

# Überprüfung der Immissionsgrenzwerte für Lärm

Grundlagenpapier: Der geschichtliche Werdegang der Lärmgrenzwerte

im Auftrag der Eidgenössischen Kommission für Lärmbekämpfung und  
des Bundesamts für Umwelt BAFU

31. März 2009

# Impressum

## Empfohlene Zitierweise

Autor: Robert Hofmann  
Titel: Überprüfung der Immissionsgrenzwerte für Lärm  
Untertitel: Grundlagenpapier Geschichte  
Auftraggeber: Eidgenössische Kommission für Lärmbekämpfung EKLB und Bundesamt für Umwelt BAFU  
Ort: Bern  
Jahr: 2009

## Begleitgruppe

Tommaso Meloni (Projektleitung, Eidgenössische Kommission für Lärmbekämpfung)

Beat Marti (Eidgenössische Kommission für Lärmbekämpfung)

Peter Ettler (Eidgenössische Kommission für Lärmbekämpfung)

## Projektteam R. Hofmann

Robert Hofmann

## Projektteam Ecoplan

Heini Sommer (Gesamtprojektleitung)

Sarah Werner

Der Bericht gibt die Auffassung der Autoren wieder, die nicht notwendigerweise mit derjenigen des Auftraggebers oder der Begleitorgane übereinstimmen muss.

R, Hofmann

Lindenstrasse 13

CH – 8304 Wallisellen

Tel +41 44 830 21 61

ruc.hofmann@bluewin.ch

## Vorwort zum Projekt

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) und die eidgenössische Kommission für Lärmbekämpfung (EKLB) prüfen zurzeit, ob die in den 1970er und 1980er Jahren festgelegten Lärmbelastungsgrenzwerte dem im Umweltschutzgesetz verankerten Grundsatz noch genügen, wonach Immissionen unterhalb dieser Grenzwerte „die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden nicht erheblich stören“.

Dazu wird im Rahmen einer Vorstudie geklärt, wie sich verschiedene Dimensionen des „Lärmumfelds“ (konkret die Dimensionen Technik & Betrieb, Akustik, Lärmwirkung) seit Inkrafttreten der Lärmbelastungsgrenzwerte entwickelt haben und ob sich daraus ein **wissenschaftlich begründeter Handlungsbedarf** zur detaillierten Überprüfung bzw. Neufestlegung der geltenden Lärmbelastungsgrenzwerte ergibt. Die Überprüfung bezieht sich dabei auf die Grundsatzfrage, ob die Immissionsgrenzwerte die im Umweltschutzgesetz geforderte Funktion (siehe oben) erfüllen.

Die Vorstudie wird in sechs einzelnen Teilberichten erarbeitet: einem Grundlagenpapier, vier Inputpapieren, sowie einem Synthesenbericht.

- Das *Grundlagenpapier Geschichte* arbeitet dabei den geschichtlichen Werdegang der heutigen Lärmgrenzwerte auf.
- Darauf aufbauend behandeln vier selbstständige *Inputpapiere* zu den Themen *Akustik, Technik und Betrieb, Recht*, sowie *(medizinisch-psychologische) Lärmwirkung* die Grundsatzfrage aus verschiedenen Blickwinkeln.
- Die Erkenntnisse dieser Inputpapiere fliessen letztendlich in einem *Synthesenbericht* zusammen. Dieser zeigt gesamthaft auf, ob aufgrund der Faktenlage ein Handlungsbedarf zur Überprüfung der Lärmbelastungsgrenzwerte gegeben ist oder nicht.

**Bei vorliegendem Bericht** handelt es sich um das **Grundlagenpapier Geschichte**.

## Inhaltsverzeichnis

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Absicht und Gliederung .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>Von den Anfängen bis zur ersten Expertenkommission .....</b>             | <b>5</b>  |
| 2.1      | Ausländische und internationale Ansätze .....                               | 5         |
| 2.2      | Der schweizerische Vorschlag von 1959 .....                                 | 7         |
| 2.3      | Der Schlussbericht 1963 der EK57 .....                                      | 8         |
| 2.4      | Belastung und Belästigung, eine kritische Bemerkung .....                   | 9         |
| 2.5      | Zusammenfassung .....   | 10        |
| <b>3</b> | <b>Das Sammeln der Erfahrung von 1963 bis 1974 .....</b>                    | <b>11</b> |
| 3.1      | Übersicht .....   | 11        |
| 3.2      | Die Objektivierung der Belastungsmasse .....                                | 11        |
| 3.3      | Bundesgerichtspraxis für Entschädigungen .....                              | 12        |
| 3.4      | Der Fluglärm als Sonderfall; Grenzwertvorschläge 1969 .....                 | 13        |
| 3.5      | Die "Sozio-psychologische Fluglärmuntersuchung" von 1974 (SPU74) .....      | 13        |
| 3.6      | Die Störwirkung von Strassenlärm .....                                      | 16        |
| 3.7      | Die Verordnung über die Lärmzonen der Landesflughäfen (1973) .....          | 17        |
| 3.8      | Der Bericht "Lärmschutz an Nationalstrassen" (1974) .....                   | 18        |
| 3.9      | Zusammenfassung .....   | 19        |
| <b>4</b> | <b>Die Entwicklung von 1975 bis zur Lärmschutzverordnung .....</b>          | <b>20</b> |
| 4.1      | Strassenlärm .....  | 20        |
| 4.1.1    | Einleitung .....  | 20        |
| 4.1.2    | Wissenschaftliche Untersuchungen 1975 bis 1978 .....                        | 21        |
| 4.1.3    | Die Verhandlungen der EK75 über Strassenlärm. 1976 bis 1978 .....           | 23        |
| 4.1.4    | Belastungsgrenzwerte für der Strassenverkehrslärm (1. Teilbericht) .....    | 25        |
| 4.2      | Eisenbahnlärm .....   | 28        |
| 4.2.1    | Vorgeschichte und Überblick .....   | 28        |
| 4.2.2    | Die sozio-psychologische Eisenbahnlärm-Untersuchung (SPU78) .....           | 29        |
| 4.2.3    | Die Belastungsgrenzwerte für Eisenbahnlärm. (4. Teilbericht der EK75) ..... | 32        |
| 4.2.4    | Zusammenfassung .....   | 33        |
| 4.3      | Andere Lärmarten .....  | 34        |
| 4.3.1    | Schiesslärm .....   | 34        |
| 4.3.2    | Lärm der Kleinaviatik .....   | 35        |
| 4.4      | Zusammenfassung .....   | 36        |
| <b>5</b> | <b>Die Grenzwerte für Fluglärm .....</b>                                    | <b>37</b> |

---

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 5.1      | Übersicht .....  | 37        |
| 5.2      | Die Grenzwerte für die Kleinaviatik .....                                    | 38        |
| 5.2.1    | Die Untersuchung über die Störwirkung .....                                  | 38        |
| 5.2.2    | Der 3. Teilbericht: Belastungsgrenzwerte für den Lärm der Kleinaviatik ..... | 39        |
| 5.3      | Militärfluglärm .....  | 40        |
| 5.3.1    | Vorgeschichte .....  | 40        |
| 5.3.2    | Besondere Merkmale des Vorschlags .....                                      | 41        |
| 5.3.3    | Die Belastungsberechnung .....   | 41        |
| 5.3.4    | Empfindlichkeitsstufen .....   | 41        |
| 5.3.5    | Zusammenfassung .....  | 42        |
| 5.4      | Das Problem der Regionalflughäfen .....                                      | 42        |
| 5.5      | Der Lärm der kommerziellen Luftfahrt .....                                   | 43        |
| 5.5.1    | Die Lärmstudie-90 .....  | 43        |
| 5.5.2    | Belastungsgrenzwerte für den Lärm der Landesflughäfen .....                  | 43        |
| 5.6      | Zusammenfassung .....  | 44        |
| <b>6</b> | <b>Gesamtschau .....</b>   | <b>45</b> |

# 1 Absicht und Gliederung

Mit dem nachfolgenden Text versuche ich, die Entwicklung der heute gültigen Verfahren zur Lärmbekämpfung in der Schweiz nachzuzeichnen. Dabei steht die Geschichte der Methodik im Vordergrund. Daneben könnte auch eine Geschichte der Personen und ihrer Motive geschrieben werden, welche aktiv an dieser Entwicklung teilnahmen. Im Rahmen des Auftrags, der hier zu erfüllen ist, kann es aber nur darum gehen, die sachlichen Gründe zu zeigen, welche zur heutigen Regelung führten. Sie können mithelfen zu entscheiden, ob das Gerüst der Grenzwerte überarbeitet werden muss.

Es erscheint sinnvoll, die Entstehung der heutigen Regelung in vier zeitliche Schritte einzuteilen. Der erste beginnt an der Wende zum 20. Jahrhundert mit den ersten öffentlichen Auseinandersetzungen um Lärmfragen. Im Jahr 1957 berief der Bundesrat eine Expertenkommission zur umfassenden Behandlung des Lärmthemas ein, deren Schlussbericht von 1963 das Ende dieses Vorspiels bedeutet.

Der zweite Schritt, 1963 bis 1974, umfasst die Anwendung dieses Expertenberichts durch Behörden und Gerichte sowie seine Präzisierung durch die Erfordernisse der Praxis. Hier wird jene Erfahrung gesammelt, welche später wesentlich zur Höhe der ersten gesetzlichen Grenzwerte beiträgt.

Der dritte - umfangreichste - Schritt beschäftigt sich schliesslich mit der Erarbeitung der Lärmteile im Umweltschutzgesetz und der Lärmschutzverordnung mit ihren Grenzwerten. In ihm kam sowohl der Schwung wissenschaftlicher Erkenntnisse als auch das Beharrungsvermögen der bestehenden Praxis zur Wirkung.

Im vierten Schritt, der zeitlich bereits in den Vollzug der Lärmschutzverordnung hineinreicht, wird lediglich noch die Entwicklung der Grenzwerte für Fluglärm dargestellt, welche die Konstruktion der Verordnung nachträglich abschlossen.

## 2 Von den Anfängen bis zur ersten Expertenkommission

### 2.1 Ausländische und internationale Ansätze

Mit dem Einsatz von Maschinen und Verkehrsmitteln im Gefolge der industriellen Revolution wurde der Lärm vor allem in Städten zur verbreiteten Plage. Unter anderem in Deutschland und in den USA entstanden anfangs des 20. Jahrhunderts Gesellschaften zur Bekämpfung des Lärms<sup>1</sup>. Anfänglich wurde Lärm rein qualitativ beurteilt. Erst mit der Entwicklung der

---

<sup>1</sup> Theodor Lessing: Recht auf Stille. Berlin 1908; Rice: "Society for the suppression of unnecessary noise", New York

Elektroakustik bot sich die Möglichkeit, akustische Signale zu messen. Parallel dazu nahm das Wissen über die physiologischen Vorgänge im Ohr zu, was zur logarithmischen Lautstärkeskala (Phonskala) führte. Im Vordergrund stand die Verhütung von Hörschäden am Arbeitsplatz. Die Lautstärke wurde in phon gemessen, eine Methode, welche auf einem subjektiven Hörvergleich stationärer Geräusche beruht<sup>2</sup>.

Kurz vor dem 2. Weltkrieg begann die Ablösung der phon-Skala durch die ebenfalls logarithmische Dezibelskala, welche den Schallpegel unter Verwendung einer spektralen Gewichtung erfasste. Bald bürgerte sich die Frequenzbewertung mit dem Filter Typ A als wichtigste Methode zur verkürzten Berücksichtigung des Frequenzspektrums ein, kurz als A Bewertung bezeichnet.

Die Messung von Geräuschen war von Anfang an mit dem Zwang zu einer zeitlichen Mittelwertbildung verbunden, damit die rasch schwankende Zeigerstellung ablesbar wurde. Dies wurde vorerst in den Geräten auf einfache Weise mit einem RC-Glied<sup>3</sup> erreicht. Zwei Möglichkeiten zur Glättung der schnell schwankenden Anzeige wurden standardmässig angeboten: die schnelle (engl. "fast") und die langsame (engl. "slow") Zeitbewertung. Sie bewirken eine Beruhigung der Anzeige im Zeitbereich einer Sekunde. Bald wurde die Messtechnik jedoch nicht nur für die momentane Situation, sondern über längere Zeiträume eingesetzt, um repräsentative Aussagen möglich zu machen. Dies erforderte eine rechnerische Mittelwertbildung über längere Perioden. Zwangsläufig kam die Frage auf, welche der vielen charakteristischen Eigenschaften eines Geräuschs zu mitteln sei.

Dieses Problem wurde von Land zu Land unterschiedlich angegangen, was zu einer Vielzahl nationaler Lärmbelastungsmasse führte. Von Anfang an war klar, dass die Art des zeitlichen Verlaufs die Störwirkung wesentlich beeinflusste. Deshalb wurde die Pegelhäufigkeitsverteilung<sup>4</sup> einer Lärmsituation ermittelt um daraus Grössen abzuleiten, welche die Belästigung besonders gut darzustellen versprochen. Üblich wurde u.a. die Erfassung des 10%-, des 50%- und des 90%-Perzentils<sup>5</sup> zur Charakterisierung der Spitzen, des mittleren Pegels und des Grundgeräuschpegels. Bald wurden auch Masse diskutiert, welche verschiedene Perzentile kombinierten (z.B. der Traffic Noise Index TNI) oder Mittelwerte mit einem Streumass verbanden (z.B. der englische Noise Pollution Level LNP)<sup>6</sup>.

---

<sup>2</sup> Bis in die 50er Jahre wurden in der Schweiz von der Polizei Phon-Messgeräte zur fliegenden Kontrolle auffällig lauter Fahrzeuge eingesetzt.

<sup>3</sup> RC-Glied: einfacher elektrischer Schaltkreis aus einem Widerstand R und einem Kondensator C.

<sup>4</sup> Im Rückblick wird deutlich, dass dies ein Holzweg war, denn dieses Ziel wäre besser mit der Fourier-Transformierten des Pegel/Zeit-Verlaufs erreicht worden. Sehr unterschiedliche Verläufe können identische Pegelhäufigkeits-Verteilungen aufweisen.

<sup>5</sup> Der x%-Perzentil ist jener Pegel, der lediglich in x% der Messzeit überschritten wird. Bezeichnung L<sub>x</sub>. Anfänglich wurden allerdings die Summenhäufigkeiten zur Kennzeichnung verwendet, Bezeichnung S. Der S<sub>y</sub> ist jener Pegel, der während y% der Messzeit eingehalten ist. S<sub>y</sub> = L100-y. Die Verwendung der Grössen S verschwand inert weniger Jahre.

<sup>6</sup> Dazu die ausführliche Beschreibung und Klassifizierung von Lärmmassen durch P. Schäfer: "Vergleichende Analyse der Lärmbewertungs-Verfahren". Berlin 1978 (Forschungsbericht UBA).

Als weiteres Mass wurde schon früh der  $L_{eq}$ <sup>7</sup> ins Spiel gebracht, welcher die Idee der instrumentellen Glättung konsequent auf die gesamte Messzeit ausdehnt. Als Pegel der mittleren Schallintensität<sup>8</sup> ist er physikalisch besonders einfach und eignet sich deshalb gut für die Lärmprognose mit Ausbreitungsmodellen. Als Dosismass der Schallenergie hat er grosse Vorteile zur Beurteilung der Gehörgefährdung. In den 50er Jahren war die Erfassung des  $L_{eq}$  aber noch sehr aufwendig<sup>9</sup>.

## 2.2 Der schweizerische Vorschlag von 1959

In der Schweiz entschloss sich die 1957 ins Leben gerufene Expertenkommission<sup>10</sup> (EK57) bereits 1959 im vorgezogenen Bericht der Unterkommission 1, als akustisches Mass den A-bewerteten Schallpegel zur Messgrundlage zu nehmen. Für die Beurteilung sollte das "Grundgeräusch" (durchschnittlicher Pegel), die "häufigen Spitzen" (7-60 Spitzen pro Stunde) und die "seltenen Spitzen" (1-6 Spitzen pro Stunde) getrennt betrachtet werden. Über die Zeitbewertung schweigt sich der Bericht aus. Die Länge der Beurteilungszeit wird nicht näher spezifiziert. Typisch dürfte sie 1 Stunde betragen haben.

Getrennt in Tag und Nacht<sup>11</sup> werden (provisorische) Grenzrichtwerte festgelegt, deren Überschreitung als Indiz einer unzumutbaren Lärmbelastung gilt, was die Behörden zur näheren Abklärung verpflichtet. Wird eine Sanierung beschlossen, soll ihr Ziel nicht nur ein Unterschreiten des Grenzrichtwertes sein, sondern die Annäherung an die 10 dB tieferen Normrichtwerte (wünschbare Werte).

Die Grenzrichtwerte werden für jede der sechs Geräuschzonen<sup>12</sup> separat spezifiziert. Häufig - wenn auch nicht immer - entspricht die Geräuschzone einer durch ihre Nutzung definierten Zone<sup>13</sup>. Die Zuordnung der Geräuschzone zu einer Nutzungszone soll in der Kompetenz der Gemeinden liegen, "im Einvernehmen mit den Nachbargemeinden". Sie orientiert sich an den tatsächlichen Gegebenheiten (also der bestehenden Lärmbelastung) und nicht nach Wunschvorstellungen.

Der Kommissionsvorschlag von 1959 erlaubt Zuschläge und Abzüge von den Messwerten: "Die Experten können je nach Frequenzzusammensetzung, Impulscharakter, Häufigkeit und Unregelmässigkeit der Wiederholung der Geräusche die Grenzen, die sie als zulässig erachten, etwas verschieben. +10 dB gelten als notorische Abweichung und sind womöglich vom

---

<sup>7</sup>  $L_{eq}$  ( $L_{eq}$ ) "energieäquivalenter Dauerschallpegel". L steht für Pegel (Level), eq für energie-äquivalent.

<sup>8</sup> Genauer: der Pegel des mittleren Schalldruckquadrats.

<sup>9</sup> Ab ca. 1980 wurden auch handgehaltene Instrumente verfügbar, welche den  $L_{eq}$  direkt anzeigen.

<sup>10</sup> BRB 21. Oktober 1957. Eidgenössische Expertenkommission (im Folgenden mit EK57 abgekürzt). Anfänglich präsiert von Bundesrat Feldmann†, dann von Bundesrichter K. Schoch.

<sup>11</sup> Die Kantone bestimmen, wie Tag- und Nachtzeit zu definieren sind.

<sup>12</sup> Mit den Kennziffern I bis V

<sup>13</sup> Sechs Zonen: Kur-, Wohn-, gemischte -, Geschäfts-, Industriezone und "Hauptverkehrsader".



Experten als ausreichend zur Bejahung der Beanstandung zu betrachten"<sup>14</sup>. Ganz offensichtlich sollen die kennzeichnenden Pegel nicht als Langzeitmittelwerte, sondern für typische Stunden erhoben werden. Es obliegt dann dem Experten zu beurteilen, ob eine Überschreitung des Grenzrichtwertes vorliege. Immerhin wird festgehalten, dass eine Überschreitung von 10 dB als hinreichender Beweis einer echten Überschreitung genüge.

Diese im Bericht ausgedrückte Haltung weist klar auf den provisorischen Charakter der ganzen Beurteilungsmethode hin. Sie wird in die Hände der Experten gegeben und ist weit entfernt von einer allgemein gültigen und umsetzbaren Vorschrift.

### 2.3 Der Schlussbericht 1963 der EK57

Der rund 350 Seiten starke Bericht von 1963 prägt die Lärmbekämpfung in der Schweiz bis in die 80er Jahre. Er besteht aus den Berichten der fünf Unterkommissionen ("Medizinische, akustische, technische Grundlagen", "Motorfahrzeuge, Eisenbahnen, Schiffe, Luftseilbahnen", "Fluglärm", "Bau- und Industrielärm, Schallschutz usw.", "Juristische Fragen") und einer knappen Zusammenfassung. Das Werk enthält viele Empfehlungen und praktisch umsetzbare Hinweise und vermeidet bewusst jeden gesetzlichen Charakter. Die Grenzwerte sind ausdrücklich als Provisorium deklariert: "Die Praxis der strengen und doch gerechten Verfolgung von Verstößen wird zusammen mit den parallel laufenden Studien im In- und Ausland die Grundlage für verbesserte Grenzrichtwerte abgeben"<sup>15</sup>.

Im Bericht der Unterkommission I wird die Wirkung von Lärm auf die menschliche Gesundheit ausführlich behandelt<sup>16</sup>. Dabei werden fünf Wirkungspfade unterschieden:

- die Belästigung, d.h. eine Beeinflussung der Psyche
- die Störung von Schlaf und Ruhe
- die Beeinflussung der Leistungsfähigkeit (vor allem der geistigen Arbeit)
- die Erregung des vegetativen Nervensystems mit Folgen in verschiedenen Organen
- die Gehörschädigung

Zur Beurteilung der Belästigung<sup>17</sup> werden fünf praktische Regeln angegeben<sup>18</sup>. Sie haben deutliche Spuren in der Praxis ab 1959, aber auch später in der LSV hinterlassen:

---

<sup>14</sup> Schlussbericht 1963 der EK57, Seite 65 unten

<sup>15</sup> Schlussbericht 1963 der EK57, Anhang II, Seite 62

<sup>16</sup> Schlussbericht 1963 der EK57, Anhang I, Seite 56

<sup>17</sup> In den 60er Jahren wird oft der Begriff "Störung" gleichbedeutend mit Belästigung verwendet. Heute werden sie deutlich unterschieden. Belästigung (engl. annoyance) bezeichnet eine wahrgenommene Empfindung, Störung (engl. disturbance) dagegen eine negativ bewertete Wirkung, wie beispielsweise die Störung des Schlafs, die nicht notwendigerweise bewusst wird.

<sup>18</sup> Schlussbericht der EK57, Seite 58

- Ein kontinuierliches Geräusch ist lästiger als ein vorübergehendes von kurzer Dauer und längeren Pausen
- Hohe Frequenzen sind lästiger als tiefe
- Die Lästigkeit hängt von der Häufigkeit des Auftretens ab (Hinweis auf Bahnlärm)
- Nachts belästigen (die gleichen) Geräusche mehr als am Tag
- Neben der Lautstärke sind auch subjektive Gründe (z.B. Einstellung zur Lärmquelle) für den Grad der Lästigkeit entscheidend. Die Experten sind ermächtigt, begründete Korrekturen von gemessenen Pegeln vorzunehmen<sup>19</sup>

Die Störung von Schlaf und Ruhe erhält ein bedeutendes Gewicht, wobei eine gewisse Gewöhnungsmöglichkeit eingeräumt wird. Die Störung der Sonntagsruhe wird jener der Nachtruhe gleichgestellt, was sehr bemerkenswert ist. Von 20 bis 07 Uhr und an Sonntagen sollten die Pegel in Wohnräumen bei offenem Fenster Mittelwerte von 45 dB(A) nicht überschreiten.

Aus Rücksicht auf die geistige Leistungsfähigkeit und Konzentration sollten in Schulhäusern bei geschlossenen Fenstern die Mittelwerte 45 dB(A) nicht übersteigen.

Die Wirkung von Lärm auf den Blutdruck und das vegetative Nervensystem wird erwähnt, ihre Beurteilung aber als schwierig bezeichnet. Besonders hervorgehoben wird die Bedeutung von Schreckreaktionen. Solche Elemente der Beurteilung finden sich später wieder beim Schiesslärm.

Verhältnismässig sicher ist dagegen der Zusammenhang von Pegel und Expositionszeit mit der Wahrscheinlichkeit der Gehörschädigung<sup>20</sup>.

In der Zusammenfassung wird klar festgehalten, dass die Auswirkung des Lärms auf den menschlichen Organismus auf unterschiedliche Weise eine Beeinträchtigung der Gesundheit bedingen können<sup>21</sup>.

## 2.4 Belastung und Belästigung, eine kritische Bemerkung

Die frühen Ansätze zur gesetzlichen Behandlung des Lärms, beispielsweise im Zivilgesetzbuch ZGB Art. 684, enthalten im Allgemeinen eine qualitative, verbale Formulierung der kritischen Belästigung wie etwa das Verbot "nicht gerechtfertigter Einwirkungen durch Lärm". Auch USG Art. 15 verlangt später, die Bevölkerung dürfe "im Wohlbefinden nicht erheblich gestört" werden.

---

<sup>19</sup> Schlussbericht der EK57, Seite 65

<sup>20</sup> ISO 1999

<sup>21</sup> Schlussbericht der EK57, Anhang I, Seite 63

Im Schlussbericht der EK57 wird zwar klar darauf hingewiesen, wie schwierig es ist, die Frage nach der unzumutbaren Störung zu beantworten. Auf Seite 53 des Berichts steht dazu: *"Aus dem medizinischen Bericht geht hervor, dass bei wiederholter oder andauernder Belästigung durch Lärm Gesundheit und Wohlbefinden gefährdet werden. Wann aber stellt Lärm eine Belästigung dar? Die Unterkommission kann diese Frage nicht generell beantworten. Es ist wohl überhaupt nicht möglich, ein allgemein gültiges Kriterium zu finden. .... Die Unterkommission hielt es trotzdem für ihre Pflicht, einmal den Versuch zu unternehmen, gewisse Richtzahlen aufzustellen."*

Unter diesem Vorbehalt erfolgt gleichwohl 1959 der höchst schwerwiegende Übergang von einem der Messung nicht zugänglichen Empfindungszustand (Störung, Belästigung) auf einen messbaren, objektiven Wert (Belastung). Dabei wird implizit vorausgesetzt, dass eine eindeutige Dosis-Wirkungsbeziehung existiere, welche gestattet, aus der Belastung rechnerisch auf die Belästigung zu schliessen.

Zwar wird eingestanden, dass die vermutete Dosis-Wirkungsbeziehung noch nicht gefunden ist, doch wird ihre Existenz nicht grundsätzlich in Zweifel gezogen. Die wissenschaftliche Arbeit auf der Suche nach dem richtigen Belastungsmass zieht sich deshalb über etwa 20 Jahre hin (ca. 1955 - 1975), bis sich die Erkenntnis durchsetzt, dass individuelle und nicht-akustischen Faktoren die Belästigung in hohem Masse beeinflussen und kein Belastungsmass je eine hohe Korrelation mit der empfundenen Belästigung aufweisen werde. Trotzdem wird bis heute am 1959 erfolgten Übergang festgehalten und damit die vermeintliche Objektivierung der Lärmbelästigung in alle nachfolgenden Regelungen weiter getragen.

## 2.5 Zusammenfassung

Am Ende der ersten Entwicklungsstufe, d.h. 1963, hat die Schweiz unter dem Einfluss der internationalen Entwicklung den logarithmischen Schallpegel in Dezibel mit der Frequenzbewertung A als Primärmass eingeführt.

Als Messort ist die Position im offenen Fenster eines zu beurteilenden Raumes bereits festgelegt<sup>22</sup>.

Die Beurteilung einer Situation geschieht durch Vergleich der massgebenden Ist- oder Prognosewerte mit den Grenzwerten. Diese sind nach Zonen differenziert, wobei allerdings nicht die beabsichtigte Nutzung, sondern die faktische Belastung den Ausschlag gibt. (Dies ist ein Zirkelschluss, indem die effektive Belastung die Zonenzuordnung und damit den anwendbaren Grenzwert steuert.) Das ursprüngliche Grenzwertschema enthält 36 Werte (6 Zonen, Tag/Nacht, 3 Belastungsmasse).

In einem wesentlichen Punkt unterscheidet sich der Ansatz 1963 stark von der späteren LSV: Die Grenzwerte werden im Vertrauen auf die universelle Funktion des Trios von kenn-

---

<sup>22</sup> Schlussbericht der EK57, 1963, Seite 63

zeichnenden Pegeln nicht weiter nach Lärmarten differenziert, Damit vermeidet man - vorläufig - das Problem der Behandlung von Mehrfachbelastungen.

Bemerkenswert zu diesem Punkt ist der ausführliche Hinweis im Schlussbericht der Unterkommission I(1959) auf die Lautstärke in phon und die Lautheitsskala in son. Die letztere erlaubt per definitionem die einfache Addition der Lautheiten bei der gleichzeitigen Belastung durch mehrere Lärmarten. Weil damals eine instrumentelle Messung der Lautheit ausser Betracht fiel, wurde dieser Ansatz nicht weiter verfolgt. Heute lässt sich mit Mikroprozessoren eine Lautheitsmessung in Echtzeit durchführen. Es ist daher aus heutiger Sicht mindestens abzuklären, ob sich auf diese Weise die Forderung von Art.8 USG erfüllen liesse.

Die schweizerische Regelung von 1963 weist eine weitere charakteristische Eigenschaft auf: Sie ist eindeutig zum Gebrauch durch Experten ausgelegt, was sie zu einem ziemlich elitären Instrument macht, das noch nicht für den allgemeinen Gebrauch tauglich ist. Es sollte erst seine Berechtigung in der Anwendung beweisen.

### **3 Das Sammeln der Erfahrung von 1963 bis 1974**

#### **3.1 Übersicht**

Obschon der Schlussbericht 1963 keine gesetzliche Funktion hatte, insbesondere nicht "behördenanweisend" ausgelegt war, diente er dennoch Behörden und Gerichten aller Stufen während rund 25 Jahren als Grundlage. Aus den Entscheiden der eidgenössischen Schätzungskommissionen in Entschädigungsfällen wegen Lärms und verschiedenen nachfolgenden Bundesgerichtsurteilen entstand im Lauf der Zeit eine gefestigte Basis zur Beurteilung von Lärmsituationen. In diese Periode fällt aber auch die wohl gründlichste Untersuchung über den Zusammenhang von Lärmbelastung und Belästigung, die je in der Schweiz durchgeführt wurde. Ausserdem wurde eine Kommission mit der Aufgabe betraut, die Regeln für den Lärmschutz an Nationalstrassen präzise festzulegen.

#### **3.2 Die Objektivierung der Belastungsmasse**

Schon im Schlussbericht der EK57 wird auf die Bedeutung der Pegelhäufigkeitsverteilung zur Beurteilung von Lärmsituationen hingewiesen<sup>23</sup>. Sobald die technischen Möglichkeiten gegeben sind, werden die verbal definierten Masse (Grundgeräusch = mittlerer Pegel, häufige und seltene Spitzen) durch messtechnisch eindeutige Verteilungsperzentile (→ 2.2.1) ersetzt. Der Pegelmedian L50 ersetzt den unklaren mittleren Pegel, der L1 wird zum Mass der häufigen, der L0.1 zu jenem der seltenen Spitzen.

---

<sup>23</sup> Schlussbericht 1963 der EK57, Seite 80, Ziffer d.

Der L0.1 ist nach Definition jener Pegel der Verteilung, der in einer Stunde nur während 3.6 Sekunden überschritten ist. Es zeigte sich bald, dass diese Angabe von einer Messung zur andern stark schwankte und zur verlässlichen Charakterisierung einer Situation untauglich war. Der L0.1 und der Grenzrichtwert der seltenen Spitzen wurden deshalb bald nicht mehr benützt.

### 3.3 Bundesgerichtspraxis für Entschädigungen

Im Fall Werren in Morges (BGE 94 I 286 ff.) hat sich das Bundesgericht erstmals über die Übermässigkeit von Lärmimmissionen und die Berechtigung von Entschädigungsbegehren ausgesprochen.

Kriterien: Unvorhersehbarkeit, Schwere und Spezialität.

Zur Beurteilung der Spezialität wird die Höhe des bestehenden Pegels über dem Grenzrichtwert benützt (BGE 117 Ib 15). Die Schwere des Schadens wird nach der geschätzten Reduktion des Verkehrswerts beurteilt.

Im Bericht Immissionsschutz an Nationalstrasse von 1974 legte die Arbeitsgruppe folgende zumutbare Grenzwerte für Wohngebiete fest:

L50: 60 dB tags, 50 dB nachts L1: 70 dB tags, 60 dB nachts

Jahrelang wurde die Spezialität des Schadens erst anerkannt, wenn der Grenzwert erheblich überschritten war (BGE 101, Ib 407). Als Kriterium galt zeitweise eine Überschreitung von wenigstens 9 dB. Diese Regel geht möglicherweise bereits auf die Aussage im Schlussbericht 1963 zurück, wonach Überschreitungen von +10 dB als notorische Abweichung gelten und womöglich als ausreichend zur Bejahung der Beanstandung zu betrachten sind<sup>24</sup>. Sicher wurde später auch eine Urteilsbegründung des Bundesgerichts falsch interpretiert. Im konkreten Fall Lehmann und Fuhrer<sup>25</sup> war der Grenzrichtwert um 9 dB überschritten, Das Bundesgericht liess dies als gültigen Nachweis einer übermässigen Störung zu (hinreichende Bedingung, Spezialität gegeben). Anschliessend wurde dieses "9-dB-Kriterium" von Schätzungskommissionen und Behörden aber jahrelang als notwendiges Kriterium benützt und zahlreiche Klagen auf dieser Basis abgewiesen. Später wurde die Anforderung an die sogenannte "klare Überschreitung" auf 5 dB reduziert<sup>26</sup>. Ab dem Urteil Bourquenoud<sup>27</sup> genügte die einfache Überschreitung des IGW.

Die Gerichts- und Behördenpraxis ab 1960 beeinflusste die Grenzwertfestsetzung (ab 1979) sehr stark, denn sie definiert de facto den "Stand der Erfahrung" nach Art. 15 USG. So ver-

---

<sup>24</sup> Schlussbericht 1963 der EK57, Seite 65 unten

<sup>25</sup> Ammann, Berger, Kleiner BGE 110 Ib 340

<sup>26</sup> BGE Ammann, Berger, Kleiner, N12 Oberwangen bei Bern

<sup>27</sup> Urteil vom 23.3.1993

suchte die EK75 konsequent, die neuen Grenzwerte so festzulegen, dass ein möglichst kleiner Bruch mit der bisherigen Praxis entsteht.

### 3.4 Der Fluglärm als Sonderfall; Grenzwertvorschläge 1969

Der Bundesrat liess sich viel Zeit mit seiner Reaktion auf den Expertenbericht 1963, der in wesentlichen Teilen bereits seit 1961 abgeliefert war. Erst am 13.4.1966, legte er seine im Grundtenor zustimmende Stellungnahme vor. Es gibt mehrere Hinweise, dass das damalige eidgenössische Luftamt (heute BAZL) stark bremsend wirkte, da es eine Einschränkung des Flugverkehrs mit Argumenten des Lärmschutzes befürchtete.

Am 18.12.1967 ernannte der Bundesrat eine "Arbeitsgemeinschaft für sozio-psychologische Fluglärmuntersuchungen". Diese legte am 31.7.1969 zwei Dokumente vor, nämlich eine Berechnung der Fluglärmbelastung im Gebiet der Landesflughäfen Basel, Genf und Zürich durch eine Expertengruppe, samt einer auf ausländischen Resultaten beruhenden Einschätzung der Störung<sup>28</sup> sowie einen Plan zur Durchführung einer umfassenden Untersuchung der Belästigungswirkung des Fluglärms im Gebiet der drei nationalen Flughäfen. Ein wesentliches Teilziel war der Vergleich der Störwirkung des Fluglärms mit andern Lärmarten, insbesondere mit dem Strassenlärm.

Diese Entwicklung stellt die Weiche zu einer Sonderbehandlung des Fluglärms mit einem speziellen Belastungsmass, das ausserhalb des Systems L1/L50 steht.

### 3.5 Die "Sozio-psychologische Fluglärmuntersuchung" von 1974 (SPU74)

Am 8.12.1969 erteilte der Bundesrat der Arbeitsgemeinschaft den Auftrag für die geplante Untersuchung. Der Kredit von Fr. 700'000 wurde zur Hälfte von den Flughafenkantonen getragen. Die Befragungen und Messungen in Zürich und Genf wurden im Jahr 1971, jene in Basel 1972 vorgenommen, die Zusammenfassung der Ergebnisse im Juni 1973 veröffentlicht<sup>29</sup>. Eine ausführliche Fassung ("Wissenschaftlicher Schlussbericht") erschien 1974.

Die Studie gilt als Eckpfeiler zur Begründung von schweizerischen Grenzwerten für Fluglärm. Sie wurde mit bedeutendem Aufwand und einer sehr sorgfältigen Auswertung durchgeführt. Ihr Hauptziel war, ein Belastungsmass für Fluglärm und geeignete Grenzwertvorschläge zu finden.

---

<sup>28</sup> Die Expertengruppe hatte auf Grund ausländischer Erhebungen eine Einteilung in drei Zonen vorgeschlagen: a) 25 bis 30 NNI, b) 30 bis 50 NNI, c) 50 NNI und mehr.

<sup>29</sup> "Untersuchungen über den Fluglärm und seine Wirkungen im Gebiet von drei Schweizer Zivillughäfen 1971/72", Bezug: Eidg. Luftamt, Bern (1973)

Die Belastung wurde durch ausgedehnte Messungen<sup>30</sup> in der Umgebung der Wohnorte befragter Personen ermittelt. Jeder Messort ist dabei repräsentativ für die Belastung mehrerer Befragter (im Mittel 5 bis 25 Interviews pro Messstelle).

Die automatischen akustischen Messungen lieferten primär stündlich die Pegelhäufigkeitsverteilung in Klassenbreiten von 3 resp. 4.5 dB. Dazu wurde die Position des Schreibstifts eines elektromechanischen Pegelschreibers mit einer Kontaktbank abgegriffen. Mit dieser Methode kann jedoch die zeitliche Dynamik eines Schallpegelmessers nicht sehr genau nachgeahmt werden, woraus systematische Messfehler von ~1 dB resultieren. Aus den Messungen wurden dann rechnerisch verschiedene Lärmmasse ermittelt. Im Vordergrund standen der NNI (Noise and Number Index) für Fluglärm und der L50 für Strassenlärm. Ausserdem wurden L0.1, L1, L10, Leq, TNI (Traffic Noise Index) und LNP (Noise Pollution Level) bestimmt.

Zur Auswahl der Untersuchungsgebiete wurden vorgängig durch die EMPA Fluglärmkarten in NNI mit einem manuellen Verfahren berechnet. Nachträglich zeigte sich, dass beträchtliche Unterschiede gegenüber den gemessenen NNI-Werten bestanden<sup>31</sup>. Die Unsicherheit der Berechnungen wurde zu  $\pm 5$  NNI geschätzt, was den damaligen Stand des Verfahrens treffend illustriert.

Aus den fast viertausend persönlichen Interviews in Zürich, Genf und Basel wurde ein detailliertes Bild der Belästigung erhalten. Die Auswertung ergab erstens die Wahl eines Belastungsmasses für Fluglärm und zweitens eine Empfehlung für Grenzwerte, welche in Form eines Vorschlags für drei landesplanerische Zonen gekleidet war.

#### **Das Belastungsmass für Fluglärm:**

Die Eignung der vier geprüften Belastungsmasse für Fluglärm (NNI, Leq, L0.1 und LNP) wurde anhand der Korrelation der Belastung mit der erfragten Belästigung untersucht. Sie war beim NNI signifikant besser als bei den anderen drei Massen<sup>32</sup>. Dies führte zur Empfehlung, den NNI offiziell als schweizerisches Fluglärmmass einzuführen, was dann 1973 auch mit der (departementalen) Verordnung über die Lärmzonen der Landesflughäfen ( $\rightarrow$  3.7) geschah.

#### **Exkurs**

Es ist pikant, diesen Entscheid in der Rückschau kritisch zu hinterfragen. Der Schlussbericht enthält nämlich den Hinweis, dass die Ergebnisse eine Korrektur der englischen NNI-Definition nahe legten. Statt der originalen

---

<sup>30</sup> Zürich 108, Genf 140, Basel 182 Messpositionen. Vergl. Tabelle 2.8 Seite 38 des Schlussberichts

<sup>31</sup> Vergl Schlussbericht SPU74, Seite 92

<sup>32</sup> Schlussbericht SPU74, Seite 293, Tabelle 2

$$\text{NNI} = L_{\text{PN}} + 15\log(\text{N}) - 80 \quad ^{33}$$

hätte eine schwächere Abhängigkeit von der Bewegungszahl N in der Form

$$\text{NNI}^* = L_{\text{PN}} + 6.6\log(\text{N}) - 69 \quad ^{34}$$

den gefundenen empirischen Zusammenhang besser dargestellt.

Ausserdem ist klar, weshalb der Leq als Fluglärm-mass schlecht abgeschnitten hatte, denn alle Leq-Werte enthielten auch den Verkehrslärm, der beim damaligen Stand der Technik nachträglich nicht vom Fluglärm zu trennen war. Es ist offensichtlich, dass dieser Leq gerade bei geringerer Fluglärm-belastung eine schlechte Korrelation mit dem Fluglärm ergeben musste, war er doch durch den Strassenlärm bestimmt, wie Darstellung 3.33 im Schlussbericht<sup>35</sup> sehr schön nachweist. Nun ist aber - bis auf eine additive Konstante - der Leq näherungsweise durch die Beziehung  $\text{Leq} \cong L_{\text{A,max}} + 10\log(\text{N}) + \text{const}$  gegeben, was zwischen der englischen und der empirischen NNI-Definition drin liegt. Es ist also wahrscheinlich, dass unter anderen instrumentellen Voraussetzungen schon 1974 der Leq als bestes Fluglärm-mass erkannt worden wäre.

### Die Grenzwerte für Fluglärm

Der Schlussbericht verwendet in bemerkenswerter Weise bereits die Definition der "Starken Belästigung", wie sie inzwischen allgemein international üblich geworden ist<sup>36</sup>, und den Prozentsatz der Starkgestörten (Starkbelästigten).

Von "Starker Störung" (besser: "starker Belästigung") spricht man dann, wenn Nennungen 8, 9 oder 10 auf dem Skalometer (mit Unterteilung von 0-10) gemacht werden.

Gemäss Tabelle 4.7<sup>37</sup> und Kurve D in Fig. 4.8 ist bei 40 NNI die Wahrscheinlichkeit für eine starke Störung 25%, bei 45 NNI ca 33%, bei 50 NNI ca. 43%<sup>38</sup>.

Die Arbeitsgemeinschaft für sozio-psychologische Fluglärmuntersuchungen beschreibt die Wirkung von 45 NNI mit "starke Fluglärm-belastung. Wohnqualität stark beeinträchtigt". Sie schlägt eine Einteilung des Gebiets um Flughäfen in drei Zonen vor:

- Weniger als 34 NNI (geringe Störung)
- 35 bis 44 NNI (mittlere Störung), und

<sup>33</sup>  $L_{\text{PN}}$  = energetischer Mittelwert der Pegelspitzen, gemessen als Perceived Noise Level . Der  $L_{\text{PN}}$  wurde in der Praxis durch den A-bewerteten Schallpegel in Zeitbewertung Slow plus 12 dB angenähert

<sup>34</sup> Schlussbericht SPU74, Seite 294, Absatz 42

<sup>35</sup> Schlussbericht SPU74, Seite 93

<sup>36</sup> ISO 15666 (2003) Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys

<sup>37</sup> Schlussbericht SPU74, Seite 114

<sup>38</sup> Schlussbericht SPU74, Seite 115



- 45 NNI und mehr (starke Störung)

Zum Ansatz von 1969 sagt der Bericht: "Der Vorschlag der Experten vom 31.7.1969, die Fluglärmbelastung von 50 NNI als höchstzumutbare Grenze für das Wohnen zu bewerten, war bestimmt hoch gegriffen."<sup>39</sup>

### 3.6 Die Störwirkung von Strassenlärm

Das Schwergewicht der sozio-psychologischen Fluglärmuntersuchung lag zwar auf dem Fluglärm, doch wurden auch Daten zum Strassenlärm erhoben. Bei der Auswertung zeigte sich dann allerdings, dass die Daten aus Zürich und Genf für die Fragen nach der Störwirkung von Strassenlärm nicht brauchbar waren (siehe Schlussbericht Seite 128). Dies führte dazu, dass die Resultate über die Störwirkung von Strassenlärm allein aus Basel stammen. Die verfügbare Stichprobe von 944 Interviews wurde dadurch recht klein. So findet man in der kritischen Belastungsklasse 60 bis 63.9 dB L50 lediglich 86 Befragte, von denen 17 (20%) eine starke Belästigung<sup>40</sup> meldeten. In der Klasse 56 bis 59.9 dB sind es 14 von 114 Personen (12%). Als Interpolation erhält man die Schätzung von ca 16% Starkgestörter bei L50 = 60 dB.

#### Diskussion eines wesentlichen Details

In den Darstellungen 4.8 und 4.19<sup>41</sup> sind die Wahrscheinlichkeiten für starke Störung für Fluglärm und Strassenlärm auf den ersten Blick in vergleichbarer Weise dargestellt. Dies lässt vermuten, dass dies mit dem Zweck geschah, die Belästigungswirkung von Flug- und Strassenlärm einander gegenüber zu stellen. Tatsächlich stellen aber die Figuren 4.8 und 4.19 keinen vergleichbaren Sachverhalt dar. Beim Fluglärm zeigt Kurve D von Fig. 4.8 einigermassen den Inhalt der 5. Spalte von Tabelle 4.7, d.h. die prozentuale Verteilung der "stark gestörten Befragten". Im Gegensatz dazu zeigt Fig. 4.19 eine kumulierte Wahrscheinlichkeit. Auf Kurve 4 liest man bei einem L50 von 60 dB den Ordinatenwert 40% ab. Dies stimmt überein mit der verbalen Aussage auf Seite 132 unten des Schlussberichts 1974: "...bei einem L50 von 61 dB [sind] 50% der Befragten sehr gestört". Liest man jedoch die zugehörige Tabelle, so findet man approximativ etwa 17%.

Der Schlussbericht erlaubt folgenden Schluss. Der provisorische Grenzrichtwert für Strassenlärm war 1974 längst bekannt, nämlich 60 dB. Gemäss Fig. 4.19 entsprach dies 40% Starkgestörten. Aus Fig. 4.8 liest man bei 40% Starkgestörten eine Belastung von 47 NNI ab. Dies macht verständlich, dass die Arbeitsgruppe die Grenze zwischen den Zonen B und C bei 45 NNI legte. Dieser Vorschlag ging in die Verordnung über die Lärmzonen der Landesflughäfen von 1973 ein und bestimmte bis im Jahr 2000 die Landesplanung im Umkreis der Flughäfen,

<sup>39</sup> Schlussbericht SPU74, Seite 317

<sup>40</sup> Starke Belästigung = Angabe von 8, 9 oder 10 auf der 11-stufigen Skala von 0 bis 10

<sup>41</sup> Schlussbericht SPU74, Seiten 115 und 133

welche aus heutiger Sicht völlig versagt hat. Der Grund könnte in einem Interpretationsfehler des Untersuchungsberichts über die sozio-psychologische Fluglärmuntersuchung (1974) liegen.

Eine kritische Beurteilung dieser Untersuchung zeigt weiter, auf welch schwachen Füßen wichtige Schlüsse stehen. Die Fluglärmbelastung in Basel war offenbar erheblich kleiner als jene in Genf und Zürich. Trotzdem melden in Basel 42% der Befragten mit Belastungen von 35-39 NNI eine starke Belästigung. Dieser Prozentsatz wird in Genf und Zürich erst bei einer um 10 Punkte höheren Belastung erreicht. Basel wertet Fluglärm deutlich anders als die beiden andern Gebiete. Leider gab das Untersuchungsgebiet Basel aber die einzigen verwertbaren Resultate zum Strassenlärm, welche - verglichen mit dem längst gebrauchten Grenzwert - eine fast sensationell geringe Empfindlichkeit der Basler für Strassenlärm auswiesen. Dies hätte damals die Verantwortlichen dazu führen müssen, die Strassenlärmuntersuchung aus dem Schlussbericht auszuschliessen.

### 3.7 Die Verordnung über die Lärmzonen der Landesflughäfen (1973)

Gestützt auf die damals gültige Version des Luftfahrtgesetzes (LFG) und der zugehörigen Luftfahrtverordnung wurde 1973 vom UVEK eine "Verordnung über die Lärmzonen der Flughäfen Basel-Mulhouse, Genf-Cointrin und Zürich" erlassen<sup>42</sup>.

Sie schreibt folgendes vor:

- Das Belastungsmass NNI (Art. 1)
- Die Ermittlungs- und Berechnungsmethode des NNI (Art. 2, 3, 4)
- Die Belastungswerte, die die Zonengrenzen begründen (Art. 7), nämlich

|        |                 |   |
|--------|-----------------|---|
| Zone A | 66 und mehr NNI | Landwirtschaft, Lagerhäuser, militärische Bauten, Flughafengebäude                              |
| Zone B | 56 - 65 NNI     | Industrie- und Gewerbebauten, Geschäftshäuser mit Schallschutz, Abwartwohnungen m. Schallschutz |
| Zone C | 46 -55 NNI      | Geschäftshäuser, Wohnhäuser mit Schallschutz  |

- Die Schallschutzanforderungen für neue Gebäude in den Lärmzonen (Art. 9).

<sup>42</sup> SR 748.134.2

Die Funktion der Lärmzonen wird wie folgt umschrieben:

Lärmzonen der Luftfahrtgesetzgebung haben formal eine raumplanerische Funktion: Durch Baubeschränkungen soll erreicht werden, dass in Gebieten in der Nähe von Flughäfen mit erheblicher Fluglärmbelastung nicht oder nur noch in eingeschränktem Mass gebaut wird. In den Lärmzonen dürfen die nach kantonalem Recht zuständigen Behörden keine neuen Wohnzonen ausscheiden. Das BAZL kann im Einzelfall und mit Zustimmung des Bafu Abweichungen von den Nutzungsbeschränkungen zulassen. Gebäude in Lärmzonen, die vor der Planaufgabe errichtet wurden, dürfen in bisheriger Weise weiter benutzt werden, unabhängig vom Ausmass der Lärmbelastung (Art. 42 Abs. 5 VIL).

Es ist klar festzustellen, dass diese Verordnung keinen Einfluss auf den Flugbetrieb nahm, sondern nur die Nutzung der Flughafenumgebung regeln wollte. Es war vorgesehen, die Lärmzonen alle 10 Jahre an die tatsächliche Lärmbelastung anzupassen.

Diese erste nationale Verordnung mit klar definierten Grenzwerten beschränkte sich auf eine Nutzungsregelung im Umkreis der Flughäfen und nahm keinen Einfluss auf die Lärmentstehung. Von Sanierung ist nicht im Entferntesten die Rede. Der Grenzwert von >45 NNI ist aus heutiger Sicht hoch. Möglicherweise wurde er so angesetzt, weil 1969 die Expertengruppe einen noch höheren Wert vorgeschlagen hatte. Dies führte dann zum Fiasko der Regionalplanung um die Flughäfen, welches heute klar erkennbar ist.

### 3.8 Der Bericht "Lärmschutz an Nationalstrassen" (1974)<sup>43</sup>

Im Jahr 1972 wurde eine Arbeitsgruppe (AG72) gegründet, welche den Lärmschutz an Nationalstrasse auf eine geordnete Grundlage stellen sollte. Sie entschied auf Grund der damals bestehenden Kenntnisse ohne eigene Untersuchungen wie folgt:

Für Wohngebiete an Nationalstrasse gelten folgende Lärm-Grenzrichtwerte:

|                                     |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|
| Für den Pegelmedian (50%-Perzentil) | 60 dB tags, 50 dB nachts |
| Für den Spitzenwert (1%-Perzentil)  | 70 dB tags, 60 dB nachts |

Als wünschbare Werte, z.B. für die Ausscheidung künftiger Baugebiete, wurden 10 dB tiefere Zahlen festgelegt.

Diese Werte bilden die Grundlage für Sanierungen mittels Abschirmungen und Schallschutz am Gebäude.

Im Bericht wird klargestellt, dass in der Messung von Strassenlärm die Zeitkonstante "Fast" zu verwenden ist. Ebenso ist festgehalten, dass für die Beurteilung die durchschnittliche [langzeitliche] Belastung massgebend ist (Bericht Seite 8). Für Lärmprognosen werden nor-

<sup>43</sup> Schlussbericht der vom Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau eingesetzten Expertenkommission, Bern, März 1974

mierte Verkehrsmengen vorgeschrieben, welche sich an der theoretischen Leistungsfähigkeit des betreffenden Strassenabschnittes orientieren. Die Lärmwerte aus Messungen müssen nach einem festgelegten Verfahren ("Lärmmodell") auf die Normverkehrsmengen umgerechnet werden.

Die Arbeitsgruppe wurde 1972 einberufen, als die Arbeiten an der SPU74 bereits begonnen hatten. Man kann davon ausgehen, dass die Basler Resultate über die Störwirkung von Strassenlärm der Arbeitsgruppe bekannt waren. Es erstaunt, dass keine Erhöhung der Grenzrichtwerte vorgenommen wurde, welche mit den Resultaten aus Basel und dem Quervergleich mit dem Fluglärm leicht hätte begründet werden können

### 3.9 Zusammenfassung

In der Periode von 1963 bis 1974 wurden verschiedene wegweisende Entscheidungen getroffen. Die Lärmbelastung wird nun generell durch die Häufigkeitsverteilung des A-Pegels mit dem Wertepaar L50/L1 im Langzeitmittel beschrieben; der Begriff der seltenen Spitzen (L0.1) ist verschwunden, die Zeitkonstante "fast" etabliert.

Die Lärmbekämpfung an der Quelle wird als erstes Ziel bezeichnet, doch auch die Massnahmen am Übertragungsweg des Schalles und der Schallschutz beim Empfänger sind wichtig. Schüchtern kommt die Idee der Sanierung unzumutbarer Belastungen auf, allerdings gekoppelt mit dem Vorschlag einer Beitragspflicht der Grundeigentümer ("Perimeterbeiträge") und der Abwägung von Kosten und Nutzen.

Die Grenzrichtwerte von 1959/1963 werden 1974 für Strassenlärm bestätigt. Die Untersuchung der Wirkung von Strassenlärm in Basel ergibt in der Belastungsklasse von 60 bis 63.9 dB L50 eine Wahrscheinlichkeit für starke Störung von 20%.

Für Fluglärm wird der NNI als Sondermass eingeführt, das den (energetisch) gemittelten Pegel der Lärmspitzen mit der Anzahl N dieser Spitzen pro Tag - im Jahresmittel - kombiniert<sup>44</sup>. Die sorgfältig angelegte Untersuchung beweist aber, dass der Gewichtungsfaktor 15 vor dem Term  $\log(N)$  zu gross ist. Dieser Einwand wird übergangen und an der englischen Definition des NNI festgehalten. Der damalige Stand der Messtechnik gestattete keine saubere Bestimmung des Fluglärm-Leq, was zum Ausscheiden dieses Masses zugunsten des NNI führte. Aus heutiger Sicht war das ein Fehlentscheid.

Der Grenzwert für Fluglärm wird in einer Verordnung auf 45 NNI festgelegt. Darunter besteht keine Einschränkung der Bautätigkeit. Ist die Belastung höher, so gehört das Gebiet zur Fluglärmzone C. Hier dürfen keine neuen Wohnzonen mehr ausgeschieden werden. Der Bau von neuen Wohnhäusern ist mit Schallschutz weiterhin möglich.

---

<sup>44</sup> Dabei werden nur Spitzen über 68 dB gezählt, was den NNI als Mass für tiefere Belastungen a priori untauglich macht

Die Arbeitsgruppe, welche die Untersuchung durchführte, bezeichnet allerdings ein Gebiet mit 35 bis 44 NNI bereits als Zone mit mittlerer Störung und beeinträchtigter Wohnqualität. Rund 1/3 der Befragten reagiert bei 45 NNI mit einer "starken Störung". Dieser Prozentsatz ist etwa doppelt so hoch wie jener bei Strassenlärm am provisorischen Grenzrichtwert. Ohne Zweifel wird der Fluglärm nicht mit dem gleichen Massstab behandelt wie der Strassenlärm. Starke politische Kräfte setzen sich über die Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchung hinweg. Das Ergebnis sind Lärmzonen mit minimaler Wirkung. Die Umgebung der Flughäfen wird in der Folge weitgehend überbaut.

## 4 Die Entwicklung von 1975 bis zur Lärmschutzverordnung

### 4.1 Strassenlärm

#### 4.1.1 Einleitung

In der Volksabstimmung vom 6.6.1971 beschliesst das Volk einen Verfassungsartikel über den Umweltschutz:

BV Art 24<sup>septies</sup> Der Bund erlässt Vorschriften über den Schutz des Menschen und seiner natürlichen Umwelt gegen schädliche oder lästige Einwirkungen. Er bekämpft insbesondere die Luftverunreinigung und den Lärm.

Bald nach Annahme des neuen Verfassungsartikels wird die Arbeit am Umweltschutzgesetz aufgenommen<sup>45</sup>. Die erste Fassung findet in der Vernehmlassung (ca. 1974) keine gute Aufnahme. Besonders gerügt werden die Teile über den Lärm. Viele Einwände kritisieren die Vorlage als zu perfektionistisch, andere dagegen als zu wenig präzise.<sup>46</sup>

Im Jahr 1975 setzt das Eidg. Departement des Innern eine neue "Expertenkommission zur Beurteilung von Lärmgrenzwerten" (hier künftig EK75) ein. Sie soll "die bisherigen Grundlagen auf den neusten Stand des Wissens hin bearbeiten und nötigenfalls durch Untersuchungen gezielt erweitern."

Die Kommission nimmt ihre Tätigkeit in drei parallelen Arbeitsgruppen auf welche die Themen Akustik, Belastung und Recht behandeln. Sie setzt sich als erstes Ziel, Grenzwerte für Strassenlärm zu formulieren.

---

<sup>45</sup> Anfangs 1973 wurde eine ausserparlamentarische Expertenkommission unter dem Präsidium von Prof. Leo Schürmann eingesetzt, die Ende 1973 einen ersten Entwurf abliefern.

<sup>46</sup> Siehe z.B. Botschaft zu einem Bundesgesetz über den Umweltschutz, 31.10.1979, Seite 5 Mitte

#### 4.1.2 Wissenschaftliche Untersuchungen 1975 bis 1978

In der Akustik zeichnete sich ein Wechsel der Ideen ab. In der internationalen Normenorganisation ISO beschäftigte sich im Technischen Komitee TC43 (Acoustics) eine Arbeitsgruppe<sup>47</sup> mit der Norm IS 1996, welche allgemein gültige Kriterien für die Beurteilung von Umweltlärm in Hinblick auf die Landesplanung festlegen sollte.

Die Fachwelt rechnete damals fest auf ein "bestes" Lärmass, das noch zu entdecken sei. Die Arbeit gestaltete sich sehr schwierig, weil die gewachsenen nationalen Regelungen so unterschiedlich waren und kein Land aus Gründen der Rechtskontinuität von seinen bestehenden Regeln abgehen wollte. Nach und nach kristallisierte sich jedoch die Erkenntnis heraus, dass keines der bekannten Masse wesentlich besser war als die andern. Alle wiesen den bedeutenden Nachteil auf, dass sie den Zusammenhang von Belastung (physikalische Seite) und Belästigung (psychologische Seite) nur lose darstellen konnten, d.h. mit einer bescheidenen Korrelation. Dies führte schliesslich zum Vorschlag, den Leq als physikalisch einfachstes Mass zur Kennzeichnung des Umweltlärms einzusetzen. Gleichzeitig verzichtete die ISO auf global gültige Grenzwerte und überliess die Festlegung von Grenzwerten den einzelnen Nationalstaaten. Diese Entwicklung führte auch dazu, dass nun akustische Messinstrumente auf den Markt kamen, welche den Leq direkt anzeigten.

In der Schweiz zeigte sich in dieser Zeit immer deutlicher, dass verfeinerte mathematische Modelle zur Berechnung künftiger Lärmbelastungen unerlässlich waren. Solche Modelle wurden dringend für die sichere Dimensionierung von Schallschutzmassnahmen gebraucht. Die statistischen Pegelmass L50 und L1 eigneten sich nicht besonders gut für die mathematische Modellierung, weil dazu eine Reihe von wenig realistischen Annahmen über den Zeitverlauf nötig waren. Viel besser geeignet war der physikalisch einfache Leq, zu dessen Berechnung der Zeitverlauf unwesentlich ist.

Die EK75 erkannte rasch, dass ein Übergang vom Duo L50/L1 auf das Einzelmass Leq vorteilhaft war, einerseits in Anpassung an den internationalen Trend, andererseits zur Erhöhung der Prognosesicherheit. Sie legte sich deshalb auf den Leq als Grundmass fest, welches das Gespann L50/L1 ablösen sollte. Die verlorene Zweidimensionalität in der Beschreibung des Lärms kompensierte man durch die getrennte Behandlung der einzelnen Lärmarten, von denen jede eigene Grenzwerte erhalten sollte. Ausserdem liess sich auf Grund von Messdaten zeigen, dass der Leq je nach Situation den Charakter des Pegelmedians, in andern eher den eines Spitzenmasses annehmen konnte (→ 5.5.2).

Dieser grundlegende Wechsel rief nach neuen empirischen Daten, welche zeigen mussten, womit die bisherigen Grenzrichtwerte zu ersetzen waren. Aus diesem Bedürfnis heraus entstanden am Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETHZ drei wichtige Publikationen:

---

<sup>47</sup> Leiter der Arbeitsgruppe war Jul Pederson. Die Schweiz war in der Arbeitsgruppe vertreten.

### **Wohnen im Neubau<sup>48</sup>**

Dieses 1976 erschienene Buch ist eine breit angelegte Publikation mit Schwergewicht auf der psychologischen und soziologischen Seite der Wohnzufriedenheit unter verschiedenen Störeinflüssen. Den Lärmfragen sind die Seiten 277 bis 290 gewidmet; auf Seite 66 findet sich ein kurzer Hinweis zur Lärmmessung.

Die Studie untersuchte die Wohnsituation in Zürich, mit einer Beschränkung auf Häuser mit Baujahr 1960 oder jünger. Am Anfang stand eine Zufallsauswahl von 2000 Adressen aus denen schliesslich 705 brauchbare Interviews gewonnen wurden. An 392 Befragungsorten erfolgten Messungen der Lärmbelastung "vor dem Wohnzimmerfenster". Ob das Fenster dabei offen oder geschlossen war, ist nicht angegeben. Aus dem Text geht zudem nicht klar hervor, wie lange pro Punkt gemessen wurde. Da die Messungen im April jeweils am Dienstag, Mittwoch oder Donnerstag in den Stunden 8-12 und 14-16 Uhr erfolgten, muss die Messzeit notwendigerweise kurz gewesen sein. Diese Zeiten wurden gewählt, weil gemäss empirischen Faustregeln der Verkehr dann ungefähr dem Jahresmittel entsprach. Diese Kurzzeitmessungen wurden dann ohne weiteres als Schätzung des Langzeitmittels verwendet. An weiteren 313 Befragungsorten berechneten die Autoren die Pegel auf Grund der Verkehrszahlen mit dem damaligen EMPA-Modell für Strassenlärm. Die Ergebnisse wurden stichprobenweise durch Messungen verifiziert, wobei offenbar keine Abweichungen über 3 dB gefunden wurden.

In Anlehnung an die SPU74 aus dem gleichen Institut wurde die Anteile der Starkgestörten in Belastungsklassen von 5 dB Breite ermittelt. Als Lärmbelastungsmass stand der L50 klar im Vordergrund. Aus der Abbildung 89 des Buchs liest man für die Pegelklasse  $60.5 \leq L50 < 65.5$  einen Anteil von ca. 21% ab. Da in Strassennähe der Leq um mindestens 2 dB über dem L50 liegt, stützt dieses Ergebnis eher einen Grenzwert des Leq von 65 als von 60 dB. Die Wahrscheinlichkeit für systematische Fehler auf der akustischen Seite ist beim gewählten Vorgehen bedeutend.

### **Belästigung durch Lärm und Luftverunreinigungen<sup>49</sup>**

Diese Arbeit ist eine Ausweitung der vorangehenden. Sie stellt eine Untersuchung in vier Quartieren der Stadt Zürich vor, wovon drei stark und eines schwach vom Verkehr belastet waren. Die Belästigung wurde schriftlich durch Fragebogen erfasst. Auf 1958 versandte Bogen folgten 1297 Antworten. Die Belastung wurde im Sommer 1975 und im darauf folgenden Winter pro Quartier durch je zwei 24-Stunden-Messung von L50 und Leq ermittelt, ergänzt durch 30-Minuten-Messungen.

---

<sup>48</sup> B. Wehrli, S. Hauser, H. Egli, P. Bakke und E. Grandjean; "Wohnen im Neubau", Bern (1976)

<sup>49</sup> H.U. Wanner, B. Wehrli, J. Nemecek und V. Turrian; "Die Belästigung der Anwohner verkehrsreicher Strassen durch Lärm und Luftverunreinigungen", Sozial- u. Präventivmedizin 22, 108-115 (1977)

Die Interpretation folgte wiederum der Methode der SPU74 mit einer 11er Skala der Belästigung und der Zuordnung der Nennungen 8, 9 und 10 als "starke Störung". In der Belastungsklasse von 61 bis 65 dB(A) L50 zeigte sich ein Anteil "Starkgestörter" von 20-25%. Erfahrungsgemäss ist der Leq in solchen Situationen mindestens 2 dB über dem L50. Die Studie weist auf somit einen Grenzwert für 25% Starkgestörte zwischen 63 bis 67 dB Leq hin. Da die Belastung aber nicht bei jeder befragten Person ermittelt wurde, ist mit beträchtlichen Unsicherheiten zu rechnen.

### **Lärmstörung nachts<sup>50</sup>**

Auch diese Untersuchung folgte dem Vorbild der SPU74, doch geschah die Befragung aus Kostengründen schriftlich. Auswertbar waren 1607 Fragebogen aus sechs Gebieten (je zwei Mal Innenstadt, Aussenquartier, Landgebiet). Pro Gebiet wurden Personen ausgewählt, welche an stark, mittel und schwach befahrenen Strassen wohnten. Die Belastung wurde durch Langzeitmessungen in Strassennähe (Referenzposition) erhoben, ergänzt durch Kurzzeitmessungen, aus denen die Pegelreduktion im Vergleich zur Referenzposition ermittelt werden konnte.

Neben dem Leq wurden folgende Verteilungsperzentile erfasst: L1, L10, L16, L50, L84, L90, L99, jedoch nicht weiter ausgewertet. Die Belastung wurde in sechs Tagesperioden getrennt ausgewiesen. Erfragt wurde einerseits die selbsteingestufte Belästigung mit dem Skalometer 0-10, andererseits aber auch das Verhalten.

Die Studie zeigt, dass bei Belastungen von 55-60 dB Leq nachts ein kritischer Wert erreicht ist. In dieser Klasse von 5 dB Breite bezeichnen sich 24% der Befragten als "Stark gestört". In den tagsüber mit 60-65 dB Leq belasteten Orten bezeichnet sich ein ähnlich grosser Prozentsatz (27%) als stark gestört. Grob geschätzt dürfte die Wahrscheinlichkeit für starke Störung tags bei 60 dB Leq etwa 15%, bei 62 dB rund 20% betragen. Vergleicht man Tag und Nacht, so findet man vergleichbare Prozentzahlen nachts bei ca. 5 dB tieferen Werten, was im Widerspruch zu den Grenzrichtwerten von 1963 steht, bei denen zwischen Tag und Nacht eine Differenz von 10 dB besteht.

#### **4.1.3 Die Verhandlungen der EK75 über Strassenlärm. 1976 bis 1978**

Aus den Protokollen der EK75 geht hervor, dass bereits am 11. Mai 1976 ein Grenzwertschema für Strassenlärm auf der Basis des Leq auf dem Tisch lag. Es unterschied die drei Funktionen der Grenzwerte (Alarmwert, Beschwerdewert [später IGW] und Planungswert) und vier Empfindlichkeitsstufen. Ausserdem führte es getrennte Grenzwerte für Tag und Nacht auf, enthielt somit 24 Zahlen (3 Funktionen, 4 Stufen, 2 Zeiten).

---

<sup>50</sup> B. Wehrli, J. Nemecek, V. Turrian, R. Hofmann, H.U. Wanner: "Störwirkung des Strassenlärms in der Nacht.", Bericht herausgegeben vom Eidg. Amt für Umweltschutz (heute Bafu), Bern (1978)



Über die Zahlenwerte des späteren Immissionsgrenzwertes tags herrschte bereits Einigkeit. Zur Höhe der Nachtwerte und generell der Planungswerte gingen die Meinungen noch auseinander. Eine Minderheit der Kommission trat für einen Unterschied zwischen den Tag- und Nachtwerten von 5 dB ein, die Mehrheit für 10 dB, wie es die EK57 und die AG72 vorgeschlagen hatten.

Der Leq als Lärmass hatte sich praktisch diskussionslos durchgesetzt. Ein zusätzliches Mass für die Lärmspitzen wurde als unnötig betrachtet, da der L1 selten grösser war als Leq+12 dB.

Interessant entwickelte sich die Diskussion um die Beurteilung der Nacht. Anfänglich herrscht die Meinung vor, der Grenzwert müsste für die lauteste Nachtstunde gelten (Protokoll vom 29.1.76). Dann verlegt sie sich auf das Ziel einer sechsstündigen Nachtruhe. Dies führte auf die drittlauteste Nachtstunde als massgebende Zeit; in ihr sollte der Grenzwert nicht überschritten werden. Aus einer Vielzahl von Verkehrsstatistiken konnte dann jedoch geschlossen werden, dass der Pegel der drittlautesten Stunde in der Regel recht gut mit dem Mittelwert über 8 Stunden übereinstimmt. Aus diesem Grund formulierte die Kommission in der Folge als Beurteilungszeiten die 16 Tagstunden von 6 bis 22 Uhr und die 8 Nachtstunden von 22 bis 6 Uhr, beide im Jahresmittel. Der Jahresmittelwert liess sich aus den Jahreszahlen des Verkehrs sehr zuverlässig berechnen.

Weil für die Beurteilung der Nachtstörung keine geeigneten empirischen Daten bestanden, wurde der Entscheid über die Grenzwerthöhe nachts verschoben, gleichzeitig aber beschlossen, einen Auftrag für eine entsprechende Untersuchung ans Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETHZ zu vergeben (→ 4.1.2, Fussnote 50).

Ebenfalls schon im Jahr 1976 wurden die entscheidenden Kriterien für die Festlegung der Grenzwerte bestimmt<sup>51</sup>: "Die Grenzwerte 2. Art [später Immissionsgrenzwert] sind derart festzulegen, dass sich bei diesen Werten nicht mehr als eine qualifizierte Minderheit (ca. 25%) stark gestört fühlt."

Für den Alarmwert wurde festgehalten: Die Grenzwerte der 1. Art [später Alarmwert] sind derart festzulegen, dass keine akuten Gesundheitsbeeinträchtigungen der Menschen und keine extreme Belästigung auftreten können. Eine Belästigung gilt dann als extrem, wenn sich dabei mehr als 50% der Betroffenen stark gestört fühlen."

Und weiter:

Die Grenzwerte der 3. Art [Planungswert] sind derart festzulegen, dass bei diesen Werten die Lärmstörung von einer Mehrheit (60%) als gering empfunden wird.

Mit der Sitzungsunterlage vom 4.9.1978 formulierte das Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie seine Vorschläge für die Strassenlärm-Grenzwerte nachts. Dabei wurden folgende Zahlen mitgeteilt:

---

<sup>51</sup> Arbeitspapier für die Sitzung vom 11.5.1976 der Arbeitsgruppen 1 und 2

Im Belastungsintervall 60 bis 65 dB Leq tags reagieren 27% der Betroffenen mit einer starken Störung.

Im Intervall 55 - 60 dB Leq nachts geben 24% eine starke Störung an.

Der Vorschlag für Immissionsgrenzwerte lautete (Leq):

|   |         |                 |
|---|---------|-----------------|
| Für Wohnquartiere (sowohl Stadt wie Land) | tags 60 | nachts 55 dB(A) |
| Wohnungen, Geschäfte, Büros               | tags 65 | nachts 60 dB(A) |

#### 4.1.4 Belastungsgrenzwerte für der Strassenverkehrslärm (1. Teilbericht)

Am 4.7.1979, an ihrer 14. Plenarsitzung, verabschiedete die EK75 die definitive Fassung ihres ersten Teilberichts "Belastungsgrenzwerte für den Strassenlärm" einstimmig<sup>52</sup>.

Aus dem Vorwort geht hervor, dass die neuen Belastungsgrenzwerte zur Beurteilung bestehender Lärmimmissionen und der Dringlichkeit von Sanierungsmassnahmen, neu aber auch als Planungsinstrument dienen sollten. Deshalb wollte die Kommission im ihrem ersten Teilbericht auch allgemeine Kriterien zur Festlegung von Grenzwerten formulieren um damit sicherzustellen, dass verschiedene Lärmarten nach einheitlichen Gesichtspunkten beurteilt werden<sup>53</sup>.

Die Kommission drückte darüber hinaus ihre Erwartung aus, dass bis zum Jahr 2000 durch die Lärmreduktion am Fahrzeug die Belastung um mehrere Dezibel reduziert werden könne<sup>54</sup>.

Der Bericht beschreibt die Natur und Funktion der Belastungsmasse, geht kurz auf die bisherigen beiden Masse L50/L1 ein und stellt dann ebenfalls sehr kurz die Vorzüge des Leq dar, wobei er auf die bevorstehende internationale Normung hinweist (IS 1996). Dann sagt der Bericht:

*"Da dieser Mittelungspegel nach neusten Forschungsergebnissen [hier Hinweis auf die unter 2.4.1 erwähnte Arbeit von B. Wehrli u.a. 1978] geeignet erscheint, die Störwirkung des Strassenlärms tags und nachts befriedigend zu charakterisieren, empfiehlt die Kommission, dieses Lärmbelastungsmass auch in der Schweiz einzuführen."*

Randbemerkung: Obschon für den Übergang auf den Leq zweifellos viele gute Gründe aufgeführt werden können, ist doch festzuhalten, dass die als Begründung zitierte Arbeit keinen Vergleich von Lärmmassen enthält, sondern a priori den Leq als einziges Mass verwendete.

Dann folgt ein Kernstück des Berichts:

<sup>52</sup> Der 1. Teilbericht trägt als Datumsangabe "Juni 1979"

<sup>53</sup> 1. Teilbericht Seite 2 unten

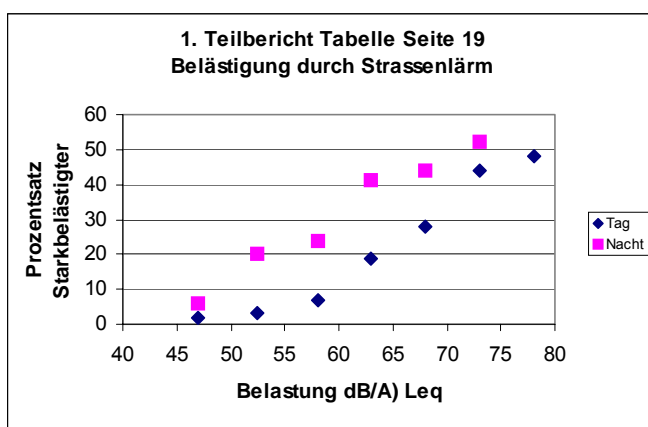
<sup>54</sup> 1. Teilbericht Seite 7, 2. Absatz

Die Lärmbelastung wird durch den Leq für den Tag (06-22 Uhr) resp. die Nacht (22-06 Uhr) im Jahresdurchschnitt beschrieben.

Messungen erfolgen über 30 bis 60 Minuten, verbunden mit einer Verkehrszählung. Gemessen wird der Schallpegel in dB, mit dem Filter Typ A und der Zeitbewertung Fast. Der massgebende Pegel wird aus einer Hochrechnung auf den mittleren Tag- bzw. Nachtverkehr erhalten. [Eine Hauptvoraussetzung für die zuverlässige Hochrechnung ist der Ersatz der statistischen Pegel L50/L1 durch den energiebasierten Leq.]

Der Bericht behandelt anschliessend ausführlich die Wirkung von Strassenlärm auf den Menschen, insbesondere aber die vier Erhebungen in der Schweiz von 1972 bis 1978 zum Grad der selbsteingestuften Belästigung (siehe 3.5, 3.6 und 4.1.2). Die verfügbaren Resultate wurden gemittelt und in einer Tabelle 1 auf Seite 19 des Berichts dokumentiert. Grafisch dargestellt:

Abbildung 4-1: Belästigung durch Strassenlärm



In Tabelle 3 auf Seite 27 des Berichts werden dann die Belastungsgrenzwerte präsentiert. Für Gebiete mit vorwiegend Wohncharakter, z.B. Wohngebäude in ruhigen ländlichen oder städtischen Gebieten, werden als Immissionsgrenzwert 60 dB tags und 50 dB nachts vorgeschlagen.

Dazu drängen sich einige kritische Fragen auf. Aus dem Bericht geht nicht hervor, wie diese Zahlen erhalten wurden, ausser dass Resultate gemittelt wurden. Es handelt sich um vier Arbeiten von unterschiedlicher Zielsetzung und unterschiedlicher Qualität; eine Mittelung müsste wohl gewichtet erfolgen.

Im Mai 1976 hatten die Arbeitsgruppe 1 und 2 beschlossen, den IGW dort zu legen, wo eine "qualifizierte Minderheit von ca. 25%" stark gestört wird. Dieses Kriterium wurde später, z.B. beim Fluglärm, erneut als massgebend erklärt. (Es wurde 2003 sogar in die internationale Norm IS 15666 eingeführt.) Dieses Kriterium ergibt gemäss SPU74 aus den Resultaten von Basel für einen L50 von 62 dB ca. 20% Starkgestörte. Ein L50 von 62 dB entspricht einem

Leq von 63-64 dB. Aus dem Bericht der ETH-Untersuchung von 1978 erhält man bei 62.5 dB (Klassenmittel) etwa 27% Starkgestörte. Weil man mit den gleichen Ergebnissen die Grenzwerte zweier Empfindlichkeitsstufen (ES II und III) festlegen musste, erscheint 60 dB für ES II und 65 dB für ES III vertretbar.

Hinsichtlich der Nachtgrenzwerte hätte man eher andere Zahlen erwartet. Das durchführende Institut hatte in seinem Bericht an die Kommission einen 5 dB-Abstand zwischen den Tag- und den Nacht-grenzwerten (IGW) vorgeschlagen. Sein Ergebnis für 57.5 dB lautete denn auch 24% Starkgestörte, bei 55 dB also ungefähr 20% (siehe obige Grafik). Es ist nicht leicht verständlich, dass die Kommission bei dieser Faktenlage 50 dB als IGW nachts vorgeschlagen hat.

Das Ergebnis wird verständlicher, wenn man die Situation der Kommission in ihrem Umfeld betrachtet. Die Grenzrichtwerte 1963 bewähren sich in der Praxis. Das Bundesgericht baut seine Rechtsprechung in Enteignungsfragen darauf. Eine Kommission hat sie 1974 für den Nationalstrassenbau bestätigt. Die Differenz der Grenzrichtwerte tags und nachts ist 10 dB. Solide empirische Grundlagen für die Nacht bestehen aber nicht. Nun kommt eine etwas schmalbrüstige Befragung über die Lärmstörung nachts überraschend auf einen Abstand von lediglich 5 dB. Den Beteiligten ist aber bewusst, dass die Schlafstörung als wichtigste Wirkung des nächtlichen Verkehrslärms nicht mit Fragebögen erhoben werden kann. Die Mehrheit der Kommission folgt deshalb vorsichtig den pragmatischen Argumenten und beschliesst, den Abstand von 10 dB beizubehalten.

Zum Resultat beigetragen hat die verbreitete Vorstellung, das Grenzwertschema müsse nach der Fünferreihe aufgebaut sein, dürfe also wie das Vorbild von 1963 nur Fünferschritte enthalten.

Grundsätzlich sind 1979 die Instrumente für eine eindeutige quantitative Definition der Grenzwerte vorhanden: der Begriff der "starken Störung", der Prozentsatz der stark gestörten Personen (resp. die Wahrscheinlichkeit für "starke Störung"), die Mess- und die Befragungstechnik. Es gibt aber auch ernst zu nehmende Einwände. Die verfügbaren Belastungsmasse können im Zusammenhang von Belastung und Belästigung nur etwa 1/3 der (individuellen) Varianz erklären. Offensichtlich spielen nichtakustische Einflüsse und persönliche Faktoren eine grosse Rolle. Ausserdem ist allen Beteiligten bewusst, dass die Befragungsdaten zu wenig umfangreich sind; es ist offen, ob sie die Reaktion der schweizerischen Bevölkerung repräsentativ abbilden.

Betrachtet man die Details des Ablaufs, so erkennt man, dass in der Festlegung der Strassenlärmgrenzwerte die Erfahrung ein grösseres Gewicht hatte als die wissenschaftlichen Resultate.

## 4.2 Eisenbahnlärm

### 4.2.1 Vorgeschichte und Überblick

Bereits im Januar 1976 diskutiert die Arbeitsgruppe "Behinderung" (gemeint ist Lärmwirkung) der EK75 die Rangfolge der noch durchzuführenden Untersuchungen, welche die Voraussetzung für eine objektive Grenzwertfindung bilden. Als unerlässlich und kurzfristig nötig betrachtet sie:

- Die Wirkung des Strassenlärms in der Nacht
- Die Wirkung von Strassenlärm in Spitälern und Schulen
- Die Wirkung von Eisenbahnlärm

Bereits in Vorbereitung sind Untersuchungen über Schiesslärm, Lärm von Rangierbahnhöfen, Lärm der Kleinfliegerei und über die Lärmzonen in der Umgebung von Regionalflugplätzen. Diese brisanten Themen werden in einzelnen Gebieten der Schweiz öffentlich intensiv diskutiert, weil Projekte oder bestehende Anlagen Befürchtungen wecken oder bereits starke Immissionen verursachen.

Über die Störwirkung von Bahnlärm ist wenig bekannt. Das Eisenbahngesetz enthält keine konkreten Lärmvorschriften. Die Grenzrichtwerte von 1963 haben sich für Bahnlärm nicht bewährt. Prof. E. Rathe wird beauftragt, eine Literaturzusammenstellung über Bahnlärm zu verfassen.

Anfangs 1976 diskutiert die Arbeitsgruppe Akustik der EK75 die Frage, ob für Bahnlärm der Leq oder ein echtes Spitzenmass zur Beschreibung der Belastung zu wählen sei.

Seit 1975 ist eine Arbeitsgruppe des eidg. Amts für Verkehr und des Amts für Umweltschutz damit beschäftigt, Grundlagen für die Beurteilung des Lärms von Rangierbahnhöfen aufzustellen. Sie liefert 1978 einen zweiteiligen Bericht mit total ca. 140 Seiten ab. Als Belastungsmasse werden der Leq und, wegen des besonderen Charakters des Rangierlärms, zusätzlich der L0.1 als Spitzenmass vorgeschlagen. Die Leq-Grenzwerte (IGW) sind für die lauteste Nachtstunde formuliert; sie liegen für die Empfindlichkeitsstufe II (ruhiges Wohnen) bei 50 dB, der Planungswert 10 dB tiefer!

Trotz der anfangs 1976 erfolgten Analyse der Prioritäten werden in der Folge die Schwerpunkte der EK75 ausser auf Strassenlärm auf den Schiesslärm und den Lärm der Kleinaviatik verlagert. Diese Fragen werden in den Teilberichten 2 und 3 der EK75 behandelt.

Erst 1978 wird ein Auftrag zu einer breit angelegten Eisenbahnlärm-Untersuchung erteilt, welche sich in der Methodik an die Fluglärmuntersuchung von 1974 anlehnt. Die Ergebnisse werden 1979 und 1980 sukzessive formuliert. Ein zusammenfassender, breit gestreuter Schlussbericht des beauftragten soziologischen Instituts der Universität Zürich erscheint im November 1980. Ebenfalls im Herbst 1980 sind die Resultate der Zusatzuntersuchungen über Rangierlärm und über den Vergleich der Störwirkung von Bahnlärm und Strassenlärm verfügbar.

Im September 1982 erscheint schliesslich der 4. Teilbericht der Expertenkommission mit den definitiven Grenzwertvorschlägen zum Bahnlärm.

### **Lärm von Rangierbahnhöfen**

In den 70er Jahren wurde im Kt. Solothurn ein neuer Rangierbahnhof Olten-Dänikon geplant. Im Rahmen des Plangenehmigungsverfahrens gelangte der Kanton an das eidgenössische Amt für Umweltschutz mit der Bitte um Grundlagen für die Beurteilung der Lärmimmissionen. Das eidgenössische Amt für Verkehr setzte 1975 eine Arbeitsgruppe ein, welche 1976 erste Beurteilungsgrundlagen zur Verfügung stellte. Im Juni 1978 erschien der zweiteilige Schlussbericht der Arbeitsgruppe. Er enthält bereits wesentliche Ideen, welche ein Jahr später den 1. Teilbericht der EK75 über Strassenlärm prägen, so die Dreiteilung der Grenzwerte in IGW, Alarmwert und "Richtwert" mit der Funktion des Planungswerts. Hier wird auch bereits der kritische Anteil Starkgestörter mit 25% angegeben<sup>55</sup>.

#### **4.2.2 Die sozio-psychologische Eisenbahnlärm-Untersuchung (SPU78)**

Nachdem anfangs 1978 ein entsprechender Auftrag an das Soziologische Institut der Universität Zürich<sup>56</sup> erteilt worden war, präsentierte dieses im Oktober 1978 seine "Projektstudie zu einer sozio-psychologischen Eisenbahnlärmuntersuchung". Die Untersuchung wurde in drei Themen aufgeteilt. Das Schwergewicht lag auf der Belästigung und Störung der Anwohner durch den Streckenlärm. Nachträglich wurde jedoch im gleichen Gebiet auch die Belästigung durch Strassenlärm in die Untersuchung aufgenommen, um Aufschluss über den vermuteten "Schienenbonus" in der Beurteilung zu erhalten. Drittes, von den andern weitgehend getrenntes Thema war die Störung durch Lärm aus Rangierbahnhöfen. In diesem Untersuchungsteil sollten die bereits publizierten, provisorischen Grenzwerte für Rangierlärm (→ 4.2.1) überprüft werden.

Die ersten Ergebnisse zum Streckenlärm erschienen als interner Bericht im November 1979, weitere Berichte folgten in den anschliessenden 12 Monaten. Die Ergebnisse finden sich zusammengefasst im Schlussbericht vom November 1980.

#### **Die Streckenlärm-Untersuchung**

In dieser Teil der Arbeit wurden mittels einer geschichteten Zufallsauswahl 30 Befragungsgebiete bestimmt, in denen zwischen 47 (Wald ZH) und 325 (Zürich-Oerlikon) Personen angeschrieben wurden. Der Rücklauf der ausgefüllten Fragebogen war mit 85% überraschend hoch. Für die Auswertung standen schliesslich 2473 brauchbare Fragebogen zur Verfügung.

---

<sup>55</sup> Bericht "Lärmschutz an Rangierbahnhöfen" 1. Teil: Beurteilungsgrundlagen und Massnahmenkonzept. Bern 1978. Seite 16ff

<sup>56</sup> Leitung Prof. Dr. P. Heintz

Kritisch muss die akustische Datenerhebung hinterfragt werden. Aus finanziellen Gründen war die personelle Kapazität sehr beschränkt. Dies führte dazu, dass die Belastung grundsätzlich mit dem kurz zuvor entwickelten EMPA-Eisenbahnlärm-Modell<sup>57</sup> berechnet wurde. Die Berechnungen wurden zunächst stichprobenweise durch Messungen überprüft. Auf konsequente Messungen am Ort der Befragten, wie sie beispielsweise in der SPU74 durchgeführt werden konnten, musste aus Aufwandgründen leider verzichtet werden<sup>58</sup>.

In Kapitel 6 des einschlägigen EMPA-Berichts wird eine rudimentäre Fehlerbetrachtung präsentiert. "Da also für alle Gebiete die Pegel nicht nur durch Modellberechnungen bestimmt, sondern auch durch mehr oder weniger umfangreiche Messungen verifiziert wurden, kann durchwegs mit einer recht hohen Genauigkeit gerechnet werden: Für Pegelwerte von ... 55 - 75 dB Leq kann eine Streuung von  $\pm 2$  dB ...angenommen werden." Man muss vermuten, dass sich diese Streuung auf die Differenz zwischen Messung und Berechnung an repräsentativen Punkten bezieht. Zwischen diesen Pegeln und jenen an den exakten Befragungsorten besteht aber eine weitere Differenz, welche sich vermutlich der oben angegebenen Streuung überlagert.

Die Auswertung der Befragungsdaten durch Ortega und Meyer ergab Argumente für eine Korrektur des Leq durch eine Funktion, welche die Zahl der täglichen (bzw. nächtlichen) Vorbeifahrten in über-energetischer Form (Progression) berücksichtigt. Es ist daran zu erinnern, dass die Zugsfrequenz im Leq bereits einmal enthalten ist. Stossend ist die Tatsache, dass die derart eingeführte Progression bei hohen Verkehrszahlen recht nonchalant wieder ausgeschaltet wird. Dies wurde seinerzeit so beschlossen, um bei starkem Verkehr wieder eine ähnliche Beurteilung wie beim Strassenlärm zu bewirken, wo bekanntlich eine solche Progression fehlt. Beim heutigen dichten Schienenverkehr wird das Verfahren auch auf Verhältnisse angewendet, welche eine Extrapolation über den empirisch gesicherten Bereich hinaus verlangen.

---

<sup>57</sup> EMPA 1978, Vorläufer von "Semibel" (1990)

<sup>58</sup> Für die praktische Durchführung der akustischen Erhebungen wurden zunächst zwei geometrische Situationen unterschieden:

a) einfache Geometrie: Trasse beidseitig ohne Hindernisse sichtbar

b) teilweise oder vollständige Abdeckung durch Bauten und Hindernisse. In diesem Fall konnten die Pegel durch Segmentierung in homogene Teilstücke und Berechnung der Hinderniswirkung gemäss Maekawa zusammengesetzt werden.

Es zeigte sich dann allerdings, dass es im dichter überbauten Gebiet nicht genügte, nur die Fälle a) und b) zu unterscheiden, sondern dass zusätzliche Information durch gezielte Messungen beschafft werden mussten. Dies geschah in 7 Gebieten mit total 1271 ausgefüllten Fragebogen. Hier wurde durch Messung von Leq und Vorbeifahrtspegel  $L_v$  verschiedener Züge am Referenzpunkt sowie an einem "vorderen" (V) und einem "hinteren" Punkt (H) die Ausbreitungsdämpfungen bezüglich dem Referenzpunkt gemessen und gemittelt. Wie im Detail die gebietsweise berechneten und teilweise auf Grund der Messungen korrigierten Pegel den Wohnlagen der Befragten zugeordnet worden sind, ist aus den bisher erschlossenen Quellen nicht ersichtlich.

### **Die Belästigung durch Strassenlärm als Vergleich**

Aus Zeit- und Kostengründen beschränkte man sich in diesem - nachträglich beschlossenen - Teil der Arbeit auf vier Untersuchungsgebiete, nämlich Bülach, Frauenfeld, Lengnau und Zürich. Auf ein durchgehendes Messprogramm musste verzichtet werden; es wurde durch die Kombination von Schätzungen und einigen Kontrollmessungen ersetzt. Die Schätzungen erfolgten gestützt auf Verkehrszählungen durch vier erfahrene Akustiker der EMPA, deren Angaben gemittelt wurden. Auf Grund der Kontrollmessungen wurde die Ungenauigkeit dieses Verfahrens auf +/- 3 dB geschätzt. Ob damit die Standardabweichung pro Standort gemeint ist, bleibt offen.

Da keine akustischen Angaben für die Nacht verfügbar waren, bezieht sich die Strassenlärmuntersuchung nur auf die Tagzeit. Es wurde kein Versuch unternommen, andere Belastungsmasse ausser dem Leq einzubeziehen.

Neben der direkten Frage nach der Belästigung mittels Skalometer wurde auch das Verhalten mit verschiedenen Fragen überprüft und daraus mittels Linearkombination eine zweite Skala konstruiert. Die Verfasser des Schlussberichts - A. Meyer und R. Ortega - äussern sich eingehend zur Qualität der beiden Methoden und den Schwierigkeiten der Vergleichbarkeit.

Der empirische Zusammenhang zwischen der Tag-Belastung in Leq und der mittels Skalometer erfragten Belästigung ergibt bei 61 dB einen Anteil Starkgestörter (Skalometer 8, 9 und 10) von 25%. Diese Übereinstimmung mit den Strassenlärmgrenzwerten mag angesichts der grossen Unsicherheit in den akustischen Daten zufällig sein, war aber auf jeden Fall sehr willkommen.

### **Die Störwirkung von Rangierlärm**

Die Erhebung über die Wirkung von Rangierlärm wurde auf drei Standorte beschränkt, nämlich Schaffhausen, Winterthur und St. Gallen, an denen rund 300 Personen mündlich befragt wurden. Die Resultate sind deshalb nicht streng repräsentativ.

Die akustischen Daten wurden durch Langzeitmessungen (4h) an Referenzpunkten und Kurzzeitmessungen (30 min) in der Nähe der Befragungsorte gewonnen. Dabei wurde eine Trennung zwischen den ausgeprägten Impulsgeräuschen (Pufferstösse, Hemmschuhgeräusche) und den Fahrgeräuschen vorgenommen. Von beiden Geräuschgruppen wurde je der Leq bestimmt. Die beste Übereinstimmung mit dem Störungsurteil wurde mit einem Kombinations-Leq erhalten, in dem der Leq der Impulsgeräusche 10-fach in die energetische Summe einging.

Mit diesem neu definierten Leq\* ergab sich bei ca. 50 dB ein Anteil Starkgestörter von 25%. Dieses Ergebnis ist in befriedigender Weise verträglich mit dem provisorischen Wert, der im Juni 1978 von der Arbeitsgruppe des Amts für Verkehr festgelegt worden war (→ 4.2.1).



### 4.2.3 Die Belastungsgrenzwerte für Eisenbahnlärm. (4. Teilbericht der EK75)

Der im September 1982 erschienene Bericht der Expertenkommission enthält die Grenzwerte für Normal- und Schmalspurbahnen im Strecken- und Bahnhofsbereich, nicht aber bei Rangierbahnhöfen.

Auch hier wurde der Leq als Basislärmmass verwendet, wobei betont werden muss, dass damit allein der Leq der Zugsdurchfahrten gemeint ist, ohne den Anteil anderer Lärmarten in den Pausen zwischen den Zügen. Die Auswertung zeigte wie erwartet<sup>59</sup>, dass die Störwirkung bei gleichem Leq im Falle von Bahnlärm geringer ist als beim Strassenlärm<sup>60</sup>.

Es ist in der Rückblende schwierig, die Schlüsse festzustellen, welche zu den Grenzwertvorschlägen geführt haben. Als empirisches Material standen primär die Skalometer-Ergebnisse als Mass für die empfundene Belästigung zur Verfügung. Auf der Belastungsseite sind es die Leq-Angaben, Daneben enthält der Bericht<sup>61</sup> den Vorschlag eines empirisch korrigierten Dauerschallpegels,  $L_{emp}$ , sowie einer varianzanalytisch optimierten Skala aus Verhaltensmerkmalen, SEBV1.

Seit ca. 1976 bestand allerdings in der EK75 eine gewisse Vorstellung über die Art und Weise der Festlegung des Grenzwerts (IGW). Dieser sollte dort gelegt werden, wo sich 25% der Befragten als Starkgestört bezeichnen, wobei dies sich durch die Nennungen 8, 9 und 10 auf dem Skalometer ausdrücken soll.

Im Falle des Eisenbahnlärms wählte man jedoch ein anderes Verfahren. Ausgewertet wurde die Anteilkurve jener Befragten, welche sich als mittelstark und stark gestört bezeichneten. Dies sollten all jene sein, welche Skalometerwerte von 5 und mehr angaben. Nun wurden die Anteilkurven der durch Eisenbahnlärm und Strassenlärm mittelstark bis stark Belästigten (Skalometer >4) nebeneinander dargestellt, wie es Fig. 7 des 4. Teilberichts zeigt. Man erhält zwei Kurven, welche ab ca. 58 dB Leq auseinanderlaufen. Der Strassenlärm erweist sich als störender als der Bahnlärm. Festzuhalten ist, dass die Angaben über den Strassenlärm allein aus der Befragung 1979 stammen, welche mit weniger als 600 Befragten und einer eher behelfsmässigen Erhebung der akustischen Daten einige Zweifel an der Aussagesicherheit offen lässt.

Diese Daten werden nun für eine nachträgliche Modifikation des Leq durch eine Korrekturfunktion  $K(n)$  benützt, wo  $n$  die Zugsfrequenz (Anzahl Züge pro Stunde) bezeichnet. Die Korrektur hat die Form

$$K(n) = a_i + 10\log(n) \text{ mit } a_i \text{ tags} = -12, \text{ nachts} = -15 \text{ dB.}$$

<sup>59</sup> vergl. E. Holzmann (Bericht 13, Verkehrswiss. Inst. Universität Stuttgart, August 1978)

<sup>60</sup> Dies ist aus Fig.7 des 4. Teilberichts der EK75 ersichtlich.

<sup>61</sup> Arbeitsbericht Nr.1, November 1979, "Erste Ergebnisse der Streckenlärmuntersuchung"

Der Wert von  $K$  ist zudem begrenzt zwischen  $-15$  und  $-5$  dB. Der so korrigierte  $L_{eq}$  wird als Beurteilungspegel  $L_r$ <sup>62</sup> bezeichnet. Mit ihm werden nun die Anteilkurven für mittlerstarke und starke Belästigung neu berechnet und wiederum jener von Strassenlärm gegenübergestellt. Die geschieht in Fig. 8 des 4. Teilberichts. Nun passen die beiden Anteilkurven einigermaßen - und bei 60 dB sogar gut - aufeinander. Daraus ergibt sich das Argument, den  $L_r$  als Belastungsmass zu verwenden und seinen Grenzwert jenem von Strassenlärm gleich zu setzen.

Die exakten Gründe, welche zu dieser Form der Korrekturfunktion geführt haben, liegen vorläufig im Dunklen. Möglicherweise lassen sie sich durch Studium der Arbeitsgruppen-Protokolle finden. Immerhin geht aus dem Bericht Nr. 1<sup>63</sup> hervor, dass damals schon nach Korrekturen des  $L_{eq}$  gesucht wurde. Die statistisch besten Resultate lieferte eine Funktion der Form  $K = b + 5\log(n)$ . Zu erwähnen ist, dass die gleiche Auswertung auch Hinweise auf die Notwendigkeit einer Korrektur für die Einwirkzeit ergeben hatte, welche ungefähr die Form  $K_z = 10\log(\text{Vorbeifahrzeit})$  anzunehmen hätte, dies über den normalen  $L_{eq}$  hinaus.

Es ist auch nicht ohne weiteres zu ersehen, weshalb die Konstante  $a_i$  für Tag und Nacht unterschiedlich sein soll. Diese Differenz vermindert in einem gewissen Bereich den üblichen 10-dB Unterschied zwischen den Tag- und Nachtgrenzwerten. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass die sozio-psychologische Untersuchung einen Gewichtungsfaktor von 3.5 für Nachtzüge ergeben hat (Bericht Nr. 2, Seite 3), was ungefähr 5 dB entspricht und eine Abweichung von der üblichen Zehnerdifferenz durchaus rechtfertigen würde.

#### 4.2.4 Zusammenfassung

Die Grenzwerte für Eisenbahnlärm beruhen auf einer einzigen schweizerischen Befragung. Systematische Erfahrungen über die Störwirkung von Bahnlärm im Rahmen der Grenzrichtwerte 1963 bestanden nicht, da sich das Duo  $L_{50}/L_1$  für Bahnlärm als untauglich erwiesen hatte. Auch fehlten ausländische oder internationale Richtwerte.

Nachdem die Fluglärmuntersuchung von 1974 zum Ausschluss des  $L_{eq}$  und zur Einführung des speziellen Belastungsmasses NNI geführt hatte, war grundsätzlich die Bereitschaft für ein besonderes Eisenbahnlärmmass vorhanden, weisen doch Flug- und Bahnlärm Verwandtschaften auf. Dann zeigte sich jedoch, dass der  $L_{eq}$  relativ gut geeignet war. Der Unterschied in der Störwirkung zwischen Tag und Nacht entsprach einem Zuschlag von ca. 5 dB zu den Nachtwerten - oder einer ebensolchen Differenz der Grenzwerte. Mit zwei Korrekturen liess sich die Korrelation in der Beziehung Belastung / Belästigung noch etwas verbessern. Mit den Bezeichnungen  $n$  für die Anzahl Züge pro Stunde und  $z$  für die Dauer der Vorbeifahrten hätte man Korrekturen der grundsätzlichen Form  $K_1 = a + 5\log(n)$  und  $K_2 = b + 10\log(z)$  erwartet. Die Korrektur  $K_1$  hätte das Belastungsmass für Bahnlärm sehr nahe an den NNI gerückt.

---

<sup>62</sup> Rating Level

<sup>63</sup> Arbeitsbericht Nr.1 des Soziolog. Inst. Uni Zürich, November 1979

Die Kommission EK75 entschied jedoch anders. Sie führte einen festen Schienenbonus von 12 resp. 15 dB ein, der durch einen von der Zugsfrequenz abhängigen Malus mit der Struktur  $K = a + 10 \log(n)$  begleitet ist, was eine deutliche Progression des Belastungsmasses mit  $n$  bedeutet. Die Grenzwerte des Strassenlärms werden vollumfänglich übernommen, samt dem 10-dB Unterschied zwischen Tag und Nacht, der allerdings durch die versteckte Korrektur bereichsweise auf 7 dB verkleinert wird.

## 4.3 Andere Lärmarten

### 4.3.1 Schiesslärm

Obschon der Schiesslärm aus dem Themenbereich der vorliegenden Untersuchung ausgeschlossen ist, kann er hier nicht völlig übergangen werden. Am Beispiel des Schiesslärms hatten sich die Soziologen eingehend mit der Frage von Belästigungsskalen auseinandergesetzt. Ihre Resultate beeinflussten die späteren Untersuchungen und deren Resultate, wie beispielsweise jene über den Bahnlärm.

Die Grenzrichtwerte 1963 hatten sich rasch als für Schiesslärm ungeeignet herausgestellt. Schiesslärm wurde gemäss den Richtlinien beurteilt, welche 1971 in einem Expertenbericht<sup>64</sup> zusammengestellt worden waren. Eine weitere Kommission<sup>65</sup> beantragte die Durchführung einer ergänzenden sozio-psychologischen Untersuchung. Eine solche wurde 1977 in Auftrag gegeben und 1978/79 vom soziologischen Institut der Universität Zürich im Auftrag des Bundesamts für Umweltschutz durchgeführt. Der Bericht trägt das Datum Januar 1980; er diente als Grundlage zur Festlegung von Grenzwerten.

Die Untersuchung wurde zuerst - im Sinne einer Pilotstudie - an drei Orten durchgeführt, nämlich in der Umgebung einer grossen, einer mittelgrossen und einer kleinen Schiessanlage (Ostermundigen Fleurier, Kallnach). Aus finanziellen Gründen musste dann auf eine Weiterführung verzichtet werden.

Die EK75 beschloss trotz verschiedener Bedenken am 4.7.79, auf Grund der vorläufigen Resultate einen Grenzwertvorschlag auszuarbeiten, welcher sich in Form und Struktur eng an jenen für Strassenlärm anlehnen sollte. Es sollte nach der Betriebsintensität der Stände differenziert sein.

Der schliesslich akzeptierte Vorschlag leitete sich von einem  $Leq$  ab, wiew davon allerdings in einem wesentlichen Punkt ab. Wenn mit  $M$  die jährliche Anzahl Schüsse und mit  $SEL$  der mittlere Energiepegel (Sound Energy Level) des Einzelschusses bezeichnet wird, hätte ein echter  $Leq$  die Form:

$$Leq = SEL + 10 \log(M) + c$$

---

<sup>64</sup> Expertenbericht über die Lärmbekämpfung bei Schiessständen, Bern (1971) "Kommission Hongler"

<sup>65</sup> Eidg. Kommission für die Prüfung des ausserdienstlichen Schiesswesens. Bericht, Bern (1974)

Statt dessen wählte die Kommission einen Beurteilungspegel  $L_r$  der Form

$$L_r = SEL + 10\log(D) + 3\log(M) + c^*$$

worin  $D$  die Anzahl der Schiesshalbtage bezeichnete. Definiert man  $m$  als mittlere Anzahl Schüsse pro Anlass, so ist  $M = D m$ , womit sich der echte  $Leq = SEL + 10\log(D) + 10\log(m) + c^*$  schreiben lässt. Die gewählte Variante ist somit in der Schusszahl degressiv und in der Anzahl der Anlässe energetisch. Damit kam die Kommission dem Anliegen des Militärdepartements entgegen, welches mit der Schiesspflicht argumentierte, die wenig Möglichkeiten zur Reduktion von  $M$  erlaubte, Immerhin steuerte der Beurteilungspegel in erfolgreicher Weise die Zahl der Schiessanlässe und bewirkte einen deutlichen Rückgang der Sonntagsübungen, da solche in  $D$  mit dreifachem Gewicht gezählt werden müssen.

Mit dem Ansatz für den  $L_r$  wurden die Befragungsergebnisse erneut ausgewertet. Die Anteil der mittelstark und stark gestörten Personen (Skalometer  $>4$ ) wurde im Bereich 40% als kritisch bezeichnet und daraus ein Grenzwert abgeleitet. Dieser wurde dann umgerechnet in den A,F-Pegel des Einzelschusses, abgestuft nach Kategorien des Schiessbetriebs.

Das Ergebnis ist ein Grenzwert für den Einzelschusspegel (in dB(A,F)) für jede von vier Kategorien der Betriebsintensität. Das dahinter liegende Prinzip des modifizierten  $Leq$  ist nicht mehr sichtbar.

#### 4.3.2 Lärm der Kleinaviatik

Der Lärm der Kleinaviatik wurde in den 70er Jahren vielerorts zum Politikum. Dem entsprechend verlangten kantonale und kommunale Exekutiven dringend nach Beurteilungsgrundlagen. Der Gang der Entwicklung wird im Kapitel 5 über Fluglärm ausführlicher behandelt.

An dieser Stelle sei lediglich auf das Resultat hingewiesen, welches im 3. Teilbericht der EK75 enthalten ist. Der Bericht erschien im Oktober 1981. Seine Grenzwertvorschläge sind, wie beim Schiesslärm, grundsätzlich als  $Leq$  formuliert, der aber durch eine Korrekturfunktion modifiziert wird.

Als Besonderheit ist hervorzuheben, dass der  $Leq$  nicht für den Jahresmittelwert des Tagesverkehrs zu berechnen ist, sondern für einen "mittleren Spitzenverkehr". Massgebend sind die 6 verkehrsreichsten Monate eines Jahres (nicht notwendig zusammenhängend) und darin die beiden verkehrsreichsten Wochentage (oft Freitag und Samstag).

Die Korrekturfunktion geht von der jährlichen Bewegungszahl  $N$  aus und hat die Struktur

$$K = a + 10\log(N)$$

Da  $N$  bereits zur Berechnung des normalen  $Leq$  eingeht, bedeutet die Korrektur eine Progression in  $N$ , also einen steigenden Malus mit steigendem Betrieb. Bei weniger als 15'000 Bewegungen pro Jahr entfällt die Korrektur. Zur Begründung des Grenzwertvorschlags benützt die Kommission im 3. Teilbericht - wie bereits beim Schiesslärm - die Anteilkurven der mittelstark und stark Belästigten. Als kritisch wird ein Anteil von 40% bezeichnet. Über ca. 58

dB verlaufen die Kurven für Strassenlärm, Eisenbahnlärm und Fluglärm recht ähnlich. Deshalb wird der Strassenlärm-Grenzwert von 60 dB für die Empfindlichkeitsstufe II auch für den Lärm der Kleinfliegerei übernommen, desgleichen die übrigen Werte des Schemas, mit einer Ausnahme (PW ES IV).

#### 4.4 Zusammenfassung

Die Darstellung in den Abschnitten 4.1 bis 4.3 zeigt, dass die EK75 grundsätzlich ein einheitliches Schema anstrebte, unter dem Druck der empirischen Resultate und oft auch dem Zwang von Präzedenzentscheiden aber im Endeffekt bei jeder Lärmart andere Kriterien anwenden musste.

Tabelle 4-1: Charakteristika der Grenzwertfestlegung durch die EK75

|                                  | Strassenlärm              | Schiesslärm                                       | Lärm Kleinavi-<br>atik                            | Eisenbahn-<br>lärm                   |
|----------------------------------|---------------------------|---|---|--------------------------------------|
| Belastungsmass                   | Leg                       | Beurteil.pegel $L_r$ auf Basis Einzel-schusspegel | Beurteil.pegel $L_r$ auf Basis $Leq$              | Beurteil.pegel $L_r$ auf Basis $Leq$ |
| Korrekturfunktion?               | Nein                      | Ja.<br>$10\log(D)+3\log(M)$                       | Wenn $N>15'000$<br>$10\log(N)$                    | Bereichsweise<br>$10\log(n)$         |
| Konstante Korrektur?             | Nein                      |   | Massgebend ist Spitzenbetrieb                     | In Funktion eingebaut                |
| Charakter der Korrektur          | Strassenlärm ist Referenz | Spezialfall                                       | Malus   | Bonus                                |
| Tag/Nacht-Differenz (IGW II/III) | 10                        | Entfällt  | Entfällt  | 10 resp.7                            |
| Massgebender-Zeitraum            | Jahr                      | Jahr  | Verkehrsreichste 6 Monate, darin verk.reich. 2 WT | Jahr                                 |
| Empirische Basis                 | schriftl. Befragung 4.1.2 | Befragung bei 3 Anlagen                           | Befragung bei 6 Flugplätzen                       | schriftl. Befragung in 30 Gebieten   |
| Definitionen                     |                           |   | N: Bewegungen/ Jahr                               | n: Durchfahrten/ Stunde              |

Bei genauer Hinsicht zeigt sich, dass die Form der Korrekturen keineswegs überzeugend aus den empirischen Daten abgeleitet wurden. Diese liessen meistens eine breite Variation der Formen zu, da die Korrelationskoeffizienten in der Regel bescheiden waren. In dieser Situation fiel es nicht schwer, die in der Akustik weit verbreitete Form  $y = a + 10\log(x)$  zu wählen, wenn keine starken Argumente dagegen sprachen.

## 5 Die Grenzwerte für Fluglärm

### 5.1 Übersicht

Obschon weniger Leute betroffen sind als beim Strassen- und beim Bahnlärm, ist dennoch Fluglärm das meistdiskutierte Thema. Der Grund könnte in der grossen Ausdehnung des betroffenen Gebiets liegen. Den linearen Lärmquellen Strasse und Schiene kann man mit absehbarem Aufwand ausweichen, indem man den Wohnsitz etwas verschiebt. Dieser Lärm bleibt Problem der weniger Privilegierten. Fluglärm dagegen betrifft ganze Gemeinden oder Regionen. Dies führt zu einer lokal hohen Zahl von Protestierenden, welche dann das nötige Medienecho erzeugen können.

Es erstaunt deshalb nicht, dass der Fluglärm um 1955 Auslöser<sup>66</sup> für die Gründung der Schweizerischen Liga gegen den Lärm war, welche ihrerseits wesentlich zur Einberufung der Expertenkommission EK57 beitrug. Diese bearbeitete den Fluglärm mit einer eigenen Unterkommission (UK-3), welche ihren Bericht bereits am 1.7.1960 ablieferte. Das Thema nimmt im Schlussbericht breiten Raum ein.

Es war allerdings bald klar, dass dem Fluglärm mit den provisorischen Grenzrichtwerten von 1963 nicht beizukommen war. Die statistischen Pegel L50 und L1 (anfänglich auch L0.1) waren für diese Lärmart wenig geeignet. Ausserdem stellten sich starke wirtschaftliche Kräfte gegen jede Regulierung der zivilen Luftfahrt<sup>67</sup>.

Es dauerte dann 7 Jahre, bis eine kleine Arbeitsgruppe mit der Aufgabe betraut wurde, Grenzwerte für den zivilen Fluglärm zu skizzieren (→ 3.4). Sie lieferte ihre Ergebnisse 1969 ab, was dann Anlass zur Auftragserteilung für die sozio-psychologischen Fluglärmuntersuchung gab (SPU74). Auf der Basis dieser Resultate steht die Verordnung über die Lärmzonen der Landesflughäfen von 1973 (→ 3.7), welche indessen ein rein planerisches Instrument darstellt. Sie baute auf dem NNI auf und enthielt sehr hoch angesetzte Grenzwerte mit minimaler Wirkung. Die anfänglich auf 5 Jahre angesetzte Frist zur gesetzlichen Auflage der Lärmzonenpläne musste auf 10 Jahre verlängert werden (1983), da anfänglich keine verlässlichen Berechnungsmethoden verfügbar waren. Dann dauerte es nochmals rund 10 Jahre,

---

<sup>66</sup> insbesondere Karl Oftinger, Prof. Uni Zürich

<sup>67</sup> Mischa Gallati "Gedämpfter Lärm", Zürich 2004 ISBN 3-033-00230-7, Seite 113 ff

bis alle Rekurse abgearbeitet waren. Als schliesslich die Lärmzonen in den 90er Jahren in Kraft traten, war die Umgebung der Flughäfen weitgehend verbaut.

Die Kleinaviatik war von der Lärmzonenverordnung nicht betroffen, deren ganze Metrik für diese Lärmart völlig ungeeignet war. Sie war deshalb in den Arbeitsplan der EK75 eingeschlossen, was sich 1981 in einem Grenzwertvorschlag ausdrückte (→ 4.3.2).

Auch die Militäraviatik wurde schliesslich, mit etwas Verspätung, in das Schema der Lärm-schutzverordnung einbezogen. Der entsprechende 5. Teilbericht der EK75 erschien 1989. Seine Grenzwerte sind auf der Basis des Leq aufgebaut, mit deutlichen Analogien an die Regelung der Kleinaviatik. Die Festlegung der Grenzwerte erfolgte rein auf Grund der Erfahrung. Die militärischen Stellen hatten Lärmklagen schon Jahre zuvor systematisch entgegen-genommen und dokumentiert, was eine gewisse Basis für den Entscheid lieferte.

Im Rückblick erkennen wir, dass das Versagen der provisorischen Grenzrichtwerte 63 für den zivilen Fluglärm zu einer verfrühten Sonderregelung in Form der Verordnung über die Lärm-zonen der Landesflughäfen geführt hat. Diese passte aber zehn Jahre später in keiner Weise ins philosophische Gerüst des Umweltschutzgesetzes. Da sie aber gerade in dieser Zeit ihre erste Wirksamkeit zu entwickeln begann, wollten die Verantwortlichen diesen Prozess nicht unterbrechen. Sie verschoben die Ausarbeitung von USG-kompatiblen Grenzwerten. Erst 1987 erhielt eine Arbeitsgruppe den Auftrag zur Ausarbeitung solcher Grenzwerte. Sie beantragte eine systematische Befragung, welche später den Namen "Lärmstudie-90" erhielt. Ihr Schlussbericht wurde 1995 veröffentlicht. Der darauf aufgebaute 6. Teilbericht der EK75 trägt das Datum vom September 1997. Beraten vom Bundesamt für Zivilluftfahrt legte der Bundesrat im April 2000 Grenzwerte fest. Dazu war auch eine Änderung der Verordnung über die Infrastruktur der Luftfahrt nötig geworden. Das Bundesgericht lehnte jedoch die Grenzwerte als nicht konform mit dem USG ab. Im Juli 2001 wurden schliesslich definitive Grenzwerte fixiert, welche weitgehend dem Antrag der EK75 entsprachen.

## **5.2 Die Grenzwerte für die Kleinaviatik**

Das Thema ist bereits kurz im 4. Kapitel unter 4.3.2 behandelt, wo es zeitmässig hingehört.

### **5.2.1 Die Untersuchung über die Störwirkung**

Als Kleinaviatik wird die Luftfahrt bezeichnet, welche mit Flugzeugen von höchstens 8616 kg (anfänglich 5700 kg) zulässigen Abfluggewichts betrieben wird. Schwerere Flugzeuge werden als "Grossflugzeuge" bezeichnet.

Schon in ihrer 5. Sitzung vom 25.5.77 befasste sich die EK75 mit Beurteilungskriterien für Fluglärmimmissionen der Kleinaviatik. Es zeigte sich klar, dass zuerst geeignete Berechnungsmethoden zu entwickeln waren. Im Vordergrund standen der Leq und der mittlere Spitzenpegel (wie er im NNI Verwendung findet). Im darauf folgenden Jahr wurde eine Studie in Auftrag gegeben, welche sich eng an die Methodik der SPU74 anlehnte. Mit Interviews sollte die Belästigung und das Verhalten der Anwohner von Flugplätzen erhoben werden. Der so-

ziologische Teil wurde dem Institut für praxisorientierte Sozialforschung IPSO übertragen, während die EMPA zusammen mit dem Bundesamt für Luftverkehr den akustischen Teil bearbeitete.

Im Jahr 1979 wurde der Fragebogen in einem Vorversuch in Grenchen getestet. Die Hauptbefragung wurde anschliessend mit total 1430 Interviews an den Orten Bern-Belp, Birrfeld, Buttwil, Gruyeres, La Chaux de Fonds und Lugano Agno vorgenommen<sup>68</sup>. Ein Teil der Resultate musste dann aber wegen Voreingenommenheit oder Widersprüchen in den Antworten ausgeschieden werden; es blieben 1013 verwertbare Interviews.

Die Lärmwerte einzelner Flugzeuge wurden an Ort und Stelle gemessen und daraus ein Leq für einen mittleren Spitzentag<sup>69</sup> hochgerechnet, ebenso ein mittlerer Spitzenpegel. Über diesen beiden akustischen Massen wurden die Anteilkurven in bekannter Weise dargestellt, also der Prozentsatz der Belästigten pro Belastungsklasse. Dabei zeigte sich ein unerwartetes Problem: rund 1/3 der Befragten machte die Skalometerangabe 0 (überhaupt nicht gestört), je etwa 20% die Angaben 1 und 2. Rund 25% gaben Werte von 3 bis 8 an. Lediglich 3% vermerkten Skalometerwerte von 9 oder 10 an, also etwa 30 Personen.

Mit dieser Verteilung liess sich das beabsichtigte Konzept mit der starken Störung nicht statistisch signifikant anwenden. Als Ersatz wurde der Prozentsatz jener Belasteten aufgezeichnet, welche die Skalometerangaben 5 und mehr machten. Diese Anteilkurven wurden jenen des Strassen- und des Eisenbahnlärms gegenübergestellt, die ebenfalls im Jahr 1979 entstanden. Schliesslich wurde mit der Korrekturfunktion  $K = 10\log(N/15000)$  erreicht, dass die drei Kurven einen ähnlichen Verlauf aufwiesen. Im Gebiet von 58-59 dB  $L_r$  zeigen alle drei eine vergleichbare Wahrscheinlichkeit für mittelstarke und starke Störung von 30-40%.

Die Arbeit ist sehr ausführlich. Sie enthält zusätzlich konstruierte Störungsskalen auf der Basis des erfragten Verhaltens; ausserdem ein drittes Belastungsmass, FL. Dieses ist eine Linearkombination der beiden ersten, mit der Definition:

$$FL = L_r + L_{Amax} - 60$$

worin der zweite Term den (energetisch) gemittelten Spitzenpegel bezeichnet. Dieses neue Mass wurde von der EK75 indessen nicht aufgenommen.

### 5.2.2 Der 3. Teilbericht: Belastungsgrenzwerte für den Lärm der Kleinaviatik

Der Inhalt des 3. Teilberichts hält sich im Aufbau an seine beiden Vorläufer. Das Grenzwertschema mit seiner Einteilung in vier Empfindlichkeitsstufen und die drei Grenzwertfunktionen ist bereits Standard. Nachts entfallen Grenzwerte, da die Kleinaviatik weitgehend tags operiert. Ein Beurteilungspegel auf Leq-Basis ist schon von den Soziologen vorgezeichnet, er

---

<sup>68</sup> Institut für praxisorientierte Sozialforschung, Zürich. "Störwirkung durch den Lärm der Kleinaviatik", Bafu & Bazl, Juni 1980

<sup>69</sup> Auswahl: 6 verkehrsreichste Monate des Jahres, davon die 2 betriebsreichsten Wochentage



wird ohne weiteres übernommen, ebenso die Definition des mittleren Spitzenbetriebs, welche gegenüber dem üblichen Jahresmittelwert eine Verschärfung der Anforderungen bedeutet. Damit wird nur etwa der verkehrsreichste Siebtel des Jahres zur Berechnung der Belastung benützt.

Die Korrektur des reinen  $L_{eq}$  durch die Funktion  $10\log(N/15000)$  hat eine Progression mit steigender Bewegungszahl zur Folge, denn  $N$  ist ja bereits einmal im  $L_{eq}$  einberechnet. Damit gleicht der  $L_r$  dem in Deutschland vorgeschlagenen "Fluglärmbewertungsmass"  $FB1$ <sup>70</sup>, das allerdings nie gesetzliche Wirkung erhalten hat.

Lediglich für Helikopterflugplätze werden schliesslich zusätzliche Grenzwerte für den Spitzenpegel (gemessen mit der Zeitkonstanten Slow) festgelegt, welche 20 dB über jenen des  $L_r$  liegen.

Falls auf einem Regionalflugplatz neben der Kleinaviatik auch Verkehr von Grossflugzeugen stattfindet, wird letzterer nach dem unter 5.4 beschriebenen Verfahren als  $L_{eq}$  berechnet. Die beiden Anteile werden energetisch addiert, ein Verfahren, dessen Berechtigung fraglich ist.

## 5.3 Militärfluglärm

### 5.3.1 Vorgeschichte

Bereits in der Vorbereitungsphase des Umweltschutzgesetzes bestand in der Expertenkommission EK75 Einigkeit über die Notwendigkeit, auch den militärischen Fluglärm in die Lärmbekämpfung einzubinden. Im Jahr 1982 wurde eine verwaltungsinterne Arbeitsgruppe mit der Aufgabe betraut, Grundlagen und Kriterien für den Immissionsschutz im Militärbereich zu entwickeln. Sie bearbeitete das Thema Militärfluglärm mit einer Untergruppe von 8 Personen. Schon zu Beginn zeigte sich allerdings, dass die akustischen Berechnungsgrundlagen nicht genügten. Die Flugbahnen der Militärflugzeuge waren nicht genau bekannt, was eine zuverlässige Immissionsberechnung unmöglich machte.

Die Arbeiten an einem Simulationsprogramm zur Berechnung der Fluglärmbelastung auf Grund genauer Radardaten über die Flugwege wurde 1982 an der EMPA aufgenommen, mitfinanziert durch das Militärdepartement und den Kanton Zürich. Es wurde später zum erfolgreichen Verfahren FLULA ausgebaut. Es beruht auf sorgfältig gemessenen Emissionsdaten für alle Flugzeugtypen und detaillierter Kenntnis der Fluggeometrien durch Radarvermessung. Die Entwicklung eines brauchbaren Verfahrens dauerte mehrere Jahre.

---

<sup>70</sup> Finke, H.O. und Martin, R. Kap.3 in DFG-Forschungsbericht Fluglärmwirkung, 1974

### 5.3.2 Besondere Merkmale des Vorschlags

Der 1989 abgelieferte 5. Teilbericht der EK75 unterscheidet sich in einem wichtigen Punkt von seinen vier Vorgängern. Seine Grenzwertvorschläge sind nicht auf Befragungen abgestützt, sondern beruhen allein auf Analogieschlüssen, Vergleich mit ausländischen Regelungen und der langjährigen Erfahrung aus dem militärischen Fluglärm-Monitoring. Nicht ohne Einfluss war auch der Umstand, dass die Militäraviatik als nationale Aufgabe betrachtet werden musste.

Die Grenzwertvorschläge von 1989 halten sich an das inzwischen bewährte Schema des 1. Teilberichts (Strassenlärm) von 1979 und der Lärmschutzverordnung. Die Grenzwerte sind nach ihrer Funktion dreigeteilt in Immissionsgrenzwert, Planungs- und Alarmwert. Es werden wie üblich 4 Empfindlichkeitsstufen unterschieden. Ungewöhnlich - und lange kontrovers diskutiert - ist der Umstand, dass die Grenzwerte für die ES II und ES III numerisch übereinstimmen und zwar auf dem höheren Niveau.

Als Belastungsmass dient der  $L_{eq}$  als Basis, jedoch modifiziert durch eine konstante, negative "Betriebskorrektur" von - 8 dB (auch "Militärbonus" genannt) und einen vom Betrieb abhängigen Malus mit dem Term  $10\log(N/15000)$ . Im Prinzip lehnt sich das Verfahren an die Regelung bei der Kleinaviatik an, obschon es sich um ganz andere Pegel handelt. Der Bonus von 8 dB kann mindestens teilweise dadurch begründet werden, dass der Militärflugbetrieb an wenigen, weniger empfindlichen Tagesstunden abläuft. Über Mittag, nachts und am Wochenende ruht der Betrieb. Gegenüber dem Verkehrslärm ist dies zweifellos ein grosser Vorteil. Dazu kommt, dass ein Militärflugplatz in der Regel Arbeitsplätze anbietet, was die lokale Akzeptanz des - sehr lauten - Lärms erhöhen dürfte.

### 5.3.3 Die Belastungsberechnung

Der  $L_{eq}$  wird für eine Beurteilungszeit von 12 Tagesstunden an den 5 Wochentagen als Mittel über die 6 verkehrsreichsten Monate berechnet, also für rund 130 Tage. Eine Besonderheit ist die Aufteilung in den Jet-Betrieb und den Betrieb mit Propellerflugzeugen inkl. Helikoptern. Für beide Teile wird je eine eigene Berechnung mit dem zugehörigen Malus durchgeführt. Die beiden Teilbeurteilungspegel  $L_{r,jet}$  und  $L_{r,prop}$  werden anschliessend energetisch zum Gesamtbeurteilungspegel addiert. Dieses Verfahren ist zwar geradlinig und zielführend, doch ist seine prinzipielle Berechtigung fraglich. Es ist unbewiesen, dass sich Störungen überlagern, als wären sie akustische Pegel. Das Verfahren wird dann gleich auch noch für den gemischten Betrieb mit Militär- und Zivilflugzeugen verwendet. Hier ist die Berechtigung noch fraglicher, da die Betriebszeiten der beiden Komponenten sehr unterschiedlich sind.

### 5.3.4 Empfindlichkeitsstufen

Besonders intensiv wurde die Absicht diskutiert, die Empfindlichkeitsstufen II und III numerisch gleichzustellen. Sie entstand aus der Sorge, wonach Gemeinden mit Militärfluglärm dazu neigen könnten, ganze Wohnquartiere mit Baulandreserven in die ES III zu befördern, um die Möglichkeiten zum Bauen zu bewahren. Diese Gebiete würden dann aber auch ge-

gegenüber anderen Lärmarten den Schutz verlieren, den eine ES II gegenüber neuen Lärm erzeugenden Anlagen bietet. Dieser Nachteil würde sich besonders in der Nachtzeit ungünstig auswirken, in der kein militärischer Fluglärm besteht.

Die Gegner dieser Gleichsetzung waren der Ansicht, eine Unterscheidung von Empfindlichkeitsstufen ohne Abstufung sei aus Gründen der Logik zu verwerfen; die befürchtete Entwicklung müsse durch andere Massnahmen unterbunden werden. Die Gefahr, dass die hohe Belastung durch eine Lärmart mit entsprechender Einstufung auch weitere Arten anziehen könnte, besteht schliesslich schon eh und je, ja wird sogar unter dem Stichwort "Konzentration" als Philosophie gehandelt.

### 5.3.5 Zusammenfassung

Die Grenzwerte für den militärischen Fluglärm sind nicht auf Befragungsergebnissen aufgebaut, sondern allein auf der Erfahrung und auf Pragmatismus. Ihr logisches Gerüst entspricht jenem der Grenzwerte für die Kleinaviatik, doch profitiert sie im Gegensatz zu diesem von einem 8 dB Bonus (im Vergleich der Schienenlärm mit 15 dB Bonus), der nur zu einem geringen Teil durch einen Malus kompensiert wird. Methodisch zweifelhaft und vermutlich nicht in allen Details durchschaut ist die energetische Summierung der Teilbeurteilungspegel aus Jetbetrieb und Betrieb von Propellerflugzeugen und Helikoptern und in gleicher Art von militärischem und zivilen Verkehr auf dem gleichen Platz. Diese energetische Summation ist aber auch ganz zentral in der Berechnung von Belastungen durch Industrie- und Gewerbelärm.

## 5.4 Das Problem der Regionalflughäfen

Schon in den 70er Jahren wurde es als Mangel empfunden, dass die Verordnung über die Lärmzonen der Landesflughäfen von 1973 für Regionalflughäfen keine Wirkung hatte. Dies führte schliesslich dazu, dass mit einer Revision des Luftfahrtrechts eine Erweiterung der Lärmzonenverordnung vorgenommen wurde. Schon früh musste allerdings klar werden, dass der NNI, welcher Ereignisse mit Pegelspitzen unter 69 dB(A) nicht berücksichtigen konnte, für Flugplätze mit kleinen und mittelgrossen Flugzeugen ungeeignet war.

In der ursprünglichen Fassung der Lärmschutzverordnung (Dezember 1986) werden deshalb Regionalflughäfen und Flugfelder nach dem Verfahren des 3. Teilberichts (Kleinaviatik) behandelt. Dies hat den schwerwiegenden Nachteil, dass keine Nachtgrenzwerte definiert sind.

Mit der ab Mai 2000 gültigen veränderten LSV ist dieser Fehler behoben. Nun wird unterschieden zwischen Kleinluftfahrzeugen (neu statt bis 5700 kg jetzt mit maximal 8616 kg zulässigem Abfluggewicht, gemäss internationaler Konvention) und Grossflugzeugen. Für die Kleinaviatik bleiben die bisherigen Verfahren und Grenzwerte gültig; es gelten also keine Nachtgrenzwerte. Für den Betrieb mit Grossflugzeugen (>8616 kg) werden neue Grenzwerte festgelegt. Näheres dazu siehe im Unterkapitel 5.5. Die Verordnung über die Lärmzonen wurde aufgehoben und sämtliche Fluglärmfragen in den Geltungsbereich der LSV eingeschlossen.

## 5.5 Der Lärm der kommerziellen Luftfahrt

### 5.5.1 Die Lärmstudie-90

Schon früh wurde klar, dass die Lärmzonen im Bereich der Landesflughäfen zwar einen gewissen Einfluss auf die Planung von Bauten hatten, für eine Sanierung bestehender Lärmsituationen aber nicht in Frage kamen, da sie dazu nie vorgesehen waren. So liess sich die Festlegung von Grenzwerten gemäss dem Umweltschutzgesetz wohl aufschieben, aber nicht verhindern. Es brauchte dazu allerdings neue empirische Daten, denn mit dem NNI wollte man angesichts seiner Defizite nicht weiterfahren und der zeitliche Abstand zur grundlegenden Untersuchung von 1971-74 war zu gross für eine Begründung neuer Grenzwerte geworden. So wurde im Jahr 1989 eine weitere Untersuchung geplant. Wie das Vorbild von 1974 sollte sie die Belästigung durch Flug- und Strassenlärm gleichzeitig erfassen.

Der Befragungsteil wurde dem "Büro für soziologische Grundlagenforschung und Entwicklungsplanung" von Dr. C. Oliva in Zürich übertragen, für den akustischen Teil war die Abteilung Akustik der EMPA zuständig. Die Arbeit wurde als Projekt im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms 26 (NFP-26) durchgeführt<sup>71</sup>. Der anfänglich beantragte Kredit musste halbiert werden.

Ein Grundgedanke war die Einteilung der 36 Befragungsgebiete in so genannte "Cluster", Teilgebiete mit ungefähr konstanter Fluglärm-, aber variabler Strassenlärmbelastung. Der Fluglärm wurde mit dem schon fortgeschrittenen Simulationsverfahren FLULA der EMPA berechnet. Am Ort der Befragten wurde nötigenfalls eine Korrektur eingefügt, abhängig von der Lage des Hauses. Auch die Strassenlärmbelastung sollte ursprünglich berechnet werden, doch erwies sich dies als ungenau, so dass ein umfangreiches Messprogramm nötig wurde.

Die Befragung von rund 1300 Personen im Raum Zürich und 750 in Genf erfolgte mündlich durch ein Marktforschungsinstitut. Neben direkten Fragen nach der selbsteingestufteten Belästigung kamen im Interview auch Fragen zum Verhalten vor. Aus diesen Antworten wurde nach bekanntem Muster eine Störungsskala konstruiert.

Die Lärmstudie-90 ergab als vorerst überraschendes Resultat, dass die Belästigungswirkung von Fluglärm sich bei gleichem Leq im Laufe der Jahre seit 1971 nicht wesentlich verändert hatte. Sie erwies sich zudem als etwa gleich stark wie jene von Strassenlärm.

### 5.5.2 Belastungsgrenzwerte für den Lärm der Landesflughäfen

Dieses Resultat bewog die EK75, die Grenzwerte ab Tag auf gleicher Höhe anzusetzen wie jene des Strassenlärms. Für die Nacht dagegen wählte sie einen für die Schweiz völlig neuen Weg, mit dem die Wahrscheinlichkeit von Aufwachreaktionen reduziert werden sollte. Dazu wird die stündliche Schallenergie auf einer Höhe begrenzt, welche schon von wenigen lauten

---

<sup>71</sup> z.B. Oliva, Carl et al.: *Gène due au bruit des avions dans les environs des aéroports nationaux suisses*. Médecine et hygiène, 1993, 1806-1808, und Oliva, Carl Buchzitat

Flügen erreicht wird. Dies lässt sich ebenfalls mit dem Leq erreichen, der aber hier die Funktion eines Spitzenkriteriums übernimmt, was bekanntlich umso besser gelingt, je kürzer die Beurteilungszeit gewählt wird. Für die drei Nachtstunden 22-23, 23-24 und 05-06 Uhr werden deshalb Grenzwerte des 1-h-Leq festgelegt.

Neu an diesem Vorgehen ist die Zielrichtung. Das Verfahren zielt nicht mehr auf die bewusst erlebte Belästigung, sondern auf die in der Regel unbewusste Störung des Schlafs, welche direkt als Beeinträchtigung der Gesundheit verstanden wird. Die neue Regelung stellt eine Weiche in der Methodik der Lärmbekämpfung und kann als Markstein bezeichnet werden. Zu seiner Begründung wurden ausländische Forschungsergebnisse herangezogen. Inzwischen ist aber auch eine schweizerische Studie abgeschlossen worden, welche die Beeinträchtigung des Schlafs durch laute Lärmereignisse untersucht.<sup>72</sup>

Die Vorschläge der EK75 wurden schliesslich umgesetzt, allerdings erst nach der Intervention des Bundesgerichts, welche den Versuch vereitelte, ungerechtfertigt hohe Grenzwerte anzusetzen.

## 5.6 Zusammenfassung

Die Regelung des Fluglärms nahm einen nicht vorausgesehenen Verlauf. Anfänglich wurde der Fluglärm als besonders dringlich behandelt. Die Landesplanung um die wachsenden Flughäfen erforderte rasche Massnahmen. Dazu diente die Verordnung über die Lärmzonen der Landesflughäfen mit dem Belastungsmass NNI. Ihre Inkraftsetzung verzögerte sich allerdings, zuerst durch Schwierigkeiten der zuverlässigen Berechnung, dann infolge einer organisierten Flut von Einsprachen.

Wegen dieser Verzögerungen enthielt die erste Ausgabe der LSV (1986) zwar Grenzwerte für die Kleinaviatik, aber keine für die kommerzielle Luftfahrt. Es erschien unsinnig, eine fertige, aber verzögerte Regelung in diesem Stadium durch eine grundsätzlich andere abzulösen. Die Verordnung über die Lärmzonen blieb deshalb auch bis im Jahr 2000 in Kraft.

Für den Lärm der Kleinaviatik fand man frühzeitig Grenzwerte auf Grund einer Befragung. Die Regelung hält sich an das Konzept der Strassenlärmgrenzwerte. Abweichend davon bezieht sie sich aber auf einen mittleren Spitzentag statt auf den sonst üblichen Tagverkehr im Jahresmittel. Die Grenzwerte für Militärfluglärm folgten drei Jahre nach Formulierung der LSV mit einem Konzept, das sich an die Regelung der Kleinaviatik anlehnt, aber einen erheblichen Betriebsbonus aufweist. Bei beiden Fluglärmarten bildet der Leq das Basismass, ergänzt durch eine Korrekturfunktion, welche eine Progression mit steigender Bewegungszahl bewirkt

Von allem Anfang an war klar, dass Grenzwerte für den zivilen Fluglärm nur auf der Basis hieb- und stichfester Daten erlassen werden konnten, denn die davon mit Sicherheit betroffe-

---

<sup>72</sup> Katja Wirth "Lärmstudie 2000", Dissertation ETHZ, Zürich 2004

nen Interessen der Luftfahrt waren politisch äusserst gut aufgestellt. Die dazu vorgesehene Lärmstudie-90 war deshalb anfänglich breit angelegt, musste aber stark beschnitten werden, da die beantragten Mittel nicht bewilligt wurden. Immerhin lieferte die Studie den Nachweis, dass Strassen- und Fluglärm im Bereich 60-65 dB Leq eine vergleichbare Belästigung hervorrufen. Es gab keinen Grund, andere Grenzwerte anzusetzen als jene, die bereits seit 1987 für Strassenlärm galten. Bemerkenswert ist im Vergleich mit den beiden anderen Fluglärmarten, dass hier nun keine Korrektur mit steigender Bewegungszahl vorgenommen wird.

Für die Nachtzeit beschritt die Kommission allerdings einen völlig neuen Weg. Wegen des besonderen Charakters des Fluglärms, der durch sehr laute Ereignisse mit längeren ruhigen Pausen gekennzeichnet ist, musste gemäss ausländischen Forschungsergebnissen mit einer beträchtlichen Störung der Erholung im Schlaf gerechnet werden. Aus diesem Grund setzte die Kommission für die drei Nachtstunden 22-23, 23-24 und 05-06 Uhr Einstunden-Leq-Grenzwerte fest, welche dafür sorgen sollen, dass die Aufwachwahrscheinlichkeit ein bestimmtes Mass nicht überschreitet. Damit wendete sie sich - mindestens für die Nacht - von der seit 1976 gültigen Maxime ab, wonach der Grenzwert über die selbsteingestufte Belästigung nach der Skalometermethode gefunden werden soll. Gleichzeitig konnte die gewohnheitsmässige fünfständige Flugbetriebssperre implizit in der LSV verankert werden.

Damit kommt ein neues Konzept der Grenzwertbestimmung zur Geltung, das künftig noch weitere Anwendungsbereiche finden dürfte. Es bestehen offensichtliche Parallelen zwischen der Wirkung von nächtlichem Flug- und Bahnlärm.

## 6 Gesamtschau

Die Geschichte der schweizerischen Lärmgrenzwerte offenbart eine stetige Entwicklung und etliche Konstanten. Sie ist eher durch Pragmatismus als durch systematisch wissenschaftliches Vorgehen geprägt. In jedem Entwicklungsschritt wurden neue Erkenntnisse eingebaut, gleichzeitig aber auch das Vorhandene - und Erreichte - möglichst bewahrt, um Brüche tunlichst zu vermeiden.

Der Bericht 1963 der EK57 markiert die Geburt der schweizerischen Lärmbekämpfung, nach stattlicher Tragzeit von sechs Jahren. Er enthielt bereits die wesentlichen Elemente der heutigen Regelung: Immissionsgrenzwerte und Planungswerte, wenn auch noch vorsichtig als provisorische Richtwerte bezeichnet, ein Trio von Belastungsmassen, die Trennung von Tag und Nacht und die Abstufung der belärmten Gebiete nach Nutzung. Bezeichnenderweise war das Instrumentarium aber zum Gebrauch durch Experten und nicht als Werkzeug des öffentlichen Rechts konstruiert. Diese ersten Grenzrichtwerte waren Schätzungen weitsichtiger Anfänger, gestützt auf erste Erfahrungen.

Die Absicht erwies sich als Illusion; der Lärmschutz blieb nicht in der Hand der Akustiker. Der Nationalstrassenbau überzog das Land mit zahlreichen neuen Lärmquellen, was einerseits zu vielen Schadenersatzforderungen, andererseits zu Verzögerungen führte. Schätzungskom-

missionen und Bundesgericht setzten die Ergebnisse des Berichts 1963 zur Begründung von Leitentscheiden ein. Eine Kommission des Bundesamts für Strassenbau legte zur Beschleunigung der Verfahren erste verbindliche Grenzwerte fest, die allerdings auf den Nationalstrassenbau beschränkt waren.

Anfangs der 70er Jahre wechselte das politische Klima. Ein Verfassungsartikel zum Umweltschutz wurde haushoch angenommen, der Bericht des Club of Rome bewegte die Öffentlichkeit. Nach einem Jahrzehnt des Bremsens durch Teile der Bundesadministration nahm die Lärmbekämpfung in der Aussicht auf ein Umweltschutzgesetz Fahrt auf. Es war klar, dass die Grenzwerte eine solidere Basis brauchten. Das Zeitalter der Soziopsychologen begann, gekennzeichnet durch Bevölkerungsbefragungen zum Fluglärm und Strassenlärm (1974, 1978), Schiesslärm (1978), Fluglärm der Kleinaviatik (1979), Eisenbahnlärm (1979) und als Nachzügler Lärm der Zivilluftfahrt (1990).

Sehr bezeichnend ist der Ablauf beim Strassenlärm, jener Lärmart, welche am meisten Personen belastet. Es gibt keine grundlegende schweizerische Befragungsstudie zur Belästigung und Störung durch Strassenlärm tags! Weil sich die provisorischen Grenzrichtwerte von 1959/1963 in der Praxis bewährt hatten, weil eine eingespielte Bundesgerichtspraxis darauf aufgebaut war und weil beim Nationalstrassenbau bereits Grenzwerte galten, wurden 1979 im 1. Teilbericht der EK75 die eingeführten Werte übernommen, etwas modifiziert durch den Übergang zum neuen Belastungsmass Leq. Dies geschah, nachdem die Kommission 1976 beschlossen hatte, den IGW bei ca. 25% Wahrscheinlichkeit für "starke Störung" festzulegen. Die Ergebnisse aus Basel (SPU74) ergaben bei 60 dB Leq aber nur ca. 16%. Die ETHZ-Studie (1978) über den Strassenlärm nachts wies auf einen Nachtgrenzwert von 55 dB Leq. Trotzdem wurde der Nachtgrenzwert 10 dB unter dem Taggrenzwert festgelegt, d.h. bei 50 dB.

Es gibt zahlreiche plausible Argumente für diese Entscheide und sie seien nicht grundsätzlich kritisiert. Ins Gewicht fällt sicher die Erkenntnis, dass der Stichprobenumfang zu klein war, um die bereits eingefahrene Praxis mit Sicherheit umkrepeln zu können. Tatsache bleibt, dass für die Grenzwerte des Strassenlärms die Erfahrung mit den Grenzrichtwerten 1963 ausschlaggebend war - und nicht die Befragungsergebnisse. Alle später festgelegten Grenzwerte der übrigen Lärmarten wurden jedoch an den Strassenlärm-Werten angehängt, und zwar an einem einzigen Punkt (IGW ESII tags).

Zur Systematik der heutigen Grenzwerte erheben sich weitere Fragen. So wurde beim Eisenbahnlärm vom Prinzip abgegangen, die "starke Störung" (Skalometer 8, 9 und 10) als Kriterium für die Grenzwertfestlegung zu benutzen. Die Angleichung der Massstäbe zwischen Eisenbahn- und Strassenlärm geschah auf der Basis der "mittelstarken und starken Störung" (Skalometer >4). Das gleiche Verfahren war bei der Kleinaviatik und beim Schiesslärm bereits gewählt worden. Dies geschah zwar mit gutem Grund, weil die Zahl der Starkbelästigten in der Nähe der vermuteten Grenzwerte zu gering war, doch brachte dieses Verfahren wesentliche Unsicherheiten, welche unerwähnt blieben.

Eine weitere Eigentümlichkeit des Vorgehens bleibt zu erwähnen. Seit 1959 ging die Grenzwertfestlegung von der Idee eines Fünfferrasters aus, die erst beim Fluglärm minim durchbro-

chen wurde. Zweifellos war es 1959 richtig, mit einem Zahlenschema in Fünferschritten auf die Unsicherheit dieser provisorischen Werte hinzuweisen. Im Laufe der Zeit wurden aber die Grundlagen zuverlässiger und die Praxis hielt sich auf Zehnteldezibel an die Zahlen. Ohne die Fixierung auf die Fünferreihe hätte man den IGW für Strassenlärm tags (ESII) auf der damaligen empirischen Basis möglicherweise bei 62 dB und nachts ziemlich sicher bei 55 dB festgelegt. Der Fünferaster war ein hinderliches, wenn auch stabilisierendes Korsett.

Aus heutiger Sicht wird auch vollends klar, wohin die Knauserigkeit der politischen Entscheidungsträger geführt hat. Sämtliche Befragungen nach 1974 waren von Beginn an unterdimensioniert. Die Zahl der Befragten musste eingeschränkt, statt Interviews mussten weniger zuverlässige Fragebogen eingesetzt werden. Auf der akustischen Seite gehen die Beschränkungen viel weiter. Hier mussten Modellberechnungen an Stelle von Messungen treten. Später haben sich verschiedene Modelle als zu grob erwiesen. Geradezu grotesk ist das Bild beim Eisenbahnlärm. Seine Belästigungsskala ist an jene des Strassenlärms angekoppelt, die in der gleichen Untersuchung erfragt worden war. Die Belastung durch den Strassenlärm konnte aber nicht mehr gemessen werden. Sie wurde als Mittelwert der Schätzungen von vier Akustikern gewonnen, weil die finanziellen und personellen Mittel kein anderes Vorgehen erlaubten. Diese Resultate beeinflussten schliesslich wesentlich die Grenzwerte für Bahnlärm, für dessen Reduktion nach der FinöV-Vorlage dann 2.8 Milliarden bereitgestellt werden mussten. Beim Schiesslärm wurden - gegen jeden Rat der Experten - von 2400 Ständen nur drei für eine Befragung gewählt, deren Repräsentativität von Anfang an höchst zweifelhaft war. Die Grenzwerte setzten im ganzen Land Dutzende von Millionen für Sanierungen in Bewegung. Weitere Beispiele für ein völliges Verkennen der Bedeutung fundierter Untersuchungen durch die Entscheidungsinstanzen lassen sich in jedem Bereich mühelos finden. Es ist erschütternd zu sehen, wie wenig Geld zur Beschaffung der Grundlagen vorhanden war, auf denen anschliessend bereitwillig gewaltige Sanierungsvorhaben abgewickelt wurden.

Zu welchem Schluss muss man aus der Schau des Ablaufs kommen? Die Schweiz hat für Verkehrslärm ein Grenzwertschema, das zu einem wesentlichen Teil auf Grund von Erfahrungen in einem trial-and-error Verfahren, entstanden ist. Wissenschaftliche Untersuchungen haben mitgespielt, dienten aber nicht selten mehr der Bestätigung der bereits eingeschlagenen Richtung als der Suche nach neuen Wegen. Es gibt offene Fragen, hauptsächlich zur Zweckmässigkeit und Berechtigung von Korrekturen (Bonus/Malus) und Korrekturfunktionen, die nicht immer auf sicheren Grundlagen stehen. Wegen des konsequenten Fünferasters im generellen Schema kommen aber kleine Unsicherheiten nicht zu Tage.

Ein Eingriff in das gut austarierte, wenn auch nicht unbedingt wissenschaftlich abgesicherte System kann niemals ohne Wirkung auf das Ganze bleiben. Er soll deshalb unter keinen Umständen ins Auge gefasst werden, wenn nicht die Bereitschaft für den Einsatz von genügenden Mitteln feststeht. Will man tatsächlich sicherere Grundlagen schaffen, so müssten für Strassen-, Bahn- und Fluglärm Befragungen nach dem Vorbild der SPU74 durchgeführt und dabei akustische Daten von erstklassiger Qualität als Grundlage beschafft werden. Das bisher angewendete Verfahren der Patchwork-Untersuchungen mit einer Datenqualität, welche sich nach einem dreimal gekürzten Budget richten muss, ist im vornherein zum Scheitern verurteilt. Ohne angemessenen Aufwand ist eine verbesserte Qualität nicht zu haben.



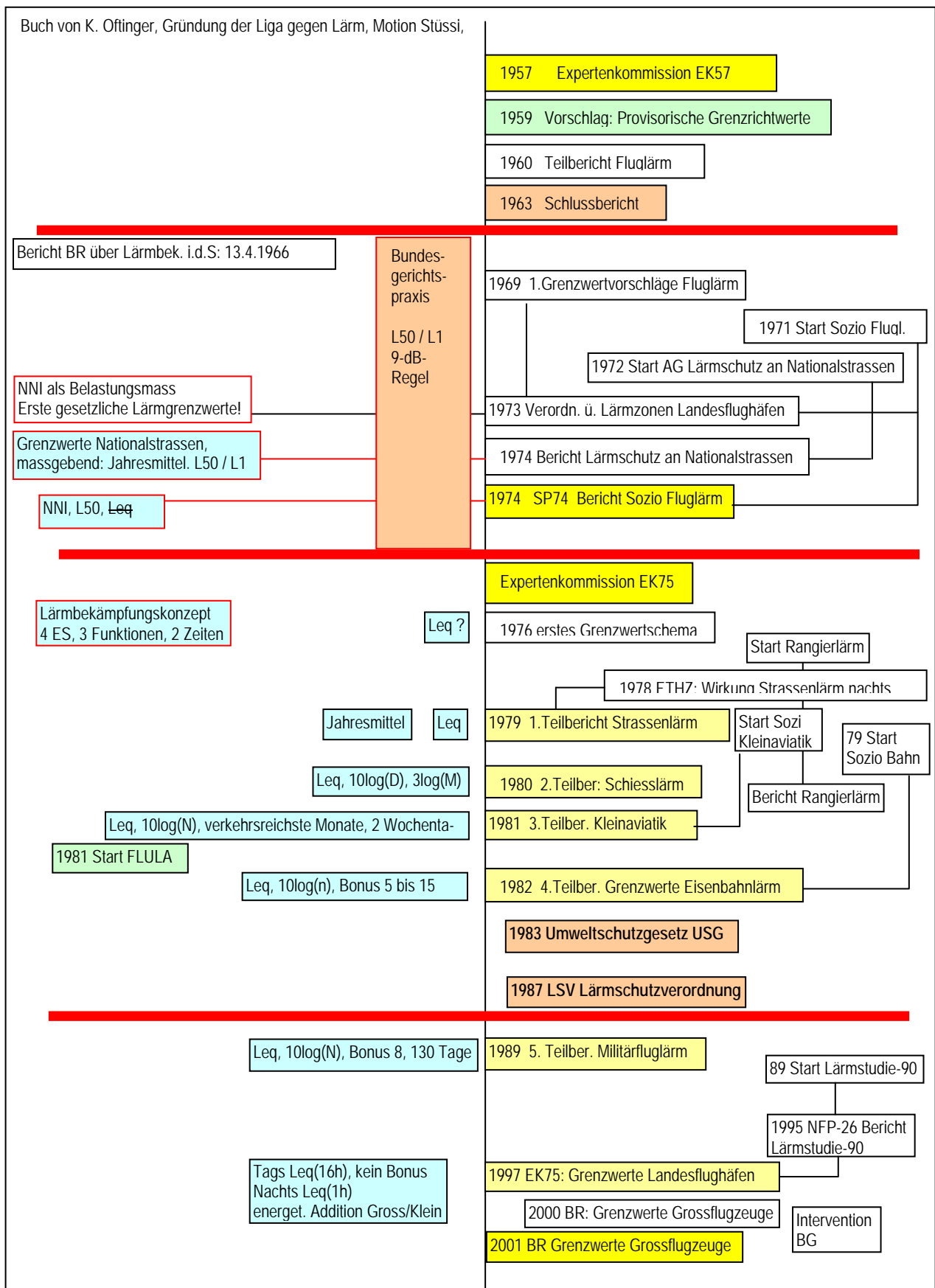


Abbildung 6-1: Synoptische Darstellung des Ablaufs

## Legende zu Abbildung 6-1

