

SCHRIFTENREIHE  
UMWELT NR. 296

**Lärm**

Belastungs-  
grenzwerte für  
den Lärm der  
Landesflughäfen

## **6. Teilbericht**

der Eidgenössischen Kommission für die Beurteilung  
von Lärm-Immissionsgrenzwerten  
September 1997

Herausgegeben vom  
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)  
Bern, 1998

Bezugsquelle **Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft  
Dokumentation  
3003 Bern  
Fax + 41 (0)31 324 02 16  
E-Mail: docu@buwal.admin.ch  
Internet: <http://www.admin.ch/buwal/publikat/d/>**

Bestellnummer **SRU-296-D  
© BUWAL 1998**

# Inhaltsverzeichnis

<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>5</b>
<b>1. EINLEITUNG.....</b>	<b>9</b>
1.1 AUFTRAG DER KOMMISSION.....	9
1.2 DURCHFÜHRUNG DES AUFTRAGS.....	10
1.3 ZUSAMMENSETZUNG DER EIDG. KOMMISSION UND DER ARBEITSGRUPPE.....	11
<b>2. FLUGLÄRM UND RECHT.....</b>	<b>13</b>
2.1 LÄRMSCHUTZBESTIMMUNGEN NACH ..... UMWELTSCHUTZRECHT	
2.1.1 Belastungsgrenzwerte.....	13
2.1.2 Festlegung der Belastungsgrenzwerte.....	13
2.1.3 Emissionsbegrenzung bei Flugplätzen.....	14
2.1.4 Raumplanerische Massnahmen.....	16
2.2 LÄRMSCHUTZBESTIMMUNGEN IM LUFTFAHRTRECHT.....	18
2.2.1 Emissionsbegrenzungen.....	18
2.2.2 Immissionsbegrenzungen.....	19
2.3 HARMONISIERUNG.....	20
2.3.1 Umweltschutzgesetz und Raumplanungsgesetz.....	20
2.3.2 Umweltschutzgesetz und Luftfahrtgesetz.....	21
2.3.3 Folgerungen.....	21
<b>3. LUFTVERKEHR UND LÄRM.....</b>	<b>23</b>
3.1 ENTWICKLUNG UND PROGNOSEN DES LUFTVERKEHRS.....	23
3.2 FLUGLÄRM.....	25
3.2.1 Akustische Gegebenheiten.....	25
3.2.2 Belastungsmasse für Fluglärm.....	27
3.3 ENTWICKLUNG UND PROGNOSEN DER LÄRMBELASTUNG IN DER UMGEBUNG DER LANDESFLUGHÄFEN.....	29
<b>4. WIRKUNGEN VON FLUGLÄRM AUF DEN MENSCHEN.....</b>	<b>33</b>
4.1 ALLGEMEINE LÄRMWIRKUNGEN.....	33
4.2 AUSWIRKUNGEN AM TAG.....	34
4.3 AUSWIRKUNGEN WÄHREND DER NACHT.....	37
4.4 ZUSAMMENFASSUNG.....	39
<b>5. BEURTEILUNGSPEGEL FÜR FLUGLÄRM IN DER UMGEBUNG DER LANDESFLUGHÄFEN.....</b>	<b>41</b>
5.1 DER BEURTEILUNGSPEGEL $L_R$ FÜR DEN TAG.....	42
5.2 DER BEURTEILUNGSPEGEL $L_R$ FÜR DIE NACHT.....	42
<b>6. BELASTUNGSGRENZWERTE FÜR DEN LÄRM DER LANDESFLUGHÄFEN.....</b>	<b>45</b>
6.1 GRENZWERTVORSCHLAG DER KOMMISSION.....	45
6.2 AUSLÄNDISCHE BELASTUNGSGRENZWERTE.....	47
<b>7. AUSMASS UND FINANZIELLE KONSEQUENZEN DER FLUGLÄRMBELASTUNG.....</b>	<b>49</b>
7.1 ANZAHL DER ÜBER DEM IGW BELASTETEN PERSONEN.....	49
7.2 UMFANG UND KOSTEN VON SCHALLSCHUTZMASSNAHMEN.....	50
7.3 MÖGLICHE ENTSCHÄDIGUNG AUS ENTEIGNUNG.....	51
7.3.1 Entschädigungspflichtige Flächen.....	53
7.3.2 Mögliche Forderungen.....	53

<b>ANHANG.....</b>	<b>55</b>
<b>A1 ABKÜRZUNGEN.....</b>	<b>57</b>
<b>A2 GRUNDLAGEN.....</b>	<b>59</b>
A2.1 MASSE UND ZUSAMMENHÄNGE .....	59
A2.2 NATIONALE REGELUNGEN FÜR FLUGLÄRM IM VERGLEICH.....	61
A2.3 AUSZUG AUS BERICHT WÜEST & PARTNER.....	65
<b>A3 GRENZWERTVORSCHLAG DER ARBEITSGRUPPE .....</b>	<b>80</b>
A3.1 VON DER ARBEITSGRUPPE EVALUIERTE VARIANTEN .....	80
A3.2 BEURTEILUNG DER VARIANTEN A BIS D.....	81
A3.3 VARIANTENVORSCHLAG DER ARBEITSGRUPPE .....	84
<b>A4 KONSEQUENZEN DER VARIANTEN A BIS D.....</b>	<b>88</b>
A4.1 ANZAHL DER ÜBER DEM IGW BELASTETEN PERSONEN.....	88
A4.1.1 <i>Umgebung des Flughafens Genf-Cointrin</i> .....	88
A4.1.2 <i>Umgebung des Flughafens Zürich-Kloten</i> .....	89
A4.2 UMFANG UND KOSTEN VON SCHALLSCHUTZMASSNAHMEN.....	89
A4.2.1 <i>Bestehende Anlagen</i> .....	89
A4.2.2 <i>Neue oder wesentlich geänderte Anlagen</i> .....	90
A4.3 MÖGLICHE ENTSCHÄDIGUNG AUS ENTEIGNUNG .....	91
A4.3.1 <i>Entschädigungspflichtige Flächen</i> .....	91
A4.3.2 <i>Mögliche Forderungen</i> .....	91
<b>A5 KARTEN UND TABELLEN ZUR FLUGLÄRMBELASTUNG.....</b>	<b>93</b>
A5.1 LÄRMBELASTUNG DER BEVÖLKERUNG UM GENF-COINTRIN .....	93
A5.2 LINIEN GLEICHER MITTELUNGSPEGEL UM GENF-COINTRIN FÜR DEN TAG * .....	93
A5.3 LINIEN GLEICHER MITTELUNGSPEGEL UM GENF-COINTRIN FÜR DIE NACHT * .....	93
A5.3.1 <i>Erste Nachtstunde 22 -23 Uhr</i> *.....	93
A5.3.2 <i>Zweite Nachtstunde 23-24 Uhr</i> * .....	93
A5.3.3 <i>Letzte Nachtstunde 05-06 Uhr</i> * .....	93
A5.4 LÄRMBELASTUNG DER BEVÖLKERUNG UM ZÜRICH-KLOTEN .....	101
A5.5 LINIEN GLEICHER MITTELUNGSPEGEL UM ZÜRICH-KLOTEN FÜR DEN TAG * .....	103
A5.6 LINIEN GLEICHER MITTELUNGSPEGEL UM ZÜRICH-KLOTEN FÜR DIE NACHT * .....	103
A5.6.1 <i>Erste Nachtstunde 22 -23 Uhr</i> *.....	103
A5.6.2 <i>Zweite Nachtstunde 23-24 Uhr</i> * .....	103
A5.6.3 <i>Letzte Nachtstunde 05-06 Uhr</i> * .....	103
A5.7 LÄRMBELASTUNG DER BEVÖLKERUNG UM BASEL-MULHOUSE .....	111
A5.8 LINIEN GLEICHER MITTELUNGSPEGEL UM BASEL-MULHOUSE FÜR DEN TAG * .....	113
A5.9 LÄRMZONENPLÄNE * .....	113
A5.9.1 <i>Zürich-Kloten</i> * .....	113
A5.9.2 <i>Genf-Cointrin</i> * .....	113

---

\* Karten in EDV-Fassung nicht verfügbar

# ZUSAMMENFASSUNG

## Überblick

Die „Eidg. Kommission für die Beurteilung von Lärmimmissionsgrenzwerten“ empfiehlt mit dem vorliegenden 6. Teilbericht Belastungsgrenzwerte zur Beurteilung des Lärms in der Umgebung der Landesflughäfen.<sup>1</sup> Damit verfügt der Bundesrat über Grundlagen zur Schliessung einer Lücke im schweizerischen Lärmschutzrecht.

Die Kommission wurde durch eine Arbeitsgruppe unterstützt. Zur Erarbeitung der Grenzwertvorschläge galt es insbesondere:

- Neueste wissenschaftliche Erkenntnisse aus erst kürzlich abgeschlossenen in- und ausländischen Lärmforschungen zu berücksichtigen;
- eine der speziellen Nachtfluglärmsituation angepasste Beurteilungsgrundlage zu erarbeiten;
- die möglichen finanziellen und raumplanerischen Auswirkungen einer künftigen Regelung zu bestimmen und
- eine im Verhältnis zu den geltenden luftfahrtrechtlichen Lärmschutzbestimmungen möglichst kompatible aber umweltschutzgerechte Lösung zu finden.

Die Kommission trägt mit ihren Grenzwertvorschlägen den umwelt- und gesundheitspolitischen Kriterien des Artikels 15 USG Rechnung.

Die kritische Schwelle der als vertretbar erachteten Störwirkung wurde beim Tages-Fluglärm gleich hoch angesetzt wie bei den übrigen in der Lärmschutzverordnung (LSV) bereits festgelegten Belastungsgrenzwerten. Bei der Festlegung der Nachtgrenzwerte wurde die geltende Nachtflugordnung, (keine Flugbewegungen zwischen 00.30 und 05 Uhr) vorausgesetzt. Die Grenzwerte für die Nachtstunden berücksichtigen in erster Linie die wissenschaftlichen Erkenntnisse über die gesundheitlichen Folgen lärmbedingter Aufwachreaktionen.

## Belastungsgrenzwerte für den Lärm der Landesflughäfen

Zur Beurteilung der Lärmimmissionen von Landesflughäfen empfiehlt die Kommission die Bildung eines Beurteilungspegels ( $L_r$ ) auf der Grundlage des Mittelungspegels  $L_{eq}$ . Dabei wird vom NNI als Belastungsmass zum  $L_r$  gewechselt.

Die im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 26 durchgeführte „Lärmstudie 90“ kam zum Schluss, dass die Störwirkung von Fluglärm und von Strassenlärm während dem Tag bei gleichen Mittelungspegeln  $L_{eq}$  im Rahmen der Aussagegenauigkeit gleich ist. Daraus wird die Eignung des  $L_{eq}$  als akustisches Lärmass und das Wegfallen einer Pegelkorrektur ( $K$ )<sup>2</sup> begründet. Der Mittelungspegel  $L_{eq}$  ist deshalb zugleich Beurteilungspegel.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Dazu gehören zur Zeit die Flughäfen Zürich-Kloten, Genf-Cointrin und Basel-Mulhouse.

<sup>2</sup> Pegelkorrekturen dienen der Berücksichtigung der unterschiedlichen Störwirkung der verschiedenen Lärmarten. Als Referenzlärmart mit  $K = 0$  gilt der Strassenlärm.

<sup>3</sup>  $L_r = L_{eq} + K$

Ausgehend von der geltenden Nachtflugordnung beschränkt sich die Beurteilung der Nacht auf die drei Nachtstunden 22-23, 23-00 und 05-06 Uhr. Der Nachtgrenzwert beruht auf wissenschaftlichen Untersuchungen, welche als kritische Aufweckschwelle 60 dB(A) am Ohr der schlafenden Person festgestellt haben. Mit wachsender Höhe und Häufigkeit der Überschreitung dieser Schwelle wächst die Zahl der Personen, die durch solche Ereignisse aufgeweckt werden. Da die Begrenzung des maximalen Spitzenpegels in der Praxis kaum kontrollierbar ist, wird die Einführung eines „Ein-Stunden Leq“ vorgeschlagen. Durch Verkürzen der Bezugszeit auf eine Stunde wird erreicht, dass der Spitzenpegel in ausreichendem Ausmass berücksichtigt wird, zugleich aber auch die stündliche Lärmdosis begrenzt bleibt.

**Die Kommission empfiehlt die Einführung folgender Belastungsgrenzwerte:**

Der Beurteilungspegel  $L_r$  wird für den Tag (16 Stunden) mit dem Mittelungspegel  $L_{eq}$  berechnet. Für die Nacht wird  $L_r$  mit dem 1-Stunden- $L_{eq}$  zur Beschränkung der Spitzenwerte für jeden der Zeitabschnitte 22-23, 23-24 Uhr \*\* und 5-6 Uhr einzeln berechnet und beurteilt. Die Mittelungszeit ist je 1 Stunde.

<b>Belastungsgrenzwerte für den Lärm von Landesflughäfen</b>						
Empfindlichkeitsstufe (Art. 43 LSV)	Planungswert $L_r$ in dB(A)		Immissions- grenzwert $L_r$ in dB(A)		Alarmwert $L_r$ in dB(A)	
	Tag	Nacht *	Tag	Nacht *	Tag	Nacht *
I . . . . .	50	40	55	45	60	55
II . . . . .	55	50/45***	60	55/50***	65	65/60***
III . . . . .	60	50	65	55	70	65
IV . . . . .	65	55	70	60	75	70

\* die Nacht wird in drei Stunden aufgeteilt: 22-23, 23-24 \*\* und 5-6 Uhr

\*\* verspätete Flüge dürfen bis 00.30 Uhr landen und starten; diese werden aber der 2. Nachtstunde zugerechnet

\*\*\* der höhere Wert gilt für die 1. Nachtstunde von 22-23 Uhr

Die empfohlenen Grenzwerte entsprechen weitgehend der von der Mehrheit der Arbeitsgruppe empfohlenen Variante A. Die Kommission hat jedoch für die erste Nachtstunde den Grenzwert für die Empfindlichkeitsstufe II um 5 dB(A) angehoben. Dadurch wird die Dominanz der ersten Nachtstunde bezüglich der raumplanerischen Nutzungsbeschränkungen der lärmbeeinträchtigten Gebiete vermieden. Zum Schutze einer ausreichend langen und ununterbrochenen Nachtruhe (zwischen 23 und 06 Uhr) ist für die übrigen Randstunden hingegen ein Immissionsgrenzwert von 50 dB erforderlich.

Die Kommission lehnt auch alle übrigen in der Arbeitsgruppe evaluierten Grenzwertvarianten ab, weil sie den vorgenannten umwelt- und gesundheitspolitischen Kriterien nur ungenügend Rechnung tragen. Grenzwerte haben nach Artikel 15 USG in erster Linie den Schutzkriterien zu entsprechen. Zur Vermeidung untragbarer Folgekosten bietet das Umweltschutzrecht durch Gewährung von Erleichterungen im Einzelfall (vgl. Art. 17 USG) genügend Flexibilität. Auch der von einer Minderheit der Arbeitsgruppe anstelle des Ein-Stunden-Leq geforderte Acht-Stunden-Leq zur Beurteilung des Nachtlärms ist abzulehnen. Die Kommission erachtet die im Anhang A3.3 vorgebrachten Argumente für einen Acht-Stunden-Leq als unzutreffend.

### **Ausmass und finanzielle Konsequenzen der Fluglärmbelastung**

Die Anzahl der übermässig lärmbeeinträchtigten Personen, sowie die raumplanerischen und finanziellen Konsequenzen sind für die verschiedenen evaluierten Grenzwertvarianten

abgeschätzt worden. Die Auswirkungen unterscheiden sich von Variante zu Variante recht stark (vgl. Kapitel 7 und Anhang A3). Die Kenntnis dieser Auswirkungen ist für die politische Entscheidungsfindung von erheblicher Bedeutung. Für die empfohlenen Belastungsgrenzwerte lassen sich für die beiden Flughafengebiete in Zürich und Genf die Auswirkungen wie folgt zusammenfassen:

Vom Fluglärm, der über dem Immissionsgrenzwert liegt, sind insgesamt 67'000 Personen betroffen (Zürich: 49'000 Personen; Genf: 18'000 Personen). 635 Hektaren Land müssen, da sie über dem Immissionsgrenzwert lärmbelastet sind, als entschädigungspflichtig eingestuft werden. (Zürich: 430 Hektaren; Genf: 205 Hektaren). Daraus entstehen schätzungsweise Folgekosten von 2'352 Mio. Fr. (Zürich: 1'736 Mio. Fr.; Genf: 616 Mio. Fr.), wovon 87% für Entschädigungen aus Enteignung und 13% für Schallschutzfenster aufgebracht werden müssen.

Entschädigungen sind indessen auch ohne formelle Belastungsgrenzwerte geschuldet. Nach der heutigen Bundesgerichtspraxis sind Entschädigungen ab einer Tageslärmbelastung von  $L_{eq} = 60$  dB(A) möglich. Dieser Wert entspricht dem vorgeschlagenen Tages-Immissionsgrenzwert der Empfindlichkeitsstufe II. Damit dürften die potentiellen Kosten für Entschädigungen nach Inkrafttreten der Belastungsgrenzwerte in der ähnlichen Grössenordnung liegen.<sup>4</sup>

## **Abstimmung von Umweltschutz- und Luftfahrtgesetzgebung**

Der Erlass von Belastungsgrenzwerten für den Lärm der Landesflughäfen erfordert Rechtsanpassungen. Dabei sind die bundesrechtlichen Lärmschutzvorschriften der Luftfahrtgesetzgebung und der Umweltschutzgesetzgebung zu harmonisieren. Nach Artikel 4 USG sind Vorschriften anderer Bundesgesetze über Lärmeinwirkungen den Grundsätzen des Umweltschutzgesetzes anzupassen.

Die Vorschriften über die technischen und betrieblichen Emissionsbegrenzung der Luftfahrzeuge sind im LFG geregelt. Diese Vorschriften entsprechen den Grundsätzen von Artikel 11 USG.

Hingegen sind die Regelungen betreffend Schallschutz bei Gebäuden und Bau- und Planungsbeschränkungen in der Umgebung der Flughäfen im LFG und USG unterschiedlich. Insbesondere die gestützt auf Artikel 42 LFG erlassenen Vorschriften über die Lärmzonen der Landesflughäfen lassen sich mit den Vorschriften des USG nicht in Einklang bringen. Die Kommission erachtet es als geboten, diese Vorschriften zu vereinheitlichen, um eine der Rechtssicherheit abträgliche Doppelregelung zu vermeiden. Die Harmonisierung der Vorschriften kann grundsätzlich im LFG oder im USG sichergestellt werden. Die Kommission bevorzugt eine Harmonisierung im Rahmen des USG. Damit kann eine in den Grundsätzen einheitliche und USG-konforme Regelung für alle Lärmarten besser sichergestellt werden.

---

<sup>4</sup> Zusätzliche Kosten für Entschädigungen sind nur in Gebieten zu erwarten, bei denen keine Überschreitungen der Taggrenzwerte aber Überschreitungen der Nachtgrenzwerte vorliegen.



# 1. Einleitung

## 1.1 Auftrag der Kommission

Das Umweltschutzgesetz <sup>5</sup> (USG) und die seit dem 1. April 1987 in Kraft stehende Lärmschutz-Verordnung <sup>6</sup> (LSV) ist grundsätzlich auf jede lärm erzeugende Anlage anwendbar. In der LSV sind aber noch nicht für alle Lärmarten Belastungsgrenzwerte enthalten. So fehlen noch solche für die Beurteilung des Lärms der Landesflughäfen, zu denen heute Zürich-Kloten, Genf-Cointrin und Basel-Mulhouse <sup>7</sup> zählen.

Die Ausarbeitung von Belastungsgrenzwertvorschlägen gehört zu den Aufgaben der „Eidgenössischen Kommission für die Beurteilung von Lärmimmissionsgrenzwerten“. Die Kommission erachtet es als ihre Pflicht, dem Bundesrat Grenzwerte vorzuschlagen, die - in Beachtung der neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Auswirkungen von Lärmstörungen - den gesundheitspolitischen Kriterien des nachstehend zitierten Artikels 15, USG entsprechen.

**Artikel 15 Immissionsgrenzwerte für Lärm und Erschütterungen**

*Die Immissionsgrenzwerte für Lärm und Erschütterungen sind so festzulegen, dass nach dem Stand der Wissenschaft oder der Erfahrung Immissionen unterhalb dieser Werte die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden nicht erheblich stören.*

Um dem Bundesrat weitere Entscheidungsgrundlagen zu liefern, hat die Kommission zudem auch Grundlagen über das tatsächliche Ausmass der derzeitigen Lärmbelastung und über die planerischen und finanziellen Konsequenzen dieser Grenzwerte bereitgestellt. (Siehe Kapitel 7). Die Kommission hat bei der Ausarbeitung ihrer Grenzwertvorschläge diese zusätzlichen Erkenntnisse soweit einbezogen, als sie dies im Interesse des Gesundheitsschutzes als vertretbar erachtet.

Die Kommission war nicht beauftragt sämtliche Fragen eines künftigen Vollzugs rechtsverbindlicher Belastungsgrenzwerte zu prüfen. Im Zusammenhang mit der rechtlichen Verankerung der Belastungsgrenzwerte werden insbesondere noch folgende Fragen näher zu klären sein:

- Ersatz der luftfahrtrechtlichen Lärmzonen durch Lärmkataster nach LSV;
- Sind Regionalflughäfen mit erheblichem Linien- und Charterverkehr weiterhin nach den Belastungsgrenzwerten des Anhangs 5 der LSV zu beurteilen?

---

<sup>5</sup> Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983 (SR 814.01).

<sup>6</sup> Lärmschutz-Verordnung vom 15. Dezember 1986 (SR 814.41).

<sup>7</sup> Der Flughafen Basel nimmt dabei eine Sonderstellung ein. Mit dem „Etablissement public franco-suisse de l'aéroport de Bâle-Mulhouse“ als Halter ist dieser Flughafen eine gemeinschaftliche Anlage von Frankreich und der Schweiz. Der Flughafen liegt zwischen St. Louis und Blotzheim und ist von französischem Gebiet gänzlich umschlossen. Der Fluglärm wirkt sich vor allem auf französisches Gebiet und auf die schweizerische Gemeinde Allschwil aus. Bei den Auswirkungen in der Folge der Anwendung von Grenzwerten beschränkt sich deshalb dieser Bericht auf die beiden Flughäfen Zürich-Kloten und Genf-Cointrin. Ebenso werden für den Flughafen Genf nur Auswirkungen auf das schweizerische Gebiet berücksichtigt.

Die Kommission veröffentlichte bisher fünf Teilberichte <sup>8</sup> mit Grenzwertvorschlägen für verschiedene Lärmarten. Die in diesen Publikationen vorgeschlagenen Grenzwerte dienten als Grundlage für die in der LSV verankerten Belastungsgrenzwerte.

## 1.2 Durchführung des Auftrags

Für die Bereitstellung von Grundlagen wurde 1987 eine spezielle Arbeitsgruppe „Belastungsgrenzwerte für den Lärm der Landesflughäfen“ eingesetzt. Diese Arbeitsgruppe erörterte die Lärmprobleme in der Umgebung der Landesflughäfen unter Berücksichtigung der neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse. Eine besonders wichtige Grundlage ist die im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms „Mensch, Gesundheit, Umwelt“ (NFP 26) durchgeführte und 1995 veröffentlichte Lärmstudie über die Betroffenheit der Wohnbevölkerung durch Flug- und Strassenlärm in der Umgebung der Flughäfen Genf und Zürich (siehe Kapitel 4.2) Die Arbeitsgruppe prüfte verschiedene Grenzwertvorschläge und analysierte die planerischen und finanziellen Konsequenzen der evaluierten Grenzwertvarianten.

Die Fluglärmbelastungen können wegen der grossen Flächenausdehnung des Fluglärms nur stichprobenweise durch Messungen ermittelt werden. Langzeitmessungen, die zu einem Mittelwert führen, sind aufwendig, kostspielig und geben keine Auskunft über Zukunftsbelastungen. Lärmbelastungskarten müssen deshalb berechnet werden. Sie sind die notwendige Grundlage für behördliche Entscheide. Die Wirkung verschiedener Massnahmen im Planungsstadium kann nur anhand von berechneten Beurteilungspegeln festgestellt werden. Bereits 1983 nahm die EMPA die Arbeiten zur Entwicklung eines geeigneten Berechnungsverfahrens für den Lärm von Militärflugplätzen auf. Dieses bildete auch die Grundlage zur Entwicklung des Berechnungsverfahrens für den Fluglärm der Landesflughäfen. Nachdem das Computerprogramm zur Verfügung stand, waren die Voraussetzungen zur Darstellung der mit den Belastungsgrenzwerten verbundenen Auswirkungen und Konsequenzen gegeben.

Die Arbeitsgruppe hat ihre Befunde und Empfehlungen in einem Bericht zu Handen der Kommission festgehalten. Die Kommission empfiehlt in freier Würdigung der Vorarbeiten der Arbeitsgruppe die Einführung und Anwendung der in den Kapiteln 5 & 6 dargelegten Beurteilungsverfahren und Belastungsgrenzwerte.

---

<sup>8</sup> Teilbericht 1 (1979): Belastungsgrenzwerte für den Strassenlärm;  
Teilbericht 2 (1980): Belastungsgrenzwerte für den Lärm ziviler Schiessanlagen;  
Teilbericht 3 (1981): Belastungsgrenzwerte für den Lärm der Kleinaviatik;  
Teilbericht 4 (1982): Belastungsgrenzwerte für Eisenbahnlärm;  
Teilbericht 5 (1989): Belastungsgrenzwerte für den Lärm von Militärflugplätzen.

## 1.3 Zusammensetzung der Eidg. Kommission und der Arbeitsgruppe

Die „Expertenkommission zur Beurteilung von Lärmimmissionsgrenzwerten“ setzt sich wie folgt zusammen:

GILBERT VERDAN, Dr., Physiker, Vizedirektor, Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern (**Vorsitz**)

MARCEL-ANDRÉ BOILLAT, Prof Dr en méd., Institut universitaire romand de Santé au travail (IST), Lausanne

ROBERT HOFMANN, Dr., Physiker, Chef der Abteilung Akustik und Lärmbekämpfung, Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), Dübendorf

GEORG ISELIN, Fürsprecher, Chef Koordinationsstelle für Umweltschutz des Kt. Bern, Bern

ANDREAS MEYER, lic. phil. I, Soziologe, Flarz, Gibswil

RUDOLF MUGGLI, Fürsprecher, Direktor der Schweizerischen Vereinigung für Landesplanung, Bern

ERIC J. RATHE, Prof. Dr., Ingenieur, Wettsteinstr. 71, 8332 Russikon

ANNEMARIE SEILER, dipl. phys., dipl. arch., Sektionschefin, Abt. Lärmbekämpfung, BUWAL, Bern

URSULA VETTORI, Dr., Fürsprecherin, Vorstandsmitglied der Schweizerischen Gesellschaft für Umweltschutz (SGU), Gesundheits- u. Umweltdepartement der Stadt Zürich

HANS URS WANNER, Prof. Dr.sc.nat., Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, ETH Zürich

CHRISTOPH ZÄCH, Fürsprecher, Chef Abteilung Recht, BUWAL, Bern

ARMIN ZURKINDEN, Abteilung Lärmbekämpfung, BUWAL, Bern (**Sekretariat**)

Die Arbeitsgruppe „Belastungsgrenzwerte für den Lärm der Landesflughäfen“ setzt sich wie folgt zusammen:

URS JÖRG, Dr., Physiker, Chef der Abteilung Lärmbekämpfung, BUWAL, Bern (**Vorsitz**)

URS ADAM, lic.iur., Stv. Direktor des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL), Bern

ROBERT HOFMANN, Dr., Physiker, Chef der Abteilung Akustik und Lärmbekämpfung, Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), Dübendorf

TOMMASO MELONI, Dr., Physiker, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, ETH Zürich

UMBERTO POCECCO, Chef du service bruit et obstacle à la navigation aérienne, Direction Aéroport International de Genève

JOSÉ ROULIN, dipl.ing., Abteilung Lärmbekämpfung, BUWAL, Bern (**Sekretariat bis Okt. 96**)

ANNEMARIE SEILER, dipl. phys., dipl. arch., Sektionschefin, Abt. Lärmbekämpfung, BUWAL, Bern

DAMIEN SCHERRER, Dr., Physiker, Abteilung Lärmbekämpfung, BUWAL, Bern (**Sekretariat ab Nov. 96**)

CASPAR VASSALLI, Abteilung Lärmbekämpfung, Flughafendirektion Zürich

HANS URS WANNER, Prof. Dr.sc.nat., Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, ETH Zürich

FRIEDRICH WEBER, Raumplaner NDS/HTL, Abt. Raumplanung, Bundesamt für Raumplanung, Bern

SAMUEL WENGER, Chef der Sektion Umwelt, BAZL, Bern

CHRISTOPH ZÄCH, Fürsprecher, Chef Abteilung Recht, BUWAL, Bern

## 2. Fluglärm und Recht

### 2.1 Lärmschutzbestimmungen nach Umweltschutzrecht

Seit dem Inkrafttreten des Umweltschutzgesetzes (USG) und der Lärmschutz-Verordnung (LSV) gilt eine bundesrechtliche Regelung zur Begrenzung des Lärms, welche sämtliche Lärmarten erfasst, die durch den Bau und den Betrieb von Anlagen verursacht werden.

Mit diesen Vorschriften soll die Bevölkerung vor schädlichem oder lästigem Lärm geschützt werden. Um dies zu erreichen, sieht das USG die Begrenzung der Lärmemissionen an der Quelle (Art. 11 Abs. 1 USG) nach einem zweistufigen Konzept vor. In der ersten Stufe sind die Emissionen vorsorglich so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist (Art. 11 Abs. 2 USG). Die Emissionsbegrenzungen werden in der zweiten Stufe verschärft, wenn feststeht, oder zu erwarten ist, dass die Einwirkungen schädlich oder lästig werden (Art. 11 Abs. 3 USG). Welches Mass von Lärm als schädlich oder lästig gilt, hat der Bundesrat mit den Immissionsgrenzwerten in der LSV für die wichtigsten Lärmarten konkret festgelegt. Nach Art. 15 USG sind diese Grenzwerte so festzulegen, dass nach dem Stand der Wissenschaft oder der Erfahrung Immissionen unterhalb dieser Werte die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden nicht erheblich stören. Fehlen Immissionsgrenzwerte, so sind die Immissionen direkt gestützt auf das USG zu beurteilen.

Lassen sich die Immissionen mit verhältnismässigen Massnahmen an der Quelle bei bestehenden Anlagen nicht unter die Immissionsgrenzwerte oder bei neuen Anlagen nicht unter die Planungswerte senken, so gewährt die Vollzugsbehörde im Einzelfall Erleichterungen (Art. 17 Abs. 1 USG). Sofern aufgrund der gewährten Erleichterungen bei bestehenden Anlagen die Alarmwerte bzw. bei neuen oder wesentlich geänderten Anlagen die Immissionsgrenzwerte nicht eingehalten werden können, müssen bei den betroffenen lärmempfindlichen Räumen Ersatzmassnahmen, in der Regel in Form von Schallschutzfenstern, getroffen werden (Art. 20, Abs. 1 bzw. Art. 25 Abs. 3 USG).

#### 2.1.1 Belastungsgrenzwerte

Zur Beurteilung der Lärmimmissionen unterscheidet das USG und damit die LSV drei Arten von Belastungsgrenzwerten (BGW):

- die Immissionsgrenzwerte (IGW), welche die generelle Schädlichkeits- und Lästigkeitsgrenze bezeichnen (Art. 13 USG i.V.m. Art. 15 USG);
- die Planungswerte (PW), die unterhalb der Immissionsgrenzwerte liegen (Art. 23 USG);
- die Alarmwerte (AW), die über den Immissionsgrenzwerten liegen (Art. 19 USG).

#### 2.1.2 Festlegung der Belastungsgrenzwerte

Gleich starke Lärmimmissionen werden vom Menschen in Abhängigkeit von seinen Tätigkeiten als unterschiedlich störend empfunden. Dem trägt das Lärmschutzrecht Rechnung, indem es die Belastungsgrenzwerte einerseits nach der Empfindlichkeit der lärm betroffenen Nutzungszonen und andererseits nach der Tageszeit differenziert:

- Um das unterschiedliche Ruhebedürfnis in den einzelnen Nutzungszonen zu berücksichtigen, unterscheidet die LSV vier Empfindlichkeitsstufen (ES). Die Belastungsgrenzwerte sind dabei für Wohnzonen tiefer als für Industriezonen. In der LSV werden die Kriterien für die Zuordnung der Empfindlichkeitsstufen zu den Nutzungszonen festgelegt (Art. 43 LSV, vgl. Tabelle 2.1). Die konkrete Zuordnung ist Sache der Kantone (Art. 44 Abs. 1 und 3 LSV).
- Um während der Nacht ein erhöhtes Mass an Ruhe zu gewährleisten, sind die Belastungsgrenzwerte in der Nacht tiefer als am Tag.

**Tabelle 2.1** Zuordnungskriterien der Empfindlichkeitsstufen (ES) zu den Nutzungszonen.

<b>ES</b>	<b>Nutzung der Zonen</b>
<b>I</b>	Zonen mit einem erhöhten Lärmschutzbedürfnis
<b>II</b>	Zonen, in denen keine störenden Betriebe zugelassen sind (namentlich in Wohnzonen sowie Zonen für öffentliche Bauten und Anlagen)
<b>III</b>	Zonen, in denen mässig störende Betriebe zugelassen sind (namentlich in Wohn- und Gewerbebezonen (Mischzonen) sowie Landwirtschaftszonen)
<b>IV</b>	Zonen, in denen stark störende Betriebe zugelassen sind (namentlich in Industriezonen)

### 2.1.3 Emissionsbegrenzung bei Flugplätzen

Für die Emissionsbegrenzung bei den Flugzeugen gilt die Gesetzgebung über die Zivilluftfahrt (Art. 3 Abs. 2 LSV). Emissionsbegrenzungen sind jedoch nach USG/LSV und Luftfahrtgesetz (LFG) und Verordnung über die Infrastruktur der Luftfahrt (VIL) auch bei Flugplätzen zu treffen, etwa in Form von Betriebsvorschriften (An-/Abflugverfahren, Betriebszeiten, Pistenwahl) oder Bauvorschriften. Einschränkungen bei der Wahl der emissionsbegrenzenden Massnahmen ergeben sich bei den Landesflughäfen bereits aufgrund des Zulassungszwangs für den öffentlichen Luftverkehr und der Tatsache, dass die An- und Abflugverfahren der Verkehrssicherheit erste Priorität einräumen müssen.

#### Anforderungen an bestehende Flugplätze

Flugplätze, deren Betrieb wesentlich zur Überschreitung der IGW beiträgt, müssen saniert werden (Art. 16 Abs. 1 USG und Art. 13 Abs. 1 LSV). Im Rahmen der Sanierung sind Emissionsbegrenzungen so weit anzuordnen als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist und dass die IGW nicht mehr überschritten werden (Art. 11 Abs. 2 und 3; Art. 16 Abs. 1 USG; Art. 13 Abs. 1 und 2 LSV).

Können die Lärmimmissionen von bestehenden Anlagen mit verhältnismässigen Sanierungsmassnahmen nicht überall unter die IGW herabgesetzt werden, so gewährt die Vollzugsbehörde im Einzelfall Erleichterungen (Art. 17 Abs. 1 USG; Art. 14 Abs. 1 LSV). Aufgrund der gewährten Erleichterungen dürfen jedoch die AW nicht überschritten werden (Art. 17 Abs. 2 USG; Art. 14 Abs. 2 LSV).

Lassen sich wegen gewährten Erleichterungen bei öffentlichen, konzessionierten Flugplätzen die AW nicht einhalten, sind bei den betroffenen lärmempfindlichen Räumen Schall-

schutzmassnahmen zu treffen (Art. 20 USG; Art. 15 LSV). Die Kosten für diese Massnahmen trägt in der Regel der Anlageeigentümer (Art. 2 USG; Art. 16 Abs. 1 LSV).

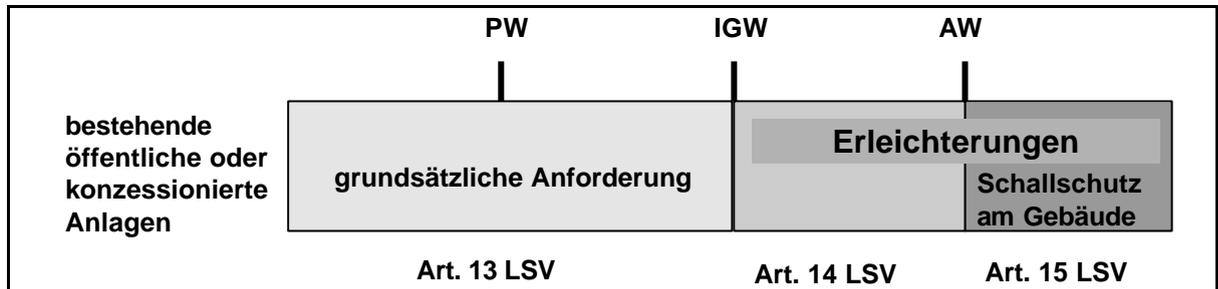


Abbildung 2.1 Anforderungen an bestehende Flugplätze.

### Anforderungen an geänderte Flugplätze

Wird ein bestehender Flugplatz oder dessen Betrieb geändert, so müssen die Lärmemissionen der neuen oder geänderten Teile vorsorglich so weit begrenzt werden, als dies technisch und betrieblich möglich sowie wirtschaftlich tragbar ist (Art. 11 Abs. 2 USG; Art. 8 Abs. 1 LSV). Führt eine Änderung zu wahrnehmbar stärkeren Lärmimmissionen, so sind die Emissionen der gesamten Anlage zusätzlich zur Vorsorge so weit zu begrenzen, dass die von der Anlage verursachten Immissionen die IGW nicht übersteigen (Art. 8 Abs. 2 und 3 LSV).

Können bei öffentlichen, konzessionierten Flugplätzen die Immissionsgrenzwerte nicht eingehalten werden, müssen Schallschutzmassnahmen an den bestehenden Gebäuden ergriffen werden (Art. 25 Abs. 3 USG; Art. 10 LSV). Die Regelung für wesentlich geänderte Anlagen ist somit strenger als jene für bestehende Anlagen.

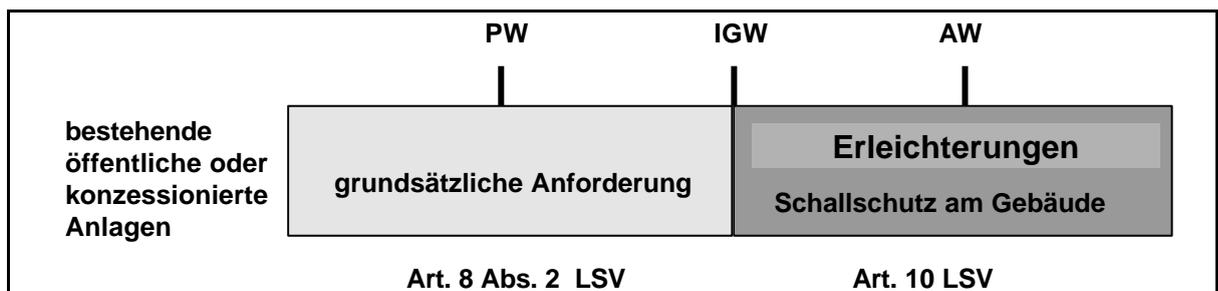


Abbildung 2.2 Anforderungen an wesentlich geänderte Flugplätze.

### Anforderungen an neue Flugplätze

Die Lärmemissionen neuer Flugplätze müssen so weit begrenzt werden, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist (Art. 11 Abs. 2 USG; Art. 7 Abs. 1 Bst. a LSV) und zusätzlich so weit, dass die von ihnen allein erzeugten Lärmimmissionen die Planungswerte (PW) nicht übersteigen (Art. 25 Abs. 1 USG; Art. 7 Abs. 1 Bst. b LSV).

Besteht an der Anlage ein überwiegendes öffentliches Interesse und würde die Einhaltung der PW zu einer unverhältnismässigen Belastung des Projektes führen, so müssen im Einzelfall Erleichterungen gewährt werden (Art. 25 Abs. 2 USG; Art. 7 Abs. 2 LSV). Die Immissions-

grenzwerte dürfen allerdings durch die Gewährung von Erleichterungen nicht überschritten werden (Art. 25 Abs. 2 USG; Art. 7 Abs. 2 Satz 2 LSV).

Können bei öffentlichen oder konzessionierten Anlagen die IGW mit den verhältnismässigen Massnahmen nicht eingehalten werden, so sind auf Kosten der Anlageeigentümer bei den Gebäuden mit lärmempfindlichen Räumen Schallschutzmassnahmen zu treffen (Art. 25 Abs. 2 USG; Art. 10 LSV).

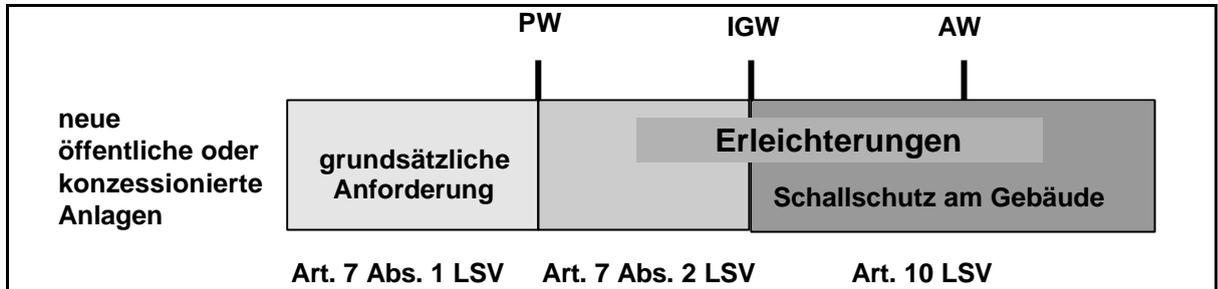


Abbildung 2.3 Anforderungen an neue Flugplätze.

## 2.1.4 Raumplanerische Massnahmen

In der Absicht, die Siedlungsentwicklung so zu lenken, dass künftige Konflikte wegen zu hohen Lärmeinwirkungen vermieden werden, enthält das USG verschiedene raumplanerische Vorschriften. Der Gesetzgeber konkretisiert damit zum einen die Planungsgrundsätze des Raumplanungsgesetzes und verhindert andererseits das Entstehen neuer Lärmkonflikte.

### Ausscheidung und Erschliessung von Bauzonen in lärmbelasteten Gebieten

Neue Bauzonen für Gebäude mit lärmempfindlichen Räumen dürfen nur ausgeschieden werden, wenn die Planungswerte nicht überschritten sind oder durch bauliche, planerische oder gestalterische Massnahmen eingehalten werden können (Art. 24 Abs. 1 USG; Art. 29 LSV).

Gleich strenge Anforderungen gelten grundsätzlich auch für bestehende, aber noch nicht erschlossene Bauzonen. Werden die Planungswerte in einer solchen Zone überschritten, so ist sie einer weniger empfindlichen Nutzungsart zuzuführen, sofern nicht durch bauliche, planerische oder gestalterische Massnahmen im überwiegenden Teil dieser Zonen die PW eingehalten werden können (Art. 24 Abs. 2 USG; Art. 30 LSV).

Da in der Umgebung von Flugplätzen in der Regel weder durch bauliche Massnahmen wie Lärmschutzwände oder -wälle noch durch planerische oder gestalterische Vorkehren wie Sondernutzungsplanungen eine Verminderung der Lärmimmissionen herbeigeführt werden kann, bewirken diese Vorschriften eine spürbare Einschränkung der Nutzungsmöglichkeiten.

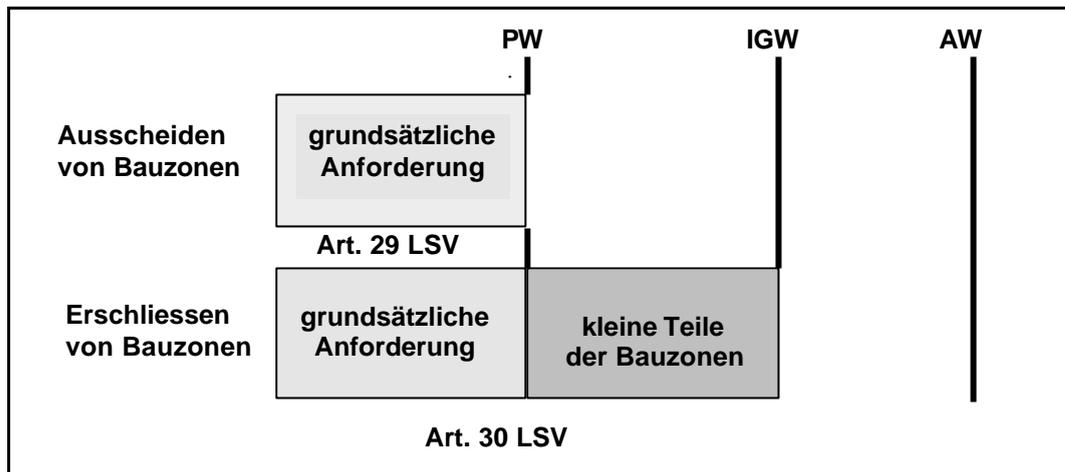


Abbildung 2.4 Ausscheidung und Erschliessung von Bauzonen.

### Bewilligung von Gebäuden in lärmbelasteten Gebieten

Baubewilligungen sollen im Sinne der Konfliktprävention nur dann erteilt werden, wenn die bestehende Lärmsituation ein befriedigendes Wohnen oder Arbeiten zulässt. Deshalb schreibt das USG vor, dass Baubewilligungen für Gebäude mit Räumen, die dem längeren Aufenthalt von Personen dienen, nur noch erteilt werden dürfen, wenn die IGW nicht überschritten sind oder durch geeignete bauliche (z.B. Lärmabschirmungen) oder gestalterische Massnahmen (Stellung der Baukörper) beziehungsweise durch die Anordnung der lärmempfindlichen Räume auf der dem Lärm abgewandten Seite des Gebäudes eingehalten werden können (Art. 22 Abs. 1 USG; Art. 31 Abs. 1 LSV).

Bleiben die IGW trotz dieser Massnahmen überschritten, dürfen Baubewilligungen ausnahmsweise erteilt werden, wenn an der Erstellung des Gebäudes ein überwiegendes Interesse besteht und die kantonale Behörde zustimmt (Art. 31 Abs. 2 LSV). Die Klärung dieser Frage erfordert in jedem Einzelfall eine sorgfältige Interessenabwägung. Ein genügendes Interesse wäre beispielsweise dann gegeben, wenn eine bestehende Baulücke geschlossen werden soll. Bei Alarmwertüberschreitungen dürfte das überwiegende Interesse an einem Wohngebäude indessen kaum mehr begründbar sein. In solchen Fällen hat das Schutzinteresse in aller Regel Vorrang. Wird ein Gebäude trotz Überschreitung der IGW erstellt, so sind erhöhte Anforderungen an die Schalldämmung der Aussenbauteile zu stellen (Art. 32 Abs. 2 LSV).

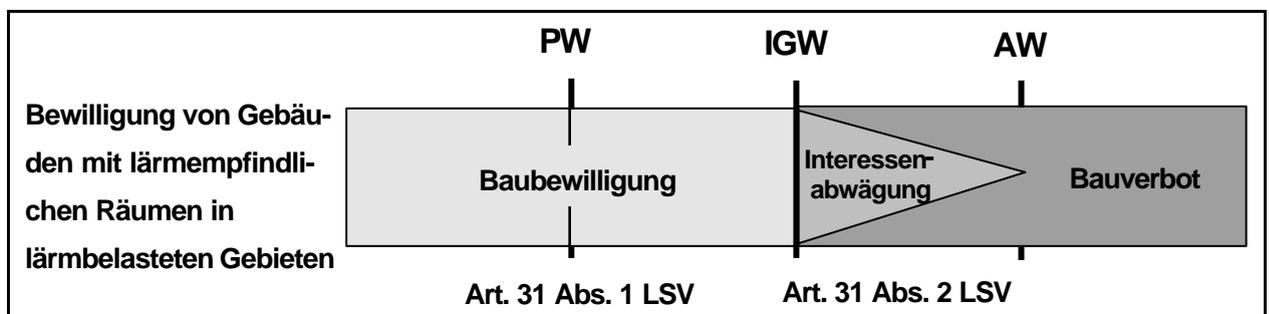


Abbildung 2.5 Bewilligung von Gebäuden mit lärmempfindlichen Räumen in lärmbelasteten Gebieten.

## 2.2 Lärmschutzbestimmungen im Luftfahrtrecht

Das Luftfahrtgesetz (LFG) und seine Ausführungsbestimmungen regeln die lärmbezogenen Anforderungen an die Luftfahrzeuge sowie deren Betrieb. Es enthält auch Bestimmungen für den Bau und Betrieb der Flugplätze sowie über Bau- und Planungsbeschränkungen in der Umgebung der Flughäfen (Lärmzonen der öffentlichen Flugplätze). Die Lärmzonen der Landesflughäfen basieren auf dem NNI und diejenigen der Regionalflughäfen auf dem L<sub>r</sub>.

### 2.2.1 Emissionsbegrenzungen

Die Lärmentwicklung der motorisch angetriebenen Luftfahrzeuge ist zu prüfen (Art. 58 LFG). Der Erlass der Anforderungen über die zulässige Lärmentwicklung der Luftfahrzeuge ist dem Eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement (EVED), im Einvernehmen mit dem Eidgenössischen Departement des Innern (EDI), übertragen. Die Eintragung ins schweizerische Luftfahrzeugregister kann verweigert werden (Art. 52 LFG), wenn ein Luftfahrzeug offensichtlich den Bestimmungen über den Umweltschutz nicht entspricht (Art. 3 LFV). Die Anforderungen über die Begrenzung der Lärmemissionen sowie anderer Emissionen sind nach dem jeweiligen Stand der Technik festzulegen (Art. 5 LFG, Art. 13 LFV). Diese Anforderungen wurden in der Verordnung vom 5. Oktober 1984 über die Emissionen von Luftfahrzeugen (VEL) sowie deren Revisionen 1990 und 1996 neu festgelegt, wobei teilweise von den Normen der Internationalen Zivilluftfahrtorganisationen (ICAO) verschärfend abgewichen wurde. Nebst den Vorschriften über die Zulassung von Luftfahrzeugen bestehen noch solche betreffend den Betrieb der Luftfahrzeuge und der Flugplätze:

- Rahmen-, Bau- und Betriebskonzessionen können erteilt werden, wenn die Anforderungen des Umwelt-, Natur- und Heimatschutzes erfüllt sind (Art. 8 Bst. a, Art. 14 ff VIL).
- Die Konzessionen beinhalten u.a. die Rahmenbedingungen zum Schutze der Umwelt (Art. 17 Bst. a und Art. 19 Bst. b VIL).
- Eine Konzession kann ergänzt oder geändert werden, wenn u.a. wesentliche Anforderungen des Umweltschutzes dies erfordern (Art. 20 Abs. 1 VIL).
- In der Nachtzeit (22 00 - 06 00 Uhr) ist bei der Bewilligung von Flügen grösste Zurückhaltung zu üben (Art. 39 VIL).
- Die An- und Abflugverfahren werden vom Flugplatzhalter unter Wahrung der Flugsicherheit und unter Berücksichtigung der Flugleistungen der Luftfahrzeuge festgelegt, wobei er den Anforderungen der Raumplanung und des Umwelt-, Natur- und Heimatschutzes Rechnung trägt (Art. 11 Abs. 2 VIL).
- Der Flugplatzhalter muss ein Betriebsreglement erstellen und darin insbesondere festhalten:
  - Die Organisation des Flugplatzes;
  - die An- und Abflugverfahren sowie die besonderen Vorschriften für die Benützung;
  - die konkrete Ausgestaltung der in der Betriebskonzession oder in der Betriebsbewilligung vorgegebenen Rahmenbedingungen, namentlich hinsichtlich der technischen und betrieblichen Mindestanforderungen sowie der wesentlichen Anforderungen der Flugsicherheit, der Raumplanung und des Umwelt-, Natur- und Heimatschutzes (Art. 11 Abs. 1 Bst. a, b, c VIL).
- Mit Luftfahrzeugen darf nur soviel Lärm verursacht werden, wie es bei rücksichtsvollem Verhalten und sachgemässer Bedienung unvermeidbar ist (Art. 10 der Verordnung vom 4. Mai 1981 über die Verkehrsregeln der Luftfahrzeuge VVR).

- Die veröffentlichten An- und Abflugverfahren sind einzuhalten (Art. 22 VVR).

Diese Aufzählung ist nicht abschliessend; sie beschränkt sich auf die Bestimmungen, die im Zusammenhang mit den in diesem Bericht erörterten Fragen eine Bedeutung haben könnten.

## 2.2.2 Immissionsbegrenzungen

Das Luftfahrtgesetz unterscheidet in Artikel 37 zwei Flugplatzkategorien:

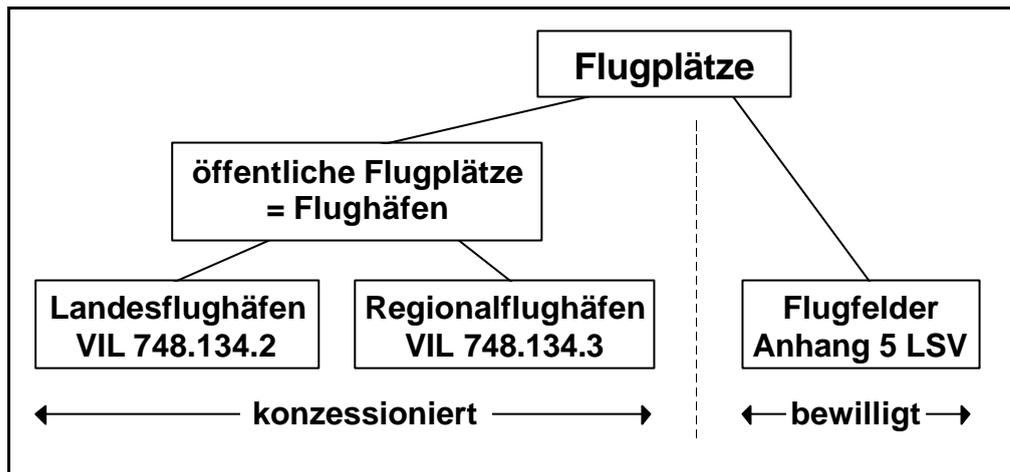


Abbildung 2.6 Einteilung der Flugplätze in 2 Kategorien.

- Flughäfen sind öffentliche Flugplätze, für die Zulassungszwang besteht; ihr Bau und Betrieb bedarf einer Konzession des Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartementes.
- Flugfelder werden alle anderen Flugplätze genannt; ihr Bau und Betrieb bedarf einer Bewilligung des BAZL.

Nachfolgend werden die luftrechtlichen Bestimmungen nur mit Bezug auf die konzessionierten Flugplätze betrachtet.

Der am 1. Januar 1974 in Kraft getretene Artikel 42 Absatz 1 Buchstabe b der LFG gibt dem Bundesrat die Kompetenz, durch Verordnung vorzuschreiben, dass Gebäude in einem bestimmten Umkreis von Flughäfen nur noch benützt oder neu erstellt werden dürfen, soweit sich ihre Ausführung und Bestimmung mit der Fluglärmbelastung vereinbaren lassen. Das Gesetz enthält Bestimmungen über das Aufstellen der Lärmzonenpläne, das Anhörungsverfahren, die öffentliche Auflage der Pläne, das Einsprache- und Genehmigungsverfahren und den Anspruch auf Entschädigung (Art. 42-44 LFG).

Der Bundesrat hat gewisse Fragen der Lärmzonenordnung in der Luftfahrtverordnung vom 14. November 1973 (LFV) beziehungsweise in der Verordnung über die Infrastruktur der Luftfahrt (VIL) vom 23. November 1994 selbst geordnet, andere an das Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement delegiert, das im Einvernehmen mit dem Eidg. Departement des Innern zu entscheiden hat.

Das EVED hat am 23. November 1973 eine Verordnung über die Lärmzonen der Flughäfen Basel-Mulhouse, Genf-Cointrin und Zürich und am 9. März 1984 eine Verordnung über die Lärmzonen der konzessionierten Regionalflyghäfen erlassen.

Die Verordnung über die Lärmzonen der Flughäfen Basel-Mulhouse, Genf-Cointrin und Zürich schreibt folgendes vor:

- Den Lärmbelastungsindex NNI (Art. 1);
- die Ermittlungs- und Berechnungsmethode des NNI (Art. 2, 3, 4);
- die Belastungswerte, die die Zonengrenzen begründen (Art. 7)  
(Lärmzonen der Flughäfen Zürich und Genf: siehe Anhänge A5.9.1 bzw. A5.9.2);
- die Schallschutzanforderungen für neue Gebäude in den Lärmzonen (Art. 9).

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 BUWAL 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). Schallschutzmassnahmen an solchen Gebäuden sind nur bei Umbauten erforderlich (Art. 46 VIL). Baubewilligungen für Gebäude in Lärmzonen dürfen nur erteilt werden, wenn diese für die in der betreffenden Zone zulässige Nutzung vorgesehen und mit den allenfalls vorgeschriebenen Schallschutzmassnahmen ausgerüstet sind (Art. 45 VIL).

Wirken sich die einer Lärmzone entsprechenden Nutzungsbeschränkungen des Grundeigentums wie eine Enteignung aus, so ist der Anspruch auf Entschädigung begründet (Art. 44 LFG). Für die Entstehung des Anspruches und die Bemessung der Entschädigung sind die Verhältnisse bei der Veröffentlichung des Zonenplanes massgebend, das heisst für die Umgebung des Flughafens Genf-Cointrin der 7.9.87 und beim Flughafen Zürich der 28.8.87. Die Lärmbelastung des Flughafens Basel-Mulhouse auf Schweizer Gebiet ist zu klein für die Begründung einer Lärmzone.

Der Anspruch muss innert fünf Jahren seit der Veröffentlichung des Zonenplans beim Flugplatzhalter angemeldet werden. Ist der Anspruch im Bestand oder im Umfang bestritten, so ist das in der Bundesgesetzgebung über die Enteignung vorgesehene Schätzungsverfahren sinngemäss anwendbar.

## 2.3 Harmonisierung

### 2.3.1 Umweltschutzgesetz und Raumplanungsgesetz

Art. 22 quater BV verpflichtet Bund und Kantone zu einer gemeinsamen Raumplanung mit dem Ziel, eine zweckmässige Nutzung des Bodens und eine geordnete Besiedelung des Landes zu erreichen. Wichtige Prinzipien sind dabei die haushälterische Bodennutzung und die gegenseitige Abstimmung raumwirksamer Tätigkeiten. Dem Bund obliegt dabei in erster Linie die Grundsatzgesetzgebung und die Berücksichtigung der Erfordernisse der Raumplanung bei der Erfüllung seiner verfassungsmässigen Aufgaben (z.B. Luftfahrt).

Zur Sicherung der horizontalen und vertikalen Abstimmung sowie der Durchsetzung der Ziele und Grundsätze der Raumplanung (Art. 1 und 3 RPG) verlangt das Raumplanungsgesetz von den Kantonen den Erlass von behördenverbindlichen Richtplänen, die aufzeigen, wie die raumwirksamen Tätigkeiten im Hinblick auf die anzustrebende Entwicklung aufeinander abgestimmt werden sollen. Dabei berücksichtigen die Kantone die Sachpläne des Bundes, die im Zuständigkeitsbereich des Bundes konkrete raumplanerische Vorgaben machen. Für die Umsetzung dieser Ordnung in eine grundeigentümergebundene Form verlangt das RPG von

den Kantonen den Erlass von Nutzungsplänen. Die Übereinstimmung eines konkreten Bauprojekts mit dieser Nutzungsplanung wird in der Regel im Baubewilligungsverfahren überprüft.

Die Lärmschutzvorschriften des USG (insb. Art. 22 und 24 USG) sind verfahrensmässig mit dem oben kurz dargestellten Verfahren aber auch inhaltlich mit den Zielen (Art. 3 Abs. 3 Bst. b RPG) des RPG abgestimmt. Die Vorschriften des USG mit der dazugehörigen LSV und das RPG ergeben damit ein weitgehend einheitliches Lärmschutzkonzept.

### 2.3.2 Umweltschutzgesetz und Luftfahrtgesetz

Der Gesetzgeber verfolgte mit dem Erlass des USG die Absicht, alle bundesrechtlichen Ausführungsvorschriften im Zusammenhang mit der Bekämpfung von Lärm den Grundsätzen des USG anzupassen (Art. 4 USG). Dabei sollten die entsprechenden Bestimmungen in anderen Spezialgesetzen nicht etwa in das USG eingegliedert, sondern in den bisherigen Regelungen belassen werden.

Im Bereich der Luftfahrtgesetzgebung ist dieses Ziel noch nicht durchwegs erreicht. Zusammenfassend sind zwischen der Lärmbekämpfung nach Luftfahrt- und nach Umweltschutzgesetz folgende Unterschiede und Gemeinsamkeiten zu beachten:

- Emissionsbegrenzungen bei Flugzeugen (Quellenbegrenzung) werden anhand der Kriterien des USG (Art. 11) in der luftfahrtrechtlichen Verordnung vom 5. Oktober 1984 über die Emissionsbegrenzungen von Luftfahrzeugen abschliessend geregelt. Die LSV enthält diesbezüglich einen Verweis in Artikel 3.
- Emissionsbegrenzungen bei Flughäfen durch bauliche oder betriebliche Massnahmen finden ihre Grundlage im wesentlichen im USG und in der LSV (vgl. Ziff. 2.1.3). Die luftfahrtspezifischen Grundsätze sowie die Instrumente zur Durchsetzung der Massnahmen sind hingegen im Luftfahrtrecht verankert.
- Die Kosten für emissionsbegrenzende Massnahmen an der Quelle trägt sowohl nach LFG wie nach USG der Verursacher, also der Flugzeug- oder Flughafenhalter.
- USG und LFG enthalten planerische und bauliche Eigentumsbeschränkungen in der Umgebung von Flughäfen (vgl. Ziff. 2.1.4 und 2.2.2). Diese Regelungen lassen sich nicht vollständig zur Deckung bringen.
- USG und LFG regeln den Schallschutz für lärmbelastete Gebäude. Im Unterschied zum USG lässt es das LFG dabei zu, bestehende Gebäude ohne Schallschutzmassnahmen weiter zu benützen. Das USG hingegen verlangt bei Belastungen über den IGW (neue/geänderte Flughafenanlage), bzw. über den AW (bestehende Flughafenanlage) Schallschutzmassnahmen auch bei bestehenden Gebäuden. Zudem erstreckt sich die Schallschutzpflicht nach LFG nur auf Wohn-, Schul-, Geschäfts- und Bürohäuser, während das USG generell Gebäude mit Räumen, die dem längeren Aufenthalt von Personen dienen, schützen will.
- Die Kosten für Schallschutzmassnahmen an neuen oder umgebauten Gebäuden tragen nach beiden Gesetzen die Gebäudeeigentümer. Hingegen gehen die Schallschutzmassnahmen nach USG bei bestehenden Gebäuden zu Lasten des Flughafenhalters.

### 2.3.3 Folgerungen

Aus der Gegenüberstellung der massgebenden Vorschriften ergibt sich, dass im Bereich der raumplanerischen Vorschriften von LFG einerseits und USG und RPG andererseits unterschiedliche Regelungen für gleiche Sachverhalte bestehen. So enthalten LFG und USG

Vorschriften über den Schallschutz bei neuen Gebäuden und untersagen grundsätzlich das Bauen in lärmbelasteten Gebieten. Allerdings sind beide Regelungen unterschiedlich konzipiert, weshalb ihre Anwendung zu verschiedenen Ergebnissen führt.

Die Kommission erachtet es deshalb als sachlich geboten, diese Vorschriften zu harmonisieren, um die unnötige Doppelregelung zu beseitigen. Prinzipiell kann diese Harmonisierung im LFG oder im USG durchgeführt werden.

Die Kommission bevorzugt das Konzept des Umweltschutzgesetzes. Dieses stützt sich auf eine Verfassungsgrundlage, die ausdrücklich den Schutz des Menschen vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen, namentlich Lärm, zum Ziel hat. Das USG regelt sodann im Einklang mit dem Raumplanungsrecht konkret, wie dieses Ziel zu erreichen ist. Diese Vorschriften sind auch auf die entsprechenden Verfahren der Raumplanung abgestimmt. Demgegenüber stützen sich die zur Zeit bestehenden Vorschriften der Lärmzonen der Luftfahrt bloss auf eine verfassungsmässige Kompetenzzuweisung, und sie begründen eine Regelung, die punktuelle Eingriffe in die bauliche oder planerische Entwicklung enthält und spezielle, zusätzliche Verfahren notwendig macht.

Artikel 42 LFG ermächtigt den Bundesrat Vorschriften über die Ausscheidung von Lärmzonen zu erlassen, verpflichtet ihn aber nicht dazu. Es wäre damit ohne Änderung des LFG rechtlich durchaus möglich, dass der Bundesrat zugleich mit der in Frage stehenden Änderung der LSV die Bestimmungen über die Lärmzonen in den Artikeln 40ff VIL aufhebt. Damit würden auch die Verordnungen über die Lärmzonen der Landesflughäfen und Regionalflughäfen hinfällig und die bestehenden Lärmzonen wären aufzuheben. Für alle Bau- und Planungsbeschränkungen in der Umgebung der Flughäfen wären nur noch das USG und die LSV anwendbar.

## 3. Luftverkehr und Lärm

### 3.1 Entwicklung und Prognosen des Luftverkehrs

Nachdem im Jahre 1920 der Bundesrat eine schweizerische Luftverkehrsordnung erlassen hatte wurde 1921 der Artikel 37ter „Die Gesetzgebung über die Luftschifffahrt ist Sache des Bundes“ in die Bundesverfassung aufgenommen. 1951 wurden die beiden Landesflughäfen Genf-Cointrin und Zürich-Kloten konzessioniert nachdem mit dem Staatsvertrag vom 4.7.1949 bereits der Flughafen Basel-Mulhouse gegründet war.

Seit diesen Anfängen hat sich der Flugverkehr stark entwickelt. In den Abbildungen 3.1a bis 3.1c ist diese Entwicklung für die Zeit von 1970 bis 1994 für den Linien- und gewerbsmässigen Nichtlinien- Luftverkehr auf den Landesflughäfen Zürich-Kloten, Genf-Cointrin und Basel-Mulhouse dargestellt.<sup>9 10</sup>

Viele schwierig einzuschätzende Faktoren wirken auf die zukünftige Entwicklung des Luftverkehrs: wirtschaftliche Entwicklung, Flugpreise, institutionelle Rahmenbedingungen wie z.B. Verkehrs- und Umweltpolitik, Kapazitätsgrenzen der Flughäfen, Bahn als Alternative, Konkurrenz anderer Flughäfen und nicht zuletzt auch die Flugsicherungskapazität. Ein weiterhin deutliches Wachstum der weltweiten Transportleistung im Luftverkehr ist zu erwarten.

Für die drei Landesflughäfen haben institutionalisierte Arbeitsgruppen mit Vertretern der Flughafendirektionen, der Flughafen-Immobilien-Gesellschaft, der Swisscontrol, der Swissair, dem BAZL in Zusammenarbeit mit der französischen Luftfahrtbehörde Prognosen für die Flugverkehrszahlen (Bewegungen, Passagiere und Fracht) erstellt. Das Resultat der Prognosen ist ebenfalls in den Abbildungen 3.1a bis 3.1c zu sehen. Die Zusammenfassung einer weiteren Studie<sup>11</sup> des BAZL führt aus: Die Analyse der Entwicklung der Gesamtheit aller Flugbewegungen im schweizerischen Luftraum (d.h. Starts, Landungen und Überflüge) ergibt, dass der Luftverkehr zwischen 1992 und 2010 insgesamt um knapp 50% zunehmen wird. Dabei dürfte die Zahl der Bewegungen auf den Flugplätzen um rund ein Viertel ansteigen. Im gleichen Zeitraum wird das Passagiervolumen auf allen schweizerischen Flugplätzen gesamthaft um rund 80% zunehmen.<sup>12</sup>

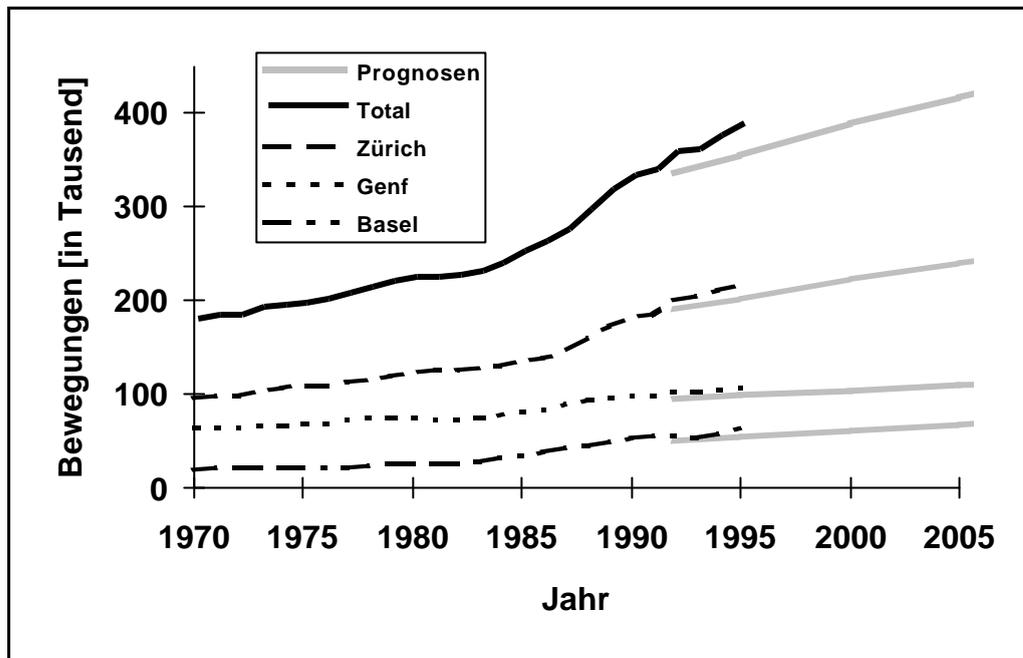
---

<sup>9</sup> „Die Schweizerische Zivilluftfahrt“ (Jahresberichte bis 1994) , BAZL, Bern.

<sup>10</sup> Nicht inbegriffen sind nichtgewerbsmässige Flüge. Als solche gelten Geschäfts-, Werk-, Schul- und Privatflüge sowie Flüge für Such- und Rettungsdienste und Flüge mit Staatsluftfahrzeugen. Die Entwicklung dieser nichtgewerbsmässigen Flüge auf den Landesflughäfen ist zur Zeit abnehmend; die Grössenordnung der jährlichen Bewegungszahlen ist gesamthaft 120'000.

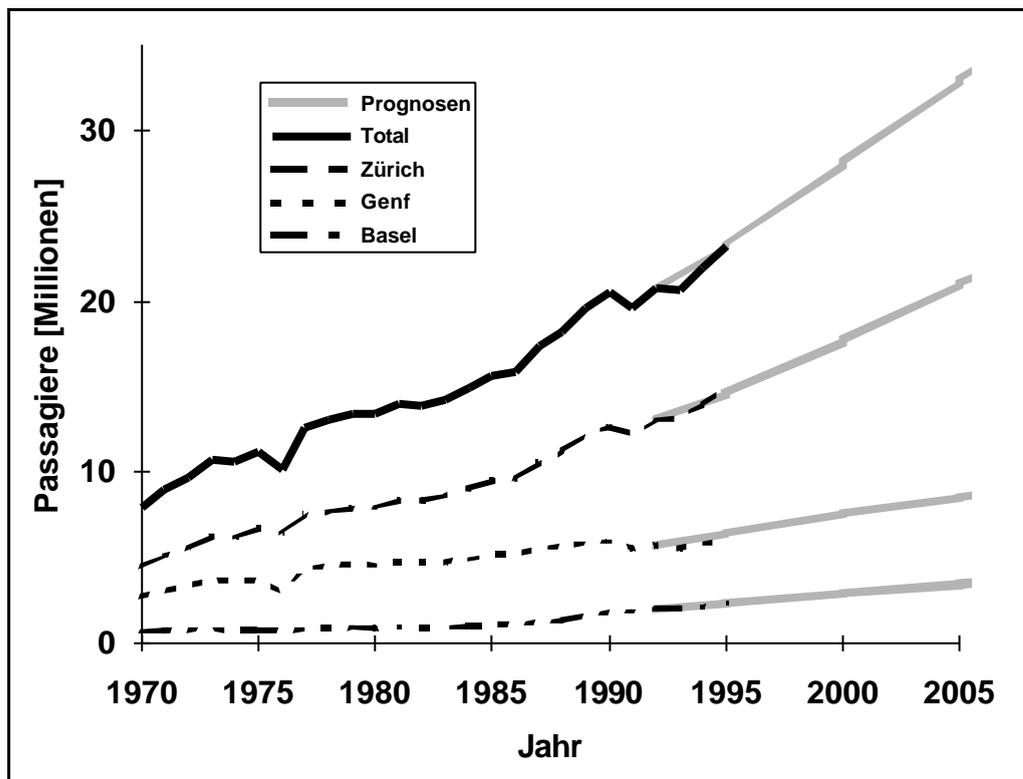
<sup>11</sup> „Die Entwicklung des Luftverkehrs auf den schweizerischen Landesflughäfen und auf den Regionalflugplätzen 1993-2010, Perspektive 1993“ , BAZL, Bern.

<sup>12</sup> Die Aussagen in diesem Bericht beziehen sich auf Landesflughäfen und Regionalflugplätze.



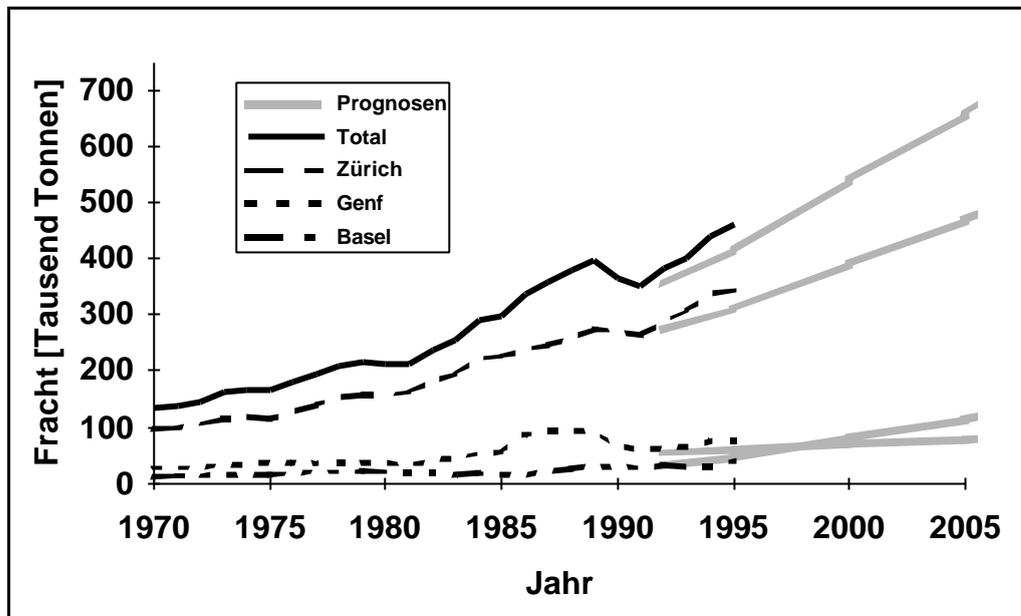
**Abbildung 3.1a** Flugverkehrszahlen rückblickend und Prognosen.

Anzahl Bewegungen des Linien- und gewerbsmässigen Nichtlinien- Luftverkehrs auf den Landesflughäfen pro Jahr (Total für Zürich, Genf-Cointrin und Basel-Mulhouse) gemäss „Perspektive 1993“, BAZL (Quelle 11).



**Abbildung 3.1b** Flugverkehrszahlen rückblickend und Prognosen.

Anzahl Passagiere des Linien- und gewerbsmässigen Nichtlinien- Luftverkehrs auf den Landesflughäfen pro Jahr (Total für Zürich, Genf-Cointrin und Basel-Mulhouse) gemäss „Perspektive 1993“, BAZL (Quelle 11).



**Abbildung 3.1c** Flugverkehrszahlen rückblickend und Prognosen.

Fracht des Linien- und gewerbsmässigen Nichtlinien- Luftverkehrs auf den Landesflughäfen pro Jahr (Total für Zürich, Genf-Cointrin und Basel-Mulhouse) gemäss „Perspektive 1993“, BAZL (Quelle 11).

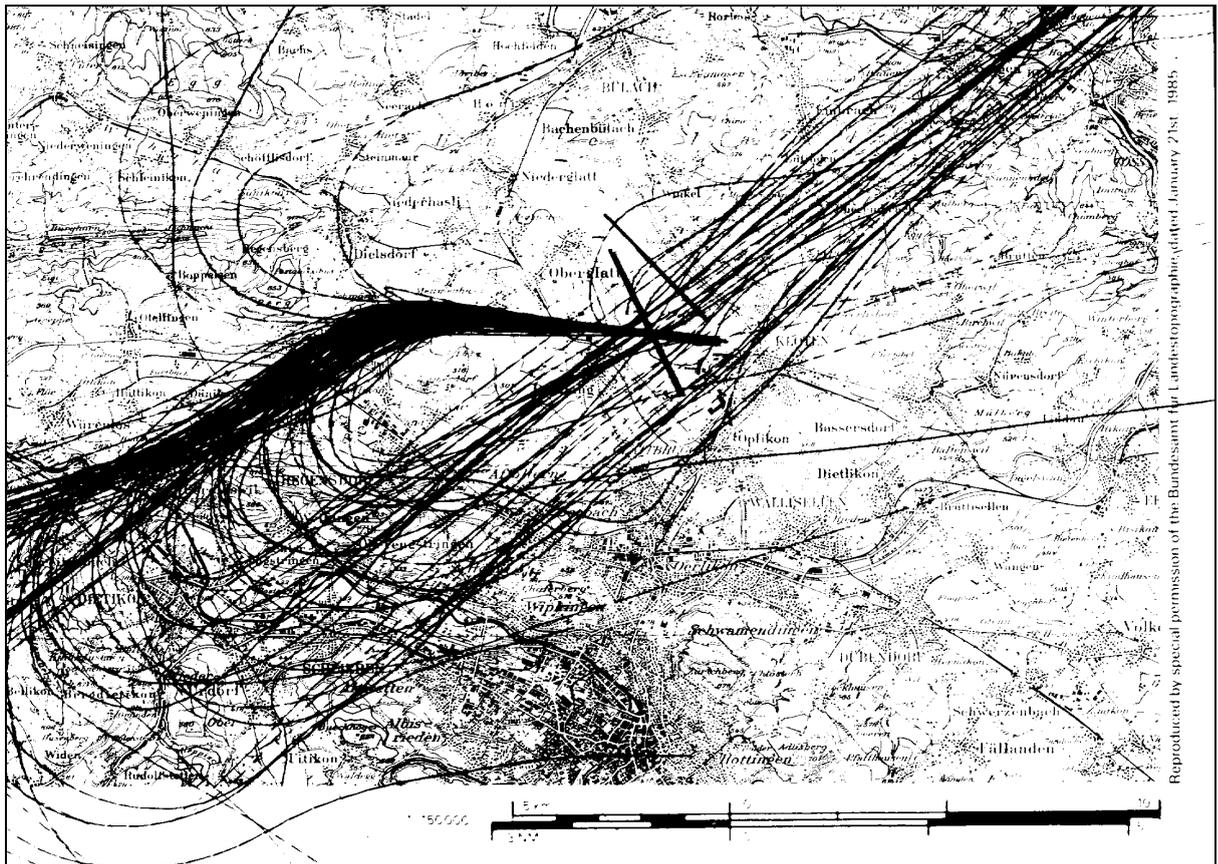
## 3.2 Fluglärm

### 3.2.1 Akustische Gegebenheiten

Mehrere Eigenschaften des Luftverkehrs beeinflussen massgeblich den daraus entstehenden Lärm: Dies sind die Flugzeugtypen und damit die akustischen Eigenschaften des abgestrahlten Schalls samt seiner Ausbreitung, die Menge und (zeitliche) Verteilung der einzelnen Ereignisse und die räumlichen Flugwege und somit die Distanz zu den bewohnten Gebieten. Die Ausbreitung des Lärms wird zudem durch die vertikale Schichtung der Lufttemperatur und die Luftfeuchtigkeit beeinflusst.

Der abgestrahlte Schall von Flugzeugen hängt direkt mit deren Antrieb zusammen. Der überwiegende Teil der Schallemission in der Umgebung der Landesflughäfen stammt von Flugzeugen mit Strahltriebwerken.

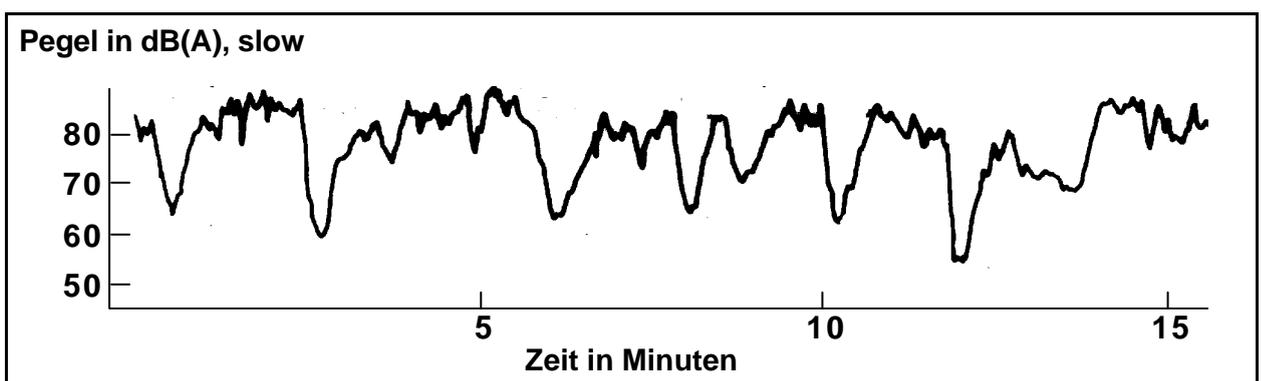
Durch den Lärm eines einzelnen Flugzeugs kann in einem dicht besiedelten Gebiet eine grosse Anzahl Menschen betroffen sein. Abbildung 3.2 zeigt die Streuung der Flugspuren in Zürich für den Start ab Piste 28 (Westpiste). Da die Ausbreitung des Fluglärms von oben erfolgt, kommen Lärmschutzwände oder -wälle als schalldämmende Massnahmen nicht in Frage. Auch können durch immissionsseitige Massnahmen die lärmempfindlichen Räume in der Regel nicht so angeordnet werden, dass sie von der Lärmquelle abgewandt sind (Art. 31 Abs. 1b LSV).



**Abbildung 3.2** Flugspuren ab Zürich-Kloten für die Piste 28 (Westpiste).

Die Illustration der räumlichen Verteilung des Abflugverkehrs auf den Instrumentenflugrouten basiert auf der Aufzeichnung der Flugspuren einer repräsentativen Auswahl von Einzelflügen nach dem Start auf Piste 28. Die Darstellung sagt nichts aus über die direkte akustische Lärmbelastung, da in der Grafik die Flughöhe und die Flugcharakteristik (Horizontal- oder Steigflug) nicht zum Ausdruck kommt. <sup>13</sup>

Die Abbildung 3.3 zeigt einen charakteristischen Schallpegelverlauf mit den von den Flugbewegungen verursachten Lärmereignissen und den dazwischenliegenden Pausen.



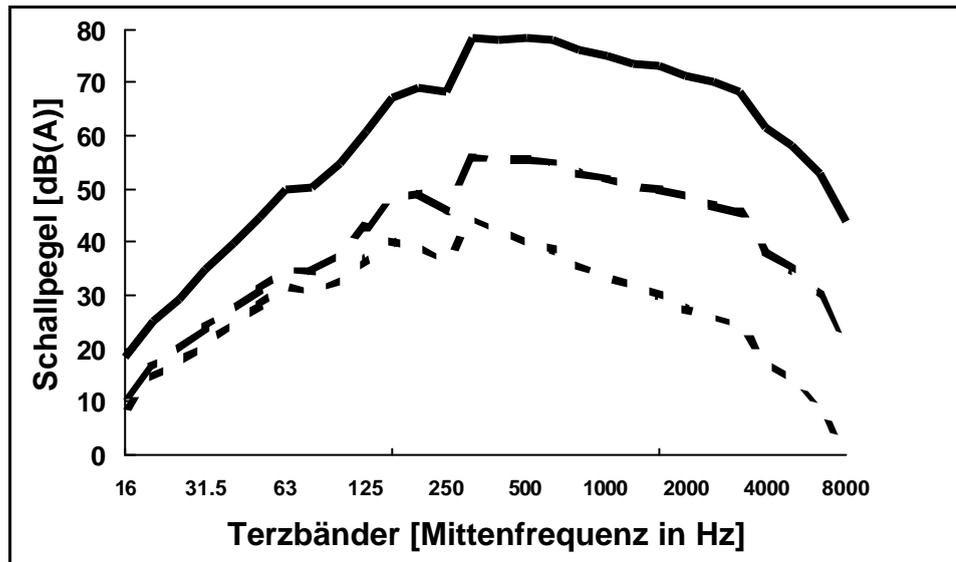
**Abbildung 3.3** Schallpegelaufzeichnung während 15 Minuten inmitten der Wohnhäuser in Rümliang (Messung durch die Abteilung Fluglärmbekämpfung der Flughafendirektion Zürich).

Allerdings geht in gewissen Gebieten mit zunehmendem Luftverkehrsaufkommen dieses intermittierende Geräusch in ein kontinuierliches Geräusch über. Dies ist besonders bei Abflugwegen der Fall, bei denen gleiche Gebiete, z.B. wegen Kurven, mehrfach oder lange

<sup>13</sup> Quelle: Flughafendirektion Zürich, März 1997.

belastet werden. Es gibt auch Verdichtungen des Verkehrs (Rush-hours) am Morgen, am Mittag und am Abend. Nachts wirkt die Sperrzeit.

Der tieffrequente Schall wird durch leichte Bauteile am Haus nur schwach gedämmt. In den Innenräumen ist dieser dann auch bei geschlossenem Fenster gut wahrnehmbar. Abbildung 3.4 zeigt die frequenzmässige Pegelverteilung für eine startende Boeing 747 vor dem Fenster, im Inneren des Raumes mit einem normalen Fenster und mit einem Schallschutzfenster. Gerade die tieffrequenten Anteile müssen durch Schallschutzfenster beim Fluglärm gedämmt werden.



**Abbildung 3.4** A-bewertetes Terzbandspektrum einer startenden BOEING 747. Aufnahme vor dem Fenster (durchgezogene Linie), im inneren des Raumes mit einem normalen Fenster (weit gestrichelt) und einem Schallschutzfenster (kurz gestrichelt).

## 3.2.2 Belastungsmasse für Fluglärm

### **Begriffe**

(Vergleiche dazu auch Anhang A2)

#### **Schalldruck**

Die vom Ohr und von Mikrofonen aufgenommene Druckschwankung in der Luft, welche zur Schallwahrnehmung führt.

#### **Schallpegel (Schalldruckpegel)**

In der Akustik übliche Beschreibungsgrösse für den Schall. Sie gestattet, den ausserordentlich grossen Bereich der Gehörwahrnehmung auf einer übersichtlichen Skala zu erfassen. Der Schallpegel wird in Dezibel (dB) angegeben.

#### **Maximalpegel**

Der höchste Schallpegel während einer bestimmten Zeitspanne.

## **A-Bewertung**

Ein Verfahren zur groben Nachahmung der Gehörempfindlichkeit in Messgeräten. Das Gehör nimmt tiefe und sehr hohe Töne bei gleichem Schalldruck schwächer wahr als mittlere. Dies wird in der A-Bewertung berücksichtigt.

## **Perceived Noise Level PNL**

Ein Verfahren, das ähnlich wie die A-Bewertung bei Messungen die Höreigenschaften berücksichtigt, allerdings auf sehr aufwendige Weise. Es wird bei der Lärmzertifizierung von Flugzeugen verwendet.

## **$L_{eq}$ „Mittelungspegel“ (auch „energieäquivalenter Dauerschallpegel“)**

Ein verbreitetes Verfahren zur Angabe einer mittleren Schallintensität in einer bestimmten Zeitspanne. Der Mittelungspegel ist das Basismass der Lärmschutzverordnung und berücksichtigt die Dauer von Ereignissen und die Gesamtenergie.

## **NNI „Noise and Number Index“**

Ein Verfahren zur Erfassung der Lästigkeit von Fluglärm. Es kombiniert die Maximalpegel der Überflüge mit der Zahl der täglichen Überflüge. In der Schweiz und in Irland ist dieses Mass noch im Gebrauch. In den meisten Ländern ist der NNI durch den  $L_{eq}$  oder mit ihm verwandte Masse abgelöst. Der NNI berücksichtigt nur Fluglärmereignisse mit Maximalpegel ab 68 dB(A), d.h. Pegel unter 68 dB(A) werden nicht berücksichtigt.

## **SEL „Ereignispegel“ (Single Event Level)**

Ein dem  $L_{eq}$  eng verwandtes Mass, das die Schallenergie eines Lärmereignisses ausdrückt.

## ***Belastungsmasse für Fluglärm im internationalen Vergleich***

Ein internationaler Vergleich der Lärmbewertungsverfahren für Fluglärm ist schwierig. Bei den verglichenen „noise indices“ (im Anhang Tabelle A2.2) basiert der gegenwärtig in der Schweiz noch verwendete Index NNI auf dem A-bewerteten Maximalwertpegel. Der deutsche Störindex Q und der niederländische Kosten-Index B sind an sich  $L_{eq}$ -ähnliche Masse. Der „Indice psologique“ aus Frankreich berechnet sich auch als energetische Summe von Lärmspitzen, allerdings aus dem Perceived Noise Level PNL. Der PNL wurde vor 1992 auch von Grossbritannien zur Berechnung des NNI verwendet. Ebenfalls verwendet Italien den PNL und in den USA existiert neben dem Day-Night-Level ein Noise Exposure Forecast auf der Basis des PNL.

Die Beurteilungszeiträume (Bezugszeiten) sind im Detail unterschiedlich, prinzipiell jedoch ähnlich definiert. So beginnt der Tag um 6 oder 7 Uhr und endet in der Regel um 22 Uhr (wie in der Schweiz). In den Randzeiten gibt es da und dort stundenweise Abstufungen. Etwas grösser sind die Unterschiede in der Gewichtung dieser Zeitabschnitte. Ein Extrem scheint Grossbritannien zu sein, wo die Nacht gleich wie der Tag gewichtet wird. Hingegen gewichten die Niederlande, Frankreich, USA, aber auch Dänemark, Japan und Norwegen die Nacht mit einem Faktor 10 (dies bedeutet +10 dB im Pegelwert). Es gibt kein Land, das einzelne Wochentage, wie z.B. den Sonntag, unterschiedlich gewichtet. In den meisten Ländern wird die Lärmbelastung im Jahresmittel (Mittlung über alle Monate) beurteilt. In Deutschland dagegen werden beispielsweise die 6 betriebsreichsten Monate zur Berechnung des Störindex verwendet.

### 3.3 Entwicklung und Prognosen der Lärmbelastung in der Umgebung der Landesflughäfen

Um 1960 verkehrten die ersten zivilen Flugzeuge mit Strahltriebwerken. Die Strahltriebwerke der ersten Generation waren sehr laut. Die technische Entwicklung führte über mehrere Triebwerksgenerationen zu den heutigen Triebwerken mit grossem Nebenstromverhältnis. Neben einem geringeren Treibstoffverbrauch konnte damit auch der Triebwerkslärm bei vergleichbaren Leistungen um 20 bis 25 dB reduziert werden. Die neuen Technologien erlauben aber auch den Bau wesentlich leistungsstärkerer Triebwerke. Der Einsatz solcher leistungsstarker Triebwerke in grösseren Flugzeugen relativiert deshalb die Reduktion der Emissionen für das einzelne Flugzeug.

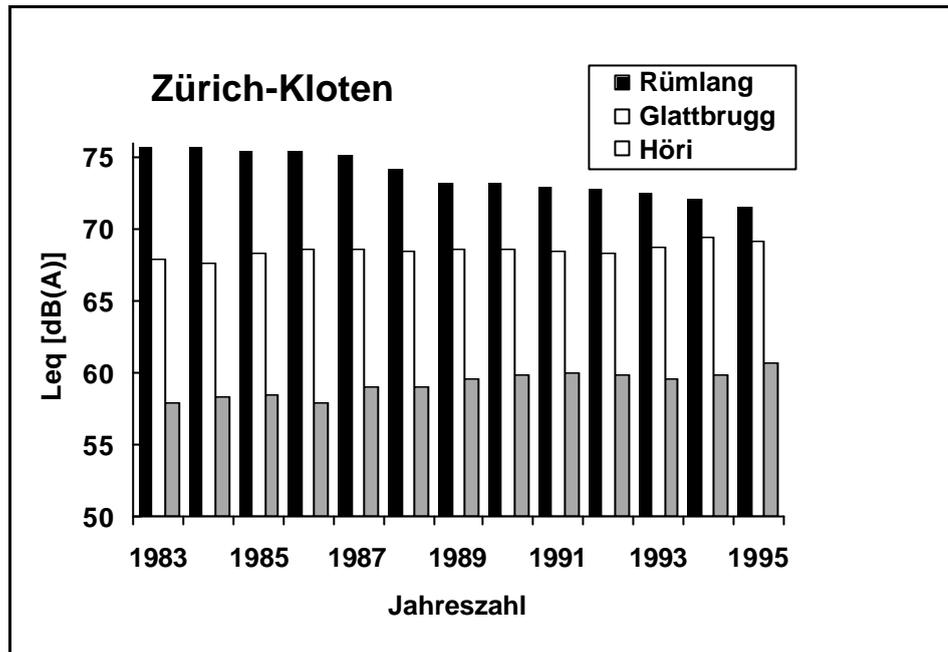
Mit dem Erscheinen der Strahlflugzeuge wurden in der Schweiz bereits 1960 die ersten Betriebsvorschriften für die Fluglärmbekämpfung erlassen, zudem wurde 1964 die erste automatische Fluglärmüberwachungsanlage in Betrieb genommen.

Im Jahre 1971 erliess die internationale Zivilluftfahrtorganisation (ICAO) eine erste Lärmzulassungsnorm für Strahlflugzeuge (Annex 16, Chapter 2). 1978 wurde die Lärmzulassungsvorschrift mit einer strengeren Stufe für neu zu entwickelnde Flugzeugmuster ergänzt (Chapter 3). Seit Oktober 1990 ist die Eintragung von Flugzeugen, die diesen strengeren Anforderungen nicht genügen, ins Schweizerische Luftfahrzeugregister nicht mehr möglich. Die noch eingetragenen Flugzeuge (in der Schweiz: 1 Boeing 737-200 sowie drei Geschäftsreiseflugzeuge) müssen im Rahmen eines europäisch koordinierten Programms bis zum Jahr 2002 aus dem Verkehr gezogen werden. Auf den Flughäfen Zürich-Kloten und Genf-Cointrin lag der Anteil dieser, nur nach Chapter 2 zertifizierten Flugzeuge, 1995 noch bei 5%.

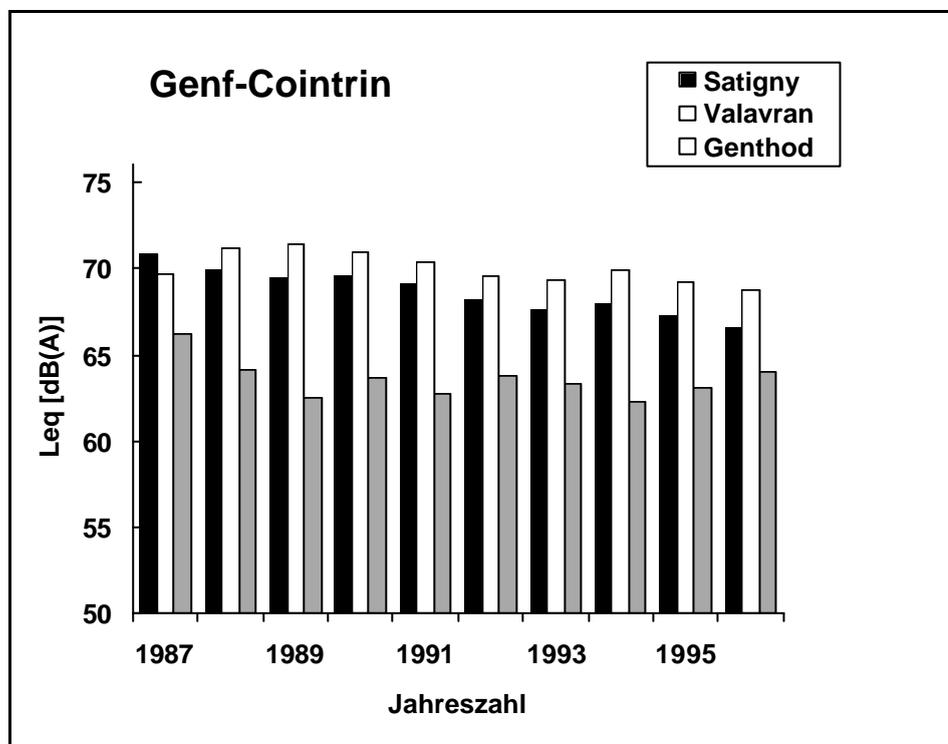
Parallel zu den lärm mindernden Massnahmen an den Flugzeugen wurden auch flugbetriebliche und flugplatzbezogene Massnahmen zur Reduktion der Fluglärmbelastung eingeführt, so zum Beispiel Anpassungen von Flugverfahren, An- und Abflugrouten, Pistenbenützungskonzepte sowie Beschränkungen der Betriebszeiten.

All diese Entwicklungen und Massnahmen wirkten sich auf den Verlauf der Fluglärmbelastung in der Umgebung der Landesflughäfen wie folgt aus (Abbildungen 3.5a bis 3.5c):

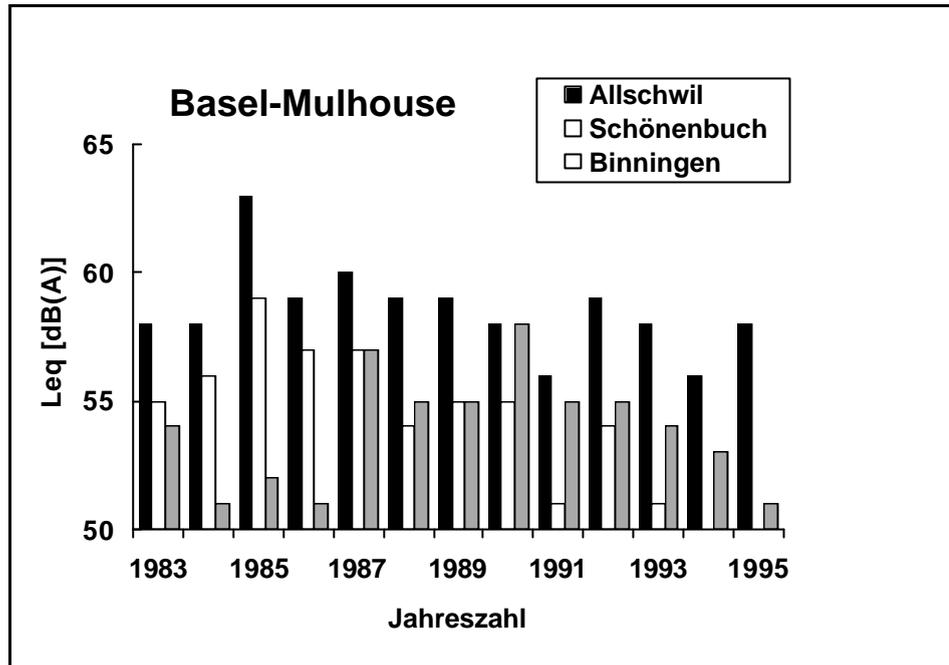
- An einer Mehrzahl von Messorten (Monitoring) ist die Fluglärmbelastung seit etwa 1980 bis heute tendenziell gesunken. In Zürich haben die Überflugpegel bei Rümlang (vorwiegend erzeugt durch Abflüge von Kurz- und Mittelstreckenflugzeugen) infolge der Flottenerneuerung abgenommen (Abb. 3.5a). In Genf ist der Lärm auf der Pistenachse in Richtung Frankreich (Messort Satigny) und in Richtung Versoix (Messort Valavran) tendenziell abnehmend (Abb. 3.5b). Die drei Messorte auf der schweizerischen Seite des Flughafens Basel zeigen über die Jahre gesehen eine leicht abnehmende Tendenz der Jahresmittelwerte (Abb. 3.5c).
- An einzelnen Messorten jedoch, wie beispielsweise in Zürich bei den Messorten Höri und Glattbrugg mit den Abflügen von Langstreckenflugzeugen, findet man einen Anstieg der Lärmbelastung (Abb. 3.5a). An andern Messorten wie Genthod nordöstlich von Genf stagniert der Lärm (Abb. 3.5b).



**Abbildung 3.5a** Flug- und Umgebungslärm (wobei der Fluglärm dominiert) für die Messorte Rümlang (schwarz), Glattbrugg (weiss) und Höri (grau) im Verlaufe der Jahre 1983 bis 1995.



**Abbildung 3.5b** Flug- und Umgebungslärm (wobei der Fluglärm dominiert) für die Messorte Satigny (schwarz), Valavran (weiss) und Genthod (grau) im Verlaufe der Jahre 1987 bis 1996.



**Abbildung 3.5c** Flug- und Umgebungslärm (wobei der Fluglärm dominiert) für die Messorte Allschwil (schwarz), Schönenbuch (weiss) und Binningen (grau) im Verlaufe der Jahre 1983 bis 1995.

Die prognostizierte Entwicklung der Verkehrszahlen (Abb. 3.1a bis 3.1c) und der Flotten lässt erwarten, dass die Belastung durch Fluglärm nach einer Stagnation gesamthaft eher wieder ansteigen wird. Allerdings muss mit einer lokal unterschiedlichen Entwicklung gerechnet werden.



## 4. Wirkungen von Fluglärm auf den Menschen

### 4.1 Allgemeine Lärmwirkungen

Im allgemeinen werden Lärmimmissionen hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Menschen eingeteilt in: Hörschäden, vegetative Veränderungen, Schlafstörungen, Beeinträchtigung von Kommunikation, Leistung und Verhalten sowie Belästigungen.<sup>14</sup> Die durch Lärmimmissionen verursachten Beeinträchtigungen und Belästigungen sind ebenfalls zu den gesundheitlichen Auswirkungen zu zählen, da man gemäss einer Definition der Weltgesundheitsorganisation (WHO) unter Gesundheit nicht nur das Fehlen von Krankheiten, sondern auch das körperliche, seelische und soziale Wohlbefinden versteht.

Verschiedene Autoren <sup>15 16 17 18</sup> zeigen, dass hohe Schallpegel, die allerdings bei der Bevölkerung in der Umgebung von Flughäfen nicht vorkommen, während einer langen Expositionszeit zur Lärmschwerhörigkeit führen können. Weitere Auswirkungen sind vegetative Funktionsstörungen; dies sind u.a. Veränderungen von Herzschlagfrequenz, Blutdruck, peripherer Durchblutung, Atmung, Muskeltonus, Motilität von Magen und Darm sowie innerer Sekretion. Solche Veränderungen können als Indikatoren für "Stress- und Defensivreaktionen" gewertet werden.<sup>16</sup> Treten diese wiederholt auf, verursacht durch weniger hohe Pegel über längere Zeiträume, muss man damit rechnen, dass bei manchen Personen die körperlichen Veränderungen bleiben und daraus psychosomatische Störungen entwickelt werden. Eine klare Zuordnung von vegetativen Reaktionen zu lärmbedingten Gesundheitsschäden sowie das Festlegen von "kritischen Pegeln" ist jedoch methodisch schwierig - im Gegensatz zu den Hörschäden.

Auch Geräusche mit geringeren Schallpegeln können Beeinträchtigungen erzeugen, besonders wenn sie unerwünscht und durch die Betroffenen nicht beeinflussbar sind. Dazu gehören Schlafstörungen und Belästigungen wie zum Beispiel Beeinträchtigung von Erholung und Entspannung, Behinderung der Kommunikation bei Gesprächen, beim Radiohören und beim Fernsehen. Mögliche Folgen sind auch Beeinträchtigungen des Leistungsverhalten (durch Unterbrechung von Tätigkeiten oder Ablenkung der Aufmerksamkeit) sowie Verminderung der Bereitschaft zu sozialem Verhalten (zum Beispiel Rücksichtnahme). Treten die genannten Beeinträchtigungen wiederholt auf, so können diese Auswirkungen auf die Gesundheit im Sinne von Risikofaktoren haben.

Von besonderer Bedeutung bei den Lärmwirkungen sind Schlafstörungen. Diese können zu chronischen Ermüdungszuständen - gekennzeichnet durch Nervosität und erhöhte Reizbarkeit - sowie zu verminderter Leistungsfähigkeit führen. Ebenso können verstärkte Reaktionen gegenüber zusätzlichen Belastungen auftreten. Auf diese Weise kann ein "Circulus vitiosus" entstehen: infolge der beginnenden erhöhten Stressempfindlichkeit kann das Ausmass der Schlafstörungen weiter zunehmen. Ergebnisse von Laborstudien (s. Abschnitt 4.3) zeigen,

---

<sup>14</sup> WHO, REGIONAL OFFICE FOR EUROPE (1992) „The Environmental Health Criteria Document on Community Noise“, Report on the Task Force Meeting, Düsseldorf.

<sup>15</sup> JANSEN G. (1987) „Verkehrslärmwirkungen bei besonderen Personengruppen“, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 34, 152-156.

<sup>16</sup> GUSKI R. (1987) „Lärmwirkung unerwünschter Geräusche“, Hans Huber, Bern.

<sup>17</sup> ISING H., KRUPPA B. (1993) „Lärm und Krankheit“, Tagungsband des Internationalen Symposiums "Lärm und Krankheit", Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, 88, Berlin.

<sup>18</sup> ROHRMANN B. (1990) „Lärm“, in Ökologische Psychologie, Ein Handbuch in Schlüsselbegriffen, Hrsg.: Kruse L., Graumann C.F., Lamtemann E.D., Psychologie Verlags Union, München, 665-672.

dass die Anzahl Aufwachreaktionen sowohl von der Höhe als auch von der Anzahl der Spitzenpegel ( $L_{\max}$ ) abhängig ist. Zur Beurteilung der Lärmwirkungen während der Nacht sind somit auch die Lärmspitzen einzubeziehen.

Im Hinblick auf eine Begrenzung der Fluglärmwirkung auf den Menschen muss zwischen Wach- und Schlafzustand unterschieden werden. Die Beurteilung der Auswirkungen am Tag wird aufgrund der subjektiven Belästigungserlebnisse vorgenommen, die in dieser Situation von massgebender Bedeutung sind (u.a. mittels Fragebogen und Einstufung auf Skalometer). Zur Beurteilung der schweizerischen Verhältnisse liefert die Lärmstudie '90 <sup>19</sup> (Abschnitt 4.2) die geeignete Unterlage. Für die Auswirkungen während der Nacht sind neben den Belästigungen insbesondere die Schlafstörungen von Bedeutung. Die dazu vorliegenden aktuellen Erkenntnisse sind in Veröffentlichungen von Griefahn <sup>20</sup>, Jansen <sup>21</sup>, Berglund und Lindvall <sup>22</sup> sowie von Fidell <sup>23</sup> zusammengefasst (Abschnitt 4.3).

## 4.2 Auswirkungen am Tag

Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms "Mensch, Gesundheit, Umwelt" (NFP 26) wurde im Jahre 1991 eine umfassende Erhebung über die Belastung und Betroffenheit der Wohnbevölkerung durch Flug- und Strassenlärm in der Umgebung der Flughäfen Genf-Cointrin und Zürich durchgeführt. In dieser Studie <sup>19</sup> <sup>24</sup> wurden insgesamt 2052 Personen mit unterschiedlichen Fluglärm- und Strassenlärmimmissionen an ihren Wohnorten befragt. Die am häufigsten genannten Komponenten der Fluglärmstörung waren die Störung der Gespräche, die Störung der Kommunikation (Radio, Fernsehen, Musikhören) und die Wahrnehmung von Vibrationen. Bei der Strassenlärmstörung waren es die Störung der Kommunikation, die Störung von Ruhe und Erholung, die Störung der Gespräche, die Störung des Schlafes und die Störung des Arbeitens zu Hause.

---

<sup>19</sup> OLIVA C. (1995) „Lärmstudie '90, Belastung und Betroffenheit der Wohnbevölkerung durch Flug- und Strassenlärm in der Umgebung der internationalen Flughäfen der Schweiz“, Schlussbericht, Schweizerischen Nationalfonds (NFP 26) Bern.

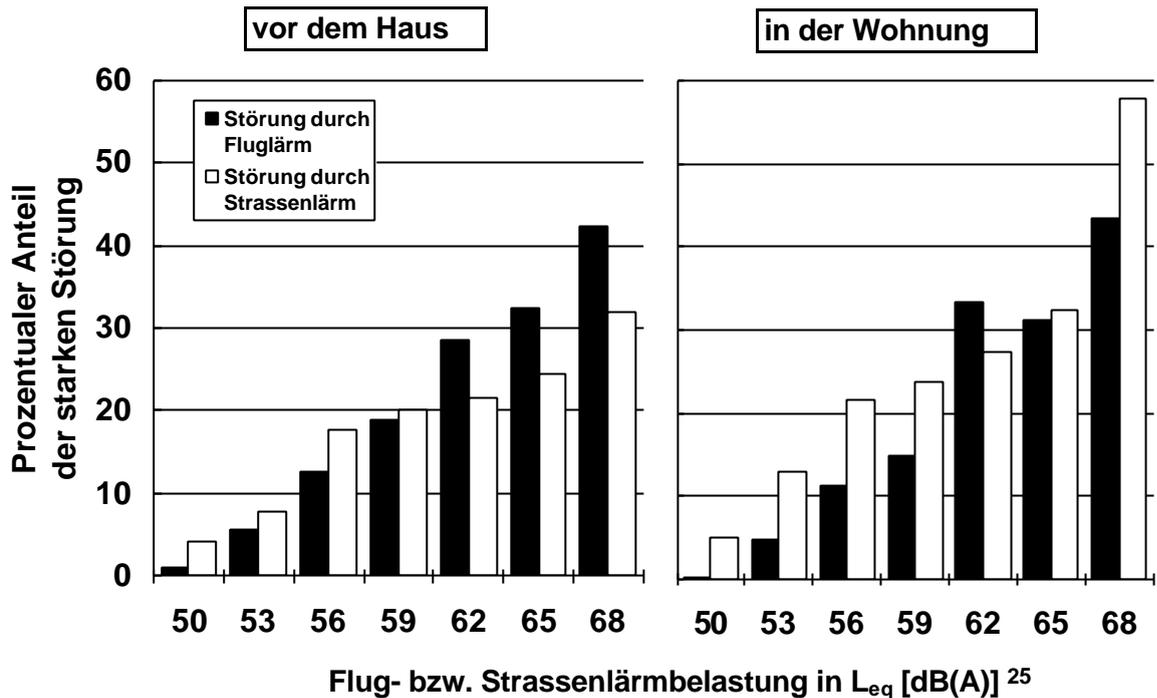
<sup>20</sup> GRIEFAHN B. (1990) „Präventivmedizinische Vorschläge für den nächtlichen Schallschutz“, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 37, 7-14.

<sup>21</sup> JANSEN G., LINNEMEIER A., NITZSCHE M. (1995) „Methodenkritische Überlegungen und Empfehlungen zur Bewertung von Nachtfluglärm“, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 42, 91-106.

<sup>22</sup> Berglund B., Lindvall Th. (1995): Community Noise. Document prepared for the World Health Organisation. Stockholm University and Karolinska Institute.

<sup>23</sup> FIDELL S. et al. (1995) „Field study of noise-induced sleep disturbance“, J. Acoust. Soc. Am. 98 (2), 1025-1033.

<sup>24</sup> OLIVA C., HOFMANN R., KRUEGER H., MELONI T., RABINOWITZ J. (1993) „Gêne due au bruit des avions dans le voisinage des aéroports nationaux suisses“, Médecine et Hygiène, 51, 1806-1808.



**Abbildung 4.1** Vergleich der Fluglärm- mit der Strassenlärmstörung vor dem Haus.

Prozentualer Anteil der Personen, die sich **vor dem Haus** durch Fluglärm (N=431) und durch Strassenlärm (N=290) stark gestört fühlen, in Abhängigkeit von der betreffenden Aussen-lärm-belastung.

**Abbildung 4.2** Vergleich der Fluglärm- mit der Strassenlärmstörung in der Wohnung.

Prozentualer Anteil der Personen, die sich **in der Wohnung** durch Fluglärm (N=424) und durch Strassenlärm (N=399) stark gestört fühlen, in Abhängigkeit von der betreffenden Aussenlärmbelastung.

<sup>25</sup> Die dargestellten Lärmbelastungen in den Abbildungen 4.1 & 4.2 umfassen einen Bereich von je drei Dezibel: 50 dB(A) bedeutet z.B. den Bereich von 49 bis 51 dB(A); 53 dB(A) den Bereich von 52 bis 54 dB(A), usw.

Abbildung 4.1 zeigt einen Vergleich der Fluglärm- mit der Strassenlärmstörung vor dem Haus. Die Belastung beider Geräuschquellen wird in  $L_{eq}$  [dB(A)] gemessen, die Störung als prozentualer Anteil der Personen, die pro Belastungsstufe die Geräuschquelle als stark störend wahrnehmen. Bis zu einem  $L_{eq}$  von 59 dB(A) liegen die Anteile der durch den Flug- bzw. Strassenlärm stark gestörten Personen in der gleichen Grössenordnung; danach steigen die Störungen durch Fluglärm stärker an als diejenigen durch Strassenverkehrslärm. Bei tiefen und mittleren Belastungspegel beider Geräuschquellen dominiert somit weder der Fluglärm über den Strassenverkehrslärm, noch umgekehrt. Bei den Belastungsstufen von 62, 65 und 68 dB(A) werden die Immissionen der Flugzeuge etwas stärker störend wahrgenommen als die Immissionen des Strassenverkehrs. (Die Unterschiede sind allerdings statistisch nicht signifikant <sup>26</sup>).

Abbildung 4.2 zeigt die Störung durch Flug- und Strassenlärm in der Wohnung. Bei den Belastungen von 62 und 65 dB(A) liegen die Anteile in der gleichen Grössenordnung (Unterschiede statistisch nicht signifikant <sup>26</sup>). Bis zu den Belastungen von 59 dB(A) und bei 68 dB(A) sind die prozentualen Anteile der durch Strassenlärm stark gestörten Personen etwas höher als durch Fluglärm (Unterschiede statistisch signifikant <sup>26</sup>).

Sowohl beim Strassen- wie beim Fluglärm wird zwischen 59 und 62 dB(A) die Schwelle eines Anteils von 25% der Personen, die sich stark gestört fühlen, überschritten; diesbezüglich sind die beiden Lärmquellen somit als gleichwertig zu betrachten. Der Grund für die geringen Unterschiede der Störwirkungen zwischen 62 und 65 dB(A) könnte möglicherweise darin liegen, dass in Fluglärmgebieten ab 65 dB(A) bereits Schallschutzmassnahmen durchgeführt wurden, und dass aufgrund dieses Schutzes eine Belastung von 65 dB(A) nicht als störender empfunden wird als eine Belastung von 62 dB(A). Gesamthaft ergibt sich aus der Lärmstudie '90 folgende Beziehung zwischen der als  $L_{eq}$  erfassten Lärmbelastung und der Wahrscheinlichkeit, dass eine derart belastete Person sich in der Wohnung als „durch Fluglärm stark gestört“ bezeichnet:  $y = -1.277 + 0.025 L_{eq}$  (Beispiel: bei einem  $L_{eq}$  von 62 dB(A) fühlen sich schätzungsweise 27 von 100 Personen stark gestört).

Beim Vergleich der Störwirkung durch Flug- und Strassenlärm sind verschiedene Aspekte zu betrachten, insbesondere der Aufenthaltsort der betroffenen Personen (vor dem Haus oder in der Wohnung) sowie die allgemeine Geräuschkulisse in Quartieren. Gesamthaft sind aufgrund der vorliegenden Ergebnisse der Lärmstudie '90 die Störungen durch Fluglärm gleich einzustufen wie die Störungen durch Strassenlärm.

Ferner zeigte sich, dass die Wahrnehmung der Fluglärmbelastung unabhängig von der Strassenlärmbelastung am jeweiligen Wohnort sowie auch unabhängig von regionalen Besonderheiten erfolgt. In der Region des Flughafens Genf-Cointrin war die Wahrnehmung der Störwirkung gleich wie in der Region des Flughafens Zürich. Ein Vergleich der aktuellen Untersuchungsergebnisse mit denjenigen einer Studie aus dem Jahr 1971 ergab bei gleicher Belastung die gleiche Störwirkung durch Fluglärm.

Die Beziehung zwischen den Störwirkungen durch Fluglärm und akustischen Messungen wurde bereits in zahlreichen Studien untersucht. Kalveran <sup>27</sup> kommt in einer kürzlich veröffentlichten Übersichtsarbeit zum Schluss, dass die derzeit gebräuchlichen physikalischen Lärmmasse ausreichen, wenn Belästigungsmittelwerte von betroffenen Gruppen vorauszusagen sind.

---

<sup>26</sup> gemäss unveröffentlichter Mitteilung von C. Oliva.

<sup>27</sup> KALVERAN K.T. (1995) "Psychologische Test-Theorie und der Zusammenhang zwischen physikalischer Schallenergie-Dosis und Belästigungswirkung", Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 42, 131-140.

## 4.3 Auswirkungen während der Nacht

In Labor- und Feldstudien wurden bei Lärmexposition folgende Auswirkungen beobachtet: Veränderungen der Schlafstruktur (u.a. Verkürzung des Tiefschlafes und Zunahme des Flachschlafes), Aufwachreaktionen, kardiovaskuläre Veränderungen, Änderung der Körperbewegungen und Änderung der Hormonausschüttung während des Schlafes. Aus verschiedenen Studien geht hervor, dass sich die Aufweckschwelle zur Beurteilung von Schlafstörungen gut eignet. Dabei ist zu beachten, dass bereits bei niedrigeren Schallpegeln Veränderungen der Schlaftiefe sowie auch vegetative Reaktionen auftreten können.

In einem von einer Arbeitsgruppe des „Airport Council International“ (ACI) veröffentlichten Bericht <sup>28</sup> wird eine Übersicht über die in verschiedenen Studien ermittelten Schwellen für Aufwachreaktionen gegeben. Diese sind abhängig von den Schallspitzen ( $L_{max}$ ) sowie von der Häufigkeit der Schallereignisse.

Bei einem Vergleich der vorliegenden Ergebnisse ist immer auf die jeweiligen Versuchsbedingungen wie auch auf die Auswahl der Versuchspersonen und die individuellen Unterschiede bei den beobachteten Reaktionen zu achten. Massgebend ist auch der Ort der Schallmessung: diese erfolgt in der Regel bei der Versuchsperson, also im Raum. Zwischen dem im Raum gemessenen Schallpegel und dem jeweiligen Aussenpegel wird mit folgenden Unterschieden gerechnet: bei geschlossenem Fenster 25 dB(A) und beim Offenhalten eines Fensterspaltes (zur Sicherstellung eines ausreichenden Luftwechsels) 15 dB(A). Dabei handelt es sich um Mittelwerte; Abweichungen um einige dB(A) sind je nach Grösse der Räume und Stellung der Fenster möglich. Die Berechnung des Aussenpegels aufgrund der bei einem bestimmten Raumpegel beobachteten Reaktion basiert in den meisten Studien auf der Differenz von 15 dB(A) <sup>29</sup> - also beim Offenhalten eines Fensterspaltes.

### Laborstudien

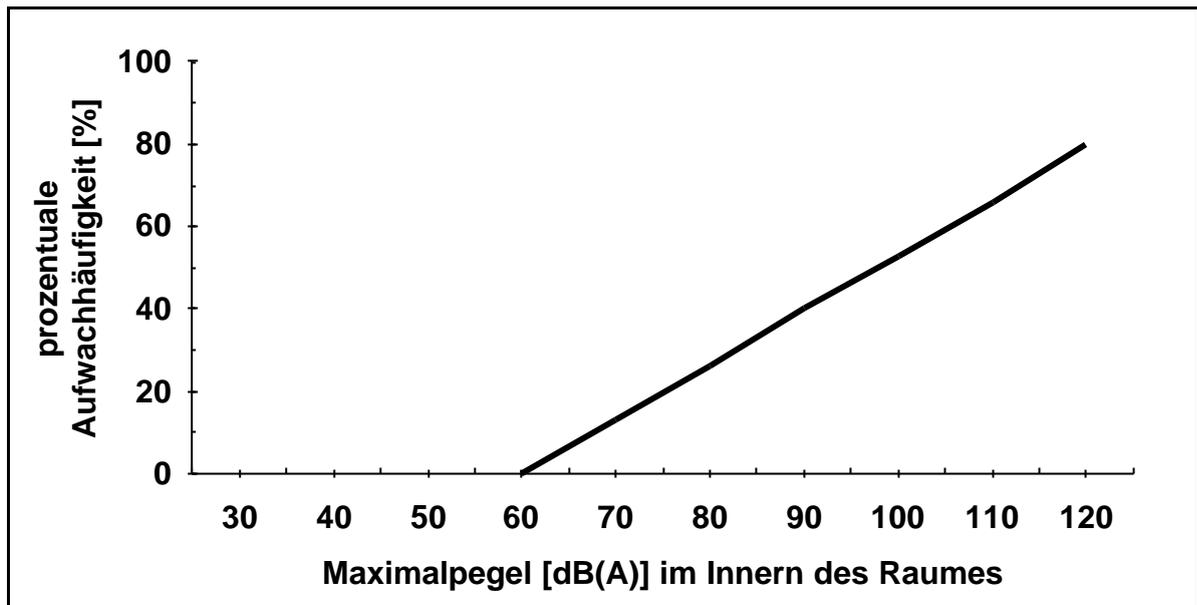
Gemäss der im ACI-Report gegebenen Übersicht wurden bei  $L_{max}$  -Werte im Innern des Raumes ab 40-45 dB(A) Beeinträchtigungen des Schlafes (Änderungen der Schlafstruktur) beobachtet. Aufwachreaktionen traten ab  $L_{max}$  -Werten von ca. 55 dB(A) (Raumpegel) bzw. ca. 70 dB(A) (Aussenpegel) auf. Nach Griefahn <sup>30</sup> liegt eine kritische Schwelle bei einmaligem Schallereignis bei einem  $L_{max}$  von 61 dB(A), bei 6 Schallereignissen bei  $L_{max}$  -Werten von 55 dB(A). Dabei berücksichtigt sie die empfindlichste Schlafstufe sowie die erhöhte Empfindlichkeit älterer Menschen. Für das Ausbleiben von Schlaftiefenveränderungen ergibt sich nach den Berechnungen von Griefahn ein Maximalpegel von 55 dB(A), der um 6 dB(A) unter dem Maximalwert für Aufwachreaktionen liegt. Für Jansen <sup>29</sup> liegt der kritische  $L_{max}$  -Wert für Aufwachreaktionen bei 60 dB(A), wo bei sechs und mehr Schallereignissen ein lärmbedingtes Aufwachen zu erwarten ist.

---

<sup>28</sup> „ACI TASK FORCE REPORT (1993)“, Night Sleep Disturbance.

<sup>29</sup> JANSEN G., LINNEMEIER A., NITZSCHE M. (1995) „Methodenkritische Überlegungen und Empfehlungen zur Bewertung von Nachtfluglärm“, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 42, 91-106.

<sup>30</sup> GRIEFAHN B. (1990) „Präventivmedizinische Vorschläge für den nächtlichen Schallschutz“, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 37, 7-14.



**Abbildung 4.3** Schlafstörungen durch Lärm - prozentuale Aufwachhäufigkeit und Schallpegel im Innern des Raumes.

Die "Dosis-Wirkungsbeziehungen" aus 10 Laborstudien geben die prozentualen Anteile von Aufwachreaktionen in Abhängigkeit des Maximalpegels an (nach Griefahn).

Ein  $L_{\max}$ -Wert von 60 dB(A) im Raum entspricht - beim Offenhalten eines Fensterspaltes - einem Aussenpegel von 75 dB(A). Liegt der  $L_{\max}$ -Pegel im Raum über 60 dB(A), so nimmt die prozentuale Aufwachhäufigkeit in Abhängigkeit des Schallpegels zu. Die aufgrund der Ergebnisse von 10 Studien ermittelten "Dosis-Wirkungsbeziehungen" sind aus Abbildung 4.3 ersichtlich und geben die prozentualen Anteile von Aufwachreaktionen an.<sup>31</sup> Bei diesen Angaben handelt es sich um Mittelwerte, die aufgrund der Ergebnisse von Laborstudien berechnet wurden.

### Feldstudien

In einer amerikanischen Studie<sup>32</sup> findet man eine Formel zur Berechnung der Weckwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Energiegehaltes (SEL) eines Überfluges. Mit der Umrechnung des SEL in den  $L_{\max}$  (s. Anhang A2.1) besteht eine Weckwahrscheinlichkeit von ca. 1% bei einem  $L_{\max}$  von 58 dB(A) im Innern des Raumes. Dabei ist aber die Zunahme der Aufwachreaktion in Abhängigkeit des Schallpegels bedeutend geringer als in Laborstudien.

Im Rahmen einer englischen Feldstudie<sup>33</sup> wurden bis zu  $L_{\max}$ -Pegeln von 80 dB(A) keine Schlafstörungen beobachtet; bei Schallspitzen zwischen 80 und 95 dB(A) wurde eine Wahrscheinlichkeit für Aufwachreaktionen von 1 : 75 errechnet.

Bei einer im Bereich des Flughafens Berlin-Tegel durchgeführten Feldstudie wurde der Einfluss von Nachtfluglärm auf das Schlaferleben untersucht.<sup>34</sup> Die nächtliche Fluglärmbe-

<sup>31</sup> GRIEFAHN B. (1990) „Präventivmedizinische Vorschläge für den nächtlichen Schallschutz“, Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 37, 7-14.

<sup>32</sup> FIDELL S., Pearsons K., Howe R., Tabachnick B., Silvati L., Barber D.S. (1993) „Noise-induced sleep disturbance in residential settings“, Technical Report No. HSC-TR-94, BBN Systems and Technologies, Canoga Park, CA.

<sup>33</sup> OLLERHEAD J.B., JONES C.J. (1993) „Aircraft Noise and Sleep Disturbance“, an UK Field Study.

lastung (Beschallungsanlage in den Schlafräumen der Personen, die am Feldversuch teilgenommen haben) führte bei Pegel von 55 oder 65 dB(A) gegenüber den Nächten mit den gewohnten akustischen Bedingungen insgesamt zu einer deutlichen Verschlechterung der subjektiven Schlafqualität (ca. 30%); die Befindlichkeit war um mehr als 60% verschlechtert und das erinnerbare Erwachen nahm um mehr als 80% zu. Der von 55 auf 65 dB(A) erhöhte Überflugpegel führte zu einer signifikanten, aber gesamthaft geringen Verschlechterung der Schlafqualität. Unabhängig vom Überflugpegel und von der Anzahl der Flüge wurde in allen Nächten mit Fluglärm-Beschallung eine verschlechterte morgendliche Befindlichkeit und ein vermehrtes erinnerbares Erwachen festgestellt.

## 4.4 Zusammenfassung

Die Ergebnisse zahlreicher Untersuchungen zeigen eine Beziehung zwischen den subjektiv empfundenen Störungen und den Fluglärmbelastungen. In der Lärmstudie '90 überschritt der prozentuale Anteil der Personen, die tagsüber (6 bis 22 Uhr) eine starke Störung durch Fluglärm wahrnehmen, zwischen den Belastungsstufen (Aussenwerte) von  $L_{eq} = 59$  dB(A) und 62 dB(A) den Wert von 25%.

Gesamthaft sind aufgrund der vorliegenden Ergebnisse der Lärmstudie'90 die Störungen durch Fluglärm am Tag gleich einzustufen wie die Störungen durch Strassenlärm. Die befragten Personen konnten jeweils die Lärmquellen klar unterscheiden; das heisst, die beiden Lärmquellen können einzeln beurteilt werden.

Zudem ergab ein Vergleich mit einer Studie aus dem Jahr 1971 bezüglich der Störung durch Fluglärm bei gleichen Belastungen keine Unterschiede, d.h. die Lärmempfindlichkeit der Bevölkerung hat in den letzten 25 Jahren weder zu- noch abgenommen.

Für die Nacht (22 bis 6 Uhr) geben Aufwachreaktionen wichtige Hinweise zur Beurteilung der Beeinträchtigung der Qualität des Schlafes. Diese Beeinträchtigungen werden als besonders störend empfunden (Art. 15 USG). Eine kritische Schwelle für Aufwachreaktionen liegt bei einem  $L_{max}$  von 60 dB(A) im Innern des Raumes (Art. 13 Abs. 2 USG). Neben den Maximalpegeln ist aber auch die Anzahl der Schallereignisse von Bedeutung.

---

<sup>34</sup> MASCHKE C., ARNDT D., ISING H., LAUDE G., THIERFELDER W. AND CONTZEN S. (1995) „Nachfluglärmwirkungen auf Anwohner“, Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, 96, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.



## 5. Beurteilungspegel für Fluglärm in der Umgebung der Landesflughäfen

Nach dem Umweltschutzgesetz sind Immissionsgrenzwerte für Lärm so festzulegen, dass nach dem Stand der Wissenschaft oder der Erfahrung Immissionen unterhalb dieser Werte die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden nicht erheblich stören.<sup>35</sup> Grenzwerte dienen also der Begrenzungen schädlicher aber auch lästiger Einwirkungen.<sup>36</sup>

Da die Belästigung als subjektive Reaktion nicht mit Instrumenten messbar ist, benötigt man ein akustisches **Belastungsmass** mit dem die Belästigung möglichst gut „abgebildet“ werden kann. Bisher wurde in der Schweiz für Fluglärm der Noise and Number Index NNI<sup>37</sup> als Belastungsmass verwendet. Neu soll nun dazu ein Beurteilungspegel  $L_r$  auf der Basis des Mittelungspegels  $L_{eq}$ <sup>38</sup> dienen.

Verschiedene Überlegungen begründen diese Wahl:

- Das Erscheinungsbild des Fluglärms hat sich aufgrund technischer Fortschritte verändert. Die Spitzenpegel wurden kleiner, doch haben die Bewegungszahlen zugenommen. Im NNI werden aber nur Lärmereignisse mit einem Spitzenpegel  $L_{max}$  von über 68 dB(A)<sup>39</sup> gezählt, so dass heute ein Teil der Flugbewegungen unberücksichtigt bleibt. Allerdings wird im NNI die Bewegungszahl etwas stärker gewichtet als im  $L_{eq}$ . Zudem wird beim NNI die Dauer der Lärmereignisse nicht berücksichtigt, was als Mangel bezeichnet werden muss.
- Heute besteht beim  $L_{eq}$  - im Gegensatz zur Situation um 1970 - eine ausgereifte Messtechnik. Es gibt daher keinen Grund, sich der klaren internationalen Entwicklung zum  $L_{eq}$  nicht anzuschliessen, um so mehr, als er seit 1986 für die meisten andern Lärmarten der LSV das Basismass darstellt. Sowohl in der europäischen als auch in der weltweiten Normierung wird der  $L_{eq}$  für diese Zwecke bevorzugt.
- Bekanntlich kann ein Lärmmass die Störung nur approximativ „abbilden“ (vgl. Kap. 4). An sich lässt sich der Zusammenhang Belastung - Belästigung in Flughafennähe mit dem NNI ebenso gut ausdrücken wie mit dem  $L_{eq}$ . Für grössere Distanzen aber eignet sich der  $L_{eq}$  als Beurteilungspegel besser.

Wie aus Kapitel 4 hervorgeht, muss aufgrund der unterschiedlichen Wirkung auf den Menschen zwischen einem Beurteilungspegel für den Tag (Abschnitt 5.1) und einem für die Nacht (Abschnitt 5.2) unterschieden werden.

---

<sup>35</sup> (Art. 15 USG). Siehe auch Kap.4.

<sup>36</sup> Art. 13 Abs. 1 USG.

<sup>37</sup> Definition siehe Abschnitt 3.2.2 und Anhang A2.

<sup>38</sup> Statt Mittelungspegel wird auch die Bezeichnung "energieäquivalenter Dauerschallpegel" gebraucht, was zur Abkürzung  $L_{eq}$  führte. Wenn nichts anderes gesagt wird, sind alle Pegel A-bewertet.

<sup>39</sup> Die Schwelle ist in der Originaldefinition als "Perceived Noise Level PNL" bei 80 PNdB fixiert, was approximativ 68 dB(A) entspricht.

## 5.1 Der Beurteilungspegel $L_r$ für den Tag

Als verlässliche wissenschaftliche Grundlage für die Zusammenhänge zwischen der akustischen Lärmbelastung und der Wahrnehmung und Bewertung solcher Immissionen durch die Wohnbevölkerung dient die Lärmstudie '90. Ihr Vorteil liegt u.a. darin, dass sie in Genf und Zürich durchgeführt worden ist, wo sich künftige Grenzwerte auch tatsächlich auswirken werden. Die Studie belegt, dass der  $L_{eq}$  ein genügend aussagekräftiges Lärmmass zur Schätzung der empfundenen Belästigung darstellt.

In Anlehnung an die Regelung der LSV beim Strassen- und Eisenbahnlärm dauert auch für Fluglärm der akustische Tag von 06 bis 22 Uhr, also 16 Stunden. Der Beurteilungspegel berechnet sich zu

$$L_r = L_{eq16} + K$$

$L_{eq16}$  ist der energetische Mittelwert und wird aus der Summe aller an einem Ort akkumulierten Intensitätsbeiträge als Mittel über die 16 Tagstunden eines Jahres berechnet. Die Pegelkorrektur  $K$  wird aufgrund der Vergleichbarkeit mit dem Strassenverkehrslärm (s. Abschnitt 4.2) Null gesetzt ( $K=0$ ). Der Beurteilungspegel  $L_r$  ist also für den Tag identisch mit dem 16-Stunden  $L_{eq}$  ( $L_{eq16}$ ). Die Pegel der einzelnen Überflüge werden in Abhängigkeit vom Flugzeugtyp, dem Flugweg und vom Empfängerort berechnet.<sup>40</sup> Messungen werden lediglich für lokale Kontrollen und zur Betriebsüberwachung (Monitoring) vorgenommen.

## 5.2 Der Beurteilungspegel $L_r$ für die Nacht

Der Beurteilungspegel  $L_r$  soll auch in der Nacht erhebliche Störungen vermeiden. Dazu gehören einerseits Belästigungen andererseits aber auch Aufwachreaktionen, die von besonderer Bedeutung sind (s. Kapitel 4.3).

Für die Nacht gilt zur Zeit die luftfahrtrechtliche Regelung: Die Verordnung über die Infrastruktur der Luftfahrt (VIL) hält fest, dass bei der Bewilligung von Abflügen und Landungen zwischen 22 und 06 Uhr grösste Zurückhaltung zu üben ist, ungeachtet des Verkehrsvolumens. Mit dieser Grundlage enthalten die Betriebsreglemente der Flughäfen Zürich und Genf in praktisch identischer Weise eine **Sperrordnung für die Nachtzeit**. Im Linienverkehr sind im Rahmen von Flugplangenehmigungen und zusätzlich bewilligten Gesuchen<sup>41</sup> Abflüge und Landungen zwischen 22 und 24 Uhr erlaubt. Verspätete Flüge sind ohne besondere Genehmigung bis 0030 Uhr möglich, zwischen 0030 und 05 Uhr jedoch nur in Notfällen.<sup>42</sup> Zwischen 05 und 06 Uhr sind im Linienverkehr nur Landungen zugelassen. Für den gewerbsmässigen Nichtlinienverkehr (Charter) ist die Regelung strenger. Hier sind Bewegungen nachts nur zwischen 22 und 23 Uhr möglich, mit 30 Minuten Toleranz für verspätete Flüge. Der Privatverkehr ist in der ganzen Nacht ausgeschlossen.

---

<sup>40</sup> Die Berechnung erfolgt mit dem an der EMPA aufgrund umfangreicher Messungen entwickelten Berechnungsverfahren FLULA-2.

<sup>41</sup> Flugpläne und Gesuche gehen an das Bundesamt für Zivilluftfahrt zur Bewilligung.

<sup>42</sup> u.a. Ambulanz- und Rettungsflüge, Notlandungen.

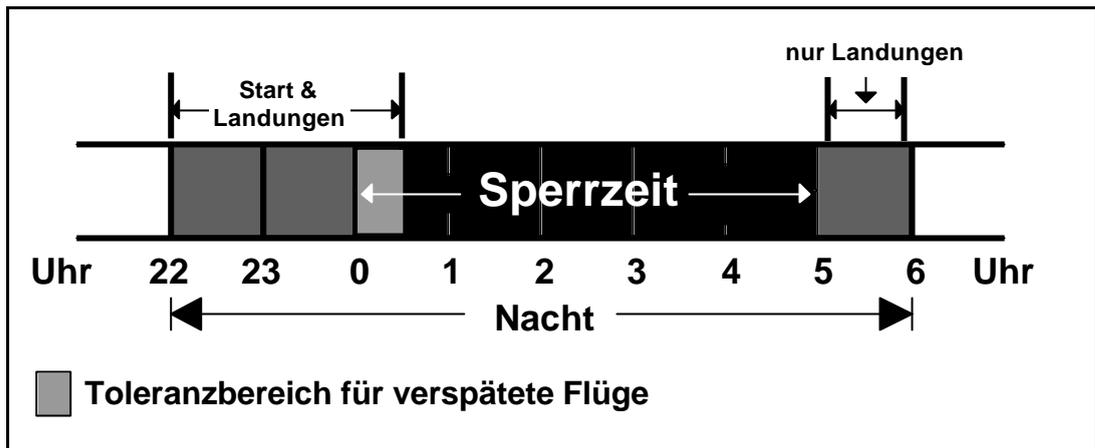


Abbildung 5.1 Linienverkehr während der Nacht.

**Die Kommission empfiehlt ausdrücklich, dass die bestehende Sperrzeit von 00 bis 05 Uhr Lokalzeit samt der Regelung für Verspätungen unverändert beibehalten wird. Sie verzichtet unter diesen Voraussetzungen auf die Definition eines Beurteilungspegels und eine Festlegung von Grenzwerten für die Zeit von 00 bis 05 Uhr.**

Für die restlichen Nachtstunden wird, analog zum Verfahren tagsüber, ein Beurteilungspegel wie folgt definiert:

$$L_r = L_{eq} + K \quad (\text{mit } K=0)$$

Die Korrektur ist auch hier gleich null. Dem erhöhten Ruhebedarf wird durch einen tieferen Grenzwert Rechnung getragen.<sup>43</sup> Da nachts jedoch nicht nur die Belästigung begrenzt, sondern auch die lärmbedingten Aufwachreaktionen weitgehend vermieden werden sollen, wird die Referenzzeit für die  **$L_{eq}$ -Bildung auf eine Stunde** verkürzt (1-Stunden  $L_{eq}$ ).

Folgende Überlegungen führen dazu: Zwischen dem SEL-Pegel<sup>44</sup> und dem Maximalpegel eines einzelnen Überflugs besteht ein direkter approximativer Zusammenhang, der sich aus der Geometrie des Flugweges ergibt. Da der SEL-Pegel die Basis für die  $L_{eq}$ -Berechnung darstellt, überträgt sich der Zusammenhang auch auf den  $L_{eq}$ . Ist die massgebende Zeit jedoch lang, beispielsweise 16 Stunden eines Tages, und die Zahl der Bewegungen gross, so lässt sich aus dem  $L_{eq}$  lediglich auf den mittleren Maximalpegel schliessen. Grosse Streuungen sind möglich und auch üblich.

Dies ändert sich, je kürzer der massgebende Zeitraum gewählt wird. Da Fluglärm sozusagen packetweise auftritt, ist ein  $L_{eq}$  für eine kurze Zeitspanne nicht nur ein Mass für die durchschnittliche Schallintensität, sondern zugleich auch ein Hinweis auf das grösste mögliche Einzelereignis in dieser Zeit, auf jenes Ereignis nämlich, das die ganze Energie in einem einzigen Packet liefert. Der  $L_{eq}$  ist also unter bestimmten Bedingungen Mittelmass und Maximalmass zugleich. Wie gut dieser Kompromiss funktioniert, hängt nur von der gewählten Zeitspanne ab.

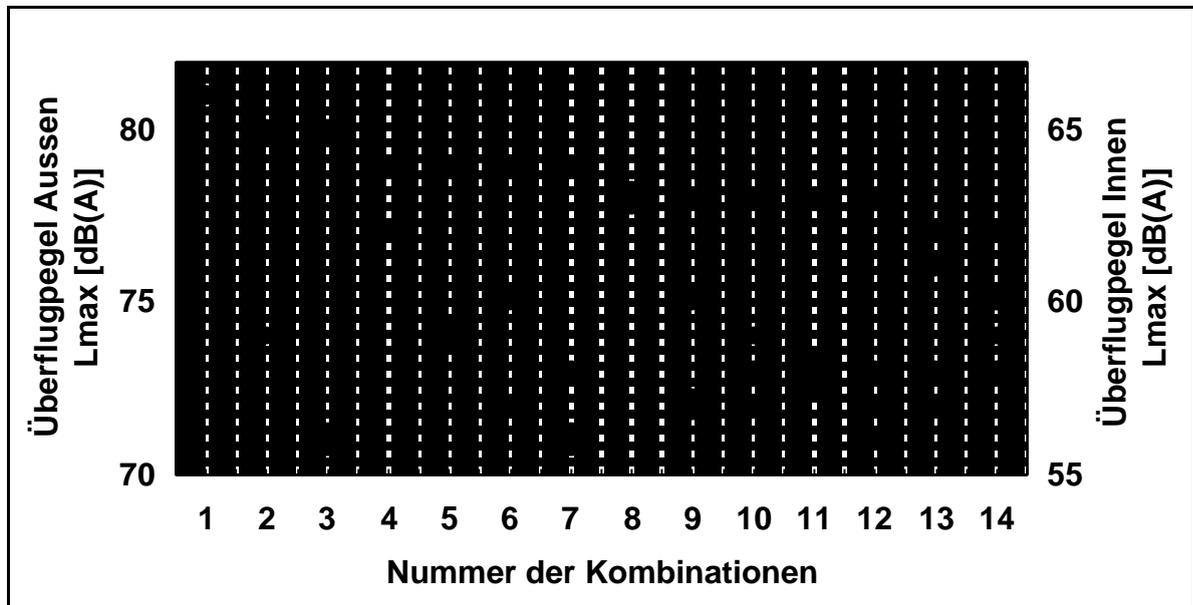
Eine genauere Betrachtung zeigt, dass die Dauer von einer Stunde als tragbarer Kompromiss angesehen werden darf. Da die fünf Nachtstunden von 00 bis 05 Uhr keinen Grenzwert brauchen, bleiben noch drei, die getrennt zu betrachten sind. Der Vorteil dieses Verfahrens

<sup>43</sup> Zahlenwerte siehe Kapitel 6.

<sup>44</sup> s. Anhang A2.1.

gegenüber einem 8-Stunden- oder 3-Stunden- $L_{eq}$  besteht in der wirkungsvolleren Limitierung der Maximalpegel, welche zur Vermeidung der Aufwachreaktionen unerlässlich ist.

Die Bedeutung des Verfahrens lässt sich am besten anhand der Abbildung 5.2 erkennen. Diese zeigt anhand einer Reihe von Beispielen, welche maximalen Überflugpegel in einer Stunde möglich sind, wenn der  $L_{eq}$  in dieser Stunde 55 dB beträgt.



**Abbildung 5.2** Auswahl von Kombinationen von Überflugpegeln, welche zusammen einen 1-Stunden- $L_{eq}$  von 55 dB ergeben. Je grösser die Zahl der Überflüge pro Stunde, desto tiefer ist der höchstmögliche Pegel. Beispiel: Kombination 5 besteht aus 3 Überflügen mit  $L_{max}$  von 79, 74 und 73.5 dB(A) Maximalpegel.

Legt man einen 1-Stunden- $L_{eq}$  von 55 dB als Grenze fest, so sind offenbar keine Überflüge mit mehr als 81 dB(A) Spitzenpegel möglich. Bei kurzer Bezugszeit funktioniert der  $L_{eq}$  also nicht nur als Mittelmass, sondern kann auch zur Beschränkung der Spitzen verwendet werden. (Bei einem 1-Stunden- $L_{eq}$  von 50 dB resp. 60 dB sind auch die Spitzenpegel 5 dB tiefer bzw. höher).

Mit Rücksicht auf den Vollzug, die Berechnungsmöglichkeit und die Gesetzmässigkeiten im Luftverkehr (z.B. wetterbedingte Unregelmässigkeiten) wird eine Jahresmittelung über den 1-Stunden  $L_{eq}$  Wert vorgeschlagen. Die täglichen Ergebnisse werden in der Nacht stärker schwanken als am Tag, da viel weniger Flugzeuge zu diesen Werten beitragen. Saisonale Schwankungen wirken sich dadurch stärker auf das Ergebnis aus, weshalb ein Jahresmittelwert vertretbar ist.

## 6. Belastungsgrenzwerte für den Lärm der Landesflughäfen

### 6.1 Grenzwertvorschlag der Kommission

Gemäss Art. 15 USG sind die Immissionsgrenzwerte so festzulegen, dass nach dem Stand der Wissenschaft oder der Erfahrung Immissionen unterhalb dieser Werte die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden nicht erheblich stören.

Ausgehend von diesen rechtlich verankerten Kriterien schlägt die Kommission - nach Prüfung der von der Arbeitsgruppe evaluierten Varianten <sup>45</sup> - Belastungsgrenzwerte vor, die folgenden Erkenntnissen und Postulaten Rechnung tragen:

- Berücksichtigung der gesamthaft gleichen Störwirkung des Strassenverkehrs- und Fluglärms während der Tageszeit.
- Verhinderung erheblicher Nachtruhestörungen durch Begrenzung der lärmbedingten Aufwachreaktionen in den Randstunden von 22 bis 24 Uhr und 05 bis 06 Uhr und durch Weiterführung der geltenden Nachtflugordnung.
- Berücksichtigung der finanziellen und raumplanerischen Auswirkungen der Grenzwerte.

Die Kommission schlägt ein Grenzwertschema vor, das jenem der Variante A der Arbeitsgruppe entspricht. Sie hat diese zur Variante K weiterentwickelt, die neben dem zentralen Aspekt des Gesundheitsschutzes auch das Ausmass der resultierenden Einschränkungen für die bauliche Entwicklung berücksichtigt. Die Einschränkungen reduzieren sich in einer mit Art. 15, USG zu vereinbarenden Weise, wenn die Nachtbelastungsgrenzwerte für die erste Nachtstunde (22-23 Uhr) in der Empfindlichkeitsstufe II um 5 dB angehoben werden.

**Tabelle 6.1: Belastungsgrenzwertvorschlag der Kommission (Variante K).**

Der Beurteilungspegel  $L_r$  wird für den Tag (16 Stunden) mit dem Mittelungspegel  $L_{eq}$  berechnet. Für die Nacht wird  $L_r$  mit dem 1-Stunden- $L_{eq}$  zur Beschränkung der Spitzenwerte für jeden der Zeitabschnitte 22-23, 23-24 Uhr \*\* und 5-6 Uhr einzeln berechnet und beurteilt. Die Mittelungszeit ist je 1 Stunde.

Belastungsgrenzwerte für den Lärm von Landesflughäfen						
Empfindlichkeitsstufe (Art. 43 LSV)	Planungswert $L_r$ in dB(A)		Immissions- grenzwert $L_r$ in dB(A)		Alarmwert $L_r$ in dB(A)	
	Tag	Nacht *	Tag	Nacht *	Tag	Nacht *
I	50	40	55	45	60	55
II	55	50/45***	60	55/50***	65	65/60***
III	60	50	65	55	70	65
IV	65	55	70	60	75	70

\* die Nacht wird in drei Stunden aufgeteilt: 22-23, 23-24 \*\* und 5-6 Uhr

\*\* verspätete Flüge dürfen bis 00.30 Uhr landen und starten; diese werden aber der 2. Nachtstunde zugerechnet

\*\*\* der höhere Wert gilt für die 1. Nachtstunde von 22-23 Uhr

<sup>45</sup> Varianten A bis D: siehe Anhang A3.

Die Kommission begründet ihren Vorschlag im Einzelnen wie folgt:

- Variante K bewirkt ein hohes Schutzniveau für die betroffene Bevölkerung. Der Schutz ist vor allem in den reinen Wohnzonen (Empfindlichkeitsstufe II) gross, dort wo auch der Schutzanspruch am höchsten ist. Der Kommission blieb dabei nicht verborgen, dass der Betrieb der Landesflughäfen mit den relativ tiefen Grenzwerten der Variante K in erheblichem Umfang Erleichterungen beanspruchen wird. Der Schutz der Bevölkerung vor dem Fluglärm ist dennoch der bestmögliche, können Erleichterungen doch nur aufgrund einer Interessenabwägung gewährt werden, die mit Variante K schon bei tieferen Lärmpegeln einsetzt. Die um 5 dB niedrigeren Grenzwerte der 2. und letzten Nachtstunde ermöglichen eine lange ungestörte Nachtruhe.
- Variante K trägt der Erkenntnis der gleichwertigen Störwirkung von Flug- und Strassenverkehrslärm Rechnung, indem die Planungs- und Immissionsgrenzwerte für den Tag der beiden Lärmarten übereinstimmen. Damit werden dem Prinzip der Gleichbehandlung verschiedener Lärmarten und den Kriterien des Artikels 15 USG Rechnung getragen.
- Die Alarmwerte der Empfindlichkeitsstufen I & II sind gegenüber dem Strassenverkehrslärm um 5 dB tiefer, weil die Sanierungsmassnahmen an der Quelle und im Ausbreitungsbereich bei Fluglärm nicht so leicht zu realisieren sind. Deshalb muss den bei Überschreitung der Alarmwerte ersatzweise anzuordnenden Schallschutzmassnahmen besondere Bedeutung beigemessen werden.
- Die klare Abstufung der Belastungsgrenzwerte der Empfindlichkeitsstufen II und III ist mit den raumplanerischen Nutzungskriterien im Einklang. Somit unterstützt der Lärmschutz die raumplanerische Nutzungsordnung.
- Die Kommission ist sich bewusst, dass die niedrigen Grenzwerte der Empfindlichkeitsstufe II einen gewissen Anreiz zur Aufstufung der Empfindlichkeitsstufe II in die Empfindlichkeitsstufe III schaffen. Damit wird die Gefahr der Schutzminderung in Bezug auf Fluglärm und andere Lärmarten erhöht. Die weitgehend abgeschlossene Zuordnung der Empfindlichkeitsstufen in der Umgebung der Landesflughäfen schränkt diese Gefahr indessen ein.
- Sofern der Weiterbetrieb der Landesflughäfen Erleichterungen beanspruchen wird, die zu Lärmbelastungen über den Grenzwerten (AW / IGW) führen, sorgt Variante K für den notwendigen Schutz der Bevölkerung mit Schallschutzfenstern.
- Die Höhe allfälliger Entschädigungen aus Enteignung wegen der übermässigen Lärmbelastung am Tag steigen mit Variante K gegenüber der heutigen Bundesgerichtspraxis kaum an, da das Bundesgericht seine bisherigen Entscheide bereits auf Werte abgestellt hat, die den Grenzwerten der Variante K entsprechen.
- Wissenschaftlicher Studien zeigen auf, dass nachts den Aufwachreaktionen Rechnung getragen werden muss. Dies kann mit der Begrenzung des Spitzenpegels erfolgen. Die Beurteilung des Nachtfluglärms mit je einem 1-Stunden- $L_{eq}$  (Mittelungszeit über 60 Minuten für 22-23, 23-24 und 5-6 Uhr) limitiert auch den Spitzenpegel und vermeidet somit Aufwachreaktionen. Mit einem 1-Stunden- $L_{eq}$  Grenzwert von 50 dB(A) werden Aufwachreaktionen ausgeschlossen (d.h. 0% Aufwachreaktionen).

Gründe, die zur abgestuften Grenzwertbildung für die Nachtgrenzwerte führten:

Bei einem Grenzwert von 55 dB(A) wird nachts mit 5% Aufwachreaktionen gerechnet. Dies ist für die erste Nachtstunde vertretbar, da während dieser Zeit erfahrungsgemäss nur ein Teil der Bevölkerung bereits schläft. Damit gelten in der ersten Nachtstunde für die Empfindlichkeitsstufe II und III die gleichen Belastungsgrenzwerte. Die um 5 dB strengeren Grenzwerte der Empfindlichkeitsstufe II für die zweite und für die letzte Nachtstunde sollen

indessen zusammen mit der Sperrordnung eine möglichst lange, zusammenhängende Nachtruhe sicherstellen.

## 6.2 Ausländische Belastungsgrenzwerte

Obschon sich die Regelungen grundsätzlich gleichen, werden die Lärmimmissionen von Land zu Land unterschiedlich gemessen, ausgewertet und beurteilt. Ein direkter Vergleich der Grenzwerte ist daher nicht ohne weiteres möglich. Es gibt keine einfachen Rechenverfahren, mit denen sich Grenzwerte direkt vergleichbar machen lassen. Vergleiche sind nur anhand konkreter Beispiele möglich.

**Deutschland** benützt einen Aequivalentpegel, den "Störindex Q" nach deutschem Fluglärmgesetz. Es handelt sich um ein Verfahren zwischen  $L_{eq}$  und NNI mit einer überenergetischen Berücksichtigung der Bewegungszahl. (Statt Q wird oft auch die Bezeichnung  $L_{eq4}$  verwendet, was zu häufigen Verwechslungen mit  $L_{eq}$  führt.). Es werden zwei Werte berechnet, der eine für den Tag allein, der andere für eine Kombination von Tag und Nacht; der grössere der beiden Werte zählt.

**Frankreich** hat eine gesetzliche Regelung auf der Basis des Indice psophique R, das ein Sammelmass für alle 24 Stunden des Tages darstellt. Es bewegt sich methodisch zwischen NNI und  $L_{eq}$ . Nachtflugbewegungen werden mit zehnfachem Gewicht einbezogen.

In den **Niederlanden** gilt der "Kosten-Index". Auch dies ist, ähnlich wie der deutsche Störindex, ein nichtenergetischer Aequivalentpegel mit starker Gewichtung der Bewegungszahl. Ausserdem werden die einzelnen Tagesperioden mit feinabgestuften Gewichten berücksichtigt. Das Gewicht 1 gilt von 8 - 18 Uhr, das Gewicht 10 von 23 bis 06 Uhr, für die restlichen Stunden werden Gewichte zwischen 2 und 8 verwendet. (Norwegen lehnt sich an die holländische Gewichtung an, benützt aber in der Berechnung den rein energetischen  $L_{eq}$ . Dänemark verwendet nur drei Gewichte für Tag, Abend und Nacht, ebenfalls mit rein energetischem  $L_{eq}$ ).

**Grossbritannien** verwendete lange Zeit wie die Schweiz den NNI, hat aber vor wenigen Jahren auf den  $L_{eq}$  für die Tageszeit von 07 bis 23 Uhr gewechselt, ohne jede weitere Berücksichtigung der Nachtbewegungen.

Noch grösser als in der Bestimmung des Belastungsmasses sind die Unterschiede bei den Wirkungen der Grenzwerte. Sie reichen von Empfehlungen an lokale Behörden zur Verwendung in Verhandlungen mit Flughäfen bis zu verbindlichen nationalen Gesetzen. Ein sicherer Vergleich liesse sich erst machen, wenn auch die Vollzugspraxis in den einzelnen Ländern detailliert dokumentiert würde.

Bei einem groben Vergleich der verschiedenen nationalen Regelungen sind grosse Unterschiede festzustellen (Vgl. Anhang A2.2, Tabelle A2.3).

Während ab einem  $L_{eq16}$  von ca. 75 dB in Deutschland der Schallschutz bestehender Wohnungen vorgeschrieben wird, sind in den Niederlanden bei solchen Belastungen Wohnnutzungen bereits verboten. In der Schweiz war bisher die Nutzung bestehender Wohnungen bis zur oberen Grenze der Fluglärmzone B (entsprechend einem  $L_{eq}$ -Wert von 78 bis 80 dB) zugelassen, ohne dass an den bestehenden Gebäuden Schallschutzmassnahmen gefordert und bezahlt wurden. Holland hat offenbar eine Regelung, welche den Schutz der betroffenen Bevölkerung am besten gewährleistet.



## 7. Ausmass und finanzielle Konsequenzen der Fluglärmbelastung

Mit der Grenzwertfestlegung werden Schätzungen über die Anzahl der betroffenen Personen, die über den Grenzwerten belastet sind, möglich. Zudem lassen sich auch das Ausmass des Sanierungsbedarfs, die erforderlichen Schallschutzmassnahmen am Gebäude, die Auswirkung auf die Bautätigkeit und die Raumplanung sowie die Folgekosten der Lärmeinwirkung bestimmen.

Die Auswirkungen der Belastungsgrenzwerte werden im folgenden für die Variante K dargestellt. <sup>46</sup>

Die Beurteilung und die Kostenabschätzungen beruhen auf der Fluglärmbelastung des Jahres 1994.

### 7.1 Anzahl der über dem IGW belasteten Personen

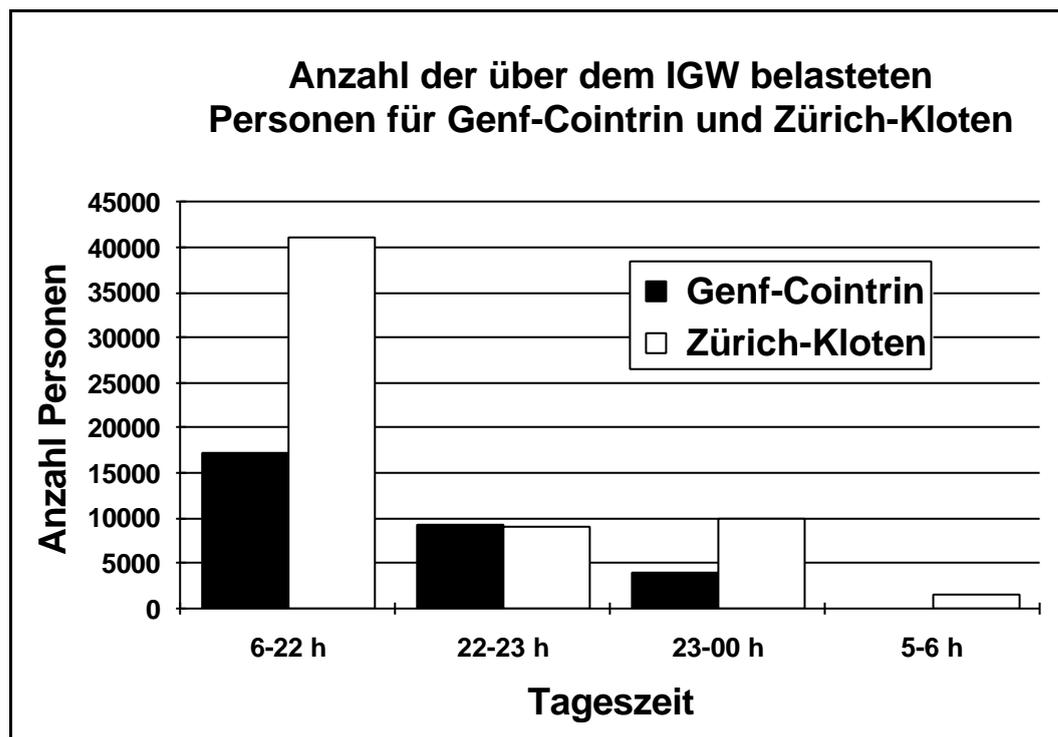


Abbildung 7.1 Anzahl Personen über den Grenzwerten in der Umgebung des Flughafens Genf-Cointrin und der Umgebung des Flughafens Zürich-Kloten.

<sup>46</sup> Die Konsequenzen der Varianten A bis D sind zum Vergleich im Anhang A4 dargestellt.

In der Umgebung des Flughafens Genf-Cointrin befinden sich 11 Schweizer Gemeinden (ohne Stadt Genf <sup>47</sup>) mit einer Gesamtbevölkerung von ca. 84'000 Personen. Rund 50 % dieser Bevölkerung wohnen in der ES II, 46 % in der ES III und 4 % in der ES IV. Die Gemeinde Vernier ist die grösste mit 28'000, und Aire-la-Ville die kleinste mit nur 440 Einwohnern.

In der Umgebung des Flughafens Zürich-Kloten befinden sich 26 Schweizer Gemeinden (ohne Stadt Zürich <sup>47</sup>) mit einer Gesamtbevölkerung von ca. 112'000 Einwohnern. Rund 68 % der Bevölkerung wohnen in der ES II, 31 % in der ES III und nur ein Prozent in der ES IV. Kloten ist mit 15'600 Einwohner die grösste, und Bachs mit 600 Einwohnern die kleinste Gemeinde. Die tagsüber betroffene Bevölkerung wohnt in den Gemeinden, die sich direkt unter den Abflugrouten der Pisten 16 (nach Süden) und 28 (nach Westen) befinden. Hingegen sind während der Nacht vorwiegend die Gemeinden nördlich des Flughafens betroffen (z.B. Höri), bei denen tagsüber nur selten IGW-Überschreitungen festzustellen sind.

Aus den Daten über die Bevölkerungsverteilung und die Lärmbelastung in der Umgebung der Flughäfen lässt sich die Anzahl der über dem IGW/AW lebenden Personen ermitteln.

Aus den Anhängen A5.1, A5.4 und A5.7 wird ersichtlich, welcher Lärmbelastung die Bevölkerung 1994 tagsüber (06 - 22 Uhr) ausgesetzt war.

## 7.2 Umfang und Kosten von Schallschutzmassnahmen

Bei den Landesflughäfen sind die Sanierungsmöglichkeiten sehr beschränkt (vgl. 2.1.3). Deshalb werden auch nach den Sanierungen an verschiedenen Orten die **Alarmwerte** überschritten bleiben. Die Folge davon ist, dass bei den Fenstern der lärmempfindlichen Räume in **bestehenden Gebäuden** Schallschutzmassnahmen ergriffen werden müssen.

Für **neue oder wesentlich geänderte Anlagen** müssen bereits ab dem **Immissionsgrenzwert** Schallschutzmassnahmen getroffen werden. Diese Vorschrift kann bei einem Flughafen- ausbau zur Anwendung kommen; ebenso bei Konzessionserneuerungen, soweit sie als neue Anlagen eingestuft werden.

Um die Kosten dieser Massnahmen quantifizieren zu können, wurden für Genf und Zürich in einem ersten Schritt die Anzahl Personen, die heute Lärmimmissionen über den Grenzwerten (AW / IGW) ausgesetzt sind, ermittelt <sup>48</sup>.

Dabei war folgendes zu beachten:

- Der Flughafen Genf-Cointrin verfügt nur über eine Piste; deshalb darf man davon ausgehen, dass am Tag und in der Nacht die gleichen Gebiete belastet sind.
- Zürich-Kloten hat ein komplexes Pistensystem; das zudem tagsüber und nachts nicht gleich betrieben wird. Dies führt dazu, dass in der Nacht teilweise andere Gebiete vom Lärm betroffen sind als am Tag. Für die massgebende Anzahl Personen über dem

---

<sup>47</sup> Die Städte Genf und Zürich wurden nicht einbezogen, weil die über dem IGW belasteten Stadtteile vernachlässigbar klein sind und somit kaum ins Gewicht fallende Zusatzkosten anfallen dürften.

<sup>48</sup> EMPA BERICHT-NR. 159'962 (1997): Belastungsgrenzwerte für Landesflughäfen (Auswirkungen verschiedener Grenzwertszenarien).

Grenzwert zählen Personen, bei denen der Tag- und/oder der Nachtgrenzwert überschritten sind.<sup>49</sup>

**Tabelle 7.1** Anzahl Personen, die in der Umgebung der Flughäfen Genf-Cointrin und Zürich-Kloten über den Grenzwerten (Tag und/oder Nacht) belastet sind.

	über dem AW	über dem IGW
Zürich-Kloten	10'500	49'000
Genf-Cointrin	5'200	18'000

Gestützt auf diese Angaben wurden dann die Kosten berechnet, die für den Einbau von Schallschutzfenstern zu erwarten sind:

Bei der Berechnung der Kosten für bauliche Schallschutzmassnahmen ist mit drei Fenstern pro Person zu rechnen.<sup>50</sup> Der Einbau von Schallschutzfenstern kostet heute ca. Fr. 4'500.- pro Person.<sup>51</sup>

**Tabelle 7.2** Kosten von Schallschutzfenstern um Genf-Cointrin und Zürich-Kloten (aufgrund der Tages- und Nachtbelastung).

in Mio. Fr	für bestehende Anlagen	für neue oder wesentlich geänderte Anlagen
Zürich-Kloten	47	221
Genf-Cointrin	23	81
<b>Total:</b>	<b>70</b>	<b>302</b>

## 7.3 Mögliche Entschädigung aus Enteignung

In Kapitel 2 ist dargelegt worden, dass die Lärmbelastung durch den Flugbetrieb neben den Lärmschutzmassnahmen auch zu raumplanerischen Konsequenzen führen kann. So dürfen Bauzonen bei der Überschreitung der Planungswerte in der Regel nicht mehr eingezont oder erschlossen werden und Baubewilligungen dürfen grundsätzlich nicht mehr erteilt werden, wenn die Immissionsgrenzwerte überschritten sind. Für Gebiete mit hohen Lärmbelastungen können daraus Einschränkungen resultieren, die unter bestimmten Voraussetzungen Entschädigungsforderungen aus Enteignung nach sich ziehen können. Eine Entschädigungs-

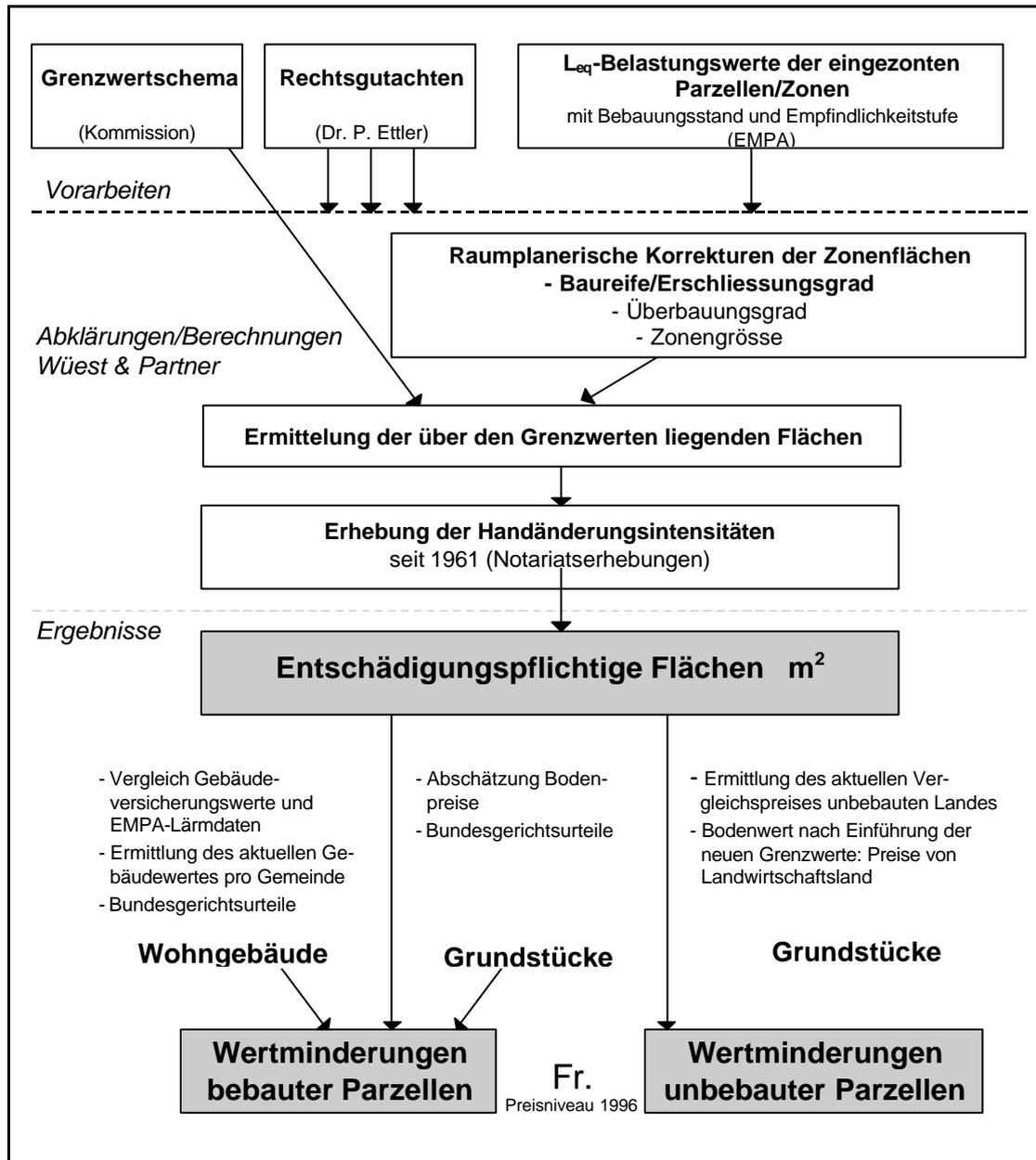
<sup>49</sup> EMPA BERICHT-NR. 169'115 (1997): Grenzwerte für Fluglärm der Landesflughäfen: Abschätzung der Auswirkungen der Grenzwertvariante K.

<sup>50</sup> WINKELMANN, P. (1981): Abschätzung der Anzahl lärmbelasteter Personen und Bauzonen bei Flugplätzen der Kleinaviatik. Herausgeber: BAZL.

<sup>51</sup> Baukostenindex 1997.

pflicht kann ferner daraus erwachsen, dass wegen der übermässigen Lärmbelastung die Abwehransprüche der Grundeigentümer aus dem zivilrechtlichen Nachbarrecht enteignet werden müssen.

Die Kommission hat die aus diesen Gründen denkbaren Enteignungsforderungen von Experten (Firma Wüest & Partner, Zürich) schätzen lassen. Die von den Experten vorgelegten Zahlen sind zwar mit verschiedenen, teils erheblichen Unschärfen behaftet, können aber als Entscheidungsgrundlage dienen. Das Expertengutachten teilt sich in einen rechtlichen und einen raumplanerischen Teil. Gestützt auf die Synthese der beiden Teile wurde der Umfang der potentiell möglichen Entschädigungen abgeschätzt. Das Vorgehen der Experten ist in Abbildung 7.1 skizziert (siehe auch Anhang A2.3).



**Abb. 7.1** Wichtigste Etappen zur Abschätzung der entschädigungsrelevanten Flächen und der potentiellen Entschädigungssummen.

### 7.3.1 Entschädigungspflichtige Flächen

In einem ersten Schritt wurden gestützt auf Abklärungen bezüglich Baureife, Überbauungsgrad und Handänderungswahrscheinlichkeiten die Flächen ermittelt, bei denen grundsätzlich die Voraussetzungen für eine Entschädigung aus Enteignung erfüllt wären.

Im Hinblick auf eine Interpretation der Ergebnisse muss indessen beachtet werden, dass die raumplanerischen Grundlagen bezüglich Erschliessung und Baureife teils sehr ungenau waren. Ferner wurden die Handänderungswahrscheinlichkeiten lediglich aufgrund einer Untersuchung in einer kleineren Anzahl Gemeinden hochgerechnet. Unberücksichtigt blieben sodann auch Unsicherheiten bezüglich der Bestimmung der Lärmbelastung.

Abschätzungen zeigen, dass etwa ein Viertel der entschädigungspflichtigen Flächen der unbebauten Grundstücke in der Umgebung von Genf-Cointrin und drei Viertel in der Umgebung von Zürich-Kloten liegen. Bei den bebauten Grundstücke liegen etwa ein Drittel der entschädigungspflichtigen Flächen in der Umgebung von Genf-Cointrin und zwei Drittel in der Umgebung von Zürich-Kloten.

**Tabelle 7.5** Umfang der entschädigungspflichtigen Flächen.

Die Unschärfenbereiche liegen je nach Art und Ort der Grundstücke zwischen +/- 10% und +/- 30%, die Angaben sind auf 5 ha gerundet.

T = Tagesbelastung,  $\Delta N$  = „kommt durch die Nachtbelastung dazu“, T+N = Summe für Tages und Nachtbelastung.

in Hektaren		T	DN	T+N
Fläche der <b>unbebauten</b> Grundstücke	Zürich-Kloten	125	75	<b>200</b>
	Genf-Cointrin	55	5	<b>60</b>
	Zusammen:	<b>180</b>	<b>80</b>	<b>260</b>
Fläche der <b>bebauten</b> Grundstücke	Zürich-Kloten	175	55	<b>230</b>
	Genf-Cointrin	135	10	<b>145</b>
	Zusammen:	<b>310</b>	<b>65</b>	<b>375</b>
<b>Total:</b>		<b>490</b>	<b>145</b>	<b>635</b>

### 7.3.2 Mögliche Forderungen

Die monetäre Bewertung der entschädigungsrelevanten Flächen beinhaltet eine relativ grosse Unschärfe. Zum einen kann sie nicht auf demselben Konkretisierungsgrad erfolgen, wie die bei Gerichtsurteilen üblichen Expertengutachten. Zum andern sind es Kosten, die nur im Fall einer Klage auch tatsächlich anfallen. Für die Quantifizierung der potentiellen Entschädigungsforderungen wegweisend waren die Entscheide des Bundesgerichts zu Enteignungsforderungen in der Umgebung des Flughafens Genf-Cointrin.

Die Schätzungen basieren auf den Grundstückspreisen von 1996 und führen zu folgenden Zahlen:

**Tabelle 7.6** Mögliche Entschädigungsforderungen.

Die Unschärfenbereiche liegen je nach Art und Ort der Grundstücke zwischen +/- 35% und +/- 50%. T = Tagesbelastung, ΔN = „kommt durch die Nachtbelastung dazu“, T+N = Summe für Tages und Nachtbelastung.

in Mio. Fr.		T	DN	T+N
für <b>unbebaute</b> Grundstücke	Zürich-Kloten	715	400	<b>1'115</b>
	Genf-Cointrin	260	40	<b>300</b>
	Zusammen:	<b>975</b>	<b>440</b>	<b>1'415</b>
für <b>bebaute</b> Grundstücke	Zürich-Kloten	300	100	<b>400</b>
	Genf-Cointrin	225	10	<b>235</b>
	Zusammen:	<b>525</b>	<b>110</b>	<b>635</b>
<b>Total:</b>		<b>1'500</b>	<b>550</b>	<b>2'050</b>

Von besonderem Interesse ist der Umfang der möglichen Mehrkosten, die zusätzlich anfallen werden, wenn die heutige Bundesgerichtspraxis durch eine rechtliche Verankerung der Grenzwerte beeinflusst wird. Die Grenzwertvorschläge der Kommission lösen für den Tag keine solchen Mehrkosten aus, da die vorgeschlagenen Tagesgrenzwerte für die Empfindlichkeitsstufe II den vom Bundesgericht angewendeten Werten entsprechen.

Bisher musste das Bundesgericht keine Forderungen wegen Nachtfluglärm beurteilen. Es ist aber davon auszugehen, dass das Gericht wegen der erhöhten Lärmempfindlichkeit nachts von tieferen Grenzwerten ausgehen würde. Damit würden sich auch die aufgrund der heutigen Praxis des Bundesgerichts berechneten Entschädigungsforderungen erhöhen. Die Zusatzkosten für Forderungen wegen Nachtlärmbelastungen dürften mit den vorgeschlagenen Nachtgrenzwerten etwa 1/3 der „Tages“-Kosten erreichen.

Die relativ grossen Unschärfen der geschätzten Werte in den Tabellen 7.5 und 7.6 sind eine Folge verschiedener Unschärfen bei folgenden Eingabedaten:

- Erschliessungsgrad, Baureifegrad und Bauzonengrösse;
- Hochrechnungen der Handänderungswahrscheinlichkeit;<sup>52</sup>
- monetäre Bewertung der entschädigungsrelevanten Flächen.

Die Berechnungen beruhen auf der Annahme, dass die Forderungen zu 100 Prozent geltend gemacht werden.

---

<sup>52</sup> Die Handänderungswahrscheinlichkeit wurde aus Notariatshebungen in acht Gemeinden ermittelt.

# ANHANG



# A1 Abkürzungen

AW	Alarmwert
BAZL	Bundesamt für Zivilluftfahrt
BG	Bundesgesetz
BGE	Bundesgerichtsentscheid
BGW	Belastungsgrenzwert
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
BV	Bundesverfassung
dB	Dezibel
EDI	Eidgenössischen Departement des Innern
EUROCONTROL	Europäische Organisation für Flugsicherung
EVED	Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement
IATA	Internationale Lufttransport-Vereinigung
ICAO	International Civil Aviation Organization
IGW	Immissionsgrenzwert
$L_{eq}$	Mittelungspegel
LFG	BG über die Luftfahrt (Luftfahrtgesetz)
LFV	V über die Luftfahrt (Luftfahrtverordnung)
$L_r$	Beurteilungspegel
LSV	Lärmschutz-Verordnung vom 15.12.1986 (SR 814.331)
NNI	Noise and Number Index
OFA	Ortsfeste Anlage
PW	Planungswert
RPG	Raumplanungsgesetz vom 22.6.1979 (SR 700)
USG	Umweltschutzgesetz vom 7.10.1983 (SR 814.01)
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
V	Verordnung
VEL	Verordnung des EVED über die Emissionen von Luftfahrzeugen
VIL	V über die Infrastruktur der Luftfahrt
ZGB	Schweizerisches Zivilgesetzbuch



## A2 Grundlagen

### A2.1 Masse und Zusammenhänge

- Schalldruck  $p$  [Pascal]; Bezugsschalldruck  $p_0 = 0.00002$  Pascal
- **Schall(druck)pegel  $L$  [dB]** =  $10 \log (p/p_0)^2$  : in der Akustik übliche Beschreibungsgrösse für den Schall. Als „Einheit“ des Schallpegels dient das Dezibel (dB).<sup>53</sup>
- **A-Bewertung:** frequenzmässige Bewertung (Filterung) des Schallpegels. Daraus entsteht der A-bewertete Schallpegel  $L_A$  [dB] oft auch  $L$  [dB(A)] geschrieben. Es ist eine Berücksichtigung der Empfindlichkeit des Gehörs, welches auf tiefe Frequenzen viel weniger empfindlich ist als auf hohe.
- **Zeitbewertung:** Das Schallpegelmessgerät bestimmt den Pegel aus dem energetischen Mittel über der Zeitkonstanten z.B. **F** (Fast) = 0.125 s oder **S** (Slow) = 1 s  
z.B. mit der Zeitkonstanten S gemessene A-bewertete Schallpegel  $L_{AS}$  [dB(AS)]
- Maximalpegel  $L_{max}$  [dB(max)]: s. Abbildung A2.1;  
mit S gemessene A-bewertete Maximalschallpegel  $L_{AS,max}$  [dB(ASmax)]
- **Äquivalenter Dauerschallpegel  $L_{eq}$  [dB]** =  $10 \log (1/T \cdot \sum t_i \cdot 10^{0.1 \cdot L_i})$  (s. Abb. A2.1),  
A-bewerteter, äquivalenter Dauerschallpegel  $L_{Aeq}$  [dB(A)]
- **Perceived Noise Level PNL [PNdB]:** entsteht aus einer akustischen Messung und ist eine Schätzung der Lärmigkeit eines Geräuschs (Vergleich mit einem gleich lärmigen 1000 Hz Oktavbandrauschen).
- **Noise and Number Index NNI [dB]** =  $\langle L_{PN} \rangle + 15 \log N - 80$ ,  
 $\langle L_{pn} \rangle$  = Mittelwert der Lärmpegelmaxima in PNdB  
In der **Schweiz** verwendete **Näherungsformel:**  
 $NNI = \langle L_{A,max} \rangle + 15 \log N - 68$ ; für  $L_{A,max} > 68$  dB; N gezählt, wenn  $L_{A,max} > 68$  dB  
N = Bewegungen pro Jahr zwischen 6 und 22 Uhr geteilt durch 365
- **SEL [dB] (Sound Exposure Level);** z.T. auch  $L_{AE}$ , älter auch  $L_{AX}$ : ist ein energiemässiger Mittelungspegel; als Bezugszeit dient unabhängig von der tatsächlichen Messzeit immer eine Sekunde.
- Beziehung  $L_{max}$  und SEL-Wert:  
Der Maximalwert  $L_{max}$  kann mit dem SEL-Wert angenähert werden.<sup>54</sup>

$$L_{A,max} \cong SEL_A\text{-Wert} - 10 \cdot \log(T_{10}) + 3 \text{ [dB(A)]}$$

<sup>53</sup> Streng genommen ist das Dezibel keine physikalische Einheit, sondern eine Berechnungsvorschrift.

<sup>54</sup> BENNETT R.L. et al. (1981) „Handbook of Aircraft Noise Metrics“, NASA Contractor Report 3406, NTIS.

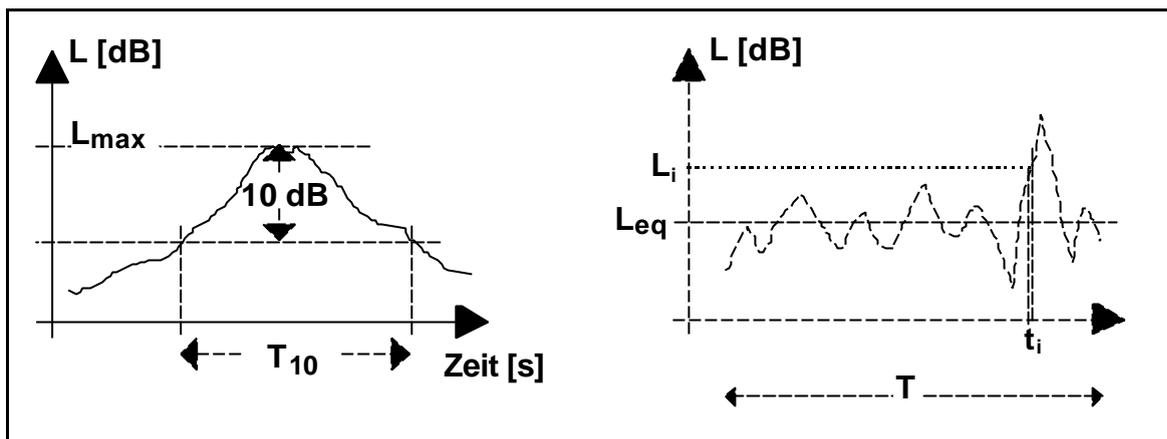


Abbildung A2.1 Veranschaulichung für  $L_{\max}$ ,  $T_{10}$  und  $L_{\text{eq}}$

Als Maß für die Überflugdauer wird  $T_{10}$  verwendet. Es ist die Zeit, in der sich der Pegel von  $L_{\max} - 10$  auf  $L_{\max}$  und wieder zurück auf  $L_{\max} - 10$  bewegt (siehe Abbildung A2.1). Wird für  $T_{10}$  eine Zeit zwischen 15 und 20 Sekunden angenommen, wie es nahe am Flugweg etwa richtig ist, ergibt sich näherungsweise:

$$L_{A,\max} \cong \text{SEL}_A - 9 \quad [\text{dB(A)}]$$

Nun kann die Frage beantwortet werden: Wieviele Überflüge mit welchem  $L_{\max}$  bewirken einen bestimmten 1-Stunden  $L_{\text{eq}}$ ? Für die 1-Stunden- $L_{\text{eq}}$  von 50, 55 und von 60 dB(A) kann dieser  $L_{\max}$  aus Tabelle A2.1 abgelesen werden. Zur Berechnung dient der oben beschriebene Zusammenhang zwischen dem  $L_{\max}$  und dem SEL. Die energetische Summe der SEL's wird nach untenstehender Formel in den  $L_{\text{eq}}$  umgewandelt.

$$L_{\text{Aeq, 1 Stunde}} \cong \text{„(Summe der SEL}_A\text{)“} - 26 \quad [\text{dB(A)}]$$

Tabelle A2.1 Auswahl möglicher Überflüge mit  $L_{\max}$  bei entsprechendem 1-Stunden  $L_{\text{eq}}$ .

	$L_{\text{eq,1 Stunde}} = 50 \text{ dB(A)}$	$L_{\text{eq,1 Stunde}} = 55 \text{ dB(A)}$	$L_{\text{eq,1 Stunde}} = 60 \text{ dB(A)}$
$L_{\max}$ [dB(A)]	76	81	86
	73, 73	78, 78	83, 83
	74, 72	79, 77	84, 82
	75, 69	80, 74	85, 79
	72, 71, 71	77, 76, 76	82, 81, 81
	73, 70, 70	78, 75, 75	83, 80, 80
	70, 70, 70, 70	75, 75, 75, 75	80, 80, 80, 80
	71, 70, 70, 69	76, 75, 75, 74	81, 80, 80, 79
	72, 69, 69, 69	77, 74, 74, 74	82, 79, 79, 79
	69, 69, 69, 69, 69	74, 74, 74, 74, 74	79, 79, 79, 79, 79

## A2.2 Nationale Regelungen für Fluglärm im Vergleich

Nach Gottlob <sup>55</sup> verwenden nur gerade 2 von 12 Ländern den selben „noise index“ (USA und Neuseeland). Im Jahr 1978 fand Schaefer <sup>56</sup> schon 87 verschiedene Lärmbewertungsverfahren, wobei er auch Varianten mitgezählt hatte, die sich nur in Details unterscheiden. Verschiedene Faktoren konnte er bei einer Analyse der Lärmbewertungsverfahren extrahieren:

- Verwendung der **Basisgrösse** ( $L_i$ ) und deren **Reduktion** auf einen Wert. In Anwendung findet man u.a.: die Schalldruckmaximalpegel der Einzelereignisse, den Perceived Noise Level PNL in PNdB oder den A-bewerteten Schalldruckpegel als Funktion der Zeit. Eine Mittelung über der Zeit ist als Reduktion naheliegend; die Mittelungszeiten variieren ebenfalls.
- Eine zeitliche Einteilung für die Beurteilung des auftretenden Lärms, die die unterschiedliche Empfindlichkeit der Bevölkerung (Tag - Nacht, Randzeiten) berücksichtigt.
- Eine relative Gewichtung ( $g_i$ ) in der obigen zeitlichen Einteilung.

In der Tabelle A2.2 werden Lärmbewertungsverfahren einzelner Länder dargestellt.

---

<sup>55</sup> GOTTLOB D. (1994) „Regulations for community noise“ , Proceedings Internoise '94, 43-56.

<sup>56</sup> SCHAEFER P. (1978) „Vergleichende Analyse von Lärmbewertungsverfahren“ , Dissertation TH München.

Tabelle A2.2 Gebräuchliche Lärmbewertungsverfahren im Vergleich.

Land	Lärmbewertungsverfahren
<b>Deutschland</b>	$L_{\text{eq4}}$ „Störindex Q“ $Q = 13.3 \log (1/T \cdot \sum g_i \cdot T_i \cdot 10^{L_i/13.3})$ [dB(A)] $L_i$ in dB(ASmax) {A-bewerteter Maximalpegel, Zeitkonstante SLOW} $T = 180 \cdot 86400 \text{s}$ {6 betriebsreichste Monate} $T_i = \text{Zeit, in der } L_i > (L_{\text{max}} - 10 \text{ dB})$ ist {10-dB-down-time} $g_i = 1.5$ oder $g_i = 1$ 6 00 - 22 00 Uhr $g_i = 0$ oder $g_i = 5$ 22 00 - 6 00 Uhr
<b>Niederlande</b>	„Kosten-Index B“ in „Kosteneinheiten Ke“ $B = 20 \log (\sum g_i \cdot 10^{L_i/15}) - 157$ [Ke] $L_i$ in dB(ASmax) höchster aller Maxwerte; alle Flüge in einem Jahr $g_i = 1$ 8 00 - 18 00 Uhr {Tag} $g_i = 2 \dots 8$ übrige Zeiten, stündlich verschieden {Randzeiten} $g_i = 10$ 23 00 - 6 00 Uhr {Nacht}
<b>Frankreich</b>	„Indice psophique IP“ $IP = 10 \log (\sum g_i \cdot 10^{0.1 \cdot L_i}) - 32$ [PNdB] $L_i$ in PNdB(max) {hier: Lärmspitzen als PNLevel gemessen} $g_i = 1$ 6 00 - 22 00 {Tag}; $g_i = 10$ 22 00 - 6 00 {Nacht}
<b>Gross-britanien</b> (ab 1992)	$L_{\text{Aeq,16h}}$ (bis 1991: NNI auf der Basis von $PNL_{\text{max}}$ ) $L_{\text{Aeq,16h}} = 10 \log (1/T \cdot \sum g_i \cdot t_i \cdot 10^{0.1 \cdot L_i})$ [dB(A)] $L_i$ in dB(AX) {SEL des Einzelereignis}; $T = 16$ Stunden $g_i = 1$ 7 00 - 23 00 {Tag}; $g_i = 0$ 23 00 - 7 00 {Nacht}
<b>USA</b> weitgehend	$L_{\text{DN}}$ „L-Day/Night“ $L_{\text{DN}} = 10 \log (1/T \cdot \sum g_i \cdot t_i \cdot 10^{0.1 \cdot L_i})$ [dB(A)] $L_i$ in dB(AX) {SEL des Einzelereignis}; $T = 24$ Stunden $g_i = 1$ 7 00 - 22 00 {Tag}; $g_i = 10$ 22 00 - 7 00 {Nacht}
<b>Schweiz</b> Landesflughäfen (seit 1973)	NNI „Noise and Number Index“ $NNI = \langle L_{\text{PN}} \rangle + 15 \log N - 80$ [dB] $\langle L_{\text{PN}} \rangle = \text{Mittelwert der Lärmpegelmaxima in PNdB}$ $N = \text{Anz. Flüge von 6 00 - 22 00 im Jahresmittel für } L_{\text{PN}} > 80 \text{ PNdB}$ Näherungsformel: $NNI = \langle L_{\text{A,max}} \rangle + 15 \log N - 68$ , für $L_{\text{A,max}} > 68 \text{ dB}$
<b>Schweiz</b> Regionalflughäfen (seit 1984)	Beurteilungspegel $L_r$ $L_r = L_{\text{eq}} + K$ [dB(A)] $L_{\text{eq}}$ über $n$ Flugbewegungen, $n = (\text{Anz. Bewegungen der zwei verkehrsreichsten Wochentage über 6 verkehrsreichsten Monate im Stundenmittel};$ $N = \text{jährl. Flugbewegungszahl}$ $N \geq 15'000$ $K = 10 \log (N / 15'000)$ $N < 15'000$ $K = 0$

## Vergleichsberechnungen für Genf und Zürich

Für den Flughafen Genf wurde von der EMPA eine Simulationsberechnung mit dem Indice psophique R und dem 16-Stunden- $L_{eq}$  durchgeführt, wobei der letztere nur die Tagbelastung beschreibt. Es ergab sich folgender Zusammenhang:

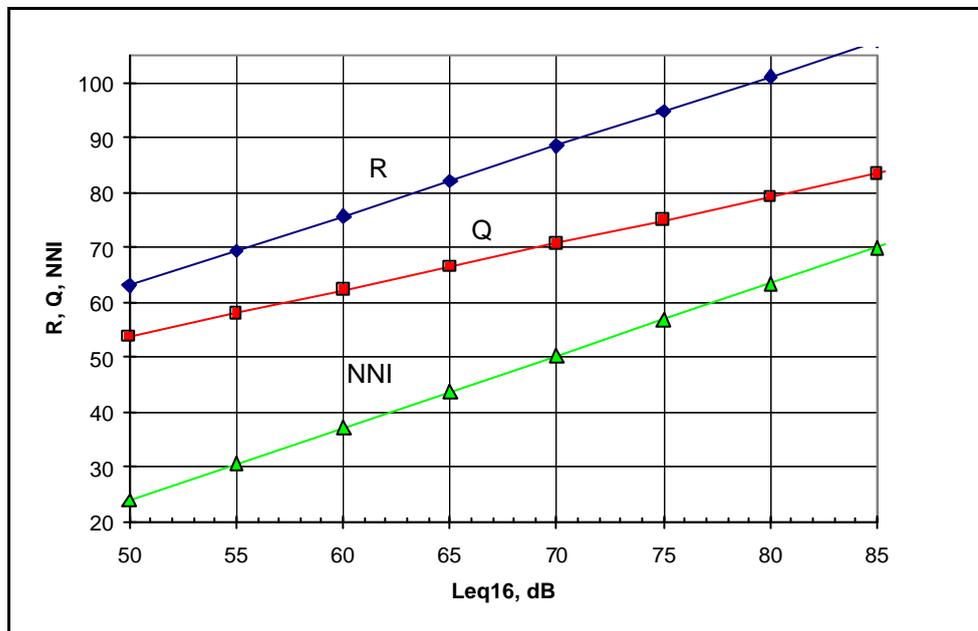
$$R = 1.27 L_{eq16} - 0.4 \quad (\text{gültig für } 50 \leq L_{eq16} \leq 75 \text{ dB})$$

In gleicher Weise wurde die Belastung in der Umgebung des Flughafens Zürich mit  $L_{eq16}$  und dem deutschen Störindex Q berechnet, was folgenden approximativen Zusammenhang ergab:

$$Q = 0.85 L_{eq16} + 11.25 \quad (\text{gültig für } 50 \leq L_{eq16} \leq 75 \text{ dB})$$

Bereits 1993 wurde der Zusammenhang zwischen NNI (schweizerische Definition) und dem Tag- $L_{eq}$  durch Simulation der Verhältnisse in Zürich berechnet. Durch lineare Regression folgte die Beziehung:

$$NNI_{CH} \cong 1.316 L_{eq16} - 41.8$$



**Abbildung A2.2** Zusammenhang von  $L_{eq16}$  mit dem Indice psophique R (Beispiel Genf), dem deutschen Störindex Q (Beispiel Zürich) sowie dem bisherigen schweizerischen NNI.

Mit diesen Ansätzen und zusätzlich abgestützt auf die Arbeiten von Koppert,<sup>57</sup> Gottlob<sup>58</sup> und Matschat, Müller<sup>59</sup> lässt sich die Vergleichstabelle Tabelle A2.3 aufstellen.

<sup>57</sup> KOPPERT, A.J.: A study on measures to protect the environment in and around airports against aircraft noise. (Ministry of Transport, Directorate of civil aviation, the Netherlands. Im Auftrag der EU-Kommission, 1993).

<sup>58</sup> GOTTLÖB, D.: Regulations for community noise. Proc. InterNoise-94, 43, Yokohama 1994.

<sup>59</sup> MATSCHAT, K., MÜLLER, E.A.: Vergleich nationaler und internationaler Fluglärmbewertungsverfahren. Bericht 82025, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin 1981.

**Tabelle A2.3:** Schematischer Vergleich einiger nationaler Regelungen für Fluglärm.

Die schraffierten Gebiete bedeuten Übergänge von einer Wirkung zu einer andern Wirkung der Grenzwertfestlegung. Die Ausdehnung der Übergänge weisen darauf hin, dass die Umrechnungen zwischen den Massen mit grösseren Unsicherheiten verbunden sind. Die Vergleiche der Belastungsmasse sind somit mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Die rechtlichen Funktionen der Grenzwerte sind sehr unterschiedlich.

CH	Schweiz 1973	D	Deutschland	NL	Niederlande	F	Frankreich	CH	Schweiz ?	
	Verordnung Lärmzonen konz. Fl.pl Nov. 1973		Fluglärmschutzgesetz 1971		Luftfahrtgesetz (1978), mit Ergänzungen 1988, 1993		Gesetz 85-969 Empfehlung Lokale Regelung Zusätze 1993		Umweltschutzgesetz (1983) LSV(1986) Vorschlag Exp.Kom.(1997)	
	NNI Noise+Number-Index	Q	Störindex	B	Kosten-Index	R	Indice psophique	Leq	Mittelungspegel	
	Lärmzone A								ES II	ES III
	Militärische und landwirtschaftl. Nutzung									
65	Lärmzone B		Lärmzone 1 bestehende Wohnm. Schallschutz versehen 130 DM/m2					80		
	keine neuen Wohnungen. Gewerbe m. Schallschutz. Bisherige Nutzung weiter möglich	75	keine neuen Wohnungen	65	kein Wohnen, Umnutzen, abreissen	96	Zone A Wohnen als Ausnahme	75		
55	Lärmzone C		Lärmzone 2 neue Wohnungen mit Schallschutz		Bestehende Wohnungen nur mit Schallschutz event. Enteignung		Zone B Wohnen erheblich eingeschränkt		Schallschutz an bestehend. Gebäuden ( Verursacher)	
	neue Wohnungen mit Schallschutz. Bisherige Nutzung weiter möglich					89	Zone C Wohnen eingeschränkt	70	Schallschutz an bestehend. Gebäuden ( Verursacher)	Alarmwert
	keine Einzonzungen für Wohngebiete	67		55	Schallschutz für bestehende Wohnbauten zulasten Staat	84			Schallschutz an bestehend. Gebäuden ( Verursacher)	Keine neue Wohnbauten Ausnahmen sind möglich
45	keine Erholungsheime, Spitäler		Keine gesetzlich. Einschränkungen Einzelne Flughäfen zahlen an Schallschutz (z.B. M)					65	Alarmwert	IGW
		62				78	Keine Einschränkungen unter 78 bis 84 R. Lokal unterschiedlich	60	Keine neue Wohnbauten Ausnahmen sind möglich	Keine Wohngebiete neu einzonen
35	Keine Einschränkungen		Keine Einschränkungen	40	Neue Wohnbauten bewilligungspflichtig				Keine Wohngebiete neu einzonen	Keinerlei Einschränkung
				35				55	PW	
					Keine Einschränkungen				keinerlei	
									Beschränkung	

Quellen:

Koppert, A.J.

Gottlob, D

Matschat u. Müller

EMPA

A Study on Measures to protect the Environment in and around Airports against Aircraft Noise (Ministry of Transport, Directorate of civil Aviation; 1993, NL)  
 Regulations for Community Noise. (Noise / News International 3 (1995) 223-237.  
 Bericht Umweltbundesamt Berlin 1981 (Forschungsbericht Nr. 82025).  
 Simulationsberechnungen FLULA-2, Genf, Zürich

## A2.3 Auszug aus Bericht Wüest & Partner

(Kapitel 2, Seiten 12 - 24)

### 2 ZUM VORGEHEN

#### 2.1 Essenzen aus dem Rechtsgutachten

Die detaillierten rechtlichen Ausführungen, von denen ausgehend die konkrete Methodik des raumplanerisch-ökonomischen Teils definiert wurde, sind im Rechtsgutachten von Dr. P. Ettlner zu finden. Aus der Studie lässt sich zusammenfassend folgendes Schema der entschädigungsberechtigten Grundstücke feststellen (zuerst die jeweils massgeblichen Grenzwerte Immissionsgrenzwert (IGW) bzw. Planungswert (PW)):

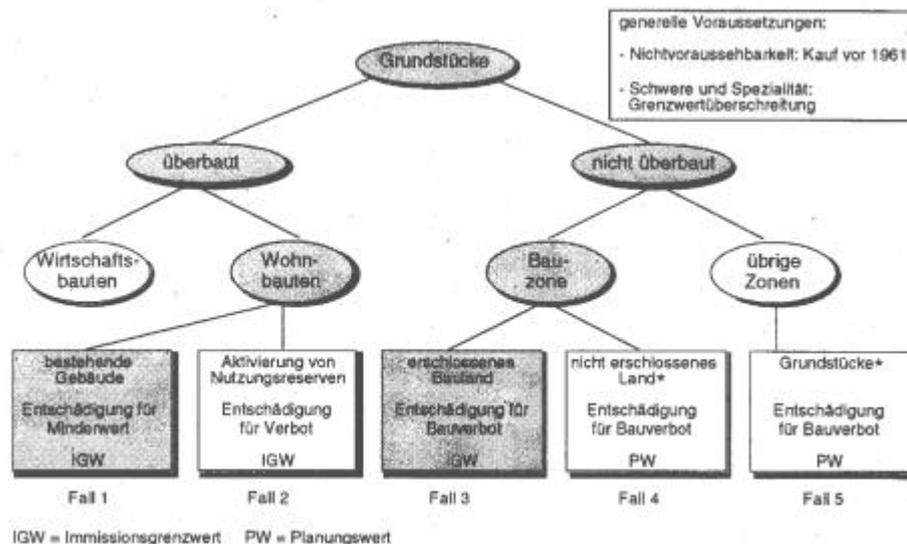


Abb. 2.1 Entschädigungsberechtigte Grundstücke

##### 2.1.1 Überbaute Grundstücke: Die wichtigsten Fälle

Unter den bebauten Grundstücken sind vorab *lärmbedingte Wertminderungen bestehender bebauter Parzellen* (Wertminderung von Immobilien und Boden) von Bedeutung (Fall 1). Diese Wertminderungen betragen einen je nach Grad der Grenzwertüberschreitung abgestuften Anteil des gesamten Immobilienwertes. Entschädigungspflichtig sind diese Wertminderungen, sofern nach dem 1. Januar 1961 kein Handwechsel (Freihandverkauf) mehr erfolgt ist, da nach 1961 das Kriterium der Unvorhersehbarkeit der Fluglärmzunahme entfällt.

Das *Aktivieren von Nutzungsreserven durch Umbau, Ausbau und Verdichtung* (Fall 2) wurde bei den Berechnungen nicht berücksichtigt. In der Regel verbleibt

dem Grundeigentümer nach Praxis des Bundesgerichts eine „*wirtschaftlich sinnvolle Nutzung*“ seines Grundstückes. Die Verunmöglichung einer bisher erlaubten Erhöhung der Etagenzahl oder einer generell dichteren Überbauung eines mit grossen vorgelagerten Pärken versehenen Villengrundstücks gewährleistet keine Ansprüche aus materieller Enteignung, da sie kaum einem „vollständigen Entzug jeder wirtschaftlichen Verwertungsmöglichkeit“ gleichkommt.

Präsentieren sich Ausgestaltung, Lage, Grösse und Topographie einer Grossparzelle hingegen ähnlich wie diejenige zweier nebeneinanderliegender kleinerer Parzellen, von denen die eine bebaut und die andere un bebaut ist, so kann der nicht überbaute Teil isoliert als unüberbautes Grundstück betrachtet werden und wird wie Fall 3 berücksichtigt.

### 2.1.2 **Unbebaute** Grundstücke: die wichtigsten Fälle

Die zu untersuchenden nicht überbauten Grundstücke gliedern sich in eingezonte und gleichzeitig erschlossene (Fall 3), in eingezonte nicht erschlossene (Fall 4) und in nicht eingezonte Grundstücke (Fall 5).

Im Rahmen dieser drei Gruppen sind lediglich die *eingezonten* und gleichzeitig *erschlossenen* Grundstücke (Fall 3) von praktischer Relevanz; bei ihnen führt eine Ueberschreitung der Immissionsgrenzwerte zu einem faktischen Bauverbot. Sofern diese Grundstücke *nach Anfang 1961* (Beginn der Voraussehbarkeit der Flugverkehrszunahme) *keine Handänderung* erfahren haben, sind sie grundsätzlich *entschädigungspflichtig*.

*Eingezonte, aber nicht erschlossene Grundstücke* (Fall 4), bei welchen trotz der fehlenden Erschliessung eine grosse Bebauungswahrscheinlichkeit in rärer Zukunft besteht, sind äusserst selten. Eine Vollerhebung bei Ortsplanern und bei den zuständigen Amtsstellen brachte nur sehr wenige in Frage kommende Einzelobjekte zutage, welche zudem (etwa aufgrund ihrer ungenügenden Erschliessung durch den öffentlichen Verkehr) oft nicht eindeutig baureif sind (Beispiel: Gebiet Bäuler-Eich zwischen Rümlang und Opfikon). Die entsprechenden Flächenwerte beeinflussen das Schlussergebnis mit weniger als einem Prozent und liegen deshalb klar innerhalb des Streubereichs der Unschärfen.

Bei *ausserhalb der Bauzone* liegenden Grundstücken (Fall 5) kann im Grundsatz keine Entschädigung geltend gemacht werden. Nur wenn das Land grobereschlossen ist, der Eigentümer zwecks Erschliessung und Ueberbauung bereits erhebliche Kosten aufgewendet hat und generell von einer hohen Realisierungswahrscheinlichkeit ausgegangen werden kann, ist eine Entschädigung möglich. Rückfragen bei Ortsplanern ergaben, dass diese Fälle in der Praxis kaum vorkommen; zudem sind sie aufgrund der schlechten Quantifizierbarkeit (bereits aufgewendete Kosten) schwierig nachvollziehbar, weshalb auf eine Untersuchung dieser *vernachlässigbaren* Kategorie verzichtet wurde.

## 2.2 Überblick über die Arbeitsschritte

Die alternativen *Grenzwertschemata* wurden von der *Eidg. Kommission für die Beurteilung von Lärm- und Immissionsgrenzwerten* vorgegeben. Die Modellierung und kartographische Umsetzung der *Lärmbelastung* erfolgte durch die *Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt* (EMPA) in Dübendorf. Aufbauend auf dieser Information wurden für die vorliegende Arbeit folgende Punkte einer *Abklärung* unterzogen:

### **Bebaute** Grundstücke:

Ermittlung der lärmbelasteten Perimeter (Uebernahme der EMPA-Daten: Nachvollzug der Berechnungen)

- Verifizierung und Korrektur der Flächen bebauter Parzellen aus den EMPA-Rohdaten (raumplanerische Abklärungen);
- Ermittlung der Grundstücke ohne Handänderungswechsel seit 1. Januar 1961 (Notariatshebungen);
- Ermittlungen der fluglärmbedingten Wertminderungen bei diesen bebauten Grundstücken (Gebäudewert, Landwert und Wertminderungsanteil); Berücksichtigung der Erkenntnisse aus den Bundesgerichtsurteilen vom September 1996 für die Wertminderungsschätzung;

### **Unbebaute** Grundstücke

- Ermittlung der von den Grenzwerten betroffenen Fläche (Übernahme der EMPA-Daten; Nachvollzug der Berechnungen);
- Ermittlung und Kontrolle des Erschliessungsstands dieser eingezonten und unbebauten Grundstücke;
- Verifizierung und Korrektur der Flächen eingezonter unbebauter Parzellen aus den EMPA-Rohdaten (raumplanerische Abklärungen: v. a. Korrekturen beim Kanton Genf);
- Eruiieren der Parzellen ohne Handänderungswechsel seit 1. Januar 1961 (Notariatshebung);
- Wertmässige Abschätzung dieser fluglärmbedingt nicht mehr bebaubaren Flächen (Differenz zwischen Verkehrswert von Bau- und Landwirtschaftsland);
- Abklärung von Spezialfällen (Vollerhebung bei Raumplanern und zuständigen Amtsstellen bezüglich eingezonter, unerschlossener Grundstücke; Einzelabklärungen bei Raumplanern betreffend nicht eingezonter Sonderfälle).

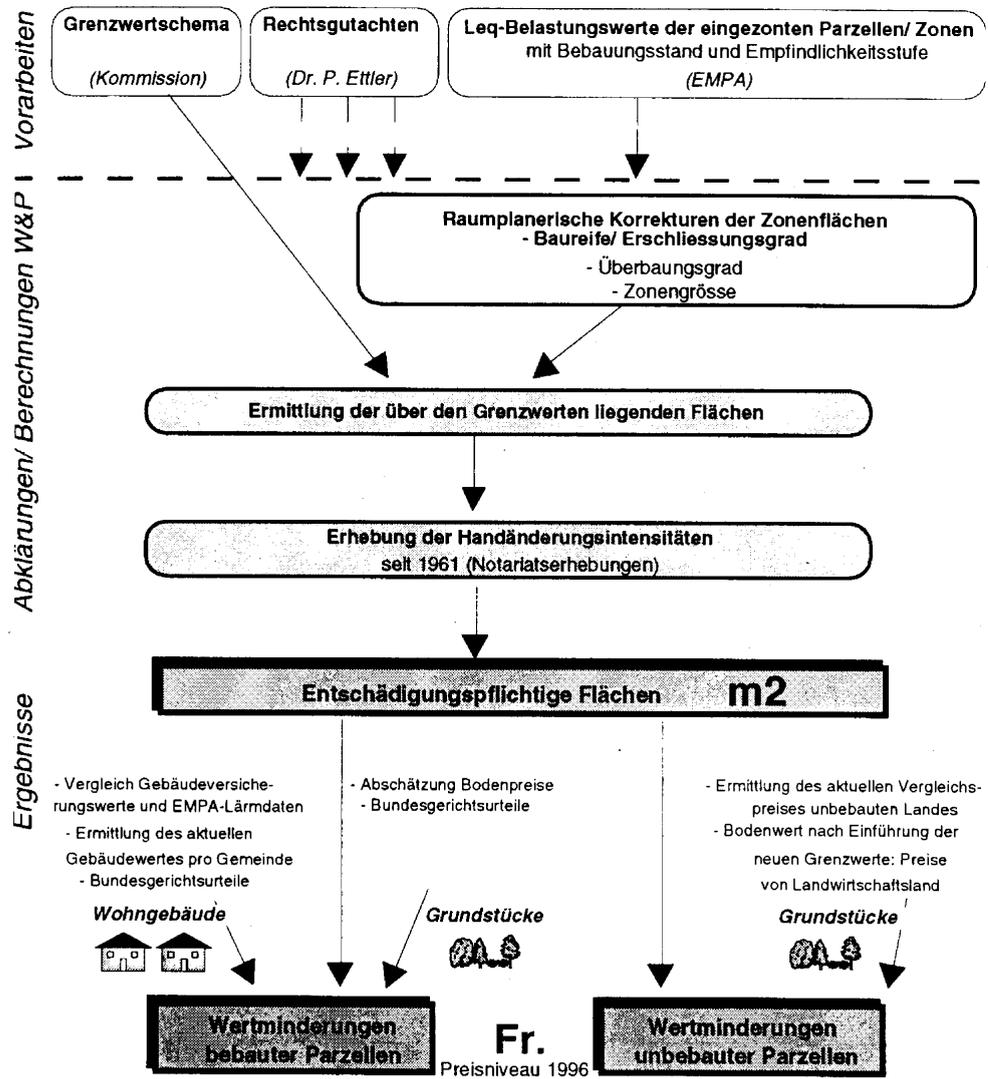


Abb. 2.2 Wichtigste Etappen zur Abschätzung der entschädigungsrelevanten Flächen und der Entschädigungssummen (vgl. Anhang 3: Zusammenstellung der einzelnen Berechnungskomponenten).

## 2.3 Ermittlung von Erschliessungsstand und Überbauungsgrad

Die datenmässige Ausgangslage präsentiert sich um Umland von Zürich-Kloten und Genf-Cointrin grundsätzlich verschieden. Im Bereich von Genf-Cointrin machten die Grobgliederung der Rohdaten in lediglich zwei Baulandkategorien (überbaute und nicht überbaute Parzellen) und eine nicht direkt auf die Bedürfnisse zugeschnittene Datenlage detaillierter raumplanerischer Abklärungen notwendig.

Diese Kontrollen und Korrekturen wurden unter Zuhilfenahme von Zonen-, Erschliessungs-, Quartier- und Strassenplänen vorgenommen. Einige Grundlagen für die Abklärungen sind dem Rechtgutachten zu entnehmen, andere erforderten weitergehende Interpretationen. Die einzelnen vorgenommenen Schritte sind in Anhang 1 aufgeführt.

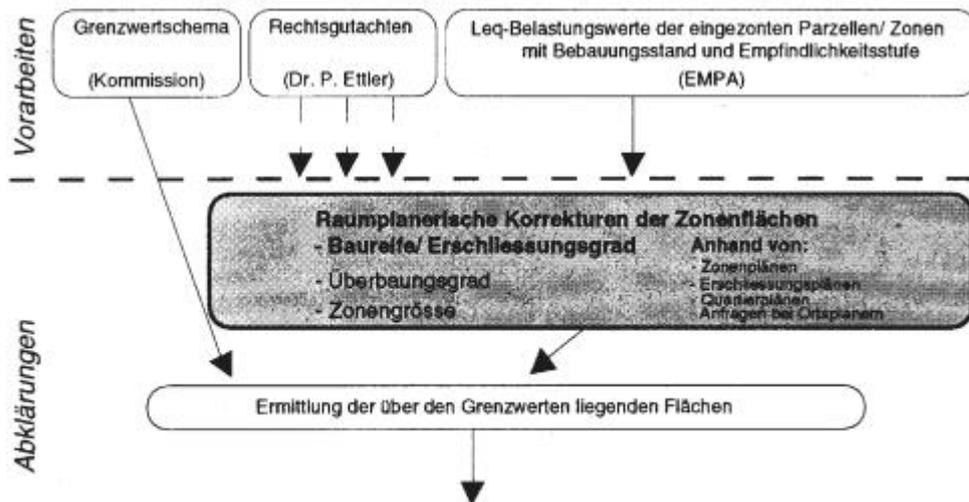


Abb. 2.3 Die Rolle der raumplanerischen Abklärungen im Rahmen der vorgenommenen Arbeiten

Für die Zürcher Gemeinden sind die Daten bezüglich Überbauungsstand und Baureife umfassend verfügbar und liegen in ihrer raumplanerischen Anwendung auch näher bei den für Entschädigungszahlungen angewandten rechtlichen Kriterien. Dies erforderte für den Kanton Zürich einen geringeren Kontrollaufwand bezüglich Baureife und Überbauungsgrad.

## 2.4 Ermittlung des Handänderungsdatums

Keine Entschädigungszahlungen stehen an, wenn der Besitzer bereits im Moment des Grundstückerwerbs die deutliche Zunahme der Flugverkehrs- immissionen voraussehen konnte. Als Stichdatum für die Voraussehbarkeit kann aufgrund der bisherigen Rechtssprechung des Bundesgerichts der 1. Januar 1961 angenommen werden. Nur falls das Wohngebäude vor diesem Datum erstellt wurde und nach diesem Termin keine Handänderung mehr erfolgt ist, kommt eine Entschädigungspflicht in Frage.

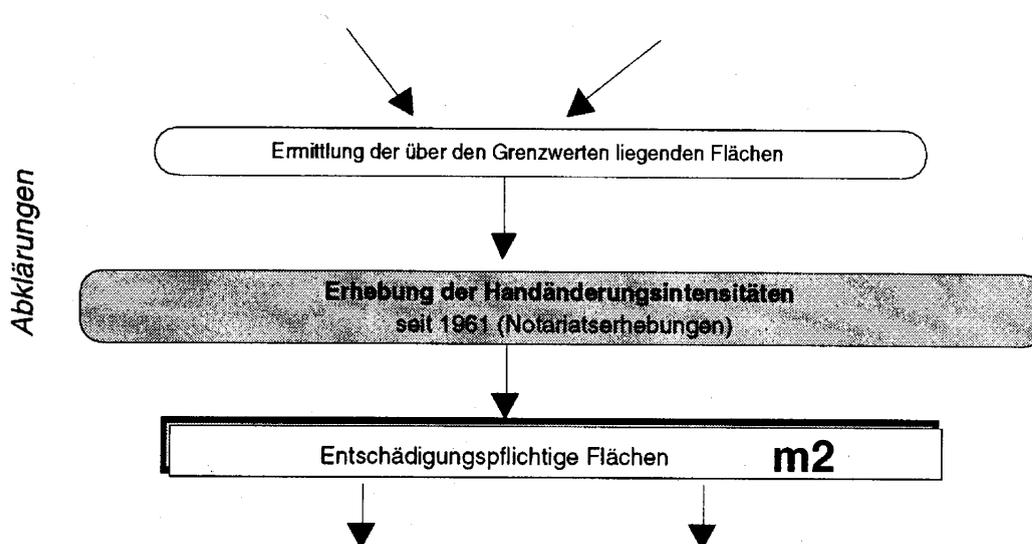


Abb. 2.4 Die Rolle der Handänderungsintensitäten im Rahmen der vorgenommenen Abklärungen (untersuchte Gemeinden: Bülach, Bachenbülach, Höri, Niederglatt, Oberglatt, Regensdorf, Rüm- lang, Stadel, Weiach)

Für Gemeinden, welche durch die V-Piste des Flughafens Zürich-Kloten relevante Zusatzbelastungen erfahren, wäre allenfalls der 1. Januar 1970 als alternatives Referenzdatum für Handänderungen vorstellbar (betrifft Gemeinden Bachs, Neerach, Stadel und Weiach). Gemäss Rechtsgutachten spricht aber die Mehrzahl der Indizien generell für den 1.1.1961, womit dieses Datum für sämtliche betroffenen Gemeinden als Referenzzeitpunkt verwendet worden ist.

Als *Handänderung* im Sinne der vorliegenden Fragestellung gelten vorab *Frei-handverkäufe*. Eigentümerwechsel durch Vererbung, Erbschaftsvorbezug und ähnliche Übertragungsformen innerhalb derselben Familie gelten hingegen nicht als Handwechsel.

Da keine detaillierten lückenlosen Reihen von Handänderungen seit 1961 bei den statistischen Ämtern oder bei anderen öffentlichen Stellen existieren, musste die Wahrscheinlichkeit einer Handänderung direkt bei den Notariaten ermittelt werden.

Im für die Notariatserhebung ausgewählte Gebiet liegen 43 Prozent aller lärm-belasteten Flächen:

- Für acht repräsentativ ausgewählte Zürcher Gemeinden wurden die Handänderungswahrscheinlichkeiten der unbebauten Parzellen erhoben;
- Von vier Gemeinden wurden zusätzlich noch die Handänderungswahrscheinlichkeiten für die überbauten Parzellen ermittelt (hierzu war nur die Erhebung von vor 1961 überbauten Parzellen nötig, die aus Gebäudeversicherungsdaten ermittelt werden konnten; die restlichen Grundstücke erfüllen die Handänderungskriterien nicht).

Die Wahrscheinlichkeit einer Handänderung variiert stark: Die Werte für die verschiedenen untersuchten Gemeinden streuen stark (zwischen 25 und fast 80 %). Die Verteilung ist allerdings zufällig: Es besteht ein deutlicher positiver Zusammenhang mit der Neubau-Intensität.

Die Analyse der Erhebung zeigte folgende konkrete Zusammenhänge auf:

- Die Quote der vor 1961 erstellten Wohnbauten mit Handänderungen seit 1961 betrug für alle Erhebungsgemeinden rund 40 Prozent. Da der Anteil der nach 1960 erstellten Wohnbauten (die nicht für Entschädigungszahlungen in Frage kommen) aus Gebäudeversicherungsdaten ermittelt werden kann, lässt sich somit die gesamte „Handänderungsquote“ bei den *bebauten Parzellen* ermitteln.
- Der Zusammenhang zwischen dem Anteil der *unbebauten Parzellen mit* Handänderungen und dem Anteil der seit 1961 neu erstellten Wohngebäude am Gesamtbestand der jeweiligen Gemeinde kann durch eine Korrelation beschrieben werden, welche durch die Kombinationen 0% Handänderungen bei 40% Neuwohnungen und 100% Handänderungen bei 100% Neuwohnungsanteil bestimmt wird (s. Abbildung 2.5).
- Der *Prozentsatz* der Grundstücke *ohne* Handänderung ist bei den *unbebauten* Grundstücken jeweils rund *doppelt so hoch* wie bei den bebauten. Das bedeutet auch, dass hohe Neubauanteile mit hohen Handänderungsanteilen bei bebauten wie bei unbebauten Grundstücken einhergehen.

Anhand des Anteils der Wohnbauten, welche seit 1961 in einer Gemeinde erstellt worden sind, können die Zusammenhänge auch auf die übrigen – nicht erhobenen – Gemeinden übertragen werden.

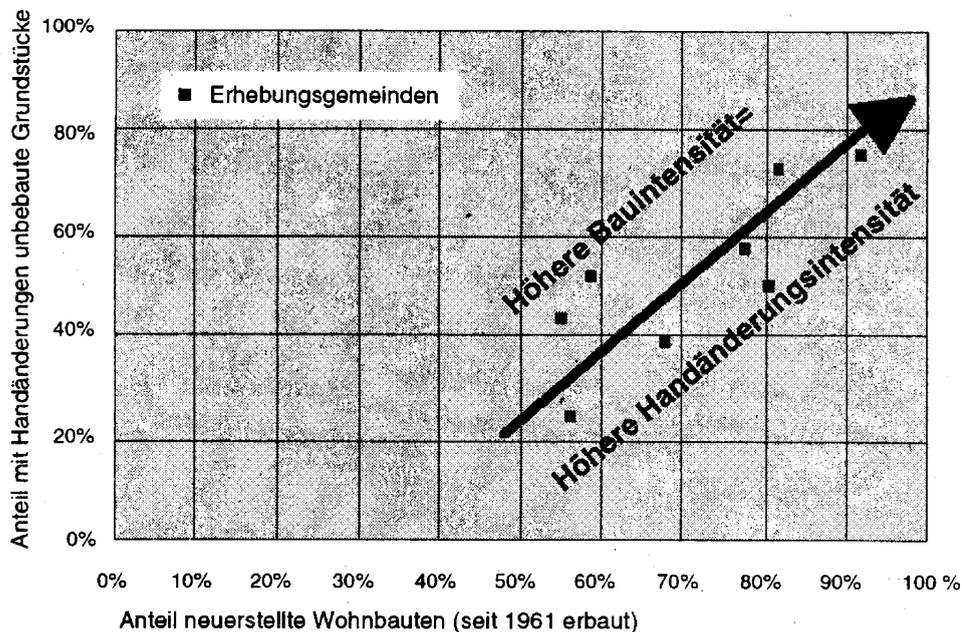


Abb. 2.5 Zusammenhang zwischen Handänderungen bei unbebauten Parzellen und dem Anteil seit 1961 erstellter Wohnbauten

Die für das gesamte Gemeindegebiet mittels Notariatserhebung ermittelten Anteile ohne Handänderung sind nicht ganz repräsentativ für die tatsächlich unter die Grenzwerte fallenden Flächen, da im fluglärmbelasteten Gebiet die Altersverteilung des Gebäudeparks anders sein kann als im übrigen Gemeindegebiet.

Die mittels des gewählten Verfahrens ermittelten Anteil von *bebauten Grundstücken*, welche seit 1961 keine Handänderung mehr erlebten, mussten deshalb bei den bebauten Grundstücken – je nach Szenario in unterschiedlichem Ausmass – noch angepasst werden.

Die Anpassungen erfolgten durch ein Hektarrasterverfahren, mittels welchem die Anteile der vor 1960 erstellten Gebäude unter den verschiedenen Grenzwertschemata ermittelt wurden (vorab diese Alterskategorie kommt für Liegenschaften ohne Handänderungen seit 1961 in Frage).

## 2.5 Landwert pro Flächeneinheit und Gebäudewert

Das durchschnittliche Entschädigungsniveau pro Quadratmeter *unbebauten Baulandes* ist für die Einzugsbereiche der Flughäfen Genf-Cointrin und Zürich-Kloten etwa ähnlich hoch. Es ist bei den einzelnen Gemeinden stark vom spezifischen Bodenpreismix der erlaubten Nutzungen abhängig, der in die Kalkulationen einfließt, und variiert entsprechend. Für die entschädigungspflichtigen Gemeinden um Genf-Cointrin lag es 1996 bei durchschnittlich rund 500 Franken, bei den

Zürcher Gemeinden etwa 50 Franken höher<sup>1</sup>. Die tendenziell zentralere Lage der Genfer Gemeinden inmitten der Agglomeration wird durch das leicht höhere Preisniveau im Grossraum Zürich wieder kompensiert.

Ähnliche Feststellungen bezüglich der Preisrelationen zwischen Genf-Cointrin und Zürich-Kloten lassen sich auch für die *bebauten Parzellen* machen. Für diese Parzellen wurde ausgehend vom Grundstückswert und vom Wert der Wohngebäude der jeweilige Wert der bebauten entschädigungspflichtigen Parzellen berechnet. Für den reinen *Landwert* wurde dabei im Durchschnitt – wie bei den unbebauten Parzellen – von rund 500 (Genf-Cointrin) bzw. 550 Fr. (Zürich-Kloten) pro Quadratmeter ausgegangen (nach Gemeinden differenziert).

Der Wert der Immobilien orientiert sich am Gebäude-Zeitwert und ist abhängig von Gebäudealter und Erneuerungsintensität der Liegenschaften. Der Zeitwert wurde mit den unter 2.6 dargestellten lärmpegelabhängigen Entschädigungssätzen multipliziert, um die zu leistenden Entschädigungssummen zu erhalten.

Der Immobilienwert vor der Altersentwertung beträgt für die entschädigungspflichtigen Parzellen um Zürich-Kloten zwischen Fr. 500 Mio. (Grenzwertschema D) und Fr. 1.1 Mia. (Schemata A/B) und um Genf-Cointrin Fr. 230 Mio. bis Fr. 560 Mio. Zur Abschätzung der Altersentwertung wurde auf das Gebäudealter sowie auf den Renovationsgrad (gemäss Wohnungszählung) in den untersuchten Gebieten abgestellt. Im Schnitt ergaben sich durch diese Methode für das Umland von Zürich-Kloten Altersentwertungssätze von 25 Prozent und für das Gebiet um Genf-Cointrin – bedingt durch die geringere Erneuerungsintensität – leicht höhere Sätze von 30 Prozent.

## 2.6 Ermittlung des Lärmeinflusses auf den Ertragswert bebauter Grundstücke

Da die relativ geringe Anzahl von Handänderungsdaten keine statistisch signifikanten Aussagen über den Zusammenhang von Bodenpreis und Lärmbelastung auf Hektarstufe zulässt, musste diesbezüglich eine indirekte Methode angewandt werden: Diese vergleicht das Preisniveau der Mietzinsen als Indikator für den Ertragswert der Gebäude mit den Fluglärmwerten der EMPA. Durch hektarweises Zusammenfügen der Wohnungszählungsdaten vom Dezember 1990 mit dem Fluglärmbelastungswerten der EMPA wurden die Grundlagen zu einer diesbezüglichen Analyse geschaffen.

---

<sup>1</sup> Aufgrund unterschiedlicher Datenlagen kamen für die Verkehrswertermittlung in Genf Cointrin und Zürich-Kloten verschiedene Verfahren zur Anwendung: Die Daten für Cointrin wurden mittels der kantonalen Handänderungsstatistik anhand der unterschiedlichen kommunalen Preisniveaus und der gesamtkantonalen Preisentwicklung 1991 bis 1995 auf das Preisniveau des Jahres 1996 umgerechnet. Für den Kanton Zürich wurden die kommunalen Preisniveaus per 1996 anhand der W&P-Immobilienbank und der kantonalen Handänderungsstatistik ermittelt.

Der vorgenommene Vergleich zeigte *keinen allgemein feststellbaren Zusammenhang* zwischen *Lärmbelastung und Mietzinsniveau*; andere Standorteigenschaften wie Strassenlärm, Zentralität/Verkehrerschliessung sowie Image von Gemeinde oder Quartier wirken oftmals stärker auf das Preisniveau als der Fluglärm alleine, sind aber wertmässig schwierig quantifizierbar. Immerhin zeigt sich in sehr *stark belasteten Gebieten* doch ein signifikanter Rückgang des Preisniveaus. Vorab in den Villengemeinden am Genfersee ist dieser bei Lärmbelastungswerten *zwischen 60 und 65 Leq* klar festzustellen; dieser Belastungswert-Bereich entspricht denn auch den Immissionsgrenzwerten aller vier Grenzwertschemata A bis D für die Empfindlichkeitsstufe II, der für die meisten Wohngebiete relevant ist.

Da die Datenlage keine ökonomische Abstufung erlaubt, und aufgrund der Verfügbarkeit der ersten Bundesgerichtsurteile zu lärmbedingten Wertminderungen im September 1996 empfahl sich deshalb eine schematische Ableitung der aus den *Bundesgerichtsurteilen* ersichtlichen Gesetzmässigkeiten. Diese dürften einen *guten Indikator* für die künftige Rechtssprechung bezüglich Entschädigungszahlungen darstellen, wobei eine Schematisierung dieser Erkenntnisse im Vergleich zu den in den Urteilen zitierten detaillierten Expertengutachten an Grenzen stossen muss.

Bei Lärmbelastungen von 67 bis 69 Leq wendete das Bundesgericht in Villenquartieren der Seegemeinde Bellevue Entschädigungssätze von 33% und in einem Fall ohne genauere Lärmbelastungsangabe von 30% an. Bei verschiedenen Lärmbelastungen in der Gemeinde Vernier (65 bis 70 Leq) wurden – ebenfalls in der Einfamilienhauszone – Entschädigungssätze von 25 bis 30 Prozent (einmal nur 15%) festgelegt (vgl. nachfolgendes Schema). Daraus und aufgrund anderer Gerichtsurteile (Strassenverkehr, materielle Enteignungen generell) wurden folgende *Gesetzmässigkeiten* abgeleitet (vgl. auch nachfolgende Grafik):

- Der Mindest-Entschädigungssatz wurde auf 15%, der Höchstsatz auf 40% festgelegt.
- Für Grundstücke in Überflughöhe wurde von durchschnittlich um 5 Prozentpunkte höheren Entschädigungssätzen ausgegangen als bei den übrigen Parzellen.
- Der Mindestentschädigungssatz von 15% gilt für Ein- und Mehrfamilienhäuser und findet bei Belastungen von 65 Leq und darunter Anwendung.
- Die Entschädigungssätze richten sich nach der absoluten Lärmbelastung in Leq, und nicht nach dem Ausmass der Ueberschreitung des jeweiligen Grenzwertes. Ab einer Überschreitung von 65 Leq sind somit die Entschädigungssätze bei ES II für alle Grenzwertschemata dieselben, darunter gilt als Grundbedingung die Grenzwertüberschreitung.
- Die Progression der Entschädigungssätze ist bei den Einfamilienhäusern steiler als bei den Mehrfamilienhäusern. Der Höchstsatz von 40% wird dementsprechend früher erreicht.



- Parallele Ueberlegungen wurden auch für die anderen Empfindlichkeitsstufen angestellt, wobei hier noch keine Bundesgerichtsurteile vorliegen.

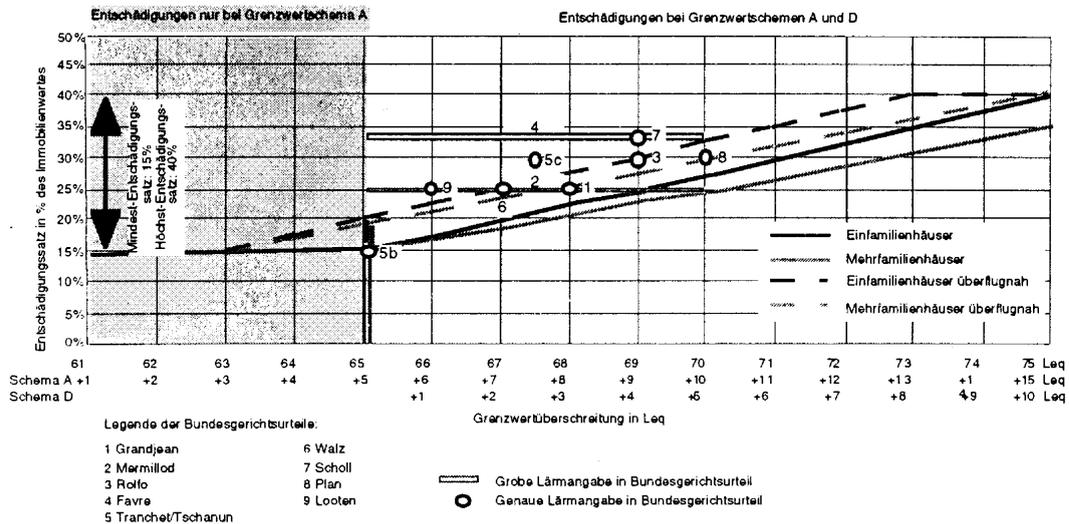


Abb. 2.6 Zusammenhang zwischen Lärmbelastung und Entschädigungssatz bei den bebauten Grundstücken am Beispiel der Grenzwertschemata A und D für Empfindlichkeitsstufe II (Annahmen: W&P/ Ettler)

## 2.7 Einteilung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet umfasst im Umland des Flughafens Zürich-Kloten 26 Gemeinden mit rund 125'000 Einwohnern und im Bereich Genf-Cointrin 11 Gemeinden mit einer Einwohnerschaft von 85'000 (Abb. 2.7 bis 2.9). Diese Gemeinden wurden aufgrund ihrer Lage und funktionaler Kriterien in sieben Gruppen unterteilt.

In Flughafennähe von *Zürich-Kloten* erfolgte eine Gliederung in die von der absoluten Bedeutung der entschädigungspflichtigen Flächen her wichtigsten Gemeinden die *südlichen Flughafen-Anrainergemeinden*, die ebenfalls stark belasteten *nördlichen Anrainergemeinden*, die westlich und östlich der südlichen Anrainergemeinden anschliessenden *restlichen Agglomerationsgemeinden* (mit deutlich geringerer Lärmbelastung) sowie die im Nordwesten des Untersuchungsgebietes gelegenen *nördlichen Landgemeinden*.

Im Einzugsgebiet von *Genf-Cointrin* werden die von Villenquartieren geprägten *Seegemeinden*, die *innere Agglomeration* (grosse Industrie- und Wohngemeinden) und die etwas weiter vom Flughafen gelegenen und eher ländlich geprägten *westlichen Landgemeinden* unterschieden.

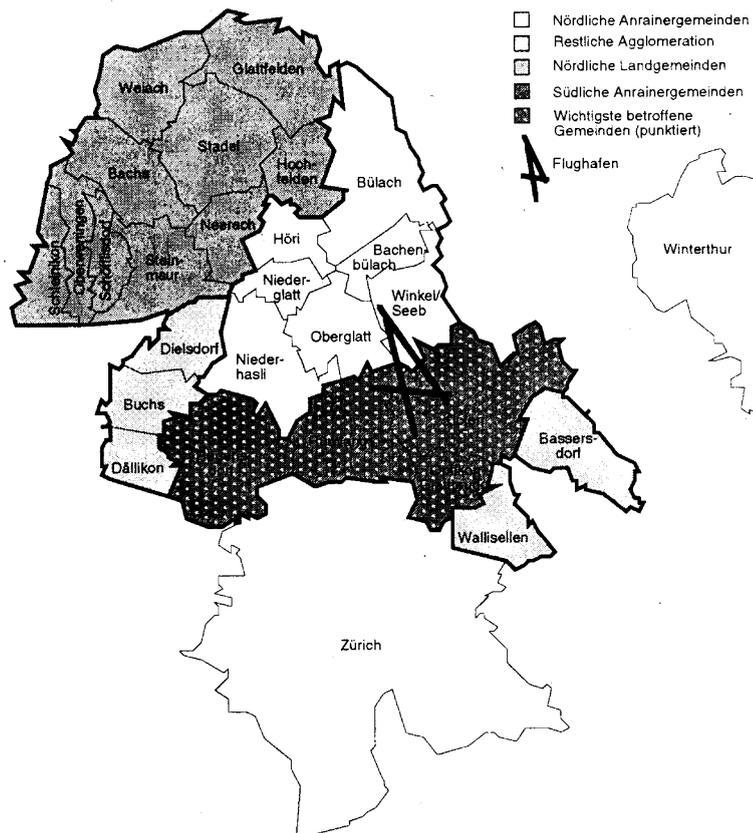


Abb. 2.7 Untersuchungsbereich um den Flughafen Zürich-Kloten: Lage der Gemeinden und Gliederung in die untersuchten Gemeindegruppen

BUWAL Lärmimmissionen Flughäfen Zürich-Kloten und Genf-Cointrin

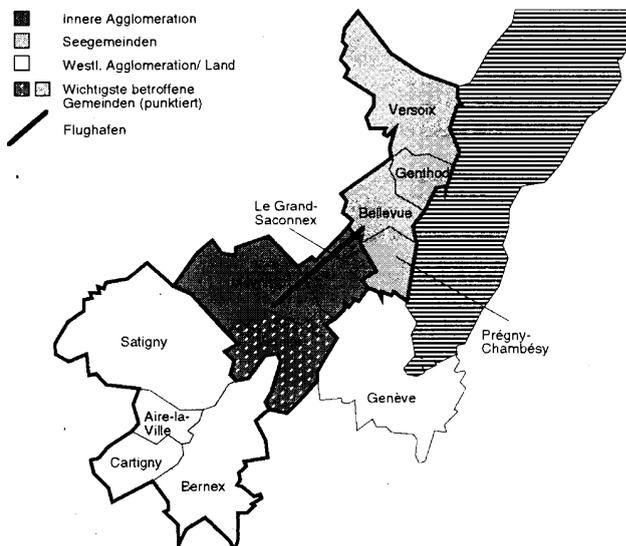


Abb. 2.8 Untersuchungsbereich um den Flughafen Genf-Cointrin: Lage der Gemeinden und Gliederung in die untersuchten Gemeindegruppen

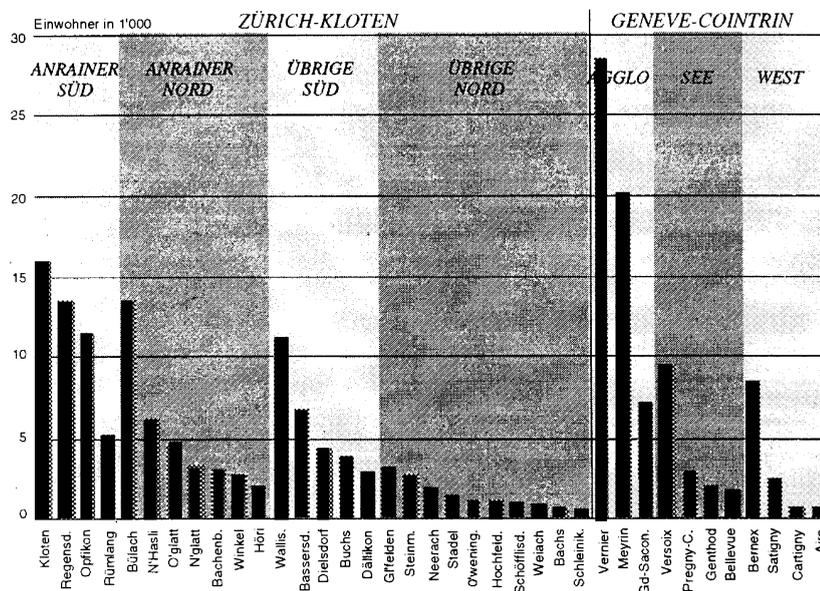


Abb. 2.9 Einwohnerzahlen 1995 der Gemeinden im Untersuchungsgebiet nach Gemeindegruppen



## A3 Grenzwertvorschlag der Arbeitsgruppe <sup>60</sup>

### A3.1 Von der Arbeitsgruppe evaluierte Varianten

In der Arbeitsgruppe wurden insgesamt 4 Varianten diskutiert (A, B, C und D): Die Variante A gründet in der ähnlichen Störwirkung von Strassen- und Fluglärm für den Tag. Die Alarmwerte ausgenommen, wurden für den Tag bei Variante A die Grenzwerte für die Strasse übernommen. Für die Variante D bildete das Grenzwertschema für Militärflugplätze (LSV Anhang 8) die Richtschnur. Dabei ist die Heraufsetzung der Empfindlichkeitsstufe II auf das Niveau von III das Hauptmerkmal. Die Variante B ist eine Variation von D; C eine Mischform der Varianten B und D (vgl. Tabelle A3.1).

**Tabelle A3.1 Belastungsgrenzwerte**

Der Beurteilungspegel  $L_T$  wird für den Tag gemäss Abschnitt 5.1 berechnet. Für die Nacht wird  $L_T$  gemäss Abschnitt 5.2 zur Beschränkung der Spitzenwerte für jeden der Zeitabschnitte 22 bis 23 Uhr, 23 bis 24 Uhr \*\* und 5 bis 6 Uhr einzeln berechnet und beurteilt. Die Mittelungszeit ist je eine Stunde.

Belastungsgrenzwerte							
Variante	Empfindlichkeitsstufe (Art. 43 LSV)	Planungswert		Immissionsgrenzwert		Alarmwert	
		$L_T$ in dB(A)		$L_T$ in dB(A)		$L_T$ in dB(A)	
		Tag	Nacht *	Tag	Nacht *	Tag	Nacht *
<b>A</b>	I	50	40	55	45	60	55
	II	55	45	60	50	65	60
	III	60	50	65	55	70	65
	IV	65	55	70	60	75	70
<b>B</b>	I	50	40	55	45	60	55
	II	57	47	62	52	67	62
	III	57	47	62	52	67	62
	IV	65	55	70	60	75	70
<b>C</b>	I	50	40	55	45	60	55
	II	57	47	62	52	67	62
	III	60	50	65	55	70	65
	IV	65	55	70	60	75	70
<b>D</b>	I	50	40	55	45	60	55
	II	60	50	65	55	70	65
	III	60	50	65	55	70	65
	IV	65	55	70	60	75	70

\* die Nacht wird in drei Stunden aufgeteilt: 22 bis 23, 23 bis 24 \*\* und 5 bis 6 Uhr

\*\* Verspätete Linienflüge dürfen bis 0.30 Uhr landen und starten

<sup>60</sup> Personelle Zusammensetzung der Arbeitsgruppe siehe Kapitel 1.3.

## A3.2 Beurteilung der Varianten A bis D

Anhand der unten aufgeführten **Kriterien** werden die Auswirkungen der Varianten A bis D beurteilt. Die Varianten werden untereinander bezüglich der einzelnen Kriterien verglichen. Dazu werden für jedes Kriterium Skalierungen eingeführt:

- Übereinstimmung der Belastungsgrenzwerte mit jenen des Strassenlärms  
(gut - mittel - schlecht).
- Schutzniveau bei den Empfindlichkeitsstufen II und III  
(hoch - mittel - tief)
- Anreiz zur Aufstufung von der Empfindlichkeitsstufe II in die Empfindlichkeitsstufe III  
(hoher Anreiz - geringer Anreiz - kein Anreiz)
- Umfang der Schallschutzmassnahmen.  
(gross - mittel - gering)
- Einschränkungen für Ausscheidungen und Erschliessungen von Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in reinen Wohn- und Mischzonen  
(gross - mittel - gering)
- Einschränkungen bei Baubewilligungen für Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in reinen Wohn- und Mischzonen  
(gross - mittel - gering)
- Entschädigungspflicht aus Enteignung im Vergleich zur heutigen Bundesgerichtspraxis  
(höher - gleich - tiefer)

Die Diskussion ist in der Tabelle A3.2 zusammengefasst. Vorerst werden noch die Begriffe Übereinstimmung und Schutzniveau abgegrenzt.

Aus der Lärmstudie '90 ergibt sich, dass Fluglärm bei gleich hohem Mittelungspegel eine ähnliche Störf Wirkung erzeugt wie Strassenlärm (vgl. Kapitel 4). Die **Übereinstimmung** kann allerdings nur **für den Tag** beurteilt werden, weil die Lärmstudie '90 über die Nacht keine Aussagen macht (war nicht Gegenstand der Untersuchung) und weil die Arbeitsgruppe für die Nacht eine ganz andere Beurteilung (Maximalpegel als Grundlage) vorgesehen hat, als dies beim Strassenlärm der Fall ist. Die Übereinstimmung wird somit aufgrund eines rein zahlenmässigen Vergleichs der Tageswerte vorgenommen.

Das **Schutzniveau** ergibt sich aus dem Umfang der Massnahmen, die zur Einhaltung der Belastungsgrenzwerte nötig sind. Tiefe Grenzwerte bewirken dabei ein hohes Schutzniveau. Zu berücksichtigen ist aber, dass bei konzessionierten Flughäfen Ausnahmen (Erleichterungen) von der Einhaltung dieser Grenzwerte gewährt werden, sofern die Interessen am Flugbetrieb diejenigen des Lärmschutzes überwiegen. Allerdings ist für die Gewährung von Erleichterungen eine Interessenabwägung nötig, die bei tieferen Belastungsgrenzwerten früher einsetzt (vgl. 2.1.3).

### Variante A ...

- bietet eine gute Übereinstimmung mit dem Strassenlärm (Abweichung nur beim Alarmwert in der Empfindlichkeitsstufe II).
- bietet ein hohes Schutzniveau für die Empfindlichkeitsstufe II. Sie bietet aber auch einen hohen Anreiz für die Planungsträger (Gemeinden) zur Aufstufung der Empfindlichkeitsstufe II in die Empfindlichkeitsstufe III. Damit steigt die Gefahr der Schutzverminderung nicht nur in bezug auf Fluglärm sondern auch für alle andern Lärmarten. (Die einer Nutzungszone zugeordnete Empfindlichkeitsstufe gilt ja stets für alle Lärmarten).
- bietet ein mittleres Schutzniveau für die Empfindlichkeitsstufe III.
- fordert einen grossen Umfang der **Schallschutzmassnahmen** bei Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in reinen Wohnzonen und einen geringen Umfang bei Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in Mischzonen.
- schränkt die **Ausscheidung** und **Erschliessung** von Bauzonen ein. Für Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in reinen Wohnzonen eine grosse Einschränkung und für Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in Mischzonen eine geringe Einschränkung.
- schränkt **Baubewilligungen** ein. Für Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in reinen Wohnzonen eine grosse Einschränkung und für Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in Mischzonen eine geringe Einschränkung.
- führt zu gleichen Entschädigungen aus Enteignung im Vergleich zur heutigen Bundesgerichtspraxis (Entschädigungspflicht ab Immissionsgrenzwert - entspricht  $L_{eq}$  60 für ES II und  $L_{eq}$  65 für ES III).

### Variante B ...

- hat eine mittel bis schlechte Übereinstimmung mit dem Strassenlärm (vollständige Abweichung bei Empfindlichkeitsstufe II + Empfindlichkeitsstufe III).
- bietet ein mittleres Schutzniveau für die Empfindlichkeitsstufe II. Sie enthält eine geringe Aufstufung für Fluglärm. Das gilt aber nicht für alle andern Lärmarten.
- bietet ein hohes Schutzniveau für die Empfindlichkeitsstufe III (betroffen sind hier auch viele Gewerberäume), sie enthält eine geringe Abstufung für Fluglärm - nicht aber für alle andern Lärmarten.
- fordert einen mittleren Umfang der **Schallschutzmassnahmen** bei Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in reinen Wohnzonen und ebenso einen mittleren Umfang bei Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in Mischzonen.
- schränkt die **Ausscheidung** und **Erschliessung** von Bauzonen ein. Für Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in reinen Wohnzonen eine mittlere Einschränkung und für Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in Mischzonen ebenso eine mittlere Einschränkung.
- schränkt **Baubewilligungen** ein. Für Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in reinen Wohnzonen eine mittlere Einschränkung und für Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in Mischzonen ebenso eine mittlere Einschränkung.
- führt zu tieferen (bei ES II) bzw. höheren (bei ES III) **Entschädigungen aus Enteignung** im Vergleich zur heutigen Bundesgerichtspraxis.

### Variante C ...

- bietet eine mittlere Übereinstimmung mit dem Strassenlärm (vollständige Abweichung bei Empfindlichkeitsstufe II).
- bietet ein mittleres Schutzniveau für die Empfindlichkeitsstufe II. Es besteht ein geringer Anreiz zur Aufstufung in der Empfindlichkeitsstufe II und damit der generellen Schutzminderung wie bei der Wahl von Variante A.
- bietet ein mittleres Schutzniveau für die Empfindlichkeitsstufe III.
- fordert einen mittleren Umfang der **Schallschutzmassnahmen** bei Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in reinen Wohnzonen und einen geringen Umfang bei Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in Mischzonen.
- schränkt die **Ausscheidung** und **Erschliessung** von Bauzonen ein. Für Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in reinen Wohnzonen eine mittlere Einschränkung und für Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in Mischzonen eine geringe Einschränkung.
- schränkt **Baubewilligungen** ein. Für Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in reinen Wohnzonen eine mittlere Einschränkung und für Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in Mischzonen eine geringe Einschränkung.
- führt zu tieferen (bei ES II) bzw. gleichen (bei ES III) **Entschädigungen aus Enteignung** im Vergleich zur heutigen Bundesgerichtspraxis.

### Variante D ...

- hat eine schlechte Übereinstimmung mit dem Strassenlärm (grosse Abweichungen bei Empfindlichkeitsstufe II).
- hat ein tiefes Schutzniveau für die Empfindlichkeitsstufe II. Sie enthält eine grosse Aufstufung für Fluglärm - nicht aber für alle andern Lärmarten (ähnlich wie für Variante B).
- bietet ein mittleres Schutzniveau für die Empfindlichkeitsstufe III.
- fordert einen geringen Umfang der **Schallschutzmassnahmen** bei Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in reinen Wohnzonen und ebenso einen geringen Umfang bei Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in Mischzonen.
- schränkt die **Ausscheidung** und **Erschliessung** von Bauzonen ein. Für Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in reinen Wohnzonen eine mittlere Einschränkung und für Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in Mischzonen eine geringen Einschränkung.
- schränkt **Baubewilligungen** ein. Für Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in reinen Wohnzonen eine geringe Einschränkung und für Wohn- bzw. Dienstleistungsnutzungen in Mischzonen ebenso eine geringe Einschränkung.
- führt zu wesentlich tieferen (bei ES II) bzw. gleichen (bei ES III) **Entschädigungen aus Enteignung** im Vergleich zur heutigen Bundesgerichtspraxis.

**Tabelle A3.2** Beurteilung der Varianten

Skalierungen: Übereinstimmung (gut - mittel - schlecht); Schutzniveau (hoch - mittel - tief); Schallschutzmassnahmen und Einschränkungen (gross - mittel - gering), Entschädigungen (tiefer - gleich - höher).

Kriterium	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
<b>Übereinstimmung zum Strassenlärm</b> (nur für den Tag)	gut	mittel bis schlecht	mittel	schlecht
<b>Schutzniveau in ES II</b>	hoch	mittel	mittel	tief
<b>ES III</b>	mittel	hoch	mittel	mittel
<b>Anreiz zur Aufstufung von ES II in ES III</b>	hoch	kein	gering	kein
<b>Schallschutzmassnahmen</b> in reinen Wohnzonen	gross	mittel	mittel	gering
in Mischzonen	gering	mittel	gering	gering
<b>Einschränkungen für Ausscheidung und Erschliessung</b> von reinen Wohnzonen	gross	mittel	mittel	mittel
Mischzonen	gering	mittel	gering	gering
<b>Einschränkungen bei Baubewilligungen</b> in reinen Wohnzonen	gross	mittel	mittel	gering
in Mischzonen	gering	mittel	gering	gering
<b>Entschädigungen im Vergleich zur heutigen Bundesgerichtspraxis</b> (wurde bisher nur für übermässige Immissionen am Tag beurteilt)	gleich	ES II: tiefer ES III: höher	ES II: tiefer ES III: gleich	ES II: wesentlich tiefer ES III: gleich

### A3.3 Variantenvorschlag der Arbeitsgruppe

In der Arbeitsgruppe wurden mehrere Varianten diskutiert. Eine Konsultativabstimmung in der Arbeitsgruppe ergab, dass die Variante A mit klarer Mehrheit die beste Wertung erhielt. Die Variante D wurde von zwei Mitgliedern bevorzugt.

Folgende Überlegungen bewogen die Mehrheit der Arbeitsgruppe, der Variante A den Vorzug zu geben:

- Variante A bewirkt ein hohes Schutzniveau für die betroffene Bevölkerung. Der Schutz ist vor allem in den reinen Wohnzonen (Empfindlichkeitsstufe II) gross, dort wo auch der Schutzanspruch am höchsten ist. Der Arbeitsgruppe blieb dabei nicht verborgen, dass der Betrieb der Landesflughäfen mit den relativ tiefen Grenzwerten der Variante A in erheb-

lichem Umfang Erleichterungen beanspruchen wird. Der Schutz der Bevölkerung vor dem Fluglärm ist dennoch stärker als bei den anderen Varianten, können doch Erleichterungen nur aufgrund einer Interessenabwägung gewährt werden, die mit Variante A bereits bei tieferen Lärmpegeln einsetzt.

- Die Arbeitsgruppe ist sich ebenfalls im Klaren, dass mit dem hohen Schutzniveau auch ein grosser Anreiz zur Aufstufung der Empfindlichkeitsstufe einhergeht. Sie schätzt allerdings die Möglichkeit, dass nun in grösseren Gebieten aufgestuft wird, gering ein, weil diese Aufstufung nur aufgrund eines demokratischen Prozesses erfolgen kann, in dem die Betroffenen über Mitspracherechte verfügen.
- Wie gezeigt, entspricht die Störwirkung von Fluglärm in etwa derjenigen des Strassenlärms. Variante A trägt diesem Umstand Rechnung, indem die Grenzwerte beider Lärmarten übereinstimmen. Damit stützt sich Variante A auf eine solide wissenschaftliche Basis und sie trägt den Kriterien der Artikel 15, 19 und 23 USG von allen Varianten am besten Rechnung.
- Die klare Trennung zwischen den Empfindlichkeitsstufen II und III ist mit den Vorgaben der Raumplanung im Einklang. Damit unterstützt der Lärmschutz optimal die in den Zonenordnungen definierten Nutzungen.
- Sofern Erleichterungen beansprucht werden, die zu unzumutbaren Lärmbelastungen führen, sorgt Variante A für den bestmöglichen Schutz der Bevölkerung mit Schallschutzfenstern.
- Die Höhe allfälliger Entschädigungen aus Enteignung wegen der übermässigen Lärmbelastung steigen mit Variante A gegenüber der heutigen Bundesgerichtspraxis nicht an, da das Bundesgericht seine bisherigen Entscheide bereits auf Werte abgestellt hat, die den Grenzwerten der Variante A entsprechen.

Eine Minderheit der Arbeitsgruppe (Vertreter der Luftfahrt) bevorzugt die Variante D mit einem auf die gesamte Nachtdauer von 8 Stunden bezogenen  $L_{eq}$ . Sie legt Wert darauf, dass Folgendes im Bericht festgehalten wird (Zitat ohne Kommentar):

- „Der Vergleich mit dem Strassenlärm kann als Richtlinie gelten, aber nicht als absoluter Massstab. Die Störung durch Fluglärm ist nicht durch die gleichen Faktoren beschrieben wie die Störung durch Strassenlärm. Der  $L_{eq}$  allein begründet weniger als die Hälfte der Störung.
- Der Schutz, den die LSV in der Umgebung von Landesflughäfen über die bereits bestehenden technischen und betrieblichen Emissionsbegrenzungen hinaus bewirken wird, liegt fast ausschliesslich im Schallschutz sowie in Bau- und Planungsbeschränkungen. Nach jüngster Bundesgerichtspraxis muss bei überschrittenem Immissionsgrenzwert zudem mit Entschädigungssummen gerechnet werden, die 5 bis 10 mal höher liegen können als die Kosten für Schallschutz (die definitiven Zahlen der entsprechenden Untersuchung Wüest & Partner stehen noch aus). Die Entschädigungen bewirken aber keinerlei zusätzlichen Schutz vor Lärm für die Flugplatzanwohner, es sei denn, der Verkehr auf den Landesflughäfen werde über das Zuweisen von übermässigen Kosten ganz massiv eingeschränkt.
- Unter diesen Voraussetzungen darf auch von einer Expertengruppe erwartet werden, dass sie im Rahmen des vom USG gegebenen Ermessensspielraumes Grenzwerte unter Berücksichtigung der materiellen und politischen Auswirkungen festlegt. Grenzwerte in der LSV sollen nicht zuletzt also auch politisch machbar und bezahlbar sein. Obschon der Unterschied zwischen den Varianten A und D beim ersten Hinsehen marginal erscheint, unterscheiden sich die raumplanerischen und wirtschaftlichen Auswirkungen massiv. Szenarien, die letztlich sowohl bei Flugplatznachbarn als auch bei Flugplatzhaltern nur Frustration und Polarisierung wegen Nichteinhalten von geweckten Erwartungen hervorrufen, sind der Sache nicht dienlich.“
- „Die Nachtgrenzwerte scheinen in den Varianten A bis D, wie bei anderen Verkehrslärmarten, gegenüber den Tagesgrenzwerten um 10 dB abgesenkt zu sein. In ihrer Wirkung entsprechen sie aber

einer Absenkung um 18 dB, was aber wegen des Bezugs auf eine 1-Stunden Mittelungszeit nicht sichtbar wird. In der Praxis hat ein IGW von 55 dB(A) zur Folge, dass Schallschutzfenster schon für Gebiete mit  $L_{\max}$ -Pegel um 75 dB(A) vorgeschrieben werden. Der Schutz vor Aufwachreaktionen ist aber mit offenem Fenster bis ungefähr 75 dB(A) und mit geschlossenem Normalfenster bis ungefähr 85 dB(A)  $L_{\max}$  Aussenpegel schon gegeben. Schallschutzfenster sind also erst dort notwendig, wo regelmässig  $L_{\max}$ -Pegel von ungefähr 85 dB(A) und mehr auftreten. Diese Gebiete werden beispielsweise mit einem Nacht-IGW von 55 dB(A), bezogen auf  $L_{\text{eq}}$  (8h), erfasst. Ein Schallschutzobligatorium kann auch unterhalb dieser Grenze eine gewisse subjektive Wirkung aufweisen. Bei der Grenzwertfestlegung muss aber trotzdem berücksichtigt werden, dass IGW-Überschreitungen auch Bau- und Planungsbeschränkungen sowie Entschädigungsleistungen zur Folge haben.

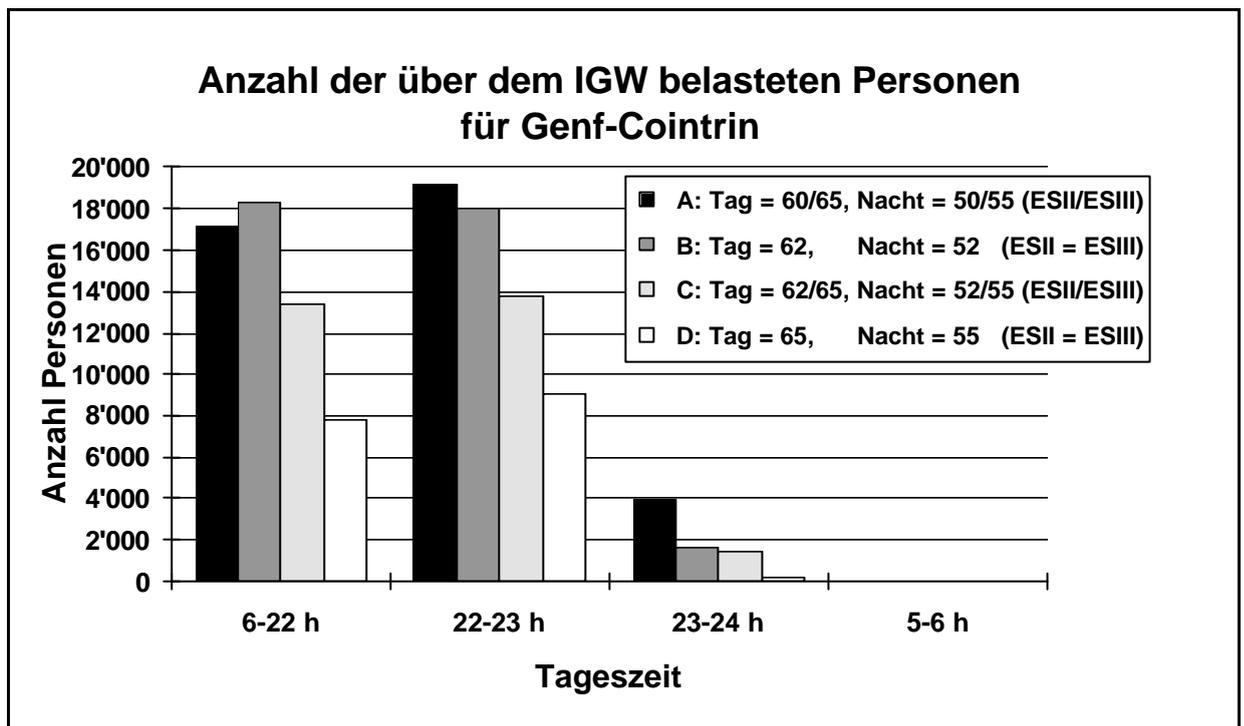
- Sinn und Wirkung von Planungswerten beim Fluglärm von Landesflughäfen sollen verdeutlicht werden. Mit den Planungswerten will die LSV dort, wo noch planerischer Spielraum besteht, neue Zonen und die Überbauung noch nicht erschlossener Zonen für Wohnbauten auch unterhalb der Immissionsgrenzwerte verhindern. Bei den Landesflughäfen sind aber die Gebiete, in welchen die Planungswerte überschritten sind, sehr ausgedehnt. Sie belegen, je nach Grenzwertfestlegung, dutzende Gemeinden praktisch mit einem Wohnbau-Planungsverbot. Es ist fraglich, ob der erreichbare zusätzliche Schutz in einem sinnvollen Verhältnis zur Beschränkung der Entwicklung der betroffenen Regionen steht. Den Stellungnahmen der betroffenen Gemeinden wird in dieser Beziehung grosses Gewicht zukommen müssen.“



## A4 Konsequenzen der Varianten A bis D

### A4.1 Anzahl der über dem IGW belasteten Personen

#### A4.1.1 Umgebung des Flughafens Genf-Cointrin



**Abbildung A4.1** Anzahl Personen über den Grenzwerten in der Umgebung (mit total 84'000 Einwohner) des Flughafens Genf-Cointrin.

## A4.1.2 Umgebung des Flughafens Zürich-Kloten

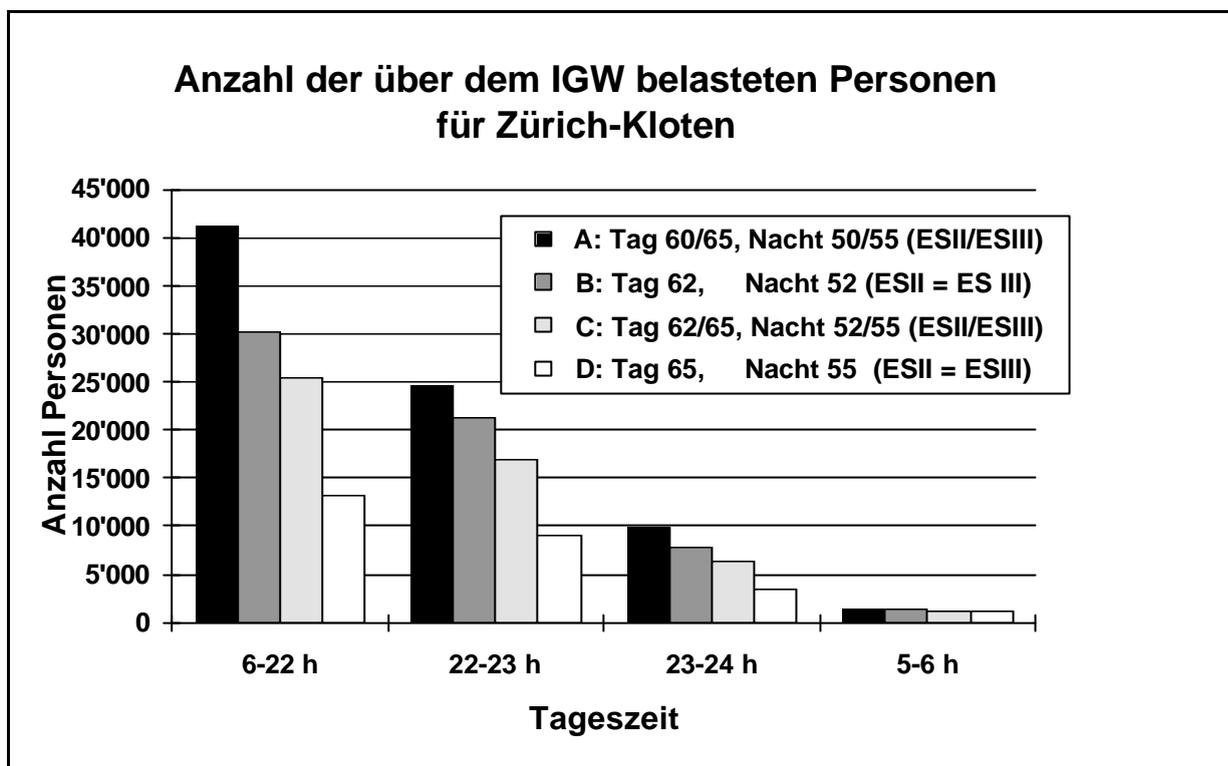


Abbildung A4.2 Anzahl Personen über den Grenzwerten in der Umgebung (mit total 112'000 Einwohner) des Flughafens Zürich-Kloten.

## A4.2 Umfang und Kosten von Schallschutzmassnahmen

### A4.2.1 Bestehende Anlagen

Tabelle A4.1 Anzahl Personen, die über dem Alarmwert in der Umgebung der Flughäfen Genf-Cointrin und Zürich-Kloten wohnen (ohne die Städte Genf und Zürich).

	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
Zürich-Kloten	16'400	12'200	8'700	3'600
Genf-Cointrin	7'400	5'000	4'500	600

**Tabelle A4.2** Kosten von Schallschutzfenster um Genf-Cointrin und Zürich-Kloten für bestehende Anlagen (aufgrund der Tages- und Nachtbelastung).

in Mio. Fr.	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
Zürich-Kloten	74	55	39	16
Genf-Cointrin	33	22	20	3
<b>Total:</b>	<b>107</b>	<b>77</b>	<b>59</b>	<b>19</b>

## A4.2.2 Neue oder wesentlich geänderte Anlagen

**Tabelle A4.3** Anzahl Personen, die in der Umgebung der Flughäfen Genf-Cointrin und Zürich-Kloten über dem Immissionsgrenzwert (Tag und/oder Nacht) belastet sind.

	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
Zürich-Kloten	58'600	48'500	40'200	22'200
Genf-Cointrin	21'100	21'000	16'200	10'600

**Tabelle A4.4** Kosten von Schallschutzfenster um Genf-Cointrin und Zürich-Kloten für neue oder wesentlich geänderte Anlagen (aufgrund der Tages- und Nachtbelastung).

in Mio. Fr.	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
Zürich-Kloten	264	218	181	100
Genf-Cointrin	95	95	73	48
<b>Total:</b>	<b>359</b>	<b>313</b>	<b>254</b>	<b>148</b>

## A4.3 Mögliche Entschädigung aus Enteignung

### A4.3.1 Entschädigungspflichtige Flächen

**Tabelle A4.5** Umfang der entschädigungspflichtigen Flächen.

Die Unschärfenbereiche liegen je nach Art und Ort der Grundstücke zwischen +/- 10% und +/- 30%, die Angaben sind auf 5 ha gerundet.

T = Tagesbelastung,  $\Delta N$  = „kommt durch die Nachtbelastung dazu“, T+N = Tages und Nachtbelastung summiert unter Berücksichtigung der Pistensysteme.

in Hektaren		Variante A			Variante B			Variante C			Variante D		
		T	DN	T+N	T	DN	T+N	T	DN	T+N	T	DN	T+N
Fläche der unbebauten Grundstücke	Zürich-Kloten	125	80	205	135	85	220	90	60	150	50	40	90
	Genf-Cointrin	55	10	65	45	15	60	40	15	55	25	15	40
	Zusammen:	270			280			205			130		
Fläche der bebauten Grundstücke	Zürich-Kloten	175	95	270	145	120	265	115	70	185	95	40	135
	Genf-Cointrin	135	30	165	95	40	135	80	40	120	40	35	75
	Zusammen:	435			400			305			210		
<b>Total:</b>		<b>705</b>			<b>680</b>			<b>510</b>			<b>340</b>		

### A4.3.2 Mögliche Forderungen

**Tabelle A4.6** Mögliche Entschädigungsforderungen.

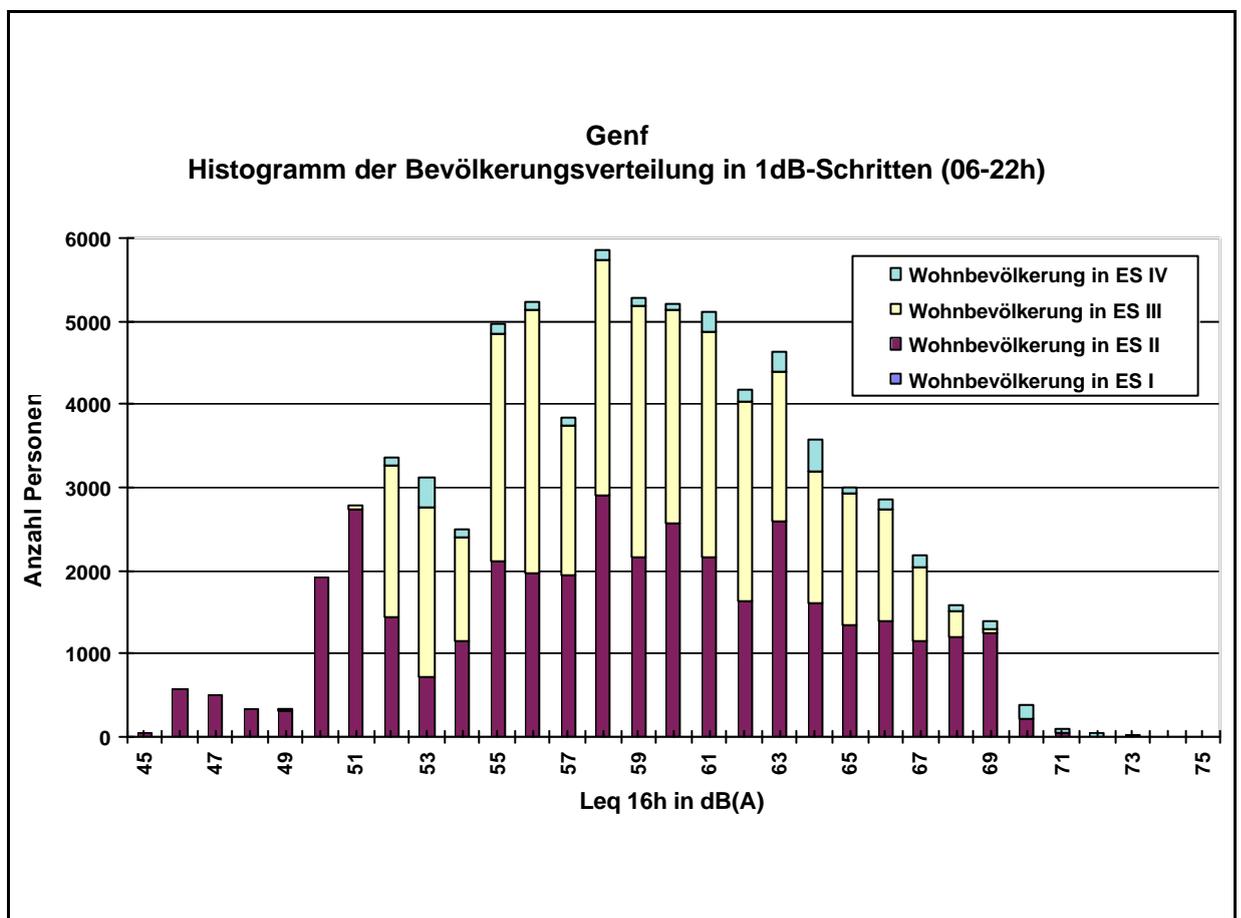
Die Unschärfenbereiche liegen je nach Art und Ort der Grundstücke zwischen +/- 35% und +/- 50%. T = Tagesbelastung,  $\Delta N$  = „kommt durch die Nachtbelastung dazu“, T+N = Tages und Nachtbelastung summiert unter Berücksichtigung der Pistensysteme.

in Mio. Fr.		Variante A			Variante B			Variante C			Variante D		
		T	DN	T+N	T	DN	T+N	T	DN	T+N	T	DN	T+N
für unbebaute Grundstücke	Zürich-Kloten	715	420	1135	760	460	1220	500	305	805	270	185	455
	Genf-Cointrin	260	50	310	205	70	275	180	70	250	110	60	170
	Zusammen:	1'445			1'495			1'055			625		
für bebaute Grundstücke	Zürich-Kloten	300	160	460	260	190	450	215	120	335	185	85	270
	Genf-Cointrin	225	45	270	155	60	215	135	60	195	80	60	140
	Zusammen:	730			665			530			410		
<b>Total:</b>		<b>2'175</b>			<b>2'160</b>			<b>1'585</b>			<b>1'035</b>		



## A5 Karten und Tabellen zur Fluglärm- belastung

### A5.1 Lärmbelastung der Bevölkerung um Genf- Cointrin



## **A5.2 Linien gleicher Mittelungspegel um Genf-Cointrin für den Tag**

Karten in EDV-Fassung nicht verfügbar

## **A5.3 Linien gleicher Mittelungspegel um Genf-Cointrin für die Nacht**

### **A5.3.1 Erste Nachtstunde 22 -23 Uhr**

Karten in EDV-Fassung nicht verfügbar

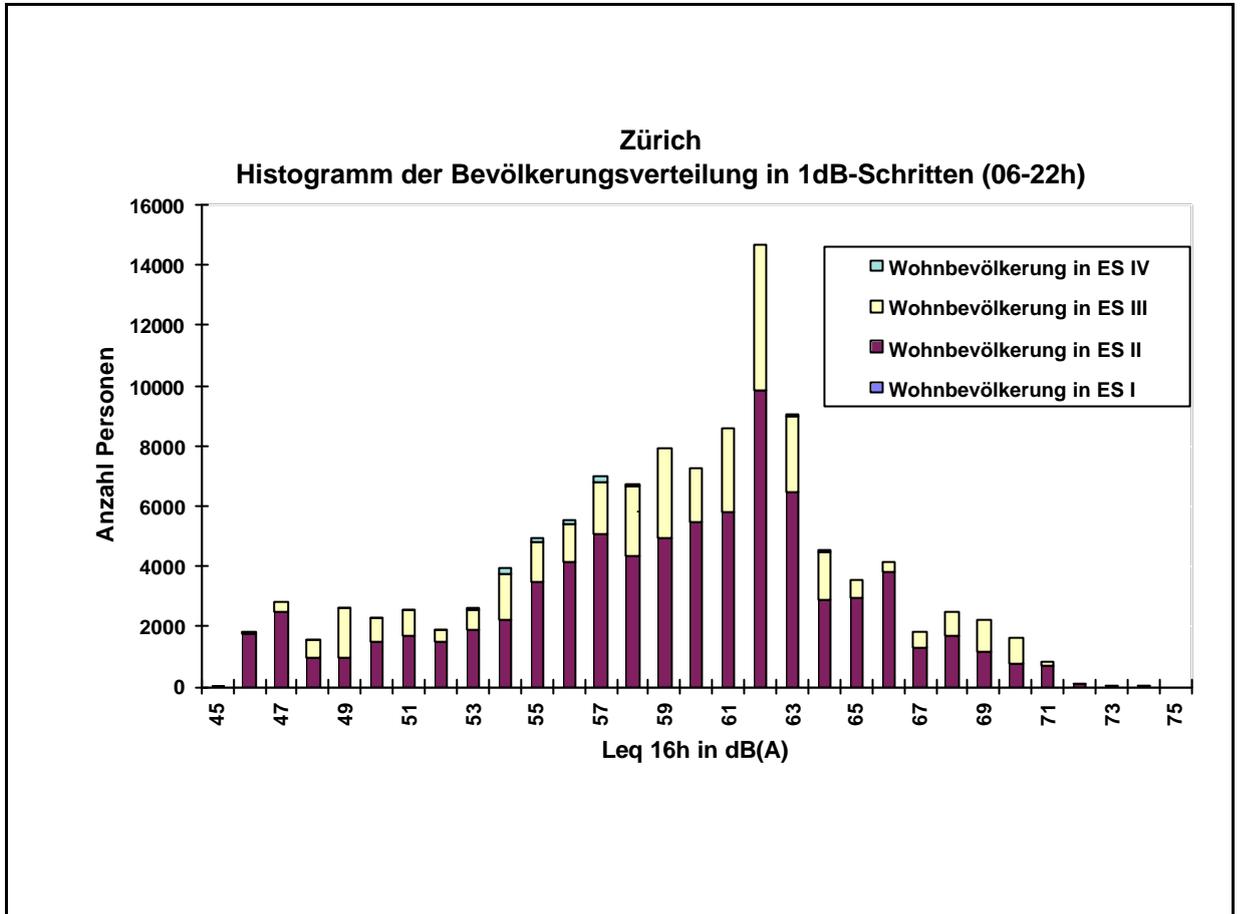
### **A5.3.2 Zweite Nachtstunde 23-24 Uhr**

Karten in EDV-Fassung nicht verfügbar

### **A5.3.3 Letzte Nachtstunde 05-06 Uhr**

Karten in EDV-Fassung nicht verfügbar

## A5.4 Lärmbelastung der Bevölkerung um Zürich-Kloten



## **A5.5 Linien gleicher Mittelungspegel um Zürich-Kloten für den Tag**

Karten in EDV-Fassung nicht verfügbar

## **A5.6 Linien gleicher Mittelungspegel um Zürich-Kloten für die Nacht**

### **A5.6.1 Erste Nachtstunde 22 -23 Uhr**

Karten in EDV-Fassung nicht verfügbar

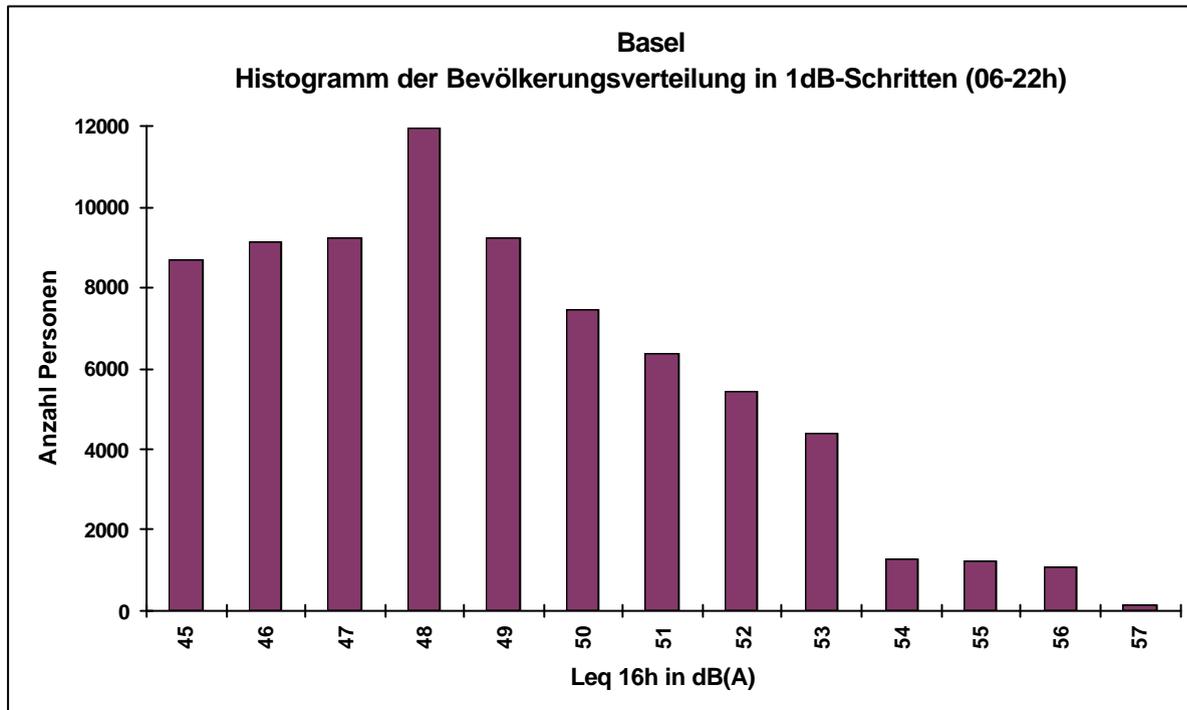
### **A5.6.2 Zweite Nachtstunde 23-24 Uhr**

Karten in EDV-Fassung nicht verfügbar

### **A5.6.3 Letzte Nachtstunde 05-06 Uhr**

Karten in EDV-Fassung nicht verfügbar

## A5.7 Lärmbelastung der Bevölkerung um Basel-Mulhouse



Aufgrund der verfügbaren Daten kann für Basel keine Differenzierung nach den vier Empfindlichkeitsstufen dargestellt werden.

## **A5.8 Linien gleicher Mittelungspegel um Basel-Mulhouse für den Tag**

Karten in EDV-Fassung nicht verfügbar

## **A5.9 Lärmzonenpläne**

### **A5.9.1 Zürich-Kloten**

Karten in EDV-Fassung nicht verfügbar

### **A5.9.2 Genf-Cointrin**

Karten in EDV-Fassung nicht verfügbar

## Schriftenreihe Umwelt (Lärm) – Cahier de l'environnement (Bruit)

Bezugsquelle BUWAL / Commande OFEFP

- Nr. 15: Strassenlärmmodell für überbaute Gebiete. 3. Auflage. April 1991. 76 S.  
Modèle de bruit du trafic routier dans les zones habitées. 2ème édition.
- Nr. 35: Berechnungsverfahren für Schiesslärm von 300m-Anlagen. 1985. 76 S.  
Modèle de calcul du bruit des installations de tir à 300m.
- Nr. 57: Anleitung zur Ermittlung und Beurteilung von Lärmimmissionen an Strassen. Januar 1987. 18 S.  
Instructions pour la détermination et l'évaluation des immissions de bruit aux abords des routes.
- Nr. 58: Anleitung zur Ermittlung und Beurteilung von Lärmimmissionen bei 300m-Schiessanlagen. Januar 1987. 19 S.  
Instructions pour la détermination et l'évaluation des immissions de bruit à proximité des installations de tir à 300m.
- Nr. 77: Anleitung zur Erstellung von Lärmbelastungskatastern und zur Planung von Massnahmen. Dezember 1988. 44 S.  
Instructions pour l'établissement des cadastres de bruit et pour la planification de mesures.
- Nr. 103: Belastungsgrenzwerte für den Lärm von Militärflugplätzen. 5. Teilbericht der Eidg. Kommission für die Beurteilung von Lärm-Immissionsgrenzwerten. April 1989. 33 S.  
Valeurs limites d'exposition au bruit des aérodromes militaires. 5ème rapport de la Commission fédérale pour l'évaluation des valeurs limites d'immissions pour le bruit.
- Nr. 114: Grobverfahren zur Bestimmung von Eisenbahnlärm. November 1989. 38 S.  
Procédé approximatif pour la détermination du bruit des chemins de fer.
- Nr. 116: SEMIBEL. Schweizerisches Emissions- und Immissionsmodell für die Berechnung von Eisenbahnlärm. Version 1. Programmdokumentation. März 1990. 78 S.  
SEMIBEL. Modèle suisse des émissions et des immissions pour le calcul du bruit des chemins de fer. Version 1. Manuel d'utilisation du logiciel.
- Nr. 130: Computermodell SL-90 zur Berechnung von Schiesslärm von 300m-Anlagen. 1991.  
Modèle de calcul SL-90 pour le bruit des installations de tir à 300m. 1991
- Nr. 205: Lärmschutz: Die Festlegung von Empfindlichkeitsstufen. Rechtsgutachten. Juli 1993. 132 S.
- Nr. 296: Belastungsgrenzwerte für den Lärm der Landesflughäfen. 6. Teilbericht der Eidg. Kommission für die Beurteilung von Lärm-Immissionsgrenzwerten. 1997. 117 S.  
Valeurs limites d'exposition au bruit des aéroports nationaux. 6ème rapport partiel de la Commission fédérale pour l'évaluation des valeurs limites d'immissions pour le bruit.
- Nr. 301: Wirtschaftliche Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen. 1998. 150 S.  
Caractère économiquement supportable et proportionnalité des mesures de protection contre le bruit.