



EIDG. KOMMISSION

FÜR DIE BEURTEILUNG VON

LÄRM - IMMISSIONSGRENZWERTEN

1. Teilbericht

BELASTUNGSGRENZWERTE FÜR DEN STRASSENVERKEHRLÄRM

Juni 1979

I N H A L T

	Seite
1 Einleitung	1
11 Ausgangslage und Auftrag	1
12 Zusammensetzung der Kommission	2
13 Durchführung des Auftrages	4
2 Strassenverkehrslärm als Umweltschutzproblem	6
3 Lärmbekämpfungskonzept	8
4 Akustische Grundbegriffe	10
5 Lärmbelastungsgrenzwerte	13
51 Belastungsmasse	13
52 Wirkung und Beurteilung von Strassen- verkehrslärm	14
53 Grenzwertstufen und Funktionen	20
54 Differenzierung der Belastungsgrenzwerte	24
55 Neues Grenzwertschema	26
6 Vergleich mit Grenzrichtwerten 1963	29
61 Alte und neue Belastungsmasse	29
62 Grenzwertvergleich	32
7 Finanzielle Auswirkungen	34

1 EINLEITUNG

11 Ausgangslage und Auftrag

Mit der Annahme des Artikels 24septies der Bundesverfassung im Jahre 1971 wurde dem Bund der Auftrag erteilt, Vorschriften über den Schutz des Menschen und seiner natürlichen Umwelt gegen schädliche und lästige Einwirkungen zu erlassen. Neben der Luftreinhaltung wurde ausdrücklich auch die Lärmbekämpfung als vordringlich aufgeführt.

Der gesamte Fragenkomplex der Lärmbekämpfung wurde bereits 1963 im Bericht "Lärmbekämpfung in der Schweiz" von einer Eidg. Expertenkommission nach dem damaligen Erkenntnisstand eingehend und umfassend behandelt.¹⁾

In der künftigen, auf Artikel 24septies BV abgestützten Gesetzgebung, soll im Teilbereich Lärmbekämpfung neben der Verminderung des Lärms an der Quelle durch technische Massnahmen und Vorschriften über Emissionsgrenzwerte auch den Belastungsgrenzwerten zur Begrenzung der Immissionen eine grosse Bedeutung zukommen. Solche Belastungsgrenzwerte stellen ausserdem einen Beitrag zur Konkretisierung der Planungsgrundsätze (Artikel 3 Absatz 2 lit. a und b) des Entwurfes zum Raumplanungsgesetz dar.

Im vorerwähnten Bericht von 1963 wurden bereits provisorische Belastungsgrenzwerte, damals Grenzwertwerte genannt, empfohlen. Diese stellten in der Folge eine nützliche Grundlage für die Beurteilung von Lärmimmissionen dar. Allerdings hat sich in der Zwischenzeit auch gezeigt, dass diese Grenzwertwerte als solche, wie auch hinsichtlich ihrer Funktion und Handhabung, Mängel aufweisen, was immer wieder zu Kritik Anlass gab.

1) "Lärmbekämpfung in der Schweiz". Bericht der Eidg. Expertenkommission an den Bundesrat, Bern (1963)

Im Hinblick auf eine rechtliche Verankerung dieses wichtigen Instrumentes der Lärmbekämpfung drängte sich deshalb eine kritische Uebersarbeitung und Ueberprüfung der bestehenden Grundlagen auf.

Im Jahre 1975 setzte das Eidg. Departement des Innern eine "Expertenkommission zur Beurteilung von Lärmimmissionsgrenzwerten" ein und betraute diese mit der Aufgabe, die bisherigen Grundlagen auf den neuesten Stand des Wissens hin zu überarbeiten und nötigenfalls durch Untersuchungen gezielt zu ergänzen.

Es wurde davon ausgegangen, dass die von der Lärmexpertenkommission im Jahre 1963 vorgeschlagenen Grenzrichtwerte in erster Linie zur Beurteilung von bestehenden Lärmimmissionen und als Entscheidungshilfe zur Bemessung der Dringlichkeit allfälliger Sanierungsmassnahmen dienten. Dass in einem modernen Lärmbekämpfungskonzept Belastungsgrenzwerten aber zusätzlich die Funktion eines Planungsinstrumentes zukommen muss, ist heute unbestritten. Entsprechend dem heutigen Wissensstand und in Anbetracht der erweiterten Funktion von Belastungsgrenzwerten drängte sich deshalb die Erarbeitung von Kriterien zu deren Festlegung auf. In diesem Zusammenhang gilt es zu berücksichtigen, dass derartige Kriterien auch unerlässlich sind, um verschiedene Lärmarten nach einheitlichen Gesichtspunkten zu beurteilen.

12 Zusammensetzung der Kommission

Die Expertenkommission ist wie folgt zusammengesetzt:

- | | |
|----------------------|--|
| <u>Vorsitzender:</u> | - PD Dr. B. Böhlen, stellvertretender Direktor des Bundesamtes für Umweltschutz, Bern |
| <u>Mitglieder:</u> | - Prof. Dr.med. E. Grandjean, Direktor des Institutes für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH, Zürich |

- Prof. Dipl.Ing. A. Lauber, Vorsteher der Abteilung für Akustik und Lärmbekämpfung der EMPA, Dübendorf
- Dr. R. Müller, Soziologe, Lausanne
- Dr.med. R. Probst, ORL-Spezialarzt beim gewerbeärztlichen Dienst der SUVA, Luzern (seit März 1978)
- Prof. Dr. E.J. Rathe, beratender Ingenieur, Russikon
- RA Dr.iur. O. Schenker-Sprüngli, Geschäftsführer der Schweizerischen Liga gegen den Lärm, Küsnacht
- PD Dr.med. H. Schlegel, Chef des gewerbeärztlichen Dienstes der SUVA, Luzern (bis März 1978)
- Dr.iur. R. Stüdeli, Direktor der Schweizerischen Vereinigung für Landesplanung, Bern
- Dr. G. Verdan, Chef der Abteilung Lärmbekämpfung, Bundesamt für Umweltschutz, Bern

Sekretariat:

- Ing. R. Clerc, Abteilung Lärmbekämpfung, Bundesamt für Umweltschutz, Bern

Ständige Experten:

- Dr. R. Hofmann, Physiker, Abteilung für Akustik und Lärmbekämpfung der EMPA, Dübendorf
- G. Iselin, Fürsprecher, Bundesamt für Umweltschutz, Bern
- PD Dr. H.-U. Wanner, wiss. Mitarbeiter des Institutes für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH, Zürich

Für Teilfragen beigezogen:

- Brigit Wehrli, Soziologin, wiss. Mitarbeiterin des Institutes für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH, Zürich

13 Durchführung des Auftrages

Schon in den Anfängen der Kommissionsarbeit zeigte es sich, dass das Festlegen von Lärmbelastungsgrenzwerten nicht nur einer Behandlung der Frage nach der Unzumutbarkeitsschwelle von Lärm bedarf, sondern dass zugleich auch Fragen der Akustik und der Funktion der Lärmgrenzwerte mitbehandelt werden müssen.

Aus diesem Grund bearbeitete die "Kommission zur Beurteilung von Lärmimmissionsgrenzwerten" in drei Arbeitsgruppen vorerst grundsätzliche Fragen der Akustik, der Belastbarkeit und des Rechts.

Die Arbeitsgruppe "Akustik" hatte im Besonderen Fragen des Lärmmasses, der Messmethode und der Beurteilung von Lärmessungen zu behandeln.

Die Arbeitsgruppe "Belastbarkeit" befasste sich mit den medizinischen und sozio-psychologischen Grundlagen der Beurteilung von Lärmbelastungen. Spezielle Aufmerksamkeit musste dabei den Kriterien zur Festlegung von Belastungsgrenzwerten geschenkt werden.

Die Arbeitsgruppe "Recht" schliesslich, hatte sich mit Fragen der Anwendung, der Rechtsnatur und den Auswirkungen von Grenzwerten im Bereich der Planung und Sanierung zu befassen.

Die Ergebnisse der Arbeitsgruppen wurden in der Kommission zu einer Gesamtbetrachtung verarbeitet. Die Kommission konnte sich dabei auf ein im Laufe der Vorbereitungsarbeiten zu einem Umweltschutzgesetz vom Bundesamt für Umweltschutz erarbeitetes Lärmbekämpfungskonzept abstützen. Das nach kritischer Prüfung überarbeitete Konzept diente der Kommission als Rahmen für ihre weiteren Arbeiten.

Die Kommission konzentrierte sich von allem Anfang an auf die Problematik des Strassenverkehrslärms. Einerseits ist die durch den Strassenverkehrslärm betroffene Bevölkerung zahlenmässig

weitaus am grössten, andererseits sind die Erfahrungen und wissenschaftlichen Erkenntnisgrundlagen in diesem Bereich am fundiertesten.

Um eine Beurteilung verschiedener Lärmarten (Strassenverkehrslärm, Eisenbahnlärm, Fluglärm, Baulärm, Schiesslärm etc.) nach einheitlichen Kriterien zu gewährleisten, befasste sich die Kommission, parallel zum Strassenverkehrslärm, laufend mit anderen Lärmarten.

Im Bereich des Strassenverkehrslärms zeigte sich, dass bezüglich der Differenzierung der Lärmbelastungsgrenzwerte nach Tageszeiten wesentliche offene Fragen vorhanden waren. Um diese Lücken zu schliessen, musste eine Untersuchung über die "Störwirkung des Strassenverkehrslärms in der Nacht" in Auftrag gegeben werden. Nach Abschluss dieser Untersuchung war es der Kommission möglich, einen Vorschlag für ein Grenzwertschema zu erarbeiten.

Der vorliegende erste Bericht der "Expertenkommission zur Beurteilung von Lärmimmissionsgrenzwerten" behandelt das Thema "Strassenverkehrslärm". Für die anderen Lärmarten sind analoge Teilberichte vorgesehen.

2 STRASSENVERKEHRSLÄRM ALS UMWELTSCHUTZPROBLEM

Die technische Entwicklung hat dazu geführt, dass der Lärm zu einem schwerwiegenden Umweltproblem geworden ist. Vor allem im Strassenverkehr ist die Lärmbelastung in den letzten 20 Jahren ganz erheblich angestiegen. Sie hat heute ein Ausmass erreicht, das zu schweren Störungen und zu Gesundheitsbeeinträchtigungen führen kann. Der Verminderung des Strassenlärms kommt deshalb vorrangige Bedeutung zu.

Folgende Hinweise mögen die Dringlichkeit der Strassenlärmekämpfung begründen:

Nach neueren Berechnungen¹⁾ werden in der Schweiz heute etwa 25-30% aller Einwohner tagsüber Verkehrslärmimmissionen von über 60 dB(A)²⁾, 8-12% sogar solchen von über 65 dB(A) ausgesetzt. Aufgrund von Erfahrungen und Erhebungen müssen Lärmimmissionen, die tagsüber mehr als 60 bis 65 dB(A) betragen, als bereits kritisch gewertet werden (siehe auch Ziffer 52).

Die Gesamtlänge aller Innerortsstrecken mit Tageslärmimmissionen von über 65 dB(A) beträgt in der Schweiz zur Zeit ca. 3'000 km. Ueber 70 dB(A) sind es ca. 800 km und über 75 dB(A) etwa 50 km.

Würde man die Lärmemissionen der einzelnen Motorfahrzeuge nicht mehr weiter senken, so würde sich in Zukunft die Situation nochmals erheblich verschlechtern: Allein durch die in den nächsten 20-30 Jahren zu erwartende Verkehrszunahme wären dann etwa 40-50% aller Einwohner mit Lärmimmissionen von über 60 dB(A) belastet.

1) Modelle zur Ermittlung der Luft- und Lärmbelastung durch den Verkehr, GVK-CH, Arbeitsunterlage Nr. 29 (1978) und Lärmbelastungskataster des Motorfahrzeugverkehrs in der Schweiz, Bundesamt für Umweltschutz (1979) (Bericht in Vorbereitung).

2) Lärmimmission in Leq; Definition Leq siehe Ziffer 51

Weitere Anstrengungen zur Lärmreduktion an der Quelle sind deshalb dringlich. Indessen genügen nach den heutigen Kenntnissen die Massnahmen am Motorfahrzeug, die sich in den nächsten 10 bis 20 Jahren realisieren lassen, voraussichtlich nicht, um überall den Lärm auf ein erträgliches Mass zu vermindern.

Der Anteil der mit mehr als 60 dB(A) belasteten Einwohner lässt sich durch Lärmreduktionen am Fahrzeug bis zur Jahrhundertwende zwar gegenüber heute um ca. einen Drittel, nämlich auf 15-20%, senken; ganz vermeiden lassen sich kritische Belastungen jedoch nicht. Entlang stark befahrener Strassen werden deshalb ergänzende strassenbautechnische sowie orts- und verkehrsplanerische Massnahmen, im Extremfall sogar Schallschutzmassnahmen beim Lärmbetroffenen notwendig sein.

3 LAERMBEKAEMPfungSKONZEPT

Aufgrund dieser Lagebeurteilung erachtet die Kommission folgendes, allgemein gültiges Lärmbekämpfungskonzept auch für die Bewältigung des Verkehrslärms als zweckmässig:

- Der Lärm soll in erster Linie an der Quelle reduziert werden. Dabei ist die bestmögliche Lärmschutztechnik zu fordern. Mit anderen Worten: Die Lärmemissionen sind - unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung - so weit zu begrenzen, wie dies technisch und betrieblich erreichbar und wirtschaftlich tragbar ist.
- Wo das nicht genügt, um den Lärm im konkreten Einzelfall auf das erträgliche Mass zu beschränken, sind weitere Massnahmen zur Lärmreduktion zu treffen. Beispiele solcher Massnahmen sind insbesondere ortsplanerische Anordnungen, bautechnische Massnahmen zur Eindämmung der Schallausbreitung sowie örtliche und zeitliche Betriebseinschränkungen.
- Wo keine geeigneten Massnahmen zur Reduktion des Lärms und zur Eindämmung seiner Ausbreitung zur Verfügung stehen und es im öffentlichen Interesse liegt, die Anlage trotz übermässigen Lärmbelastungen zu errichten oder weiterhin zu betreiben, sind ausnahmsweise als Ersatzlösung Schutzmassnahmen beim Betroffenen zu treffen. Im Vordergrund steht vor allem der Einbau von Schallschutzfenstern; denkbar sind unter Umständen aber auch Nutzungsänderungen bestehender Gebäude, indem z.B. lärmgestörte Wohnungen in weniger lärmempfindliche Büros, Lager- oder Gewerberäume umgebaut werden.

Die weiteren Massnahmen und besonders die Schutzmassnahmen beim Betroffenen sollen mehr als Ausnahme denn als Regel gelten. Sie dürfen jedenfalls dann nicht die Regel bilden, wenn Massnahmen an der Quelle (z.B. am Fahrzeug und an der Strassenanlage) zu einer annehmbaren Lösung führen. Das bedeutet

aber, dass dem Prinzip der bestmöglichen Lärmschutztechnik grösste Beachtung geschenkt werden muss.

Die drei genannten Massnahmengruppen dürfen nicht erst im Falle einer Beanstandung zur Anwendung gelangen. Im Sinne des Vorsorgeprinzips muss bereits in der Entwicklungs- und Konstruktionsphase neuer Fahrzeuge und in der Planungsphase neuer Strassen entsprechend gehandelt werden.

Die wesentlichsten Rechtsinstrumente zur Verwirklichung dieses Konzepts sind Vorschriften zur Emissionsbegrenzung einerseits und Belastungsgrenzwerte zur Immissionsbegrenzung anderseits.

Die Emissionsbegrenzungsvorschriften können als Emissionsgrenzwerte, technische Bau- und Ausrüstungsvorschriften oder Betriebsvorschriften erlassen werden. Sie sollen dazu dienen, der bestmöglichen Lärmschutztechnik beim Motorfahrzeugbau und beim Strassenbau zum Durchbruch zu verhelfen.

Die Lärmbelastungsgrenzwerte stellen Beurteilungskriterien für die Schädlichkeit oder Lästigkeit von Lärmeinwirkungen (Immissionen) dar. Die Notwendigkeit und Dringlichkeit weiterer Massnahmen (einschliesslich Schutzmassnahmen beim Betroffenen) wird sich deshalb in erster Linie am Vergleich mit solchen Belastungsgrenzwerten ausrichten.

4 AKUSTISCHE GRUNDBEGRIFFE

Unser Gehör nimmt bereits kleine Druckschwankungen der Atmosphäre wahr, sofern die Zahl der Schwingungen pro Sekunde (Frequenz) im Bereich von 16 bis etwa 16'000 liegt. Solche Druckschwankungen, welche zum Beispiel von mechanisch schwingenden Gegenständen erzeugt werden, breiten sich in der Luft wellenförmig aus. Sie werden als Schall bezeichnet.

Der zeitliche Verlauf des Schalldruckes kann im Detail sehr kompliziert sein. Das Gehör verarbeitet den Schall aber zu zwei zusammenfassenden Eindrücken: zur Lautheit und zur tonlichen Zusammensetzung. Diese beiden Eindrücke entsprechen weitgehend den Grössen, womit die Physik ein Geräusch beschreibt. Mit der Lautstärke ist eng die Intensität verbunden (definiert als die Schallenergie, welche pro Sekunde durch eine senkrecht zur Ausbreitungsrichtung gedachte Fläche von 1 m^2 strömt). Das Spektrum dagegen gibt die tonliche Zusammensetzung eines Geräusches an, sagt also, welche Töne (Frequenzen) im Geräusch enthalten sind, und wie gross die Anteile der einzelnen Frequenzen an der Gesamtintensität sind.

Die Bestimmung von Intensität und Spektrum verlangt eine gewisse Mindestzeit. Beide Grössen sind also bereits zeitliche Mittelwerte. Auch das Gehör führt eine solche Mittelwertbildung durch. In Schallmessgeräten wird dies durch elektronische Bauelemente erreicht, welche durch eine "Zeitkonstante" charakterisiert werden. Viele Messinstrumente gestatten die Wahl zwischen mehreren Zeitkonstanten, welche mit den englischen Worten SLOW, FAST und IMPULSE bezeichnet werden. Je länger die Mittelungszeit gewählt wird, umso stärker werden kurzzeitige Pegelausschläge ausgeglättet. Die Ablesung der Schallpegelmesswerte wird dadurch erleichtert. Als Nachteil ist jedoch ein gewisser Informationsverlust über kurzzeitige Intensitätsspitzen in Kauf zu nehmen.

Die Bewertung eines Geräusches hängt unter anderem von Intensität und Spektrum der Geräuschquelle ab. Da das Gehör ganz hohe (über 8000 Schwingungen pro Sekunde) und ganz tiefe (unter 200 Schwingungen pro Sekunde) Frequenzen bei gleicher Intensität weniger laut empfindet als mittlere Tonhöhen, dürfen bei einer empfindungsgerechten Bestimmung der Gesamtintensität eines Geräusches die einzelnen Frequenzen nicht einfach aufaddiert werden. Diese Höreigenschaft lässt sich in Instrumenten durch elektrische Filter nachahmen. Es stehen mehrere Filterkurven zur Wahl, welche mit den Buchstaben A, B, C, D bezeichnet werden. Heute wird für Strassenverkehrslärm weltweit fast ausschliesslich die Filterkurve A verwendet.

Die Schall- bzw. Lärmmessung ist demzufolge eine gehörangelegte Intensitätsmessung. Da in unserer Umwelt hörbare Geräusche in einem riesigen Intensitätsbereich (die Extreme zwischen dem leisesten und lautesten Geräusch verhalten sich wie 1:1 Billion) vorkommen, ist zur Angabe der Intensität ein logarithmisches Mass angezeigt. Der Intensitätsbereich wird dadurch auf etwas mehr als hundert Einheiten zusammengedrängt. Dieses Relativmass, Schallpegel genannt, wird in der Einheit "Dezibel" (dB) ausgedrückt¹⁾.

Wird die Intensität unter Einschalten eines A-Filters gemessen, so muss dies angegeben werden. Man spricht dann vom "A-bewerteten Schallpegel", bezeichnet mit dem Symbol L_A . Messwerte werden oft kurz als dB(A) bezeichnet.

1) Die Angabe des Schallpegels L mit der Intensität I (W/m^2) erhält man in dB nach folgender Vorschrift:

$$L = 10 \cdot \log_{10} \frac{I}{I_0} \quad [\text{dB}]$$

$$\left[\begin{array}{l} I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \\ \text{entsprechend der Hörschwelle} \end{array} \right]$$

Den gleichen Zahlenwert von L erhält man, wenn man statt von der Schallintensität vom Schalldruck p ausgeht. Als Bezugsschalldruck p_0 ist $2 \cdot 10^{-5}$ Pascal zu wählen (= Hörschwelle)

$$L = 10 \log_{10} \left[\frac{p}{p_0} \right]^2 \quad [\text{dB}]$$

Ein Geräusch wird im Mittel dann etwa als doppelt so laut empfunden, wenn sein Pegel um 10 dB(A) erhöht wird. Diese Erfahrung beruht auf Untersuchungen an vielen Versuchspersonen. Die individuelle Empfindung kann jedoch um diesen Mittelwert erheblich streuen. Der Lautstärkeumfang des menschlichen Gehörs geht von ca. 0 dB (Hörschwelle) bis gegen 130 dB (Schmerzgrenze).

5 LAERMBELASTUNGSGRENZWERTE

51 Belastungsmasse

Der mit einem Messgerät bestimmte momentane Schallpegel in dB(A) ist nach Kapitel 4 ein gehörangeglichener relativer Intensitätswert. Die Belästigung und Störwirkung des Geräusches wird dadurch allerdings nur unvollständig beschrieben, hängen diese doch zusätzlich noch von weiteren Einflussgrössen ab. Wichtig sind namentlich Dauer und Häufigkeit der Lärmimmissionen, aber auch subjektive (physikalisch nicht messbare) Einflussgrössen.

Es geht somit darum, geeignete Kenngrössen zu finden, welche die Lärmimmissionen an einem bestimmten Ort für einen längeren Zeitraum gültig beschreiben und die aus einer grossen Zahl stark schwankender Einzelmessungen abgeleitet werden können.

Für diese Aufgabe eignen sich statistische Verfahren. Naheliegender ist die Berechnung von Mittelwerten, wobei hier mehrere Möglichkeiten offen sind. Häufig wird eine solche Statistik aber auch auf andere Weise charakterisiert: In der Schweiz wurden Geräuschsituationen bis heute meistens durch die "statistischen Schallpegel" L_1 und L_{50} beschrieben. Darunter werden diejenigen Pegelwerte verstanden, welche während einer bestimmten Beobachtungsperiode nur in 1% bzw. 50% der Zeit überschritten werden. Der L_1 -Pegel hat den Charakter eines Spitzenwertes, der L_{50} dagegen beschreibt den mittleren Lärm (Median).

Mathematisch noch einfacher ist die Berechnung von arithmetischen Mittelwerten (Durchschnitt). Wegen seiner rechnerischen und messtechnischen Vorteile sehr verbreitet ist das Verfahren, bei dem das Messinstrument die durchschnittliche Schallintensität misst. Die Anzeige erfolgt direkt in dB, d.h. als Pegel. Dieser Pegel wird Mittelungspegel genannt und mit dem Symbol Leq bezeichnet, (abgeleitet vom ursprünglich verwendeten Ausdruck "energieäquivalenter Dauerschallpegel"). Dieses Verfahren wird in naher Zukunft in internationalen Normen fixiert.

Da dieser Mittelungspegel nach neuesten Forschungsergebnissen¹⁾ geeignet scheint, die Störwirkung des Strassenverkehrslärms tags und nachts befriedigend zu charakterisieren, empfiehlt die Kommission, dieses Lärmbelastungsmass auch in der Schweiz einzuführen:

Die Lärmbelastung wird durch den Mittelungspegel L_{eq} über die ganze Nacht (von 22.00 bis 06.00 Uhr) bzw. über den ganzen Tag (von 06.00 bis 22.00 Uhr) beschrieben. Die Pegelmessung erfolgt mit dem Bewertungsfilter A und der Zeitkonstanten FAST in aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten von etwa 30 bis 60 Minuten. Die gesamte Messzeit ist so zu wählen, dass die repräsentativen Betriebszustände der Lärmquellen erfasst werden. Massgebend sind schliesslich die Pegel, welche auf den mittleren Tages- bzw. Nachtverkehr (Jahresmittel) umgerechnet wurden.

52 Wirkung und Beurteilung von Strassenverkehrslärm

- Die Wirkungen des Strassenverkehrslärms

Die wichtigsten unerwünschten Wirkungen des Verkehrslärms sind:

- Schlafstörungen
- Beeinträchtigung geistiger Arbeiten durch die Ablenkung und Störung der Konzentration
- Störung der Sprachverständlichkeit
- Beeinträchtigung vieler Freizeittätigkeiten einschliesslich Ruhe und Erholung.

1) B. Wehrli et al.; "Störwirkungen des Strassenverkehrslärms in der Nacht", Eidg. Amt für Umweltschutz (1978)

- Schlafstörungen

Aus medizinischer Sicht muss den Schlafstörungen eine besondere Bedeutung für die Gesundheit beigemessen werden:

Die Aufeinanderfolge von Beanspruchung am Tag und Wiederherstellung der Kräfte während der Nacht ist eine für die Erhaltung des Lebens notwendige Voraussetzung. Während im Schlaf optische Reize durch den Lidschluss weitgehend ausgeschlossen werden können, wird das Gehör nur wenig eingeschränkt; es behält im Schlaf seine Funktion als Alarmanlage.

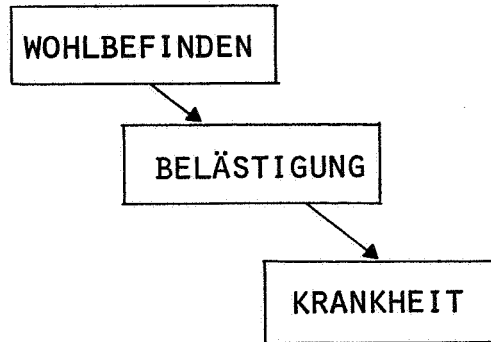
Man unterscheidet einen tiefen und einen leichten Schlaf; letzterer wird auch Dämmer Schlaf genannt. Geräusche wecken den Menschen entweder ganz oder verwandeln den tiefen Schlaf in einen leichten. Man kann diese Reaktion als "innerliche Aufweckung" bezeichnen, bei welcher der Schläfer vom Tiefschlaf in ein Stadium oberflächlichen Schlafes versetzt wird. Durch übermässigen Lärm wird somit der Schlaf sowohl quantitativ als auch qualitativ eingeschränkt.

- Lärm und Gesundheit

Nach der Definition der Weltgesundheitsorganisation ist die Gesundheit ein Zustand körperlichen, seelischen und sozialen Wohlbefindens.

Wenn wir diese Definition annehmen, dann müssen häufige Schlafstörungen, Behinderungen der Erholung und schwere Störungen der privaten Wohnsphäre durch übermässigen Lärm als Beeinträchtigungen des Wohlbefindens und damit der Gesundheit bezeichnet werden.

Im Falle der Lärmwirkungen ist der Uebergang vom Wohlbefinden zur Krankheit fliessend. Wie aus der Figur 1 ersichtlich ist, befinden sich wiederholte Störung und Belästigung im Vorfeld krankhafter Zustände. Sie können als Warnsignale gewertet werden, die den Menschen veranlassen sollen, sich der Lärmbelastung zu entziehen, um gesundheitsschädliche Wirkungen zu verhindern.



Figur 1 Die Belästigung liegt zwischen den Zuständen von "Wohlbefinden" und "Krankheit"; sie tritt im Vorfeld von "Krankheit" auf und kann als Warnsignal schädlicher Wirkungen aufgefasst werden.

Einzelne "Alarmierungen" des Gehirns durch Lärm, die vereinzelte Weckwirkungen oder Ruhestörungen verursachen, sind sicherlich als normale physiologische Vorgänge zu bezeichnen. Die Alarmreaktion ist an und für sich eine physiologische Reaktion, die letzten Endes eine Schutzfunktion zur Erhaltung des Lebens hat. Nimmt die Häufigkeit der "Alarmierungen" jedoch so stark zu, dass die lebensnotwendigen Erholungsvorgänge beeinträchtigt werden, dann wird das physiologische Gleichgewicht des Organismus gestört, und ein allmähliches Auftreten chronischer Ermüdungszustände ist zu erwarten. Diese Zustände sind gekennzeichnet durch häufige Ermüdungsempfindungen, Nervosität und Reizbarkeit sowie durch eine ganz allgemeine Abnahme an Vitalität, verbunden mit verschiedenen Unlustgefühlen.

- Störung und Belästigung

Die eingangs aufgezählten Lärmwirkungen werden vielfach nicht einzeln als besondere Beeinträchtigung wahrgenommen, sondern vielmehr als allgemeine Belästigung und Störung erlebt. Die meisten Menschen scheinen eine Summation aller erlebten Lärmwirkungen zu vollziehen und diese als Belästigung oder Störung zu bezeichnen.

Weil Belästigung und Störung die Summation aller bewussten und unbewussten Lärmwirkungen darstellen, kommt ihnen für die Beurteilung des Lärms eine grosse Bedeutung zu. Belästigung und Störung müssen für die Behörden die entscheidenden Kriterien bei der Beurteilung von Lärmimmissionen, sowie bei der Festlegung von Massnahmen sein. Dies umso mehr, als sich nach dem heutigen Stand der Kenntnisse im hier interessierenden Bereiche mittlerer Lärmbelastungen eine eindeutige Grenze der Zumutbarkeit von Lärmeinwirkungen nach rein medizinischen Kriterien nicht festlegen lässt.

- Das Ausmass von Lärmstörungen

Für das Ausmass der subjektiven Empfindung von Störung und Belästigung sind folgende Faktoren entscheidend:

- Die Höhe des Schallpegels.
- Der Charakter des Lärms: Unerwartete oder unregelmässige Geräusche stören mehr als kontinuierliche.
- Die Frequenzzusammensetzung: Hohe Töne stören mehr als tiefe.
- Die Tätigkeit und die Absichten des Exponierten: Beim Ruhen, in der Freizeit, beim Schlafen oder bei geistigen Arbeiten stört der Lärm am meisten. Dementsprechend ist auch die Tageszeit der Lärmeinwirkung von Bedeutung.
- Die persönliche Einstellung zur Lärmquelle: Negative Einstellungen zur Lärmquelle (zum Beispiel unbeliebte Nachbarn) erhöhen das Ausmass der Störung, während eine positive Einstellung (zum Beispiel zum eigenen Auto, zu eigenen Geräten) oft keinerlei Störung aufkommen lässt.
- Die Art der Erfahrung, die ein Mensch mit einem bestimmten Geräusch vorgängig gemacht hat: Ein Geräusch, das oft den Schlaf gestört, oft Angst gemacht oder oft die Tätigkeit behindert hat, wird besonders stark als Belästigung empfunden.

- Erhebungen über die Auswirkungen des Strassenverkehrslärms in der Schweiz

Im Zeitraum von 1972 bis 1978 sind in der Schweiz vier Erhebungen über die Auswirkungen des Strassenverkehrslärms auf die Bevölkerung ausgeführt worden^{1) 2) 3) 4)}. In jeder dieser Untersuchungen ist einerseits das Ausmass der Lärmimmissionen gemessen und andererseits Grad und Häufigkeit der Lärmstörungen bei den Bewohnern erhoben worden. Bei allen Erhebungen handelte es sich um Untersuchungen bei erwachsenen Personen; über die Lärmempfindlichkeit der Kinder bestehen bis heute verhältnismässig wenig abgesicherte wissenschaftliche Kenntnisse. Da die angewendeten Untersuchungsverfahren in allen vier Erhebungen vergleichbar sind, können die wichtigsten Resultate wie folgt zusammengefasst werden:

- Der Grad der Störung nimmt im allgemeinen mit dem Ausmass der Lärmimmissionen des Strassenverkehrs zu.
- Das Ruhen und Erholen, der Schlaf und die Verständigung sind bei hohen Lärmimmissionen besonders häufig gestört.
- Fenster geschlossen halten, geringe Nutzung des Balkons, Einnahme von Schlaf- oder Beruhigungstabletten und Verwendung von "Oropax" kommen bei hohen Lärmimmissionen besonders häufig vor.
- Der Strassenverkehrslärm ist bei hohen Lärmimmissionen der häufigste Grund für Wegzugsabsichten. Dies bedeutet, dass

1) P. Graf, H.P. Meier und R. Müller: "Sozio-psychologische Fluglärmuntersuchung", Eidg. Luftamt, Bern (1974)

2) Brigit Wehrli, Silvia Hauser, H. Egli, P. Bakke und E. Grandjean: "Wohnen im Neubau", Paul Haupt Verlag, Bern (1976)

3) H.U. Wanner, Brigit Wehrli, J. Nemecek und Verena Turrian: "Die Belästigung der Anwohner verkehrsreicher Strassen durch Lärm und Luftverunreinigungen", Sozial-Präventivmed. 22, 108-115 (1977)

4) Brigit Wehrli, J. Nemecek, Verena Turrian, R. Hofmann und H.U. Wanner: "Störwirkungen des Strassenverkehrslärms in der Nacht", Eidg. Amt für Umweltschutz (1978)

Wohnungen an Strassen mit hohen Lärmimmissionen abgewertet werden und ein Risiko zur "Slumbildung" besteht.

In der Tabelle 1 ist ein Teil der Ergebnisse zahlenmässig zusammengestellt.

Tabelle 1 Beziehungen zwischen dem Ausmass der Lärmimmission und der Häufigkeit von stark gestörten Bewohnern

(Mittelwerte aus den vier vorgenannten schweizerischen Erhebungen)

Lärmimmission [Leq dB(A)]	Anteil stark gestörter Personen ¹⁾ [in %]	
	tagsüber	nachts
weniger als 50	2	6
50 bis 55	3	20
56 bis 60	7	24
61 bis 65	19	41
66 bis 70	28	44
71 bis 75	44	52
76 bis 80	48	-

Aus diesen Zahlenwerten geht hervor, dass am Tag Lärmimmissionen von 60 bis 70 dB(A) einen kritischen Bereich darstellen. In der Nacht liegt dieser kritische Bereich bei Werten von 50 bis 60 dB(A).

In diesen kritischen Bereichen sind auch alle oben aufgeführten Reaktionen (Fenster schliessen, Schlaftabletten, Wegzugsabsichten etc.) gehäuft aufgetreten.

1) Die Angabe der Störung erfolgte durch die befragten Personen mittels Selbsteinstufung anhand einer von 0 bis 10 reichenden Störskala. In der Auswertung wurden die Skalenwerte 8 bis 10 als starke Störung gewertet. (5-7: mittlere Störung; 0-4: keine oder geringe Störung.)

- Beurteilung der Wohnqualität

Aus den Ergebnissen der Erhebungen lässt sich in angenäherter Weise die Wohnqualität in Abhängigkeit der Lärmimmissionen abschätzen. Diese Beurteilung ist in Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2 Lärmimmissionen und Wohnqualität

Lärmimmission [Leq dB(A)]		Wohnqualität
Tag 06-22 h	Nacht 22-06 h	
< 55	< 45	ruhige Wohnlage, zur Erholung geeignet
55-60	45-55	mittlere Lärmbelastung
61-65	56-60	hohe Lärmbelastung, Massnahmen nach Möglichkeit
> 65	> 60	sehr hohe Lärmbelastung, Massnahmen notwendig

Die aufgeführte Bewertung der Wohnqualität bildet die Grundlage für die Festlegung von Belastungsgrenzwerten.

53 Grenzwertstufen und Funktionen

Die Kommission hat - ausgehend von den Grenzrichtwerten von 1963 - ein Belastungsgrenzwertsystem entwickelt, das sowohl dem berechtigten Schutzbedürfnis der Bevölkerung als auch der notwendigen Flexibilität bei der praktischen Anwendung gerecht werden kann.

Neu an diesem System ist die Dreistufigkeit der Grenzwerte: Nebst den zentralen Immissionsgrenzwerten werden als ergänzende Hilfswerte noch Alarmwerte und Planungswerte festgelegt.

Folgende Ueberlegungen haben zu diesem System geführt:

Einerseits sollten Belastungsgrenzen so tief festgelegt werden, dass Immissionen unterhalb dieser Werte als nicht lästig empfunden werden. Andererseits müssen verbindliche Belastungsgrenzen in der Praxis durchsetzbar sein, was allzutiefe Grenzwerte verunmöglicht.

Nun können aber die Grenzwerte nicht streng wissenschaftlich festgelegt werden, sondern es bleibt vor allem aus zwei Gründen ein gewisser Ermessensspielraum:

- Jedes Lärmbelastungsmass, so auch der Mittelungspegel L_{eq} ist rein akustisch-physikalisch umschrieben. Wenn auch versucht wird, durch die Wahl eines geeigneten Lärmbelastungsmasses die akustisch-physikalischen Charakteristika des Lärms so zu erfassen und zu kombinieren, dass sie dem menschlichen Empfinden der Lärmstörung möglichst gut entsprechen, können sie diese immer nur zu einem Teil widerspiegeln. Inwieweit sich eine vom Lärm betroffene Bevölkerung gestört fühlt, lässt sich höchstens zu einem Drittel durch akustisch-physikalische Kennwerte erklären.
- Von gleicher Bedeutung für die Störwirkung sind die Persönlichkeitseigenschaften der einzelnen Menschen und deren Umweltbedingungen. Dies bedeutet, dass keine völlige Einmütigkeit im Urteil über die Störwirkung eines bestimmten Geräusches besteht. Selbst in Gebieten mit sehr geringem "Lärm" finden sich Menschen, die sich dadurch stark gestört fühlen; umgekehrt empfinden gewisse Menschen auch bei starkem Lärm keine Störung. Grenzwerte, die in den technisch messbaren Belastungsmassen ausgedrückt werden müssen, können naturgemäss die Persönlichkeitseigenschaften und besonderen Umweltbedingungen nicht einbeziehen. Sie müssen zwangsläufig entsprechend einer Durchschnittsreaktion festgelegt werden. Aus diesem Grund ist es unvermeidlich, dass mit jedem so festgelegten, praktisch durchsetzbaren Grenzwert einem bestimmten Anteil der Bevölkerung eine von diesem als zu hoch empfundene Lärmbelastung zugemutet wird.

Durch die Einführung der drei vorgenannten Grenzwertstufen kann eine differenzierte Lösung gefunden werden.

- Immissionsgrenzwerte

Die Immissionsgrenzwerte bilden die zentrale Stufe. Bestehende Immissionen über diesem Wert sind im Rahmen der technischen und betrieblichen Möglichkeiten (Verhältnismässigkeitsprinzip) zu vermindern. In solchen Fällen genügt in der Regel die Anwendung der bestmöglichen Lärmbekämpfungstechnik an der Quelle nicht, um die Immissionen ausreichend zu reduzieren. Die Anwendung weiterer Massnahmen ist zu prüfen und, wo zweckmässig, auch anzuordnen. In der Nähe bestehender lärmverursachender Anlagen dürfen zudem neue Wohnbauten nur bewilligt werden, wenn diese Immissionsgrenzwerte nicht überschritten werden.

Für neue Anlagen gelten diese Grenzwerte als Höchstwerte, die ohne Schallschutzmassnahmen beim Betroffenen nicht überschritten werden dürfen.

- Planungswerte

Die Planungswerte sind tiefer als die Immissionsgrenzwerte. Sie dienen vor allem als Projektierungshilfe beim Bau neuer Anlagen, d.h. beispielsweise zur Festlegung der Linienführung und der strassenseitigen Lärmschutzmassnahmen. Sie dienen aber auch den lokalen Baubehörden zur lärmschutzgerechten Planung und Gestaltung neuer Wohnbauzonen¹⁾.

Die Anforderungen an neue Strassen sind so festzulegen, dass nach Möglichkeit die durch diese Anlage allein erzeugten Immissionen nicht über den Planungswerten liegen. Abweichungen von diesem Grundsatz sollen nur dann zugelassen werden, wenn der Bauherr ein öffentliches Interesse an der Anlage nachwei-

1) Da heute in den meisten Gemeinden die Bauzonen bereits rechtsgültig aus-
geschieden sind, wird die letztgenannte Funktion der Planungswerte we-
niger bedeutsam sein, es sei denn, sie lassen sich im Rahmen von Sonder-
bauvorschriften durchsetzen.

sen kann und die Einhaltung der Planungswerte zu einer unverhältnismässigen Belastung des Projektes führen würde.

Andererseits sind neue Bauzonen zur Erstellung von Wohngebäuden (oder anderen schutzbedürftigen Gebäuden) grundsätzlich nur in Gebieten vorzusehen, in denen die bestehenden oder zu erwartenden Lärmimmissionen diese Planungswerte nicht überschreiten.

- Alarmwerte

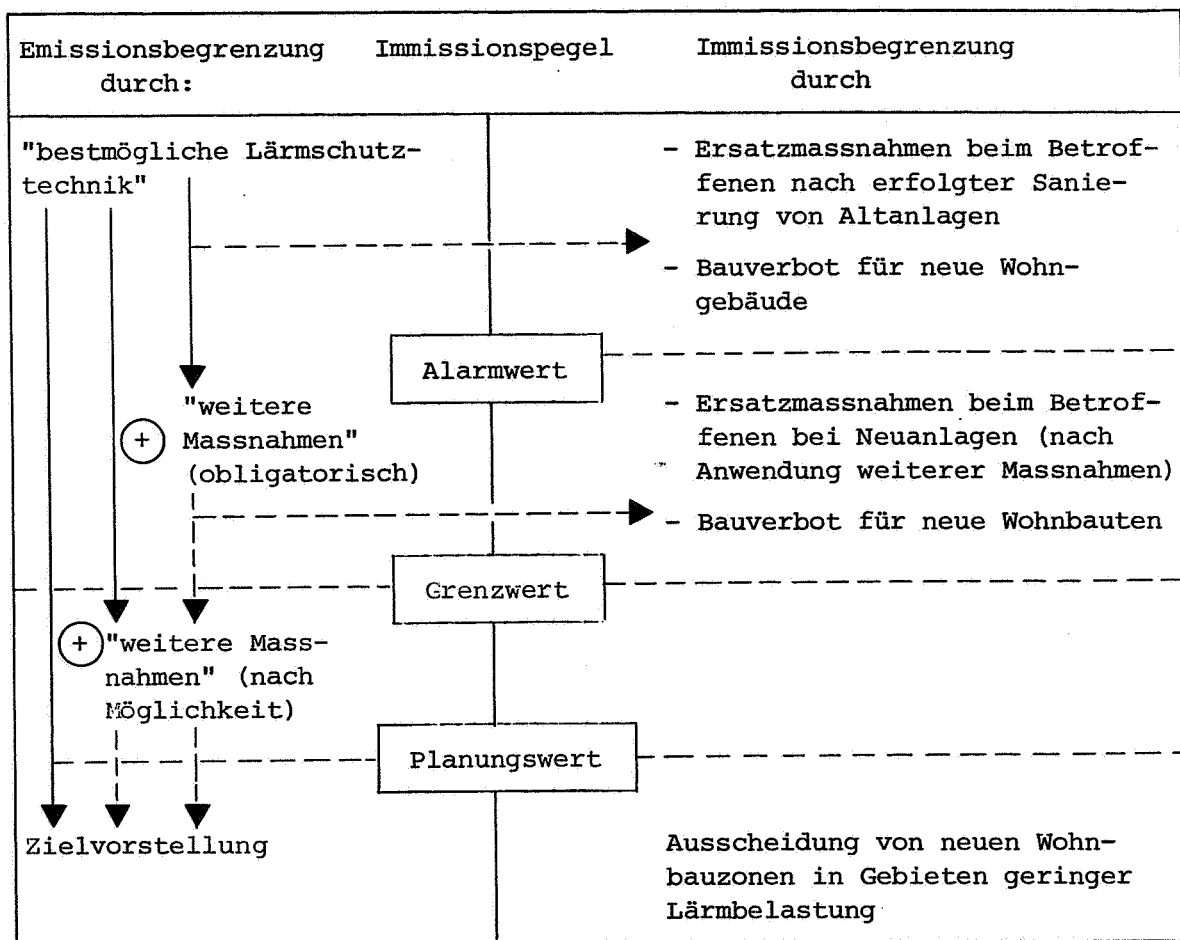
Da heute die Immissionsgrenzwerte an verschiedenen Orten - insbesondere infolge des Strassenverkehrs - deutlich überschritten werden (siehe Kapitel 2), und diese Zustände vielfach nicht ohne weiteres saniert werden können, muss aus dem Zwang der Verhältnisse zusätzlich noch die Schaffung einer dritten Stufe in Erwägung gezogen werden.

Die dieser Stufe zugrunde gelegten sogenannten Alarmwerte wären dann in erster Linie ein Kriterium für die Dringlichkeit von Sanierungen. Die Festlegung solcher Alarmwerte wird wahrscheinlich und insbesondere für den Strassenlärm, aufgrund von finanziellen Ueberlegungen erforderlich sein.

Alarmwerte, die mehr als 10 dB(A) über den Immissionsgrenzwerten für Wohngebiete liegen, können jedoch aus gesundheitlichen Gründen nicht mehr verantwortet werden.

Immissionen über dem Alarmwert gelten als unzulässig. Sanierungen müssen innerhalb möglichst kurzer Fristen zwingend getroffen werden. Denkbar sind neben baulichen Massnahmen, Verkehrsbeschränkungen und ortsplanerischen Massnahmen auch Nutzungsänderungen der betroffenen Gebäude. Genügen solche Massnahmen nicht, oder sind sie unverhältnismässig, so sind Schallschutzmassnahmen an den betroffenen Gebäuden anzuordnen.

Das Konzept der Lärmbekämpfung und die Funktionen der Belastungsgrenzwerte sind in der Figur 2 vereinfacht dargestellt.



Figur 2 Konzept Lärmbekämpfung und Funktion der Belastungsgrenzwerte

54 Differenzierung der Belastungsgrenzwerte

Zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Ruhe- und Erholungsbedürfnisse sind die Belastungsgrenzwerte für den Tag und die Nacht sowie nach der Empfindlichkeit (d.h. vorherrschenden Nutzung) der betroffenen Gebiete zu differenzieren.

- Tag/Nacht

Die menschlichen Ruhebedürfnisse ändern sich im Laufe eines 24-Stunden-Tages. Ideal wäre eine Differenzierung nach Tag, Abend und Nacht entsprechend den drei Tätigkeitsphasen

Arbeiten, Erholen, Schlafen. In der Praxis lässt sich eine solche Dreiteilung jedoch nur schwer anwenden. Deshalb wird nur in die beiden Perioden Tag/Nacht eingeteilt. Für die Beurteilung des Strassenverkehrslärms gilt als:

Tag:	06.00-22.00 Uhr
Nacht:	22.00-06.00 Uhr

Diese Zeitabgrenzung zwischen Tag und Nacht soll im Zusammenhang mit der Beurteilung von Strassenlärmbelastungen in der Schweiz einheitlich angewendet werden. Sie schliesst jedoch eine zeitlich differenziertere Anordnung lokaler Massnahmen (z.B. örtlich begrenzte Fahrverbote bereits ab 20.00 Uhr) nicht aus.

- Empfindlichkeitsstufen

Die Empfindlichkeit gegenüber Lärm ist ausserdem je nach den verschiedenen menschlichen Tätigkeiten und Beschäftigungen unterschiedlich. Von den Bewohnern eines Erholungsheimes werden andere Ansprüche gestellt als von Menschen, die Büroarbeiten verrichten. Bei Büroarbeiten wiederum wirkt der Strassenverkehrslärm störender als beispielsweise bei Bau- oder Industriearbeiten.

Um diesen Unterschieden Rechnung zu tragen, werden die Belastungsgrenzwerte nach vier Empfindlichkeitsstufen I-IV differenziert. Diese Differenzierung gilt namentlich für die Immissionsgrenzwerte und Planungswerte. Beim Alarmwert kann für den Strassenlärm auf eine solche Differenzierung verzichtet werden, dient dieser Wert doch in erster Linie dazu, die Dringlichkeit von Sanierungen (allenfalls passive Schallschutzmassnahmen) in Ausnahmefällen zu bestimmen ¹⁾.

1) Die Notwendigkeit von Sanierungen und Schallschutzmassnahmen bemisst sich vor allem an der effektiven Lärmimmission; dagegen ist es vernünftig, den Umfang von Schallschutzmassnahmen, je nach Nutzung der betroffenen Gebäude abzustufen.

Nun ist es aus rein praktischen Gründen nicht möglich, längs einer Strasse, von Haus zu Haus oder gar noch von Wohnung zu Wohnung verschieden strenge Belastungsgrenzwerte festzulegen. Sondern das Siedlungsgebiet muss von der lokalen Behörde - möglichst in Anlehnung an die Zonenordnung - entsprechend der typischen/vorherrschenden Nutzung den verschiedenen Lärmempfindlichkeitsstufen zugeordnet werden. Die im Grenzwertschema aufgeführten Stichworte für typische Nutzungen sollen die richtige Zuordnung der Quartiere und Gebiete erleichtern.

In diesem Zusammenhang sei auf die spezielle Problematik der Krankenhäuser hingewiesen. Es ist international allgemein üblich, Krankenanstalten jener Empfindlichkeitsstufe zuzuordnen, die das höchste Ruhebedürfnis hat. Entgegen früheren Erhebungen ergab eine Untersuchung des Institutes für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH-Zürich und der EMPA, Dübendorf¹⁾, dass es gerechtfertigt wäre, die Krankenhäuser der zweiten Empfindlichkeitsstufe zuzordnen. Da diese wissenschaftliche Untersuchung vorläufig nicht durch weitere Studien erhärtet werden konnte, hält es die Mehrheit der Kommission für richtig, vorläufig die Spitäler als typisches Beispiel für die Zuordnung in die Empfindlichkeitsstufe I zu belassen.

55 Neues Grenzwertschema

Im Einklang mit dem Lärmbekämpfungskonzept (Kapitel 3) und aufgrund der in den Ziffern 51 bis 54 dargestellten Erkenntnisse empfiehlt die Kommission die Einführung der in Tabelle 3 enthaltenen Belastungsgrenzwerte für den Strassenverkehrslärm.

1) P. Bakke, E. Grandjean, A. Lauber: "Der Verkehrslärm und seine Störwirkungen auf Spitalpatienten"; Kampf dem Lärm 25 (1978)

Tabelle 3: Belastungsgrenzwerte für den Strassenverkehrslärm

Zuordnung der Empfindlichkeitsstufen I-IV zu den typischen Nutzungen		Immissions- grenzwerte		Planungs- werte		Alarmwerte	
Empfindlich- keitsstufe	Typische Nutzung der lärm betroffenen Gebiete	[L _{eq} in dB(A)]					
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
I	Speziell bezeichnete Ruhezonen, namentlich mit - Krankenanstalten - Pflegeheimen - Kurhäusern - Erholungsheimen	55	45	50	40		
II	Gebiete mit vorwiegendem Wohncharakter, namentlich mit - Praxis-, Büro- und Wohngebäuden in ruhigen ländlichen oder städtischen Gebieten - Altersheimen - Kinderheimen - Ferienhäusern - Schulhäusern	60	50	55	45	70	65
III	Lärmvorbelastete Wohngebiete, namentlich mit - Praxis-, Büro- und Wohngebäuden - Gewerbebetrieben mit Wohnungen - Kaufläden usw.	65	55	60	50		
IV	Industriegebiete, mit Gebäuden die dem längeren Aufenthalt von Personen dienen, namentlich mit - Abwärtwohnungen - Büro- und Laborgebäuden	70	60	70	60	75	70

Empfohlener Messort: Mikrophon im offenen Fenster der betroffenen Gebäude

Die Interpretation und Handhabung der drei Grenzwertstufen (Immissionsgrenzwerte, Planungswerte und Alarmwerte) soll nach den Grundsätzen von Ziffer 53 erfolgen. Die Tag- bzw. Nachtdefinition ist in Ziffer 54 enthalten, ebenso die Bedeutung der Empfindlichkeitsstufen. Als massgebender Belastungspegel dient der nach Ziffer 51 auf den mittleren Tages- bzw. Nachtverkehr umgerechnete Mittelungspegel L_{eq} .

6 VERGLEICHE MIT GRENZRICHTWERTEN 1963

Ein Vergleich der neu vorgeschlagenen Belastungsgrenzwerte mit den Grenzrichtwerten von 1963 muss verschiedene Gesichtspunkte berücksichtigen. Einerseits müssen in den zahlenmässigen Vergleich der verschiedenen Werte die unterschiedlichen Belastungsmasse einbezogen werden, andererseits müssen aber auch die unterschiedlichen Funktionen der Grenzwerte beachtet werden.

61 Alte und neue Belastungsmasse

- Statistische Schallpegel L_1 und L_{50}

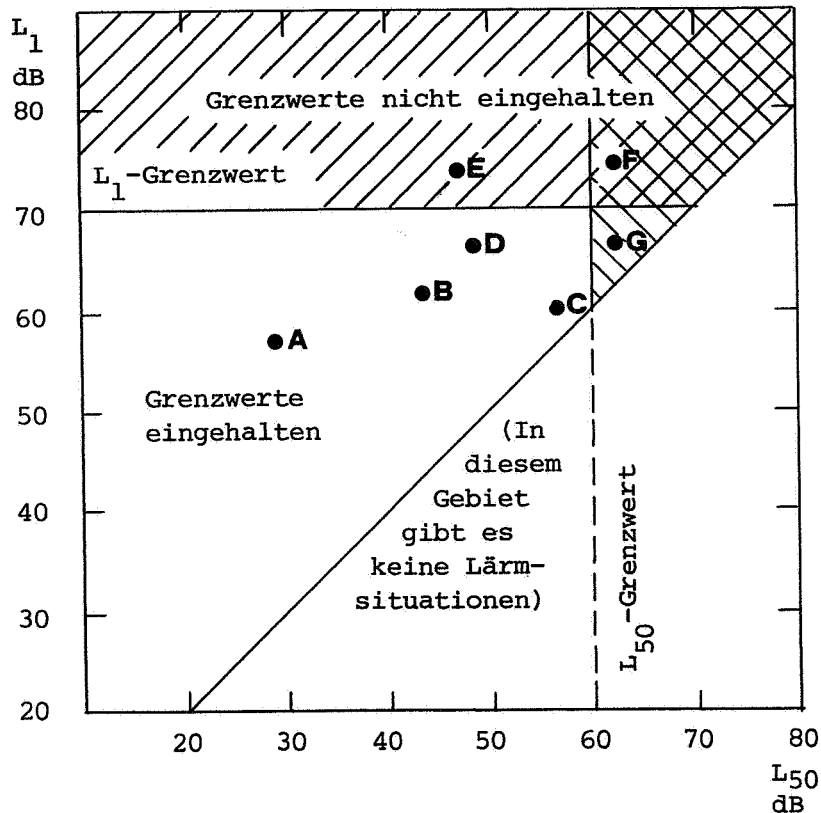
Die bisher in der Schweiz verwendeten Lärmmasse L_1 und L_{50} haben sich in vielen Situationen gut bewährt, speziell in einfachen Fällen, in denen eine bestimmte Lärmquelle dominiert. Die Beschreibung einer Geräuschsituation durch zwei Werte, wovon der eine die Pegelspitzen, der andere den mittleren Pegel erfassen soll, hat unbestreitbare Vorteile. Die Bestimmung von statistischen Lärmpegeln entsprach im Zeitpunkt ihrer Einführung auch am besten den instrumentellen Möglichkeiten.

Daneben haben die statistischen Pegel aber auch eine ganze Anzahl von Nachteilen. So kann im Falle sehr lauter, aber seltener Pegelspitzen der L_1 als Spitzenmass versagen, dann nämlich, wenn die Dauer der lauten Vorgänge kürzer bleibt als 1% der Messzeit. Als extremes Beispiel: Wenige Kanonenschüsse pro Stunde in einem tiefen nächtlichen Grundpegel werden vom Spitzenmass L_1 nicht erfasst, solange ihre Gesamtdauer weniger als 36 Sekunden beträgt. Ähnliche Beispiele lassen sich für den L_{50} angeben:

Ein Industriergeräusch, das pro Stunde nur während 20 Minuten auftritt, bleibt ohne Einfluss auf den L_{50} .

Der Haupteinwand gegen die statistischen Schallpegel liegt indessen bei den Schwierigkeiten der rechnerischen Handhabung. So lassen sich aus L_1 und L_{50} zweier aufeinanderfolgender Zeitintervalle die Werte von L_1 und L_{50} für die Gesamtzeit nicht eindeutig berechnen. Ebenso versagen diese Masse, wenn es um Gesamtlärmsituationen geht. In einer Situation mit Strassen- und Eisenbahnlärm wird L_{50} praktisch nie auf den Eisenbahnlärm reagieren, dieser aber fast ausschliesslich den L_1 bestimmen.

Die Funktion der Grenzwerte lässt sich anschaulich anhand einer graphischen Darstellung erörtern.



Figur 3 Darstellung von Situationen in der L_1/L_{50} -Ebene

Bestimmte Lärmsituationen (A, B, C,G) lassen sich in dieser Figur gemäss dem bisherigen Verfahren durch die "Koordinaten" (L_1 , L_{50}) charakterisieren.

Die zugehörigen Grenzwerte sind als horizontale bzw. vertikale gerade Linien eingezeichnet. Als nicht zumutbar werden

Situationen bezeichnet, die im schraffierten Gebiet liegen (z.B. E, F, G).

- Mittelungspegel L_{eq}

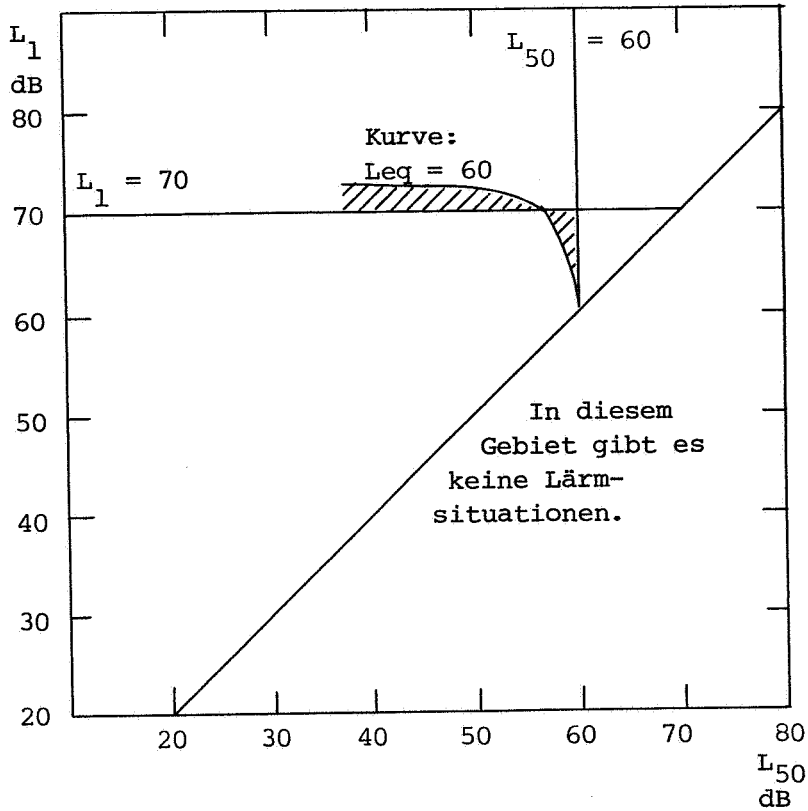
Gegenüber dem L_1/L_{50} -Mass hat der Mittelungspegel vor allem den Vorteil einer einfachen rechnerischen Handhabung. Dies ist nicht nur für die Dimensionierung von Lärmschutzbauten aufgrund von Lärmprognosen wichtig, sondern auch bei der Beurteilung bestehender Situationen mittels Stichprobenmessungen. Der L_{eq} , der nach Definition den Pegel der durchschnittlichen Intensität darstellt, kann immer auf einfache Weise aus einer Summe von Teilintensitäten berechnet werden. Die gleiche Eigenschaft gestattet es auch, aus den Teilimmissionen mehrerer verschiedenartiger Quellen auf einfache Weise eine Gesamtlärmimmission zu berechnen. Zudem ist für die moderne Digitalmesstechnik die Bestimmung des L_{eq} einfacher als diejenige der statistischen Pegel.

Schliesslich korrelieren die in L_{eq} ausgedrückten Lärmimmissionen, nach den in Ziffer 52 erwähnten Untersuchungen, auch besser mit den individuellen subjektiven Störungen als die bisherigen L_1 oder L_{50} -Werte.

Gegen die Einführung des L_{eq} anstelle der zwei statistischen Masse L_1 und L_{50} könnte die Tatsache sprechen, dass sich zwei unabhängige Masse kaum durch ein einziges Mass voll ersetzen lassen. Diese Befürchtung erweist sich als bedingt und nur für spezielle Situationen richtig. Die Einführung des L_{eq} verhindert zudem keineswegs die Verwendung eines zusätzlichen Spitzenmasses, was für gewisse Lärmarten (z.B. Impulslärm) erforderlich sein kann. Weiter hat der L_{eq} eine zunächst überraschende Doppelnatur:

Bei einigermassen gleichmässigem Lärm (z.B. längs einer Hauptstrasse, tags) liegt er zahlenmässig eng bei L_{50} ; in Fällen mit tiefem Grundpegel und hohen Spitzen (z.B. längs einer Strasse, nachts) dagegen verhält er sich als ausgeprägtes Spitzenmass. Dies geht auch aus der graphischen Darstellung

(Figur 4) hervor, welche für normalverteilte Schallpegel (ein häufiger Fall beim Strassenlärm) berechnet wurde.



Figur 4 Die "Doppelnatur" des Leq bei normalverteilten Pegeln¹⁾

Der Leq-Grenzwert ist deshalb im betrachteten Fall sowohl zur Begrenzung der Lärmspitzen wie auch des mittleren Lärms geeignet.

62 Grenzwertvergleich

Die Durchsicht einer grossen Zahl von Strassenlärmmessungen, bei denen sowohl L_1 , L_{50} als auch Leq gemessen wurde, zeigt deutlich, dass am Tag der Leq in der Regel 1 bis 4 dB über dem

1) Bei normalverteilten Pegeln gilt näherungsweise folgender Zusammenhang:

$$Leq = L_{50} + \frac{1}{50} (L_1 - L_{50})^2$$

L₅₀-Wert liegt. Nachts ist der L₅₀ als Grenzwert meistens ohne Bedeutung, da der störende Lärm in der Regel weniger lang als 50% der Beobachtungszeit andauert und somit erfahrungsgemäss der L₁-Grenzwert begrenzend wirkt.

Aus dem zur Verfügung stehenden Material geht ausserdem hervor, dass in typischen Nachtsituationen - einzelne Pegelspitzen bei einem tiefen Grundpegel - der L₁ im Mittel etwa 12 dB über dem Leg liegt.

Bei einem Vergleich sind aber auch die unterschiedlichen Funktionen der beiden Schemata zu berücksichtigen: Während die Grenzwerte 1963 in der Regel bloss im Falle einer Beanstandung zur Anwendung gelangten, sollen die neuen Belastungsgrenzwerte im Rahmen der neuen Rechtsvorschriften des Umweltschutzgesetzes auch bereits bei der Planung neuer Strassen verbindlich in Funktion treten (vgl. Ziffer 53). Zudem wurde von den Gerichten die Uebermässigkeit einer Immission im allgemeinen erst dann bejaht, wenn die entsprechenden Grenzwerte 1963 deutlich überschritten wurden. Die Tatsache, dass heute sehr viele Menschen einer Tageslärmbelastung von über 65 dB(A) ausgesetzt sind, zeigt schliesslich wie wenig wirksam die Grenzwerte 1963 durchgesetzt werden konnten. Pegelmässig sind die neu vorgeschlagenen Immissionsgrenzwerte tendenziell eher etwas höher; die Planungswerte eher etwas niedriger als die Grenzwerte 1963. Berücksichtigt man die neuen Funktionen der Belastungsgrenzwerte und die im Bereiche des Vollzugs vorgesehenen Verschärfungen, dürfte über das Ganze gesehen das neue Grenzwertschema strenger als das bisherige sein.

7 FINANZIELLE AUSWIRKUNGEN

Verschärfte Lärmbekämpfungsmassnahmen im Strassenverkehr beeinflussen sowohl die Kosten für die Anschaffung und den Unterhalt der Motorfahrzeuge wie auch die Strassenbaukosten.

Kostenschätzungen über die Erhöhung der Anschaffungs- und Unterhaltskosten für neue, leisere Motorfahrzeuge sind sehr schwierig, denn die technischen Lösungen sind teilweise erst im Entwicklungsstadium, und für bekannte Lösungen fehlen ausreichende praktische Erfahrungen. Um die bundesrätlichen Zielvorstellungen¹⁾ zu erreichen, wird mit Mehrkosten von 5-10% für Personenwagen und Fr. 2'500.-- bis Fr. 5'000.-- für Lastwagen gerechnet. Dabei stellen die höheren Werte durchwegs Angaben der Automobilwirtschaft dar, während die niedrigeren Werte von Experten ausserhalb der Industrie geschätzt sind.

Für die öffentliche Hand von grosser Bedeutung sind die Mehrkosten für den Strassenbau. Diese hängen im wesentlichen davon ab, wie hoch die Immissionsgrenzwerte (Neubau und Sanierung von Strassen) und Alarmwerte (obligatorischer Schallschutz beim Betroffenen) festgelegt werden, und wie weit die Emissionen der Fahrzeuge reduziert werden können.

Der zusätzliche Aufwand für notwendige Schallschutzmassnahmen längs neuer Strassenstrecken wurde in der Schweiz bisher noch nicht abgeschätzt. Die Mehrkosten lassen sich in der Regel nur im Einzelfall, unter Berücksichtigung der lokalen Situation, einigermaßen zuverlässig abschätzen. Dabei ist es oft nicht einfach, von den Gesamtkosten einen genauen Anteil zulasten des Lärmschutzes auszuscheiden, da in manchen Fällen lärmarme Varianten gleichzeitig noch andere Vorteile aufweisen. Je nach den gestellten Anforderungen ist nach ausländischen Untersuchungen mit einer Erhöhung der Strassenbaukosten um 1-4% zu rechnen.

1) Vgl. Bericht des Bundesrates an die Bundesversammlung über Abgase und Lärm (20.11.1974) und Botschaft über die Volksinitiative "gegen den Strassenlärm" (1.11.1978)

Die Kosten für nachträgliche Lärmschutzmassnahmen längs dem bestehenden Strassennetz sind 1977 im Auftrag des Bundesamtes für Umweltschutz abgeschätzt worden. Es wurde davon ausgegangen, dass in den nächsten 15-20 Jahren die Fahrzeugemissionen im Durchschnitt um 5 dB(A) reduziert werden. In den Schätzungen eingeschlossen sind alle Strassenkategorien, d.h. Nationalstrassen, Hauptstrassen und die übrigen dem Motorfahrzeugverkehr geöffneten Strassen. Ausser bei Nationalstrassen, wo verschiedene Massnahmen möglich sind, wurde vereinfachend nur der Einbau von Schallschutzfenstern bei den lärm betroffenen Gebäuden angenommen.¹⁾

Je nachdem wie streng die einen obligatorischen Schallschutz gebietenden Alarmwerte festgelegt werden, sind die zu erwartenden Kosten stark verschieden. Sie betragen bei einer "Sanierung" der Strecken mit einer Tages-Lärmbelastung von mehr als

- | | |
|------------|-----------------------|
| - 75 dB(A) | ca. 135 Mio. Franken |
| - 70 dB(A) | ca. 620 Mio. Franken |
| - 65 dB(A) | ca. 1850 Mio. Franken |

Dabei handelt es sich um Gesamtkosten der Sanierungen, die sicher aus praktischen und finanziellen Gründen über mehrere Jahre erstreckt werden müssen. In welchem Ausmass die Kosten unter Bund, Kantonen, Gemeinden und Grundeigentümern aufgeteilt und inwieweit der bestehende oder ein erhöhter Treibstoffzoll dafür herangezogen werden soll, muss politisch entschieden werden. Die Kommission hatte keinen Auftrag, sich dazu zu äussern. Wenn die Kommission heute für Wohngebiete einen Tages-Alarmwert von 70 dB(A) vorschlägt, so geschieht das in der Annahme, dass dieser Wert sowohl aus der Sicht des Immissionsschutzes als auch aus wirtschaftlichen Erwägungen als vertretbar erachtet werden könnte. Sicher wäre es wünschbar, wenn der Alarmwert unter Sicherstellung der Finanzierung der Sanierungskosten um

1) NB: Schallschutzmassnahmen am Gebäude wirken sich in der Regel auch günstig auf den Heizenergieverbrauch aus.

5 dB(A) niedriger angesetzt werden könnte, oder wenn allenfalls in einem späteren Zeitpunkt auch jene Strassenabschnitte saniert würden, die mit einem Lärm von über 65 dB(A) tags (bzw. 60 dB(A) nachts) belastet werden.

