

Die Berücksichtigung des Lärms in der Orts-, Regional- und Landesplanung

K. Bättig

Zusammenfassung

Die hauptsächlichen Quellen des Lärms stellen heute in den Großstädten der Motorfahrzeuglärm und in Stadtrandgebieten der Fluglärm dar. Obwohl andere Lärmquellen ebenfalls an Bedeutung zugenommen haben, stellen sie siedlungspolitisch bedeutend einfachere Probleme dar. Die Hauptwirkung des Lärms auf den Menschen besteht in der Beeinträchtigung des subjektiven Wohlbefindens, der sprachlichen Konversation und der Störung von Erholung und Schlaf. Dagegen bestehen bis heute keine Anhaltspunkte dafür, daß Lärm chronische körperliche oder seelische Krankheiten erzeugen könnte. Diese Wirkungen des Lärms sind nicht einfach eine Funktion der Geräuschstärke, sondern das Ergebnis komplizierter soziopsychologischer Wechselwirkungen. Die Richtlinien zur Lärmbekämpfung, die bis heute gegeben werden können, haben noch nicht definitiven Charakter. Es ist zu erwarten, daß die Forschung noch präzisere Grundlagen liefern wird.

Résumé

Dans les grandes villes ce sont les véhicules à moteur et dans la périphérie des villes les avions qui représentent les principales sources du bruit. Les autres sources du bruit ont également gagné en importance, mais elles posent des problèmes plus simples à l'urbaniste.

Chez l'homme le bruit provoque une détérioration du bien-être subjectif, il gêne la conversation, le repos et le sommeil. Par contre, rien n'indique jusqu'à présent que le bruit serait susceptible de provoquer des maladies chroniques de nature physique ou psychique. Ces effets du bruit ne sont non seulement fonction de l'intensité du bruit, mais également le résultat d'interactions sociopsychologiques compliquées.

Les directives actuelles qui peuvent être établies pour la lutte contre le bruit n'ont pas de caractère définitif. La recherche scientifique devra fournir des bases plus précises encore.

Infolge der Industrialisierung und der Zusammenballung großer Bevölkerungsmassen in Städten hat die Lärmentwicklung in den letzten Jahren stark zugenommen und wird in Zukunft noch weiter ansteigen.

Klagen über die Belästigung durch Lärm werden häufiger. Die Forschung hat gezeigt, daß die Zusammenhänge zwischen Art und Ausmaß des Lärms und den Folgen des Lärms komplex sind. Im folgenden sollen in separaten Abschnitten die wichtigsten Aspekte des Problems erörtert werden.

Art und Stärke der Lärmexposition in modernen Großsiedlungen

In London [1] wurde in den Jahren 1961/62 eine Untersuchung über Art und Zusammensetzung von modernem Großstadtlärm durchgeführt, die dank ihrer

Gründlichkeit eine nähere Betrachtung verdient. Es wurden an 540 Meßstellen, die gleichmäßig über die Stadt verteilt lagen, die Schallintensitäten so oft gemessen, bis ein repräsentatives Bild entstand, dem weit mehr Bedeutung zukommt als den sonstigen Erhebungen, die mehr bloßen Stichprobencharakter aufweisen. Für 400 dieser 540 Punkte konnten die Ergebnisse statistisch zuverlässig verwertet werden. Von diesen 400 Meßstellen war bei 84% die gemessene Schallintensität eine Folge des Straßenverkehrs. Nur an 7% der Meßstellen war der Lärm eine Folge der Industrie, bei 4% eine Folge des Bahnverkehrs, bei 4% eine Folge von Bau- und Abbrucharbeiten, während die restlichen 1% auf «verschiedene Ursachen» entfielen. Somit steht fest, daß in London der *Straßenverkehrslärm* auch heute noch bei weitem die häufigste und wichtigste Lärmquelle ist. Dies gilt um so mehr, als die meisten Leute nicht im Einzugsbereich von Industrien, Bahnen etc., sondern in jenem von Verkehrsstraßen wohnen.

Die Ergebnisse der Londoner Messungen des *Straßenverkehrslärms* sind nach ihrer Verteilung auf Straßenzüge und Straßennähe weiter analysiert worden. Dabei ergab sich das Bild, wie es sich in den Zahlen der Tab. 1 widerspiegelt.

	08–18 Uhr	01–06 Uhr
I. Hauptdurchgangsachsen	68–80	50–70
II. Hauptstraßen und Seitenstraßen mit weniger als 20 m Entfernung von den Hauptstraßen und den Hauptdurchgangsachsen	63–75	49–61
III Hauptquartierstraßen, Seitenstraßen mit 20–50 m Entfernung von den Straßen unter I und II, Hinterhöfe direkt hinter den Straßen unter I und II	60–70	44–55
IV. Quartierstraßen mit ausschließlichem Lokalverkehr	56–65	45–53
V. Kleinere Straßen und Gärten, mehr als 100 m von den Straßen unter I und II entfernt	51–60	43–49
VI. Parkanlagen, Gärten in Wohnquartieren weit abseits der Straßen unter I und II	50–55	41–46
VII. Meßstellen mit rein ortsgebundenem Lärm, sehr weit von Straßen unter I und II entfernt	47–50	40–43

Tabelle 1 Straßenverkehrslärm in London [1], obere und untere dBA-Zahlen, zwischen welchen die Schallintensität während 80% der angegebenen Meßzeiten schwankte (= «Lärmklima»)

Der *Fluglärm* figurierte in London unter dem verschwindenden Anteil der restlichen 1% der «übrigen Lärmursachen» an erster Stelle. Er war auffallend gering, wurde nur in den südwestlichen Quartieren beobachtet und nur dann bemerkt, wenn der Basislärm der betreffenden Stelle unter 60 dBA lag. Leider besitzen wir keine vergleichbaren Zahlen schweizerischer Städte. Jedoch würde es nicht überraschen, wenn die objektiven Zahlen hier ähnlich lauten würden. Unsere Flugplätze liegen zwar mehr in Stadtnähe, doch weisen sie niemals die Frequenz des Londoner Flughafens auf.

Völlig anders liegt die Lärmsituation jedoch für die flugplatznahen Außenquartiere einer Stadt. Der Fluglärm kann hier nicht in der gleichen Weise als «Lärmklima» geschätzt werden wie der Straßenverkehrslärm. Die Spitzen sind seltener, aber bedeutend intensiver. Im Laufe der letzten Jahre entstanden verschiedene Vorschläge zur Standardisierung der Meßkriterien. *Borsky* [2] schlug vor, die Zeit zu verwerten, während welcher der Fluglärm in den Oktavbandspektren von 600–1200, 1200–2400 und 2400–4800 Hz die Schwellen von beispielsweise 60, 70, 80 dB etc. überschreitet. Der englische «Noise report» [1] schlägt als Norm den «Noise and Number Index» vor, der nach folgender Formel berechnet wird: $NNI = \text{logarithmischer Durchschnitt der Lärmspitzen in PNdB (perceived noise levels)} + 15 \log N - 80$. Dabei bedeutet N die Anzahl der Lärmspitzen pro ganzen Tag oder Nacht.

Die Abb. 1 gibt eine graphische Darstellung der Zonen gleicher Lärmintensität um den Flugplatz Heathrow in der NNI-Skala für das Jahr 1961 und als Schätzung für das Jahr 1970. Auffallend ist die geschätzte starke Ausweitung der einzelnen Zonen für das Jahr 1970. Sie ist vor allem durch die große Zahl der Überfliegungen mit Düsenflugzeugen bedingt (60 pro Tag für das Jahr 1960, 260 für das Jahr 1965 und 400 für das Jahr 1970). Die bisherige Entwicklung hat diese Zahlen eher überholt. In den beiden Teilen der Abb. 1 ist deutlich erkennbar, wie in der Verlängerung der hauptsächlichlichen Pistenachsen eigentliche «Lärmschneisen» entstehen. Der Streifen mit einem NNI-Index von 55 besaß 1960 eine Länge von rund 10 km und wird gemäß der Schätzung im Jahre 1970 eine solche von rund 16 km aufweisen. Derartige Ausweitungen der Lärmzonen müssen überall dort zu einem Problem werden, wo die geographischen Verhältnisse relativ eng sind, wie dies in Mitteleuropa und besonders in der Schweiz fast überall der Fall ist. Auf diese Weise geraten mit der Ausweitung fast automatisch beträchtliche Wohn- und Arbeitsquartiere in den Bereich starken Lärms.

Der *Industrielärm* spielt in Städten eine bedeutend geringere Rolle als die übrigen Lärmquellen. Zu den Industriearten, die bedeutenden Lärm verursachen, gehören Schmieden und metallverarbeitende Prozesse aller Art und mechanisierte Betriebe wie Webereien. In den meisten Fällen stellt sich viel mehr ein arbeitsmedizinisches Problem für den Schutz des Arbeiters als ein siedlungshygienisches Problem für die Anwohner. In London wurden an den 7% der Meßstellen, wo der Lärm von der Industrie herrührte, durchschnittlich 60–70 dBA gemessen. Diese Intensität ist relativ nicht übermäßig groß. Ferner lagen mehr als die Hälfte solcher Meßstellen an Orten, wo sehr wenig Bevölkerung angesiedelt ist, wie z. B. in den Docks.

An den 4% der Meßstellen, wo der *Eisenbahnlärm* dominierte, fanden sich höhere Meßwerte zwischen 80 und 90 dBA. Dieser Schall trat im Gegensatz zu anderen Lärmquellen besonders regelmäßig auf, mit Ausnahme von Rangierarbeiten.

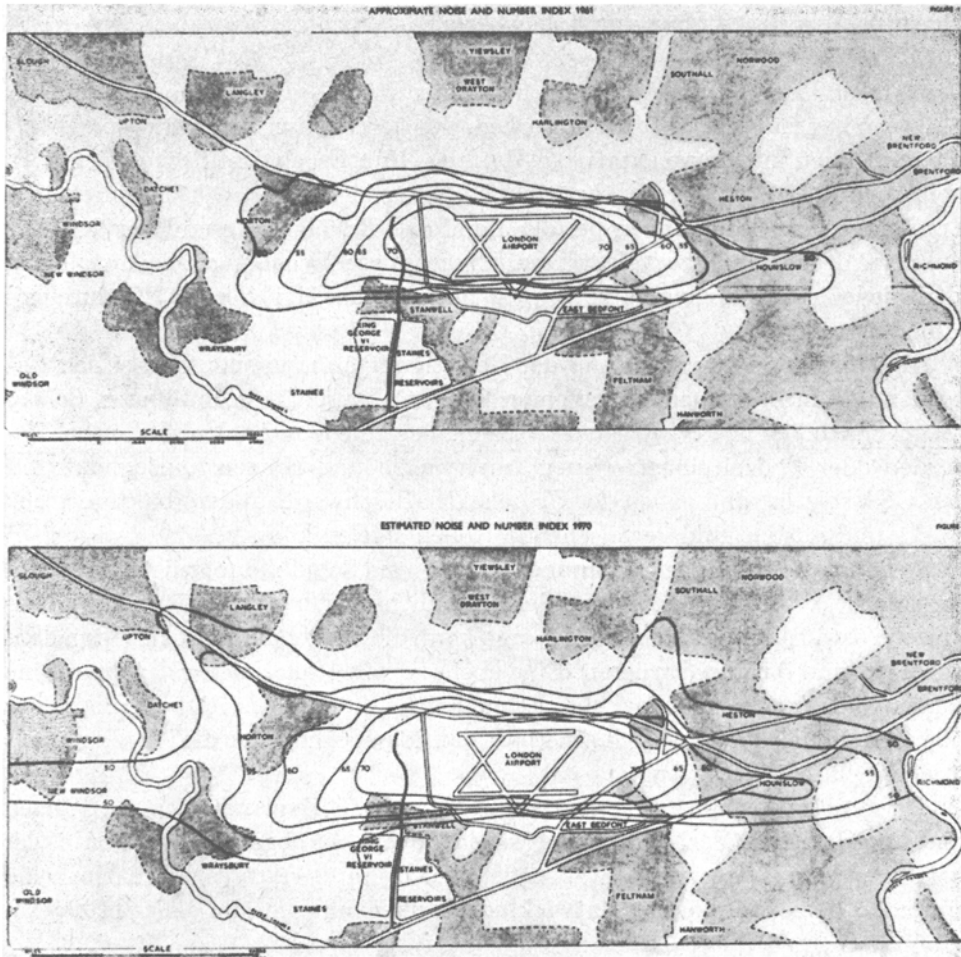


Abb. 1 Die Zonen gleicher NNI-Lärmwerte (Noise and Number Index) in der Umgebung des Flugplatzes Heathrow für das Jahr 1961 und Schätzung für das Jahr 1970

Beim *Abbruch- und Baulärm* fiel besonders die Unregelmäßigkeit auf. An den 4% der Meßstellen in London, wo dieser Lärm dominierte, betrug er zwischen 65 und 75 dBA. Direkt an den Baumaschinen selbst könnten natürlich höhere Werte erhoben werden. Bulldozer, Steinbrecher, Bohrhämmer usw. verursachen rund zwischen 80 und 90 dBA. Ferner verkehren im Bereich von Baustellen meistens viele schwere Lastwagen, die ebenfalls in der Regel 85 und mehr dBA verursachen.

Lärm aus *Häusern und Wohnungen* war nur in Ausnahmefällen die Ursache des gemessenen Schalls. Als Hauptquellen figurierten HiFi-Geräte, Fernsehen, Radios und Kinder. Diese Quellen traten nur dort in Erscheinung, wo der Basislärm relativ klein war. Sie überschritten nur in Ausnahmefällen 80 dBA.

Die subjektive Belästigung durch den Lärm

Das Ausmaß der Lärmbelästigung kann nur durch soziologische Erhebungen einigermaßen zuverlässig erfaßt werden. Bis jetzt existieren nur wenige derartige Studien mit repräsentativem Umfang. Ihre Ergebnisse decken sich aber weitgehend. Der bereits erwähnte englische «Noise report» [1] bespricht die Ergebnisse von Befragungen bei der Londoner Bevölkerung und bei den Anwohnern des Flugplatzes Heathrow. Eine andere Erhebung bei Anwohnern verschiedener Militärflugplätze wurde in Amerika von *Borsky* [2] durchgeführt.

Die Möglichkeit, das Ausmaß der Belästigung anhand spontan bei den Behörden und in Zeitungen eintreffender Klagen abzuschätzen, muß nach *Borsky* [2] grundsätzlich in Frage gestellt werden. Verschiedene Analysen aller bei Behörden oder Polizei eingetroffenen Anregungen und Klagen in England und den USA zeigten, daß neben der Ursache der Beschwerde andere Faktoren sehr starke und oft das Bild verfälschende Rollen spielen können.

So hängt die Häufigkeit spontaner Klagen vom Schulbildungsniveau ab, vom Geschlecht, vom Alter, vom Grad der persönlichen Abhängigkeit von der Lärmursache usw. Innerhalb solcher Faktoren kann die Klagehäufigkeit im Verhältnis von 1 : 10 und darüber variieren. Eine ebenso große Rolle spielt es auch, ob eine Person die Vorstellung hat, die Lärmursache könne beseitigt werden oder nicht, die Behörde werde sich ernsthaft damit befassen oder die Angelegenheit in eine Schublade legen usw.

Diese Situation illustriert sehr sinnfällig eine in England über alle Klagen und gerichtlichen Verhandlungen wegen Lärms durchgeführte Statistik der beiden auf den letzten Krieg folgenden Jahrzehnte. Es läßt sich darin keine sinnvolle Beziehung zu der Entwicklung der Lärmquellen im gleichen Zeitabschnitt sehen.

Daher verdienen die Ergebnisse der soziologischen Umfragen wegen ihrer Reproduzierbarkeit und ihrer echten Abhängigkeit vom Lärm ein um so größeres Interesse. Die wichtigsten Ergebnisse einer Erhebung über den *Stadtlärm* bei der Londoner Bevölkerung lassen sich wie folgt zusammenfassen [1]:

Derselbe Lärm stört viel mehr, wenn man zu Hause ist, als außer dem Hause oder bei der Arbeit. Pro 100 Personen, die Störung durch den Lärm erwähnten, fanden 99 den Lärm störend, wenn sie zu Hause waren, jedoch bloß 35 Personen, wenn sie außer Hause waren, und nur 26 Personen, wenn sie dem gleichen Lärm bei der Arbeit ausgesetzt waren. Aus diesem ersten Befund geht die wichtige Folgerung hervor, daß die Wohnung und das Haus als der Ort der Ruhe, der Erholung und der privaten Sphäre im allgemeinen die Orte der größten Lärmempfindlichkeit sind.

Im eigenen Hause stört der von außen stammende Lärm bei weitem mehr, als Lärm aus Nachbarwohnungen, oder gar Lärm aus der eigenen Wohnung.

Pro 100 Personen entfallen 84 Angaben über Lärmstörung auf Ursachen außerhalb des Hauses, 16 auf Ursachen innerhalb des Hauses und nur 1 auf Ursachen aus der eigenen Wohnung. Dieser Befund unterstreicht in krasser Weise das Bedürfnis nach Privatsphäre und dessen Anfälligkeit gegenüber Lärm.

Die Aufschlüsselung des von außen stammenden störenden Lärms nach der Herkunft ist ebenfalls aufschlußreich. Von den 84% der durch Außenlärm gestörten Personen beklagten sich 36% über den Lärm des Straßenverkehrs, nur 9% über den Fluglärm, gefolgt von 8% wegen Kindern, 7% wegen Stimmen Erwachsener usw. Demzufolge ist Straßenlärm in der Stadt mit Abstand die wichtigste Störursache, wie man es schon anhand der Schallmeßstatistiken in Tab. 1 annehmen konnte.

Neben den Aufschlüsselungen jener Personen, die durch Lärm gestört werden, ist natürlich auch die Betrachtung jener Personen wichtig, die bei der Befragung gar keine Belästigung durch den Lärm angaben.

Der Lärm von außerhalb des Hauses wurde im Durchschnitt nur von 10% der Personen überhaupt nicht wahrgenommen. Lärm von innerhalb des Hauses haben dagegen 72% der Personen und solchen aus der eigenen Wohnung sogar rund 94% nicht wahrgenommen. In allen Gruppen beklagte sich ungefähr die Hälfte der Personen, die den Schall wahrnehmen, auch über ihn.

Da diese Befragung zum Teil in den Jahren 1948 und 1961 mit der gleichen Technik wiederholt wurde, besteht auch die Möglichkeit, in dieser Richtung Vergleiche anzustellen. Während 1948 noch 58% angaben, sie würden nie Lärm von außerhalb des Hauses wahrnehmen, waren es 1961 nur noch 9% der Befragten. Auf der anderen Seite nahm die Zahl derer, die keinen Lärm von innerhalb des Hauses wahrnahmen, im gleichen Zeitraum sogar von 60 auf 72% zu. Die Empfindlichkeit gegenüber dem Hauslärm dürfte somit als Folge des zunehmenden Außenlärms zurückgehen.

Da der *allgemeine Straßenlärm* die weitaus wichtigste Rolle spielte, hat man bei einem Teil der befragten Personen versucht, eine Beziehung zwischen Intensität und Lästigkeit dieses Lärms zu finden. Man befragte dazu Personen, während sie vor ihrem eigenen Hause saßen. Sie erhielten eine Skala vorgelegt, die von «ruhig» über «recht laut» und «sehr laut» bis zu «extrem laut» reichte. Sie mußten ihre subjektive Empfindung möglichst «genau» eintragen, und gleichzeitig hat man die Intensität des Lärms gemessen. Objektiver Lärm und subjektive Lästigkeit wurden dann einander in einem Koordinatennetz gegenübergestellt. Dabei kamen die Angaben von 75% aller Personen in das Feld zu liegen, welches in der Abb. 2 zusammen mit Untersuchungen über andere Lärmquellen und Situationen dargestellt ist. Die Betrachtung dieses kritischen Feldes der Abb. 2 läßt die folgenden Schlüsse zu:

- Von rund 60 bis 65 dBA weg wird Straßenlärm nicht mehr indifferent beurteilt. Der Grad der Lästigkeit beginnt anzusteigen.
- Extrem starke Lästigkeit entsteht durch den Straßenlärm nicht, da die An-

SUBJEKTIVE BEURTEILUNG VERSCHIEDENER LÄRMARTEN

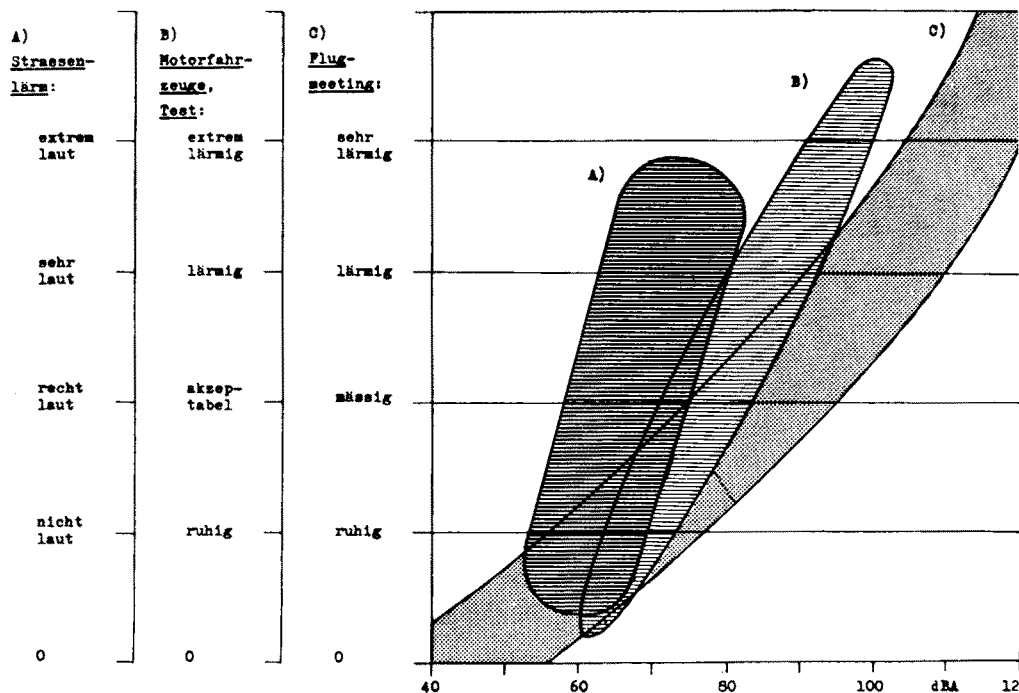


Abb. 2 Die experimentell ermittelte subjektive Lästigkeit von drei Lärmarten. Noise Report [1]

gabe «extrem laut» nur von sehr wenigen Personen gemacht wurde. Die objektive Intensität des Schalles reichte ebenfalls nur bis rund 80 dBA.

– Bei steigender Schallintensität des Straßenlärms nimmt die Lästigkeit auffallend rapid zu, da das schraffierte Feld sehr steil ansteigt.

Neben diesen «Vor-dem-Haus-Befragungen» wurde eine ähnliche Analyse unter experimentellen Bedingungen durchgeführt. Die Versuchspersonen wurden an einer Piste fern von ihrer Wohnung aufgestellt und mußten anhand einer ähnlichen Skala die Lästigkeit des Lärms vorbeifilrierender Motorfahrzeuge beurteilen. Das Ergebnis dieser Analyse findet sich in der gleichen Abb. 2. Die Ergebnisse dieses Versuches lauten:

- Wie beim Straßenlärm «zu Hause» sind Intensitäten über 60 bis 65 dBA nicht mehr indifferent, da die Lästigkeitskurve anzusteigen beginnt.
- Gleiche Intensitäten sind fern der Wohnung bedeutend weniger lästig als vor der eigenen Wohnung.

Die höchsten Lästigkeitswerte liegen nur deshalb wesentlich höher, weil auch bedeutend höhere Schallintensitäten vorkamen als bei der Hausbefragung.

Analoge experimentelle und soziologische Untersuchungen sind in England auch über die Lästigkeit des Fluglärms durchgeführt worden.

Ein direkter Vergleich mit dem Motorfahrzeuglärm ergibt sich anhand der Ergebnisse eines Befragungsexperimentes bei einem Flugmeeting in Farnborough. Die Anlage des Versuchs entsprach weitgehend dem bereits geschilderten Versuch mit den vorbeifahrenden Motorfahrzeugen. Das Ergebnis ist ebenfalls in der Abb. 2 dargestellt. Auch hier begann die Lästigkeit bei einer Lärmstärke von rund 60 dBA anzusteigen. Die höchsten Werte wurden aber erst bei noch höheren Lärmintensitäten erreicht als bei den vorbeifahrenden Motorfahrzeugen. Bei Vorbeiflügen wurde der Lärm erst bei 110 dBA mit «sehr lärmig» beurteilt, gegenüber der Beurteilung «extrem laut» für rund 90 dBA beim Vorbeifahren von Motorfahrzeugen.

Diesem auffallenden Befund entspricht auch das Ergebnis der Befragung der Anwohner des Flugplatzes Heathrow [2]. Die hauptsächlichen Resultate dieser Befragung sind in der Abb. 3 als Funktionen der subjektiven Einstufung der Lästigkeit auf einer von 1-5 gehenden Lästigkeitsskala dargestellt. Im Durchschnitt erfolgte der Eintrag dann auf der Mitte dieser gradierten «Lästigkeitsskala», wenn die gemessene Schallintensität im Durchschnitt der Überfliegungen rund 95 PNdB betrug. PNdB (= perceived noise levels) stellen eine Maßeinheit dar, die die «Lärmigkeit» [3] mitberücksichtigt, und die grob

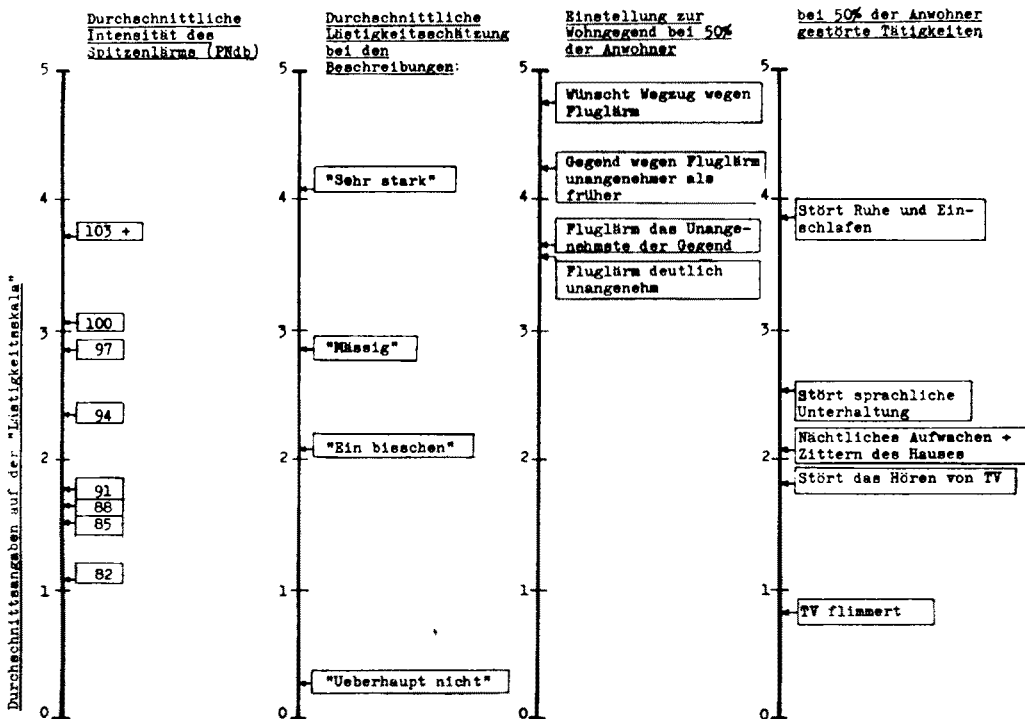


Abb. 3 Ergebnisse einer Untersuchung bei den Anwohnern des Flugplatzes Heathrow als Funktion der subjektiven Einstufung der Lästigkeit nach McKennell [8]

betrachtet einer um rund 15 Einheiten niedrigeren dBA Zahl entspricht. Somit entsprechen 94 dBA rund 80 dBA. Auffallend ist, daß erst bei über 105 PNdB Spitzenlärm mehr als 50% der Personen den Fluglärm als das Unangenehmste der Gegend betrachten oder gar wegziehen möchten, während die Störung verschiedener Aktivitäten, wie z.B. des Radio- und Fernsehzuhörens oder der Konversation schon bei weit geringeren Lärmengen bereits bei 50% der Personen vorhanden war. Diesem günstigen Umstand der relativ besseren Verträglichkeit des Fluglärms steht die ungünstige Tatsache gegenüber, daß der Fluglärm bedeutend höhere Lärmspitzen verursacht als praktisch jede andere Lärmart und daß diese Lärmspitzen sich über relativ weite Areale flächenförmig ausbreiten.

Dies zeigt ein Blick auf die bereits besprochene Abb. 1 mit der Schallkarte für Heathrow 1961 und deren Schätzung für 1970. Dort sind nicht Kurven gleicher Schallintensität, sondern gleicher NNI-Indices eingetragen. Die Abhängigkeit der subjektiven Lärmbelästigung von der NNI-Skala wurde ebenfalls untersucht. Es zeigte sich, daß mit einem NNI-Index von 55 die Störung als «sehr lästig» empfunden wurde, ähnlich wie bei einem PNdB-Wert von rund 110 dBA anlässlich der Befragung bei einem Flugmeeting (Abb. 2).

Aus dieser Sicht umschließt die NNI-55-Kurve zweifellos ein beträchtliches Flächenareal. Die amerikanische Studie bei Flugplatzanwohnern von Militärbasen von *Borsky* [2] kam im wesentlichen auf die gleichen Resultate wie die englischen Studien. Darüber hinaus untersuchte diese Studie besonders eingehend den Einfluß verschiedener soziopsychologischer Faktoren. Auch hier lagen die Ergebnisse ähnlich wie in England. Es wurde insbesondere gefunden, daß der Grad der subjektiven Lästigkeit bei folgenden Umständen zunimmt:

- wenn mehr Aktivitäten durch den Lärm gestört werden (Konversation, Schlaf, usw.);
- wenn mehr Angst vor Abstürzen und Zusammenstößen von Flugzeugen vorhanden ist;
- wenn der Flugplatz als weniger wichtig angesehen wird und wenn die Ansicht besteht, die verantwortlichen Behörden kümmerten sich nicht um die Wohlfahrt der Anwohner und Angestellten;
- wenn andere Umstände des Siedlungsgebietes unangenehm sind;
- wenn keine persönliche Beziehung zum Fliegen besteht (oder seit langem nicht oder noch nie geflogen, kein Familienangehöriger auf dem Flugplatz beschäftigt);
- wenn die Anfälligkeit gegenüber flugfremdem Lärm (Verkehr usw.) größer ist;
- wenn die Lästigkeit des Fluglärms schon länger bestanden hat.

Dagegen hatten verschiedene andere Faktoren nicht den erwarteten Einfluß. So bestand nur ein leichter Alterseinfluß, indem bei Betagten eine schwache Tendenz zu geringerer Lästigkeitsanfälligkeit bestand. Zwischen den Geschlech-

tern bestanden keine Unterschiede. Bei besserer Schulbildung und kleinerer Familiengröße wurde der Lärm etwas lästiger empfunden. Die Größe des Erwerbseinkommens und die Art des Berufes spielten kaum eine Rolle. *Borsky* [2] schlägt auf Grund dieser Befunde vor, nach einer Berechnungsformel zu suchen, die es gestatten würde, alle diese Faktoren neben der objektiven Stärke und Art des Schalles zu berücksichtigen und daraus rechnerisch das «Klagepotential» einer beliebigen Bevölkerungsgruppe zu errechnen.

Objektiv feststellbare Wirkungen des Lärms auf Leistung und Gesundheit des Menschen

Angesichts des noxiven und lästigen Charakters von Lärm stellt sich die Frage, ob er auch für Krankheiten verantwortlich sei und ob er die Leistungsfähigkeit beeinträchtigen könne.

Eine große Zahl von Laboratoriumsuntersuchungen ergab, daß der Lärm tatsächlich über die reine Belästigung hinaus eine ganze Skala weiterer Wirkungen hat. Die Vielfalt dieser Wirkungen ergibt sich weitgehend aus der Art der Verbindungen des nervösen Schallapparates im Gehirn mit anderen funktionellen Systemen. Entwicklungsgeschichtlich gesehen ist das Ohr ein Alarmorgan. Jeder Alarm stellt das Individuum auf maximale Abwehrbereitschaft ein. Dazu muß die vegetative Steuerung die inneren Organe, das Herz, den Kreislauf, die Atmung, den Stoffwechsel und den hormonellen Zustand des Blutes auf das Niveau höchster Leistungsfähigkeit bringen. Das animale Nervensystem, welches alle bewußten Vorgänge steuert, muß gleichzeitig alle bewußten Tätigkeiten, welche nicht Flucht und Abwehr dienen, ausschalten und den Spannungszustand der Muskulatur erhöhen. Die sich damit ergebenden mannigfaltigen Wirkungen sind möglich, weil der nervöse Schallapparat des Hirns besonders starke Beziehungen zur *Formatio reticularis* aufweist. Dieses Gebilde wird auch als «Weckzentrum» des Hirns bezeichnet. Deren Eigenheit besteht darin, daß sie als diffuses Netzwerk von Nervenfasern praktisch mit allen übrigen spezialisierten nervösen Apparaten des Hirns mehr oder weniger starke Verbindungen besitzt. Besonders frühzeitig wurden die *vegetativen Reizaktionen* auf den Lärm untersucht. Bei Lärmimpulsen ab rund 75–80 dBA kommt es zu meßbaren Verengerungen der Blutgefäße und damit zu einem Anstieg des Blutdrucks, der von sehr kurzer Dauer ist, sofern der Lärm nicht exzessiv hoch ist. Noch empfindlicher reagiert die Atmung mit einer Beschleunigung und der elektrische Hautwiderstand mit starken Verschiebungen der Ruhelage. Im Blut und Urin lassen sich vermehrt «Streß-» oder «Arbeits-hormone» nachweisen. Diese haben insofern eine besondere Bedeutung, als in Experimenten an Menschen und Tieren nachgewiesen werden konnte, daß das subjektive Unbehagen mit der vermehrten Ausscheidung dieser Hormone ins

Blut gekoppelt ist. Bei Streß verschiedener Art waren Abwehrsymptome bei Tieren oder Angaben über Belästigung beim Menschen nur dann vorhanden, wenn gleichzeitig auch diese Hormonausschüttung nachgewiesen werden konnte.

Neben diesen Hauptsymptomen der vegetativen Reizung durch Lärmstöße konnte eine ganze Reihe weiterer Effekte nachgewiesen werden, wie z. B. ein vermehrtes Auftreten von Erythrocyten im Blut, Einflüsse auf den Stoffwechsel des Blutzuckers, auf die Peristaltik und die Sekretion des Magendarmrohres usw.

Das Auftreten von *Krankheiten* als Folge chronischer Lärmbelastung würde angesichts der vegetativen Reizeffekte durch stets wiederholte Lärmstöße nicht überraschen. Jedoch liegen bis jetzt nur wenige und widersprüchliche Untersuchungen vor. *Jansen* [4] berichtete über ein gehäuftes Auftreten von krankhaften Herz- und Kreislaufbefunden bei chronisch lärmexponierten Arbeitern. Andere Untersuchungen sprechen von erhöhtem Blutdruck nach jahrelanger Lärmbelastung (*Hrubes*, [5]). Dagegen kommt der englische «Noise report» [1] auf Grund des Vergleiches vieler Arbeiten zum Schluß, daß die bisherigen Studien nicht ausreichen, um das Entstehen chronischer Krankheiten als Folge von Lärm anzunehmen. Dieser angesichts der nachweisbaren vegetativen Effekte von Lärm erstaunliche Befund ist denkbar wegen des erst in letzter Zeit besser abgeklärten Phänomens der «Streßadaptation». Man konnte nachweisen, daß verschiedene Streßarten nur bei den ersten Belastungen eine starke Reaktion auslösen, während in der Folge der Organismus sich an die Belastung «gewöhnt» und viel weniger, später sogar überhaupt nicht mehr reagiert [6].

Seelische Krankheiten scheinen als Folge von Lärm ebenfalls nicht aufzutreten, wenigstens nicht auf Grund der bisherigen Untersuchungen. *Jansen* [4] fand in seiner Arbeit bei den Lärmarbeitern vermehrte zwischenmenschliche Spannungen. Neben diesem sicher nicht ohne weiteres als Zeichen psychischer Schädigung auffaßbaren Befund fand er keine weiteren Anhaltspunkte in der gleichen Richtung. Aus anderen Untersuchungen sind uns nur widersprechende und negative Ergebnisse bekannt.

Schlafstörungen sind eine allgemein anerkannte Folge von Lärm. Jedoch spielen individuelle Unterschiede eine sehr große Rolle. *Steinicke* [7] fand in einem Experiment, daß 10% seiner Versuchspersonen bereits bei Lärmstößen von 30 Phon aufwachten, während auf der anderen Seite rund 10% der Versuchspersonen auch bei 70 Phon noch nicht aufwachten. Bei rund 45 Phon wachte die Hälfte der Versuchspersonen auf (Lärmstöße von 2 Minuten Dauer im Frequenzbereich zwischen 60 und 5000 Hz). Aufschlußreicher als reine Laboruntersuchungen wären Felduntersuchungen. Leider liegen nur wenige solche vor. *McKennell* [8] fand bei den Anwohnern des Flugplatzes Heathrow, daß bei Außenlärm von rund 80 PNdB (= ca. 65 dBA) und mehr die Zahl der Personen mit Klagen über Schlafstörungen anzusteigen begann. Interessant wäre es, die indirekte Wirkung von Schlafstörungen auf die Leistungsfähigkeit

und die vegetative Steuerung des Organismus zu kennen. Jedoch bestehen in dieser Hinsicht keine uns bekannten schlüssigen Untersuchungen.

Einflüsse auf die *Arbeitsleistung* müssen auch heute noch als fraglich angesehen werden. Es entspricht der allgemeinen Erfahrung, daß geistig anspruchsvolle Arbeit oder Lernen bei Lärm erschwert sind. Doch lassen sich besonders geistige Arbeiten schwer unter Laboratoriumsbedingungen standardisieren und untersuchen. Für andere Arbeiten sind die Ergebnisse auch heute noch schwer überblickbar. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Kontinuierlicher Lärm scheint in Stärken bis 90 dB verschiedene Tätigkeiten, die von Muskelarbeit bis zu arithmetischem Rechnen reichen, wenig oder kaum zu beeinträchtigen (*Kryter* [9]). Die Ausnahme bilden Arbeiten, bei denen die sprachliche Verständigung benötigt wird, sowie Arbeiten, wo eine dauernde Aufmerksamkeit bei monotonem Arbeitsbild verlangt wird (*Broadbent* [10]). Bei diesen beiden Arbeitstypen steigt die Zahl der Fehler an, doch sinkt die geleistete Arbeitsmenge kaum.

Unregelmäßiger und unerwarteter Lärm scheint die Arbeitsleistung eher zu beeinträchtigen. In Labor- und Industrieuntersuchungen zeigte sich, daß nach einzelnen Lärmstößen die Leistung oft geringer und die Fehlerzahl größer war, um sich dann aber sehr rasch jedesmal wieder zu erholen. Regelmäßig unterbrochener Lärm beeinträchtigt die Leistung ebenfalls nur unter gewissen Bedingungen, wie aus der Zusammenfassung vieler Arbeiten durch *Plutchik* [11] hervorgeht. Die Beeinträchtigung tritt eher ein, wenn die Lärmspitzen selten auftreten. Je näher sie zeitlich aufeinanderfolgen, um so eher entsteht die Bedingung des kontinuierlichen Lärms, welche die Leistung am wenigsten beeinträchtigt.

In verschiedenen Experimenten hat man mit Lärm sogar Leistungsverbesserungen festgestellt. Die Verbesserung trat üblicherweise in der unmittelbar auf die Lärmspitze folgenden Erholungsphase auf, und wurde von den meisten Autoren als Bestandteil des «Anrege- und Weckeffektes» durch den Lärm angesehen. So kann es nicht erstaunen, daß man auch versucht hat, die Leistung durch Musik zu verbessern. *Uhrbrock* [12], der diese Arbeiten kritisch betrachtete, kam zum Schluß, daß auch hier noch kein eindeutiges Urteil möglich ist.

Broadbent [10], der selber viele Untersuchungen über den Einfluß des Lärms auf die Leistung durchführte, kam auf Grund der schwer erklärbaren Widersprüche in seinen eigenen und fremden Arbeiten zu einer interessanten Hypothese. Er nahm an, daß jeder Wechsel des Schallniveaus eine kurzdauernde Beeinträchtigung mit nachfolgender Verbesserung bewirkt. Die menschliche Arbeit selber geht aber auch ohne daß eine Störung vorhanden ist in der Rhythmik kleiner Zeitabschnitte von Leistung und Erholung vor sich. Sobald der Rhythmus der Arbeit durch eine Maschine oder anderswie vorgegeben ist, kann aber der Mensch die während der Schallspitzen aufgetretenen Leistungseinbußen in der Periode der nachfolgenden Erholung nicht mehr wettmachen,

weil die Rhythmik der Arbeit und jene Lärmstörung sich überschneiden. Dies würde erklären, warum in der maschinengebundenen Arbeit, wie *Weston* und *Adams* [13] und in der Folge auch weitere Autoren nachwiesen, echte und beachtliche Leistungsverluste durch Lärm auftreten.

Die Störung der *Sprachverständlichkeit* stellt dagegen eine anerkannte Folge von Lärm dar und kann die Leistung in entsprechenden Situationen natürlich sehr beeinträchtigen. Bei der Sprache hängt die Verständlichkeit vor allem vom Informationsgehalt der Wörter und Sätze ab. Einfache Wörter sind bei Lärm verständlicher als Fremdwörter, bedeutungslose Silben sind weniger verständlich als ganze Wörter usw. Zwischen der Verständlichkeit für diese Kategorien und der Lärmstärke bestehen experimentell ermittelte quantitative Beziehungen, die in der Abb. 4 dargestellt sind. Daraus geht hervor, daß akzeptable und angenehme Bedingungen erst dann entstehen, wenn die Störgeräusche um mindestens 5 dB leiser sind als die Schallintensität der Sprache. Somit wird die Sprachlautstärke zu einem entscheidenden Faktor. Diese ist nicht einmal leicht zu bestimmen, da sie aus einem komplexen Frequenzmuster

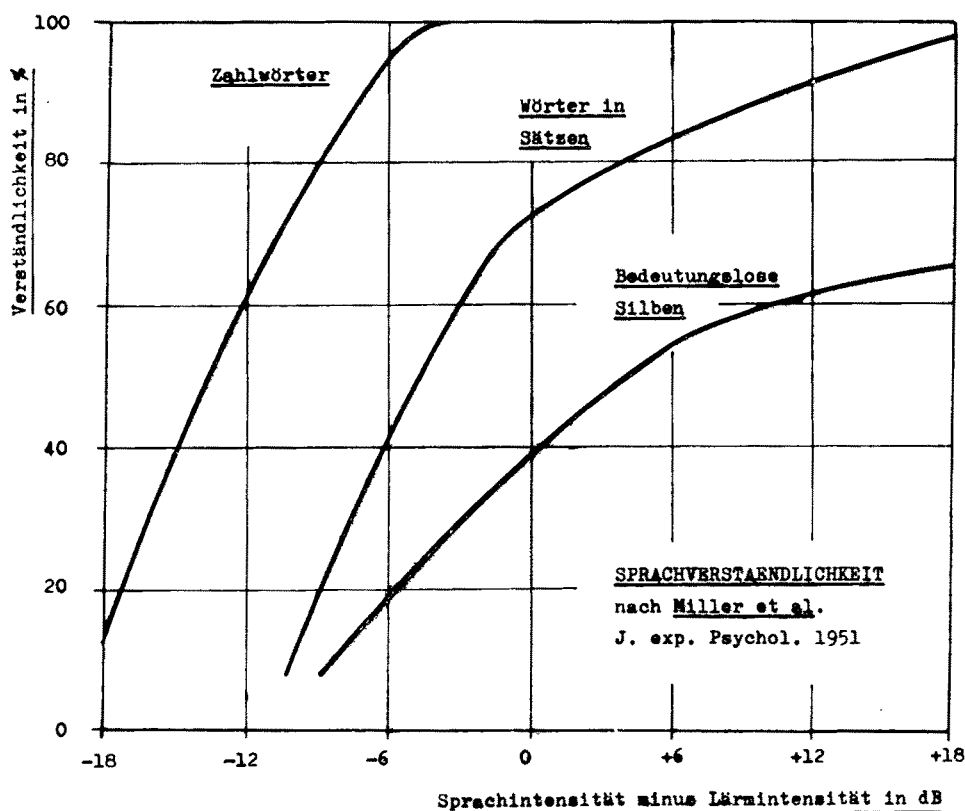


Abb. 4 Verständlichkeit als Funktion der Differenz zwischen Sprachintensität und Störlärm [16]

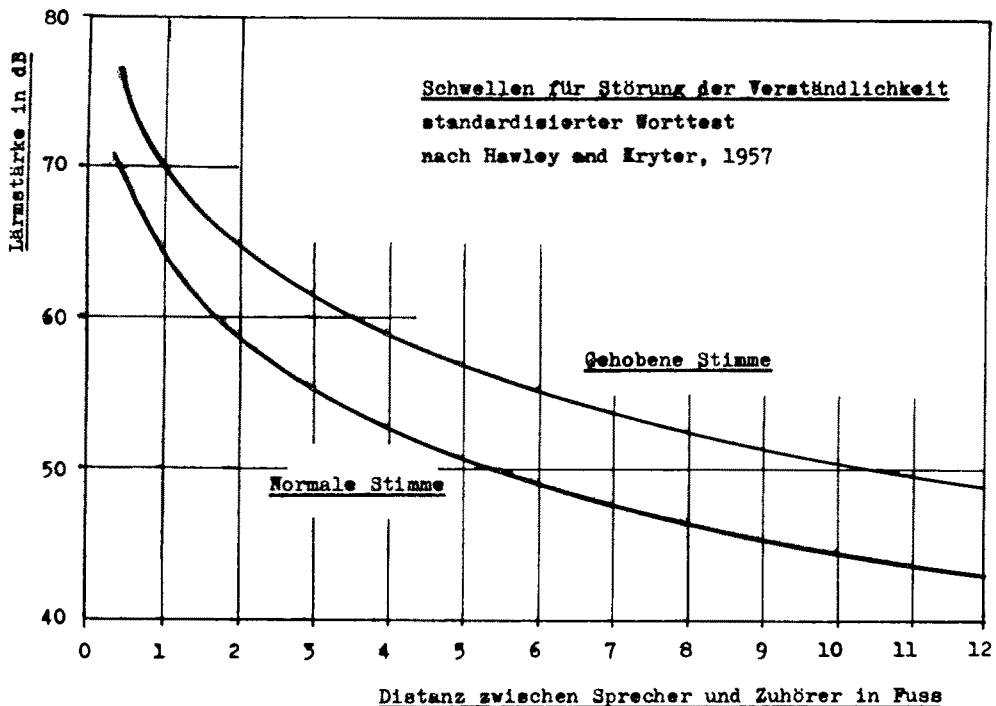


Abb. 5 Sprachverständlichkeit als Funktion des Abstandes des Zuhörers vom Sprecher [14]

hoher und tiefer Frequenzen zusammengesetzt ist. In einem Meter Abstand vom Sprecher beträgt die durchschnittliche Sprachlautstärke über alle Frequenzen hinweg ca. 65 dB, um bei größerem Abstand sehr rasch abzunehmen. Daraus ergibt sich die praktisch wichtige Beziehung zwischen Sprachlautstärke, Störlärmstärke und Abstand vom Sprecher, die in der Abb. 5 nach der Arbeit von *Hawley* und *Kryter* [14] dargestellt ist. Auffallend in dieser Darstellung ist, daß die Kurve der Verständlichkeit für die «gehobene Sprache» nicht im Bereich stärkerer Störgeräusche liegt, obschon man fähig ist, seine Sprache um volle 10 dB zu steigern. Dies rührt daher, daß die Verständlichkeit der Sprache nicht gleichmäßig gesteigert werden kann, sondern die Vokale mehr als die Konsonanten. Eine gewisse Hilfe für die Sprachverständigung bedeutet es, wenn man dem Sprecher auf den Mund schauen kann. In diesem Falle kann die Verständlichkeit um bis zu 30% ansteigen. Die schlechtere Sprachverständlichkeit bei Lärm ist nicht dessen einzige Folge. Das automatisch auftretende lautere Sprechen und die größere Anstrengung von seiten des Zuhörers bedingen eine zusätzliche stärkere Ermüdung.

Die sukzessiv bei starkem Lärm eintretende *Schwerhörigkeit* stellt eine spezielle Wirkung dar. Früher wurde angenommen, daß dauernde Schwerhörigkeit als Ausdruck einer Schädigung des Innenohrs nur bei Knall und Explo-

sionen auftreten könnte. Später hat man erkannt, daß auch dauernde Lärmbelastung die gleichen Folgen haben kann. Das klinische Bild ist in beiden Fällen gleich. Die Abnahme der Hörfkraft setzt vorerst bei den hohen Tönen ein und erfaßt dann sukzessive auch das Wahrnehmungsvermögen tiefer Töne. Die Altersschwerhörigkeit hat den gleichen Verlauf. So wird die Situation oft erst dann bemerkt und prekär, wenn sich die beginnende Altersschwerhörigkeit auf eine bereits bestehende Lärmschwerhörigkeit aufpfropft. Schon frühzeitig versuchte man die Limiten festzustellen, ab welchen eine Lärmschwerhörigkeit eintreten kann. Diese Limiten wurden sukzessive tiefer angesetzt. Die neuesten Ergebnisse (Abb. 6) stammen von *Burns* und *Little* [15]. Sie gelten für Lärmgeräusche von täglich achtstündiger Dauer und zeigen, daß das Ohr besonders gegenüber den hohen Frequenzen schadenanfälliger ist als gegenüber den niedrigen Frequenzen. Neuerdings bestehen sogar Tendenzen, diese Limiten noch tiefer anzusetzen. Für eine Berechtigung solch strenger Limiten spricht die Tatsache, daß man bei der Großstadtbevölkerung bei Erhebungen ein schlechteres Gehör gefunden hat als bei primitiven Bevölkerungen, die keinem Lärm ausgesetzt sind. Für diesen Unterschied den Lärm verantwortlich zu machen, darf wahrscheinlich nicht ohne weiteres als reine Spekulation angesehen werden.

Gesamthaft betrachtet stehen somit als Lärmfolgen die Erschwerung von Schlaf

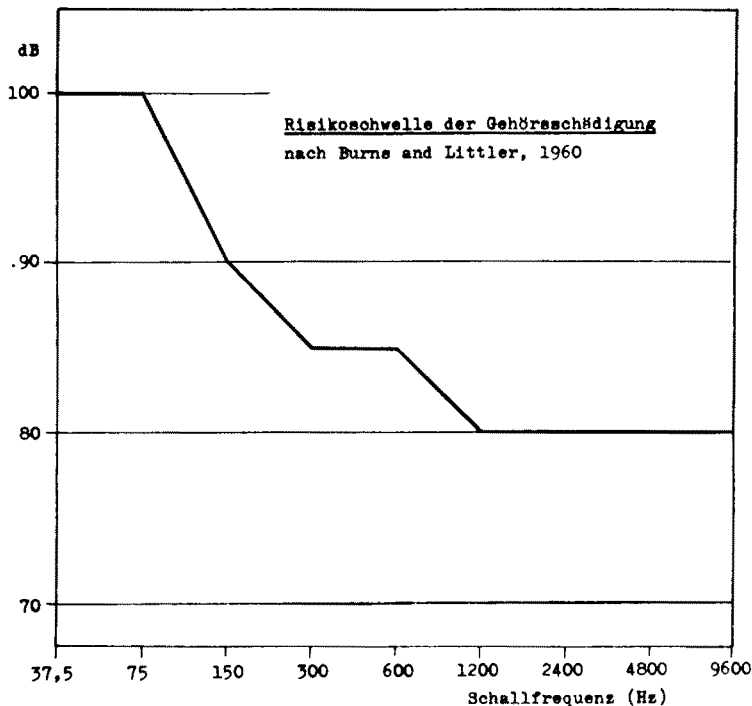


Abb. 6 Risikoschwelle für Gehörschädigung bei täglich achtstündiger Lärmexposition [15]

und Ruhe, die Störung der Konversation und Gehörschäden im Vordergrund, wobei Gehörschäden nach den heutigen Kenntnissen vor allem auf die Arbeiter von Lärmbetrieben beschränkt bleiben dürften. Dazu kommt die bereits diskutierte Beeinträchtigung des subjektiven Wohlbefindens. Auf der anderen Seite bestehen bis heute kaum Anhaltspunkte, daß Lärm Krankheit seelischer oder körperlicher Art erzeugt, und die Angaben über die Beeinträchtigung der Arbeit durch den Lärm sind widersprüchlich. Trotzdem muß der Lärm als ein schweres Problem der Gesundheit angesehen werden. Die Weltgesundheitsorganisation definiert Gesundheit nicht bloß als ein Fehlen seelischer und körperlicher Krankheiten, sondern positiv als den «Zustand körperlichen, seelischen und sozialen Wohlbefindens», auf welchen jeder Mensch ein Anrecht hat.

Die Berücksichtigung des Lärms in der Siedlungsplanung

Bei der Siedlungsplanung ist vor allem in Rechnung zu stellen, daß je nach Charakter und Art jedes Stadtteils verschiedene Ansätze der tolerierbaren Lärm-
limiten vorgesehen werden müssen.

Dies kommt deutlich zum Ausdruck in den Empfehlungen der Eidg. Lärmkommission von 1963 [15]. Diese Empfehlungen lauten:

	Grundgeräusch		häufige Spitzen		seltene Spitzen	
	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags
Kurzzone	35	45	45	50	55	55
Ruhige Wohnzone	45	55	55	65	65	70
Gemischte Zone	45	60	55	70	65	75
Geschäftszone	50	60	60	70	65	75
Industriezone	55	65	60	75	70	80
Hauptverkehrsader	60	70	70	80	80	90

Diese Werte sind als äußerste Limiten zu betrachten, die nicht überschritten werden sollten. Wünschbare Werte müßten im Mittel um rund 10 dBA tiefer liegen, jedoch nicht unter 30 dBA. Als häufige Spitzen sind 7–60 Schallspitzen pro Stunde anzusehen, als seltene Schallspitzen solche von 1–6 pro Stunde. Für die verschiedenen Lärmquellen müssen verschiedene Maßnahmen vorgesehen werden, um diese Ziele zu erreichen.

Beim *Lärm der Motorfahrzeuge* liegt die Sanierung einerseits in der Aufgabe, den Lärm der Fahrzeuge selbst so niedrig wie möglich zu halten und andererseits in der Sanierung des Verkehrs. Der englische «Noise report» [1] legt besonders auf die Sanierung des Verkehrs einen großen Wert. Den größten Lärm erzeugen Motorfahrzeuge beim Anfahren und Beschleunigen. Das Hauptziel wird daher darin gesehen, den Straßenverkehr zu «glätten» und einen gleichmäßigen Ver-

kehrsstuß zu erzielen. Dazu können in erster Linie eine ausgedehnte Lenkung des Verkehrs durch «grüne Wellen» und die Aufteilung der Verkehrsströme auf verschiedene Straßen dienen, auch wenn dazu relativ lange Einwegstraßen in Kauf genommen werden müssen. Durch Eliminierung der verschiedenen Vortrittsrechte, die oft an neuralgischen Punkten zu willkürlichen Vortrittsgewohnheiten führen, kann die allgemeine Zerhackung des Verkehrs vermieden werden. Bauliche Maßnahmen werden vor allem in Ringstraßen, Umfahrungen sowie in Über- oder Unterfahrungen an Kreuzungen gesehen werden. Bei derartigen Maßnahmen muß der Charakter der betroffenen Bezirke in Rechnung gestellt werden. Wohn- und Erholungsbezirke müssen geschont werden.

An den Motorfahrzeugen selbst ist die Hauptgeräuschquelle der Motor inklusive der zugehörigen Aggregate. Die behördlichen Limiten für die zulässigen Werte sind in der Schweiz wie auch in anderen Ländern in den letzten Jahren gesenkt worden. Die Senkung erreichte aber niemals den wünschbaren Ausgleich der Lärmsteigerung infolge der größeren Anzahl von Motorfahrzeugen. Die heutigen Richtwerte gehen je nach Wagenkategorie immer noch bis 90 dB, was als sehr hoher Wert anzusehen ist, wenn man sich vor Augen hält, daß für derartige Fahrzeuge ja kein Verbot etwa des nächtlichen Verkehrs oder des Befahrens eindeutiger Ruhegebiete besteht. Der englische «Noise report» [1] macht auch auf die ungünstige Wirkung der Hubraumbesteuerung bei Automobilen aufmerksam, die zur Folge hat, daß aus kleinen Hubräumen übermäßig viel Leistung unter entsprechendem Lärm erzwungen werden muß. Weitere Lärmquellen an Autos sind Klappergeräusche an Karosserien, ungedämpfte Türen, kreischende Bremsen usw. Es kommt ihnen jedoch nur eine untergeordnete Bedeutung zu.

Die Abwehr des Fluglärms ist, ähnlich wie jene des Verkehrslärms, ebenfalls einerseits ein siedlungsplanerisches und andererseits ein technisches Konstruktionsproblem beim Bau der Flugzeuge.

Der siedlungsplanerischen Vorsorge sind relativ enge Grenzen gesetzt. Gebiete rund um einen Flugplatz, die gemäß den Messungen mehr Lärm aufweisen, als die Richtlinien der Eidg. Kommission zulassen, sollten für bestimmte Bauvorhaben ausgespart werden. Dies gilt ganz besonders für Kurzonen, Schlaf- und Wohngebiete. Eine Verbesserung der Schallisolation an den bestehenden oder neu zu bauenden Häusern in solchen Gebieten würde, wenn sie wirksam sein müßte, derart teuer zu stehen kommen, daß sie für die meisten Fälle außer Betracht fallen müßte. In diesem Zusammenhang kann daran erinnert werden, daß mit einer Verdoppelung der Stärke einer Wand (gewichtsmäßig) bloß eine Zunahme der Schalldämpfung um rund 5 dBA erreicht wird. Aus diesen Überlegungen ergibt sich, daß Flugplätze eigentlich in der nächsten Umgebung nur Industrie und intensive Verkehrszonen aufweisen dürften.

Von technischer Seite sind den Verbesserungen an den Flugzeugen selbst und am Flugplatzverkehr ebenfalls Grenzen gesetzt. Wünschenswert wäre eine

möglichste Reduktion der Nachtkürse, das grundsätzliche Benützen von Traktoren zur Verschiebung von Flugzeugen auf dem Flughafengelände. Ferner müßten Prüfläufe von Motoren nur bei entsprechender Isolation vorgenommen werden. Die direkte Verringerung der Schallstärke an den Düsenmotoren selbst hat bis heute technisch große Schwierigkeiten bereitet. Relativ umfangreiche, kostspielige und leistungsverzehrende Änderungen an den Motoren, um auch nur eine bescheidene Lärmreduktion zu erzeugen, sind benötigt. Die notwendige Lärmreduktion, um wenigstens trotz der Vergrößerung der Flugdichte an den Flugplätzen das bisherige Lärmniveau nicht noch zu erhöhen, wäre aber beträchtlich. Die Abb. 1 zeigt eine Karte der Ausweitung der verschiedenen Lärmzonen um den Flugplatz Heathrow vom Stand des Jahres 1961 auf den geschätzten Stand des Jahres 1970. Diese Ausweitung der Lärmzonen mußte einzig auf Grund der zu erwartenden größeren Verkehrsdichte von Düsenflugzeugen angenommen werden. Gemäß dem englischen «Noise report» könnten auch im Jahre 1970 die verschiedenen Lärmzonen auf dem Stand von 1961 gehalten werden, wenn an den Düsentriebwerken eine Reduktion des Lärms um 7 dB erzielt werden könnte.

Bei der Lärmdämmung innerhalb einer Wohnung muß unterschieden werden zwischen der Lärmdämmung gegenüber Nachbarwohnungen und der Lärmdämmung gegenüber außen.

Die Mauern zwischen Wohnungen reduzieren den Lärm bei guten Verhältnissen um ca. 50 dBA, bei schlechten Verhältnissen bloß um 45 dBA. Da die Lärmquellen innerhalb einer Wohnung selten 80 dBA übersteigen, kann angenommen werden, daß bei guter Isolation nur 30 dBA in die Nachbarwohnungen eindringen, bei ungenügender jedoch 35 dBA. Die Erfahrung hat gezeigt, daß Klagen über Lärm aus Nachbarwohnungen erst dann sehr selten werden, wenn die Lärmdämmung etwa 50 dBA beträgt bzw. wenn nicht mehr als 30 dBA aus der Nachbarwohnung eindringt.

Gegenüber dem Außenlärm ist die Isolation allgemein viel schlechter und problematischer, da ein großer Teil der Fassaden aus Fenstern besteht. Die Gesamtisolation durch Fassadenmauer und Fenster erreicht im günstigsten Fall rund 20 dBA. Bei schlecht schließenden Fenstern sinkt der Wert, und sobald die Fenster nur ganz wenig geöffnet sind, werden nicht mehr als 10 dBA Isolation erreicht. Doppelfenster mit Spezialdichtung erbringen rund 30 dBA Dämmung. Bei äußerstem technischem Aufwand können mit Fenstern bis zu 40 dBA erzielt werden. Die zusätzlichen Baukosten schätzte der englische «Noise report» dann jedoch auf ca. Fr. 150.– pro Quadratmeter Wohnfläche. Diese Zahl ist heute durch die Baukosten überholt. Aus diesen Zahlen geht hervor, daß es nicht möglich ist, den Lärm z. B. von Hauptverkehrsadern auf ein annehmbares Maß zu reduzieren, ohne zur Methode der dauernd geschlossenen Fenster Zuflucht zu nehmen, was natürlich eine künstliche Ventilation bedingt.

Für die Planung von Industrieanlagen in neuen Siedlungen wurden im eng-

lischen «Noise report» die folgenden Gesichtspunkte empfohlen: Als Grundlimite des zulässigen Lärms empfiehlt sich 50 dBA für neue Fabriken oder alte Fabriken, die umgebaut werden. Wenn der Lärm nur während der Arbeitszeit erzeugt wird, dürfen 5 dBA mehr zugelassen werden, wenn er während der Nacht auftritt, 5 dBA weniger. Je nachdem, ob die Fabrik nicht in einem Wohngebiet, sondern im Industriegebiet oder an Hauptverkehrsadern liegt, dürfen 10 bis im Höchsthalle 20 dBA zugegeben werden.

Ein besonderes Problem stellen die Bauarbeiten dar. Ein günstiger Umstand besteht darin, daß derartige Bauarbeiten zum größten Teil in Gebieten durchgeführt werden, die ohnehin schon einen hohen Grundlärm aufweisen, und daß es sich andererseits meistens um eine zeitlich begrenzte Dauer handelt. Als einfachstes Kriterium kann vorgeschlagen werden, daß der Lärm im Innern des nächstliegenden Gebäudes die sprachliche Konversation nicht beeinträchtigen sollte. Die höchste Geräuschintensität, bei der Telefongespräche noch gut möglich sind und eine Konversation auf wenige Meter Distanz vor sich gehen kann, beträgt rund 50 bis höchstens 55 dBA. Da Gebäude mit gut schließenden Fenstern ca. 20 dBA Lärm abhalten und solche mit schlechterer Konstruktion ca. 15 dBA, müßte der Außenlärm höchstens 75 dBA an der Außenwand eines Gebäudes erreichen. Dazu müßten in den meisten Fällen spezielle lärmarme Geräte, Steinbrecher, Preßluftschlämmer usw. benützt werden.

In bezug auf andere Lärmquellen, wie z. B. Eisenbahn, Unterhaltung, Reklame usw. können die zu empfehlenden Richtlinien aus den gleichen Prinzipien abgeleitet werden. Da heute bereits ein umfangreiches Spezialwissen über die Richtlinien und über die technischen Möglichkeiten besteht, muß in erster Linie gefordert werden, daß die zuständigen Behörden sich von Fall zu Fall mit Fachleuten in Verbindung setzen und wo dies die Verhältnisse zulassen, derartige Fachleute in eigener Regie anstellen. Erst durch die Beschäftigung eigener Lärmfachleute bei größeren Gemeinwesen wird es auch möglich werden, einen wirkungsvollen Lärmüberwachungsdienst aufzuziehen. Ohne die ständige Kontrolle und Überwachung des Lärms läßt sich das Problem auf die Dauer nicht meistern. Dies gilt um so mehr angesichts der bereits erwähnten englischen und amerikanischen Studien über die Unzuverlässigkeit der Beurteilung spontan bei den Behörden eintreffender Lärmklagen und Reklamationen. Die bisherige meist übliche Praxis des Bearbeitens der von Fall zu Fall eintreffenden Klagen wird sicherlich in der Zukunft noch weniger genügen als bisher.

Literatur

[1] Committee on the problem of noise. Noise. Final report. London, 1963. (Her Majesty's stationery office).

[2] *Borsky P.N.*: Community reactions to air force noise. II. Data on community studies and

their interpretation. Wadd Technical report II 60-689. McGregor & Werner Inc. Dayton. O. 1961.

- [3] Kryter K.D.: J. acoust. Soc. Amer. 31, 14.5 (1959).
- [4] Jansen G.: Arch. Gewerbepath. Gewerbehyg. 17, 238 (1959).
- [5] Hrubes V.: Psychosomatic aspects of the effect of noise on the organism: an epidemiologic physiologic and biochemical study. Symposium "Higher nervous functions and occupational health" Prague, September 1966.
- [6] Frankenhauser M.: Experimental approaches to the study of psychological stress. Symposium "Higher nervous functions and occupational health" Prague, September 1966.
- [7] Steinicke G.: Forschungsbericht des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums Nordrhein-Westfalen, Nr. 416 (1957).
- [8] McKennell A.C.: Aircraft noise annoyance around London (Heathrow Airport), zitiert in [2].
- [9] Kryter K.D.: J. Speech Disorders Mon. Sup. No. 1, 1956.
- [10] Broadbent D.E.: Ch. 10 in "Handbook of noise control" (ed. Harris C.M.), New York, McGraw Hill, 1957.
- [11] Plutchik J.: Psychol. Bull. 56, 133 (1959).
- [12] Uhrbrock R.S.: Personnel Psychol. 14, 9 (1961).
- [13] Weston H.C. und Adams S.: Industrial Health Research Board. H.M. State Off. London 1935.
- [14] Hawley M.E. and Kryter K.D.: Ch. 9 in "Handbook of noise control" (ed. Harris C. M.), New York, McGraw Hill, 1957.
- [15] Lärmbekämpfung in der Schweiz. Expertenbericht an den Bundesrat 1963. Eidg. Druck-Materialzentrale, Bern.
- [16] Miller G.A., Heise G.A., Lichten J.: J. exp. Psychol. 41, 329 (1951).

Adresse des Autors: Prof. Dr. med. K. Bättig, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie ETH, Clausiusstraße 25, 8006 Zürich