

- W. D., and Fricke, J. E. (Hrsg.): Noise as a public health problem. American Speech and Hearing Association, Washington, D.C., 1969.
- [19] Kosten, C. W., de Swaan, G. W., Steenbergen, M. M., Falkenhagen, C. A. F., de Jonge, J. A. C., und van Os, G. J., Geluidhinder door vliegtuigen, T.N.O. Report, 1967, 1–119.
- [20] Krantz, D. S., Glass, D. C. und Snyder, M. L., Helplessness, stress level, and the coronary prone behavior pattern, *J. Exp. Soc. Psychol.* 10, 284–300 (1974).
- [21] Kryter, K. D., The effects of noise on man (Academic Press, New York 1970).
- [22] McKennell, A. C., Aircraft noise annoyance around London (Heathrow) Airport. A survey made in 1961 for the Wilson Committee on the problem of noise. Central Office of Information, SS. 337, April, 1963 (with appendixes).
- [23] Pennebaker, J. W., Burnam, M. A., Schaeffer, M. A., und Harper, D. C., Lack of controls as a determinant of perceived physical symptoms, *J. Personality and Social Psychol.* 35, 167–174 (1977).
- [24] Peterson, E. A., Augenstein, J. S., Tanis, D. C. and Augenstein, D. G., Noise raises blood pressure without impairing auditory sensitivity, *Science* 211, 1450–1452 (1981).
- [25] Robinson, D. W., Bosher, J. M., und Copeland, W. C., On judging the noise from aircraft in flight, *Acoustica* 13 (5), 324–336 (1963).
- [26] Rohrmann, B., Finke, H. O., Guski, R., Schümer, R., und Schümer-Kohrs, A., Fluglärm und seine Wirkung auf den Menschen (Hans-Huber-Verlag, Bern 1978).
- [27] Sauer, C., Kumpf, H., und Volkmann, A., Kognitive Moderatoren der Wirkung von Lärm, *Z. exp. und angew. Psychol.* 27, 120–134 (1980).
- [28] Seligman, M. P., Helplessness: On depression, development, and death (Freeman, San Francisco 1975).
- [29] Welch, B. L., Extra-auditory effects of industrial noise. Survey of foreign literature. Final Report. Wright-Patterson Air Force Base, Contract 16-BB-7, 1978.
- [30] Welch, B. L., und Welch, A. S. (Hrsg.), Physiological effects of noise (Plenum Press, New York 1970).

#### Zusammenfassung

Eine Übersicht mehrerer Felduntersuchungen zur Frage physiologischer Lärmefekte zeigt, dass, im Gegensatz zu Laborbedingungen, eine völlige physiologische Habituation an Fluglärm nicht eintritt. Diese Befunde werden als Erklärungsmöglichkeit für eventuelle chronisch vegetative Störungen und Krankheiten diskutiert.

#### Résumé – Effects neuro-végétatifs du bruit d'avions au niveau des habitations

Les résultats d'études effectuées in situ sur les effets physiologiques du bruit d'avions montrent que, contrairement à ce que l'on observe en laboratoire, il ne se produit pas d'accoutumance physiologique complète à ces nuisances. On discute ces résultats en tant qu'explication d'éventuels troubles végétatifs et maladies chroniques.

#### Summary – Vegetative Effects of Aircraft Noise in the Home Environment

A review of several earlier field studies on the psychovegetative effects of aircraft noise shows that physiological habituation, which is typically observed under laboratory conditions, remains incomplete under field conditions. These findings are discussed in terms of their explanatory value for possible chronic disturbances and illnesses due to environmental noise.

## Importance du nombre d'événements et du niveau sonore maximum pour évaluer la gêne

R. Rylander<sup>1</sup>

### Introduction

Le bruit de la circulation, des avions, des trains et des industries constitue une nuisance importante pour les habitants des agglomérations urbaines ou proches des voies à grand trafic ou des aéroports.

Pour offrir à l'individu perturbé une protection satisfaisante, il faut avoir une connaissance aussi précise que possible de la relation dose-réponse. Dans cette présentation, je veux définir la réponse mesurée après exposition aux bruits de l'environnement et discuter les différents principes permettant d'exprimer la dose. J'utiliserai les données des études épidémiologiques faites pour évaluer les effets du bruit des avions, des trains et de la circulation.

### Les effets du bruit sur l'homme

L'exposition au bruit peut provoquer soit des effets directs, sur le système auditif ou sur la communication, soit des effets indirects qui apparaissent après une interprétation consciente ou subconsciente de l'individu. En ce qui concerne les effets directs, des niveaux sonores rencontrés dans l'environnement général n'atteignent pas des valeurs provoquant une fatigue auditive ou une diminution de l'acuité. Par contre, les niveaux sont souvent assez élevés pour gêner la conversation – un autre effet direct très important.

### Les effets indirects

Les effets indirects se manifestent par l'intermédiaire du système neuro-végétatif. Pour mieux comprendre la relation entre l'exposition et l'effet, on peut utiliser le schéma présenté sur la figure 1.

L'énergie sonore qui atteint les récepteurs auditifs est enregistrée comme signal électrique par les nerfs. Selon les caractéristiques de la réaction nerveuse, la

<sup>1</sup> Ragnar Rylander, Unité de médecine de l'environnement, Institut de médecine sociale et préventive, CH-1211 Genève 4. Department of Environmental Hygiene, University of Gothenburg, Sweden.

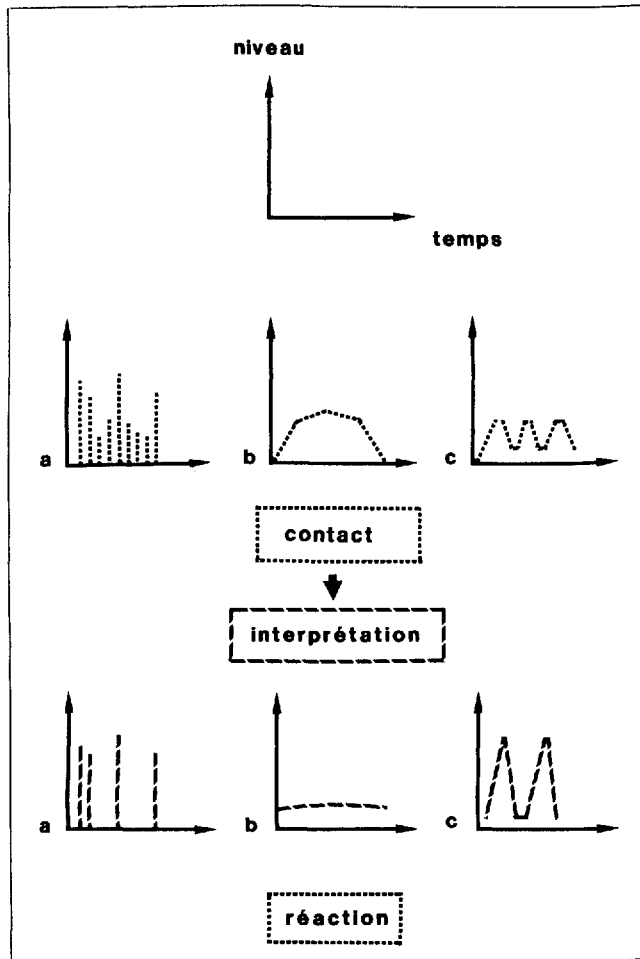


Fig. 1. Modification des signaux sonores par l'interprétation

- a) bruit de circulation
- b) bruit des trains
- c) sirène d'ambulance

réponse des récepteurs n'est pas directement liée à l'énergie acoustique émise. Après la première stimulation, un phénomène d'adaptation peut s'établir et en ce cas les stimuli suivants ne provoquent plus les mêmes signaux.

L'interprétation d'un signal sonore dépend de la stimulation nerveuse mais également d'autres facteurs tels que l'attention, l'état de santé, l'expérience. L'interprétation représente donc une sélection des événements sonores ayant une caractéristique plus importante.

Si l'on prend en considération cette chaîne de réactions très complexe, il devient évident que l'utilisation de mesures acoustiques simples pour déterminer une relation dose-réponse relève d'un optimisme non justifié par la réalité physiologique.

Le tableau 1 donne une liste des effets indirects du bruit. S'il est bien certain que le bruit peut provoquer des effets aigus très variés, y compris un effet négatif sur le bien-être, il n'y a pas encore de preuve épidémiologique certaine que les diverses réactions physiologiques et psychologiques résultant du bruit puissent entraîner, à long terme, des troubles pathologiques.

Pour le moment, on manque d'informations sur la relation dose-réponse et ces effets ne peuvent pas être utilisés en pratique pour le contrôle et la protection contre le bruit.

L'exposition au bruit peut être ressentie par l'homme comme une gêne. Cette gêne comprenant tous les différents effets du bruit comme la perturbation du sommeil, l'interférence avec la conversation et l'écoute de la radio-TV. On peut définir la gêne par un sentiment subjectif d'insatisfaction causé par un facteur de l'environnement que l'individu sait ou croit néfaste pour sa santé [2]. L'apparition d'un sentiment

**Système neuro-végétatif**

- Pression sanguine
- Fréquence cardiaque
- Tension musculaire
- Hormones de stress

**Interférence avec les activités**

- Travail
- Sommeil
- Radio/TV

**La gêne**

- Symptômes psychiatriques?
- Stress chronique?

Tabl. 1. Effets indirects du bruit de l'environnement

de gêne dépend, outre l'exposition au bruit, de plusieurs facteurs comme la sensibilité, la motivation, l'expérience acquise, etc. Le pourcentage d'un groupe de personnes exposées au bruit exprimant une gêne peut être mis en relation avec le niveau d'exposition (relation dose-réponse).

Comme dit précédemment, il est nécessaire de connaître la relation dose-réponse pour établir une protection efficace de la population contre le bruit. Actuellement, la gêne est le seul effet du bruit, pour lequel on ait une telle information.

L'estimation de la gêne causée par le bruit se fait à l'aide de questionnaires soumis à une population définie quant aux conditions d'exposition – les habitants d'une même rue, par exemple. Certaines personnes sélectionnées parmi cette population sont interviewées par téléphone ou chez elle.

Nous avons effectué une telle étude à Genève [1]. Ces enquêtes permettent d'établir le pourcentage d'habitants disant être «très gênés», en connaissant avec précision leurs conditions d'exposition au bruit de la circulation.

**L'exposition**

La situation sonore dans une rue ou autour d'un aéroport varie au cours du temps avec le passage des différents types de véhicules. Des crêtes (niveau maximum) de bruit sont formées par le passage des poids

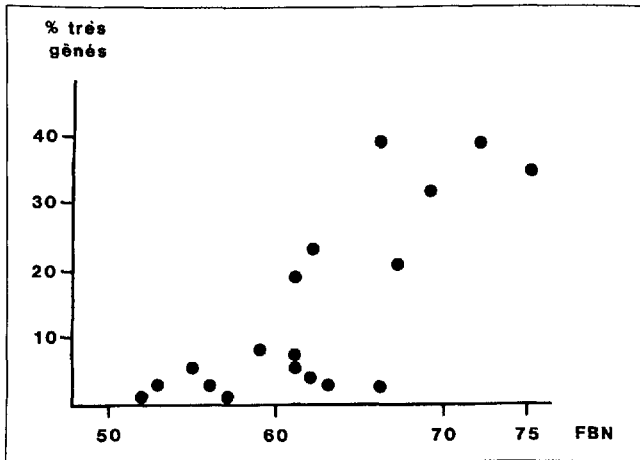


Fig. 2. Relation entre la gêne moyenne dans des zones exposées au bruit des avions et l'indice d'énergie égale FBN.

lourds ou des avions particulièrement bruyants.

L'exposition au bruit de l'environnement – avion, train et circulation – est fréquemment exprimée par des indices acoustiques qui tiennent compte d'une moyenne de la totalité de l'énergie acoustique émise. Cet indice est calculé à partir du nombre total de véhicules ou d'avions et du niveau sonore de chacun. Ce principe, fondé sur un calcul de l'énergie sonore moyenne, est ce qu'on appelle parfois l'indice d'énergie égal,  $L_{eq}$ . Si l'on choisit différentes périodes ou différents seuils de niveau sonore, on peut obtenir des dérivations comme  $L_{01}$ ,  $L_{DN}$ .

Par contre, certains chercheurs ont, dans leur description de la dose, distingué entre le nombre d'événements et le niveau sonore de chacun, particulièrement le niveau sonore des véhicules les plus bruyants. Par la suite, nous allons examiner pour divers bruits des relations dose-réponse utilisant la gêne moyenne exprimée dans les populations exposées et ces différents principes pour exprimer la dose de bruit.

**Bruit des avions**

Une étude faite en Scandinavie [8] montre une relation assez faible entre la gêne et l'unité FBN (principe d'énergie égale comprenant une correction pour la durée). Cette relation peu exacte est comparable aux résultats des autres enquêtes qui utilisent des indices différents tels que CNR, NNI, etc. (fig. 2). La même étude montre une relation dose-réponse plus précise si l'exposition au bruit est exprimée par le nombre d'avions émettant 70 dB(A) ou plus et le niveau sonore de l'avion le plus bruyant (fig. 3). Quand le nombre d'avions augmente, il y a d'abord une augmentation de la gêne mais, à partir d'une certaine valeur, la gêne n'augmente plus avec le nombre d'avions. La principale détermination pour la gêne est alors le niveau sonore du type d'avion le plus bruyant. La même relation dose-réponse est montrée dans une étude faite aux Etats-Unis [3].

**Bruit des trains**

Plusieurs grandes enquêtes sur la gêne et le bruit des trains ont été faites par De Jong et al. [4], Field et al. [5] et Sørensen [11]. Cette dernière a pu vérifier pour le bruit des trains le même principe que celui décrit précédemment pour le bruit des avions, c'est-à-dire une faible corrélation avec  $L_{eq}$  alors qu'une dose-réponse plus précise est déterminée par le nombre des trains et le niveau sonore du train le plus bruyant. Une ré-analyse du matériel de Field et al. a récemment montré la même chose [10]. Ce résultat supporte fortement la validité de ce principe.

**Bruit de circulation routière**

Le bruit de la circulation routière présente une image plus complexe que celui des avions et des trains. Le nombre d'événements est plus élevé et la variation du niveau sonore n'est pas déterminée seulement par le genre de voitures mais aussi par la façon de conduire, la vitesse, les feux rouges, etc.

Comme pour le bruit des avions et le bruit des trains, la relation entre  $L_{eq}$  et la gêne pour le bruit de circulation est assez faible (fig. 4). Langdon et al. [6] et Rylander et al. [7] ont montré que les poids lourds sont importants pour la gêne par leur niveau sonore plus élevé que celui des voitures et par leur nombre.

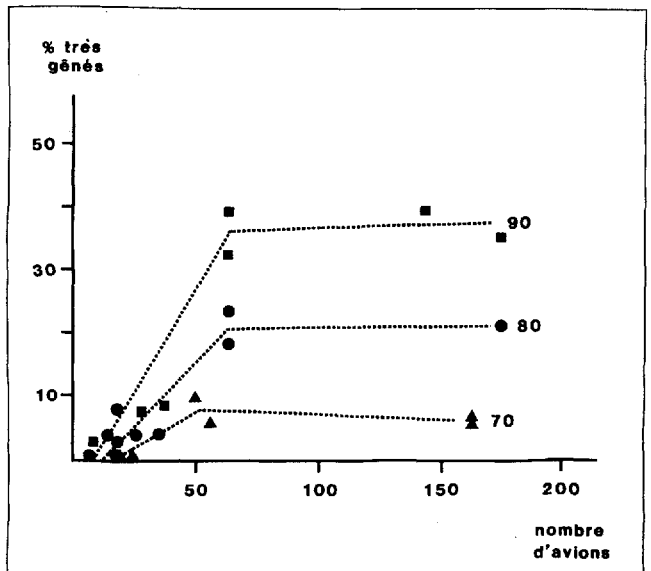


Fig. 3. Relation entre la gêne, le nombre et le niveau maximum des avions.

Des enquêtes récentes sur la gêne provoquée par le bruit de la circulation dans dix-sept zones différentes de quatre pays [9] – au total 1333 interviewés – montrent que la gêne augmente de façon linéaire avec une augmentation du nombre de poids lourds. La gêne est aussi déterminée par le niveau le plus élevé enregistré au cours d'une période d'une demi-heure et qui équivaut à une fréquence proche de vingt fois par vingt-quatre heures.

**Modèle de la réaction humaine**

Les expériences revues ici montrent l'importance de

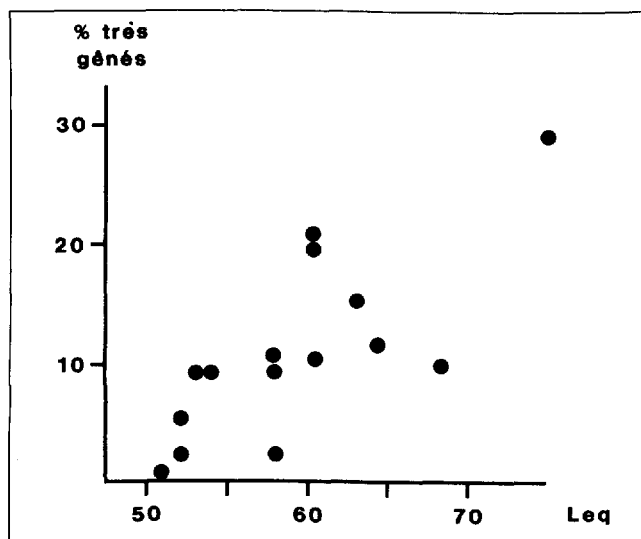


Fig. 4. Relation entre la gêne et l'exposition au bruit de la circulation exprimée par l'indice  $L_{eq}$ .

trois facteurs pour la détermination de la gêne causée par le bruit de l'environnement – le seuil de perception, le seuil de réaction et le nombre d'événements. Une courbe dose-réponse, utilisant les données discutées, est présentée dans la figure 5. Cette figure montre l'importance du nombre d'événements pour des valeurs différentes ainsi que l'importance du niveau maximum (crête) du bruit.

### Conséquences pratiques

Les principes présentés ici pour la relation dose-réponse entre la gêne et les différents bruits de l'environnement permettent de proposer certaines mesures pratiques afin d'améliorer la situation causée par l'exposition au bruit. D'abord, il est clair que l'utilisation de l'indice  $L_{eq}$  ne donne pas une protection optimale, surtout en ce qui concerne le sommeil nocturne.

Face à une action suivante deux thèses se présentent:

– du point de vue scientifique, les données à notre

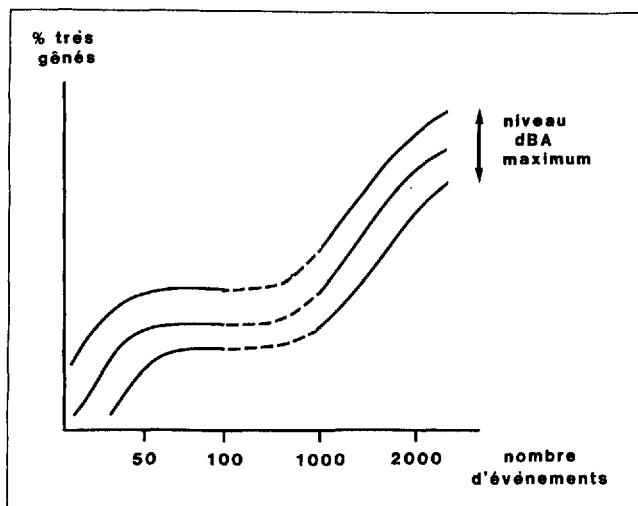


Fig. 5. Modèle proposé pour exprimer la relation entre la gêne et le bruit de l'environnement.

disposition sont encore limitées, même si elles proviennent d'enquêtes assez larges: il faut donc effectuer davantage d'études pour obtenir une connaissance satisfaisante sur la relation dose-réponse;

– du point de vue de la population exposée, les réactions décrites exigent des actions rapides et efficaces, les plaignants comprenant mal le désir des chercheurs et des administrateurs d'accumuler plus de résultats.

Nous proposons quelques solutions pratiques pour le bruit de circulation, fondées sur les données obtenues dans nos enquêtes. La plupart des actions proposées visant à une diminution du niveau sonore émis par les véhicules les plus bruyants.

1. Limiter le nombre de véhicules bruyants, surtout le soir et la nuit. Cette interdiction implique une analyse d'un système de circulation et de surveillance et demande des propositions d'alternatives.
2. Contrôler individuellement les véhicules bruyants (accélération forcée, défaut d'équipement silencieux, etc.). Il faudrait pour cela que certains policiers soient équipés d'appareils à mesurer le bruit; tout véhicule dépassant par exemple 80 dB(A) devant être arrêté et mis en garde.
3. Informer le public
  - action publicitaire pour souligner les désavantages du bruit pour la population et les moyens de les éviter;
  - démonstration publique avec sonomètre dans les rues à circulation intense;
  - information sur les possibilités d'insonorisation des fenêtres avec démonstration publique dans un local spécialement aménagé;
  - information dans les écoles.

### Bibliographie

- [1] Björkman, M., Rylander, R., et Åhrin, Ulla, Bruit de la circulation: estimation de la gêne à Genève et en Scandinavie, *Soz.- und Präv. Med.* 24, 247–248 (1979).
- [2] Borsky, P. N., Sonic boom exposure effects—annoyance reactions, *J. Sound Vibr.* 20, 527–530 (1972).
- [3] Connor, W. K., et Patterson, H. P., Analysis of the effect of number of aircraft operations on community annoyance. (Tracor Inc., Nasa Report CR-2741-N-76-30181 B 73, 1–53.)
- [4] De Jong, R., Some developments in community response research since the second international workshop on railway and tracked transit system noise (1981). (A paraître.)
- [5] Fields, J. M., et Walker, J. G., Reactions to railway noise: a survey near railway lines in Great Britain. Institute of Sound and Vibration Research. Technical Report No. 102 (1980).
- [6] Langdon, F. J., Noise nuisance caused by road traffic in residential areas. Part I, *J. Sound Vibr.* 47, 243–282 (1976).
- [7] Rylander, R., Sörensen, S., et Kajland, A., Traffic noise exposure and annoyance reactions, *J. Sound Vibr.* 47, 243–282 (1976).
- [8] Rylander R., Björkman, M., Åhrin, U., Sörensen, S., et Berglund, K., Aircraft noise annoyance contours: importance of overflight frequency and noise level, *J. Sound Vibr.* 69, 583–596 (1980).
- [9] Rylander, R., Björkman, M., Åhrin, U., Arnuzen, E., et Söhlberg, S., (1982). (A paraître.)
- [10] Sörensen, S., Communication personnelle (1981).
- [11] Sörensen, S., et Hammar, N., Annoyance to railway noise: data from a Swedish Survey. *J. Sound Vibr.* (1981). (A paraître.)

**Résumé**

L'exposition au bruit de l'environnement peut être ressentie par l'homme comme une gêne, comprenant des effets tels que la perturbation du sommeil, l'interférence avec la conversation et l'écoute de la radio ou de la télévision. Nous présentons ici une analyse de plusieurs études épidémiologiques sur la gêne provoquée par le bruit des avions, des trains et de la circulation. Nous démontrons qu'une meilleure dose-réponse est obtenue si le pourcentage de personnes déclarant être très gênées est mis en relation avec le bruit exprimé en nombre d'événements par vingt-quatre heures et leur niveau sonore maximum, plutôt que par les indices généralement utilisés comme le  $L_{eq}$  ou FBN.

Ce nouveau principe nous permet d'exprimer un certain nombre de recommandations pratiques visant à protéger plus efficacement les populations exposées.

**Zusammenfassung**

**Anzahl Störungen und maximale Lärmschwelle als Indikatoren der Belästigung**

Die Gefährdung durch den Umweltlärm wird beim Menschen mitunter als hindernd empfunden. Ihr werden Auswirkungen wie Schlafstörung, Belästigung während des Gesprächs oder bei Rundfunk- und Fernsehsendungen zugeschrieben. Die vorliegende Arbeit berichtet über verschiedene epidemiologische Untersuchungen

bezüglich des von Flugzeugen, von Eisenbahnen und vom Strassenverkehr bewirkten Lärmes. Es geht daraus hervor, dass die Dosis/Wirkungs-Relation ausgeprägter erscheint, wenn man den prozentualen Anteil der sich als sehr belästigt angegebenen Person auf den Lärm bezieht, wobei dieser Lärm vorteilhafter durch die Anzahl Störungen pro 24 Stunden sowie durch seine maximale Lärmschwelle gekennzeichnet wird als durch die gebräuchlicheren Masszahlen wie zum Beispiel  $L_{eq}$  oder FBN. Dieses neue Verfahren führt zu verschiedenen praktischen Empfehlungen, um die gefährdete Bevölkerung wirkungsvoller zu schützen.

**Summary**

**Number of Events and Maximum Noise Level as Determinators for Noise Annoyance**

Exposure to environmental noise can cause interference with rest, conversation and listening to radio-TV as well as sleep disturbances. These effects are experienced as annoyance by the exposed person. An analysis of several epidemiological studies on annoyance due to road traffic, train and aircraft noise shows a fair dose-response relationship when the dose is expressed using the traditional indices such as  $L_{eq}$  and NNI. An improved relationship is obtained if the dose is expressed in terms of the noisiest event and the number of such events separately. Practical measures to control environmental noise are discussed in terms of this principle.

# Belästigungen durch den Strassenverkehrs- und Fluglärm

H. U. Wanner<sup>1</sup>

Akute Auswirkungen des Strassenverkehrs- und Fluglärms kennen wir alle aus eigener Erfahrung: Schlafstörungen, Erschwerungen bei der Arbeit, Störung von Gesprächen oder auch lästiger Lärm in der Freizeit. Beeinträchtigen nun solche Wirkungen bereits die Gesundheit? Kann der Verkehrslärm auch chronische Schädigungen zur Folge haben? Oder handelt es sich einfach um Belästigungen, die von den Betroffenen sehr unterschiedlich empfunden werden? Hier stellt sich die Frage nach dem Begriff Gesundheit: Was verstehen wir unter Gesundheit? Ist eine *Belästigung* auch eine Beeinträchtigung der Gesundheit?

Nach der Definition der Weltgesundheitsorganisation versteht man unter Gesundheit *physisches und psychisches Wohlbefinden*. Es handelt sich also um eine positive Formulierung. Gesundheit ist nicht nur «Abwesenheit von Krankheit»; dazu gehört auch ein optimales Verhältnis zur Umgebung und Handlungsfähigkeit. Aufgrund dieser Kriterien sind auch die Belästigungen – am Arbeitsplatz und im Wohnbereich – bei der Beurteilung der Lärmwirkungen auf die Gesundheit miteinzubeziehen.

**Beurteilung von Belästigungen**

Belästigungen können zunächst – vor allem bei Lärm-

wirkungen – im *Vorfeld von Krankheiten* gesehen werden. In diesem Sinn haben Belästigungen die Funktion von «Warnsignalen»; diese sollen den Menschen veranlassen, Lärmbelastungen zu vermeiden, um die Entstehung krankhafter Zustände zu verhindern.

Bei der Erfassung der Belästigung ergeben sich eine Reihe messtechnischer Probleme, da man sich nicht einfach auf physiologische Parameter abstützen oder nur direkte Befragungen über einen bestimmten Störfaktor durchführen kann. Vielmehr ist darauf zu achten, dass immer Urteile über verschiedene Störfaktoren miteinander verglichen werden müssen. Wichtige Hinweise liefern neben solchen Urteilen auch Erhebungen über direkte Reaktionen und Verhaltensänderungen, aus denen man Schlüsse ziehen kann, inwieweit ein beabsichtigtes Verhalten beeinträchtigt oder verhindert wird.

Bei Erhebungen über Belästigungen sind vor allem folgende Aussagen von Interesse:

- Subjektiv empfundene Störung
- Störung rekreativer Funktionen (u. a. Erholung, Ruhe, Freizeittätigkeiten)
- Störung kommunikativer Funktionen (u. a. Gespräche, Radio, Television, Telefon)
- Reaktionen und Verhaltensänderungen (u. a. Fenster schliessen, Einnahme von Tabletten, Wohnung besser isolieren, Wegzugsabsichten)

<sup>1</sup> Prof. Dr. H. U. Wanner, Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, ETH Zentrum, CH-8092 Zürich.