

Lärm und Gesundheit

Eine Publikation der
Ärztinnen und Ärzte
für Umweltschutz

Lärm und Gesundheit

Eine Publikation der Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz

Impressum:

Herausgeber:
Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz
Postfach 41
4013 Basel

AutorInnen:
Dr. med. Bernhard Aufderreggen, Visp
Dr. med. Cornelia Conzelmann-Auer, Universität Basel
Dr. iur. Peter Ettler, Zürich
Dr. sc. techn. Beat Hohmann, SUVA Luzern
Dr. med. Gustav Ott, Domat/Ems
Prof. Dr. sc. nat. Hans-Urs Wanner, ETH Zürich

Redaktion:
Dr. med. Cornelia Conzelmann-Auer, Prof. Dr. sc. nat. Hans-Urs Wanner und
Roger Stupf, dipl. Natw. ETH

Realisation, Illustrationen und Fotos:
Roger Stupf

Abbildungen:
mit freundlicher Genehmigung des BUWAL, Bern und der SUVA, Luzern

Layout und Grafik:
visucom, AG für visuelle Kommunikation, Brig

Druck:
S&Z Print, Brig-Glis

Brig/Zürich, 1995

Diese Broschüre konnte herausgegeben werden mit der finanziellen Unterstützung
– der Verbindung der Schweizer Ärzte (FMH)
– des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL).

Vorwort

Die meisten menschlichen Tätigkeiten und Aktivitäten erzeugen – gewollt oder ungewollt – Geräusche, Schallereignisse und Lärm. Lärm ist vielfach die unmittelbarste Auswirkung menschlichen Tuns. Das Gehör ist aber ein hochempfindliches Organ, ohne das sich der Mensch in seiner Umgebung nicht zurechtfinden kann. Es dient sowohl der räumlichen Orientierung, der Kommunikation, aber auch der Wahrnehmung von Gefahren.

In unserem dichtbesiedelten Land werden heute die Menschen derart mit einer Unmenge von akustischen Reizen überflutet, dass für viele die Grenze des Unerträglichen erreicht oder gar überschritten ist. Trotzdem werden die Auswirkungen übermässiger Lärmbelastungen oft verniedlicht. Störungen und Belästigungen durch Lärm können gesundheitliche Auswirkungen haben und zu physischen oder psychischen Schäden führen. Deshalb gilt: Genauso wie saubere Luft und giftfreie Böden gehört auch ein lärmfreier oder lärmarmes Lebensraum zu einer intakten Umwelt.

Die vorliegende Broschüre stellt für den interessierten Laien, vor allem aber auch für Schüler, Studenten, Lehrer und Politiker eine ausgezeichnete Einführung in die Thematik Lärm und Gesundheit dar und liefert einen umfassenden Überblick. Sie zeigt die gesundheitlichen Risiken von Lärmeinwirkungen auf und beschreibt die Folgen. Die Broschüre kann mithelfen, unser Bemühen um eine ruhigere Umwelt zu unterstützen und das Umdenken in dieser Richtung zu fördern.

Philippe Roch
Direktor des Bundesamtes
für Umwelt, Wald und Landschaft
BUWAL

Weil der Lärm krank macht . . .

Vor hundert Jahren prophezeite Robert Koch, der bekannte Arzt und Mikrobiologe (Entdecker der Tuberkulose): «Eines Tages wird der Mensch den Lärm ebenso bekämpfen müssen wie die Cholera und die Pest.» Und tatsächlich – als Folge der zunehmenden Mobilität seit den 50er Jahren im Strassen- und Flugverkehr – leidet heute rund ein Drittel der Schweizer Bevölkerung unter übermässigen Lärmimmissionen. Mit Fug und Recht kann der Lärm heute als der stärkste Umweltbelastungsfaktor bezeichnet werden.

Als Ärztinnen und Ärzte sind wir in unseren Praxen direkt oder indirekt mit Menschen konfrontiert, die an den Auswirkungen dieser Lärmepidemie leiden. Schlafstörungen sind nur eine der häufigen Auswirkungen. Stressreaktionen mit negativen Auswirkungen auf Psyche und Herz treten auf. Insbesondere aber wird der Lärm als grosse Belästigung empfunden.

Aus dieser Motivation heraus – und weil wir glauben, dass dem Thema Lärm in der Diskussion um die Umwelt-Noxen zu wenig Bedeutung beigemessen wird – haben wir von den Ärztinnen und Ärzten für Umweltschutz eine Lärmgruppe ins Leben gerufen, die das Problem der Lärmbelastigung näher studierte und deren Arbeit wir hier als Broschüre vorlegen können. Frau Dr. med. Cornelia Conzelmann, Mitarbeiterin am Institut für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Basel, brachte ihre Kenntnisse und Literaturübersicht auf Grund wissenschaftlicher Arbeit auf dem Gebiet der gesundheitlichen Auswirkungen des Lärms ein. Herr Prof. Dr. sc. nat. Hans-Urs Wanner, Leiter des Fachbereiches Umwelthygiene am Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH Zürich und Mitglied der Eidgenössischen Kommission für die Beurteilung von Lärmimmissionsgrenzwerten ist ein profunder Kenner des Lärmproblems in der Schweiz. Herr Dr. sc. techn. ETH Beat Hohmann, Chef der Sektion Akustik der SUVA in Luzern konnte aus einer reichen Erfahrung bei der SUVA schöpfen, physikalischen Laien die Akustik in verständlicher Form darzulegen. Herr Dr. iur. Peter Ettler kennt als engagierter Umweltjurist die Lärmschutzverordnung und ihre juristischen Feinheiten durch konkrete Erfahrung. Dr. med. Gustav Ott und ich als an Lärmproblemen interessierte Allgemeinpraktiker versuchten die Erfahrungen und Erwartungen der praktizierenden Kolleginnen und

Kollegen einzubringen. Ich möchte allen für ihre engagierte und unentgeltliche Arbeit danken. Insbesondere aber Herrn Wanner und Frau Conzelmann, die durch ihre redaktionelle Mitarbeit diese Broschüre möglich machten, sowie Herrn Roger Stupf, der durch seine redaktionelle und gestalterische Arbeit die Realisation der Broschüre übernommen hat.

Wir möchten mit dieser Broschüre einerseits Ärztinnen und Ärzten eine informative und umfassende Schrift zum Thema Lärm zur Verfügung stellen; andererseits sind die Texte so verfasst, dass sie sich auch an den interessierten Laien richten.

Lärmbekämpfung erachten wir nicht nur als wichtiges umweltpolitisches Anliegen, auch gesundheitspolitisch muss sie vorrangig behandelt werden. Die heutige Lärmbekämpfung basiert auf dem 1985 in Kraft gesetzten Umweltschutzgesetz und der darauf aufbauenden Lärmschutzverordnung von 1987. In der Zwischenzeit wurden Lärmkataster erstellt, Empfindlichkeitsstufen festgelegt. Bis im Jahre 2002 sollten nun die nötigen Sanierungsmassnahmen realisiert werden. Aber – wie wir es auch bei der Realisierung der Luftreinhalteverordnung feststellen mussten – nimmt der Eifer der Behörden ab, je näher die Sanierungsfristen rücken. Es gilt alles zu tun, damit es nicht zu einer zeitlichen und inhaltlichen Verwässerung der Lärmschutzverordnung kommt. Diese Broschüre soll ein Beitrag dazu sein.

Dr. med. Bernhard Aufderreggen
Präsident Ärztinnen und Ärzte
für Umweltschutz

Inhaltsverzeichnis

Lärm, Gesundheit und Geräuschumwelt	8
Akustische Grundlagen	12
Die wichtigsten akustischen Grössen	12
Die Schallausbreitung	16
Physiologie des Hörens	18
Aufbau und Funktion des Ohres	18
Hörmessung (Audiometrie)	20
Gesundheitliche Auswirkungen des Lärms	21
Hörschäden	23
Schlafstörungen	27
Wirkungen auf das Nervensystem	28
Belästigungen	30
Umgebungs­lärm	34
Strassenverkehrs­lärm	34
Flug­lärm	36
Eisenbahn­lärm	37
Industrie- und Baulärm	38
Schiess­lärm	39
Freizeit­lärm	40
Innen­lärm	40
Studien zur Lärmbelastung	41
Basler Studie	41
«Lärmdorf»-Studie	42
Lärmstudie 90	43
Lärmbekämpfung	45
Rechtliche Lärmbegrenzungen	47
Marktwirtschaftliche Instrumente	52
Postulate	56
Die verkehrsberuhigte Stadt	56
Autobahn	56
Eisenbahn	57

Luftverkehr	57
Schiessanlagen	58
Sport und Freizeit	58
Industrie, Gewerbe und Bautätigkeit	59
Persönliche Beiträge zur Lärmverminderung	59
Literatur	61

Lärm, Gesundheit und Geräuschumwelt

Die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Lärm und Gesundheit ist heute mehr denn je berechtigt. Lärm wirkt in den verschiedensten Formen täglich auf uns ein. Insbesondere der Strassen- und der Flugverkehr, aber auch Industrien, Gewerbebetriebe und Bauarbeiten können zu sehr hohen Lärmbelastungen führen, die das erträgliche Mass deutlich überschreiten.

Lärm ist *störender Schall*. Das Ausmass der Störung ist abhängig von der Art und Lautstärke der Geräusche; die dabei massgebenden messbaren Parameter sind die Intensität, der Frequenzbereich sowie die Häufigkeit und Höhe der Schallspitzen. Ein weiterer Faktor ist die subjektiv empfundene Störung, die vom Einzelnen individuell bewertet wird; hier spielen die Umgebung, die jeweilige Tätigkeit (Arbeit, Erholung, Kommunikation) sowie die Einstellung zur Lärmquelle eine wichtige Rolle. Aus gesundheitlicher Sicht von besonderer Bedeutung sind die *Schlafstörungen*. Die Erholung und Wiederherstellung der Kräfte während der Nacht ist eine für die Erhaltung der Gesundheit unerlässliche Voraussetzung. Eine Folge wiederholt auftretender Weckwirkungen und Ruhestörungen sind chronische Ermüdungszustände – gekennzeichnet durch Nervosität, Müdigkeit, erhöhte Reizbarkeit und verminderte Leistungsbereitschaft. Stark störende Lärmreize können auch zu *Stressreaktionen* führen, welche die Funktion verschiedener Organe sowie auch Stoffwechselforgänge beeinträchtigen. Aus diesem Grund ist der Lärm auch als Risikofaktor für Herz- und Kreislaufkrankheiten von Bedeutung.

Die häufigsten Lärmwirkungen – während der Arbeit sowie auch während den Stunden der Ruhe und Erholung – sind *Belästigungen*. Treten diese wiederholt auf, so handelt es sich eindeutig um eine Beeinträchtigung der Gesundheit. Heute versteht man unter Gesundheit nicht nur «Abwesenheit von Krankheit», sondern physisches, psychisches und soziales Wohlbefinden. Bei der Beurteilung von Lärmwirkungen sind somit neben den physiologischen Wirkungen (Hörschäden, Schlafstörungen, Wirkungen auf das Nervensystem) auch die psychologischen Wirkungen, also die Belästigungen und die verschiedenen dadurch ausgelösten Reaktionen zu berücksichtigen.

Geräusche werden aber nicht nur negativ, das heisst als Lärm bewertet. Im Alltag können wir zahlreiche Geräusche wahrnehmen, die für uns eine bestimmte Bedeutung haben und auch unser psychisches Wohlbefinden *positiv* beeinflussen. Dazu gehören zum Beispiel «Hintergrundgeräusche» aus der Nachbarschaft, Gespräche und Plaudereien, das Zwitschern und Singen der Vögel, das Plätschern eines Brunnens oder das Blätterrauschen.

Die Geräuschumwelt, die wir oft kaum mehr wahrnehmen, ist auch für die örtliche und zeitliche Orientierung von Bedeutung. So gehört zum Fluss das Rauschen, zum Wasserfall das Tosen, genauso wie das Zwitschern von Vögeln mit dem Morgen verbunden wird.

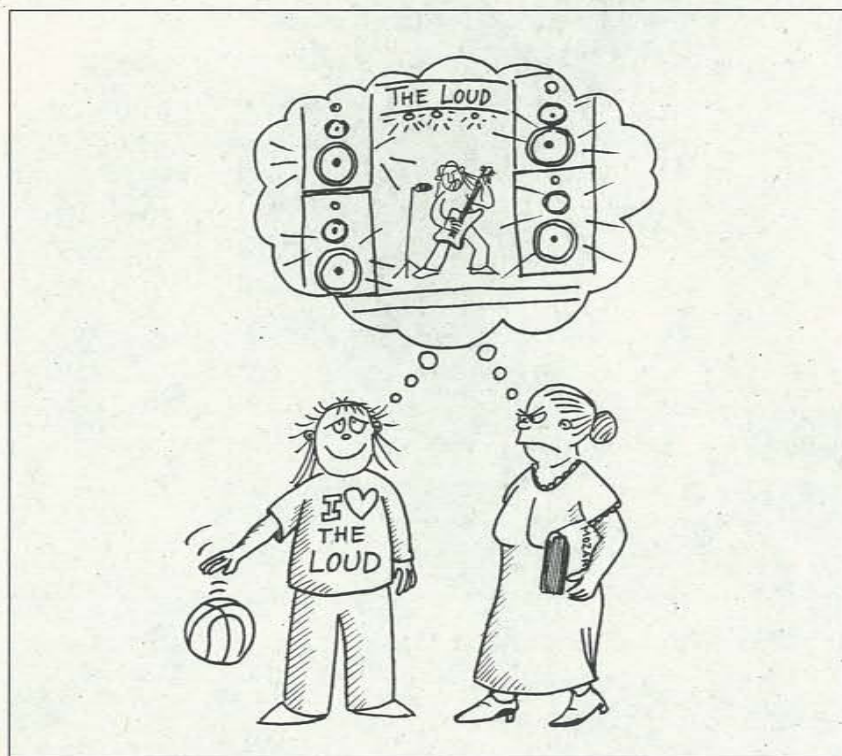


Dass dieselbe Geräuschquelle einmal als positiv, als Element der sogenannten *akustischen Landschaft*, ein andermal als negativ, als Lärm empfunden werden kann, zeigt das Beispiel der Kirchenglocken in einem Feriendorf. Während sie für den Einheimischen zum Leben im Dorf gehört und ein Gefühl von Geborgenheit und Beständigkeit gibt, stört sie vielleicht den Feriengast schlicht und einfach beim Schlafen.

Die Lärmbekämpfung darf uns deshalb nicht davon abhalten, dass wir uns zukünftig vermehrt mit der akustischen Umwelt auseinandersetzen, diese bewusst wahrnehmen und mitgestalten.

Wahrnehmung	Schall/Geräusche	
Bewertung	negativ: Lärm	positiv: Akustische Landschaft
Auswirkungen	Belästigungen Schlafstörungen Stressreaktionen	Psychisches Wohlbefinden Wohnlichkeit Sicherheit

Tab. 1:
Bewertung und
Auswirkungen
von Schall und
Geräuschen,
die wir im
Alltag wahr-
nehmen.



Unfreiwillige Wahrnehmungsübung

Eine Lärmbeobachtung

Taufgottesdienst – zur Abwechslung unter freiem Himmel.

Idyllische Stimmung auf einem kleinen Hügel neben der Kirche, inmitten von Bäumen. Herbstliche Wärme, Sonnenschein.

Gebet – Stille.

Stille:

es braucht Kraft, sich nicht ablenken zu lassen. Hinter der Baumkulisse die Autobahn, trotz Schallschutzwänden ist jedes Auto hörbar, sonntags zwar ohne Lastwagen. Wohin am Sonntagmorgen? Das Dorf liegt am Weg in die Bündner Alpen. Viele der Autofahrer sind auf dem Weg aus den lärmigen Städten und Dörfern in die Stille der Berge. Ein Maiensäss als Fluchtort. Die Stille dort!

Wieviele Leute das Auto auf dem Weg in die Stille wohl hören? Die meisten hören es wohl nicht aktiv, die Autos gehören zur Geräuschkulisse. Die Empfindlichen sind vielleicht schon selbst geflohen.

Stille:

Ein Helikopter kommt ins Gehörfeld. Langsam, ziemlich hoch fliegend, nicht laut, der Pfarrer muss die Predigt nicht unterbrechen, er spricht nur wenig lauter. Mit wem der Heli wohl herumfliegt? Vielleicht ein Rettungseinsatz, oder ein Privatflug? Wir sind es gewohnt. Die Helibasis ist in der Nähe.

Stille:

Auch die Eisenbahn lärmt durch das Tal. Öffentlicher Verkehr ist ja gut. Und auch das sind wir gewöhnt, seit Geburt.

Stille:

Vögel höre ich nicht. Das mag an der Jahreszeit liegen. Oder an der Geräuschkulisse?

Mir wird bewusst, wie sehr wir Stille bräuchten, um uns selbst zu spüren.

Gustav Ott

Akustische Grundlagen

Die wichtigsten akustischen Grössen

■ Schall

Lärm ist Schall – das ist bekannt. Doch was ist Schall? Beim Platzen eines Ballons entsteht ein Knall, weil der Überdruck im Inneren des Ballons plötzlich entweicht und Druckschwankungen in der umgebenden Luft hervorruft. Schall besteht also aus Druckschwankungen in der Luft.

Das Gehör verarbeitet den Schall zu zwei zusammenfassenden Eindrücken: zur tonlichen Zusammensetzung und zur Lautheit. Diese beiden Eindrücke entsprechen weitgehend den Grössen, mit denen die Physik ein Geräusch beschreibt: wie rasch, d. h. in welcher *Frequenz*, diese Druckschwankungen erfolgen und wie stark sie sind, d. h. wie gross der *Schalldruck* ist.

■ Frequenz

Die Anzahl Schwingungen pro Sekunde ist die Frequenz in *Hertz*, abgekürzt Hz. 1000 Schwingungen je Sekunde entsprechen einem Kilohertz (kHz).

Wenn in einer bestimmten Zeit sehr viele Schwingungen vorkommen, entspricht dies einem hohen Ton, zum Beispiel einem Pfeifen; wenn vergleichsweise wenig Schwingungen stattfinden, entsteht ein tiefer Ton, also zum Beispiel ein Brummen (Abbildung 1).

Drei Beispiele:

- Die ersten Töne des Radio-Zeitzeichens haben eine Frequenz von 1000 Hz.
- Der tiefste Ton auf einem Konzert-Flügel (A₂) entspricht 27 Hz.
- Der Pfeifton des Fernsehbildschirms (Ton abgedreht) hat ca. 16'000 Hz (16 kHz). Hören Sie diesen Ton noch?

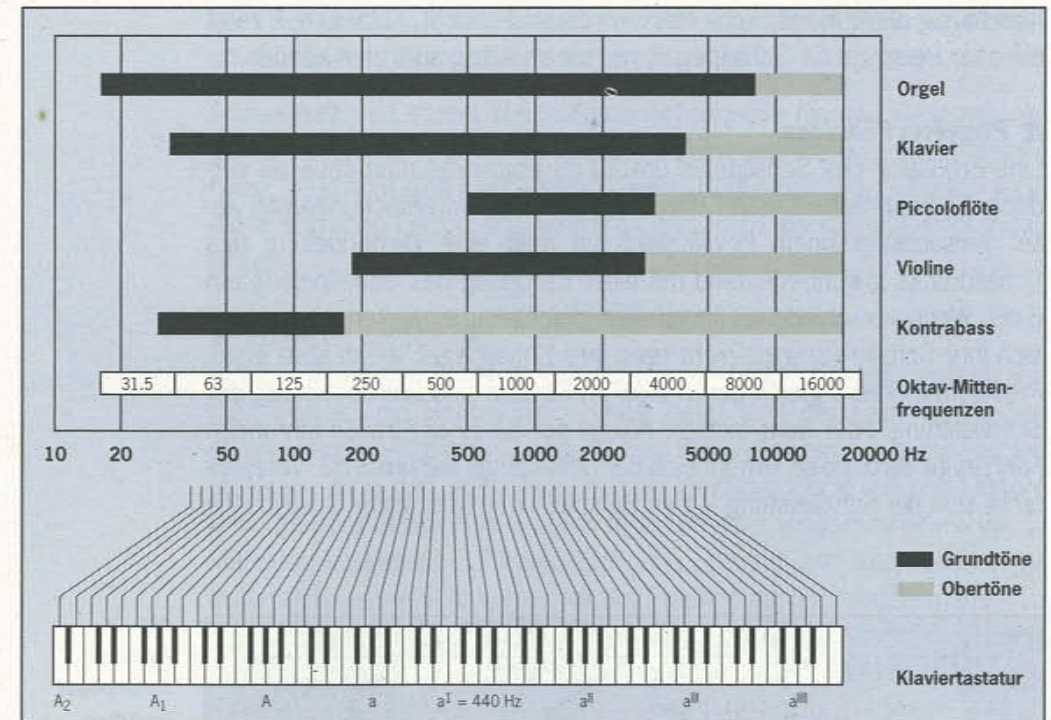


Abb. 1:
Frequenzskala
mit Beispielen.

■ Schalldruck

Ebenso wichtig ist aber, wie stark die Druckschwankungen sind, d.h. wie gross der Schalldruck ist. Ein hoher Schalldruck bedeutet hohe Lautstärke. Der Schalldruck, der bei einem Gespräch an das Trommelfell dringt, beträgt weniger als ein Millionstel des normalen Luftdrucks. Auch an der Schmerzgrenze ist der Schalldruck noch kleiner als ein Tausendstel des Luftdrucks. Das zeigt, wie empfindlich das Ohr ist und welchen riesigen Schalldruckbereich es verarbeiten kann.

Andererseits ist es unpraktisch, diesen riesigen Bereich zu umschreiben. Man verwendet deshalb für den Schalldruck ein logarithmisches Mass, das auch unserer Lautstärkeempfindung besser entspricht: den *Schallpegel* in *Dezibel*, abgekürzt dB. Der leiseste noch hörbare Ton (Hörschwelle) hat einen Schallpegel von etwa 0 dB; die Schmerzschwelle liegt bei ungefähr 125 dB.

Von Natur aus ist das Ohr auf tiefe Frequenzen viel weniger empfindlich als auf hohe. Bei der Schallpegelmessung berücksichtigt man dies mit dem international genormten A-Filter, das tiefe Frequenzen abschwächt. Dieser bewertete Schallpegel wird dann in *dB(A)* angegeben. Die Bewertung mit dem A-Filter ist immer dann sinnvoll, wenn die Auswirkungen auf den Menschen interessieren. Sie wird heute so universell angewendet, dass

man häufig dB(A) meint, wenn man von Dezibel spricht. Abbildung 2 zeigt ein paar Beispiele für Schallpegel, wie sie im Alltag auftreten können.

■ Pegelverhältnisse

Eine Erhöhung des Schallpegel um 10 dB empfindet man etwa als verdoppelte Lautstärke. Diese Erfahrung beruht auf Untersuchungen an vielen Versuchspersonen. Physikalisch ist aber eine Verdoppelung des Schalldrucks gleichbedeutend mit einer Erhöhung des Schallpegels um 6 dB. Wenn verschiedene Lärmquellen gleichzeitig einwirken, summieren sich ihre Schalleistungen, nicht etwa ihre Schallpegel. Wenn statt eines Presslufthammers gleich deren zwei im Einsatz sind (Verdoppelung der Schalleistung) oder wenn sich die Anzahl der auf einer Strasse fahrenden Fahrzeuge verdoppelt, erhöht sich der Schallpegel nur um 3 dB. Verzehnfacht sich die Schalleistung – zum Beispiel wenn statt einer Schallquelle

170	Sturmgewehr*
160	Pistole 9mm*
150	Bolzensetzgerät*
140	Jetprüfstand
130	Schmerzschwelle
120	pneumatischer Bohrjumbo
110	Motorkettensäge
100	Diskotheek
90	Fräsmaschine
80	Strassenverkehr
70	Unterhaltung
60	Büro
50	Wohnzimmer
40	Leseraum
30	Schlafzimmer
20	Radiostudio
10	Hörschwelle
0	

Abb. 2:
Typische
Schallpegel
im Alltag
(in dB(A)).

* Kurzzeitspitzenwerte

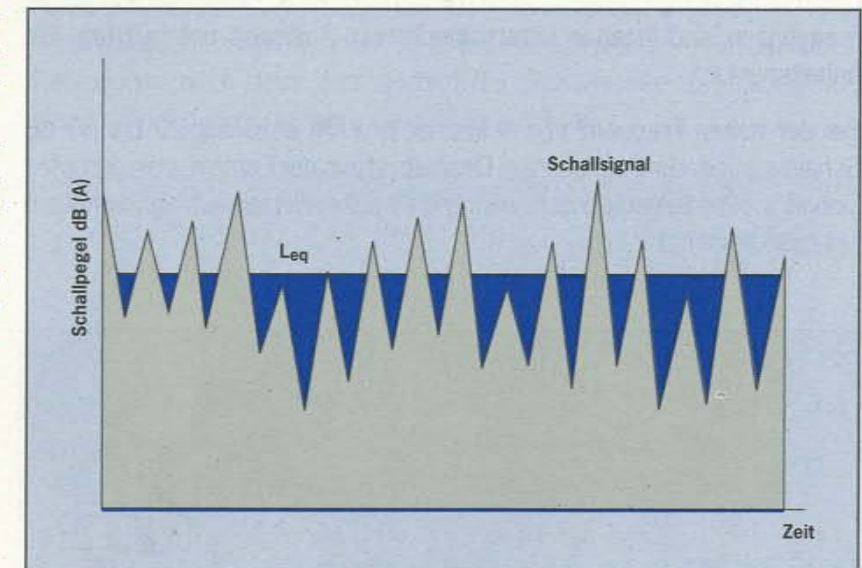
zehn des gleichen Typs betrieben werden – so erhöht sich der Schallpegel um 10 dB.

Andererseits ist immer die lauteste Schallquelle für den Gesamtpegel bestimmend. Kommt zu einer Lärmquelle eine weitere, wesentlich leisere hinzu, so erhöht sich der Gesamtpegel nur unbedeutend. Subjektiv kann die zusätzliche Lärmquelle allerdings trotzdem als störend empfunden werden.

■ Zeitliche Mittelung

Nur die wenigsten Schallquellen strahlen einen konstanten Lärm ab wie zum Beispiel ein Heubelüfter. Häufig setzt sich der Lärm aus vielen schwankenden Anteilen zusammen, zum Beispiel an einer Strasse aus den Motoren-, Wind- und Rollgeräuschen der einzelnen Personen- und Lastwagen. Um zu einer Beurteilungsgrösse zu kommen, muss man eine zeitliche Mittelung vornehmen. Physikalisch einleuchtend und international gebräuchlich – aber nicht immer mit der Empfindung übereinstimmend – ist die Aufsummierung der (A-bewerteten) Schallenergie und die Umrechnung in einen energieäquivalenten Schallpegel L_{eq} , der gleichviel Schallenergie enthält wie das schwankende Schallsignal (Abbildung 3).

Abb. 3:
Energieäquivalenter Dauer-
schallpegel L_{eq} .
Die Schallenergie des Dauer-
schallpegels entspricht der-
jenigen des schwankenden
Schallsignals.



Bei kurzen Schallimpulsen – zum Beispiel einem Gewehrknall – kann es aber sinnvoller sein, den Maximalpegel als Mass zu verwenden. Allerdings muss dabei die Zeitkonstante des Schallpegelmessers – sie bestimmt, wie schnell die Anzeige reagieren soll – festgelegt werden.

Die Schallausbreitung

Schall wird von einer Quelle abgegeben: man spricht von Schall-Emission. Die Schallquelle kann zum Beispiel ein fahrendes Auto sein, ein Flugzeug oder auch der Verkehr einer ganzen Strasse. Der Schall breitet sich aus und wirkt auf seine Umgebung ein. Das Einwirken des Schalles auf die gesamte Umgebung oder einzelne Objekte davon (wie zum Beispiel ein Mensch, ein Haus, ein Quartier) nennt man Schall-Immission. Im Freien nimmt der Schallpegel mit zunehmender Entfernung von der Quelle ab, und zwar im allgemeinen um 6 dB für jede Verdoppelung der Distanz. Etwas anders sieht es nahe der Lärmquelle oder bei sehr ausgedehnten Lärmquellen aus: Bei einer sogenannten Linienquelle – zum Beispiel einer dichtbefahrenen Autobahn – nimmt der Schallpegel bei einer Verdoppelung der Distanz nur um 3 dB ab. Diese Pegelabnahmen sind geometrisch bedingt, weil sich die Schallenergie mit zunehmender Distanz auf eine immer grössere Fläche verteilt. Die Schallausbreitung wird zudem beeinflusst durch die Topographie des Geländes, durch die Witterung und die Vegetation. Diese Faktoren führen zu Zusatzdämpfungen, Schallbeugungen oder Reflexionen:

■ Zusatzdämpfungen

Diese sind bei grösseren Distanzen proportional dazu. Verschiedene Frequenzen sind ihnen in unterschiedlichem Ausmass unterworfen. Ein Anhaltspunkt:

Bei der hohen Frequenz von 4 kHz ist pro km etwa mit 20 bis 30 dB Schallverminderung zu rechnen. Deshalb ist aus der Ferne nur ein dumpfes Donnern zu vernehmen, während ein naher Blitzschlag von hellem Krachen begleitet ist.

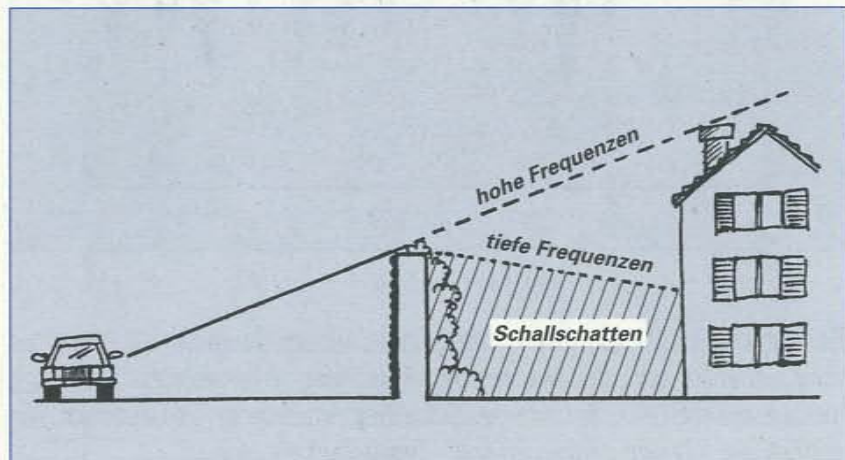


Abb. 4:
Schallbeugung.
Tiefe Frequenzen werden stärker gebeugt als hohe. Unmittelbar hinter einer Schallschutzwand werden deshalb hohe Frequenzen am wirksamsten gedämpft.

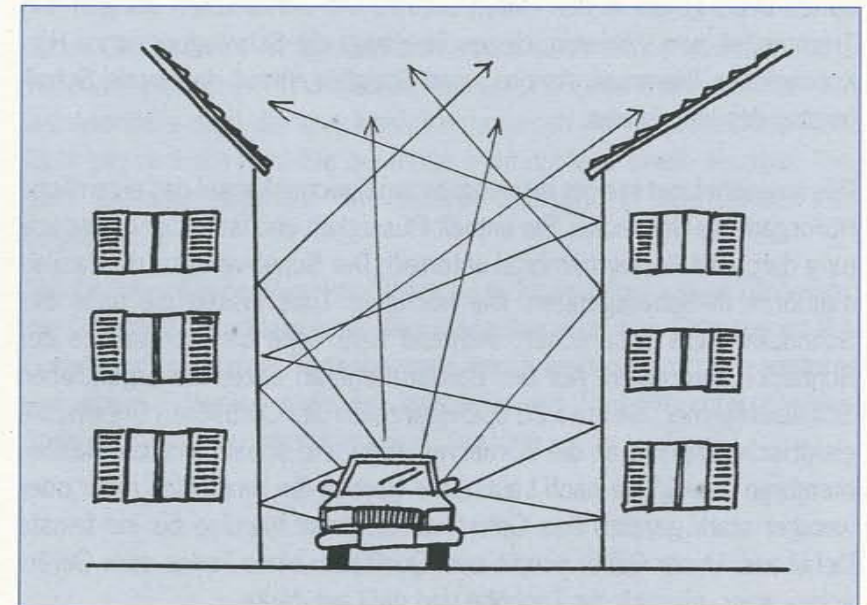
■ Schallbeugung

Während sich hohe Frequenzen eher geradlinig wie Licht ausbreiten, werden Schallwellen mit tiefen Frequenzen an Hindernissen gebeugt. Unmittelbar hinter einer Schallschutzwand werden deshalb die hohen Frequenzen am wirksamsten gedämpft (Abbildung 4).

■ Reflexionen

Nicht nur Dämpfungen können den Schallpegel an einem gewissen Punkt beeinflussen, sondern auch Reflexionen an grösseren Flächen (auch an Grenzschichten in der Atmosphäre). Ein schönes Beispiel für eine Reflexion ist das Echo, das von einer Felswand zurückgeworfen wird. Ein deutliches Echo kann zum Beispiel auch wahrgenommen werden, wenn bei einem Schiessstand ein Waldrand den Gewehrknall zurückwirft. Voraussetzung sind aber grosse Weglängenunterschiede, denn der Schall breitet sich in der Luft mit etwa 340 m/s aus. Meist überlagert sich die Reflexion mit dem Direktschall. Reflexionen fallen besonders ins Gewicht, wenn die direkte Schallausbreitung von der Quelle zum Empfänger durch ein Hindernis gedämpft wird oder wenn sich viele Reflexionen addieren (Abbildung 5). So überwiegt in der Strassenschlucht einer Stadt die Summe der Schallreflexionen gegenüber dem direkten Schall. Noch ausgeprägter ist das in einem geschlossenen Raum der Fall, wo der Schall vielfältig und mehrfach an allen Begrenzungsflächen reflektiert wird. In grossen und nur schwach gedämpften Räumen – z. B. in einer Kathedrale – sind dann diese Reflexionen nach dem Verstummen der Schallquelle als abklingender Nachhall noch über mehrere Sekunden zu hören.

Abb. 5:
Reflexionen erhöhen den tatsächlich einwirkenden Schall.



Physiologie des Hörens

Aufbau und Funktion des Ohres

Das Ohr besteht aus drei Hauptteilen: dem äusseren Ohr, dem Mittelohr und dem Innenohr (Abbildung 6).

Das *äussere Ohr* besteht aus Ohrmuschel und Gehörgang. Die Ohrmuscheln wirken als gerichteter Schalltrichter. Leute ohne Ohrmuscheln (Verletzungsverluste, angeborene Missbildungen) können (fast) so gut hören wie Leute mit, haben aber Mühe, die Herkunftsrichtung des Gehörten zu ermitteln. Durch das äussere Ohr wird der Schall durch die Luft des Gehörganges zum Trommelfell geführt.

Das *Mittelohr* besteht aus dem Trommelfell, der Mittelohrhöhle – Paukenhöhle genannt – und der Ohrtrumpete, welche als Verbindungsgang zum Rachen den Luftzutritt von der Nase her vermittelt. Wie bedeutsam diese Verbindung von Atemweg und Ohr ist, erleben wir, wenn bei Tunneleinfahrt oder rascher Überwindung einer Höhendifferenz ein lästiges, oft schmerzhaftes Druckgefühl in den Ohren auftritt. Die Schallwellen bringen das Trommelfell zum Vibrieren, dieses überträgt die Schwingungen via Hörnöchelchen (Hammer, Amboss und Steigbügel) auf das ovale Schallfenster des Innenohres.

Das *Innenohr* birgt in einer erbsengrossen Knochenkapsel das eigentliche Hörorgan, die Schnecke. Sie enthält Flüssigkeit und ist in der Längsrichtung durch die Basilarmembran unterteilt. Der Schall versetzt die Basilarmembran in Schwingungen: Die höchsten Töne lassen sie nahe der Schneckenbasis ansprechen, während tiefe Töne bis ins Innerste der Schnecke vordringen. Auf der Basilarmembran sitzen die eigentlichen Schallaufnehmer, die etwa 20'000 Haarzellen des Cortischen Organs, die elektrische Impulse an die Hörnerven abgeben, sobald sich die Basilarmembran bewegt. Je nach Lautstärke werden die Haarzellen mehr oder weniger stark gereizt. Das Gehirn wertet diese Impulse bis ins feinste Detail aus. Unser Gehör nimmt zwei Qualitäten eines Tones oder Geräusches wahr, nämlich die Tonhöhe und die Lautstärke.

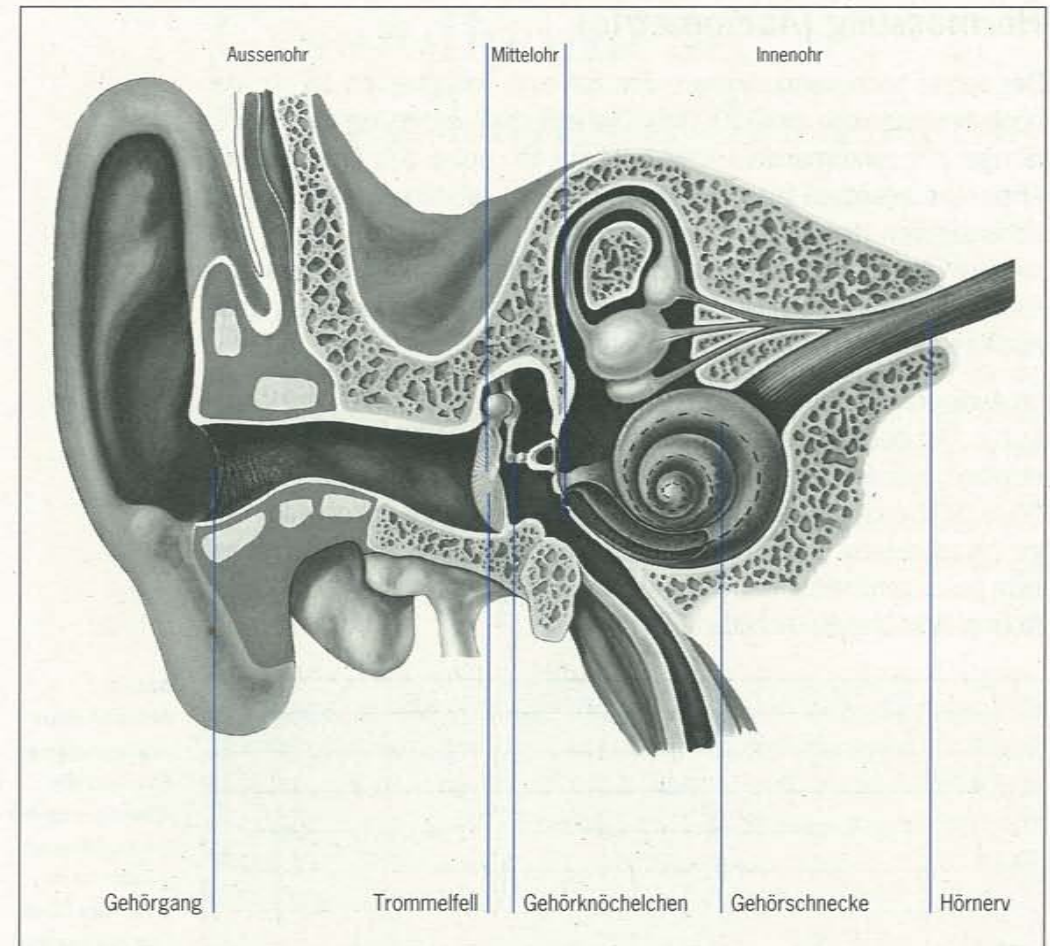


Abb. 6:
Die drei Hauptteile des Ohres: das äussere Ohr, das Mittelohr und das Innenohr.

Jedes Geräusch im Alltag lässt sich physikalisch als Kombination reiner Töne verschiedener Höhe deuten. Echte reine Töne kommen kaum vor, insbesondere sind die von Musikinstrumenten hervorgebrachten Töne nicht physikalisch rein. Sie bestehen nicht nur aus einem einzigen Ton, dem Grundton, vielmehr sind diesem Obertöne in wechselnder Zahl beigemischt.

Das Ohr nimmt in der Regel die Obertöne nicht als selbständige Töne wahr; die Obertöne verändern aber den Klangcharakter des Grundtones. Ein Geigenton bestimmter Tonhöhe und Lautstärke lässt sich ohne weiteres von einem Flötenton gleicher Lautstärke und Tonhöhe unterscheiden, eben auf Grund der verschiedenen Obertöne.

Hörmessung (Audiometrie)

Der tiefste noch wahrnehmbare Ton hat eine Tonhöhe von 16 Hz, der höchste eine solche von 20'000 Hz. Diese obere Tongrenze gilt nur für 20-jährige; mit zunehmendem Alter sinkt sie ab, wobei das Ausmass des Absinkens individuell verschieden ist. Unsere Lautstärke-Empfindung ist abhängig von der Tonhöhe; wir empfinden tiefe Töne als wenig laut, mittlere Tonhöhen um 1000 Hz als relativ laut und sehr hohe wiederum als relativ leise. Die sogenannte Hörschwelle, d. h. die Lautstärke, die gerade noch gehört wird, ist bei 4000 Hz am tiefsten.

Im *Audiogramm*, der heute üblichen Hörmess-Methode, wird der Hörverlust in Dezibel gemessen, d. h. es wird für die wichtigsten Tonhöhen ermittelt, wieviele Dezibel über der sogenannten Normal-Hörschwelle (nach ISO-Norm) die Lautstärke eines Tones sein muss, um gerade noch gehört zu werden. Ein normales Gehör zeigt demnach im Audiogramm auf dem gesamten Frequenzspektrum keine grosse Abweichungen von dieser Normal-Hörschwelle (Abbildung 7).

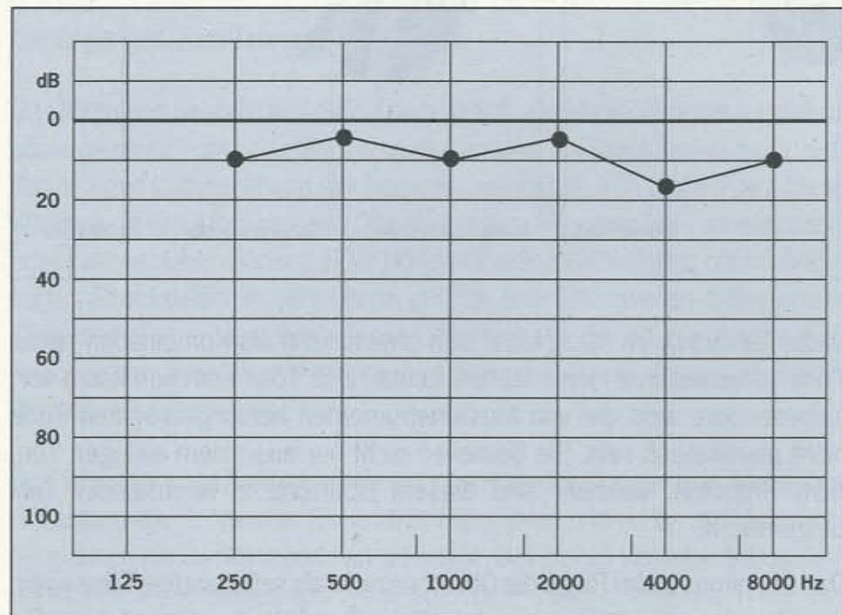


Abb. 7:
Beispiel eines Audiogrammes. Es misst die Abweichung der Lautstärke der gerade noch gehörten Töne von der Normal-Hörschwelle. Das Beispiel stammt von einem normalen Gehör, d. h. das Audiogramm zeigt auf allen Frequenzen keine grossen Abweichungen.

Gesundheitliche Auswirkungen des Lärms

Unser Gehör ist als hochsensibles Organ eigentlich der Geräuschkulisse einer Naturlandschaft angepasst. Deshalb wirken sich Geräusche, die viel lauter oder störend sind, negativ auf unser Wohlbefinden oder sogar unsere Gesundheit aus. Sie können uns irritieren, verärgern oder die Kommunikation mit anderen Menschen erschweren. Sie können aber auch Auswirkungen auf unseren Körper haben – insbesondere Schlafstörungen und Stressreaktionen – und sie können, bei sehr hohen Schallpegeln, gar unser Gehör irreversibel schädigen.

Wie sich der Lärm auf den Menschen auswirkt, hängt in erster Linie vom Schallpegel ab. Daneben können aber auch noch andere Faktoren die gesundheitlichen Folgen des Lärms beeinflussen, wie die Art des Lärms (gleichmässiger Schallpegel oder unregelmässig auftretende Schallspitzen), die persönliche Einstellung dazu oder wie stark man dem Lärm ausgesetzt ist bzw. ob man dagegen geschützt ist. Nicht zuletzt ist die Lärmempfindlichkeit von Mensch zu Mensch verschieden.

Das Spektrum der Lärmwirkungen ist also ziemlich gross und es ist schwierig, die einzelnen Auswirkungen voneinander abzugrenzen. Grundsätzlich unterscheidet man aber zwischen zwei Arten von gesundheitlichen Auswirkungen des Lärms: «*physiologische*», d. h. medizinisch gut feststellbare Auswirkungen auf unseren Körper, sowie «*psychologische*», d. h. zum grossen Teil individuell unterschiedliche Folgen des Lärms auf unser psychisches Wohlbefinden.

Unter die *physiologischen Auswirkungen* fallen:

- *Hörschäden* (als schlimmste und zum Teil irreversible Folgen des Lärms),
- *Schlafstörungen* (mitsamt den dadurch entstehenden Folgen wie zum Beispiel erhöhte Krankheitsanfälligkeit) und
- *Störungen des zentralen und vegetativen Nervensystems* (zum Beispiel Erhöhung des Blutdruckes und der Herzfrequenz).

Bei den *psychologischen Auswirkungen* dagegen handelt es sich um *Belästigungen* wie die Beeinträchtigung der Kommunikation, Konzentrationsstörungen, Beeinträchtigungen der Erholung, aber auch um individuelle Reaktionen wie Verärgerungen oder Unwohlsein.

Es ist ziemlich schwierig, einen generellen Zusammenhang zwischen der Höhe des Schallpegels und dem Ausmass der Auswirkungen auf unseren Körper herzustellen. Im allgemeinen kann man aber sagen, dass sowohl die physiologischen als auch die psychologischen Auswirkungen umso ausgeprägter sind, je höher der Schallpegel ist.

Dabei lassen sich die physiologischen Auswirkungen weit besser einem bestimmten Schallpegel zuordnen (zum Beispiel die Hörschäden) als dies bei den psychologischen Auswirkungen (zum Beispiel Störungen der Kommunikation) der Fall ist.

Lärmquellen, die dem unteren Schallpegelbereich zuzuordnen sind (bis ca. 80 dB(A)), kommen in unserer täglichen Umgebung vor. Diesen Lärm, der vor allem durch den Strassen-, Luft- und Schienenverkehr erzeugt wird, aber auch von Baumaschinen, Nachbarn usw. stammt, nennt man *Umgebungs-lärm*. Er begleitet uns tagtäglich; wir sind ihm immer ausgesetzt und nehmen ihn oft nicht mehr bewusst wahr.

Die gesundheitlichen Auswirkungen des Umgebungs-lärms sind, entsprechend seinen «niedrigeren» Schallpegeln, schwerer feststellbar als dies bei den «höheren» Schallpegeln der Fall ist; vor allem sind sie individuell verschieden. Deshalb wurden sie bisher oft vernachlässigt. Doch kann der Umgebungs-lärm auf die Dauer unser Wohlbefinden stark beeinträchtigen. So ist in einer städtischen Wohnlage der mittlere Schallpegel deutlich höher als in einer Naturlandschaft; es treten häufig unregelmässige Schallspitzen auf, so dass unser Organismus «Fehlalarme» erzeugt und sich auf Kampf- oder Fluchtreaktionen vorbereitet. Gleichzeitig werden echte Gefahrensignale aber akustisch verdeckt, wodurch ein Gefühl der Unsicherheit entsteht. Zivilisations-lärm setzt folglich Körper und Psyche unter Spannung – mit entsprechenden Folgen.

Im folgenden werden die Auswirkungen des Lärms auf unsere Gesundheit und unser Wohlbefinden erläutert. Angefangen wird – der Vollständigkeit halber – mit den *Hörschäden*. Diese Schäden sind medizinisch gesehen zwar die schwersten, doch muss betont werden, dass solche Schäden durch den Umgebungs-lärm nicht entstehen können. Sie entstehen vielmehr durch eine Dauerexposition mit hohen Schallpegeln (Arbeitsplatz, Rockkonzert) bzw. durch sehr hohe Spitzenschallpegel (Explosion, Schussknall). Auswirkungen des Umgebungs-lärms sind *Schlafstörungen*, *Wirkungen auf das Nervensystem* und *Belästigungen*.

Hörschäden

Die Fachleute unterscheiden verschiedene Arten von akustischer Schädigung. Der Oberbegriff ist das «akustische Trauma». Entgegen einer weitverbreiteten Vorstellung ist das Trommelfell nur gerade bei Explosionen gefährdet. In allen anderen Fällen leidet das Innenohr.

Wie entstehen Hörschäden? Bei übermässiger Lärmbelastung nimmt zuerst die Empfindlichkeit der Haarzellen ab, wobei das Gefühl entsteht, man habe Watte in den Ohren. Diese Vertäubung kann, muss aber nicht, von Ohrgeräuschen (Pfeifen, Sausen oder Rauschen) begleitet sein. Ein solcher *temporärer Hörschaden* zeigt sich im Audiogramm meistens als sogenannte c5-Senke (man spricht von einer c5-Senke, weil das Audiogramm einen Gehörverlust bei 4000 Hz, musikalisch ausgedrückt c5, anzeigt). Davon erholt sich das Gehör in ruhigen Phasen.



Kritisch wird es, wenn sich solche Überlastungen häufen: dann nämlich bleibt die Erholung unvollständig, und die Haarzellen sterben mit der Zeit ab: man spricht von einem *chronischen Hörschaden*. Vorerst geschieht dies bei 4000 Hz, wo das gesunde Ohr am empfindlichsten ist. Der Verlust betrifft zuerst bei der Sprache nur die Zischlaute und bei der Musik die klangbestimmenden Obertöne; er wird deshalb nicht sofort bemerkt. Wenn sich der Hörverlust aber in die Sprachfrequenzen ausbreitet und verstärkt, ist es bereits zu spät, denn weder Operation noch Medikamente können die betroffenen Haarzellen wieder zum Leben erwecken. Im Audiogramm zeigt sich ein solcher chronischer Hörschaden dann z. B. als breite Senke mit einem Maximum bei 4000 Hz.

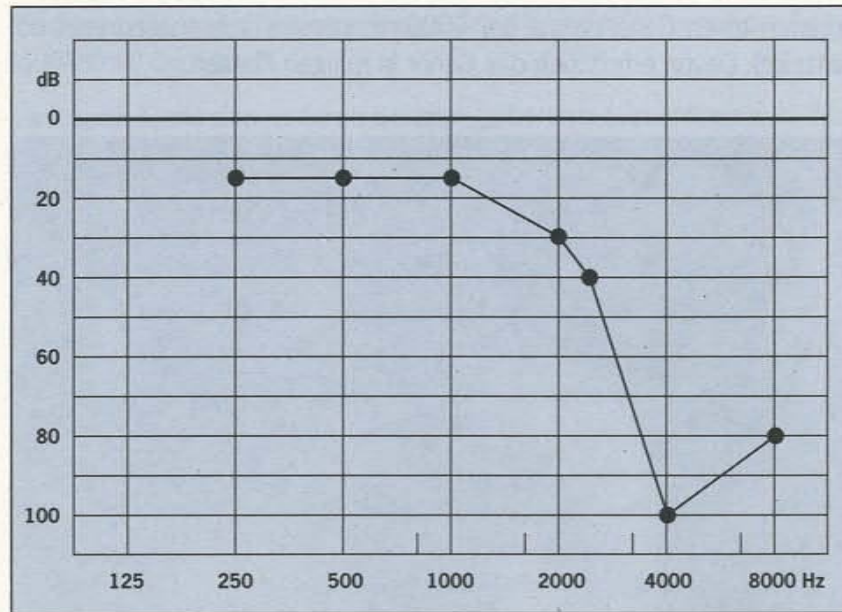


Abb. 8: Beispiel eines chronischen Hörschadens. Das Audiogramm zeigt einen Hörverlust in den hohen Frequenzen, mit einem Maximum bei 4000 Hz.

Ganz allgemein gilt die Regel, dass der Lärm umso gefährlicher ist, je mehr hochfrequente Anteile er hat. Für die Gefährdung des ungeschützten Gehörs ist nicht der höchste Pegel massgebend, der irgendwann aufs Gehör einwirkt, sondern die gesamte Schallenergie. Die Einwirkungsdauer spielt also eine ebenso grosse Rolle wie der Pegel.

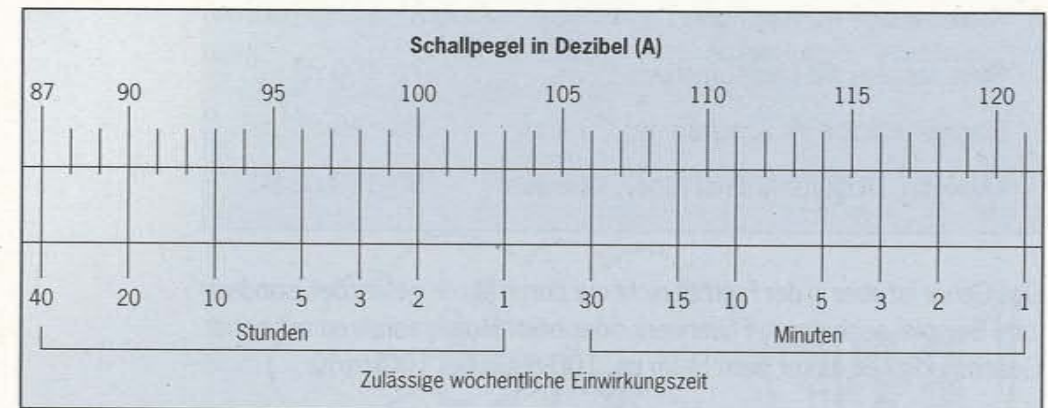
■ Lärm am Arbeitsplatz

Die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA) lässt an Arbeitsplätzen höchstens eine Lärmbelastung von 87 dB(A) während 40 Stunden pro Woche zu. Jede Halbierung der Belastungsdauer erlaubt einen um 3 dB höheren Pegel (also 90 dB(A) während 20 Stunden, 93 dB(A) während 10 Stunden (Abbildung 9)).

In der Schweiz sind rund 200'000 Personen am Arbeitsplatz gefährlichem Lärm ausgesetzt. Sie werden von der SUVA alle 5 Jahre zu einem Gehörtest und einer Gehörschutzberatung aufgeboten. Unterdessen geben über 70% der lärmgefährdeten Arbeitnehmer an, einen Gehörschutz zu tragen, und der Anteil von Personen mit lärmbedingten Gehörschäden ist in den letzten zwanzig Jahren von 37% auf 18% zurückgegangen. Trotzdem bleibt noch einiges zu tun, bis alle Arbeitnehmer zuverlässig vor Gehörschäden geschützt sind.

Als Vorbeugemassnahme sollte an entsprechenden Arbeitsplätzen das Tragen eines Gehörschutzes eine Selbstverständlichkeit sein.

Abb. 9: Zulässige wöchentliche Einwirkungszeit von Lärm mit bestimmten Schallpegel gemäss Empfehlung der SUVA.



■ Musik und Hörschäden

Ob die zunehmende Gehörbelastung durch Musik bereits zu einer statistisch signifikanten Verschlechterung des Hörvermögens bei Jugendlichen geführt hat, ist noch umstritten: Studien in Norwegen und Österreich sprechen dafür, andere Ergebnisse eher dagegen. Möglicherweise wurde die Gefährdung des Gehörs durch «Walkman»-Geräte überschätzt, weil in manchen Berichten nicht die von den Benutzern gewählte Lautstärke, sondern der höchste erreichbare Schallpegel zur Abschätzung des Risikos herangezogen wurde. Auf der anderen Seite beweist aber eine ganze Anzahl von Schadensfällen, dass Rockkonzerte und laute Diskotheken *akute Hörschäden* (Tinnitus oder Hochtönen-Hörverluste) verursachen können.

Deshalb hat die SUVA 1989 Schallgrenzwerte vorgeschlagen, und zwar einen Dauerschallpegel von 100 dB(A) für Rockkonzerte und ähnliche Veranstaltungen und einen Dauerschallpegel von 90 dB(A) am Rand der Tanzfläche von Diskotheken.

Eine eidgenössische Verordnung ist zur Zeit in Vernehmlassung. Im Kanton Waadt sind solche Vorschriften schon seit einiger Zeit in Kraft, und auch in anderen Kantonen legen die Behörden bei der Bewilligung von Veranstaltungen immer häufiger einen maximalen Dauerschallpegel fest.

	Schallpegel
Rockkonzert, im Zuhörerbereich	100–115 dB (A)
Rock- und Jazzmusik im Übungslokal	90–105 dB (A)
Diskotheek, auf der Tanzfläche	90–105 dB (A)
Walkman mit Kopfhörer	80–110 dB (A)
Stereoanlage mit Kopfhörer	85–120 dB (A)
Stereoanlage mit Lautsprechern	70–100 dB (A)
Blasmusikprobe im Schulzimmer	90– 95 dB (A)
Musik im Orchestergraben (Oper, Operette)	80–100 dB (A)

Tab. 2:
Musikschall-
pegel beim
Musikhören in
verschiedenen
Situationen.

Das Gehör ist aber in der Freizeit nicht nur durch Musik gefährdet, sondern zum Beispiel auch durch Feuerwerk oder beim Motorradfahren mit hoher Geschwindigkeit (unter dem Helm ca. 100 dB(A) bei 100km/h).

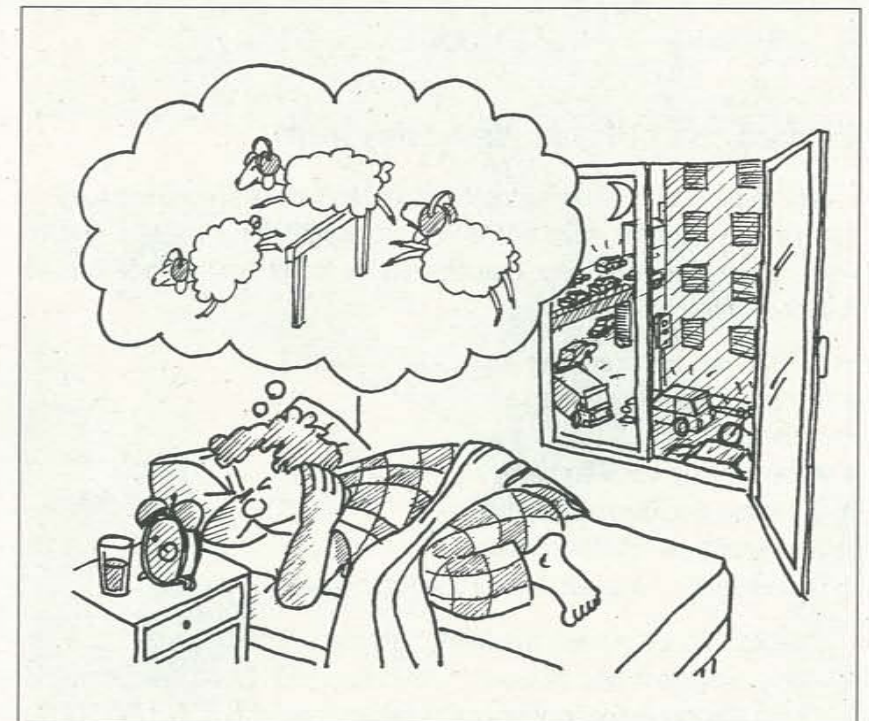
■ Hörschäden durch Schiesslärm

Beim Schiessen mit Infanteriewaffen kommen Knälle mit einer Lautstärke von 150–160 dB zustande; der Schütze oder sein Nachbar bekommt einen akuten Hörschaden, oftmals von Ohrpfeifen begleitet. Der so entstandene Schaden – das Knalltrauma – betrifft besonders die Hörschwelle bei 4000–6000 Hz: die audiometrische Kurve weist dort einen nach unten weisenden Knick auf.

Schlafstörungen

Die Aufeinanderfolge von Beanspruchung am Tag und Wiederherstellung der Kräfte während der Nacht ist eine für die Erhaltung der Gesundheit notwendige Voraussetzung. Wiederholte Ruhestörungen beeinträchtigen das physiologische Gleichgewicht des Organismus und damit die lebenswichtige Erholungsfunktion des Schlafes. Folge davon sind chronische Ermüdungszustände, Nervosität, erhöhte Reizbarkeit und reduzierte Leistungsbereitschaft. Diese an sich banalen Erkenntnisse wurden in verschiedenen Studien mit objektiven Messungen untermauert. Dabei zeigte sich, dass Schlafstörungen nicht einfach nur lästig sind, sondern eine echte gesundheitliche Bedrohung darstellen.

Schallreize können den Menschen entweder ganz wecken oder den tiefen in einen leichten Schlaf verwandeln. Im EEG (Hirnstromkurve) findet sich dabei eine Aktivitätssteigerung der Hirnrinde und eine Abnahme des Anteils der Tiefschlaf-Phase. Es zeigte sich insbesondere, dass die Auswirkungen auf das vegetative Nervensystem und die Freisetzung von Stresshormonen bei schlafenden Personen erheblich stärker als bei wachen Personen sind. Die Ausschüttung dieser Hormone kann den Blutdruck und die Herzfrequenz erhöhen. Diese Auswirkungen wurden auch an dem der Lärmnacht folgenden Tag beobachtet.



Die Lärmwirkungen auf den Schlaf wurden festgestellt, wenn im Schlafraum der Lärmpegel 40 dB(A) übersteigt; dies entspricht ca. 45–55 dB(A) an der Häuserfront. Aufwachreaktionen wurden bei im Schlafraum gemessenen Schallspitzen von 50–55 dB(A) festgestellt. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfiehlt, dass im Schlafraum ein kontinuierlicher Lärm von 30 dB(A) und Schallspitzen von 45 dB(A) nicht überschritten werden sollten.

Die Auswirkungen von Schallreizen auf den Schlaf lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

- Veränderung des Hirnstrombildes im Sinne einer Aktivitätssteigerung der Hirnrinde
- Beeinträchtigung der Schlafqualität durch
 - gehäufte Aufwachreaktionen
 - Zunahme der Wachzeit
 - Zunahme des Flachschlafes (Abnahme des Tiefschlafes)
 - Verkürzung des Gesamtschlafes
 - Verkürzung des Tiefschlafes
- subjektiv schlechtere Beurteilung der Schlafqualität am anderen Morgen
- vegetative Funktionsänderungen (Anstieg der Herzfrequenz, Verengung der Gefässe, etc.)
- chronische Ermüdung
- vermehrte Einnahme von Schlaftabletten

Wirkungen auf das Nervensystem

In zahlreichen Untersuchungen hat sich gezeigt, dass Lärm einen Einfluss auf die Funktion des zentralen und vegetativen Nervensystems haben kann. So werden nach Lärmexpositionen unter anderem folgende Reaktionen beobachtet:

- Anstieg der Herzfrequenz
- Verengung der Blutgefässe
- Erhöhung des Blutdrucks
- Ausschüttung von Adrenalin
- Zunahme der Muskelspannung
- Steigerung des Stoffwechsels
- Abnahme der Tätigkeit der Verdauungsorgane

Solche Reaktionen werden durch einen *erhöhten Reizzustand* des Nervensystems ausgelöst und gesteuert – als Folge der durch den Lärm ausgelösten Alarmreaktionen auf den gesamten Organismus. Die Reaktionen

sind abhängig vom Gesundheitszustand sowie auch von der jeweiligen Tätigkeit. Bei besonders störendem Lärm (zum Beispiel bei Arbeiten, die eine hohe Konzentration erfordern) treten diese Reaktionen vermehrt auf. Häufige Wiederholungen können hormonale Veränderungen im Sinne einer *Stressreaktion* auslösen, welche die Funktion verschiedener Organe stören oder dauernd beeinträchtigen. So ergaben epidemiologische Studien ein erhöhtes Risiko für Herzinfarkt durch Strassenverkehrslärm.

Vegetative Reaktionen können bereits bei Schallpegeln ab 65–70 dB(A) auftreten. Allerdings ist eine Zuordnung zu lärmbedingten vegetativen Gesundheitsschäden schwierig, da immer mehrere Faktoren einen Einfluss haben können. Da auch der jeweilige Gesundheitszustand zu berück-



sichtigen ist, lassen sich keine «kritischen Schallpegel» festlegen, wie dies bei Hörschäden und Aufwachreaktionen der Fall ist. *Vorbeugende Massnahmen* zur Verhinderung lärmbedingter Stressreaktionen sind jedoch von hoher Bedeutung.



Belästigungen

Die Störung der Kommunikation (Gespräche, Radio, Television, Telefon) steht bei der Lärmbelästigung im Vordergrund, sowohl während der Freizeit als auch bei der Arbeit. Ferner kann der Erholungswert der Freizeit beeinträchtigt werden. Als Folge der Störwirkungen werden Fenster geschlossen gehalten, der Balkon bleibt unbenutzt, Schlafräume werden verlegt. Zudem kommt es zu vermehrter Einnahme von Schlaf- und Beruhigungsmitteln. Am Arbeitsplatz kann die Störung der Wahrnehmung, der Konzentration sowie der Sprachverständlichkeit schwerwiegende Folgen haben und zu einer Zunahme von Fehlern, Unfällen und Absenzen führen.

Belästigungen haben die Funktion von Warnsignalen, die den Menschen veranlassen sollen, Lärmbelastungen zu vermeiden, um die Entstehung krankhafter Zustände zu verhindern. Die Belästigung besteht nicht allein aus der Reizwahrnehmung, sondern auch aus den negativ bewerteten Folgen der Reizexposition (Unbehagen, Schrecken, Angst, Verärgerung). Diese Folgen beruhen auf der individuellen Veranlagung und den Absichten des exponierten Menschen.

Die komplexen Zusammenhänge haben zur Folge, dass zum Beispiel die durch Verkehrslärm verursachte Belästigung nicht für alle Betroffenen gleich sein kann; so ist bei jungen und alten Leuten oder bei Bewohnern verschiedener Quartiere mit unterschiedlichen Wertungen und Reaktionen zu rechnen. Eine Rolle spielt auch die persönliche Einstellung zu einer Lärmquelle. Lärm ist «unerwünschter Schall»; womit auch das Grundproblem der Lärmbekämpfung angedeutet ist, das in der subjektiven Beurteilung des Schallreizes liegt: was für den einen «Musik», ist für den anderen «Krach».

Deshalb kann die Wirkung von Umgebungslärm nicht mit technischen Mitteln am einzelnen Individuum erforscht werden (wie zum Beispiel der Hörverlust mit Hilfe des Audiogramms), sondern es müssen jeweils *viele Personen befragt* bzw. untersucht werden, um zuverlässige Aussagen über Lärmwirkungen zu gewinnen.

Erfassung der Lärmbelastung

Im Rahmen von Befragungen können folgende Aussagen oder Handlungsweisen Aufschluss über Lärmprobleme geben:

Subjektiv empfundene Störungen:

- Störungen der Kommunikation (Gespräche, Radio, TV, Telefon)
- Störungen geistiger Tätigkeiten
- Störungen der Erholung und Freizeitaktivitäten

Folgen der Störwirkungen:

- Schliessen der Fenster
- geringe Balkonnutzung
- Verlegung der Schlafräume
- Einnahme von Schlaf- und Beruhigungsmedikamenten
- Verwendung von Ohropax
- im Extremfall auch Wohnungswechsel.

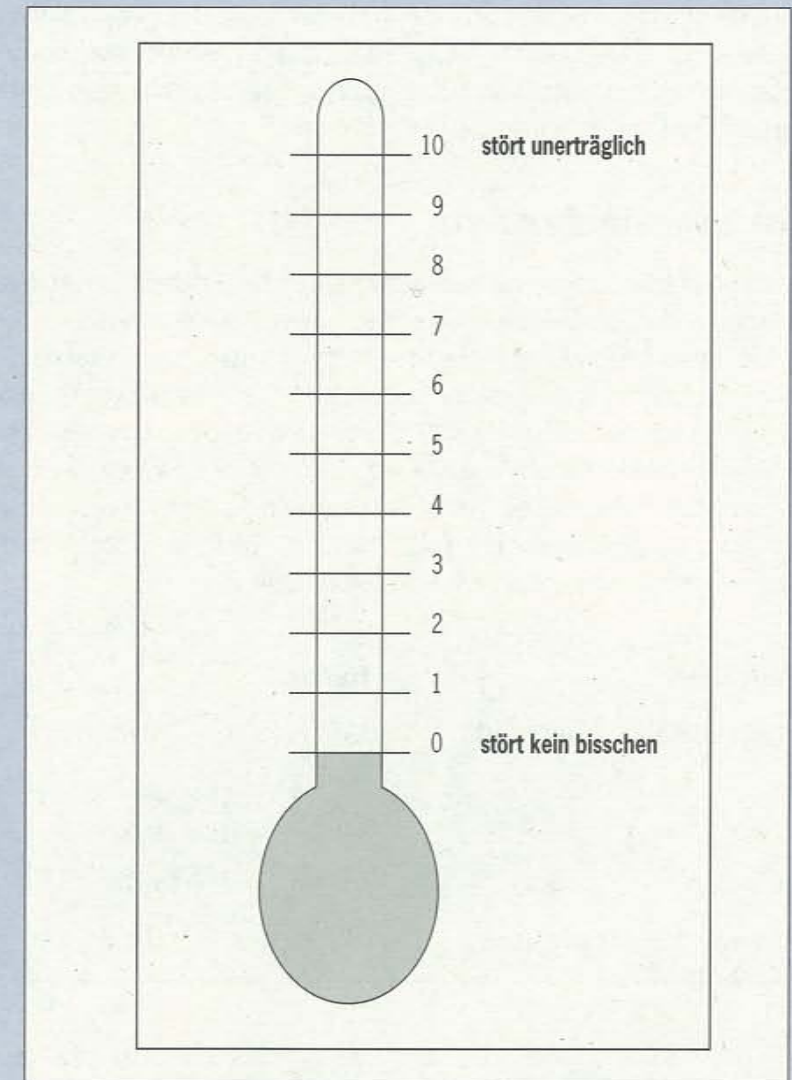
Dabei darf nicht nur nach der Belästigung durch Lärm gefragt werden, sondern es müssen verschiedene Störfaktoren (nebst Lärm auch Gerüche, Luftverschmutzung, Wohnqualität) miteinander verglichen werden können.

Bei einer Befragung ist es wichtig, das Belästigungsausmass auch zu messen. In den meisten Schweizer Studien und auch bei Erhebungen im Ausland wurde das Ausmass der subjektiven Belästigung mittels einer sogenannten Thermometerskala (Abbildung 10) erfasst: Die untersuchten Personen wurden aufgefordert, sich bezüglich Störung durch Lärm selber einzustufen. Personen, die sich bei Rang 8–10 einstufen, wurden als durch den Lärm stark gestört betrachtet.

Mit «*erheblicher Lärmbelastigung*» wird eine Lärmimmissions-Situation beschrieben, bei der sich in der Regel mehr als 10–15% der betroffenen Personen stark gestört fühlen. In verschiedenen Schweizer Studien über die Störwirkungen des Strassenverkehrslärms lag diese Schwelle tagsüber bei etwa 60 dB(A) und nachts bei etwa 50 dB(A), gemessen an der Häuserfront. Umgebungslärm, der diese Schwelle überschreitet, hat nicht nur Auswirkungen auf die betroffenen Individuen, sondern beeinträchtigt auch das Zusammenleben in den betroffenen Quartieren oder Städten.

Abb. 10:
Thermometer-
Skala zur
Bestimmung
der subjektiven
Belästigung
durch Lärm.

Bei den einzelnen Personen kann es zu Gefühlen von Verlust an persönlicher Autonomie und Kompetenz kommen, bis zur Gefährdung der Gesundheit. Dies führt im Alltag zu Reaktionen wie Schliessen der Fenster oder geringe Balkonnutzung, und die spontane Kommunikation auf der Strasse sowie vor den Häusern wird erschwert. Im Extremfall werden die betroffenen Personen zu einem Wohnungswechsel veranlasst. Dies ist wiederum nur von einer Minderheit finanziell tragbar, so dass es zu einer sozialen Entmischung kommen kann.



Umgebungslärm

In der Schweiz ist seit den 50er Jahren der Umgebungslärm für einen immer grösser werdenden Teil der Bevölkerung zu einem schwerwiegenden Umweltproblem geworden. Grund dazu ist vor allem die starke Zunahme des motorisierten Strassenverkehrs sowie des Eisenbahn- und Flugverkehrs. Zu häufigen Klagen führen auch der Industrie-, Gewerbe- und Baulärm sowie der Lärm von Schiessanlagen. Nicht zu vergessen sind daneben der Freizeitlärm sowie der Innenlärm.

Strassenverkehrslärm

Der motorisierte Strassenverkehr hat in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen: Von 1950–1990 ist die Anzahl Personenwagen von 147'000 auf nahezu 3 Millionen angestiegen – also um rund das 20fache; im gleichen Zeitraum hat die Anzahl von Lastwagen und Lieferwagen um rund das 7fache von 36'000 auf 250'000 zugenommen. Entsprechend sind auch die Lärmbelastungen angestiegen. Berechnungen haben ergeben, dass im Jahre 1995 zirka ein Viertel der Bevölkerung sowohl tagsüber wie nachts Lärmpegeln exponiert sind, die über den für Wohnquartiere geltenden Immissionsgrenzwerten liegen (Tabelle 3).

Tagsüber		Nachts	
L_{eq} in dB(A)	Anteile %	L_{eq} in dB(A)	Anteile %
70–75	3.4	60–65	3.8
65–70	7.6	55–60	8.0
60–65	14.6	50–55	16.2

Tab. 3:
Anteil der Gesamtbevölkerung, die hohen Belastungen durch Strassenverkehrslärm ausgesetzt sind (Immissionsgrenzwerte siehe Tab. 4, Seite 50).





Fluglärm

Betroffen davon sind insbesondere die Bewohner im Bereich der An- und Abflugschneisen der Landesflughäfen Zürich-Kloten und Genf. Aber auch die Kleinaviatik – dazu gehören Geschäfts- und Privatreiseflüge, Flugschulung und Flugsport – führt zu erheblichen Lärmproblemen, die in den letzten Jahren trotz leiseren Flugzeugen eher zu- als abgenommen haben. Der Kleinaviatik-Flugbetrieb ist in der Regel an den Wochenenden im Sommerhalbjahr am intensivsten – also während den Tagen, an denen die Bevölkerung vermehrt ihre Freizeit im Freien verbringt. Zu erheblichen Störungen können auch die Helikopter und Militärflugzeuge führen, auch wenn diese örtlich und zeitlich beschränkt werden.

Eisenbahnlärm

Diese Lärmquelle wurde lange Zeit weniger beachtet und ist doch für die betroffenen Anwohner oft stark störend. Im Vergleich zum Strassenverkehrslärm sind davon allerdings bedeutend weniger Bewohner betroffen (gemäss Schätzung ca. 5% über 60 dB(A) tagsüber und ca. 4% über 50 dB(A) nachts). Die durch den Schienenverkehr verursachten Lärmprobleme sind zukünftig vermehrt zu beachten – insbesondere im Hinblick auf die Realisierung des Konzeptes «Bahn 2000» sowie den Bau der NEAT.

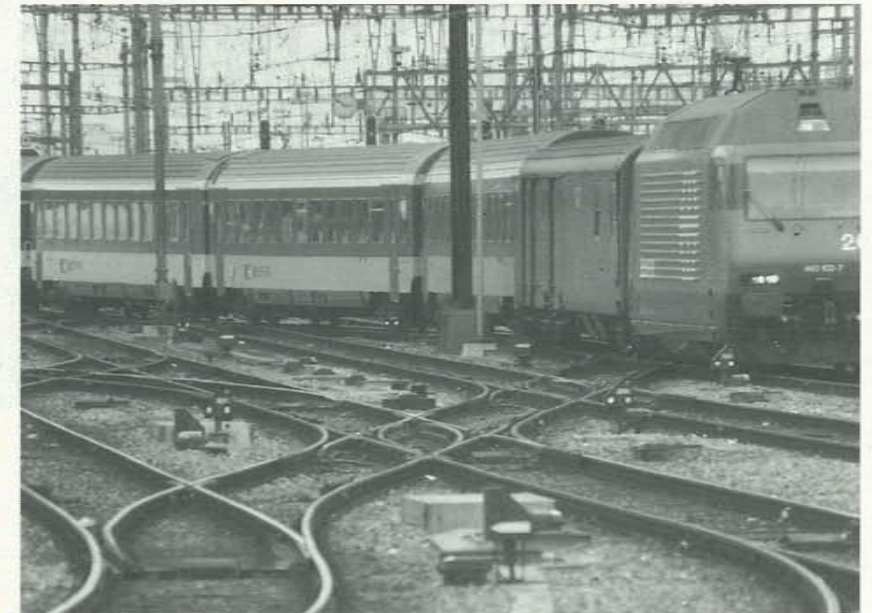
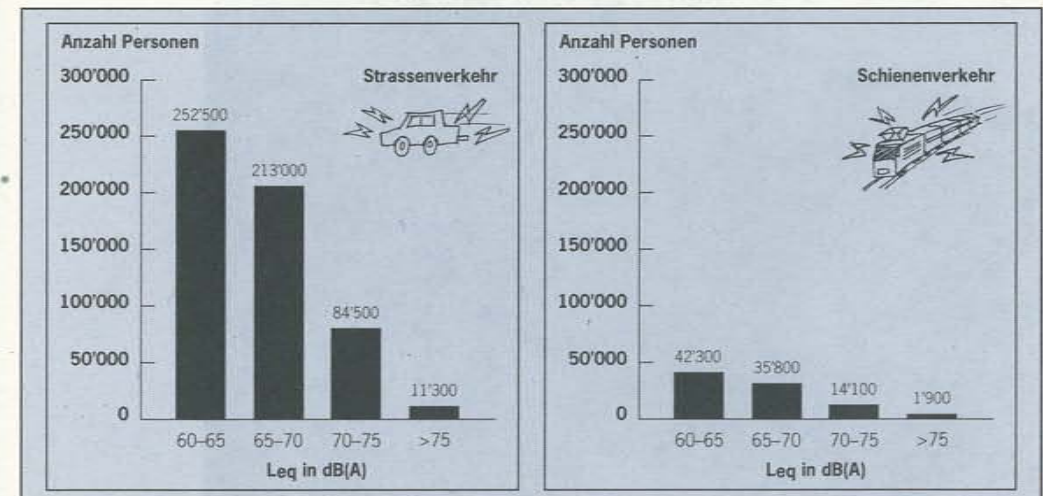


Abb. 11:
Zahl
der belärmten
Wohnungen
durch Strassen-
und Schienen-
verkehr in der
Schweiz (1990).



Industrie- und Baulärm

Diese Lärmart ist eine weitere Folge der zunehmenden Industrialisierung und der Bautätigkeit. Dabei spielen die in den Betrieben ausgeführten Arbeiten, die lokale Situation sowie die Betriebs- bzw. Arbeitszeiten eine wichtige Rolle. Zu berücksichtigen sind auch Geräusche mit kurzfristigen Spitzen (Impulse). Die Beurteilung dieser spezifischen Lärmarten ist eine sehr anspruchsvolle Aufgabe. Klare Regelungen – insbesondere der zeitlichen Begrenzungen – sind nötig, da sich die direkt Betroffenen oft über starke Störungen und häufige Belästigungen beklagen.



Schiesslärm

Zivile und militärische Schiessanlagen führen immer wieder zu zahlreichen Klagen und Reklamationen. Hier liegt das Problem im plötzlichen und unregelmässigen Auftreten der Schüsse. In dicht besiedelten Gebieten kann der Schiesslärm genauso störend sein wie in einem Alpental, dessen sonntägliche Ruhe durch vereinzelte Schüsse gestört wird. Betroffen sind nicht nur die Anwohner, beeinträchtigt wird auch die Bedeutung und Funktion von Erholungsräumen in der Umgebung von Schiessanlagen.

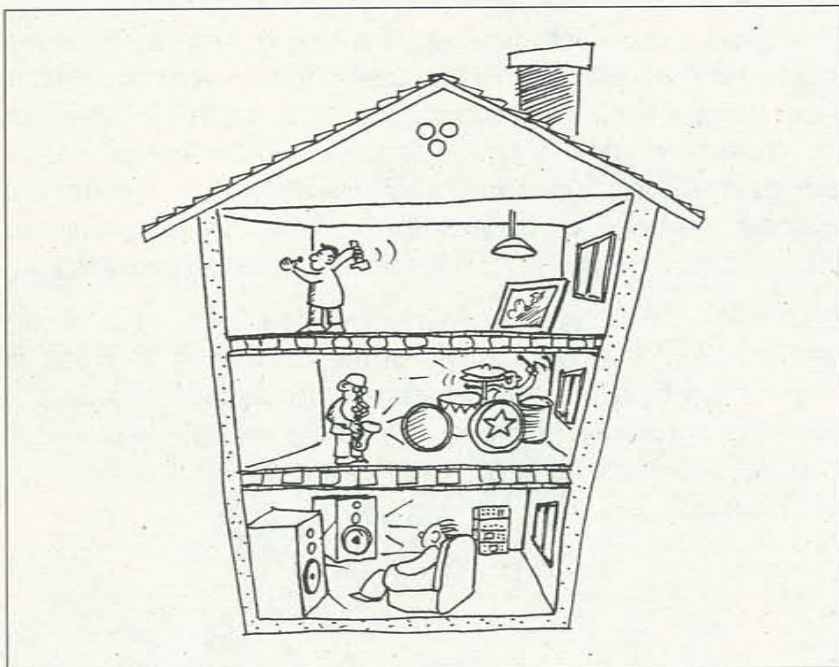
Um das Ausmass der Belästigungen möglichst niedrig zu halten und um den Ruhe- und Erholungsbedürfnissen der Bevölkerung Rechnung zu tragen, sind neben bautechnischen Massnahmen bei den Schiessanlagen auch organisatorische Anordnungen notwendig, wie zeitliche Limitierungen und Einschränkungen des Schiessbetriebes – insbesondere an Wochenenden.

Freizeitlärm

Bei Veranstaltungen im Freien können zum Beispiel die Lautsprecheranlagen übermässigen Lärm produzieren oder die Anwohner durch die Autos der zu- und abreisenden Zuschauer gestört werden. Die dabei auftretenden Lärmbelastungen hängen immer von den lokalen Situationen ab und vor allem auch davon, ob es sich um einen einmaligen Anlass oder regelmässige Veranstaltungen (zum Beispiel bei Sportanlagen) handelt. In den meisten Fällen können organisatorische Massnahmen – in Absprache mit den Anwohnern – dazu beitragen, die Störungen und Belästigungen zu vermindern.

Innenlärm

Störungen durch Innenlärm sind sehr häufig. Mögliche Lärmquellen sind das Treppenhaus, die obere Wohnung, Wasserleitungen, Trittschall sowie Fernsehen und Radio. Das Ausmass der Störung ist von der jeweiligen Grundrissgestaltung sowie von der Schallisolation abhängig. Auch haben die Bewohner oft das Gefühl, sich einschränken zu müssen, um die Nachbarn nicht zu stören. Die Forderungen nach guten und wirksamen Schallisolationen sind somit sicher berechtigt, um möglichst ungestört in der eigenen Wohnung arbeiten, sich erholen und seine Freizeit verbringen zu können.



Studien zur Lärmbelastung

In der Schweiz wurden seit 1972 verschiedene Erhebungen über die Auswirkung des Strassenverkehrslärms auf die Bevölkerung durchgeführt. In all diesen Untersuchungen konnte wiederholt gezeigt werden, dass im Bereich eines Schallpegels von 60–65 dB(A) der Anteil der stark gestörten Anwohner deutlich zunimmt.

Zu vergleichbaren Resultaten kamen neuere Untersuchungen in der Schweiz und in Österreich, auf die wir im folgenden näher eingehen möchten.

Basler Studie

In Basel wurde in den Jahren 1985–1988 insgesamt 1227 zufällig ausgewählte Familien (mit Kindern bis zu 5 Jahren) mittels der Thermometerskala (Abbildung 10) über das Ausmass der subjektiven Störung durch Strassenverkehrslärm befragt. Im gleichen Zeitraum wurde vom Kanton Basel-Stadt im Rahmen des Vollzugs der Lärmschutz-Verordnung ein Lärmkataster mit objektiven Lärmwerten für nahezu alle Wohnorte der Studienfamilien erstellt. Die beiden Datenquellen konnten für die weiteren Auswertungen über Strasse und Hausnummer verbunden werden.

Für 1033 Familien waren vollständige Fragebogenangaben sowie subjektive und objektive Lärmwerte vorhanden.

Tagsüber (von 6–22 Uhr) betrug der Mittelungspegel (L_{eq}) bei 53% aller Familien mindestens 60 dB(A), bei 29% der Familien mindestens 65 dB(A) und bei 7% der Familien mindestens 70 dB(A). Nach der Aufteilung in Untergruppen zeigte sich, dass Familien der Grund- und unteren Mittelschicht häufiger an höher lärmbelasteten Orten wohnten, Familien der oberen Mittelschicht bzw. Oberschicht dagegen häufiger an Strassen mit niedrigerer Lärmbelastung.

Der Anteil der stark lärmgestörten Familien nahm mit zunehmendem objektivem Lärm zu, wobei er sich bei Tageswerten im Bereich von 60–65 dB(A) verdoppelte, im Bereich von 65–70 dB(A) nahezu verdreifachte (Abbildung 12).

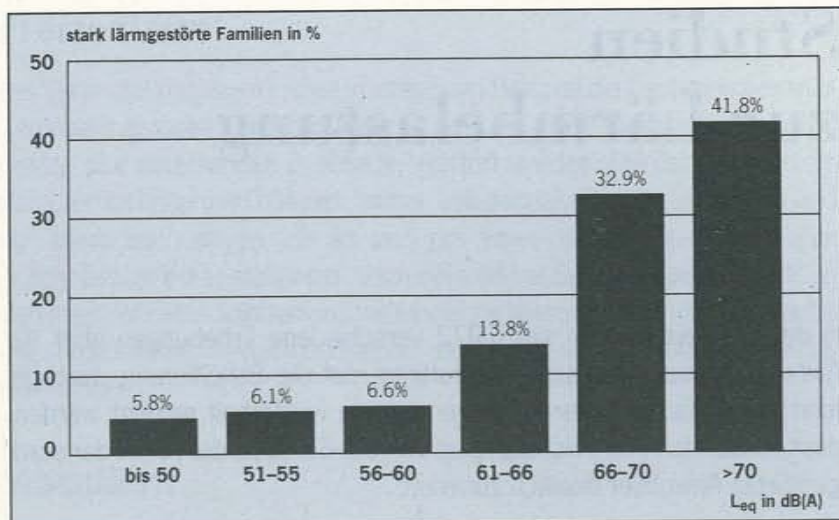


Abb. 12: Anteil der durch Lärm stark gestörten Familien bei unterschiedlichem Belastungspegel am Tag.

«Lärmdorf»-Studie

Anwohner der (Güter-)Transitverkehrsstrecken sind einer besonderen Lärmbelastung ausgesetzt. In den engen Alpentälern wirkt sich dies viel stärker aus als im flacheren Gelände. Untersuchungen in Österreich weisen auf eine massive Beeinträchtigung der Lebensqualität und eine Bedrohung der Gesundheit hin.

Unter dem Titel «Strassenverkehr und Gesundheit, das Beispiel Lärmdorf» veröffentlichte Peter Lercher von der Universität Innsbruck eine grundlegende Studie zum Thema Transitverkehr und Lebensqualität. Er untersuchte die Bewohner des Dorfes Schönberg an der Autobahn Innsbruck-Brenner. Das vor dem Autobahnbau idyllisch gelegene Dorf wird vom Transitverkehr in einer Schlaufe umfahren. An Spitzentagen wurde das Dorf damals (Mitte 80er Jahre) von 50'000 Fahrzeugen umfahren, davon 3000 bis 5000 Lastwagen.

60% der Anwohner erklärten sich durch den Strassenverkehrslärm stark oder mittelgradig belastigt, wobei eine hochsignifikante Beziehung zwischen Schallpegel und Störungsgrad bestand. Die Belastigung wurde v.a. beim Aufenthalt auf dem Balkon oder im Garten (82%), beim Ausruhen (61%) und bei Gesprächen im Freien empfunden. Als Reaktionen auf die Lärmbelastigung wurden die Fenster geschlossen, Schlafzimmer wurden verlegt und Schallfenster eingebaut, und die stärker Belastigten beteiligten sich vermehrt an Bürgerinitiativen.

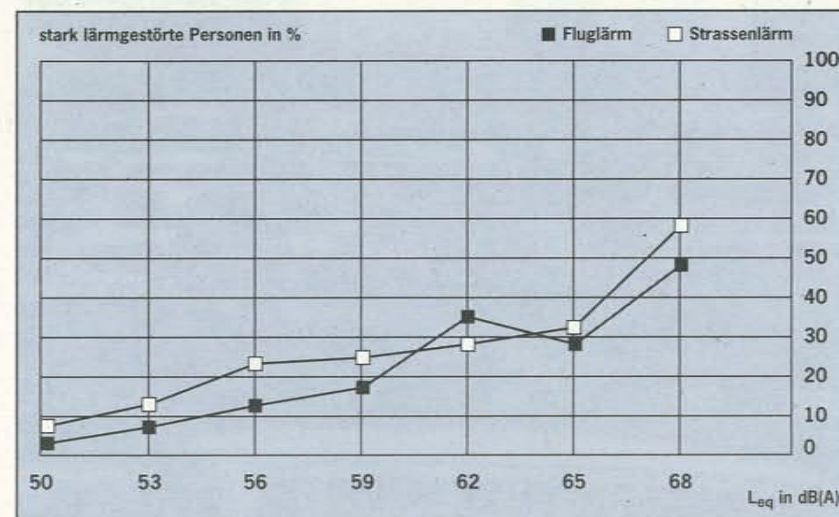
Schlafstörungen traten bei Menschen, die einem höheren Schallpegel ausgesetzt waren, signifikant häufiger auf. Ebenso klagten diese häufiger über Nervosität, Niedergeschlagenheit, Müdigkeit, Hilflosigkeit, leichte

Erschöpfbarkeit und Überforderung. Das Gefühl von «Geborgenheit» und der Eindruck von «Wohlbefinden» nahm mit zunehmender Lärmbelastigung deutlich ab. In der lärmigen Umgebung fanden sich mehr Raucher.

Lärmstudie 90

Die Lärmstudie 90 «Betroffenheit und Belastung der Wohnbevölkerung durch Flug- und Strassenlärm» ist Teil des Nationalen Forschungsprogramms «Mensch, Gesundheit, Umwelt» des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung. Im Rahmen dieser Studie wurden im Bereich der beiden Landesflughäfen Zürich-Kloten und Genf-Cointrin zufällige Stichproben aus Bewohnern von Gebieten mit einheitlich hoher, tiefer oder mittlerer Fluglärmbelastung sowie mit unterschiedlicher Belastung durch Strassenverkehrslärm ausgewählt.

Abb. 13: Lärmstudie '90: Störung in der Wohnung durch Flug- und Strassenverkehr, in Abhängigkeit von der jeweiligen Lärmbelastung



Die insgesamt 2050 Personen, die zur Teilnahme bereit waren, wurden anhand eines standardisierten Fragebogens zu verschiedensten Aspekten der Lebensqualität, u. a. auch zur Lärmbelastung, befragt. In dieser Studie waren bei L_{eq}-Werten zwischen 59 und 62 dB(A) ca. 25% der befragten Personen durch den Lärm stark gestört (Thermometerskala 8–10). Die Störung in der Wohnung, und zwar beim Radiohören, Fernsehen und miteinander Reden, stand bezüglich Lästigkeit an oberster Stelle. Die befragten Personen unterschieden klar zwischen den beiden Lärmimmissionen Flug- bzw. Strassenverkehrslärm. Bei einer vergleichbaren objektiven Lärmbelastung wurden beide Geräuschquellen als gleich lästig beurteilt (Abbildung 13).



Lärmbekämpfung

Es gibt grundsätzlich drei Möglichkeiten, um die Lärmbelastung an einem bestimmten Punkt zu verringern:

1. durch Massnahmen an der Quelle
2. durch Massnahmen bei der Schallausbreitung (zum Beispiel Lärmschutzwände)
3. durch Massnahmen beim Empfänger (Schallschutzfenster, Gehörschutzmittel)

Priorität haben immer *Massnahmen an der Quelle*, weil sie das Problem dauernd lösen. Leisere Motorfahrzeuge führen überall zu einer Verringerung des Lärms, während die Wirkung von Lärmschutzwänden örtlich begrenzt und überdies mit optischen Nachteilen verbunden ist. Schallschutzfenster wirken naturgemäss nur dann, wenn sie geschlossen bleiben.

Technische Verbesserungen an bestehenden Fahrzeugen sind zwar kaum noch möglich, doch hat der Fahrer grossen Einfluss auf die Lärmemissionen: er entscheidet darüber, ob er mit einem «Kavalierstart» alle Anwohner aus dem Schlaf reisst oder lärmbewusst (und ökonomisch) vorübergleitet.

Allgemein ist es viel einfacher, den Lärm bei hohen Frequenzen zu verringern als bei tiefen. Das gilt für die Schalldämmung zwischen zwei Wohnungen ebenso wie für Lärmschutzwände an einer Strasse oder beim Einkapseln einer lauten Maschine. Andererseits sind – wie bereits erwähnt – die hohen Frequenzen schädlicher und lästiger, so dass auch bereits mit beschränktem Aufwand Verbesserungen erreicht werden können.

Ein gutes Beispiel für den Fortschritt bei der technischen Lärmbekämpfung sind die heute sehr wirksam gedämpften Kompressoren auf Strassenbaustellen. Der immer noch starke Lärm der pneumatischen Abbauhämmer zeigt aber auch die Grenzen der technischen Lärmbekämpfung, wenn das Volumen und das Gewicht eines Gerätes nicht zunehmen dürfen. Wo es nicht möglich ist, die Lärmbelastung auf ein unschädliches Mass zu reduzieren (z. B. an Arbeitsplätzen), können persönliche Gehörschutz-

mittel wirksamen Schutz bieten. Sie verringern bei richtiger Anwendung den auf das Gehör einwirkenden Lärm um 15 bis 25 dB.

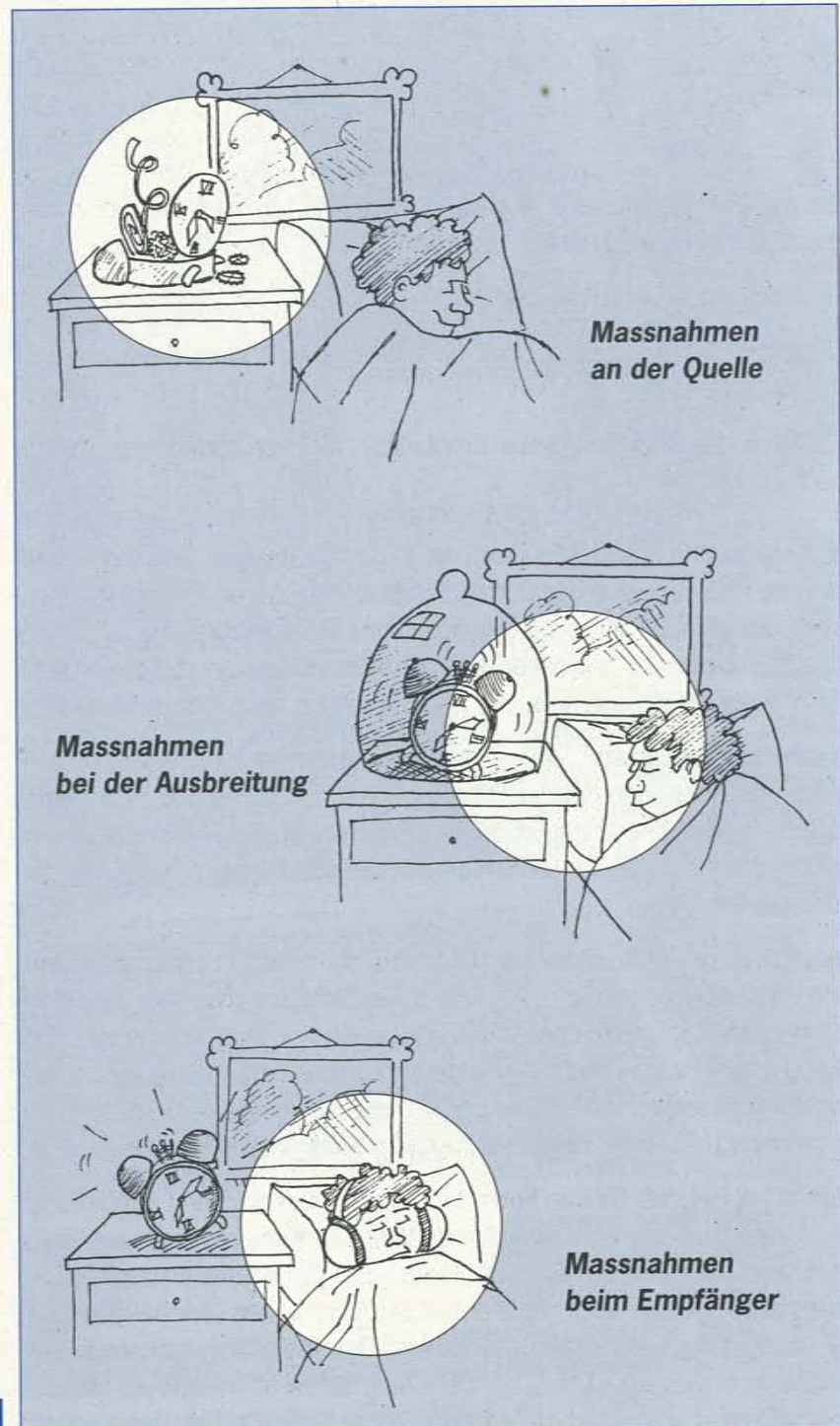


Abb. 14:
Die drei Möglichkeiten, den Lärm zu bekämpfen.

Rechtliche Lärmbegrenzungen

Da sich viele Lärmsituationen vielfach nicht im privaten, sondern im öffentlichen Bereich abspielen (Strasse, Flugzeuge, Schiessstand), ist es vor allem Aufgabe des Staates, langfristig wirksame Massnahmen zu treffen.

Dazu notwendig sind gesetzliche Grundlagen. Im Folgenden behandeln wir den Schutz vor Lärm durch das öffentliche Recht. Er ist heute im Umweltschutzgesetz (USG) und in der dazugehörigen Lärmschutzverordnung (LSV) geregelt.

Analog den beiden technischen Möglichkeiten, Lärm entweder an der Quelle oder am Einwirkungsort zu bekämpfen, unterscheidet man auch im Recht diese zwei Ansatzpunkte, also Emissions- und Immissionbegrenzungen.



■ Emissionsbegrenzungen (Art. 11 USG)

Hier wird der Lärm durch *Massnahmen bei der Quelle* begrenzt. «Quelle» kann das einzelne Auto, ein Flugzeug, eine Maschine, aber auch eine Strasse, ein Flugplatz, eine Fabrik, ein Parkhaus usw. sein. In den Spezialgesetzgebungen, wie zum Beispiel dem Strassenverkehrs- oder Luftfahrtrecht finden sich Emissionsbegrenzungen für die *mobilen Anlagen*. Ein Personenwagen darf zum Beispiel nicht mehr als 75 dB(A), ein Lastwagen nicht mehr als 80–84 dB(A), ein für Segelflugschlepp eingesetztes Motorflugzeug nicht mehr als 72 dB(A) auf einer jeweiligen genau definierten Messstrecke erzeugen.

Als Emissionsbegrenzungen für die *festen Anlagen* sind im Umweltschutzgesetz u. a. Verkehrs- und Betriebsvorschriften genannt. Dazu gehören zum Beispiel die Tempo-30-Zonen und andere Geschwindigkeitsbegrenzungen, Spurreduktionen, das Nachtfahrverbot für Lastwagen, die Nachtsperre auf Flughäfen, spezielle An- und Abflugverfahren und zeitliche Betriebseinschränkungen für Industrie- und Gewerbebetriebe.

Die Emissionsbegrenzung erfolgt *zweistufig*:

1. *Stufe*: Im Rahmen der *Vorsorge* sollen alle Anlagen unabhängig von der bestehenden Lärmbelastung «so wenig Lärm wie möglich» erzeugen. Das USG selber sagt dazu in Art. 11 Abs. 2, die Begrenzung müsse «technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar» sein; so sind zum Beispiel Spurreduktionen oder Pfortneranlagen auf Einfallachsen betrieblich möglich, weil sie ohnehin vorhandenen Stau lediglich verschieben.

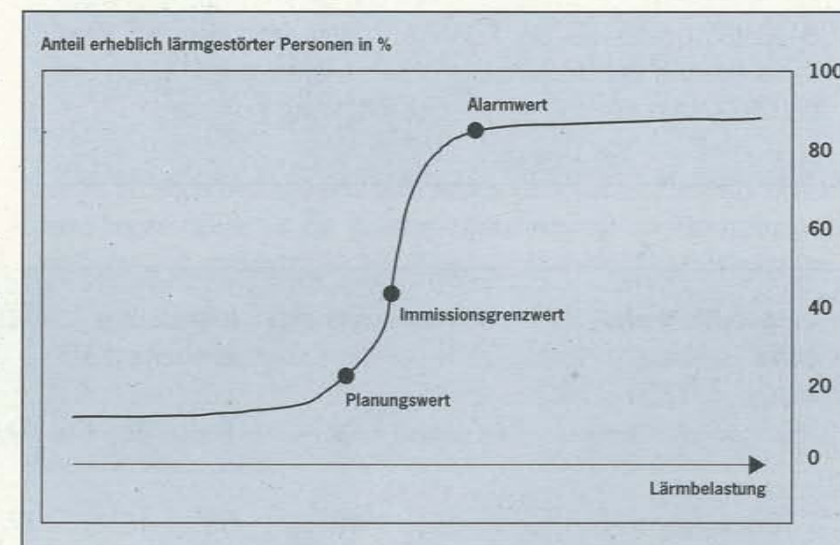
2. *Stufe*: Wenn die Einwirkungen trotzdem unter Berücksichtigung der bestehenden Umweltbelastung schädlich oder lästig werden, d.h. über den Immissionsgrenzwerten liegen, müssen die Emissionsbegrenzungen nach Art. 11 Abs. 3 *verschärft* werden. Dabei muss sich die entscheidende Behörde nicht mehr an die drei Bedingungen «technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar» halten. Der Kampf gegen übermässige Einwirkungen geht vor.

■ Immissionsbegrenzungen (Art. 13 und 15 USG)

Immissionsgrenzwerte (IGW) bestimmen, ab wann die Lärmbelastung aus einer Anlage schädlich oder lästig ist. Anders als bei den Emissionsbegrenzungen an mobilen Anlagen geht es nicht um die Messung und Bewertung einzelner Lärmereignisse, sondern um die Bewertung von Dauerschall. Als Mass wird der Beurteilungspegel L_r benutzt (der dem – um einen Pegelkorrekturfaktor K korrigierten – energieäquivalenten Schallpegel L_{eq} entspricht).

Die Immissionsgrenzwerte orientieren sich an einer *durchschnittlichen Lärmempfindlichkeit* der betroffenen Personen (vgl. Art. 15 USG). Empfindliche Personen fühlen sich bereits unterhalb der Immissionsgrenzwerte gestört, während weniger lärmempfindliche Personen erst oberhalb der Immissionsgrenzwerte gestört werden. Daher war es letztlich ein politischer Entscheid, welchen Anteil von gestörten Personen man bei der Festlegung der Immissionsgrenzwerte in Kauf nehmen wollte. Nach Art. 13 Abs. 2 USG sind auch Personengruppen mit erhöhter Empfindlichkeit, «wie Kinder, Kranke, Betagte und Schwangere», zu berücksichtigen. Bei zunehmender Lärmbelastung verläuft der Anteil der erheblich gestörten Personen nicht linear (siehe Abbildung 12 im vorhergehenden Kapitel). Die Immissionsgrenzwerte liegen in jenem Kurvenbereich, in welchem eine sehr starke Zunahme der erheblich gestörten Personen feststellbar ist (Abbildung 15).

Abb. 15: Anteil erheblich lärmgestörter Personen in Abhängigkeit von der Lärmbelastung. Die Zunahme ist nicht linear. Die Grenzwerte der LSV liegen in jenem Kurvenbereich, in dem eine starke Zunahme dieser Personen feststellbar ist.



Die Grenzwerte in der Lärmschutzverordnung

Die *Immissionsgrenzwerte (IGW)* sagen: «bis hierher und nicht weiter». Einwirkungen über dem Immissionsgrenzwert sind gemäss Art. 13 USG schädlich oder lästig. Bestehende Anlagen, die solche übermässigen Einwirkungen erzeugen, müssen saniert werden.

Die *Planungswerte (PW)* liegen 5 dB(A) tiefer als der Immissionsgrenzwert (Art. 23 USG). Die Planungswerte bieten einen erhöhten Schutz vor neuen lärmigen ortsfesten Anlagen (Art. 25 USG). Sie sind auch bei der Ausscheidung und Erschliessung von Bauzonen grundsätzlich einzuhalten (Art. 24 USG).

Alarmwerte (AW) sind ein Mass für die Dringlichkeit von Sanierungen und liegen 5–15 dB(A) über den Immissionsgrenzwerten (Art. 19 USG).

Empfindlichkeitsstufen (ES): Je nach örtlicher Situation wirken Lärmimmissionen mehr oder weniger störend. In einer Kur- oder ruhigen Wohnzone wird eine Lärmquelle rascher als lästig wahrgenommen als in einem Gebiet, das bereits mit Lärm vorbelastet ist (zum Beispiel eine Gewerbezone). Dem wird durch nach Empfindlichkeitsstufen abgestufte Grenzwerte Rechnung getragen.

Die *Nachtwerte* für Strassen-, Bahn- und Gewerbelärm liegen um 5–10 dB(A) tiefer als die *Tagwerte*. Damit wird dem erhöhten Ruhebedürfnis der Bevölkerung in den Nachtstunden (22.00 Uhr bis 06.00 Uhr) wenigstens teilweise Rechnung getragen.

Tab. 4:
Belastungs-
grenzwerte
der Lärmschutz-
verordnung.

Empfindlichkeits- stufe

Planungswert

Immissions- grenzwert

Alarmwert

Tag

Nacht

Tag

Nacht

Tag

Nacht

I Erholungszonen	50	40	55	45	65	60
II Wohnzonen	55	45	60	50	70	65
III Wohn- und Gewerbebezonen	60	50	65	55	70	65
IV Industriezonen	65	55	70	60	75	70

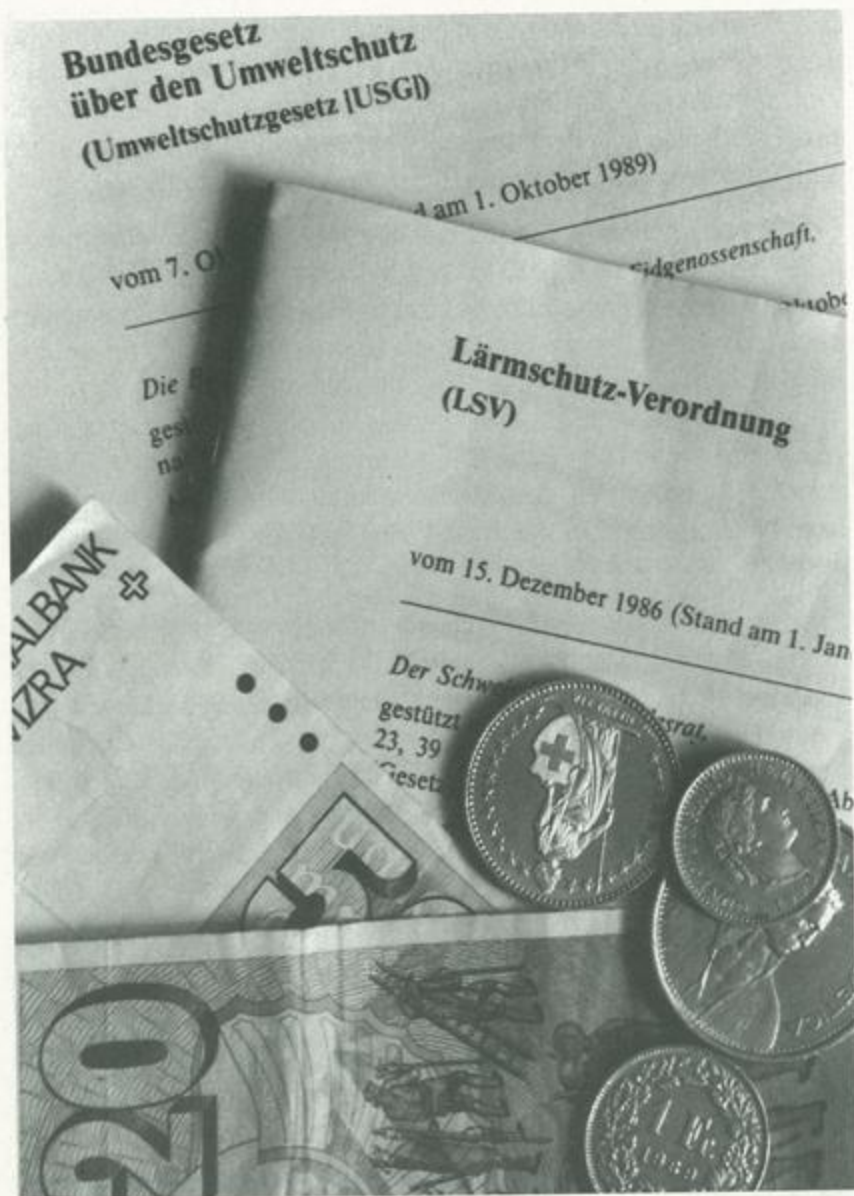
Grenzwerte für Emissionen und Immissionen kommen erst dann zum Zug, wenn sie überschritten werden und wirken daher als «Notbremse». Trotzdem sind die Behörden verpflichtet, vorsorglich, d. h. bevor die Grenzwerte überschritten werden, weitergehende Lärmbegrenzungen durchzusetzen, wenn immer dies bei einer Anlage möglich ist.

Bei öffentlichen Anlagen für den Verkehr bleibt dieses *Vorsorgeprinzip* leider weitgehend Postulat. Teilweise versuchen die Behörden gar, Erreichtes wieder in Frage zu stellen, um die Kapazitäten von Anlagen besser auszunützen. Das gilt zur Zeit vor allem für die Flugplätze, wo zeitliche Betriebseinschränkungen, Nachtflugverbote, Präferenzpisten und An- und Abflugsektoren als unzeitgemäss kritisiert werden, weil die Flugzeuge inzwischen ja so leise geworden seien. Dabei belegen offizielle Berichte und Statistiken, dass sämtliche Fortschritte in der Lärmbekämpfung an den Fahrzeugen durch die Verkehrszunahme zunichte gemacht werden.

Dass der Vollzug der Lärmbekämpfung vor allem im öffentlichen Bereich noch nicht genug greift und oft sogar das absolut Notwendige vermissen lässt, wird auch ersichtlich, wenn man sich die Ziele der Lärmschutz-Verordnung ansieht und das, was bisher in dieser Richtung unternommen wurde. Am 1. April 1987 ist die Lärmschutz-Verordnung in Kraft getreten. Am 1. April 2002 sollten die darin geforderten Sanierungen von Anlagen, die die Vorschriften der LSV nicht erfüllen, durchgeführt sein. Dieses Vollzugsziel wird bei den öffentlichen und konzessionierten Verkehrsanlagen leider nicht erreicht werden. Die hohen Kosten der passiven Schallschutzmassnahmen stehen quer zur politischen Realität. Es fehlt der Wille, die Kosten konsequent nach Verursacherprinzip abzuwälzen; stattdessen beklagt man die leeren Kassen der öffentlichen Hand.

Aber es ist auch wichtige und gute Arbeit geleistet worden: Auf *Bundesebene* liegen heute für die meisten Lärmarten die zur Beurteilung der Lärmbelastung notwendigen Anhänge zur Lärmschutz-Verordnung vor.

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt hat die Lärmbelastungskataster für ca. die Hälfte der Regionalflughäfen und Flugfelder, das Bundesamt für Verkehr wenigstens einen Grobkataster für das Schienennetz fertig gestellt. In vielen *Kantonen* sind die Lärmbelastungskataster für die Strassen erstellt.



Marktwirtschaftliche Instrumente

Neben den rechtsstaatlichen Zwangsmassnahmen gibt es noch ein anderes Instrumentarium, um den Lärm einzudämmen: das der Marktwirtschaft. Richtig und konsequent (und vor allem auch international!) angewandt ist es sogar die wirksamste Massnahme.

Das Prinzip ist: Jeder Lärmverursacher sollte künftig jene Kosten selber tragen, die er bisher auf die Allgemeinheit bzw. auf unbestimmt viele vom Lärm Betroffene abwälzen konnte.

Die konsequente Durchsetzung dieses Ansatzes steht erst am Anfang. Er kommt zum Tragen, wenn Fabrik- und Gewerbebetriebe oder Schiessanlagen saniert oder neue Anlagen für einen lärmarmen Betrieb gebaut werden. Dadurch wird die Produktion oder die Benutzung der Anlage verteuert. Früher nicht erfasste Kosten werden sichtbar.

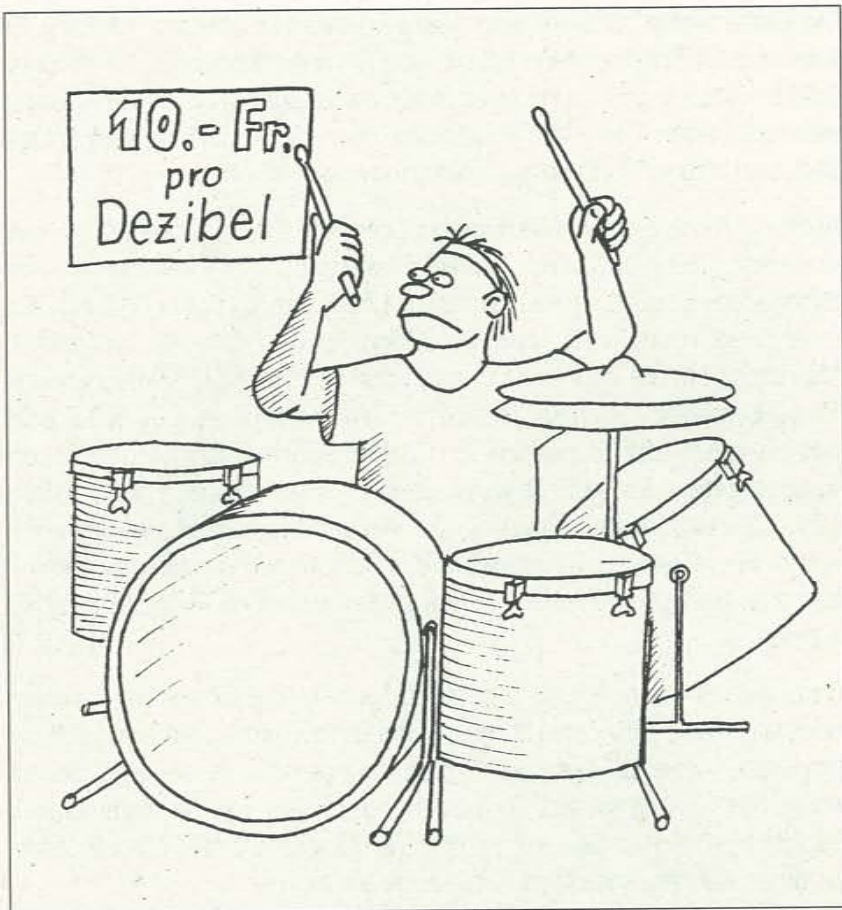
Auch die Benutzung von Verkehrsanlagen, die übermässigen Lärm verursachen, sollte ihren Preis haben. Erst wenn der Verkehr seine «Umweltkosten» bezahlt, ist Kostenwahrheit hergestellt. Weil er dadurch verteuert wird, entsteht ein Sparanreiz. Mobilität wird sinnvoller eingesetzt. Man steigt um auf den umweltfreundlicheren öffentlichen Schienen- und Strassenverkehr. Unnötige Reisen werden unterlassen. Der Preis lenkt das Verhalten der Menschen um. Daher spricht man auch von *Lenkungsabgaben*. Es besteht weitgehend Einigkeit darüber, dass solche Lenkungsabgaben dem Staat nicht zu neuen Steuereinnahmen verhelfen sollen. Sie müssen daher entweder den Betroffenen zurückerstattet werden oder heute bestehende Steuern sollten im selben Ausmass gesenkt werden.

Dafür gibt es verschiedene ausgereifte Modelle, die auf der sogenannten *Internalisierung der Kosten* beruhen. Man spricht dann von Internalisierung der Kosten, wenn die Verursacher die Umweltkosten, die sie produzieren, selber begleichen müssen. Da diese Kosten bisher von der Allgemeinheit bezahlt worden sind bzw. gar nicht in die Umweltkosten-Rechnung aufgenommen wurden, spricht man von *externen Kosten*.

Heute zahlen die Verursacher von Verkehrslärm nicht einmal die Kosten für den passiven Schallschutz an ihren Anlagen selber. Zwar werden bei Strassenlärmsanierungen die Aufwendungen im Durchschnitt zu 50% durch den Bund aus dem Treibstoffzoll finanziert. Der Kantonsanteil wird aber nur teilweise aus der kantonalen Motorfahrzeugsteuer berappt. Auch die SBB und die Privatbahnen müssten den Schallschutz an ihren Anlagen selber bezahlen – haben dafür aber kein Geld.

Dabei bleibt ein ganz wesentlicher Teil der externen Kosten ohnehin an der Allgemeinheit hängen: weil Sanierungen im allgemeinen erst ab dem Alarmwert durchgeführt werden müssen, haben tausende von Wohnungen, die über den Immissionsgrenzwert hinaus beschallt werden, keinerlei Sanierungsanspruch.

Die Schätzungen über die externen Kosten des Verkehrs enthalten notwendigerweise Wertungen, Annahmen und damit Unsicherheitsfaktoren. Es wird nie gelingen, diese Kosten auf den Franken genau auszuweisen. Das ist aber auch nicht notwendig. Denn sämtliche seriösen Studien belegen, dass *der Verkehr seine Kosten bei weitem nicht bezahlt*. Daher



sollte die Politik endlich damit beginnen, den Verkehr zu verteuern, und zwar pragmatisch und stufenweise. Denn die Wirtschaft muss sich an die neue Kostenstruktur anpassen können. Bei einem solchen Vorgehen wird man auch sehen, wann und wie stark der Lenkungseffekt einsetzt. Um Lenkungsabgaben zu verwirklichen, braucht es neue Gesetze. Der Strassen- und der Luftverkehr sollten über Abgaben auf den Treibstoffen gelenkt werden.

Lenkungsabgaben sollten nicht nur den Lärm, sondern auch die Luftverschmutzung, den Ozonabbau in der Stratosphäre und die CO₂-Problematik (globale Erwärmung) einbeziehen. Ansonsten besteht die Gefahr, dass die Gleichgewichte zwischen Luft- und Strassenverkehr einerseits und dem Schienenverkehr andererseits ungleich verteilt werden. Weil die Bahn bis sechs mal weniger Energie verbraucht als das Auto und das Flugzeug, schlägt die Schadstoffbilanz stark zu ihren Gunsten aus. Die sie treffenden Lenkungsabgaben sind damit vergleichsweise gering und ihre Wettbewerbsfähigkeit wird stark verbessert.

Um den Dauerschallpegel um 3 dB(A) zu senken, muss der Verkehr auf einer Strasse halbiert werden. Bei der Menge der mit über 60 oder 65 dB(A) belärmten Wohnungen wird ersichtlich, dass der gesamte Strassenverkehr wohl um weit mehr als die Hälfte reduziert werden müsste, um die Lärmbelastungen für die Grosszahl der betroffenen Bevölkerung wirksam zu reduzieren. Um den erforderlichen Lenkungseffekt zu erzielen, müssten die Abgaben somit sehr hoch sein. Bis eine Mehrheit der Bevölkerung bereit ist, solche zu akzeptieren, dürfen die bestehenden Schutzstandards nicht abgeschafft werden. Ja, sie sind sogar zu verbessern: zum Beispiel können Temporeduktionen auf Durchgangsstrassen und Autobahnen, die einen grossen Teil der im höheren Geschwindigkeitsbereich dominanten Rollgeräusche eliminieren würden, manchenorts übermässige Lärmbelastungen beseitigen. Lenkungsabgaben einerseits und betriebliche und andere Massnahmen andererseits werden sich daher über längere Zeit ergänzen müssen.

Kosten, die der Lärm verursacht

Nach einer Studie von 1992 verursacht der *Strassenverkehr* vorsichtig berechnet jährlich 701 Mio Franken, davon der *Personenverkehr* 498 Mio und der *Güterverkehr* 203 Mio Franken. Beim *Schieneverkehr* sind es 116 Mio Franken, wovon 92 Mio dem *Personenverkehr* und 24 Mio Franken dem *Güterverkehr* anzulasten sind.

Lärmexponierte Wohnungen können nur zu günstigen Mietpreisen vermietet werden. Sinkt der Lärmpegel, steigt die Zahlungsbereitschaft. Als Faustregel gilt: ca. 1 Prozent Mietzins pro Dezibel Reduktion, oder gemäss einer Zürcher Untersuchung ca. Fr. 70.- für eine Lärmreduktion um 10 dB(A).

Übermässiger Lärm beeinträchtigt die Gesundheit. Die daraus resultierenden *Arzt- und Medikamentenkosten* belasten das persönliche Budget bzw. das Gesundheitswesen.

Sodann entstehen *Lärmfluchtkosten*. Wer in der Freizeit aus den unwirtlichen Agglomerationen in die Natur ausweicht, hat die Transportkosten und einen Beitrag in Form von Zeit zu bezahlen. Dieses Verhalten erzeugt selber wieder Lärm und andere Immissionen. Auch die Flucht aus den Städten aufs vermeintlich ruhige Land führt zu höheren Transportkosten und verschärft die ganze Umweltproblematik.

Postulate

Basierend auf den bisherigen Ausführungen, formulieren die Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz folgende Postulate:

Die verkehrsberuhigte Stadt

Eine ruhige Stadt ist eine wohnliche Stadt. Man hört die Menschen sprechen, gehen, hört Geräusche von menschlichen Tätigkeiten, Vögel, Musik. Man hört auch den Verkehr, aber er erdrückt uns nicht.

Postulate:

- Verkehrsberuhigte Zonen sind in allen Wohngebieten zu prüfen und zu schaffen, d. h. Tempo-30 Zonen, Förderung der Wohnlichkeit von Quartierstrassen.
- Durchgangsstrassen innerorts sind durchwegs mit «Tempo 50 generell» zu versehen. Die heutigen Ausnahmeregelungen auf vielen Hauptstrassen entfallen. Die Temporeduktion wird mit baulichen Massnahmen bei Dorfeinfahrten (Inseln, Verengungen, Kreisverkehr) unterstrichen.
- Parkräume sollen soweit als möglich eingeschränkt werden.
- Verkehrsfreie Ortszentren sollen wo immer möglich geschaffen werden, um die Wohnlichkeit auch im Zentrum zu erhalten oder zurückzugewinnen.
- Velowege, Fussgängerzonen und der öffentliche Verkehr sind zu fördern.

Autobahn

Die Autobahnen sind nun einmal da. Einige werden noch gebaut. Wir stellen uns vor, dass Autobahnen nicht so laut sein müssen, wie sie heute sind. Dass sie wie «flüsternde Schlangen» in der Landschaft liegen. Dass der bedrohliche Dauerton, der heute insbesondere die engen Alpentäler und die Erholungslandschaften ausfüllt, gemildert werden kann.

Postulate:

- Das Tempo auf Autobahnen ist generell auf 100 km/h festzulegen (für Lastwagen auf 70 km/h).

- Auf Autobahnen in den Agglomerationen ist die Geschwindigkeit auf Tempo 70 zu reduzieren.
- In empfindlichen Landschaften und entlang Naherholungsgebieten soll das Tempo reduziert werden und, wo dies trotzdem nötig ist, Schallschutzmassnahmen getroffen werden.
- Am Nacht- und Sonntagsfahrverbot sowie an den Gewichtslimiten für Lastwagen soll festgehalten werden.
- Die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe soll rasch eingeführt werden.
- Vor allem auf verkehrsreichen Strecken sollen «Flüsterbeläge» erstellt werden.
- Für Autoreifen soll die Typenprüfung eingeführt werden, ebenso Lenkungsabgaben auf den lauten Reifentypen.

Eisenbahn

Bahnen können leise sein. Leise Bahnen rollen durch die Landschaft, sie kreischen nicht. Sie bewegen sich, ohne zu scheppern. Im Bereich von Wohngebieten haben sie Lärmschutzwände, Wälle etc., wie andere Lärmquellen auch.

Postulate:

- Der Vollzugsnotstand beim Lärmschutz der Bahnen muss zügig behoben werden. Es geht nicht an, den Vollzug zu verzögern, nur weil die Bahn aus finanziellen Gründen nicht mitkommt.
- Beim Rollmaterial und beim Trasseebau sind die technischen Möglichkeiten voll auszuschöpfen.
- Lärmschutzmassnahmen sind insbesondere entlang von Schnellzugstrecken ein absolutes Muss.
- Zugstempobeschränkungen sind dort zu verfügen, wo die Lärmschutzziele nicht anders erreicht werden können.

Luftverkehr

Wir können uns Landesflughäfen, Regionalflugplätze und Flugfelder vorstellen, welche durch ihren Betrieb die Menschen auf dem Boden schonen. Dies geht jedoch nicht ohne einschneidende Betriebsbeschränkungen.

Postulate:

- Das Nachtflugverbot ist konsequent durchzusetzen. Es darf nicht aus Kapazitätsgründen angetastet werden, wie es heute ständig geschieht, sondern nur in Notlagen wie Umleitungen wegen schlechtem Wetter oder unvermeidbaren Verspätungen; letztere sollen mit massivem Gebührenzuschlag belegt werden.

- Lenkungsabgaben, wie zum Beispiel lärmabhängige Benützergebühren und Verteuerung des Flugbenzins sollen die Flottenverbesserung auf nationaler und internationaler Ebene fördern.
- Der Inland-Linienflugverkehr auf Landes- und Regionalflugplätzen ist einzuschränken. Die Schweiz verfügt über ein bereits gut ausgebautes Bahnnetz.
- Der Flugverkehr auf Regionalflughäfen und Flugfeldern ist im Umfang zu limitieren und zeitlich zu begrenzen – z. B. von 9–11 Uhr und von 15–17 Uhr und vor allem an Wochenenden. Der technische Fortschritt im Lärmschutz darf nicht durch vermehrte Bewegungen wettgemacht werden.
- Die Helifliegerei ist auf Rettungs- und wichtige Transportflüge zu beschränken. Fotoflüge sind nur zu bewilligen, wenn ein wichtiges Bedürfnis ausgewiesen wird.

Schiessanlagen

Beim Lärm von zivilen und militärischen Schiessanlagen stört vor allem das plötzliche und unregelmässige Auftreten des Knalles. Probleme ergeben sich insbesondere in dicht besiedelten Gebieten sowie in Erholungsräumen in der Umgebung von Schiessanlagen.

Postulate:

- Bei den Schiessanlagen sind durch bauliche Sanierungen die bestmöglichen Schutzmassnahmen zu treffen.
- Die Schiesszeiten sind einzuschränken, insbesondere an Wochenenden.
- Schiessanlagen sind soweit als möglich zusammenzulegen (regionale statt gemeindeeigene Anlagen).
- Es sind vollständig elektronische Anlagen anzustreben (mit Gewehren ohne Knall).

Sport und Freizeit

Bei Veranstaltungen im Freien können die Anwohner durch den Lärm von Lautsprecheranlagen sowie auch durch den Motorfahrzeugverkehr bei den Zu- und Wegfahrten gestört werden. Die dabei auftretenden Lärmbelastungen sind immer von der lokalen Situation abhängig.

Postulate:

- Bei Freizeit- und Sportveranstaltungen sind durch organisatorische Massnahmen – in Absprache mit den Anwohnern – die Lärmbelastungen soweit wie möglich zu reduzieren.

- Bei der Planung und beim Bau von Freizeit- und Sportanlagen ist dem Lärmschutz besondere Bedeutung zu schenken.
- Lärmintensive Sport- und Freizeitaktivitäten wie beispielsweise Motorrad- und Motorboottouren oder das Fliegen mit Kleinflugzeugen haben insbesondere in Erholungsgebieten mit Rücksicht auf das Ruhebedürfnis der Bevölkerung stattzufinden.

Industrie, Gewerbe und Bautätigkeit

Das Ausmass der Lärmstörungen bei Industrie-, Gewerbe- und Bautätigkeiten ist vor allem abhängig von den ausgeführten Arbeiten, von den Betriebs- und Arbeitszeiten sowie von der lokalen Situation. Zu erheblichen Störungen führen auch Geräusche mit kurzfristigen Spitzen (Impulse).

Postulate:

- Bei den Fabrikationsgebäuden ist ein wirksamer Schallschutz erforderlich.
- Die Lärmquellen (innerhalb und ausserhalb der Gebäude, Baumaschinen) sind mit Abkapselungen und Schalldämpfern wirksam abzuschirmen.
- Bei der Festlegung der Betriebsabläufe und Betriebszeiten sind die lokalen Gegebenheiten soweit wie möglich zu berücksichtigen.

Persönliche Beiträge zur Lärmverminderung

Durch sein persönliches Verhalten im Alltag kann jeder Einzelne viel zur Verminderung von Lärmbelastungen beitragen, insbesondere im Strassenverkehr und im Wohnbereich.

Postulate:

- Wenn immer möglich, öffentliche Verkehrsmittel oder das Fahrrad benutzen, kürzere Wegstrecken zu Fuss gehen.
- Wenn mit dem Auto, dann «ruhig» und «flüssig» fahren – keine starken Beschleunigungen; wenn möglich ausserhalb von Wohnquartieren und städtischen Zentren parkieren.
- In der eigenen Wohnung Fernsehapparat, Radio und Musik-Anlage nicht zu laut einstellen – aus Rücksicht auf den Nachbarn.
- Auch bei Freizeitaktivitäten im Freien Rücksicht auf die Nachbarn nehmen, insbesondere am Abend und übers Wochenende.

Und zum Schluss noch folgende Feststellung:

Weniger Lärm durch Temporeduktion

Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes 25 «Stadt und Verkehr» wurde der Einfluss von Geschwindigkeitsreduktionen auf die Luft- und Lärmbelastungen, den Energieverbrauch, die Verkehrssicherheit und das Fahrverhalten untersucht. Bei den insgesamt 9 Erhebungen auf Quartierstrassen, Hauptstrassen innerorts und Autobahnen wurde eine Abnahme der Lärmimmissionen um 1–4 dB(A) festgestellt. Ferner wurden die NO_x-Emissionen reduziert und die Verkehrssicherheit hat zugenommen. Langsames und flüssiges Fahren trägt in Städten und Ortschaften dazu bei, dass vor allem die Beschleunigungs- und Bremsstrecken verkürzt werden. Dadurch wird nicht nur die Unfallgefahr stark vermindert, sondern auch deutlich weniger Lärm erzeugt.

Literatur

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL):
Lärmschutz in der Schweiz. Bern 1993.

Conzelmann-Auer C., Braun-Fahrländer C., Ackermann-Liebrich U., Wan-
ner H.U.:

Die Wahrnehmung der Verkehrslärmimmissionen im Kanton Basel-Stadt
im Vergleich zu den erhobenen Lärmmesswerten. Sozial- und Präventiv-
medizin, 38:231–238, 1993.

Eidgenössische Kommission für die Beurteilung von Lärmimmissions-
grenzwerten:

Teilberichte 1–5 (Strassenlärm 1979, Zivile Schiessanlagen 1980, Klein-
aviatik 1981, Eisenbahnlärm 1982, Militärflugplätze 1989).

Ising H., Kruppa B. (Herausgeber):

Lärm und Krankheit. Tagungsband des Internationalen Symposiums
«Lärm und Krankheit» vom 26. bis 28. September 1991 in Berlin. Gustav
Fischer Verlag, Stuttgart, New York 1993.

Jaag Tobias:

Umweltschutz und Strassenverkehr. Verkehrslenkende und verkehrsbe-
schränkende Massnahmen aus rechtlicher Sicht. URP 1/1987, S.94ff

Jaag Tobias:

Verkehrsberuhigung im Rechtsstaat, ZBl 87/1986, S. 289ff

Lärmschutz-Verordnung (LSV) vom 15. Dezember 1986.

Lercher, P.:

Strassenverkehr und Gesundheit, das Beispiel Lärmdorf. Veröffentlichun-
gen der Universität Innsbruck, 166. 2. Umwelttag an der Universität Inns-
bruck: «Umwelt und Verkehr», 1988.

Maibach M., Iten R., Mauch S.:

Internalisieren der externen Kosten des Verkehrs. Bericht 33 des NFP 25
«Stadt und Verkehr», Zürich 1992.

Oliva C., Hofmann R., Krueger H., Meloni T., Rabinowitz, J.:
Gêne due au bruit des avions dans le voisinage des aéroports nationaux
suisses. Médecine et Hygiène, 51: 1906-1808, 1993.

Oliva C.:
Lärmstudie 90, Belastung und Betroffenheit der Wohnbevölkerung durch
Flug- und Strassenlärm in der Umgebung der internationalen Flughäfen der
Schweiz. Populärfassung: Dr. C. Oliva, 8050 Zürich-Oerlikon, 1995.

Rebentisch E., Lange-Asschenfeld H., Ising H.:
Gesundheitsgefahren durch Lärm. Institut für Wasser-, Boden- und Luft-
hygiene, Berlin: bga Schriften 1/1994.

Schweizerische Unfallverhütungsanstalt (SUVA):
Belästigender Lärm am Arbeitsplatz, Luzern 1994.

Schweizerische Unfallverhütungsanstalt (SUVA):
Gehörgefährdender Lärm am Arbeitsplatz, Luzern 1988.

Schweizerische Unfallverhütungsanstalt (SUVA):
Musik und Hörschäden, Luzern 1995 (7. Auflage).

Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz

Wer sind wir?

Der Verein «Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz» ist 1987 gegründet worden und in kantonalen Sektionen organisiert. Es gehören ihm heute über 2900 Mitglieder an, überwiegend ÄrztInnen, aber auch ZahnärztInnen und TierärztInnen. Dem Verein können auch Studierende dieser Berufe beitreten. Der Verein ist Kollektivmitglied der «International Society of Doctors for Environment» (ISDE).

Was wollen wir?

Der Verein «Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz» ist aus der Sorge um eine zunehmend kranke Umwelt entstanden, die unsere Welt und die Welt unserer Nachkommen ernsthaft bedroht. Die «Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz» möchten die Gesamtärzteschaft, die Patientinnen und Patienten und eine breitere Öffentlichkeit auf die umweltbedingten Gefahren aufmerksam machen und den Behörden beratend beistehen. Wissenschaftlich fundierte Information bildet das Hauptinstrument der Vereinsaktivitäten. Gleichzeitig verpflichten sich die Mitglieder des Vereins ihr eigenes Handeln zu überdenken und eine ökologisch vertretbare Praxisführung anzustreben.

Anmeldetalon

zurücksenden an Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz, Postfach 41, 4013 Basel

- Senden Sie mir Informationen über «Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz»
- Ich werde Mitglied der «Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz»
(Mitgliederbeitrag für 1995 Fr. 125.-/StudentInnen Fr. 30.-)

Stempel/Adresse: _____

Datum/Unterschrift: _____

Bemerkungen: _____