

Lärmschutzzonen im Bereich von Flugplätzen

A. Gilgen

Zusammenfassung

Die subjektive Belästigung durch Fluglärm ist abhängig vom durchschnittlichen Spitzenlärm, der Zahl der Flugbewegungen, der Tages- bzw. Nachtzeit, der Dauer der einzelnen Lärmstörung und der individuellen Empfindlichkeit. Es wurden verschiedene Verfahren ausgearbeitet, die zwei oder mehrere dieser Komponenten in einer einzigen Größe, einem sogenannten Belärmungsmaß, erfassen. Diese Verfahren werden im einzelnen mit ihren Vor- und Nachteilen beschrieben. Als beste Verfahren werden der britische Noise and Number Index (NNI) und der französische Indice de classification bewertet, da ihnen umfassende medizinisch-soziologische Untersuchungen zugrunde liegen.

Auf Grund des Noise and Number Index werden Lärmschutzzonen für die Umgebung von Flugplätzen vorgeschlagen. Dabei wird davon ausgegangen, daß bei NNI-Werten unter 30 praktisch keine Belästigung durch Fluglärm auftritt und daß bei NNI-Werten von 50 die obere Grenze der Tolerierbarkeit erreicht wird. Für die Nacht sollen die NNI-Werte um 15 Einheiten tiefer liegen als während des Tages.

Résumé

L'inconfort subjectif par le bruit des avions dépend de la moyenne du bruit de pointe, du nombre de mouvements d'avions, de l'heure du jour ou de la nuit, de la durée de chaque dérangement dû au bruit et de la sensibilité individuelle. Différents procédés ont été élaborés et qui réunissent deux ou plusieurs des dites composantes dans une seule grandeur appelée mesure d'exposition au bruit. Ces procédés sont décrits en détail avec leurs avantages et leurs inconvénients. Les meilleurs d'entre eux sont le Noise and Number Index (NNI) anglais et l'Indice de classification français, vu qu'ils reposent sur de vastes recherches médico-sociologiques.

Sur la base du Noise and Number Index, on a proposé, pour les environs des aérodromes, des zones protégées contre le bruit. Pour cela, on part du fait que tant que le NNI ne dépasse pas 30, il n'y a pratiquement pas de dérangement dû au bruit des avions, et que le NNI de 50 constitue le seuil supérieur de tolérance. Pour la nuit, les valeurs NNI devraient être inférieures de 15 unités aux valeurs admises pour la journée.

1. Die Lärmbelastung

1.1 Die Komponenten der Lärmbelastung

Der Lärmpegel allein charakterisiert die regionale Fluglärmbelastung ungenügend.

Die Belastung durch Fluglärm wird im wesentlichen durch die folgenden fünf Größen bestimmt:

- den durchschnittlichen Spitzenlärmpegel, gemessen in dbA oder PNdb;
- die Zahl der Flugbewegungen;
- die Tages- bzw. Nachtzeit;
- die Dauer der einzelnen Lärmstörung (= Geräuschdauer);
- die individuelle Empfindlichkeit.

Lärmspezialisten in verschiedenen Ländern erkannten die Notwendigkeit, diese Komponenten – oder zum mindesten zwei oder drei davon – in einer einzigen Größe zusammenzufassen und die Störwirkung des Fluglärms für einen bestimmten Punkt mit einer einzigen Zahl anzugeben. Man könnte diese komplexen Größen, die gewogene Werte darstellen, als *Verfahren zur Fluglärmbeurteilung* oder als *Belärmungsmaße* bezeichnen.

Mit Hilfe dieser Verfahren zur Lärmbewertung können Richtlinien für die Siedlungsplanung erarbeitet werden.

Als besondere Schwierigkeit ergibt sich die Einbeziehung des Standlaufärmes in diese Belärmungsmaße. Auf Grund der bisher erzielten technischen Fortschritte zur Bekämpfung des Standlaufärmes sollte es möglich werden, den Standlauflärm so stark zu reduzieren, daß er als Störfaktor nicht mehr wesentlich in Erscheinung tritt.

1.2 Der Lärmpegel

Der Lärmpegel wird meistens als durchschnittlicher Spitzenlärm angegeben. Gemessen wird er als dbA oder PNdb (perceived noise db), wobei PNdb vor allem in angelsächsischen Ländern gebräuchlich ist. Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, daß es zulässig ist, dbA direkt in PNdb und umgekehrt umzurechnen. Die Werte für PNdb sind um 12 bis 14 Einheiten höher als diejenigen der dbA-Skala. Wir haben uns auf einen mittleren Wert von 13 Einheiten festgelegt. Diese starre Umrechnung von dbA in PNdb wird wegen der Frequenzabhängigkeit der Beziehung zwischen dbA und PNdb nicht allen Ansprüchen der Akustik gerecht. Sie genügt jedoch für die praktischen Bedürfnisse und ermöglicht vor allem den Vergleich von Messungen auf verschiedenen Flugplätzen, die mit der einen oder anderen Skala erhoben wurden.

Als zusätzliche Verfeinerung der Lärmpegelmessung erweist sich die sogenannte *Tone correction*, die vorläufig bei den meisten Lärmmessungen noch nicht berücksichtigt wird, die aber gute Chancen für die Zukunft hat. Dabei erfährt der durchschnittliche Spitzenlärm eine Korrektur nach oben, wenn im Lärmspektrum einzelne Frequenzen hervorstechen und als besonders lästig in Erscheinung treten. Der Spitzenlärm wird dabei wegen der besonders hervortretenden Frequenzen sozusagen bestraft. Für diese *Tone correction* sind Tabellen ausgearbeitet worden, gemäß denen die Korrektur des Spitzenlärms zu erfolgen hat.

1.3 Die Zahl der Flugbewegungen

Wir bewerten jeden Start, jede Landung und jede Überfliegung als eine gesonderte Flugbewegung. Diese Präzisierung ist deshalb notwendig, weil in den Statistiken von Flughäfen und Fluggesellschaften meist ein Start und eine Landung zusammen als eine einzige Flugbewegung gezählt werden. Die Zahl der Flugbewegungen geht logarithmisch in die Belärmungsmaße ein.

1.4 Tages- bzw. Nachtzeit

Auch der Fluglärm wird während der Nacht strenger bewertet als während des Tages. Ein Belärmungsmaß, das sinnvolle Ergebnisse liefern soll, muß diese Tatsache berücksichtigen, indem für die Nacht tiefere Werte gefordert werden müssen als für den Tag.

1.5 Die Geräuschkdauer

Die Geräuschkdauer ist bei verschiedenen Verfahren unberücksichtigt geblieben. Sie kann auch als konstant mit beispielsweise 30 Sekunden pro Flugbewegung angenommen werden. Meßtechnisch am korrektesten ist das Vorgehen, wenn für die Geräuschkdauer diejenige Zeit festgelegt wird, während welcher der Lärm 10 db unter dem Maximalpegel des einzelnen Ereignisses liegt. Auch die Faustformel von *Bolt Beranek Newman Inc.* ist brauchbar (in 1).

Sie lautet:

$$\tau = 3,4 \cdot \frac{s}{v},$$

wobei τ die Geräuschkdauer in Sekunden,
s die Entfernung Flugbahn/Beobachter in Metern,
v die Fluggeschwindigkeit in km/h darstellen.

1.6 Die individuelle Empfindlichkeit

Die Belästigung durch den Fluglärm schwankt von Individuum zu Individuum sehr stark. Die von *McKenna* [3] durchgeführte Fluglärmuntersuchung in England hat klar gemacht, daß ungefähr 10% der befragten Leute sich auch in ruhiger Wohngegend über Fluglärm beklagen. Diese besonders empfindlichen Personen beklagen sich auch gehäuft über andere Wohnbedingungen.

Andererseits sind ungefähr 30% der Bevölkerung derart lärmunempfindlich, daß sie sich auch bei größten Lärmbelastungen nicht beklagen.

Hawel [5] kommt auf Grund seiner Untersuchungen zum Schluß, daß etwa 25% der Bevölkerung kaum, weitere 25% dagegen ausgeprägt lärmempfindlich sind. Jedoch könnten sich die Grenzen von Fall zu Fall auch wieder verschieben, je nach der augenblicklichen psycho-physischen Verfassung eines Menschen.

Auf Grund der individuell unterschiedlichen Lärmempfindlichkeit kann es sich bei allen Studien über Lärmbelastung und Lärmbelästigung stets nur

darum handeln, die *durchschnittliche Lärmbelastigung* eines Kollektivs oder einer Anwohnerschaft in Beziehung zur Lärmbelastung zu sehen, und nicht die individuelle.

Bei der Festsetzung von Grenzwerten für die Tolerierbarkeit von Lärm, welche die Grundlage für Maßnahmen zur Lärmbekämpfung darstellen, können weder die Reaktionen des lärmunempfindlichen noch diejenigen des am ausgeprägtesten lärmempfindlichen Anteils der Bevölkerung als Richtschnur gelten.

Lärm wird meistens als unerwünschter Schall definiert. *Hawel* [5] hat diese Definition insofern ausgeweitet, als er sagt, daß jeder Schall dann, und nur dann lästig sei, wenn er von einer Bezugsperson als nicht mit ihren augenblicklichen Intentionen übereinstimmend erlebt wird. Entscheidend für die Lästigkeitsempfindung des Lärms bezeichnet *Hawel* [6], außer der Lautstärke, die folgenden vier Parameter:

- «Persönlichkeit» (z. B. gutgelaunt, schlechtgelaunt),
- «Situation» (z. B. Arbeit, Erholung, Schlaf),
- «Tätigkeit» und
- «die spezifische Eigenart des Geräusches».

Es ergeben sich somit nicht nur Schwankungen der Lärmempfindlichkeit von Individuum zu Individuum, sondern ein Mensch kann ein und denselben Lärm unter verschiedenen Bedingungen ganz verschieden bewerten.

Für die Festsetzung von Grenzwerten sind insbesondere «Situation» und «Tätigkeit» zu berücksichtigen. Praktisch gesehen bedeutet dies, daß verschiedene Lärmzonen mit unterschiedlichen Anforderungen ausgeschieden werden müssen.

2. Die verschiedenen Belärmungsmaße

Als Belärmungsmaße stehen folgende Größen im Gebrauch:

- Annoyance Index (AI), Australien
- Equivalent Daytime Disturbance (EDD), Schweden
- Aircraft Noise Abatement
- Composite Noise Rating (CNR), USA
- Störindex, Bundesrepublik Deutschland
- Effective Perceived Noise Level (= niveau de bruit perçu effectif)
- Die holländische Methode
- Indice de classification (R), Frankreich
- Noise and Number Index (NNI), Großbritannien

Im folgenden wird ein kurzer Überblick über die verschiedenen Belärmungsmaße und über ihre jeweiligen Vor- und Nachteile gegeben.

2.1 Annoyance Index (AI)

Der australische Annoyance Index nach *Murray* und *Tiesse* [1] folgt der folgenden Formel:

$$AI = 10 \log \Sigma 10^{S/10}$$

S stellt den Spitzenwert beim Vorbeiflug eines Flugzeuges in PNdb dar. An einer Stelle, deren Lärmbelastung ermittelt werden soll, werden innerhalb einer Stunde die auftretenden Geräusche summiert. Die Formel zeigt, daß die Verdoppelung der Häufigkeit einer Pegelerhöhung um 3 PNdb gleichkommt. Die Geräuschkdauer wird nicht berücksichtigt. Als Grenzwert soll während des Tages für den AI in der Umgebung des Flugplatzes die Zahl 120, während der Nacht die Zahl 105 nicht überschritten werden.

2.2 Equivalent Daytime Disturbance (EDD)

Die Equivalent Daytime Disturbance wurde von *Lundberg* [2] vorgeschlagen. Dabei werden der Lärmpegel und die Häufigkeit im Auftreten der Lärmspitzen berücksichtigt, nicht aber die Geräuschkdauer.

Der schwedische Ausschuß für Fluglärm hat folgende EDD-Zahlen als Maximalwerte vorgeschlagen:

<i>jährlich zulässige Flugbewegungen (EDD-Zahl)</i>	<i>kritische Lärmkategorien (in db [A])</i>
500	95
1 500	90
5 000	85
15 000	80
50 000	75

Lärm mit weniger als 75 dbA wird nicht in die Bewertung einbezogen. Die jährlichen EDD-Zahlen bedeuten, daß pro Jahr maximal 50 000 Überfliegungen mit einem Spitzenlärm von 75 dbA oder 5 000 Überfliegungen mit 85 dbA erlaubt sind. Verschieden laute Überfliegungen werden demnach unterschiedlich gewertet: Eine Überfliegung zu 95 dbA wird hinsichtlich der Störung 10 Überfliegungen mit 85 dbA gleichgesetzt.

Zur Ermittlung der äquivalenten Lärmbelastung gilt demnach die Formel:
 $N_{\text{äquivalent}} = N_{75} + 3.3N_{80} + 10 N_{85} + 33 N_{90} + 100 N_{95}$,
 wobei N_{75} , N_{80} ... N_{95} die Zahl der Überfliegungen mit 75, 80 ... 95 db bedeuten.

Für Abend- und Nachtflüge wird ein weiterer verschärfender Korrekturfaktor eingeführt, indem für die Zeit zwischen 18.00 und 23.00 Uhr ein Faktor 3, für die Zeit zwischen 23.00 und 07.00 Uhr ein Faktor 10 eingesetzt wird.

Damit ergibt sich:

$$EDD = N_{\text{Tag}} + 3N_{\text{Abend}} + 10N_{\text{Nacht}}$$

wobei N_{Tag} , N_{Abend} , N_{Nacht} die Zahl der $N_{\text{äquivalent}}$ bei Tag (07.00–18.00), bzw. am Abend (18.00–23.00) bzw. bei Nacht (23.00–07.00) bedeuten.

Wenn die EDD-Zahl im Laufe eines Jahres den Wert 50 000 erreicht, so ist damit die kritische Lärmbelastung erreicht. Unterhalb dieser kritischen Lärmbelastung wird der Lärm in gesundheitlicher und soziologischer Beurteilung als zumutbar bewertet. Eine Umfrageaktion hat ergeben, daß sich bei einem EDD-Wert von 50 000 ungefähr 20% der Bevölkerung stark gestört fühlen.

In der Umgebung des Flughafens Stockholm Arlanda wurden zwei Zonen festgelegt, innerhalb denen 20% bzw. 50% der Bevölkerung stark gestört wären.

Lundberg [2] hat vorgeschlagen, für die EDD-Zahl nur die Starte zu berücksichtigen und die Landungen wegzulassen. Diese Einschränkung scheint uns nicht sinnvoll zu sein.

2.3 Aircraft Noise Abatement

Die Federal Aviation Agency (FAA) der USA hat 1960 Vorschriften über Aircraft Noise Abatement [7] erlassen. Dieses Noise Abatement stellt kein eigentliches Belärmungsmaß dar, sondern enthält einen Zonenplan (Fig. 1), der auf

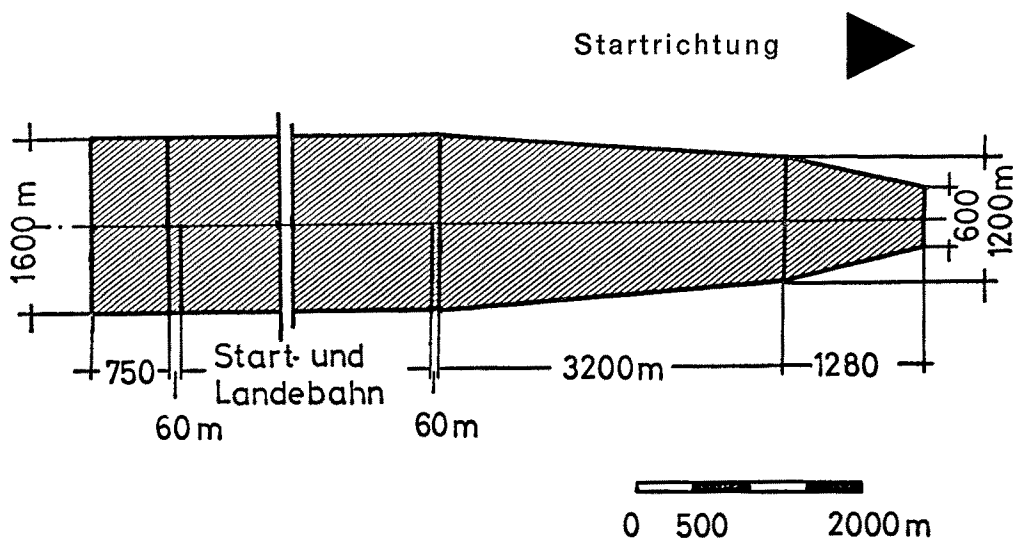


Fig. 1 Aircraft Noise Abatement der Federal Aviation Agency (FAA) [7], anbaubeschränkte Lärmschutzzonen. Innerhalb des schraffierten Bereichs ist die Anordnung von Wohngebieten und öffentlichen Versammlungsstätten, wie Theater, Schulen, Kirchen und Krankenhäuser, verboten. Das Gelände kann jedoch für industrielle und landwirtschaftliche Zwecke genutzt werden.

Grund von Lärmmessungen für die B 707 – 120 mit J-57 ermittelt worden ist. Der Zonenplan, der weder die Zahl der Flugbewegungen noch die Geräuschkdauer, noch eine Differenzierung für Tag- und Nachtzeit enthält, hätte aller-

dings nur für Flugplätze Geltung, auf denen die erwähnten oder ähnliche Flugzeugtypen verkehrten.

2.4 Composite Noise Rating (CNR)

Das Composite Noise Rating, das im «land use planning relating to aircraft noise» [8] beschrieben wird, ersetzt das Aircraft Noise Abatement. Der wesentliche Unterschied des CNR zum Aircraft Noise Abatement besteht darin, daß beim CNR kein fertiges Zonenschema gegeben wird, sondern die Zonengrenzen individuell für jeden zivilen Flughafen ermittelt werden müssen.

Die Flugzeuge werden in Klassen eingeteilt:

Start:

- Flugzeuge mit – Strahltriebwerken für Flüge unter/über 3200 km
- Fan-Triebwerken für Flüge unter/über 3200 km
- Propellerturbinen
- Kolbenmotoren
- Hubschrauber

Landung:

- Strahlflugzeuge
- Propellerturbinen- und Kolbenmotorflugzeuge
- Hubschrauber

Die Zahl der Starte und Landungen wird nach der Tages- (07.00–22.00) bzw. Nachtzeit (22.00–07.00) eingestuft. Auch die Standläufe werden mitberücksichtigt.

Für die verschiedenen Flugzeugklassen werden Kurven gleichen Lärms in PNdb angegeben (noise contour sets). Mit Hilfe der noise contour sets kann die Lärmbelastung jedes Punktes in der Umgebung des Flugplatzes ermittelt werden. Für die verschiedenen Tageszeiten und die Häufigkeit der Flugbewegungen können Korrekturwerte eingeführt werden. Dabei wird die Verdopplung der Zahl der Flugbewegungen als gleichbedeutend mit einer Pegelerhöhung um 3 PNdb gewertet. Die Addition der PNdb-Werte an einem bestimmten Punkt in der Umgebung des Flughafens und der erwähnten Korrekturwerte ergibt für jede Klasse von Flugzeugen und für alle Klassen von Flugzeugen zusammen einen bestimmten CNR-Wert.

Richter und *Hoch* [9] geben für den CNR-Wert eine vereinfachte Formel an:

$$\text{CNR} = L + 10 \log N - 12$$

wobei L den durchschnittlichen Spitzenlärm in PNdb,
N die Zahl der Flugbewegungen darstellen.

Der durchschnittliche Spitzenlärm L (average peak noise level) berechnet sich

$$\text{als } L = 10 \log \frac{1}{N} \sum_1^N 10^{S/10},$$

wobei S den Spitzenpegel beim Vorbei- und Überflug des Einzelflugzeuges und N die Zahl der für die Ermittlung von L in Betracht gezogenen Flugbewegungen darstellt.

Im CNR-Verfahren werden keine Richtwerte für einzelne Zonen angegeben. Hingegen wird eine Beschreibung der zu erwartenden Reaktion der Bevölkerung mitgeliefert (Tab. 1).

CNR-Werte	Reaktion der Bevölkerung
≤ 100	Im wesentlichen keine Klagen. Der Lärm kann einzelne Tätigkeiten der Anwohner beeinträchtigen.
100 bis 115	Einzelne Individuen können sich beklagen. Gemeinsame Aktionen von Anwohnern sind möglich.
≥ 115	Wiederholte schwere Klagen sind wahrscheinlich. Gemeinsame Aktionen von Anwohnern sind zu erwarten.

Tabelle 1 Liste der zu erwartenden Bevölkerungsreaktionen

2.5 Der Störindex \bar{Q}

Der Störindex \bar{Q} wird errechnet nach der Formel:

$$\bar{Q} = \frac{1}{\alpha} \log \left(\frac{1}{T} \sum_0^T 10^{\alpha Q(t)} \cdot dt \right)$$

Dabei stellt Q (t) den zeitlichen Pegelverlauf (gemessen in dbA oder PNdb) innerhalb einer Bezugszeit T (z. B. innerhalb eines Tages) dar. α ist ein Äquivalenzparameter, der in den bisherigen Anwendungen mit dem Wert $\alpha = \frac{3}{40}$ eingesetzt wurde.

Der Störindex \bar{Q} als Pegel der mittleren Störintensität ermöglicht es, intermittierenden Lärm mit einem während der Zeit T dauernd vorhandenen Lärm hinsichtlich der Störwirkung zu vergleichen. Die Verdoppelung der Zahl der Flugbewegungen führt zu einer Erhöhung von \bar{Q} um 3 db.

Im Göttinger Fluglärngutachten [10] ist ein Zonenplan ausgearbeitet worden, dem der Störindex \bar{Q} zugrunde liegt (Tab. 2). Die angegebene Zoneneinteilung stellt nur ein Hilfsmittel zur Berücksichtigung des Fluglärms dar. Dabei muß man sich im klaren sein, daß der stufenweise Übergang von Zone I zu Zone IV in Wirklichkeit kontinuierlich erfolgt. Die Einteilung in die Zonen I bis IV erfaßt nur die Wohnbebauung. In den zur Überbauung mit Wohnungen nicht geeigneten Gebieten können Industrie- und Verkehrsanlagen sowie Lagerhallen erstellt werden.

Zone I	Störindex \bar{Q} größer als 82: Zone, in der keinerlei Wohnbebauung vorgesehen werden sollte.
Zone II	Störindex $\bar{Q} = 77$ bis 82: Zone, in der ebenfalls keine Wohnbebauung vorgesehen werden sollte. Müssen aus zwingenden Gründen doch einzelne Wohnungen in dieser Zone eingeplant werden (z.B. für das Wartungspersonal bestimmter Betriebsanlagen), so müßten Schallschutzmaßnahmen erheblichen Umfangs vorgeschrieben werden. Öffentliche Mittel für Wohnungsbau sollten in dieser Zone nicht gegeben werden.
Zone III	Störindex $\bar{Q} = 72$ bis 77: Zone, in der die Anlage von Wohnungssiedlungen nicht zu empfehlen ist. Für Wohnhäuser, die in dieser Zone gebaut werden sollten, müßten Schallschutzmaßnahmen vorgeschrieben werden. Die Vergabe öffentlicher Mittel für den Wohnungsbau sollte an die Erfüllung dieser Vorschriften geknüpft werden.
Zone IV	Störindex \bar{Q} kleiner als 72: Gebiet, in dem Wohnsiedlungen vorgesehen werden können. Die Voraussetzungen für <i>ruhige</i> Wohngebiete werden in der Nähe der Grenze zu Zone III jedoch im allgemeinen nicht gegeben sein. Lärmempfindliche Objekte, wie Krankenhäuser, Alters- und Erholungsheime, Kuranlagen, Schulen, Kirchen, wissenschaftliche Institute, sollten nach Möglichkeit in der Nähe der Grenze zu Zone III nicht errichtet werden.

Tabelle 2 Zoneneinteilung nach Störindex \bar{Q}

Als Schallschutzmaßnahmen in den Zonen I und II sind lärmgünstige Anordnung der Baukörper, Dämmung von Fenstern und Türen, eventuell kombiniert mit künstlicher Belüftung, in Betracht zu ziehen.

Für die Berechnung von \bar{Q} kann die größere Belästigung nächtlichen Lärms durch stärkere Gewichtung der nächtlichen Start- und Landehäufigkeit berücksichtigt werden. Allerdings setzt diese summarische Berücksichtigung voraus, daß der Nachtflugverkehr nicht vorwiegend für die Störung durch Fluglärm verantwortlich ist.

2.6 *Effective Perceived Noise Level (PNdb_{eff})*

Diese Größe wird errechnet nach der Formel

$$\text{PNdb}_{\text{eff}} = L + \text{P.T} + 10 \log \frac{\tau}{15},$$

wobei L den durchschnittlichen Spitzenlärm in PNdb,
 τ die Geräuschkdauer des einzelnen Lärmereignisses in Sekunden,
während welcher der Lärm 10 PNdb unter dem Maximallärm auftritt,
P.T die Tone correction (gemäß spezieller Tabellen)
darstellen.

Die Besonderheit von PNdb_{eff} liegt darin, daß hier die Tone correction erstmals berücksichtigt wird. Hingegen findet die Zahl der Flugbewegungen keinen Eingang in die Formel.

2.7 Die holländische Methode

Die holländische Methode folgt der Formel [11]

$$B = 20 \log \Sigma (a \cdot 10^{L/15}) - 157,$$

dabei sind

- B = gesamte Lärmexposition,
- L = durchschnittlicher Spitzenlärm in dbA,
- a = «Nacht-Straffaktor»,
hat Werte von 1–10.

Für den «Nacht-Straffaktor» gelten die folgenden Werte:

a	Tages- bzw. Nachtzeit
10	0 bis 6 Uhr
8	6 bis 7 Uhr
4	7 bis 8 Uhr
1	8 bis 18 Uhr
2	18 bis 19 Uhr
3	19 bis 20 Uhr
4	20 bis 21 Uhr
6	21 bis 22 Uhr
8	22 bis 23 Uhr
10	23 bis 24 Uhr

Der «Nacht-Straffaktor» mit dem Wert 10 ist äquivalent einer Erhöhung des durchschnittlichen Spitzenlärms um 15 dbA.

Obwohl empfohlen wird, B über ein ganzes Jahr zu summieren, können auch andere Perioden gewählt werden. Allerdings sollte ein längerer Zeitraum gewählt werden und nicht nur eine beschränkte Anzahl für den betreffenden Flughafen typischer Tage.

Das Ziel der holländischen Methode besteht darin, eine Toleranzgrenze ganz generell für Gemeinden anzugeben. Es werden darum auch keine Zonen ausgetrennt; auch eine Differenzierung nach Sommer und Winter, Tag und Nacht, Arbeit oder Ruhe entfällt.

Als Toleranzgrenze für Gemeinden soll B nicht größer als 45 sein, ein Wert, der ungefähr dem Störindex $\bar{Q} = 72$ oder $NNI = 41$ entsprechen soll (siehe unter 2.5 und 2.9).

2.8 Indice de classification (Frankreich)

Bei diesem Verfahren werden – ähnlich wie beim CNR-Verfahren – die Flugzeuge in Klassen eingeteilt. Der durch den Fluglärm hervorgerufene Belästi-

gungsgrad wird durch den Indice de classification R angegeben; er wird nach folgender Formel berechnet:

$$R = L - 16 - 10 \log \frac{960}{A} + 5 \log_{10} \delta$$

- wobei L den an der betreffenden Stelle im Freien erzeugten durchschnittlichen Spitzenlärm in PNdb,
 A die durchschnittliche tägliche Anzahl der Starts bzw. Landungen von Flugzeugen der betreffenden Klasse,
 δ den jährlichen Nutzungsgrad der betrachteten Startbahnrichtung bedeutet.

Das dritte Glied der Gleichung zeigt, daß die Verdoppelung der Zahl der Flugbewegungen einer Zunahme des Lärms um 3 PNdb entspricht. Eine Veränderung des Ausnutzungsgrades wird, wie der Faktor 5 beim vierten Glied der Gleichung zeigt, schwächer bewertet. Für die Geräuschkdauer des einzelnen Ereignisses werden generell 30 Sekunden angenommen, weshalb die Geräuschkdauer nicht gesondert in der Formel in Erscheinung tritt.

Für einen Punkt der Flugplatzumgebung wird der Indice de classification berechnet, indem der Lärm der Starts für die einzelnen Flugzeugklassen in einer Richtung einer Startbahn bestimmt wird. Die R-Werte der Flugzeugklassen werden energetisch zum Gesamtwert R_g zusammengesetzt nach der Formel:

$$R_g = 10 \log (10^{R_1/10} + 10^{R_2/10} + \dots).$$

In gleicher Weise verfährt man mit den Starts in der anderen Richtung der Startbahn und mit den Landungen in beiden Richtungen. Auf diese Weise erhält man gesamthaft vier Werte für jede Startbahn. Das Maximum dieser Werte ergibt den Indice de classification R an dem betrachteten Punkt der Flugplatzumgebung.

In «la gêne causée par le bruit autour des aéroports» [12] wird eine vereinfachte Berechnungsformel angegeben:

$$R = L + 10 \log N - 34,$$

dabei bedeutet:

- L den durchschnittlichen Spitzenlärm in PNdb,
 N die Zahl der Flugbewegungen.

In einer großen soziologischen Studie im Bereich der Flughäfen Orly, Le Bourget, Lyon und Marseille wurden 2 000 Leute befragt. Die Resultate der Befragung wurden mit den Lärmmessungen bzw. mit den R-Werten in Beziehung gesetzt. Dabei zeigte sich, daß die durchschnittliche Belästigung durch den Fluglärm mit den R-Werten sehr eng korreliert ist. Die Unzufriedenheit wegen des Fluglärms steigt von 27% für $R \leq 71$ auf 78% für $R \geq 96$.

Von $R = 84$ bis 89 an wird der Fluglärm zu einer ernsthaften Störung für die Einwohner.

Aus diesen Untersuchungen wird der Schluß gezogen, daß in einer Gegend, in welcher $R = 84$ und mehr beträgt, keine Wohnungen ohne besondere Schallschutzmaßnahmen gebaut werden sollten.

Werden Wohnungen in einem Gebiet zugelassen, in dem R höher als 84 ist, so muß man eine verbesserte Isolierung für die Fenster verlangen. Diese Isolierung muß um so viele db besser sein, als R den Wert von 84 übersteigt. Zudem muß der Schallschutz durch eine künstliche Belüftung ergänzt werden.

In Tabelle 3 sind die praktischen Anforderungen an die Fenster niedergelegt. Allerdings werden im Bereich von $R = 84$ bis 89 nur 30% der Leute von dem verbesserten Schallschutz profitieren. Die restlichen 70% ertragen lieber den Lärm, als daß sie auf die natürliche Fensterlüftung verzichten.

R	Anforderungen an Fenster
≤ 84	Gewöhnliche Fenster
84–89	Fenster mit 5,5 mm Glasdicke, mit verbesserter Abdichtung
90–94	Doppelfenster mit Glasdicken von 2,9 bis 5,5 mm und Zwischenraum von 10 cm, mit verbesserter Abdichtung
94–99	Doppelfenster mit Glasdicken von 2,9 bis 5,5 mm und Zwischenraum von 15 cm, mit verbesserter Abdichtung

Tabelle 3 Anforderungen an die Schallschutzmaßnahmen auf Grund des Indice de classification R

2.9 Der Noise and Number Index (NNI), Großbritannien

Dem Noise and Number Index (NNI) liegt gemäß dem British Noise Report [3] die folgende Formel zugrunde:

$$NNI = L + 15 \log N - 80;$$

wobei L den durchschnittlichen Spitzenlärm in PNdb und N die Zahl der Vorbei- und Überflüge innerhalb eines Tages oder einer Nacht darstellen.

Das Glied $(15 \log N)$ geht in die Gleichung ein, weil die britischen Untersuchungen gezeigt haben, daß eine Verdoppelung der Häufigkeit der Flugbewegungen einem Anstieg des average peak noise level um $4,5$ PNdb gleichkommt.

Das Substraktionsglied $- 80$ kommt in die Gleichung, da die Erhebungen in der Umgebung des Flughafens Heathrow in London gezeigt haben, daß bei einem average peak noise level von 80 PNdb und weniger keine Lärmbelästigung auftritt.

In der Umgebung von zehn Meilen des Flughafens Heathrow wurden im Jahre 1961–1969 Personen über die Belästigung durch den Fluglärm eingehend befragt. Gleichzeitig mit dieser medizinisch-soziologischen Untersuchung ist an

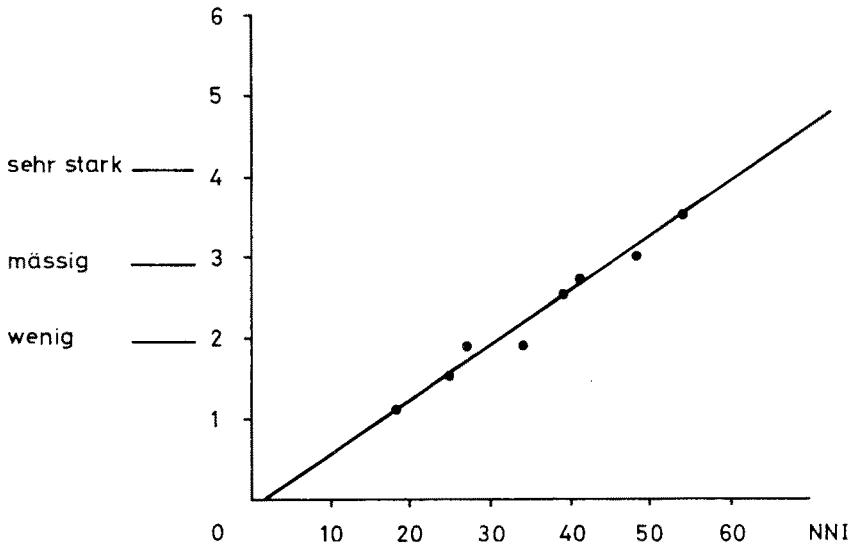


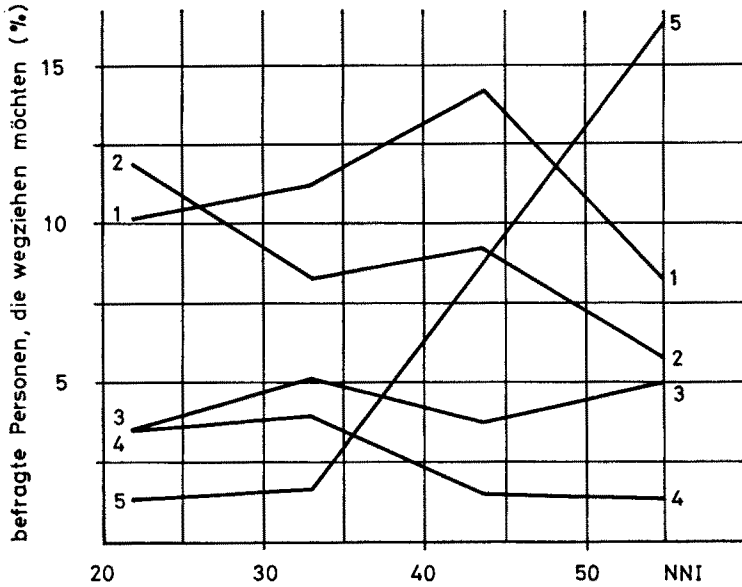
Fig. 2 Beziehung zwischen durchschnittlichem, subjektivem Belästigungsgrad und Noise and Number Index (NNI)

85 verschiedenen Stellen der auftretende Fluglärm gemessen worden. In Fig. 2 sind die Ergebnisse dieser Untersuchung dargestellt. Sie zeigen, daß die Belästigung linear zur Zunahme des NNI-Wertes ansteigt. Bis zu einem NNI-Wert von 30 ist die Belästigung gering, bei einem Wert von 40 mässig und bei 60 sehr stark.

Es wurde im besonderen festgestellt, daß bei einem NNI-Wert von 48 die Belästigung durch Fluglärm die wichtigste Ursache für den Wegzug aus der Gegend darstellt (Fig. 3). Ferner ist bei einem NNI-Wert von 53 der Prozentsatz der befragten Leute, die den Fluglärm als einen schweren Nachteil der betreffenden Wohngegend empfinden, sogar höher als die zusammengezählten Prozentsätze derjenigen Leute, die andere Nachteile – außer dem Fluglärm – in der betreffenden Wohngegend als schwerwiegend empfinden.

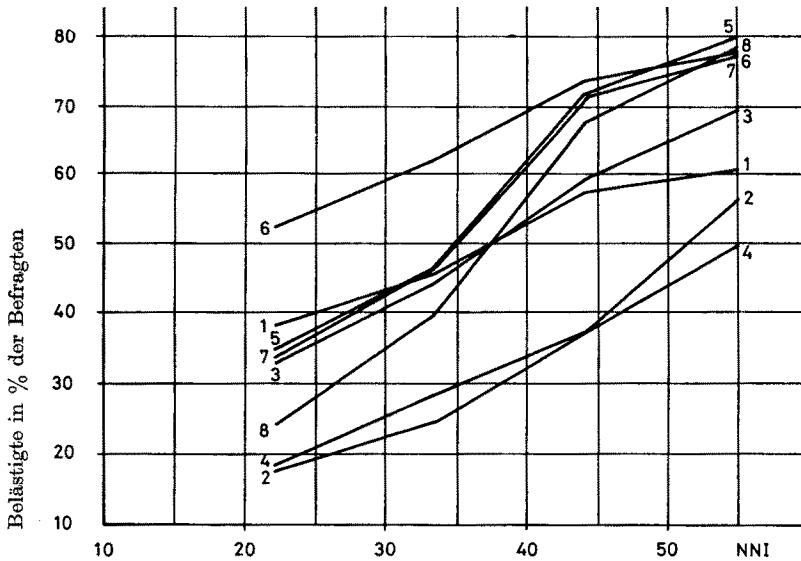
In Fig. 4 wird gezeigt, daß alle Arten der Störung durch Fluglärm (Erschrecken, Abhalten vom Schlafengehen, Aufwachen, Störung der Freizeit, Störung des TV-Empfanges, Gebäudevibration und Störung der Konversation) mit zunehmendem NNI-Wert ansteigen. Dabei erreicht die Belästigung bei 50 NNI wegen Störung des TV-Empfanges, Gebäudevibration und Störung der Konversation Werte von mehr als 70% der befragten Leute.

Ursprünglich wurde der NNI für den 24-Stunden-Tag berechnet. Die medizinisch-soziologischen Erhebungen haben gezeigt, daß die Belästigung der befragten Personen auch bei unterschiedlicher Flugintensität bei Tag und bei Nacht praktisch gleich ist, denn der niedrige Wert für den average peak noise level und die geringere Häufigkeit der Bewegungen werden kompensiert durch die größere Empfindlichkeit der Menschen hinsichtlich der Lärmbelästigung



- 1 Wegzug aus klimatischen Gründen
- 2 Wegzug in günstigere Lebensbedingungen
- 3 Wegzug wegen Rauch, Schmutz oder Staub
- 4 Wegzug zur Verkürzung des Arbeitsweges
- 5 Wegzug wegen Fluglärm

Fig. 3 Gründe für den Wegzug aus der Umgebung des Flugplatzes



- 1 Erschrecken
- 2 vom Schlafengehen abgehalten
- 3 Aufwachen
- 4 Störung der Freizeit
- 5 Störung des TV-Empfangs (Ton)
- 6 Störung des TV-Empfangs (Bild)
- 7 Gebäudevibration
- 8 Störung der Konversation

Fig. 4 Beziehung zwischen Noise and Number Index (NNI) und Belästigung der Flugplatzanwohner

während der Nacht. Der British Noise Report kommt auf Grund verschiedener Berechnungen zum Schluß, daß bei Tag und bei Nacht gleiche Belästigung auftritt, wenn der NNI für die Nacht um 15 bis 20 Einheiten tiefer liegt als für den Tag.

Das Göttinger Gutachten [10] macht auf einen Nachteil des NNI-Wertes aufmerksam, der in Betracht gezogen werden muß. Wird nämlich an einem Punkt mit starker Fluglärmbelastung der Lärm entfernt fliegender Maschinen mitberücksichtigt, so ändert sich an der Intensitätssumme $\Sigma 10^{L/10}$ des average peak noise level praktisch nichts; der average peak noise level wird aber geringer, da durch eine größere Zahl N (= erfaßte Maschinen) dividiert wird. Dem ließe sich gemäß Göttinger Gutachten dadurch abhelfen, daß der average peak noise level als *zeitlicher Mittelwert* der am Beobachtungsort gemessenen Intensitäten definiert wird.

Dieser neu definierte Wert hätte dann die folgende Formel:

$$L_{\text{zeit}} \text{ (average peak noise level)} = 10 \log \frac{1}{T} \Sigma 10^{S/10} \cdot \tau,$$

wobei für S der Spitzenlärm der einzelnen Lärmergebnisse, für T, die für die Ermittlung von L maßgebliche Zeit (z. B. ein Tag) eingesetzt werden, für τ die Geräuschkdauer des einzelnen Lärmereignisses. τ könnte entweder als die Zeitdauer, während welcher der Maximalpegel um weniger als 10 db unterschritten wird, oder nach der Faustformel von *Bolt Beranek Newman Inc.* festgelegt werden (siehe unter 1.5).

3. Die Beurteilung der verschiedenen Verfahren

Von allen diesen Verfahren gibt es keines, das lauter Vorteile in sich schließt, mit Nachteilen aber nicht belastet ist.

Im folgenden soll noch auf einige Punkte hingewiesen werden, denen in den verschiedenen Verfahren eine unterschiedliche Bedeutung zukommt, nämlich:

- die Zahl der Flugbewegungen;
- die Geräuschkdauer;
- der meßtechnische und rechnerische Aufwand;
- die Ausarbeitung von Lärmschutzzonen;
- die Vergleichbarkeit der verschiedenen Verfahren;
- die Beziehungen der erhobenen Werte zu medizinisch-soziologischen Untersuchungen.

3.1 Die Zahl der Flugbewegungen

Die Zahl der Flugbewegungen wird nicht berücksichtigt bei den folgenden Verfahren:

- Annoyance Index
- Aircraft Noise Abatement
- Effective Perceived Noise Level
- Holländische Methode

Bei den übrigen Verfahren geht die Zahl der Flugbewegungen logarithmisch in die Formel ein. Dabei entspricht die Verdoppelung der Zahl der Flugbewegungen einer Zunahme des durchschnittlichen Spitzenlärms um 3 db bei den folgenden Verfahren:

- Composite Noise Rating (CNR)
- Störindex \bar{Q}
- Indice de classification R

Diese Zunahme um 3 db ist energetisch korrekt, da die Verdoppelung der Zahl der Flugbewegungen einer Zunahme der Lärmenergie um 3 db entspricht.

Einzig beim NNI ist die Verdoppelung der Zahl der Flugbewegungen äquivalent einer Zunahme des durchschnittlichen Spitzenlärms um 4,5 PNdb. Diese Zunahme ist auf Grund der Resultate der soziologischen Untersuchung ermittelt worden. Von *van Os* [4] ist dieses Resultat bestätigt worden.

3.2 Geräuschkdauer

Die Geräuschkdauer wird bei den nachstehend aufgeführten Verfahren nicht bewertet:

- Annoyance Index
- Equivalent Daytime Disturbance (EDD)
- Aircraft Noise Abatement
- Composite Noise Rating (CNR)
- Holländische Methode
- Indice de classification R
- Noise and Number Index (NNI)

Hingegen wird die Geräuschkdauer in die Berechnung einbezogen bei den zwei nachstehenden Verfahren:

- Störindex \bar{Q}
- Effective Perceived Noise Level

3.3 Meßtechnischer und rechnerischer Aufwand

Der meßtechnische und rechnerische Aufwand ist nicht bei allen Verfahren gleich groß. Am einfachsten ist zweifellos das Aircraft Noise Abatement zu handhaben. Für alle anderen Verfahren gilt, daß die Ermittlung des betreffenden Belärmungsmaßes um so sicherer ist, je mehr Meßwerte von verschiedenen Meßstellen vorliegen.

Am aufwendigsten ist die Ermittlung des Störindex \bar{Q} . Die übrigen Verfahren nehmen eine Zwischenstellung ein, wenn beim CNR-Verfahren und beim Indice de classification mit der vereinfachten Formel gerechnet wird, was aber nur zulässig ist, sofern der Flugverkehr des untersuchten Flughafens eine gewisse Homogenität aufweist.

3.4 Die Ausarbeitung von Lärmschutzzonen

Hinsichtlich der Ausarbeitung von Lärmschutzzonen macht das Aircraft Noise Abatement klare, aber nicht differenzierte Angaben; denn es wird dabei nur eine einzige Zone angegeben, die mit einem Verbot für Wohnbauten und öffentliche Versammlungsstätten, wie Schulen, Theater, Kirchen und Krankenhäuser, zu belegen ist.

Auch die schwedische Fluglärnkommision hat für den Flughafen Arlanda Richtwerte aufgestellt, die auf dem EDD-Verfahren beruhen. Dabei sind zwei Zonen unterschieden worden, in welchen sich 20% bzw. 50% der Anwohner durch den Fluglärm gestört fühlen würden.

Beim Annoyance Index wird für den Tag ein maximaler Grenzwert von 120, für die Nacht von 105 verlangt.

Beim Indice de classification sind lediglich Vorschriften über zusätzliche Lärmschutzmaßnahmen durch Verbesserung der Fenster in Abhängigkeit vom R-Wert aufgestellt worden.

Am detailliertesten sind die Lärmschutzzonen im Zusammenhang mit dem Störindex \bar{Q} ausgearbeitet worden. Für die übrigen Verfahren werden keine Lärmschutzzonen angegeben.

3.5 Die Vergleichbarkeit der verschiedenen Verfahren

Am einfachsten sind der Indice de classification R, der Noise and Number Index (NNI) und die Werte des Composite Noise Rating miteinander zu vergleichen, sofern für die Berechnung der R- und CNR-Werte die vereinfachten Formeln nach *Richter* und *Hoch* [9] verwendet werden.

PNdb															
N	80			90			100			110			120		
	NNI	R	CNR	NNI	R	CNR	NNI	R	CNR	NNI	R	CNR	NNI	R	CNR
1	0	46	68	10	56	78	20	66	88	30	76	98	40	86	108
10	15	56	78	25	66	88	35	76	98	45	86	108	55	96	118
50	26	63	85	36	73	95	46	83	105	56	93	115	66	103	125
100	30	66	88	40	76	98	50	86	108	60	96	118	70	106	128
200	35	69	91	45	79	101	55	89	111	65	99	121	75	109	131
500	41	73	95	51	83	105	61	93	115	71	103	125	81	113	135

Tabelle 4 Beziehungen zwischen CNR-, R- und NNI-Werten in Abhängigkeit des durchschnittlichen Spitzenlärms und der Zahl der Flugbewegungen

Für vorgegebenen durchschnittlichen Spitzenlärm und verschiedene Zahl der Flugbewegungen sind die R-, CNR- und NNI-Werte in Tabelle 4 zusammengestellt. Aus Tabelle 4 geht hervor, daß die R- und CNR-Werte gleichmäßig ansteigen. Dieses Verhalten hat seine Ursache darin, daß bei beiden Verfahren die Zahl der Flugbewegungen (N) mit dem Glied $10 \log N$ in die Formel eingeht.

Fig. 5 zeigt die graphische Darstellung der R- und NNI-Kurven. Da die Zahl der Flugbewegungen (N) in der NNI-Formel mit dem Glied $15 \log N$ vorkommt, verlaufen die NNI-Kurven steiler als die R-Kurven.

3.6 Beziehungen zu medizinisch-soziologischen Untersuchungen

Nur bei zwei Verfahren – beim Indice de classification R und beim NNI – wurden die erhobenen Werte mit den Resultaten einer medizinisch-soziologischen Untersuchung in Beziehung gebracht [3, 12]. In beiden Studien wurden 2000 Personen eingehend befragt. In der französischen Studie [12] wird aufgezeigt, daß sowohl die R- als auch die NNI-Werte gute Korrelationen zur durchschnittlichen subjektiven Belästigung ergeben (Tab. 5). Im Zusammenhang mit dem CNR-Verfahren sind bis jetzt keine umfassenden soziologischen Studien vorgenommen worden. Es liegen lediglich die Schätzungen über die zu erwartende Reaktion in der Bevölkerung bei verschiedenen CNR-Werten vor, wie sie in Tabelle 1 festgehalten sind.

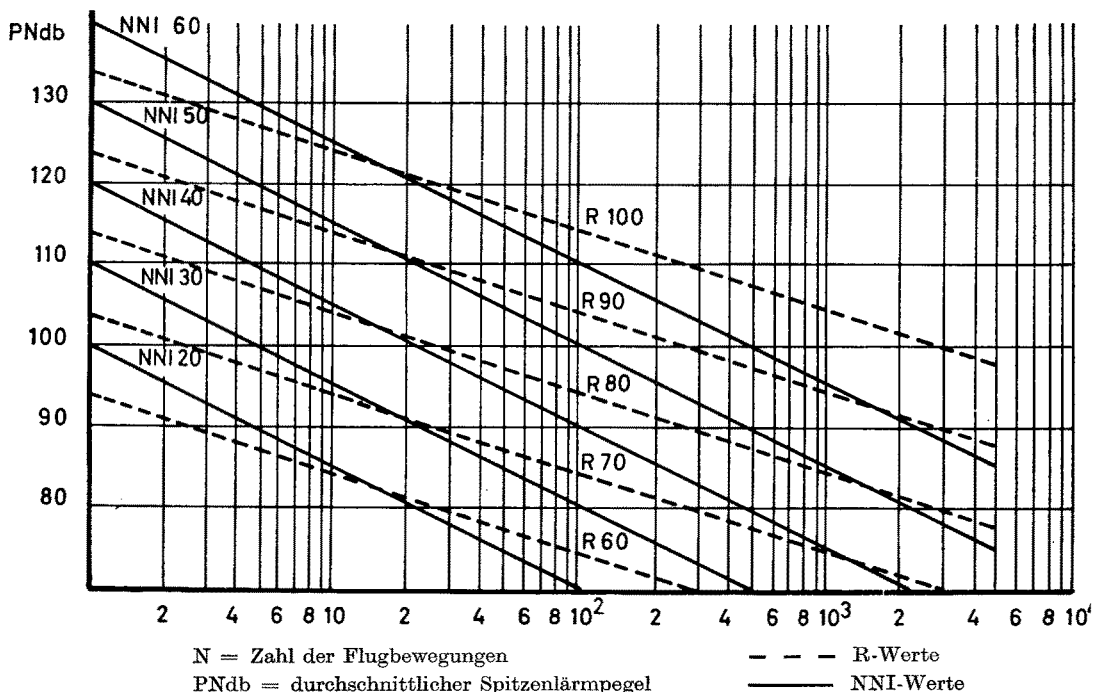


Fig. 5 NNI- und R-Werte in Abhängigkeit von PNdb und N

	für 24 Stunden	für die Nacht allein
R-Werte	0,93	0,85
NNI	0,91	0,85

Tabelle 5 Korrelationskoeffizienten zwischen R-Werten und NNI und durchschnittlicher subjektiver Belästigung

4. Vorschläge für Lärmschutzzonen

4.1 Auswahl des Verfahrens

Alle beschriebenen Verfahren sind geeignet, brauchbare Arbeitsunterlagen für die Planung von neuen Flughäfen oder die Erweiterung bestehender zu liefern. Da aber nur der Noise and Number Index (NNI) und der Indice de classification R auf Grund medizinisch-soziologischer Erhebungen ausgearbeitet wurden, kommen für uns nur diese beiden Verfahren in Frage. Denn die medizinisch-soziologische Abstützung der Belärmungsmaße scheint uns wichtiger zu sein, als die Perfektion der akustischen Messung, wie sie beispielsweise dem Störindex \bar{Q} zugrunde liegt.

Obwohl für uns grundsätzlich sowohl der Indice de classification als auch der Noise and Number Index in Frage kamen, haben wir dem NNI den Vorzug gegeben. Dieser Entscheid kam vor allem aus zwei Gründen zustande:

- a) Das NNI-Verfahren samt seiner medizinisch-soziologischen Untersuchung ist schon seit längerer Zeit publiziert [3]. Die medizinisch-soziologischen Erhebungen im Zusammenhang mit dem Indice de classification dagegen wurden erst vor kurzem veröffentlicht [12]. Nachdem die französische Studie [12] gezeigt hat, daß R- und NNI-Werte praktisch gleiche Korrelationskoeffizienten mit der durchschnittlichen subjektiven Belästigung aufweisen, hatten wir keine Veranlassung, den bereits eingeschlagenen Weg zu verlassen und auf der Basis der R-Werte weiterzuarbeiten.
- b) Die britischen Autoren [3] schlagen auf Grund ihrer Untersuchungen vor, für die Nacht die NNI-Werte um 15 Einheiten tiefer anzusetzen. In der französischen Studie [12] fehlen Empfehlungen für die Festsetzung der Nachtwerte. Diese Tatsache gibt unserer Meinung nach dem britischen Verfahren einen gewissen zusätzlichen Vorzug.

4.2 Einteilung der Zonen

Hinsichtlich der Benennung und Definition der einzelnen Zonen haben wir uns im wesentlichen an die Angaben des Expertenberichtes «Lärmbekämpfung in der Schweiz» [13] gehalten. Diese Zonen sind folgendermaßen charakterisiert:

Kurzzone: Krankenanstalten, der zur Erholung reservierte Bereich von Kurorten usw.

Wohnzone: Wohnhäuser mit Quartier-Verkaufsläden, Schulhäusern.

Gemischte Zone: Wohnhäuser mit Wirtschaften, kleineren und größeren Gewerbebetrieben, z. B. größere Dörfer oder städtische Quartiere mit Gewerbebetrieben, Verkaufsläden usw.

Geschäftszone: Quartiere mit vorwiegendem Geschäftsverkehr (City).

Industriezone: Quartiere mit mehreren Fabrikationsunternehmungen, größeren Werkstätten, Lagerhäusern usw.

Unsere Vorschläge für die Festlegung von Lärmschutzzonen im Bereich von Flughäfen sind in Tabelle 6 niedergelegt. In Fig. 6 sind die Zonen zusammen mit einigen Werten für den durchschnittlichen Spitzenlärm und die Zahl der Flugbewegungen dargestellt. Wir sind bei der Festlegung der Grenzwerte für die einzelnen Zonen davon ausgegangen, daß unterhalb $NNI = 30$ praktisch keine Belästigung auftritt und daß mit $NNI = 50$ die obere Grenze der Toleranz

Schallpegel db(A)	PNdb	Anzahl Flugbewegungen pro Tag (0600 - 2200)								
		10	20	30	40	50	100	200	500	1000
70	83	18	23	24	27	28	33	38	43	48
75	88	23	28	30	32	33	38	43	48	53
80	93	28	33	35	37	38	43	48	53	58
85	98	33	38	40	42	43	48	53	58	63
90	103	38	43	45	47	48	53	58	63	68
95	108	43	48	50	52	53	58	63	68	73








	Kurzzone
	Wohnzone
	gemischte Zone und Geschäftszone, ohne besondere bauliche Lärmschutzmassnahmen
	Industriezone, ohne besondere bauliche Lärmschutzmassnahmen
	gemischte Zone und Geschäftszone, mit besonderen baulichen Lärmschutzmassnahmen
	Industriezone, mit besonderen baulichen Lärmschutzmassnahmen
	landwirtschaftliche Nutzung

Fig. 6 Berechnung des Noise and Number Index (NNI) aus vorgegebenen durchschnittlichen Spitzenlärmpegeln (L) und vorgegebener Zahl der Flugbewegungen (N)
 Berechnung: $NNI = L + 15 \log N - 80$

Kurzzone	bis 30
Wohnzone	31 bis 35
Gemischte Zone und Geschäftszone	
– ohne besondere bauliche Lärmschutzmaßnahmen	36 bis 40
– mit besonderen baulichen Lärmschutzmaßnahmen (insbesondere für Geschäftsbauten möglich)	41 bis 50
Industriezone	
– ohne besondere bauliche Lärmschutzmaßnahmen	41 bis 50
– mit besonderen baulichen Lärmschutzmaßnahmen	51 bis 60
Landwirtschaftliche (und eventuelle militärische) Nutzung	über 60

Tabelle 6 Maximal zulässige NNI-Werte für die Zeit von 06.00–22.00

erreicht ist. Für den Bereich zwischen $NNI = 30$ bis $NNI = 50$ haben wir die verschiedenen Grenzwerte auf Grund der unterschiedlichen Lärmempfindlichkeit in den verschiedenen Zonen und unter Berücksichtigung des meist vorhandenen Lärms aus anderen Quellen festgelegt.

Auf Grund dieser Voraussetzungen schlagen wir vor, für die Kurzzone NNI-Werte bis zu 30, für die Wohnzone 31 bis 35 vorzusehen. Die gemischte Zone und die Geschäftszone sollen im Bereich der NNI-Werte 36 bis 40 bzw. 41 bis 50 liegen, je nachdem, ob die Gebäude mit oder ohne besondere Schallschutzmaßnahmen versehen sind. Für die Industriezone sehen wir NNI-Werte von 41 bis 50 bzw. 51 bis 60 vor, je nachdem, ob besondere bauliche Schallschutzmaßnahmen vorhanden sind. Oberhalb der NNI-Werte von 60 kommt nur landwirtschaftliche und eventuell militärische Nutzung in Frage.

Für die Nacht empfehlen wir NNI-Werte, die um 15 Einheiten tiefer liegen als die für den Tag gültigen Werte.

Die vorgeschlagene Zoneneinteilung erhebt keinen Anspruch auf Endgültigkeit. Sie stellt lediglich eine Diskussionsgrundlage dar. Modifikationen sind in der einen oder anderen Richtung möglich. Allerdings wird es sich bei diesen Modifikationen vorwiegend um Änderungen an der Zoneneinteilung handeln können, denn die Festsetzung der unteren und oberen Grenze läßt auf Grund der britischen Untersuchungen [3] nicht mehr großen Spielraum.

Literatur

- [1] Fluglärm, Gutachten erstattet im Auftrage des Bundesministers für Gesundheitswesen, Göttingen, Mai 1965.
- [2] *Bo Lundberg*: Internationale Planung auf längere Sicht zur Begrenzung des Fluglärms; in «Neue Maßnahmen gegen den Lärm», II. Internationaler Kongreß für Lärmbekämpfung, 1962; Copyright 1963, Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung.
- [3] Noise, Final Report, herausgegeben vom Committee on the problem of noise; Her Majesty's Stationery Office, London.
- [4] *Van Os G.I.*: Recent experiences with noise acceptability criteria for dwellings. 5th International Congress of Acoustics, Liege, Belgium, September 1965.

- [5] *Hawel W.*: Wie laut ist Lärm? Umschau in Wissenschaft und Technik, 13, 409 (1968).
- [6] *Hawel W.*: Untersuchungen eines Bezugssystems für die psychologische Schallbewertung. Arbeitswissenschaft 6, Nr. 2, April 1967.
- [7] Richtlinien der USA-Luftfahrtbehörden (FAA) zur Verminderung des Überfluglärms. Auszug aus FAA Planning Series, Item 3, 2. September 1960, in Lärmbekämpfung 7, 59–60 (1963).
- [8] Land use planning relating to aircraft noise; technical report of Bolt, Beranek and Newman Inc., October 1964.
- [9] *Richter G., Hoch R.*: Les problèmes du bruit autour des aéroports et les moyens de sa réduction. Communication présentée au 8e Congrès International Aéronautique, Paris 29–31 mai 1967; Société Nationale d'Etude et de Construction de Moteurs d'Aviation.
- [10] Fluglärm, Gutachten erstattet im Auftrag des Bundesministers für Gesundheitswesen, Göttingen, Mai 1965.
- [11] ISO 43/WG 12 + 13, Juli 1967.
- [12] La gêne causée par le bruit autour des aéroports, rapport de fin d'étude, 1. März 1968, herausgegeben vom Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.
- [13] Lärmbekämpfung in der Schweiz. Bericht der Eidg. Expertenkommission an den Bundesrat, Bern 1963. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 3.

Adresse des Autors: Dr. med. *A. Gilgen*, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie ETH,
Clausiusstraße 25, 8006 Zürich