grenzwertig signifikant, wenn der nächtliche äquivalente Dauerschallpegel des Straßenverkehrs bei den Probanden über 55 dB(A) lag (im Vergleich zu denen, bei denen er unter 50 dB(A) lag). Bei einem Außenpegel von 55 dB(A) und geöffnetem Schlafzimmerfenster erhöhte sich das Risiko hypothesenkonform auf $OR=1,8$ ($KI=0,6-5,4$) im Vergleich zu Probanden, die in der Referenzkategorie (unter 50 dB(A)) mit geöffnetem Fenster schliefen, war aber nicht signifikant. Bei der Auswertung der Behandlungen aufgrund erhöhter Blutfette im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) stellten sich die Befunde mit einem Schätzer für das relative Risiko von $OR=1,5$ ($KI=0,9-2,3$) ähnlich dar.

Das Risiko für ärztliche Behandlungen chronischer Bronchitis (Perioden-Prävalenz) zeigte eine nicht signifikante Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel des Straßenverkehrs am

Tage. Es war gegenüber der Referenzkategorie (unter 55 dB(A)) in allen Pegelklassen erhöht (OR's zwischen 1,6 und 3,6), nahm aber entgegen der Hypothese bei höheren Schallpegeln (Kategorien >60-65 dB(A) und >65 dB(A)) mit steigender Schallbelastung ab. Für die nächtliche Geräuschbelastung war kein Zusammenhang mit den ärztlichen Behandlungen aufgrund chronischer Bronchitis zu verzeichnen. Bei der Lebenszeit-Prävalenz bestätigte sich das heterogene Bild. Für den äquivalenten Dauerschallpegel am Tage ergab sich hier zwar ein signifikant erhöhtes relatives Risiko für Probanden mit Wohnungen in der Schallpegelklasse 60-65 dB(A) von OR=2,7 (KI=1,0-7,4), allerdings lag das relative Risiko in der höchsten Lärmkategorie (über 65 dB(A)) leicht unter 1. Insgesamt waren keine Dosis-Wirkungs-Zusammenhänge zu verzeichnen.

Das Risiko für ärztliche Behandlungen von Asthma bronchiale (Perioden-Prävalenz) zeigte keine nennenswerte Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel des Straßenverkehrs am Tage oder in der Nacht. Die Auswertung der Behandlungen im Laufe des Lebens (Lebenszeit-Prävalenz) ergab dagegen ein anderes Bild. Mit dem äquivalenten Dauerschallpegel am Tage wurde zwar kein signifikanter Zusammenhang nachgewiesen, doch zeigten sich steigende relative Risiken mit zunehmender Schallbelastung. Bezüglich der Schallbelastung in der Nacht ergab sich aus den Anamnesedaten zur Lebenszeit-Prävalenz für ärztliche Behandlungen aufgrund von Asthma bronchiale ein signifikant erhöhtes Risiko von OR=1,5 (KI=1,0-2,5), wenn der nächtliche äquivalente Dauerschallpegel 55 dB(A) überstieg.

Ein aus dem allgemeinen Stressmodell ableitbarer Wirkungsendpunkt, der in der Lärmwirkungsforschung noch nie zuvor betrachtet wurde, stellt die Krebserkrankung dar, die bei chronischem Lärmstress in Folge eines gestörten Immunsystems möglicherweise vermehrt auftreten könnte. Hier deutete sich in der Studie für die Behandlung von Krebserkrankungen bei der Perioden-Prävalenz, nicht jedoch bei der Lebenszeit-Prävalenz, ein Trend in Richtung eines monoton ansteigenden relativen Risikos mit steigendem nächtlichen Verkehrslärmpegel an. Das Risiko der Probanden der Schallpegelkategorie über 55 dB(A) war gegenüber denen der Referenzkategorie unter 50 dB(A) mit OR=4,2 (KI=0,9-20,0) erhöht; die statistische Signifikanz wurde jedoch verfehlt und das Vertrauensintervall für den Schätzer des relativen Risikos war sehr groß.

Das Risiko für ärztliche Schilddrüsenbehandlungen (Perioden-Prävalenz) zeigte im SGS keine signifikante Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel des Straßenverkehrs, weder für den Tag noch für die Nacht. Eine deutliche Abhängigkeit der Anzahl der Schilddrüsenbehandlungen zeigte sich dagegen bei der Betrachtung der Fluglärmzonen. Hier wiesen die Probanden, die in der Fluglärmzone 2 wohnten (äquivalenter Dauerschallpegel berechnet nach dem Fluglärmgesetz: >67 bis 75 dB(A)), ein signifikant erhöhtes relatives Risiko von OR=3,8 (KI=1,3-11,3) gegenüber denen außerhalb der Fluglärmzone 3 auf (<62 dB(A), gemäß Raumordnungsplanung). Bei Personen mit Wohnungen innerhalb der Fluglärmzone 3 (62 bis 67 dB(A)) war das Risiko leicht erniedrigt. Auch bezüglich der Lebenszeit-Prävalenz ergab sich ein erhöhtes, aber nicht signifikantes, Risiko für Probanden, die in der Fluglärmzone 2 wohnten von OR=2,3 (KI=0,7-7,2).

Das Risiko für ärztliche Behandlungen von psychischen Störungen zeigte bei Betrachtung der Perioden-Prävalenz keine signifikante Abhängigkeit vom äquivalenten Dauerschallpegel am Tage oder in der Nacht. Jedoch deutete sich bezüglich der nächtlichen Lärmbelastung ein Trend zu einem monoton ansteigenden relativen Risiko mit zunehmendem Straßenverkehrsgeräuschpegel an. Wurden nur Probanden in die Analyse aufgenommen, für die in den letzten zwei Jahren kein Wohnungswechsel zu verzeichnen war, so erhöhte sich das relative Risiko in der Pegelklasse über 55 dB(A) hypothesenkonform von OR=1,8 auf OR=2,0

(KI=0,7-5,5), erreichte aber ebenfalls keine statistische Signifikanz. Eindeutig war der statistische Zusammenhang mit der subjektiv empfundenen Störung durch Verkehrslärm am Tage. Bei der Perioden-Prävalenz von psychischen Störungen ergab sich eine hoch signifikante Risikoerhöhung von OR=2,7 (KI=1,3-5,6) für „stark“ (Kategorien 3+4+5 auf 5-stufiger Skala) gestörte Probanden gegenüber „wenig“ gestörten Probanden (Kategorien 1+2), die auch für die kombinierte Störung durch Flug- und Straßenverkehrslärm mit OR=2,9 (KI=1,4-6,0) zu verzeichnen war. Bezüglich der nächtlichen Störung durch Straßenverkehrslärm war das Risiko für die „stark“ gestörte Gruppe der Probanden dagegen mit OR=1,5 (KI=0,7-3,1) geringer und nicht mehr signifikant.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die statistischen Analysen mehrheitlich für die nächtliche Lärmbelastung (monoton steigende) Dosis-Wirkungs-Beziehungen erkennen ließen, was nach den Ergebnissen vorliegender experimenteller Studien nicht unerwartet und psychobiologisch plausibel ist. So ist die Empfindlichkeit des menschlichen Organismus (zirkadianer Rhythmus) gegenüber Lärm in der Nacht bei in der Regel stark eingeschränkter Mobilität deutlich höher als am Tage. Am Tage ist von sehr unterschiedlichen Aktivitätsprofilen der Probanden und damit unterschiedlichen Belastungssituationen auszugehen. Vor diesem Hintergrund ist für die Bewertung gesundheitlicher Risiken eine unabhängige Erhebung der nächtlichen Geräuschbelastung in Lärmwirkungsstudien nicht nur sinnvoll, sondern zu fordern. Die vorliegende Studie ist eine der wenigen epidemiologischen Studie, in der unabhängig von der Schallbelastung am Tage auch die Schallbelastung in der Nacht als unabhängigen Risikofaktor für Erkrankungen unter Dosis-Wirkungsgesichtspunkten untersucht wurde.

Ein zweiter wesentlicher Beitrag der Studie zum wissenschaftlichen Kenntnisstand ist der direkte Vergleich zwischen der objektiven Schallbelastung (äquivalente Dauerschallpegel) und der subjektiv empfundenen Störung durch Lärm, im Hinblick auf den möglichen Zusammenhang mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen. Die Störung durch Lärm zeigte insgesamt einen deutlich schwächeren Zusammenhang mit der relativen Häufigkeit ärztlicher Behandlungen als der nächtliche Dauerschallpegel an der Wohnung. Andererseits bestand ein deutlicher Zusammenhang zwischen psychischen Störungen und dem Lärmerleben (subjektiv empfundene Störung), der auch in der Literatur wiederholt berichtet wurde. Dort wird die Vermutung geäußert, dass dieser Zusammenhang stark durch nicht-akustische Komponenten bestimmt ist.

Ein dritter Aspekt dieser Studie betrifft den Vergleich zwischen Straßenverkehrslärm und Fluglärm hinsichtlich des Zusammenhangs mit den gesundheitlichen Beeinträchtigungen. Bei grober Betrachtung der Studie könnte man geneigt sein, die Ergebnisse insgesamt in Richtung einer stärkeren gesundheitlichen Beeinträchtigung durch Straßenverkehrslärm als durch Fluglärm zu interpretieren. Diese Schlussfolgerung kann jedoch bei einer detaillierteren Betrachtung nicht aufrechterhalten werden, da die Fluglärmbelastung u. a. nicht – wie beim Straßenverkehr für jede Wohnadresse aus dem aktuellen Verkehrsaufkommen berechnet – in vergleichbaren Pegelkategorien klassifiziert werden konnte wie der Straßenverkehrslärm, sondern anhand der 1976 (1984) bestimmten Fluglärmzonen quantifiziert wurde. Insofern sind direkte quantitative Vergleiche zwischen Straßenverkehrslärm und Fluglärm nicht möglich. Zusätzlich ist bei der Interpretation der Befunde zur nächtlichen Störung durch Fluglärm zu berücksichtigen, dass die überwiegend in Spandau wohnende Kohorte mit dem Fluglärm des Flughafens Berlin-Tegel belastet war und für diesen Flughafen eine besondere Nachtflugregelung besteht, die von 22:00 bis 5:00 Uhr keine planmäßigen Starts und Landungen zulässt. Ausgenommen von dieser Regelung sind verspätete Starts und Landungen planmäßiger Maschinen bis 23:00 Uhr. Die nächtliche Fluglärmbelastung in Spandau ist demzufolge im Vergleich mit anderen Verkehrsflughäfen als eher moderat einzustufen. Ein Vergleich zwischen beiden Lärmarten hinsichtlich der gesundheitlichen Wirkungen kann vor diesem Hintergrund nur mit der

Lärmbelastung am Tage erfolgen. Hier bestanden in der Studie ähnliche, aber nicht signifikante, Tendenzen in Richtung eines erhöhten Risikos für Hypertonie jeweils in der höchsten Lärmkategorie.

Für die Bewertung des potenziellen Einflusses von Umweltlärm auf die untersuchten Erkrankungen besteht weiterer Forschungsbedarf. In zukünftigen Lärmstudien sollte zwischen der Lärmbelastung tags und nachts explizit unterschieden werden. Dies betrifft den Straßenverkehrslärm ebenso wie den Fluglärm. Die Ergebnisse des Spandauer Gesundheits-Survey zum Straßenverkehrslärm unterstützen die Vermutung, dass die nächtliche Lärmbelastung möglicherweise eine wesentlich stärkere Rolle bei der Entstehung gesundheitlicher Beeinträchtigungen spielt als die Lärmbelastung am Tage – insbesondere, was Beeinflussungen des Herz-Kreislaufsystems anbetrifft.

Die aus dem allgemeinen Stressmodell abgeleitete und in Lärmwirkungsexperimenten beobachtete enge Verzahnung zwischen Immunsystem, Nervensystem und endokrinem System deutete sich in dieser Studie für langjährige Verkehrsgeräuschbelastung auch auf epidemiologischer Ebene an. So ergaben sich Hinweise auf die Möglichkeit, dass die Prävalenz von ärztlichen Behandlungen aufgrund von Asthma bronchiale und Krebserkrankungen mit steigender Schallbelastung der Wohnungen der Probanden zunimmt. Dies könnte über Störungen des Immunsystems vermittelt sein. Da derartige Wirkungsmechanismen jedoch sehr komplex sind, und wesentliche andere Einflussfaktoren und Ursachen für diese Krankheiten in dieser Studie nicht kontrolliert werden konnten (z. B. arbeitsplatzbedingte Exposition, familiäre Vorbelastung), sind diese Untersuchungsergebnisse mit entsprechender Vorsicht zu interpretieren. Auch Luftschadstoffe, die im Verkehr die gleiche Herkunft haben, wie der Lärm, könnten hier einen starken konfundierenden (Ergebnis-verzerrenden) Einfluss ausgeübt haben.

Bei der Untersuchungs-Stichprobe handelt es sich um ein selektiertes Probandenkollektiv, in dem sich aufgrund des Ziehungsschlüssels überwiegend ältere, gesundheitsbewusste Personen befanden. Es ist nicht auszuschließen, dass überproportional viele Personen mit Gesundheitsproblemen an dem Gesundheits-Survey teilnahmen, der den Probanden eine regelmäßige und umfangreiche Kontrolle ihres Gesundheitszustandes ermöglichte. Insofern wäre es möglich, dass gewissermaßen eine Risikogruppe untersucht wurde, in der Lärmeffekte sich stärker manifestieren könnten als in der Allgemeinbevölkerung.

In der vorliegenden Untersuchung wurden statistische Zusammenhänge zwischen der Umweltlärmexposition der Probanden des SGS vorwiegend bei Wirkungsendpunkten im Bereich des Herz-Kreislauf-Systems beobachtet. Dies ist in Übereinstimmung mit einer Reihe anderer epidemiologischer Lärmstudien. Aufgrund der Vielzahl der getesteten Zusammenhänge zwischen Lärmvariablen und möglichen gesundheitlichen Wirkungen und aufgrund methodischer Grenzen (Querschnittstudie) hat die vorliegende Untersuchung in erster Linie explorativen Charakter und dient neben der Verfestigung bestehender Wirkungshypothesen auch der Ableitung von neuen Wirkungshypothesen, die in weiteren analytischen Studien zu überprüfen sind. Darüber hinaus gibt sie Hinweise auf verbesserte methodische Ansätze, was die Bestimmung und statistische Behandlung der Lärmexposition der Untersuchungspersonen in derartigen Studien angeht.

4. Literatur

- [1] 16. BImSchV 1990 Verkehrslärmschutzverordnung. Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes vom 12. Juni 1990. BGBl. I: 1036.
- [2] 18. BImSchV 1991 Sportanlagenlärmschutzverordnung. Achtzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes vom 18. Juli 1991. BGBl. I/III: 1588,1790/2129-1588-1581-1518.
- [3] Babisch, W. 2000 Gesundheitliche Wirkungen von Umweltlärm. Ein Beitrag zur Standortbestimmung. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 47: 95-102.
- [4] Babisch, W. 2000 Schallpegel in Diskotheken und bei Musikveranstaltungen. Teil I: Gesundheitliche Aspekte. WaBoLu-Hefte 03/2000. Umweltbundesamt, Berlin.
- [5] Babisch, W. 2001 Risikobewertung in der Lärmwirkungsforschung. Zum Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen durch chronischen Lärmstress. Umweltmed. Forsch. Prax. 6: 243-250.
- [6] Babisch, W. 2002 Physikalische Einflussfaktoren, Teil 1: Lärm. In: D. Eis, A. Beyer (eds.) Praktische Umweltmedizin - Klinik, Methoden, Arbeitshilfen. SpringerLoseblattSysteme. Springer-Verlag, Heidelberg, 1-52.
- [7] Babisch, W. 2003 Kapitel IV-1.6 Belastung der Umweltmedien - Lärm. In: H.-E. Wichmann, H.-W. Schlipkötter, G. Fülgraff (eds.) Handbuch der Umweltmedizin. Ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG, Landsberg/Lech, im Druck.
- [8] Babisch, W., Bohn, B. 2000 Schallpegel in Diskotheken und bei Musikveranstaltungen. Teil II: Studie zu den Musikhörgewohnheiten von Oberschülern; Teil III: Studie zur Akzeptanz von Schallpegelbegrenzungen in Diskotheken. WaBoLu-Hefte 04/2000. Umweltbundesamt, Berlin.
- [9] BImSchG 1990 Bundesimmissionsschutzgesetz. Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge. BGBl. I: 880,2643.
- [10] Fluglärmgesetz 1971 Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm vom 30. März 1971, zuletzt geändert durch Gesetz vom 25. September 1990. BGBl. Jahrgang 1971, Teil 1/Jahrgang 1990 Teil 1: 282/2106.
- [11] Hygge, S., Evans, G.W., Bullinger, M. 2002 A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. Psychological Science 13: 469-474.
- [12] Irmer, V.K.P. 2002 Die EG-Richtlinie zur Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 49: 176-181.
- [13] Ising, H. 1996 Gehörgefährdung durch laute Musik. Soz. Präventivmed. 41: 327-328.
- [14] Ising, H., Kruppa, B., Babisch, W., Gottlob, D., Guski, R., Maschke, C., Spreng, M. 2001 Kapitel VII-1 Lärm. In: H.-E. Wichmann, H.-W. Schlipkötter, G. Fülgraff (eds.) Handbuch der Umweltmedizin. Ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG, Landsberg/Lech, VII-1: 1-41.
- [15] ISO 1999 1990 Acoustics - Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment. International Organization for Standardization, Geneva.
- [16] Kommission "Soziakusis (Zivilisations-Gehörschäden)" des Umweltbundesamtes 2000 Pegelbegrenzung in Diskotheken zum Schutz vor Gehörschäden. Bundesgesundheitsblatt 43: 642-643.
- [17] LAI 1992 Muster-Verwaltungsvorschrift zur Durchführung des §47a BImSchG - Aufstellung von Lärminderungsplänen. Länderausschuss für Immissionsschutz.
- [18] Maschke, C., Wolf, U., Leitmann, T. 2003 Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose. Report 298 62 515, WaBoLu-Hefte 01/03. Umweltbundesamt, Berlin.

- [19] Ortscheid, J. 2003 Weniger Lärmbelästigung in der Wohnung und am Arbeitsplatz (?). Zeitschrift für Lärmbekämpfung 50: 12-13.
- [20] Ortscheid, J., Wende, H. 2002 Lärmbelästigung in Deutschland. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 49: 41-45.
- [21] Passchier-Vermeer, W., Passchier, W.F. 2000 Noise exposure and public health. Environmental Health Perspectives 108 (suppl. 1): 123-131.
- [22] Richtlinie 2002/49/EG 1986 Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 189: 12-25.
- [23] TA Lärm 1998 6. AVwV, Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm) vom 26. August 1998. GMBI (Gemeinsames Ministerialblatt) 26: 501-515.
- [24] Umweltbundesamt 1994 Daten zur Umwelt 1992/93. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin.
- [25] Umweltbundesamt 2001 Daten zur Umwelt. Der Zustand der Umwelt in Deutschland 2000. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin.
- [26] Umweltbundesamt 2003 Lärmprobleme. URL: <http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/einleitung.html>.
- [27] WHO 2000 Guidelines for community noise. World Health Organization. URL: http://www.who.int/environmental_information/Information_resources/on_line_noise.htm, Geneva.
- [28] Wissenschaftlicher Beirat der Bundesärztekammer 1999 Gehörschäden durch Lärmbelastungen in der Freizeit. Deutsches Ärzteblatt 96: A 1081-1084, B 1836-1839, C 1760-1763.