

Oktober 2001

---

# Fluglärmbekämpfung

## Massnahmen und deren Wirksamkeit

---



[www.worldwings.here.co.uk](http://www.worldwings.here.co.uk)

---

Praktikumsarbeit von  
Markus Stähli

Fachstelle Lärmschutz  
Glattbrugg

<b>Fluglärmbekämpfung</b>	<b>0</b>
<hr/>	
<b>Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Charakteristik des Fluglärms</b>	<b>2</b>
2.1 Grundsätzliches	2
2.2 Lärmquellen	3
2.3 Messen und Berechnen von Fluglärm	4
<b>3 Massnahmen</b>	<b>5</b>
3.1 Flugbeschränkungen	5
3.1.1 <i>Begrenzung der Bewegungszahl</i>	5
3.1.2 <i>Lärmkontingente</i>	6
3.1.3 <i>Nachtflugverbot</i>	6
3.2 An- und Abflugkonzepte	6
3.2.1 <i>Konzentration / Streuung</i>	7
3.2.2 <i>Rotation</i>	7
3.3 Lärmabhängige Gebühren	8
3.4 Bau- und Planungsvorschriften	8
3.4.1 <i>Massnahmen in nicht erschlossenen Gebieten</i>	9
3.4.2 <i>Massnahmen in erschlossenen und überbauten Gebieten</i>	9
3.5 Bauliche Massnahmen an Gebäuden	10
3.5.1 <i>Schallschutzfenster</i>	10
3.5.2 <i>Raumlüftung</i>	11
3.5.3 <i>Umfassende Sanierungen</i>	11
3.5.4 <i>Sanierungsprogramme</i>	12
<b>4 Folgen von Fluglärm</b>	<b>13</b>
4.1 Störungen	13
4.2 Schlaf	14
4.3 Stress und Herz-Kreislaufkrankheiten	15
4.3.1 <i>Erhöhte Ausscheidung von Stresshormonen</i>	15
4.3.2 <i>Risikofaktoren für Herz-Kreislaufkrankheiten</i>	16
4.3.3 <i>Krankheit</i>	16
4.4 Gedächtnis	16
<b>5 Diskussion</b>	<b>17</b>
5.1 Nachtflugverbot	17
5.2 Flugbeschränkungen	18
5.3 An- und Abflugkonzepte	18
5.4 Bauliche Massnahmen	18
5.5 Situation am Flughafen Zürich	18
<b>Literatur</b>	<b>20</b>
<b>Internet</b>	<b>21</b>

## Zusammenfassung

Die Bandbreite der negativen individuellen Folgen von Fluglärm ist sehr weit. Die Betroffenen fühlen sich in ihren Aktivitäten gestört – besonders beim Sprechen, beim Fernsehen und beim Radio hören. Der Schlaf wird durch Fluglärm massiv beeinträchtigt; einerseits wahrnehmbar durch das Unvermögen einzuschlafen und durch Aufwachereignisse, andererseits nicht wahrnehmbar durch eine Verschiebung der Schlafphasen. Zudem hat Fluglärm einen negativen Einfluss auf das Herz-Kreislaufsystem (denn er kann Stress verursachen) und auf Leistung des Gedächtnisses.

Die Lärmbelastung kann mit einem ganzen Instrumentarium von Massnahmen eingedämmt werden. Mit Vorschriften zur Einschränkung oder zur räumlichen und zeitlichen Verteilung von Flugbewegungen lassen sich Lärmemissionen reduzieren. Durch bauliche Massnahmen an Gebäuden kann die Belastung wenigstens in den Innenräumen für die Betroffenen in Grenzen gehalten werden. Und Bau- und Planungsvorschriften können zukünftige Lärmprobleme bereits im Voraus verhindern.

Die Betrachtung der Fluglärmfolgen zeigt unter anderem, dass ein Nachtflugverbot einen sehr hohen Nutzen für die Betroffenen bringt. Eine geringe Reduktion der Anzahl Überflüge hingegen führen nur zu einer minimalen Verminderung der Folgen.

Als Schwellenwert für das Auftreten von ernsthaften Folgen kann ein gemittelter Immissionspegel von tagsüber etwa 65 dB bezeichnet werden. Nachts liegt diese Schwelle viel tiefer, zudem reagieren die Betroffenen dann vermehrt auf einzelne Überflüge.

## Dank

An dieser Stelle möchte ich dem gesamten Team der Fachstelle Lärmschutz herzlich für die interessante Zeit, die ich als Praktikant erleben durfte, danken. Nur durch Eure Hilfe kam diese Arbeit überhaupt zustande.

Im Speziellen waren die Informationen von Peter Graf zur politischen Situation der Fluglärmbekämpfung am Flughafen Zürich und von Marcel Tschurr zur Ermittlung von Fluglärm und zu den rechtlichen Details äusserst wertvoll. Ich durfte auch von Rolf Schuchters Erfahrungen im Bereich Schallschutz an Gebäuden profitieren, und Thomas Gastberger sei für die beigetragenen Ideen zum Konzept dieser Arbeit gedankt.

## 1 Einleitung

In Flughafennähe gehört der Fluglärm zu den bedeutendsten Umweltbelastungen, denen die Bevölkerung ausgesetzt ist. Diesen Sommer war das Thema Fluglärm in der Schweiz aktuell wie kaum je zuvor. Die Ausbaupläne des Flughafens Zürich lösten Befürchtungen aus, dass sich die schon jetzt hohe Lärmbelastung noch weiter verschlimmert.

In der vorliegenden Arbeit geht es darum, verschiedene Massnahmen zur Reduktion der Fluglärmbelastung vorzustellen und kritisch zu beurteilen. In erster Linie soll geprüft werden, inwieweit die einzelnen Massnahmen die negativen gesundheitlichen und individuellen Folgen von Fluglärm verhindern können.

Es wird hingegen nicht auf soziale Folgen eingegangen. Dies bedeutet aber in keiner Weise, dass solche Fluglärmfolgen von geringer Bedeutung sind. Insbesondere nach sozialer Entmischung (z.B. durch das Abwandern von Einwohnern mit höheren Einkommen aus lärmbelasteten Gebieten) wäre zu fragen.

Daraus erklärt sich der Aufbau der Arbeit. Nach einer allgemeinen Einführung ins Thema (Kap.2) werden die verschiedenen Massnahmen vorgestellt und bereits in einem ersten Schritt gewertet (Kap.3). Dabei sind auch europäische Flughäfen, welche eine entsprechende Massnahme umgesetzt haben, als Beispiele aufgeführt. Anschliessend werden verschiedene Resultate der Lärmwirkungsforschung zusammengefasst, um die weite Bandbreite von Fluglärmfolgen aufzuzeigen (Kap.4). In der Diskussion (Kap.5) wird sodann versucht, die Erkenntnisse der Kapitel 4 und 5 zu einander in Verbindung zu stellen, um die Wirksamkeit der Massnahmen hinsichtlich der Lärmfolgen zu beurteilen.

Die Arbeit bezieht sich ausdrücklich auf das Problem Fluglärm im Allgemeinen. Es geht nicht um die Darstellung der Situation an einem bestimmten Flughafen. Trotzdem soll zuletzt noch auf die Frage eingegangen werden, was die Folgerungen dieser Arbeit konkret für die Lärmsituation am Flughafen Zürich bedeuten (Kap.5.5).

## 2 Charakteristik des Fluglärms

### 2.1 Grundsätzliches

Im Unterschied zu Strassenlärm tritt Fluglärm nicht konstant auf. Die Belastung erfolgt in relativ lauten Spitzen; nach den Überflügen kehrt wieder Ruhe ein. Es sind hingegen grössere Gebiete betroffen als beim Strassenlärm, der sich auf Gebäude entlang der Hauptverkehrsachsen konzentriert. Fluglärm macht vor sonst ruhigen Einfamilienhausquartieren nicht Halt, und er ist nicht auf dem Ausbreitungsweg zu bekämpfen, wie dies beim Strassenlärm durch Lärmschutzwände möglich ist.

Weltweit liegen viele Flughäfen nahe an dichten Siedlungsgebieten. Sei es, weil ein Standort zu nahe am Stadtzentrum gewählt wurde, sei es, weil der Flughafen nach der Inbetriebnahme als Anziehungspunkt für Wohn- und Gewerbebauten wirkte.

## 2.2 Lärmquellen

Die Flugzeugtriebwerke sind die hauptsächliche Quelle von Fluglärm. Durch die Turbine im Triebwerk von Düsenjets strömt ein heisser Gasstrahl mit Überschallgeschwindigkeit aus und bildet hochfrequente Stosswellen. Der Strahl mischt sich rasch mit der kalten Umgebungsluft. Es entsteht deshalb eine stark turbulente Mischzone, deren tieffrequente Wirbel die primäre Schallquellen des Jetlärms darstellen. (Hofmann, 1997)

Die Lärmimmissionen sind bei Vollast des Flugzeuges, also z.B. im Steigflug, am höchsten. Der Lärm steigt mit dem Gewicht des Flugzeugs überproportional. "Denn schwere Flugzeuge haben nicht nur lautere Triebwerke als leichte. Sie steigen auch langsamer und fliegen dadurch tiefer über die Siedlungsräume" (Hofmann, 2001).

Mit der Entwicklung von Mantelstromtriebwerken konnte die Lärmerzeugung von Jets in den letzten Jahrzehnten um etwa 20 dB reduziert werden. Neben der Turbine wird mit einem zweiten Verdichter grösseren Durchmessers ("Fan") ein kalter Mantelstrom um die Turbine herumgeleitet. Der Mantelstrom und der heisse Gasstrahl aus der Turbine werden noch im Triebwerk gemischt. Zudem ist die Austrittsgeschwindigkeit des Gasstrahls viel geringer als bei Triebwerken der ersten Generation. Deshalb ist ein Mantelstromtriebwerk viel leiser. Triebfeder dieser Entwicklung war allerdings der geringere Treibstoffverbrauch. (Hofmann, 1997)

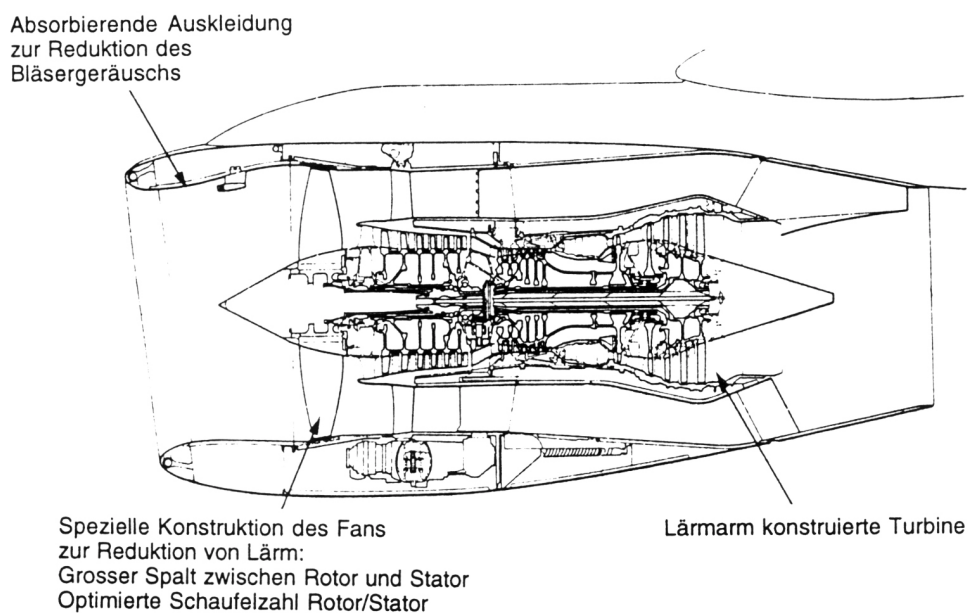


Abb. 2.1 Schnitt durch ein Mantelstromtriebwerk (Quelle: Hofmann, 1997)

Die Entwicklung zu immer leiseren Triebwerken scheint allerdings in den letzten Jahren ins Stocken gekommen zu sein. Doch Fachleute halten eine weitere massive Reduktion (über 10 dB) der Lärmemissionen für technisch möglich (NASA). Dies kann erreicht werden, wenn das Verhältnis zwischen Mantelstrom und Gasstrahl weiter erhöht wird. „Dieses sogenannte Bypass-Verhältnis liegt heute bei etwa 5:1, angestrebt wird ein Wert von etwa 15:1. „Das würde bedeuten, dass lediglich 1/15 der angesaugten Luft überhaupt in die Brennkammer gelangt“ (DFS).

Mit den leiseren Flugzeugen hat sich auch das Fluglärmproblem in den letzten Jahrzehnten verändert. Als die ersten Düsenflugzeuge aufkamen, waren die Anwohner von relativ seltenen, aber sehr lauten Überflügen geplagt. Heute liegt das Problem vermehrt in der Häufigkeit der Flugbewegungen. Denn die Anzahl An- und Abflüge hat in den letzten Jahren an den meisten Flughäfen massiv zugenommen. So wurde die triebwerkbedingte Entlastung mehr als wettgemacht. Am Flughafen Zürich beispielsweise hat sich die Anzahl Flugbewegungen in nur vier Jahren (von 1996 bis 2000) um 26% erhöht (UNIQUE). Dabei ist auffallend, dass die Zunahme vor allem aufgrund der gestiegenen Anzahl von Umsteigepassagieren zustande kam. Es ist also Entwicklung zu einem Hub (internationaler Umsteigeflughafen) feststellbar.

### **2.3 Messen und Berechnen von Fluglärm**

Trotz dem unkonstanten Auftreten von Fluglärm ist ein Fluglärmmass nötig, das die mittlere Belastung über eine längere Zeit in einer einzigen Zahl ausdrückt. In der Schweiz hat sich der Mittelungspegel Leq durchgesetzt, es existieren allerdings zahlreiche andere Masse wie z.B. der „Noise and Number Index“ NNI. Es hat sich gezeigt, dass der Leq relativ gut mit der Störwirkung auf den Menschen korreliert (siehe Kap 4.1).

Fluglärmmessungen sind sehr aufwändig. Es sind gesicherte Werte der einzelnen Flugzeugtypen nötig, um das Messresultat auf die langfristige Lärmbelastung umzurechnen. Zudem muss die Wettersituation berücksichtigt werden. Verlässliche Messungen müssen sich über Wochen oder Monate erstrecken. (Hofmann, 1997)

Als flächenhaftes Prognoseverfahren haben sich Fluglärmmodelle bewährt. Ausgehend von der Anzahl Flugbewegungen und von Lärmwerten der Flugzeughersteller erlauben sie, Fluglärmkarten (Abb. 2.2) herzustellen.

Aus Sicht der Lärmbekämpfung wäre es hilfreich, über ein zusätzliches Mass für die „Gesamtbelastung“ zu verfügen. Dieses sollte neben dem Schallpegel auch die Grösse der betroffenen Bevölkerung berücksichtigen. So könnte die gesamte Lärmbelastung, die ein Flughafen oder eine einzelne Piste verursacht, mit einer einzigen Zahl ausgedrückt werden. Allerdings hat sich bis heute noch kein solches Mass etabliert, obwohl die Bevölkerungsgrösse natürlich schon immer in raumplanerische Überlegungen einbezogen wurde. Hofmann (2001) schlägt vor, die Bevölkerungszahl mit der örtlichen Schallenergie zu multiplizieren und das Produkt als „Immissionsgrösse“ zu verwenden.

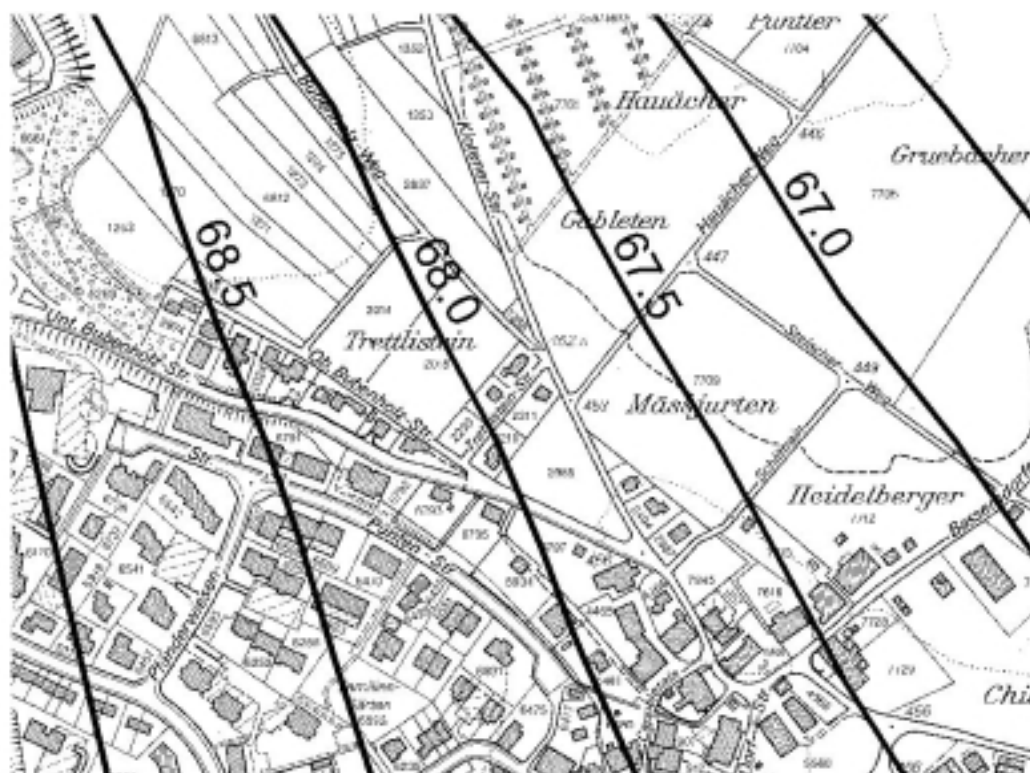


Abb. 2.2 Ausschnitt aus einer Fluglärmkarte, berechnet mit dem Modell FLULA2 der EMPA (Quelle: FALS)

Das Fluglärmproblem darf nicht sektoriell angegangen werden. Die Auswirkungen des Flugbetriebs auf verschiedene Regionen um einen Flughafen sollten gegeneinander abgewogen werden können. Gerade deshalb wäre ein solches "Gesamtbelastungs-Mass" äusserst wertvoll.

### 3 Massnahmen

#### 3.1 Flugbeschränkungen

##### 3.1.1 Begrenzung der Bewegungszahl

Eine Beschränkung der Anzahl Flugbewegungen ist wohl die drastischste Massnahme gegen Fluglärm. Solche Vorschriften werden sicher auf grossen Widerstand seitens der Flughafenbetreiber und der Wirtschaft stossen. Es kann auch nur für eine gewisse Zeitperiode eine Höchstmenge vorgeschrieben werden, z.B. für die Nacht.

Der Vorteil von Flugbeschränkung liegt in der Einfachheit des Vollzugs: Es müssen nur Flugzeuge gezählt werden. Die Massnahmen stützen sich nicht auf komplizierte und für Laien nicht transparente Mess- oder Berechnungsverfahren ab. Allerdings sagt die Bewegungszahl nicht viel über die Lärmbelastung aus: Ein grosses Langstreckenflugzeug verursacht eine viel grössere Störung als zwei Kleinjets.

Beispiele:

- Verbindliche Begrenzungen von täglichen Bewegungszahlen sind nicht bekannt.
- Für die drei Londoner Flughäfen Heathrow, Gatwick und Stansted gelten Nachtflugbeschränkungen. In Heathrow sind z.B. im ganzen Sommerhalbjahr nur 3250 Flugbewegungen zwischen 23h und 7h erlaubt. Die Bestimmungen werden zusätzlich durch ein Quotensystem verschärft, das die Flugzeuge nach Lärmklasse gewichtet. (DETR, 1999)

### 3.1.2 Lärmkontingente

Als Alternative bietet sich eine Festsetzung der Höchstmenge Lärm, die ein Flughafen verursachen darf, an. Dies würde der effektiven Lärmbelastung eher gerecht als eine Begrenzung der Bewegungszahl. Hofmann (2001) schlägt als Messgrösse die produzierte Schallenergie pro Flächeneinheit vor. Es wäre aber auch denkbar, ein anderes Mass (z.B. Leq, NNI) zu verwenden. Solche Lärmkontingente führen letztlich zur Limitierung der Flugtätigkeit, wenn sie nicht eingehalten werden. Sie werden dementsprechend auf Ablehnung stossen und sind in der Realität noch kaum anzutreffen.

### 3.1.3 Nachtflugverbot

Mit dem zunehmenden Flugverkehr haben sich auch die Betriebszeiten der internationalen Flughäfen immer mehr ausgeweitet. Dies führte zur Forderung nach einem Nachtflugverbot. Es ist eine einfach umzusetzende und unbestritten wirksame Massnahme. Doch die Bestimmungen können sehr unterschiedlich ausgeprägt sein: Entscheidend ist die Länge des Flugverbots, sowie die Frage, wie Ausnahmewilligungen, z.B. für verspätete Flüge, gehandhabt werden.

Beispiele:

- In der Schweiz sind die Flugbewegungen durch die Verordnung über die Infrastruktur der Luftfahrt VIL und durch die Betriebsreglemente der Flughäfen geregelt. Für den Flughafen Zürich gilt ab Oktober 2001 ein neues Reglement. Die Nachtflugsperrzeit wird dabei auf die Periode von 23 bis 6 Uhr erweitert (verspätete Flüge bis 23.30 Uhr).
- Auch in Düsseldorf dürfen in der Zeit von 22 bis 6 Uhr keine Starts, und von 23 bis 6 Uhr keine Landungen erfolgen (IGWBUR). Die beiden Flughäfen stellen damit im europäischen Vergleich eher Ausnahmen dar. Meist ist eine limitierte Anzahl Flugbewegungen in der Nacht erlaubt.
- Der Flughafen München kennt zwar auch ein Nachtflugverbot, allerdings ist dieses auf die Zeit von 24 bis 5 Uhr beschränkt (Regierung von Oberbayern).

## 3.2 An- und Abflugkonzepte

Durch eine geschickte Wahl von An- und Abflugsrouten können die Lärmimmissionen zumindest optimiert werden. In einem ersten Schritt geht es



darum, die Startwege um dicht besiedelte Gebiete herumzuleiten. Diese Massnahme ist kaum mit Kosten verbunden, und die Flughäfen setzen sie in der Regel um. Bei den Landewegen ist das Umfliegen von Siedlungen nicht möglich, da anfliegende Flugzeuge auf den letzten Kilometern vor der Piste aus Sicherheitsgründen keine Kurven mehr fliegen dürfen.

Primär sind natürlich Sicherheitskriterien massgebend: Bei starkem Seiten- und Rückenwind sind keine Starts oder Landungen möglich. Die üblichen Quer- und Längsabstände sind zu berücksichtigen. Zudem muss bei Landungen der Luftraum nach der Piste für den Fall eines Durchstarts freigehalten werden. So sind der Lärmoptimierung der An- und Abflugkonzepte enge Grenzen gesetzt.

### 3.2.1 *Konzentration / Streuung*

Bei Flughäfen mit mehreren Pisten stellt sich zudem die Frage, ob die gesamte Belastung grösser ist, wenn die Flugbewegungen auf der selben Route konzentriert oder auf die verschiedenen Pisten „gerecht“ verteilt werden. Dabei stossen die Interessen der Anwohner gegenseitig aufeinander, und es ist politisch nahezu unmöglich, eine für alle Seiten befriedigende Lösung zu finden, wie die aktuelle Situation am Flughafen Zürich zeigt.

Aus der Sicht eines gesamtheitlichen Lärmschutzes scheint es langfristig sinnvoller, die Flugbewegungen über wenig dicht besiedelten Gebieten zu konzentrieren. Denn die Störung durch zusätzliche Überflüge ist auf einer stark frequentierten Route kleiner als auf einer selten benutzten Route. Die Praxis der Verkehrsplanung zeigt, dass beim Strassenverkehr heute gleichermassen versucht wird, den Verkehr auf den Hauptachsen zu bündeln.

In dieselbe Richtung weisen die Resultate von Oliva (1996). Es wurden verschiedene Abflugverfahren für den Flughafen Zürich untersucht. Danach kann erstens ein vermehrtes Verteilen der Flugbewegungen die Gesamtbelastung kaum senken, die Lärmprobleme würden nur verschoben. Zweitens wäre eine Verteilung besonders ungünstig, wenn zusätzliche Flüge über dicht besiedeltes Gebiet geführt werden.

Kurzfristig vergrössert aber jede Änderung der An- und Abflugverfahren das Lärmproblem, zumindest auf der politischen Ebene. Gewisse Bevölkerungsteile sind immer einer Mehrbelastung ausgesetzt und werden massiv gegen die Änderung opponieren.

### 3.2.2 *Rotation*

Statt die Bewegungen während der ganzen Betriebszeit auf die verschiedenen Pisten zu verteilen, kann auch eine Rotation der Flugverfahren angewendet werden. So können die betroffenen Gebiete um den Flughafen periodisch entlastet werden - im Idealfall auf null Bewegungen.

Beispiel:

- In Heathrow wurde ein Rotationssystem für nächtliche Anflüge eingeführt. Dabei erfolgen die Landungen während jeweils einer Woche auf nur einer der vier Pisten, falls die Windverhältnisse dies zulassen. (DETR, 2000)

### 3.3 *Lärmabhängige Gebühren*

Die meisten Flughäfen haben ihre Landegebühren von den Lärmemissionen der Flugzeuge abhängig gemacht. So kann auf die Fluggesellschaften finanzieller Druck ausgeübt werden, leise Flugzeugtypen zu verwenden. Die heute üblichen Typen unterscheiden sich – auch bei gleicher Passagierzahl – stark in der Lärmemission. Im Allgemeinen sind neuere Flugzeuge leiser (siehe Kap. 2.2). Die International Civil Aviation Organisation ICAO klassiert alle Flugzeugtypen in Lärmklassen, sogenannten “Chapters”.

Lärmabhängige Gebühren sind heute üblich. Allerdings sind die heute am meisten verbreiteten Typen in „lärmarmen“ Klassen eingeteilt. Es fragt sich, ob die Zertifizierung nicht verschärft werden müsste, damit die Entwicklung zu leiseren Flugzeugen wirklich gefördert würde.

Ausgewählte Beispiele:

- Auf den Flughäfen Genf und Zürich sind seit 1980 Lärmgebühren in Kraft. Sie basieren auf Langzeitmessungen in der Umgebung des Flughafens Zürich und nicht auf den internationalen Lärmzertifikaten. (UNIQUE)
- Der Flughafen Schiphol in Amsterdam verlangt eine Abgabe für Chapter-2-Flugzeuge nach der ICAO-Zertifizierung. Diese (lautesten) Typen machen jedoch nur etwa 3% der Flugbewegungen aus. Verschärfend ist hingegen, dass Chapter-2-Flugzeuge nachts nicht landen und starten dürfen. (AAS, a)
- Am Flughafen Stansted (London) gilt eine Unterteilung in 3 Klassen: Chapter-2, sowie leisere und lautere Chapter-3-Flugzeuge. (BAA, a)

### 3.4 *Bau- und Planungsvorschriften*

Die vorhergegangenen Kapitel befassten sich mit Massnahmen beim Flugverkehr selbst. Die Lärmbekämpfung muss aber nicht nur in der Luft, sondern auch am Boden ansetzen. Die Aufgabe der Raumplanung ist, Lärmprobleme im Sinne des Vorsorgeprinzips a priori zu verhindern.

Primär sollte die Wohnnutzung in den am stärksten lärmbelasteten Gebieten eingeschränkt werden. Dies heisst nicht, dass jede Nutzung dieser Gebiete verhindert wird; Gewerbe- und Industriebetriebe sind weniger lärmempfindlich. Bis zur Einführung der Lärmschutzverordnung LSV im Jahr 1987 wurden in der Schweiz leider zahlreiche Wohnzonen in Pistennähe ausgeschieden. Die künftige Zunahme der Flugbewegungen wurde damals offensichtlich unterschätzt.

Raumplanung wird im Staatenvergleich sehr unterschiedlich betrieben. Deshalb wird im Rahmen dieser Arbeit nur auf die Situation in der Schweiz eingegangen.

#### 3.4.1 *Massnahmen in nicht erschlossenen Gebieten*

Die kommunalen und kantonalen Behörden müssen auf den verschiedenen Stufen der Planung überprüfen, ob sich die angestrebten Entwicklungen mit dem Lärmschutz vereinbaren lassen. Dabei kommen die Artikel 29 und 30 der LSV zur Anwendung.

Art. 29 LSV: Neue Bauzonen für Gebäude mit lärmempfindlichen Räumen und neue nicht überbaubare Zonen mit erhöhtem Lärmschutzbedürfnis dürfen nur in Gebieten ausgeschieden werden, in denen diese Lärmimmissionen die Planungswerte nicht überschreiten oder in denen diese Werte durch planerische, gestalterische oder bauliche Massnahmen eingehalten werden können.

Entsprechend schränkt Artikel 30 die Erschliessung von bestehenden Bauzonen ein. Im Sinne der Vorsorge sind die Planungswerte (siehe Abb. 3.1) tiefer als die Immissionsgrenzwerte, da von einer weiteren Verkehrszunahme ausgegangen wird und da man qualitativ hochwertigen Wohnraum schaffen will. Die erwähnten "Massnahmen" (z.B. Schallschutzwände oder Positionierung der Wohnräume auf der lärmabgewandten Seite) kommen bei Fluglärm, der von allen Seiten auf Gebäude trifft, nicht in Frage.

	Empfindlichkeitsstufe	Planungswert	Immissionsgrenzwert	Alarmwert
Tag (6h bis 22h)	I (Erholen)	53	55	60
	II (Wohnen)	57	60	67
	III (Wohnen, Gewerbe)	60	65	70
	IV (Industrie)	65	70	75
Nachts *)	I (Erholen)	43	45	55
	II (Wohnen)	47/50**)	50/55**)	60/65**)
	III (Wohnen, Gewerbe)	50	55	65
	IV (Industrie)	55	60	70

\*) Lr für die erste (22-23h), die zweite (23-24h) und die letzte (5-6h) Nachtstunde. Die Grenzwerte müssen in allen Zeiträumen eingehalten sein. Der Schallpegel wird nachts nur über je eine Stunde gemittelt.

\*\*\*) Die höheren Werte gelten nur für die erste Nachtstunde

Abb. 3.1 Belastungsgrenzwerte für die Landesflughäfen Basel, Genf und Zürich (Beurteilungspegel Lr in dB(A) - entspricht dem Leq).

(nach LSV Anhang 5, Ziff. 221/222)

### 3.4.2 Massnahmen in erschlossenen und überbauten Gebieten

Bauvorhaben in Gebieten, in denen die Immissionsgrenzwerte überschritten sind, sind nach Artikel 32 der LSV im Sinne einer Ausnahme nur gestattet, wenn die Schalldämmung an den Aussenbauteilen verschärften Anforderungen gerecht wird. Die kantonalen Lärmschutzfachstellen haben Baubewilligungen in dieser Hinsicht zu prüfen (FALS, 1995).

In Gebieten, in denen sogar die Alarmwerte der Empfindlichkeitsstufe III überschritten sind, also im engsten Umkreis der Flughäfen, ist eine neue Wohnnutzung nicht möglich. Wenn sie noch nicht überbaut sind, kommt nur eine Umzonung zu Industrie- und Gewerbefläche in Frage. In Wohngebieten

im Alarmwertbereich treten die grössten Lärmprobleme und es besteht dringender Handlungsbedarf. Bei Sanierungsprogrammen haben sie Priorität.

Längerfristig sollten aber überbaute Wohnzonen mit Alarmwertüberschreitungen zu Gewerbe- oder Industriegebiet umgezont werden. Die Flughafengemeinde Opfikon plant beispielsweise eine schrittweise Umzoning dieser Gebiete, indem sie einen immer höheren Anteil an Gewerbebetrieben zulässt.

### **3.5 Bauliche Massnahmen an Gebäuden**

In den am meisten lärmgeplagten Gebieten bleibt aber in der Realität oft nur noch die Gebäudesanierung, also die Verbesserung der Schalldämmung. Diese kurzfristig realisierbaren Massnahmen sind relativ unumstritten. Zwar kann so die Lärmbelastung in Gebäuden - jedenfalls bei geschlossenen Fenstern - drastisch reduziert werden. Trotzdem müssen bauliche Eingriffe an Gebäuden als Ersatzmassnahmen betrachtet werden.

Die Nachteile sind die hohen Kosten und die Tatsache, dass eine Verbesserung der Lärmsituation nur in den Gebäuden erreicht wird. Freiräume wie Balkone oder Sitzplätze, aber auch Zimmer mit geöffneten Fenstern sind dem Fluglärm trotz baulichen Massnahmen ausgesetzt.

Fluglärm gelangt über verschiedene Wege in Wohn- und Betriebsräume, primär natürlich über die Fenster. Doch auch das Dach und die Fassaden sind keineswegs schalldicht, und schalltechnische Schwachstellen wie Fensterrahmen, Dichtungen, Rollladenkästen, Dampfabzüge oder Cheminees werden oft vergessen.

Meistens ist der Einbau von Schallschutzfenstern die erste Massnahme. Für eine optimale Schalldämmung ist jedoch das Zusammenwirken aller Bauteile relevant. Der Effekt vom Einbau von Schallschutzfenstern wird deshalb relativ gering sein, wenn das Dach oder die Wände die Schwachpunkte sind.

#### **3.5.1 Schallschutzfenster**

Im Handel werden diverse Typen von Schallschutzfenstern angeboten. Ihnen gemeinsam ist ein typischer Aufbau: Für einen effektiven Schallschutz sind dicke Scheiben nötig. Verwendet wird eine Doppelverglasung mit zwei verschiedenen dicken Scheiben. Dies erlaubt eine effektive Schalldämmung in allen Frequenzbereichen. Und im Vergleich mit herkömmlichen Fenstern muss auch der Zwischenraum zwischen den Scheiben breiter sein. Ein oft verwendeter Glasaufbau ist beispielsweise 8/16/6, d.h. die Gläser sind 6 bzw. 8mm dick, der Zwischenraum 16mm.

Handelsübliche Lärmschutzfenster erzielen eine Schalldämmung von 35 bis 45 Dezibel ( $R'w$ -Wert <sup>1</sup>). Doch das beste Fenster nützt nichts, wenn der Schall auf Nebenwegen in die Innenräume dringt. Deshalb ist mit dem Schallschutzfenster auch ein solider Rahmen mit einer umlaufenden Dichtung einzubauen. Rollladenkästen müssen dieselbe Schutzwirkung erreichen wie

---

<sup>1</sup> Das "Schalldämmmass"  $R_w$  drückt aus, wie gut ein Bauteil den Schall dämmt. Der Zusatz  $R'w$  bedeutet: am Bau (nicht im Labor) gemessen

die Fenster. Hier können mit Schweredämmfolien Verbesserungen erreicht werden. (FALS, 1999 / Tschurr, 2001)

### 3.5.2 Raumlüftung

Auch das beste Schallschutzfenster nützt nur etwas, wenn es geschlossen ist. Da Räume auch gelüftet werden wollen, ist dies nicht immer der Fall. Abhilfe schaffen kann eine kontrollierte Belüftung. Besonders sinnvoll ist dies in Gebieten, die nachts lärmbelastet sind. Energetisch am günstigsten sind zentrale Wohnungs-Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung. Sie versorgen die ganze Wohnung permanent mit Frischluft, was ein besonders behagliches Innenraumklima bewirkt und Feuchteschäden vorbeugt. Dezentrale Zimmerlüfter sind in der Regel energetisch weniger vorteilhaft, erfüllen aber auch die Anforderungen des Schallschutzes. (Tschurr, 2001)

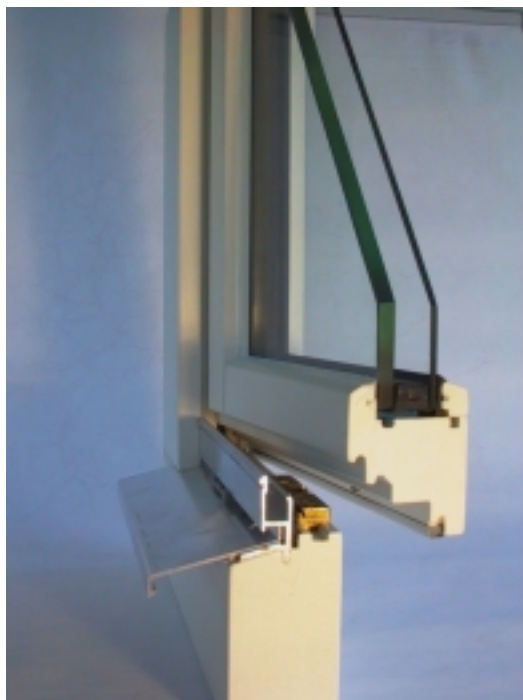


Abb. 3.2  
Aufbau eines Schallschutzfensters



Abb. 3.3  
Zimmerlüfter (Quelle: FALS)

### 3.5.3 Umfassende Sanierungen

Die Schalldämmwirkung von Fassaden und Dächern beruht auf zwei verschiedenen Mechanismen: Schwere, kompakte Baustoffe wie Backsteine oder Beton reflektieren den Schall. Dicke Schichten aus leichten Materialien mit einer grossen inneren Oberfläche (z.B. Mineralwolle) hingegen wirken absorbierend und sind vor allem im oberen und mittleren Frequenzbereich wirksam. Bei Fluglärm ist aber ein hoher Anteil tieffrequenter Schwingungen typisch.

Die Möglichkeiten von Schallschutzmassnahmen an der Aussenhülle von Gebäuden sind demzufolge limitiert, weil schwere und dicke Materialien nötig sind – eine Dachkonstruktion kann nicht unbegrenzt mit zusätzlichem Gewicht belastet werden.

Dennoch ist mit einer umfassenden "Sanierung", welche die Aussenwände und das Dach mit einbezieht, eine bessere Schalldämmung zu erreichen als dies mit einem blossen Ersatz der Fenster möglich wäre. Beispielsweise können zusätzliche Gipsplatten auf der Innenseite der Wand oder unter dem Dach eingebaut werden. Oft werden auch Schweredämmfolien verwendet. Diese sind ca. 5mm dick, weisen aber ein hohes Gewicht auf. Sie können unter dem Unterdach relativ einfach aufgeklebt werden. (Tschurr, 2001)

#### 3.5.4 Sanierungsprogramme

Gemäss der LSV müssen bestehende Gebäude schalltechnisch saniert werden, wenn sich die Lärmimmissionen nicht unter den Immissionsgrenzwert herabsetzen lassen. (Im Gegensatz dazu ist beim Strassenlärm der Alarmwert massgebend). Die Kosten dazu trägt der Anlagehalter, im Fall von Fluglärm also der Flughafenbetreiber. Ausnahmen sind Gebäude, bei denen bereits zum Zeitpunkt der Baueingabe die Immissionsgrenzwerte überschritten waren. (Umweltschutzgesetz USG Art. 20)

Entsprechend führt der Flughafen Zürich ein Schallschutzprogramm für Gebäude innerhalb eines festgelegten Perimeters mit starker Lärmbelastung durch. Es umfasst den Einbau oder die Nachbesserung von Fenstern, die Ausbesserung der Rolllädenkästen und – bei Nachtlärm – den Einbau von Zimmerlüftern. Wenn Hauseigentümer solche Massnahmen bereits freiwillig durchgeführt haben, erstattet der Flughafen die Kosten dafür zurück, sofern nicht der oben erwähnte Ausnahmefall vorliegt. (Programm 2010)

Vergleichbare Programme führen auch andere europäische Flughäfen durch. Ausgewählte Beispiele:

- Um den Flughafen Schipol wurden seit 1984 etwa 3700 Gebäude saniert, bis 2003 sollen weitere 14000 Gebäude folgen. (AAS, b)
- In Köln hat der Flughafen 170 Mio. DM für die Sanierung von 17000 Gebäuden bereitgestellt. (Flughafen Köln/Bonn)
- Der Flughafen Heathrow bezahlte neben Schallschutzfenstern auch eine neue Bedachung von 2000 Gebäuden. (BAA, b)

## 4 Folgen von Fluglärm

Lärm gehört zu den grössten Umweltbelastungen, denen die Menschen ausgesetzt sind. Durch zunehmenden Flugverkehr sind immer grössere Teile der Bevölkerung von Fluglärm belastet - die Klagen der Flughafenanwohner häufen sich. Die Auswirkungen reichen von momentanen Störungen von Gesprächen bis zu langfristigen gesundheitlichen Risiken. In diesem Kapitel sollen nur die wichtigsten individuellen Folgen behandelt werden.

„Die Bandbreite lärminduzierter Gesundheitsbeeinträchtigungen wird mit zunehmendem Erkenntnisstand grösser und unübersichtlicher – sie reicht von mechanischen Gehörschäden über psychosoziale Effekte bis hin zu Schlafstörungen und Arbeitsunfähigkeit“ (Klein, 2001, S.119).

Menschen reagieren unterschiedlich auf ein gleiches physikalisches Schallereignis. Und ein und dieselbe Person reagiert nicht immer gleich. Für die Forschung bedeutet dies, dass mit sehr grossen Stichproben gearbeitet werden muss. Nur so kann die Lärmwirkung trotz den stark variierenden Reaktionen erfasst werden. Mit dem Beiziehen sozialwissenschaftlicher Faktoren müssen zudem persönliche Einflüsse (z.B. soziale Stellung, momentanes Befinden, etc.) von der eigentlichen Wirkung des Lärms getrennt werden. Lärmwirkungsforschung ist folglich ein interdisziplinäres Wissenschaftsgebiet.

Ein weiteres Problem der Lärmwirkungsforschung ist der Ausschluss von Faktoren, welche die gleiche Wirkung wie der Lärm ausüben. Zahlreiche Kontrollvariablen müssen in die Untersuchungen mit einbezogen werden.

### 4.1 Störungen

Der unmittelbare Effekt eines tieffliegenden Flugzeuges ist, dass er die Betroffenen in ihrer Tätigkeit, die sie gerade ausüben, stört. Nicht überraschend zeigte sich durch die Lärmstudie 90 (Oliva, 1991), dass Fluglärm am häufigsten beim Sprechen, Fernsehen und Radio hören stört. Von den Befragten wurde auch die Wahrnehmung von Vibrationen als lästig bezeichnet.

Nicht alle Personen fühlen sich von einer bestimmten Lärmquelle im selben Mass gestört. Doch durch verschiedene Studien konnte gezeigt werden, dass die Anzahl Personen, die sich in ihrem Wohnumfeld stark gestört fühlen, mit dem vorhandenen Schallpegel steigt (z.B. Oliva, 1991 / Oliva, 1996 / Felscher-Suhr *u.a.*, 1996). Auffallend ist, dass der Anteil der Personen, die angeben, sie seien stark gestört, ab einer Lärmbelastung von ca. 65 dB (Dauerschallpegel Leq) stark ansteigt (siehe Abb. 4.1). Diesen Pegel kann man folglich als Schwellenwert bezeichnen.

Solche sogenannten Dosis-Wirkungskurven dienen auch zur Festsetzungen von Immissionsgrenzwerten. Aus Abb. 4.1 lässt sich die Minimalforderung ableiten, dass die Tages-Grenzwerte für Fluglärm in Wohngebieten höchstens etwa 65 dB(A) betragen dürfen.

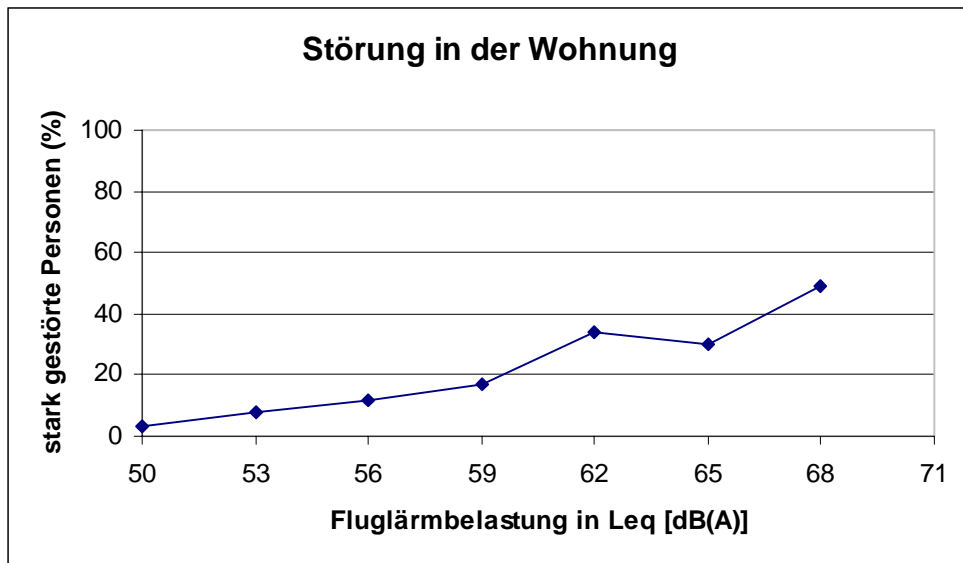


Abb. 4.1 Störung in der Wohnung durch Flugverkehr in Abhängigkeit von der betreffenden Lärmbelastung (n=424) (Quelle: Oliva 1991)

## 4.2 Schlaf

Fluglärm tritt heute an internationalen Flughäfen auch vermehrt nachts auf und beeinträchtigt die Flughafenanwohner in ihrem Schlaf, besonders in den Randstunden der Nacht. Es steht heute wissenschaftlich ausser Zweifel, dass „Nachtfluglärm die Qualität und so den Erholungswert des Schlafes verringert“ (Ising und Babisch, 1999).

Folgen des Lärms sind nicht nur das Unvermögen einzuschlafen und Aufwachereignisse. Für die Qualität des Schlafes ist es ebenso wichtig, wie lange in den einzelnen Schlafstadien verbracht wird. Um solche Informationen zu gewinnen, überwacht die Schlafforschung die Hirntätigkeit von Versuchspersonen und stellt die Resultate in Schlafprofilen dar.

Maschke (1992) beschallte Versuchspersonen in einem Schlaflabor mit aufgezeichnetem Fluglärm. Verschiedene Flughäufigkeiten und Abfolgen der Flüge wurden simuliert. Die Versuche dauerten jeweils acht Stunden. Ziel war es zu klären, in welchem Masse der Schlaf Flughafenanwohnern durch nächtlichen Fluglärm gestört wird.

Die Studie konnte aufzeigen, dass sich die Dauer der Schlafstadien der beschallten Versuchspersonen stark von der Kontrollgruppe unterschied. Die tiefen Stadien und die REM-Phase (rolling eye movement) waren mit Fluglärm wesentlich kürzer, die Einschlafphase hingegen länger. Bei 64 Überflügen waren die tiefen Stadien z.B. um ca. 35% verkürzt. Eine Trendanalyse bestätigte auch, dass die Schlafqualität von der Anzahl und der Abfolge der Flüge abhängig ist. Besonders ungünstig ist es offenbar, wenn sowohl abends wie auch morgens (in der ersten und letzten Phase der Versuche) Überflüge stattfinden. Die meisten Resultat von Maschkes (1992) Untersuchung waren statistisch signifikant.



Die Resultate dieser Laborstudie konnten im Wesentlichen von einer nachfolgenden Felduntersuchung (Maschke, 1995) bestätigt werden. Dabei wurden in den eigenen Schlafzimmern der Testpersonen Lautsprecher aufgestellt. Denn Laborsituationen haben den Nachteil, dass sie für die Untersuchungsteilnehmer ungewohnt sind und so die Resultate verfälschen können.

In der Schweiz lief dieses Jahr an der ETH die „Lärmstudie 2000“ an, von der weitere Kenntnisse über den Einfluss von Fluglärm auf den Schlaf erwartet werden dürfen. (IHA)

### 4.3 Stress und Herz-Kreislaufkrankheiten

Lärm wurde schon lange als Stressor erkannt, er hat somit eine Auswirkung auf die Sekretion von Stresshormonen. Dies ist wohl die komplexeste Folge von Lärm. Denn Stress hat längerfristig Auswirkungen auf Risikofaktoren, die ihrerseits zu Herz-Kreislaufkrankheiten führen können. Es bestehen demnach drei Wirkungsebenen (siehe Abb. 4.2).

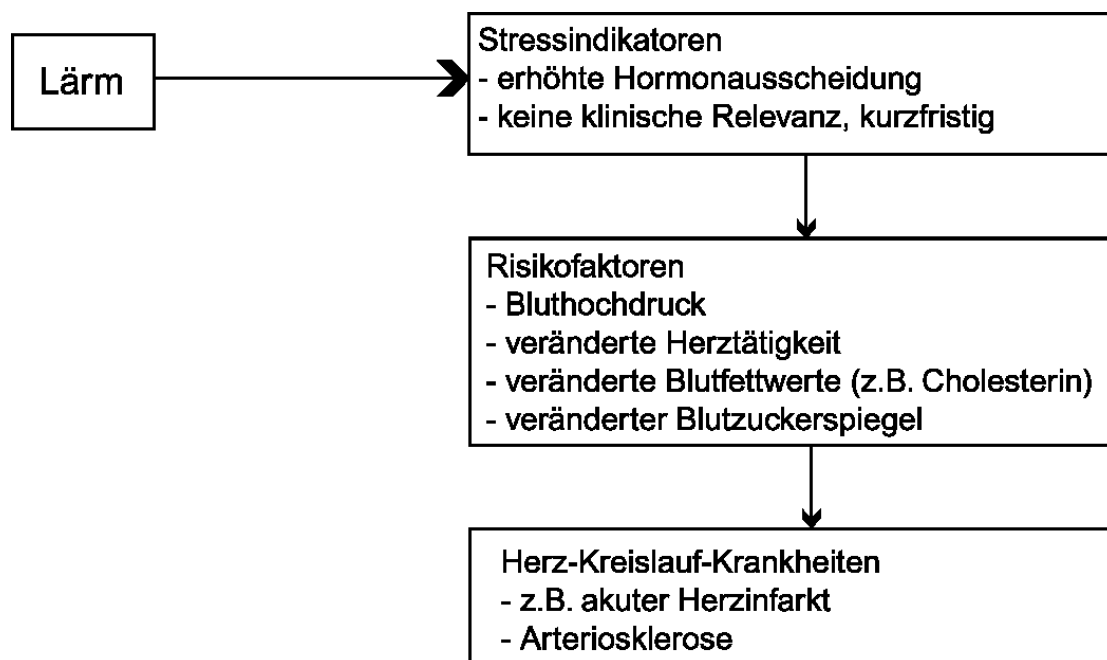


Abb. 4.2 Wirkungsebenen von Lärm auf die Herz-Kreislauffähigkeit  
(nach Ising und Babisch, 1999)

#### 4.3.1 Erhöhte Ausscheidung von Stresshormonen

Stressreaktionen treten schon bei relativ tiefen Schallpegeln auf, wenn „Aktivitäten wie Schlaf, Entspannung und Konzentration beeinträchtigt sind“ (Ising und Babisch, 1999, S.18). Die Produktion von Stresshormone (z.B. Adrenalin, Noradrenalin und Cortisol) ist relativ einfach messbar und kann deutlich mit Fluglärm in Zusammenhang gebracht werden. Bereits eine äusserst geringe künstliche nächtliche Beschallung (16 Überflüge mit Maximalpegeln von 55 dB) führte in einer Felduntersuchung am Berliner Flughafen Tegel zu einer signifikant erhöhten Cortisolausschüttung. Bei ruhig

wohnenden Versuchspersonen waren in den ersten Nächten des Experiments auch die Adrenalinwerte höher als vorher. (Ising und Babisch, 1999).

Auch in der Münchner Fluglärmstudie (siehe Kap. 4.2) wurden bei den Versuchspersonen nach dem Aufwachen Stresshormone gemessen. Maschke (1992) konnte dabei nachweisen, dass die Ausschüttung mit dem nächtlichen Durchschnittspegel ansteigt.

#### 4.3.2 Risikofaktoren für Herz-Kreislaufkrankheiten

Lärmunabhängige Einflüsse (z.B. Rauchen, Übergewicht, Stress am Arbeitsplatz, etc) wirken stärker auf die Risikofaktoren (siehe Abb. 4.2) als die Schallbelastung. Entsprechend müssen grosse Kollektive stark belasteter Personen untersucht werden, um den Einfluss des Lärms zu extrahieren. Durch Strassenlärm zeigten sich bei laut wohnenden Personen für die meisten Risikofaktoren erhöhte Werte (z.B. Babisch *et al.*, 1998). Es finden sich kaum solche Untersuchungen für Fluglärm. Doch ist davon auszugehen, dass beide Lärmarten auf eine ähnliche Art und Weise wirken.

#### 4.3.3 Krankheit

Ebenso wurde versucht, statistische Beziehungen zwischen der Lärmbelastung und der Häufigkeit von Herz-Kreislaufkrankheiten herzuleiten, wie in einer Studie am Flughafen Los Angeles. Dort konnte bei über 75-Jährigen eine durch Fluglärm erhöhte Sterberate an solchen Krankheiten festgestellt werden. Bei Jüngeren zeigte sich dieselbe Tendenz, sie war aber nicht signifikant. (Meecham und Shaw, 1993)

Die Resultate der in Kapitel 4.3.2 und 4.3.3 erwähnten Studien waren meist nicht oder nur knapp signifikant. Zahlreiche nachfolgende Arbeiten deuten allerdings ebenfalls darauf, dass langdauernde Lärmbelastung das Risiko für Herz-Kreislaufkrankheiten tatsächlich erhöht. Die Berliner Experten Hartmut Ising und Wolfgang Babisch (1999, S.23) drücken sich wie folgt aus:

„Bei vorsichtiger und kritischer Wertung der Befunde wurden die Ergebnisse so interpretiert, dass das relative Risiko für Personen in lauten Wohngebieten mit Mittelungspegeln von tagsüber mehr als 65 dB(A) geringfügig erhöht sein könnte, und zwar in einer Grössenordnung zwischen 10 und 30 Prozent.“

#### 4.4 Gedächtnis

Die Lärmwirkungsforschung konnte zeigen, dass Lärmbelastung auch das menschliche Gedächtnis beeinträchtigt.

Die 'Münchner Fluglärmstudie' verglich die Gedächtnisleistung von zehnjährigen Kindern, die im Einflussbereich der Münchner Flughäfen wohnten, mit der von nicht betroffenen Kindern. Der Fluglärm hatte eindeutig einen negativen Einfluss auf die Fähigkeit, Fragen zu komplizierten Texten zu beantworten. Hingegen konnten die lärmbelasteten Kinder einfache Buchstabenreihen ebenso gut memorieren wie ihre Kollegen aus ruhigen Wohnlagen. (Meis, 1998)

Diese Erkenntnisse decken sich mit früheren Hinweisen, die besagen, dass die 'Akquisitionstärke' höher, die gesamte Speicherkapazität allerdings

geringer sei, wenn Versuchspersonen während der Aufnahmeperiode akutem Lärm ausgesetzt sind (z.B. Hockney, 1979, zit. in Meis, 1998). Das heisst, dass lärmbelastete Menschen zwar aufmerksamer sind, aber weniger Information aufnehmen können.

Der Münchner Flugbetrieb wurde 1992 von Riem zum neuen Flughafen Erdinger Moos verlagert. Dies erlaubte es den Münchner Forschern, die Reaktion des Gedächtnisses auf Änderungen der Lärmsituation zu untersuchen. Es stellte sich heraus, dass sich die Erinnerungsfähigkeit relativ schnell wieder verbessert, wenn die Lärmquelle auf die Dauer verschwindet.

## 5 Diskussion

In diesem Kapitel geht es darum, die Wirksamkeit der verschiedenen Massnahmen hinsichtlich der Lärmfolgen zu beurteilen. Insbesondere soll gezeigt werden, von welchen Massnahmen eine Milderung der Lärmfolgen zu erwarten ist.

Die im Kap. 3 aufgezeigten Massnahmen schliessen sich selbstverständlich nicht gegenseitig aus. Nur eine Kombination von Massnahmen kann zum Schutz der Bevölkerung um einen Flughafen dienen. Denn erstens setzen sie teils beim Flugbetrieb, teils bei der Bautätigkeit am Boden an. Zweitens verfolgen sie verschiedene Ziele: Während Bau- und Planungsvorschriften Lärmprobleme in der Zukunft vermeiden sollen, geht es beispielsweise bei den Sanierungsprogrammen darum, eine aktuelle und nicht anders vermeidbare Belastung zu reduzieren.

Die Folgen von Fluglärm sind komplex. Wie das Kap. 4 gezeigt hat, ist die Bandbreite der individuellen Auswirkungen sehr weit. Trotzdem können aus den Resultaten der Lärmwirkungsforschung einige Forderungen an die Massnahmen zur Lärmbekämpfung abgeleitet werden.

Auffallend ist, dass häufig der Wert eines Mittelungspegels tagsüber von etwa 65 dB erwähnt wird. Bei einer Lärmbelastung von über 65 dB steigt die Zahl der stark gestörten Personen an, und es kann eine erhöhte Ausscheidung von Stresshormonen festgestellt werden.

### 5.1 *Nachtflugverbot*

Es zeigt sich, wenig überraschend, dass die Empfindlichkeit in der Nacht viel grösser ist. Hier können Auswirkungen bereits bei Mittelungspegeln von deutlich unter 65 dB nachgewiesen werden. Zudem reagieren Personen nachts verstärkt auf einzelne Flugereignisse.

Deshalb kann nur ein totales Nachtflugverbot die Beeinträchtigung des Schlafverlaufes und des Hormonhaushaltes (siehe Kap. 4.2 und 4.3.1) verhindern. Entscheidend ist, dass dieses genug lang ist; idealerweise acht oder mehr Stunden. Denn erstens hat Maschke (1992) zeigen können, dass es besonders ungünstig ist, wenn sowohl im ersten wie auch im letzten Teil des Schlafes Überflüge stattfinden. Zweitens muss beachtet werden, dass der Schlafbedarf von Kindern höher ist als der von Erwachsenen. Wegen den

Reaktionen auf vereinzelte Flugereignisse ist auch ein strenger Umgang mit Ausnahmen zu empfehlen.

## **5.2 Flugbeschränkungen**

Im Tagverkehr werden wohl in den nächsten Jahren noch keine Flugbeschränkungen eingeführt. Die Frage ist aber heute nicht mehr tabu. Es ist letztlich ein politisches Abwägen zwischen den wirtschaftlichen Vorteilen eines uneingeschränkten Flugverkehrs (Verbindungen zu anderen Zentren) und der Lebensqualität der Bevölkerung. Jedenfalls ist (je nach zugelassener Menge) eine Verbesserung der Lärmsituation zu erwarten, ob die Beschränkung nun auf der Anzahl Flugbewegungen oder auf einer Höchstmenge Lärm basiert.

## **5.3 An- und Abflugkonzepte**

Als Mindestforderung zu bezeichnen ist ein lärmoptimiertes An- und Abflugkonzept. Das Problem dabei ist, dass die Forderungen der (wissenschaftlichen) Lärmbekämpfung teilweise auf Widerspruch zu den Anliegen der Bevölkerung stossen. Wie im Kap. 3.2.1 erwähnt, führen gesamtheitliche Überlegungen zur Forderung, möglichst viele Flugbewegungen über wenig dicht besiedeltes Gebiet zu konzentrieren. Wie das Beispiel des Flughafens Zürich zeigt, werden aber in der Bevölkerung Forderungen für ein „gerechtes Verteilen“ des Lärms immer lauter. Vor allem bei Betroffenen unter den Flugrouten, die den gebündelten Verkehr zu ertragen haben, ist dies natürlich verständlich.

Prüfenswert sind auch An- und Abflugkonzepte mit Rotation. Denn eine periodische totale Entlastung ist mit Blick auf die gesundheitlichen Folgen wohl mehr Wert als nur eine Reduktion der Anzahl Überflüge.

## **5.4 Bauliche Massnahmen**

Der Einbau von Schallschutzfenstern und Lüftern ist eine Notlösung. Fenster halten die nächtliche Lärmbelastung in Grenzen. Sie können aber keine Massnahmen an der Quelle, also beim Flugverkehr selber, ersetzen. Denn erstens können sie nur Wohnräume hinter geschlossenen Fenstern schützen, nicht aber Lebensräume im Freien (Balkone, Sitzplätze, etc.). Zweitens stellt die Tatsache, dass die Fenster stets geschlossen gehalten werden müssen, eine beträchtliche Beeinträchtigung der Lebensqualität dar.

## **5.5 Situation am Flughafen Zürich**

Letztlich sollen noch die Bestrebungen der Lärmbekämpfung am Flughafen Zürich beurteilt werden. Im internationalen Vergleich lassen sich die ergriffenen Massnahmen sehen. Sie sind ähnlich ausgestaltet wie bei anderen europäischen Flughäfen. Positiv zu erwähnen ist das Nachtflugverbot, das mit dem neuen Betriebsreglement noch verlängert werden soll. Damit stellt der Flughafen Zürich international eine Ausnahme dar. Vergleichbar strenge Vorschriften konnten nur für den Flughafen Düsseldorf gefunden werden, der allerdings um Einiges kleiner ist. An anderen europäischen Grossflughäfen hingegen sind zur Zeit noch zahlreiche Flugbewegungen in der Nacht erlaubt.

Das neue Betriebsreglement wird für die nächsten Jahre einige Änderungen bringen. Diese sind zum Teil durch den Staatsvertrag mit Deutschland begründet (UVEK). Es werden weniger Landungen von Norden, also über weniger dicht besiedeltes Gebiet, erlaubt sein. Dies führt voraussichtlich zu vermehrten Landungen von Osten, besonders in den späten Abendstunden. Vom neuen Betriebskonzept sind auch mehr Starts gegen Süden, also über sehr dicht besiedeltes Gebiet, zu erwarten.

Die angestrebte Verlängerung der Nachtflugsperrung ist hinsichtlich der Folgen des Fluglärms sehr zu begrüßen. Allerdings muss durch die Änderungen des Flugverfahrens, die der Staatsvertrag mit sich bringen wird, gesamthaft eher mit einer Vergrößerung - jedenfalls mit einer Verschiebung - des Lärmproblems gerechnet werden.

Die planerischen Vorschriften sind in der Schweiz relativ streng. Die Flughafengemeinden sind in ihren Möglichkeiten, neue Baugebiete für Wohnungen bereitzustellen, eingeschränkt. Aus Sicht der Lärmbekämpfung ist dies sinnvoll. Denn es ist zu verhindern, dass sich das Fluglärmproblem weiter ausweitet.

Die Lösung des Fluglärmproblems wird ein langwieriger politischer Prozess sein. Von zentraler Bedeutung wird sein, welches Gewicht den verschiedenen Interessen (Kommunalpolitik, Raumplanung, Flugsicherheit, Wirtschaft, etc.) beigemessen wird. Es stellt sich die Frage, ob die angestrebte - und bereits feststellbare - Entwicklung zu einem Hub (siehe Kap. 2.2) tatsächlich eine volkswirtschaftliche Notwendigkeit ist, wie dies wirtschaftsfreundliche Kreise immer wieder betonen.

Welchen Einfluss der Konkurs der Swissair auf die Lärmsituation haben wird, ist zum Zeitpunkt des Verfassens dieser Arbeit noch nicht absehbar. Um so mehr sind heute die Stimmen für eine gesamtheitliche Lärmbekämpfung gefordert, die keine einseitigen Anliegen der Wirtschaft oder der einzelnen Flughafenregionen vertreten.

## Literatur

- Babisch, W., Ising, H., Gallacher, J.E., Elwood, P.C. (1988) Traffic Noise and Cardiovascular Risk. The Caerphilly Study, First Phase. Outdoor Noise Levels and Risk Factors. Arch Environment Health, **43**, 407-414
- DETR, Departement of the Environment, Transport and the Regions (1999) Night restrictions at Heathrow, Gatwick and Stansted. Revised restrictions with effect from 31 October 1999. Press Release. DETR, London
- DETR, Departement of the Environment, Transport and the Regions (1999) Mullin announces changes in the night-time use of Heathrow's runways. Press Release. DETR, London
- FALS, Fachstelle Lärmschutz (1995) Leitfaden Lärmschutz im Baubewilligungsverfahren. Tiefbauamt des Kantons Zürich
- FALS, Fachstelle Lärmschutz (1999) Strassen-, Bahn-, Fluglärm: Wann werden die Kosten für Schallschutzfenster zurückerstattet? Merkblatt. Tiefbauamt des Kantons Zürich
- Felscher-Suhr, U., Guski, R., Hunecke, M., Kastka, M., Paulsen, R., Schümer, R., Vogt, J. (1996) Eine methodologische Studie zur Erfassung von Alltagstätigkeiten und deren Störung durch Umweltlärm. Zeitschrift für Lärmbekämpfung **43**, 61-67
- Hofmann, R. (1997) Lärm und Lärmbekämpfung in der Schweiz. Vorlesungsskript ETH, Zürich
- Hofmann, R. (1999) 25 Jahre Lärmbekämpfung – eine Bilanz. Schlussvortrag vor dem Akustischen Kolloquium der ETH Zürich. EMPA, Dübendorf
- Hofmann, R. (2001) Wohin mit dem Lärm des Flughafens Zürich? Tages Anzeiger vom 28.8.2001, Zürich
- Ising H. und Babisch W. (1999) Stressreaktionen und Krankheitsrisiken aufgrund von chronischer Verkehrsbelastung. In: Umweltkapazität von Flughäfen. Aspekte der Lärmwirkungsforschung. Schutzziele und Schutzmassnahmen. Bundesamt Köpenick, Berlin
- Klein, G. (2001) Lärmwirkungen: Gesundheitsbeeinträchtigungen und Belästigungen. Zeitschrift für Lärmbekämpfung **48**, 119-121
- Maschke, Ch. (1992) Der Einfluss von Nachtfluglärm auf den Schlafverlauf und die Katecholaminausscheidung. Dissertation Technische Universität Berlin
- Meecham W.C. und Shaw, N.A. (1993) Anstieg von Mortalitätsraten. In: Lärm und Krankheit. Tagungsband des Int. Symposiums „Lärm und Krankheit“, Berlin
- Maschke, Ch., Arndt, D., Ising, H., Laude, G., Thierfelder, W., Contzen, G. (1995) Nachtfluglärmwirkungen auf Anwohner. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Meis, M. (1998) Zur Wirkung von Lärm auf das Gedächtnis. Explizite und implizite Erinnerungsleistungen fluglärmexponierter Kinder im Rahmen einer medizinpsychologischer Längsschnittstudie. Verlag Dr. Kovac, Hamburg
- Oliva, C. (1991) Lärmstudie 90. Belastung und Betroffenheit der Wohnbevölkerung durch Flug- und Strassenlärm in der Umgebung der internationalen Flughäfen der Schweiz. Büro Dr. phil. CarlOliva, Zürich
- Oliva, C. (1996) Streuung / Konzentration. Szenarien über Änderungen an den praktizierten Abflugverfahren und Neuverteilung von Flugbewegungen auf dem Flughafen Zürich. Büro Dr. phil. CarlOliva, Zürich
- Tschurr, M. (2001) Mehr Ruhe vor den Jets – wenigstens in den eigenen vier Wänden. Bauliche Massnahmen gegen Fluglärm. Zürcher Umweltpraxis **28**, 15-16

## Internet

- AAS (a) Amsterdam Airport Schipol: Certification of aircraft  
[www.schiphol.nl/schiphol/main/search.jsp](http://www.schiphol.nl/schiphol/main/search.jsp) (Suchbegriff: certification AND aircraft)
- AAS (b) Amsterdam Airport Schipol: Sound proofing  
[www.schiphol.nl/schiphol/main/search.jsp](http://www.schiphol.nl/schiphol/main/search.jsp) (Suchbegriff: sound proofing)
- BAA (a) British Airport Agency: New landing charges to encourage quieter aircraft  
[www.baa.co.uk/doc/3eb9a0fb7eca6eb6802568f000304d05\\_frame.html](http://www.baa.co.uk/doc/3eb9a0fb7eca6eb6802568f000304d05_frame.html)
- BAA (b) British Airport Agency: About Heathrow. Environment  
[www.baa.co.uk/doc/8e8f182693035f8780256a15004d421b\\_frame.html](http://www.baa.co.uk/doc/8e8f182693035f8780256a15004d421b_frame.html)
- DFS Deutsche Flugsicherung: Umweltschutz im Luftverkehr  
[www.dfs.de/TO/\\_\\_\\_Partners\\_\\_\\_Users/body\\_\\_\\_umweltschutz\\_4\\_00.html](http://www.dfs.de/TO/___Partners___Users/body___umweltschutz_4_00.html)
- Flughafen Köln/Bonn GmbH: Passiver Schallschutz  
[www.fluglaerm.com/passiver-schallschutz](http://www.fluglaerm.com/passiver-schallschutz)
- IGWBUR IG Waldgemeinde Bürgerinitiative Umweltschutz Ratingen e.V.:  
[www.fluglaerm.de/muenster/info/Gruende.htm](http://www.fluglaerm.de/muenster/info/Gruende.htm)
- IHA Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, ETH Zürich: Lärmstudie 2000  
[www.laerm2000.ethz.ch/index.htm](http://www.laerm2000.ethz.ch/index.htm)
- NASA Aircraft noise: Confine objectionable noise within airport boundaries  
[www.aero-space.nasa.gov/goals/noise.htm](http://www.aero-space.nasa.gov/goals/noise.htm)
- Programm 2010: Schallschutz Flughafen Zürich  
[www.programm2010.ch/wissen/wissen\\_00.html](http://www.programm2010.ch/wissen/wissen_00.html) und  
[www.programm2010.ch/wissen/wissen\\_04.html](http://www.programm2010.ch/wissen/wissen_04.html)
- Regierung von Oberbayern: Die neue Nachtflugregelung für den Flughafen München  
[www.regierung.oberbayern.bayern.de/aktuelles/presse/pm01099.htm](http://www.regierung.oberbayern.bayern.de/aktuelles/presse/pm01099.htm)
- UNIQUE Flughafen Zürich: Verkehrsstatistik  
[www.uniqueairport.com/2aktien/content/Verkehrsstatistik\\_06\\_2001\\_dt.pdf](http://www.uniqueairport.com/2aktien/content/Verkehrsstatistik_06_2001_dt.pdf)
- UNIQUE Flughafen Zürich: Lärmgebührenmodell  
[www.uniqueairport.com/partner/4gesetze/larm04sd.htm](http://www.uniqueairport.com/partner/4gesetze/larm04sd.htm)
- UVEK (Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie, Kommunikation): Die beiden Verkehrsminister Moritz Leuenberger und Kurt Bodewig haben sich über den Luftverkehrs-Staatsvertrag geeinigt. (Medienmitteilung)  
[www.uvek.admin.ch/gs\\_uvek/de/dokumentation/medienmitteilungen/artikel/20010904/00680/index.html](http://www.uvek.admin.ch/gs_uvek/de/dokumentation/medienmitteilungen/artikel/20010904/00680/index.html)

Stand am 10.10.2001