

GERÄUSCHBELASTUNG UND HÖRSCHWELLENVERSCHIEBUNGEN BEI KINDERN UND JUNGEN ERWACHSENEN

Detlef Schulz, Karin Künzel, Lars Hentschel, Frank Szymczak
 Hochschule Mittweida (FH), FB MPI, Studiengang Umwelttechnik / Umweltakustik, Technikumplatz 17, 09648 Mittweida

1. Einführung, Methode und Probanden

Bisherige Untersuchungen deuten darauf hin, dass heutige Lebensbedingungen und Lebensgewohnheiten schon in jüngeren Jahren zu einer Beeinträchtigung des Hörvermögens führen können. Aufschlussreich ist deshalb ein Vergleich von Freizeitlärm mit Normen für beruflich bedingte Lärmbelastungen (wöchentlicher äquivalenter Schalldruckpegel von 90 dB(A) während 40h oder z.B. 102 dB(A) während 2,5h). Für ein zeitiges Erkennen früher Gehörbeeinträchtigungen wäre es wünschenswert, aus Anzeichen im Höchston(HT)-Bereich (8kHz...20kHz) auf eine spätere Schädigung im konventionellen Hörbereich (125Hz...8kHz) schließen zu können (vgl. [1]). Dabei ist es wegen altersbedingter Hörverluste ratsam, für die Untersuchungen im HT-Bereich junge Probanden heranzuziehen. Zur Bestimmung der Geräuschbelastung sind ca. 220 dosimetrische Messungen (Dosimeter CEL 281, CRL 701) in Gymnasien [2], in Discotheken, bei Sportveranstaltungen sowie bei anderen Freizeitaktivitäten durchgeführt worden. Ergänzt werden diese Untersuchungen durch Befragungen. Die Schalldruckpegel, die mit Dosimetern (Mikrofon am Kragen) ermittelt werden, sind nach Laborauswertungen bei den untersuchten Geräuscharten für den A-bewerteten Gesamtpegel ca. 1...3dB höher als bei Messungen mit frei stehenden Mikrofonen. Hörschwellenmessungen wurden mit einem Hochtonaudiometer Hortman CA 540/1 durchgeführt ($f = 125\text{Hz} \dots 16\text{kHz}$, $\Delta L = 5\text{dB}$). Alle Messungen wurden von tympanometrischen Untersuchungen begleitet (Tymp 87). Als Probanden dienten ca. 90 Schüler von Mittelschulen (7.-9.Kl.), 70 Schüler von Gymnasien (8.-11.Kl.) sowie 120 Studenten. Aus der Auswertung wurden Probanden ausgeschlossen, die auffällige tympanometrische Befunde zeigten, erkältet waren bzw. Ohrerkrankungen bzw. -verletzungen angegeben hatten.

2. Untersuchungen zur Geräuschbelastung

Einige Ergebnisse von Messungen sind in Tab. 1 zusammengefasst. Die bei personenbezogenen Messungen in Discotheken gefundenen Pegel entsprechen [3]-[5]. Vergleichsmessungen bei 5 Rock- bzw. Schlagerkonzerten erbrachten eine mittlere Dosis von ca. 23 Pa²h (99...107 dB(A)). Die Schallbelastung beim Besuch einer Discothek ist mit ca. 2 Wochen Arbeit bei 85 dB(A) vergleichbar, bei den genannten Konzerten sind es sogar 5 Wochen! Bei einem wöchentlichen Discobesuch (Dauer 5h) bei $L_{eq}=100\text{dB(A)}$ tritt nach 5 Jahren entsprechend ISO 1999 mit 50% Wahrscheinlichkeit ein Hörverlust von mindestens 9dB bei 4kHz ein (Vgl.: altersbedingter Unterschied der Hörschwellen einer 23-jährigen Person gegenüber einer 18-jährigen: 0,2...0,4dB bei 4kHz). Zusätzliche Gefährdungen für das Gehör ergeben sich daraus, dass es während der Discotheken für das Ohr kaum Erholungsphasen gibt (40-70% der Zeit

Pegel größer 95 dB(A)). Messungen in der Schweiz [6] ergaben mit $L_{eq}=89\text{...}100\text{dB(A)}$ für Konzerte und $L_{eq}=88\text{...}101\text{ dB(A)}$ für Discotheken etwas niedrigere Werte. Hier scheinen sich positive Tendenzen im Zusammenhang mit der Einführung der Schall- und Laserverordnung (1996) wiederzuspiegeln.

Messungen bei wöchentlichen Proben von Amateurbands ergaben $L_{eq}=100\text{...}109\text{dB(A)}$ (Probendauer 2-3h); jede Probe entspricht einer Geräuschbelastung von 10-60 Arbeitstagen bei 85 dB(A). 45% der 1min- L_{eq} -Werte waren größer als 100dB(A).

Auch beim Besuch von Sportveranstaltungen können erhebliche Schallbelastungen auftreten. Der Mittelwert bei Fußballspielen (54 Mess.) lag bei $L_{eq}=90\text{dB(A)}$, wobei je nach Art des Spieles, Spielort, Aufenthaltssort, Verhalten der Testperson / Personen in der Umgebung, Zuschauerzahl und Resultat eine breite Streuung zu beobachten ist. Der Gesamtpegel wird dabei maßgeblich durch wenige Pegelspitzen bestimmt. Im Gegensatz dazu kann bei Hallen – Spilsportarten von einem gleichbleibend hohen Grundpegel ausgegangen werden. Einen wesentlichen Beitrag zum Gesamtpegel liefern hier Pausenmusik und Ansagen. Daraus resultieren äquivalente Schalldruckpegel, die z.T. über 100dB(A) betragen.

Messungen beim Autofahren (Studenten) zeigten, dass der Innenpegel hauptsächlich durch das Autoradio bestimmt wird: Mittelwert $L_{eq} \approx 80\text{dB(A)}$ bei $t < 2\text{h}$, „Extensivnutzer“ mit mittleren Pegeln von 98dB(A). Bei letzteren ist die Schallbelastung bei der täglichen Autofahrt mit der eines Arbeitstages bei 85 dB(A) vergleichbar.

Häufigste Freizeitbeschäftigung Jugendlicher ist das Musikhören. Bei der Einschätzung der Lautstärke wird auf einer 5-stufigen Skala mehrheitlich der mittlere Wert gewählt. Allerdings gaben je nach Altersgruppe ca. 30-60 % der Befragten an, Musik laut – sehr laut zu hören. Folgende Tendenzen zeigten sich:

- Der Discothekbesuch nimmt in diesen Altersgruppen mit dem Alter zu (bei ca. 24% der Studenten mehr als 15 h / Monat).
- Walkman-Besitz und -Nutzung sind mit zunehmendem Alter rückläufig (siehe auch [7], [8], [9]).
- Autoradiohören nimmt mit dem Alter i.a. zu (Studenten : 76% oft - sehr oft).

Mittelschüler schätzen im Vergleich zu Gymnasiasten ihren Musikkonsum eher als „laut – sehr laut“ ein. Autoradio hören und Leichtmotorrad fahren spielt bei den Mittelschülern ebenfalls eine größere Rolle (mögliche Ursache: Mittelschulen in einer Kleinstadt mit einem territorial größeren Einzugsgebiet). Ein Vergleich Großstadt – Kleinstadt (Gymnasiasten) ergibt folgende Tendenzen: Kleinstadt-Schüler gehen häufiger in die Disco, Großstadt-Schüler nutzen häufiger Walkman. Der durchschnittliche Discothekbesuch der untersuchten Gymnasiasten (6h/Woche) ist aber etwas höher als z.B. bei Wiener Gymnasiasten [9].

Tabelle 1: Geräuschbelastung bei verschiedenen Veranstaltungen (Besucher, dosimetrische Messungen)

Art	Ort bzw. Veranstaltung	Meß-dauer	An-z.	L_{eq} in dB(A)		L_{AFmax} in dB(A)		E in Pa ² h		Bemerkungen
				Mittel	Streuber.	Mittel	Streuber.	Mittel	Streuber.	
Musik	Kommerzielle Disco	2 ... 5 h	19	100	95 ... 104	122	112 ... 137	11,2	4 ... 47	43-71% d. Zeit $L > 95\text{ dB(A)}$
	Bandprobe (Musiker)	1,2 ... 2,5	4	104	100 ... 109	124	117 ... 139	15		Mess.: 2-3 Bandmitgl.
Sport im Freien	Fußball	105 min	54	90	75 ... 104	120	95 ... 137	3,5	0,01 ... 22,5	3350 Zusch.
	davon: 2. Bundesliga		10	87	85 ... 91	117	111 ... 123			6200 Zusch.
	Regionalliga NO		28	92	75 ... 104	122	100 ... 138			2900 Zusch.
	Landesliga SN		5	85	79 ... 91	113	108 ... 116			200 Zusch.
	Pokalspiele		3	97	91 ... 105	128	121 ... 137			4300 Zusch.
	Freundschaftssp.		8	90	75 ... 102	121	105 ... 137			3000 Zusch.
Hallen-sport	Fußball, Hallenturnier	4 ... 4,5 h	3	102	98 ... 106	134	131 ... 136	34	12 ... 69	3500 Zusch.
	Handball, Landesliga	100 min	3	92	90 ... 94	114	109 ... 122	1,0	0,6 ... 1,7	250 Zusch.
	Basketb., Bundes-/Landesl.	1,3...2,1 h	21	104	97 ... 110	132	105 ... 137	19	1,8 ... 75,4	Gefüllte Halle
	Eishockey	2,5 h	2	97	95; 98	122	115; 130	4,9	2,7 ; 7,1	Pausenmusik
Sonst.	Autofahrt mit Radio (Stud.), davon: Normalkonsument	0,2... 2,0 h	27	81	67 ... 106	100	84 ... 126	0,2	0,01 ... 2,3	Leq(mit Radio) - Leq(ohne Radio)
			24	79	67 ... 88	97	84 ... 110	0,03		
	Extensivnutzer		3	98	94 ... 106	119	113 ... 126	1,4		$\approx 8\text{...}9\text{ dB(A)}$

3. Hörschwellen und Geräuschbelastung

Zunächst wurden alterstypische Bezugshörschwellen gebildet, indem für jede Stichprobe (z.B. Studente (112), Mittelschule 7.Kl. (25), Mittelschule 8./9.Kl. (54), Gymnasium 8./9.Kl. (39), Gymnasium 10./11. Kl. (28)) eine mittlere Hörschwelle berechnet wurde. Alle Ohren mit starken Abweichungen von diesen Mittelwerten ($1 \times 20\text{dB}$ oder $2 \times 15\text{dB}$) wurden danach ausgeschlossen und ein neuer Mittelwert gebildet (ggf. Wiederholung dieser Prozedur). Die mittlere Hörschwelle im konventionellen Bereich ändert sich dabei nur geringfügig. Im Höchsttonbereich dagegen wird eine deutliche „Verbesserung“ der Hörschwelle erreicht; in diesem Bereich streuen die individuellen Hörschwellen wesentlich stärker als im konventionellen Bereich.

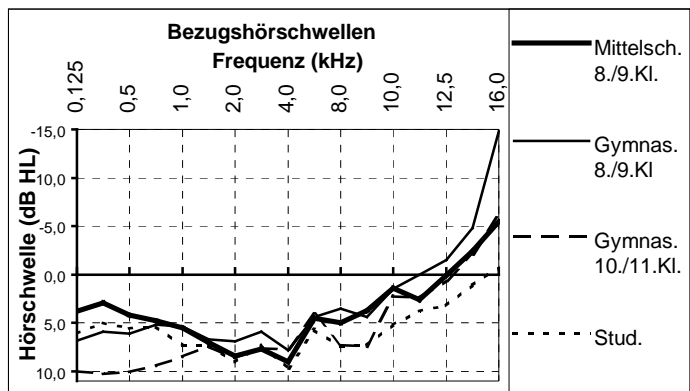


Abbildung 1 : Bezugshörschwellen verschiedener Stichproben

Abb.1 zeigt verschiedene Bezugshörschwellen. Im Bereich von 1,5...6kHz bestehen kaum Unterschiede. Für Frequenzen größer als 8kHz ist mit zunehmendem Alter eine Verschlechterung der Hörschwellen zu erkennen. Damit wird die eingangs aufgestellte Vermutung erhärtet, dass Gehörbeeinträchtigungen bevorzugt im HT-Bereich einsetzen.

Tabelle 2: Gehörbeeinträchtigungen in versch. Frequenzbereichen (A: 0,25...2,0kHz; B: 3,0...8,0kHz; C: 9,0... 16,0kHz); ΔL : Differenz individuelle Hörschwellen - Bezugshörschwellen (0dB: 0dB – Linie; Bez.: Bezugshörschwelle der Stichprobe)

ΔL / dB	Probanden	Anteil der geschädigten Ohren in %					
		Bereich A		Bereich B		Bereich C	
		0 dB Bez.	0 dB Bez.	0 dB Bez.	0 dB Bez.		
10	Schüler	11,9	28,3	49,7			
	Studenten	13,6	25,3	62,1			
20	Schüler	9,9	1,6	18,2	4,1	24,0	21,1
	Studenten	12,1	2,6	24,7	3,7	37,9	34,2
30	Schüler	0,3		3,4		11,3	
	Studenten	2,6		4,2		24,7	

Weiterhin wurde untersucht, ob Gehörbeeinträchtigungen bevorzugt bei bestimmten Frequenzen auftreten. Der Frequenzbereich wurde in 3 Intervalle aufgeteilt (vgl. Tab. 2). Eine Beeinträchtigung eines Ohres liegt dann vor, wenn die individuelle Hörschwelle bei einer Frequenz um einen vorgegebenen Wert ΔL schlechter als die Bezugshörschwelle ist. Unabhängig von deren Wahl und dem vorgegebenen ΔL weist der Vergleich der Ergebnisse für 192 Schüler und 95 Studenten auf einen Anstieg der Schadenswahrscheinlichkeit mit zunehmender Frequenz und mit zunehmendem Alter (bei hohen Frequenzen) hin, d.h. Gehörbeeinträchtigungen setzen bevorzugt im HT-Bereich ein. Um Zusammenhänge zwischen Schädigung und bestimmten Formen der Geräuschbelastung zu finden, wurde folgendermaßen vorgegangen :

- Jeder individuellen Hörschwelle wird ein Schadensmaß S zugeordnet. Dazu wurden vier Möglichkeiten vorgesehen :
 - 1) S_1 : Summe aller (positiven) Abweichungen ΔL_i von einer Bezugshörschwelle;
 - 2) S_2 : wie 1) , aber nur für alle $\Delta L_i > 10$ dB;
 - 3) S_3 : Anzahl der Testfrequenzen in Hörsenken;
 - 4) S_4 : Summe aller Abweichungen innerhalb von Hörsenken.

- Die Schadensmaße S_k werden mit variabel wählbaren Gewichten w_k zu einem Gesamtschaden S zusammengefasst.
- Jeder Ausprägung eines Merkmals (Fragebogen, z.B. Häufigkeit des Discobesuches) wird ein Wert 1-4 zugeordnet.
- Für jedes interessierende Merkmal wird eine lineare Regression durchgeführt, der Beitrag des Merkmals zur Erklärung des Gesamtschadens festgestellt sowie mittels t-Test bzw. F-Test der Einfluss des jeweiligen Merkmals sowie die Güte der Regressionsfunktion getestet (für 5% Irrtumswahrsch.).

Dabei wurden verschiedene Varianten verglichen: gemeinsame Bezugshörschwelle für alle Stichproben bzw. Stichproben-Bezugshörschwellen, unterschiedlichen w_k . Die Wahl dieser Varianten bestimmt zwar den Wert des mittleren Schadens, hat aber wenig Einfluss auf die Aussage, welche Merkmale besonders zur Ausprägung dieses Schadens beitragen:

- Studenten : Allergie; Discobesuche;
- Gymnasium 10./11.Kl.: Lautstärke des Musikhörens; Musikhören über Stereoanlage;
- Gymnasium 8./9.Kl.: Lautstärke des Musikhörens; Musikhören über : Kopfhörer, Stereoanlage, Walkman; Musikinstrument spielen;
- Mittelschule, 7.Kl.: Allergie; Musikhören über Kopfhörer.

Es wurde weiterhin geprüft, welche der Merkmale innerhalb jeder Stichprobe statistisch unabhängig sind (Fisher – Test). Das ist für die o.g. Merkmale nur bei der Stichprobe „Mittelschule 7.Kl.“ der Fall. Die Ausführung einer zweidimensionalen Regression brachte in diesem Fall (wie auch für andere, bei eindimensionaler Regression nicht relevante Merkmale) keine wesentliche Verbesserung.

Die obigen Resultate weisen darauf hin, dass verschiedene Formen des „exzessiven“ Musikkonsums an der Ausprägung von Gehörschädigungen beteiligt sind. Für detailliertere Aussagen sind aber statistische Untersuchungen an Stichproben größeren Umfangs notwendig. Obwohl Ergebnisse der bisherigen Arbeiten darauf hin deuten, dass für einen **großen Teil** der Jugendlichen viele der o.g. Beiträge **allein** nur ein geringes Schädigungspotential darstellen, tragen sie additiv zur Gesamtexposition bei (vgl. auch [10]). Aufgrund der hohen Pegel sowie des häufigen Besuchs stellen Discotheken ein besonderes Risiko dar. Aber auch bisher in der Fachliteratur weniger beachtete Komponenten wie der regelmäßige Besuch von Sportveranstaltungen mit hohen Zuschauerzahlen, besonders auch Hallen – Spielsportarten, können das Risiko für eine Gehörschädigung erhöhen, z.B. additiv zu beruflichen Belastungen bei Lehrlingen.

Literatur:

- [1] Dieroff, H.-G. : Das Hochtongehör, ein früher Indikator bei der Entwicklung von umweltbedingten Innenohrschäden; Z. gesamte Hyg. 32(2) (1986), 123-28
- [2] Schulz, D.; Künzel, K. : Hörschwellenverschiebungen bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen durch Geräuschbelastungen im Freizeitbereich und in der Schule; Fortschr. d. Akustik – DAGA 96, 158 –160
- [3] Ising, H. u.a. : Hörschäden von jugendlichen Berufsanfängern aufgrund von Freizeitlärm und Musik; Z. f. Lärmbekämpfung 35 (1988), 35-41
- [4] Rudloff, F.; Schuschke, G. : Untersuchungen zum Ausmaß und möglichen Folgen jugendlichen Musikkonsums; DAGA 94; Bad Honnef : DPG-GmbH (1994), 1453-57
- [5] Schuschke, G. u.a. : Untersuchungen zum Ausmaß und möglichen Folgen jugendlichen Musikkonsums, Teil III; Z. f. Lärmbekämpfung 43 (1996), 9-14
- [6] Plüss, P. : Messungen zur Überprüfung der Schall- und Laserverordnung, persönliche Mitteilung (1998)
- [7] Ising, H. u.a. : Gehörschadensrisiko durch Musikhören mit Kopfhörer; HNO 42 (1994), S. 764 - 768
- [8] Felchlin, I.; Hohmann, B.W. : Gehörgefährdung durch Walkman-Geräte; Fortschr. d. Akustik – DAGA 97, 493 - 494
- [9] Hohenwarter, D.; Körpert, K. : Musikhörgewohnheiten und Geräuschexposition von Jugendlichen; Fortschr. d. Akustik – DAGA 98, 726 – 727
- [10] Zenner, H.P. u.a.: Gehörschäden durch Freizeitlärm; HNO 47 (1999), 236 - 248