

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Band: 36 (1958)

Heft: 10

Artikel: Lärm und Lärmbekämpfung = Le bruit et les moyens de le combattre

Autor: Lauber, Anselm

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874443>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.11.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

- [1] *H. Meinke* und *F. W. Gundlach*. Taschenbuch der Hochfrequenztechnik, Abschnitt E. Berlin 1956.
- [2] *A. Kraus*. Messkurven des Reflexionskoeffizienten kompensierter Inhomogenitäten bei koaxialen Leitungen. *Rohde & Schwarz Mitt.* 1956, Nr. 8, S. 1...12.
- [3] *G. W. Epprecht* und *C. Stäger*. Die Messung kleiner Reflexionen in Koaxial- und Hohlleitersystemen. *Techn. Mitt.* PTT 1955, Nr. 4, S. 143...155.
- [4] *G. W. Epprecht*. Reflexionsarme Durchmessersprünge in koaxialen Leitern. *Techn. Mitt.* PTT 1958, Nr. 3, S. 97...103.

ANSELM LAUBER, Bern

Lärm und Lärmbekämpfung*

Le bruit et les moyens de le combattre*

534.83

1. Einleitung

Wir wissen alle aus eigener Erfahrung, dass wir heute in einer lauten und lärmigen Welt leben. Es gibt Lärmquellen ohne Zahl. Daheim im Hause sind wir dem Wohnungslärm ausgesetzt. Im Freien gibt es den Baulärm und den Verkehrslärm, und dazu kommt für viele noch, besonders während der Arbeitszeit, der Industrie- und Maschinenlärm.

Diese geräuschvolle Lebensweise führt zwangsläufig zu den verschiedensten Problemen. Als ein primär physikalisches Phänomen ist der Lärm zunächst eine rein technische Angelegenheit. In seiner Auswirkung auf den Menschen bekommt er eine besonders wichtige volksgesundheitliche und arbeitshygienische Bedeutung. Schliesslich ist der Lärm zu einem wirtschaftlichen Faktor und sogar zu einem juristischen Problem geworden, nämlich dann, wenn er sich als unzulässige Beeinflussung der Mitmenschen auswirkt.

Was ist nun eigentlich Lärm? Ein französisches Bonmot lautet: «Le bruit est un festival sonore.» Treffender scheint uns die etwas trockene amerikanische Definition: «Noise is unwanted sound», das heisst: Lärm ist unerwünschter Schall.

Zur gesundheitlichen und arbeitshygienischen Bedeutung des Lärms sei kurz folgendes gesagt.

Hohe und plötzliche Schalldrücke, wie sie zum Beispiel bei Knallen und Explosionen vorkommen, können leicht sehr schwere Gehörschäden verursachen [1]. Bleibende Hörverluste sind zu erwarten, wenn bei lange dauernder Schallbeeinflussung (das heisst während Wochen und Monaten) folgende Schallpegel vorkommen:

Für breitbandige Geräusche	95 dB und mehr,
Für reine Töne	85 dB und mehr.

Aber auch schon Schallpegel unter 95 beziehungsweise 85 dB können unser Wohlbefinden beeinflussen. So ist es zum Beispiel unbestritten, dass es viel mühsamer ist, sich in lärmiger Umgebung zu konzentrieren, und dass man dabei viel rascher müde wird [2] als an einem ruhigeren Platz. Bei einem mittleren

* Die nachstehenden Ausführungen enthalten im wesentlichen die Gedanken, die der Verfasser im Laufe des Monats Dezember 1958 an einem Fachkurs für eidgenössische Fabrikinspektoren vortragen wird.

1. Introduction

Nous savons tous par expérience que nous vivons actuellement dans un monde agité et bruyant. Les sources de bruit sont innombrables. A la maison, nous sommes exposés aux bruits domestiques. Au dehors, le bruit du trafic et celui des constructions ne nous laissent aucun repos. A cela s'ajoute encore pour beaucoup, spécialement durant les heures de travail, les bruits industriels et des machines.

Ce genre de vie bruyant pose forcément les problèmes les plus divers. En tant que phénomène primaire physique, le bruit est avant tout une question purement technique. Dans ses effets sur les êtres humains, il revêt une importance primordiale au point de vue de la santé du peuple et de l'hygiène au travail. Enfin, le bruit est devenu un facteur économique et même un problème juridique, lorsqu'il exerce une influence intolérable sur ses semblables.

Qu'est-ce que le bruit? Un mot d'esprit français dit que «le bruit est un festival sonore». La définition américaine, quoique un peu plus laconique, nous paraît serrer de plus près la réalité: «Noise is unwanted sound», c'est-à-dire: «le bruit est un son indésirable».

Au sujet de l'importance du bruit sur la santé et l'hygiène au travail, nous faisons brièvement remarquer ce qui suit: des pressions acoustiques élevées et soudaines, telles qu'en produisent par exemple les détonations ou les explosions, peuvent facilement provoquer de très graves accidents de l'ouïe [1].

Il y a lieu de s'attendre à des surdités persistantes, lorsque l'influence sonore durable (c'est-à-dire pendant des semaines et des mois) produit les niveaux acoustiques suivants:

pour des bruits à large bande	95 dB et plus,
pour des sons purs	85 dB et plus.

Mais des niveaux acoustiques inférieurs à 95 ou 85 dB peuvent déjà influencer sur notre bien-être. Il est, par exemple, incontestable qu'il est beaucoup plus pénible de se concentrer au milieu d'un entourage bruyant et qu'on s'y fatigue beaucoup plus rapidement que dans un endroit tranquille [2].

* Les explications ci-après donnent l'aperçu général de la conférence que l'auteur tiendra, dans le courant du mois de décembre 1958, en présence des inspecteurs fédéraux des fabriques.

Geräuschpegel von mehr als 70 dB wird das Telefonieren stark erschwert, oft sogar verunmöglicht. Das menschliche Ohr ist bekanntlich ein Alarmorgan, das nie schläft. Schall kann uns daher, wie wir alle wissen, erschrecken.

2. Objektiver und subjektiver Aspekt eines Schallereignisses

Es ist zweckmässig, bei jedem Schallereignis zwei Aspekte klar voneinander zu unterscheiden. Auf der einen Seite haben wir die Schallwellen und das Schallfeld mit den objektiven physikalischen Daten des Schallereignisses, auf der andern Seite steht der Mensch mit den physiologischen Daten der subjektiven Schallempfindung. Diese beiden Aspekte sind in der *Tabelle I* für die besonders wichtigen Eigenschaften des Schalles dargestellt; man sieht dort zum Beispiel, dass die Empfindung des physikalischen Schalldruckes die *Lautstärke* ist, und jene der Schallfrequenz *Tonhöhe* genannt wird. Die Kenntnis dieser Begriffe ist auch für die Lärmbekämpfung notwendig und wird in den folgenden zwei Abschnitten noch näher behandelt.

Il est très difficile, souvent même impossible de téléphoner lorsque le niveau moyen du bruit est supérieur à 70 dB.

L'oreille humaine est un organe d'alarme qui ne s'assoupit jamais. C'est pourquoi nous savons tous qu'un bruit insolite quelconque peut nous effrayer.

2. Aspect objectif et subjectif d'un phénomène acoustique

Il convient de distinguer deux aspects bien différents dans tout phénomène acoustique. D'un côté, nous avons les ondes et le champ acoustiques avec les caractéristiques physiques objectives du phénomène acoustique, de l'autre côté se trouve l'être humain avec les caractéristiques physiologiques de la sensation sonore subjective. Ces deux aspects des particularités les plus importantes du son sont représentés sur le *tableau I* où l'on voit, par exemple que la sensation à la pression acoustique physique est *l'intensité sonore* et que la sensation à la fréquence sonore est la *hauteur du son*. Il est indispensable de connaître ces notions pour combattre le bruit et c'est pourquoi il en sera question de façon détaillée dans les deux paragraphes suivants.

Die zwei verschiedenen Aspekte eines Schallereignisses

Deux aspects différents d'un événement acoustique

Tabelle I

Tableau I

1. Aspekt – 1^{er} aspect

Die objektiven *physikalischen Daten* der Schallwelle und des Schallfeldes

Les *caractéristiques physiques* et objectives de l'onde et du champ acoustique

1 a Die Schallfrequenz – La fréquence du son
gemessen in Hertz (Hz)
mesurée en Hertz (Hz)

2 a Die Schallamplitude – L'amplitude du son

gemessen in logarithmischem Maßstab als Schallpegel in Dezibel (dB)
mesurée avec une échelle logarithmique, est appelée *niveau sonore* en décibels (dB)

gemessen in linearem Maßstab als Schalldruck in Mikrobar (μb)
mesurée avec une échelle linéaire, est appelée *pression acoustique* en microbars (μb)



2. Aspekt – 2^e aspect

Die *physiologischen Daten* der subjektiven Schallempfindung

Les *caractéristiques physiologiques* de la perception subjective du son

1 b Die Tonhöhe – La hauteur du son
ausgedrückt in Oktaven
exprimée en octaves

2 b Die Empfindung der Schallintensität – La perception de l'intensité acoustique
ausgedrückt durch die *Lautstärke* in phon
exprimée par la *force du son* en phones

ausgedrückt durch die *Lautheit* in son
exprimée par l'*intensité auditive* en sones

3. Einige wichtige physikalische Eigenschaften des Schalles

3.1 Der Schalldruck

Eine technisch besonders wichtige Eigenschaft des Schalles ist der Schalldruck (Symbol p). Er wird in Mikrobar (μb) gemessen, wobei $1 \mu\text{b} = 1 \text{ dyn/cm}^2 = 0,1 \text{ Newton/m}^2$ beträgt.

Das menschliche Ohr kann Schalldrücke von $0,0002 \mu\text{b}$ bis $200 \mu\text{b}$ wahrnehmen; das entspricht dem sehr grossen Verhältnis von 1:1000000.

3. Quelques caractéristiques physiques importantes du son

3.1 La pression acoustique

La pression acoustique (symbole p) est une caractéristique technique particulièrement importante du son. On la mesure en microbars (μb): $1 \mu\text{b} = 1 \text{ dyne/cm}^2 = 0,1 \text{ Newton/m}^2$.

L'oreille humaine peut capter des pressions acoustiques de $0,0002 \mu\text{b}$ à $200 \mu\text{b}$, ce qui correspond au rapport très élevé de 1 à 1 million.

Das Mikrobar ist eine lineare und ziemlich unhandliche Einheit; man hat daher aus dem Schalldruck noch eine logarithmische Grösse abgeleitet, nämlich den sogenannten Schallpegel.

3.2 Der Schallpegel

Der Schallpegel (Symbol L) ist eine logarithmische Grösse; deren Einheit ist das Dezibel (dB). Sie ist wie folgt definiert:

$$L = 20 \cdot \text{Log}_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right)$$

Der Schallpegel ist somit eine reine Verhältniszahl, die in einem logarithmischen Maßstab angibt, um wieviel grösser der Schalldruck p als der Norm- oder Einheitsschalldruck p_0 ist, wobei p_0 international wie folgt festgesetzt wurde:

$$p_0 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ dyn/cm}^2$$

Entspricht nun der hörbare Bereich in linearem Maßstab (als Schalldruck) einem Verhältnis von 1:1000000, so reduziert sich dieser Umfang im logarithmischen Maßstab (als Schallpegel) zu einem Verhältnis von 1:120. Der Schallpegel ist eine sehr praktische Einheit, denn es genügen rund 120 dB, um fast jede praktisch vorkommende Schallintensität zu beschreiben.

In der Figur 1 ist der Zusammenhang von Schalldruck (linearer Maßstab) und Schallpegel (logarithmischer Maßstab) graphisch dargestellt. Einige Beispiele von typischen Schallpegeln sind in der *Tabelle III* in der oberen Hälfte angegeben.

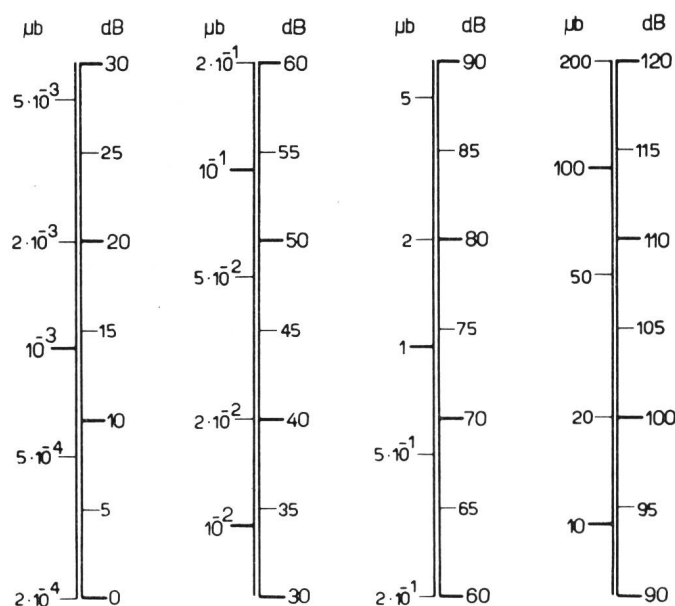


Fig. 1. Beziehung zwischen Schalldruck (μb) und Schallpegel (dB)

Relation entre la pression acoustique (μb) et le niveau de la pression acoustique (dB)

3.3 Die Schallfrequenz

Die Schallfrequenz (Symbol f) ist ein Mass für die Schwingungszahl einer Schallwelle; deren Einheit ist das Hertz (Hz). Es bedeutet

$$1 \text{ Hz} = 1 \text{ Schwingung je Sekunde.}$$

Le microbar est une unité linéaire assez peu maniable; c'est pourquoi on a encore tiré de la pression acoustique une unité logarithmique, le niveau acoustique.

3.2 Le niveau acoustique

Le niveau acoustique (symbole L) est une grandeur logarithmique dont l'unité est le décibel (dB). Sa définition est la suivante:

$$L = 20 \cdot \text{Log}_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right)$$

Le niveau acoustique est donc un rapport qui exprime dans une échelle logarithmique de combien la pression acoustique p est plus grande que la pression acoustique p_0 unitaire ou de base; une norme internationale a fixé la valeur de p_0 comme suit:

$$p_0 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ dyne/cm}^2.$$

Si, à l'échelle linéaire, la zone audible (en tant que pression acoustique) correspond à un rapport de 1 à 1 000 000, cette valeur est ramenée à l'échelle logarithmique (comme niveau acoustique) à un rapport de 1 à 120. Le niveau acoustique est une unité très pratique, car il suffit de 120 dB pour décrire presque chaque intensité acoustique se produisant pratiquement.

La figure 1 représente graphiquement la relation qui existe entre la pression acoustique (échelle linéaire) et le niveau acoustique (échelle logarithmique). Quelques exemples de niveaux acoustiques typiques sont donnés dans la partie supérieure du tableau *III*.

3.3 La fréquence acoustique

La fréquence acoustique (symbole f) est le nombre d'oscillations d'une onde acoustique; son unité est le hertz (Hz). Sa définition est la suivante:

$$1 \text{ Hz} = 1 \text{ oscillation par seconde}$$

Par exemple, le la^2 du diapason international a une fréquence de 440 Hz. Pour le piano, la fréquence du son le plus bas la^1 est de 27,5 Hz et celle du son le plus haut do^5 est de 4186 Hz. L'oreille humaine discerne les fréquences acoustiques de 20 à 15 000 Hz. Pour avoir une bonne audition de la parole humaine, il est nécessaire de disposer d'une bande de fréquences d'environ 300 à 3000 Hz. Etant donné que nombre de grandeurs, par exemple les niveaux des bruits et les valeurs d'isolation décrites plus loin, dépendent de la fréquence, c'est-à-dire ont des valeurs différentes selon les sons, il est quelquefois recommandé de procéder à des analyses de fréquences. A cet effet, on divise toute la gamme de fréquences à l'aide de filtres passe-bande en gammes de sons partiels qui sont ensuite mesurées séparément. On peut représenter les valeurs trouvées pour ces gammes de sons partiels comme des courbes de réponse.

Les filtres les plus utilisés sont les filtres à octaves. On les emploie surtout pour les analyses des différents bruits. Lorsqu'on analyse avec un filtre à octaves, on mesure pour tous les étages du filtre les niveaux aux différentes octaves dont la caractéristique de fréquence a une forme particulière pour

Der internationale Stimmtone a^1 hat zum Beispiel eine Frequenz von 440 Hz. Die Frequenz des tiefsten Klaviertones A_2 beträgt 27,5 Hz, und jene des höchsten Klaviertones c^5 4186 Hz. Das menschliche Ohr unterscheidet Schallfrequenzen von rund 20 Hz bis 15000 Hz. Für eine gute Verständlichkeit der menschlichen Sprache ist ein Frequenzbereich von etwa 300 Hz bis 3000 Hz massgebend. Da viele Grössen, wie zum Beispiel die später beschriebenen Geräuschpegel und die Isolationswerte, frequenzabhängig sind, das heisst, für verschiedene Töne verschiedene Beträge aufweisen, empfiehlt es sich manchmal, von ihnen sogenannte Frequenzanalysen vorzunehmen. Dabei unterteilt man den ganzen Frequenzbereich mit Hilfe von Bandfiltern in Teiltonbereiche, die dann einzeln ausgemessen werden. Die für diese Teiltonbereiche gefundenen Werte kann man als sogenannte Frequenzgangkurven darstellen.

Die meistgebrauchten Filter sind die Oktavbandfilter. Man verwendet sie besonders häufig für die Frequenzanalysen der verschiedenen Lärmgeräusche. Bei einer solchen Oktavbandanalyse misst man also für alle Filterstufen die sogenannten Oktavbandpegel, deren Frequenzgangkurve für jedes Geräusch eine charakteristische Form hat (siehe Figur 2).

Andere Filter, die ebenfalls für Frequenzanalysen verwendet werden, sind $\frac{1}{3}$ -Oktavbandfilter oder Filter mit konstanter Durchlassbandbreite.

3.4 Die Schallausbreitung

Die Schallwellen breiten sich bei einer Temperatur von 20 Grad Celsius mit einer Geschwindigkeit von 340 Metern je Sekunde aus. Bei ungehinderter Ausbreitung im Freien entspricht jeder Verdoppelung des Abstandes von der Schallquelle eine Halbierung des Schalldruckes, das heisst, eine Abnahme des Schallpegels um 6 dB. Ausser dieser natürlichen Ab-

nahme jedes bruits (voir figure 2). D'autres filtres, également utilisés pour des analyses de fréquences, sont des filtres passe-bande à $\frac{1}{3}$ d'octave ou des filtres à largeur de bande passante constante.

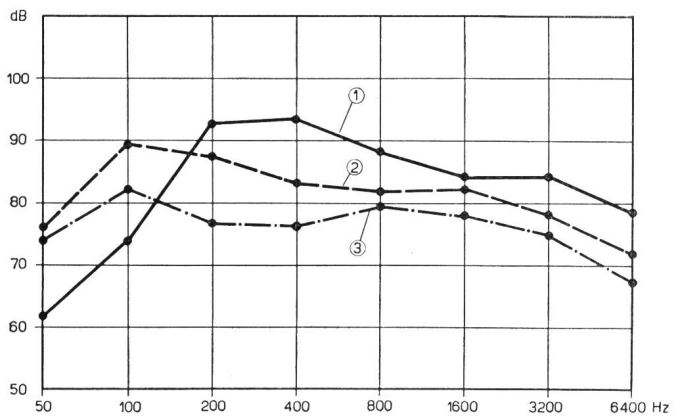


Fig. 2. Frequenzanalysen von typischen Geräuschen, ausgeführt mit einem Oktavbandfilter

Analyses de bruits typiques, réalisées avec un filtre à octaves

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1 Mercedes 300 SL | 1 Mercedes 300 SL |
| 2 Lambretta 175, TV | 2 Lambretta 175, TV |
| 3 Stadtomnibus | 3 Autobus |

3.4 La propagation acoustique

A la température de 20 degrés centésimaux, les ondes acoustiques se propagent à la vitesse de 340 mètres par seconde. Lorsque la propagation acoustique n'est pas entravée à l'air libre, la pression acoustique diminue de moitié, c'est-à-dire que le niveau acoustique s'affaiblit de 6 dB, chaque fois que la distance de la source acoustique est doublée. A part cet affaiblissement naturel du niveau acoustique lors de la propagation non entravée des sons à l'air libre, divers facteurs amortissent généralement la propagation acoustique. Par exemple, le vent peut, suivant dans quelle direction il souffle, amplifier ou affaiblir les sons. Les autres facteurs qui amortissent la propagation des sons sont: l'humidité de l'air, le brouillard, la couverture du sol, etc. Tous affaiblissent la propagation des sons aigus presque toujours plus fortement que celle des sons graves. La figure 3 représente les conditions de propagation typiques en terrain libre (aérodrome).

4. Quelques caractéristiques importantes de la sensation auditive

Un phénomène acoustique provoque chez l'homme des sensations nombreuses et diverses. Nous pouvons, par exemple, différencier une intensité sonore d'une hauteur de son et ressentir le tout plus ou moins agréablement ou désagréablement.

4.1 Intensité sonore

La sensation de l'intensité sonore (symbole L) est mesurée en phons. Zéro phon correspond à l'onde acoustique où l'homme sain commence à percevoir les sons; à 120...140 phons, la perception des

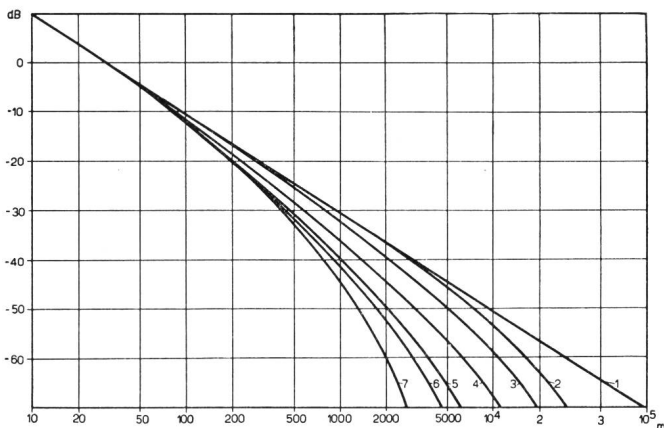


Fig. 3. Horizontale Schallausbreitung in zwei Meter Höhe über einem Flugplatz

Propagation horizontale du son à deux mètres au-dessus d'un terrain d'aviation

- | | |
|--|----------------|
| 1: $1/r$ Gesetz/loi $1/r$ | |
| 2: Frequenzbereich/Gamme de fréquences | 20...75 Hz |
| 3: Frequenzbereich/Gamme de fréquences | 75...150 Hz |
| 4: Frequenzbereich/Gamme de fréquences | 150...300 Hz |
| 5: Frequenzbereich/Gamme de fréquences | 300...600 Hz |
| 6: Frequenzbereich/Gamme de fréquences | 600...1200 Hz |
| 7: Frequenzbereich/Gamme de fréquences | 1200...2400 Hz |

nahme des Schallpegels bei freier, ungehinderter Schallausbreitung, gibt es verschiedene Faktoren, die die Schallausbreitung zusätzlich beeinflussen, das heisst meistens dämpfen. Der Wind vermag beispielsweise, je nach seiner Richtung, den Schall zu verstärken oder zu dämpfen. Andere Grössen, die den Schall bei seiner Ausbreitung dämpfen, sind: Die Luftfeuchtigkeit, der Nebel, die Bodenbewachsung usw. Alle diese Grössen pflegen fast immer die Ausbreitung der hohen Töne stärker zu dämpfen als jene der tiefen Töne. In der Figur 3 sind die typischen Ausbreitungsverhältnisse auf einem freien Feld (Flugplatz) dargestellt.

4. Einige wichtige Eigenschaften der Hörempfindung

Ein Schallereignis verursacht beim Menschen viele und verschiedene Empfindungen. Wir können zum Beispiel eine Lautstärke und eine Tonhöhe unterscheiden und das Ganze als mehr oder weniger angenehm bzw. lästig empfinden.

4.1 Die Lautstärke

Die Lautstärkeempfindung (Symbol L) wird in phon-Einheiten gemessen. Null phon entspricht der sogenannten Hörschwelle, wo ein gesunder Mensch gerade anfängt, einen Schall wahrzunehmen; bei 120 bis 140 phon ist die Schallempfindung so stark, dass sie zu schmerzen anfängt (Schmerzgrenze).

In Figur 4 ist der Zusammenhang zwischen dem Schallpegel (in dB) und der Lautstärke (in phon) dargestellt. Man sieht aus der Darstellung, dass das Ohr für Töne von etwa 3000 Hz am empfindlichsten ist. Ferner lässt sich feststellen, dass die phon und die dB für einen reinen Ton von 1000 Hz numerisch genau gleich gross sind, jedoch bei tiefen und hohen Tönen stark voneinander abweichen.

Eine genaue Messung der Lautstärke (in phon) ist heute nur dann möglich, wenn die Lautstärke des unbekanntes Geräusches mit jener eines reinen 1000-Hz-Tones verglichen wird. Das ist natürlich ein mühsames und umständliches Messverfahren, weil man dazu Versuchspersonen und viel Zeit braucht.

Viel einfacher ist ein Schalldruck oder ein Schallpegel (in μb oder in dB) zu messen; dafür gibt es heute viele zuverlässige Schalldruck- und Schallpegelmessgeräte. Die meisten dieser Geräte haben zwei Bewertungskurven «A» und «B» (die man oft auch «Ohrkurven» oder «Filterkurven» nennt), eingebaut, die den Frequenzgang des durchschnittlichen menschlichen Gehörs nachahmen (siehe auch Fig. 4).

Man glaubte früher, unter Verwendung dieser Ohrkurven, auf einfache Weise Lautstärken (in phon) messen zu können. Es zeigte sich jedoch bald, dass mit den Ohrkurven gemessene Schallpegel derart stark von der wirklichen Lautstärke (in phon) abweichen können, dass man heute allgemein die mit den Ohrkurven «A» und «B» gemessenen Werte als «bewertete Schallpegel» bezeichnet und sie in dB (A) und dB (B) angibt, je nachdem man die «A»- oder

sons est si forte qu'elle devient douloureuse (limite de la douleur).

La figure 4 montre la relation entre le niveau acoustique (en dB) et l'intensité sonore (en phon). On voit par là que c'est aux sons d'environ 3000 Hz que l'oreille est la plus sensible et, en outre, on constate que les phones et les dB ont la même valeur numérique pour un son pur de 1000 Hz, mais qu'ils diffèrent grandement l'un de l'autre aux sons graves et aigus.

Il n'est actuellement possible de mesurer exactement l'intensité sonore (en phones) que si l'on peut comparer l'intensité sonore du bruit inconnu avec celle d'un son pur de 1000 Hz. C'est naturellement un procédé de mesure difficile et compliqué, parce qu'il requiert des personnes d'essai et beaucoup de temps.

Il est beaucoup plus simple de mesurer une pression acoustique ou un niveau acoustique (en μb ou en dB); actuellement, il existe pour cela de nombreux appareils de mesure de la pression et du niveau acoustiques qui sont très bons. La plupart de ces appareils ont deux courbes de poids «A» et «B» (appelées souvent aussi «courbes d'oreille») qui doivent imiter la caractéristique de fréquence de l'ouïe humaine moyenne (voir aussi la figure 4).

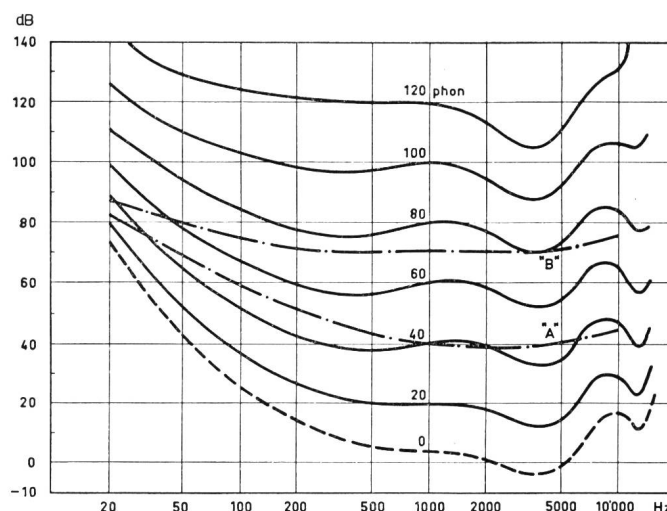


Fig. 4. Beziehung zwischen dem Schallpegel (dB) und der Lautstärke (phon)

Relation entre le niveau de la pression acoustique (dB) et la force du son (phone)

On croyait auparavant qu'en employant ces courbes d'oreille on pouvait mesurer de façon simple les intensités sonores (en phones). Mais il s'est bientôt révélé que les niveaux acoustiques mesurés à l'aide des courbes d'oreille peuvent différer de l'intensité sonore (en phones) effective à un point tel qu'on désigne généralement aujourd'hui les valeurs mesurées à l'aide des courbes d'oreille «A» et «B» par «niveaux acoustiques pondérés» et qu'on les indique en dB (A) et dB (B), selon qu'on a employé la courbe «A» ou «B» pour la mesure (voir aussi les «Instructions sur la lutte contre le bruit dans le trafic routier»

«B»-Kurve bei der Messung verwendet hat (vergleiche auch die «Weisungen für die Lärmbekämpfung im Strassenverkehr» des Eidgenössischen Justiz- und Polizeidepartementes an die kantonalen Polizeidirektionen vom 24. Februar 1957).

In Deutschland werden die mit den «A»- und «B»-Kurven gemessenen Schallpegel nicht «bewertete Schallpegel» sondern «DIN-phon» genannt.

Dass die mit den beiden «Ohrkurven» gemessenen Schallpegel oft stark von den wirklichen Lautstärkewerten in phon abweichen, ist gar nicht verwunderlich. Die Figur 4 zeigt deutlich, wie unvollkommen sich diese Kurven mit den wirklichen Ohreigenschaften decken. Dazu kommt, dass ausser dem Frequenzgang noch viele andere Merkmale, wie zum Beispiel die dynamischen Eigenschaften des Ohres zu berücksichtigen wären, die sich je nach der Zeitfunktion des zu messenden Geräusches sehr stark bemerkbar machen.

Zusammenfassend wollen wir uns merken, dass die Angabe einer Lautstärke in phon zwar eindeutig die Empfindung der Schallintensität beschreibt, dass es sich dabei aber um ein sehr unpraktisches Mass handelt, denn

- a) Lautstärken sind sehr schwierig und umständlich genau zu messen – und
- b) Lautstärken sind zum Rechnen sehr unpraktisch.

Der Begriff der Lautstärke (phon-Zahl) sollte daher nach Möglichkeit vermieden werden. In den meisten Fällen genügt es, den Schallpegel (in dB) und die mit der «A»- und «B»-Kurve bewerteten Schallpegel (in dB [A] und dB [B]) anzugeben, die alle eindeutig und einfach gemessen werden können. Neben der umständlichen Messung der Lautstärke (in phon) durch subjektiven Vergleich mit einem reinen 1000-Hz-Ton ist es möglich, aus einer Frequenzanalyse unter Verwendung des später beschriebenen Begriffes der Lautheit eine Lautstärke (in phon) zu errechnen [3]. Die so erhaltenen Lautstärken sollen als «berechnete Lautstärken» bezeichnet werden; sie stimmen in den meisten Fällen viel besser mit den wahren Werten der Lautstärke überein, als dies bei den bewerteten Schallpegeln (in dB [A] und dB [B]) der Fall ist. [4]

4.2 Die Lautheit

Im Vorausgehenden wurde gesagt, dass Lautstärken (in phon) unpraktisch zum Rechnen seien. Das leuchtet sofort ein, wenn man sich fragt, um wieviele phon eine gegebene Lautstärke vergrössert oder verkleinert werden muss, um eine doppelt so grosse oder halb so grosse Lautstärke zu erhalten. Die strikte Antwort auf diese Frage (unter Berücksichtigung des logarithmischen Charakters der Lautstärke) wäre, dass 6 phon zu- oder wegzuzählen sind. Das stimmt aber leider nicht (im Mittel müsste man 10 phon zu- oder wegzuzählen).

Man war daher gezwungen, eine neue Grösse, die Lautheit (Symbol N) mit der Einheit son einzufüh-

données par le Département fédéral de justice et police aux directions de police cantonales du 24 février 1957).

En Allemagne, les niveaux acoustiques mesurés à l'aide des courbes «A» et «B» ne sont pas appelés «niveaux acoustiques pondérés», mais «phones DIN».

Il n'est pas étonnant du tout que les niveaux acoustiques mesurés à l'aide des deux «courbes d'oreille» diffèrent souvent beaucoup des valeurs effectives de l'intensité sonore en phones. La figure 4 montre clairement comment ces courbes recouvrent incomplètement les propriétés effectives de l'oreille. De plus, à part la caractéristique de fréquence, il y aurait lieu de tenir compte encore de nombreux autres phénomènes, par exemple des caractéristiques dynamiques de l'oreille, qui exercent une très grande influence selon la fonction de temps du bruit à mesurer.

En résumé, nous pouvons dire que l'indication d'une intensité sonore en phones décrit parfaitement la sensation de l'intensité acoustique, mais qu'il s'agit d'une mesure très peu pratique, car

- a) il est très difficile et compliqué de mesurer exactement les intensités sonores,
- c) il est très peu pratique de calculer avec les intensités sonores.

C'est pourquoi la notion de l'intensité sonore (en phones) devrait autant que possible être évitée. Dans la plupart des cas, il suffit d'indiquer le niveau acoustique (en dB) et les niveaux acoustiques pondérés mesurés à l'aide des courbes «A» et «B» (en dB [A] et dB [B]). Outre la mesure compliquée de l'intensité sonore (en phones) par la comparaison subjective avec un son pur de 1000 Hz, il est possible de calculer une intensité sonore (en phones) à partir d'une analyse de fréquence en ayant recours à l'intensité auditive décrite plus loin [3]. Les intensités sonores ainsi obtenues doivent être désignées comme des «intensités sonores calculées»; elles correspondent dans la plupart des cas beaucoup mieux aux valeurs réelles de l'intensité sonore que ce n'est le cas pour les niveaux acoustiques estimés (en dB [A] et dB [B]) [4].

4.2 L'intensité auditive

Dans ce qui précède, nous avons dit qu'il était peu pratique de calculer avec les intensités sonores (en phones). Cela saute immédiatement aux yeux lorsqu'on se demande de combien de phones une intensité sonore donnée doit être augmentée ou diminuée pour qu'elle soit doublée ou diminuée de moitié. La réponse rigoureusement exacte à cette question (compte tenu du caractère logarithmique de l'intensité sonore) serait qu'il faut ajouter ou retrancher 6 phones. Mais cela n'est malheureusement pas le cas (on devrait en moyenne ajouter ou retrancher 10 phones).

C'est pourquoi on a été obligé d'introduire une nouvelle grandeur, l'intensité auditive (symbole N),

ren. Der lineare Charakter dieses son-Maßstabes entspricht nun der Schallintensitätsempfindung viel besser als der phon-Maßstab der Lautstärke. Einer x -fachen son-Zahl entspricht nun auch wirklich eine x -fache Lautheitsempfindung; das bedeutet, dass man einzelne son-Werte addieren kann, und dass deren Summe der resultierenden Lautheitsempfindung entspricht. Da zwischen den son-Werten und den phon-Werten die in der Figur 5 abgebildete

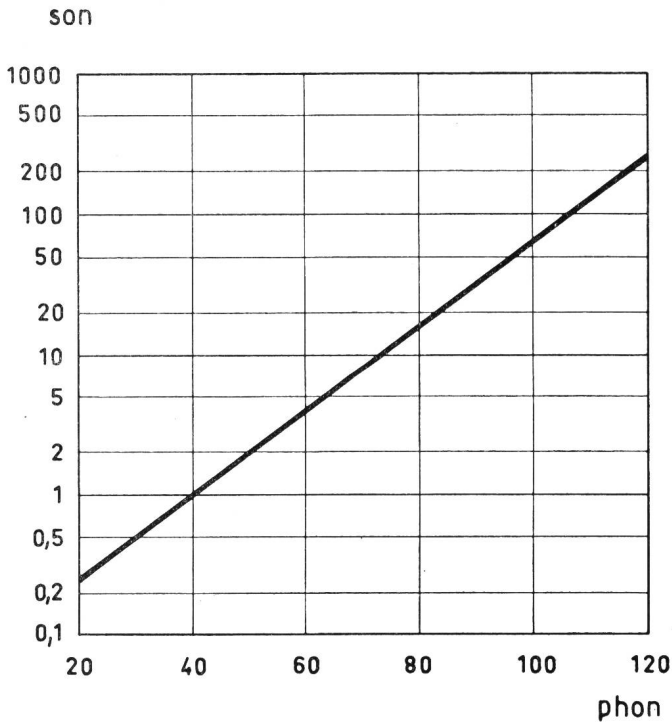


Fig. 5. Beziehung zwischen der Lautheit (son) und der Lautstärke (phon)
Relation entre l'intensité auditive (sone) et la force du son (phone)

starre Beziehung gilt, können diese beiden Größen leicht einander zugeordnet werden. Es kann zum Beispiel die aus einer Rechnung resultierende son-Zahl ohne weiteres wieder in eine Lautstärke (in phon) umgesetzt werden. Es ist zu hoffen, dass diese Beziehung bald international normiert wird.

Zusammenfassend sei darauf aufmerksam gemacht, dass die Lautheitsskala in son mit ihrem linearen Charakter viel besser der Schallintensitätsempfindung angepasst ist als die Lautstärkeskala in phon.

Das Rechnen mit den Lautheitswerten (in son) ist daher viel einfacher als das Rechnen mit den Lautstärken (in phon).

4.3 Die Tonhöhe

Streng genommen müssen wir zwischen zwei verschiedenen Tonhöheempfindungen unterscheiden, nämlich zwischen einer harmonischen und einer melodischen; beiden Tonhöheempfindungen wird eine durch Oktavintervalle eingeteilte Skala zugeordnet. Die harmonische Tonhöheempfindung ist jedoch praktisch die wichtigere von beiden. Ihr Nullpunkt ist der international genormte Stimmton $a^1 = 440$ Hz.

avec l'unité sone. Le caractère linéaire de cette échelle en sones correspond beaucoup mieux à la sensation d'intensité acoustique que l'échelle phone de l'intensité sonore. Une sensation d'intensité auditive multipliée par x correspond effectivement à un chiffre en sones multiplié par x ; cela signifie qu'on peut additionner des valeurs isolées en sones et que leur somme correspond à la sensation d'intensité auditive en résultant. Etant donné que la relation fixe, représentée à la figure 5, est valable entre les valeurs de sones et de phones, ces deux grandeurs peuvent facilement être coordonnées l'une par rapport à l'autre. Par exemple, le nombre de sones résultant d'un calcul peut sans autre être à nouveau transformé en une intensité sonore (en phones). Il faut espérer que cette relation sera bientôt normalisée sur le plan international.

Nous nous résumons en attirant l'attention sur le fait que l'échelle d'intensité auditive en sones, avec son caractère linéaire, est beaucoup mieux adaptée à la sensation d'intensité acoustique que l'échelle d'intensité sonore en phones.

C'est pourquoi il est beaucoup plus simple de calculer avec les valeurs d'intensité acoustique (en sones) qu'avec les intensités sonores (en phones).

4.3 La hauteur du son

Raisonnablement, nous devons distinguer les deux sensations de hauteur de son suivantes: l'harmonique et la mélodique; une échelle divisée par l'intervalle de l'octave est adjointe aux deux sensations de hauteur de son. Cependant, la sensation de hauteur de son harmonique est pratiquement la plus importante des deux. Son point zéro est le $a^1 = 440$ Hz du diapason international normalisé.

La plus petite variation de hauteur de son encore perçue par l'oreille humaine dépend de la fréquence à laquelle cette variation se produit et du niveau acoustique qui domine à ce propos (voir figure 6).

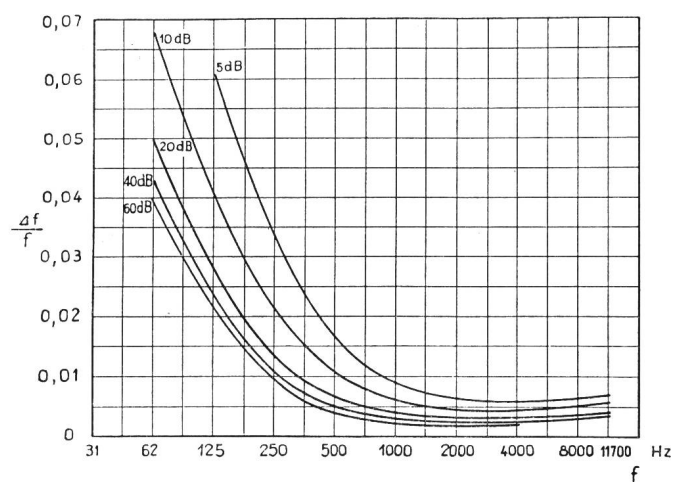


Fig. 6. Kleinste hörbare relative Frequenzänderung
Plus petite variation relative de fréquence audible
 $\frac{\Delta f}{F}$ relative Frequenzänderung/variation relative de fréquence
 f : Frequenz/fréquence
dB: Schallpegel/niveau de la pression sonore

Die kleinste vom menschlichen Ohr wahrgenommene Tonhöheschwankung hängt von der Frequenz, bei der diese Schwankung stattfindet, und vom Schallpegel, der dabei herrscht (siehe Fig. 6), ab.

4.4 Die Lästigkeit eines Schalles

Eine weitere ganz besonders wichtige subjektive Empfindung eines Schalles ist seine Lästigkeit. Es handelt sich dabei um einen ganz ausserordentlich komplizierten und komplexen Begriff, der schwer und nur annäherungsweise beurteilt werden kann.

Ausser den physikalischen Daten des Schalles spielen hier auch die psychologischen Umstände bei den Schallempfängern eine bedeutende Rolle für die Bildung des Lästigkeitseindrucks. Folgende Faktoren sind zu berücksichtigen:

- a) Physikalische Daten:
 - Der Schallpegel.
 - Das Schallspektrum (hohe schrille Töne oder tiefe dumpfe Töne).
 - Die Zeitfunktion des Geräusches (Dauergeräusch, rhythmisches Geräusch, arhythmisches Geräusch, impulsartiges Geräusch).
- b) Psychologische Faktoren:
 - Der Zeitpunkt (Tag oder Nacht).
 - Die Akustik der Umgebung (ruhiges Villenviertel, lärmige Industriegegend).
 - Die Lärmgewöhnung (Ist der Schallempfänger schon vorher an Lärm gewöhnt oder nicht?).

Es dürfte wohl nur auf Grund einer grossangelegten Meinungsforschung möglich sein, die Bedeutung aller dieser Faktoren in bezug auf die Lästigkeitsempfindung abzuklären.

Zum Schluss sei noch daran erinnert, dass der Lärm von demjenigen, der ihn erzeugt, fast immer bedeutend weniger lästig empfunden wird als von seinem Nachbarn.

5. Lärmbekämpfung durch richtige Planung

Die Hauptsache jeder Lärmbekämpfung besteht darin, den Lärm möglichst an der Quelle, bei seiner Entstehung, zu vermindern. Man achte daher schon bei der Anschaffung einer Maschine oder eines Apparates darauf, dass sie möglichst wenig Lärm machen. Es ist nicht notwendigerweise die lauteste Maschine auch die beste.

Lärm ist ein schlechtes Mass für Kraft und Stärke – er soll auch nicht zum modernen "Sex Appeal" werden – Lärm bedeutet viel eher Verlust und Verschleiss! Vor allem hat man es bei der Planung einer ganzen Anlage in der Hand, diese schalltechnisch gut oder schlecht auszuführen. Man unterscheide dabei deutlich zwischen Lärm- und Ruhezone, die örtlich voneinander getrennt werden sollten. Dieser Grundsatz ist natürlich schon beim Planen ganzer Siedlungen wichtig, wo im voraus Industriezone und Wohnzone auseinanderzuhalten sind.

Im Wohnungs- und Zweckbau gelten als typische Lärmzone: Maschinensäle, Schalterhallen, Treppenhäuser, Korridore, Küchen, Badezimmer, WC. usw.

4.4 L'incommodité d'un son

Une autre sensation subjective tout particulièrement importante d'un son est son incommodité. Il s'agit d'une notion extrêmement compliquée et complexe que l'on peut difficilement et seulement approximativement définir.

A part les caractéristiques physiques du son, les conditions psychologiques qui dominent chez ceux qui reçoivent les sons jouent aussi un rôle important pour la formation de l'impression d'incommodité. Il y a lieu de tenir compte des facteurs suivants:

- a) Caractéristiques physiques:
 - Le niveau acoustique.
 - Le spectre acoustique (sons aigus et sons graves).
 - La fonction de temps du bruit (bruit continu, bruit rythmique, bruit arythmique, bruit sous forme d'impulsions).
- b) Facteurs psychologiques:
 - L'instant (jour ou nuit).
 - L'acoustique du voisinage (quartier de villas tranquille, région industrielle bruyante).
 - L'accoutumance au bruit (celui qui reçoit les sons était-il déjà auparavant accoutumé au bruit ou non?).

Ce n'est que par une vaste opération de recherches des avis qu'il serait possible d'élucider l'importance de tous ces facteurs sur la sensation d'incommodité.

Rappelons pour terminer que le bruit incommode presque toujours nettement moins celui qui le fait que son voisin.

5. La lutte contre le bruit par une planification correcte

Le principe de toute lutte contre le bruit consiste à diminuer autant que possible le bruit à la source. C'est pourquoi, en achetant une machine ou un appareil, on veille à ce qu'ils fassent le moins de bruit possible. La machine la plus bruyante n'est pas nécessairement la meilleure.

Le bruit est une mauvaise expression de force et de puissance; il ne doit pas contribuer au «sex appeal» moderne, car il signifie bien plutôt perte et usure. En établissant les plans de toute une installation, on a la possibilité de faire quelque chose de bien ou de mauvais au point de vue de la technique des sons. A cet effet, il faut faire une nette distinction entre les zones de bruit et les zones de repos qui devraient être bien séparées les unes des autres.

Il est naturellement important d'observer ce principe en établissant les plans de colonies entières, où il faut d'avance séparer les zones industrielles et les zones de résidence.

Dans les maisons d'habitation et les édifices utilitaires, les zones de bruit typiques sont: les salles des machines, les halls des guichets, les cages d'escalier, les corridors, les cuisines, les salles de bains, etc. Les zones de calme typiques sont certains locaux de bureaux, salles de conférence, locaux de repos, chambres à coucher, etc.

On ne saurait assez insister sur l'influence qu'exerce

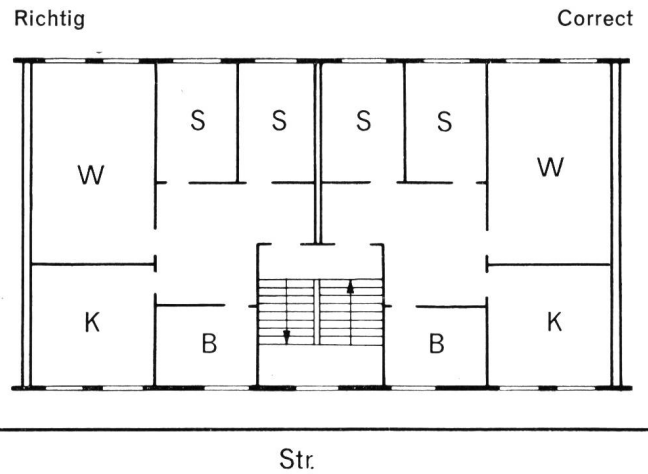
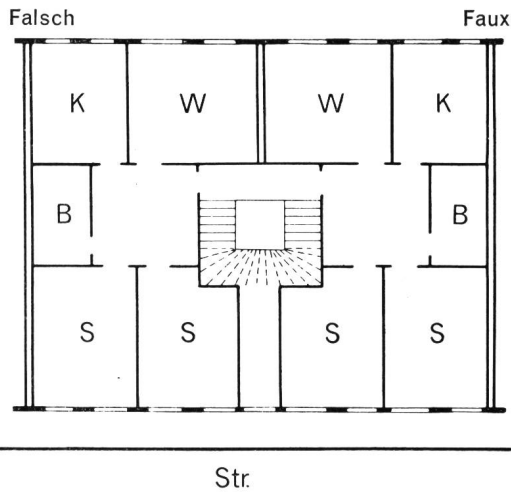


Fig. 7 Beispiel für eine richtige und eine falsche Verteilung der Lärmzone und der Ruhezone im Wohnungsbau

B: Badezimmer/Salle de bain
 K: Küche/Cuisine
 S: Schlafzimmer/Chambre à coucher

Exemple de distribution correcte et fausse des zones bruyantes et silencieuses dans un appartement

Str: Lärmige Strasse/Rue bruyante
 W: Wohnzimmer/Salon

Typische Ruhezone sind gewisse Büauräume, Konferenzsäle, Erholungsräume, Schlafzimmer usw.

Es kann gar nicht genug betont werden, wie gross der Einfluss einer schalltechnisch richtigen Planung auf den Arbeits- und Wohnkomfort ist. Im voraus geplant, übersteigen die Kosten ausreichender Schallschutzmassnahmen selten mehr als zirka 15% der ganzen Bausumme. Nachträgliche Verbesserungen bedeuten jedoch meistens sehr teure bauliche Massnahmen.

Die Figuren 7, 8, 9 und 10 zeigen einige typische Beispiele von schalltechnisch richtiger und falscher Planung. Das heutige Vorgehen, in einem einzigen riesigen Arbeitssaal möglichst viele Maschinen aufzustellen, ist schalltechnisch falsch. Da der Raum die gesamten Schallenergien, die in ihm entstehen, sam-

une planification correcte de l'acoustique sur le confort au travail et à la maison. Prévu d'avance, des mesures de protection acoustiques suffisantes dépassent rarement plus de 15% environ de la somme totale de construction. Au contraire, les améliorations ultérieures nécessitent généralement des mesures architectoniques très chères. Les figures 7, 8, 9 et 10 montrent quelques exemples typiques de planification acoustique correcte et fausse.

La manière de faire actuelle, qui consiste à installer le plus grand nombre possible de machines dans une unique salle de travail aux dimensions gigantesques, est une grave erreur au point de vue de l'acoustique. Etant donné que le local rassemble toutes les énergies acoustiques qui s'y produisent et en forme une valeur moyenne, la machine la plus

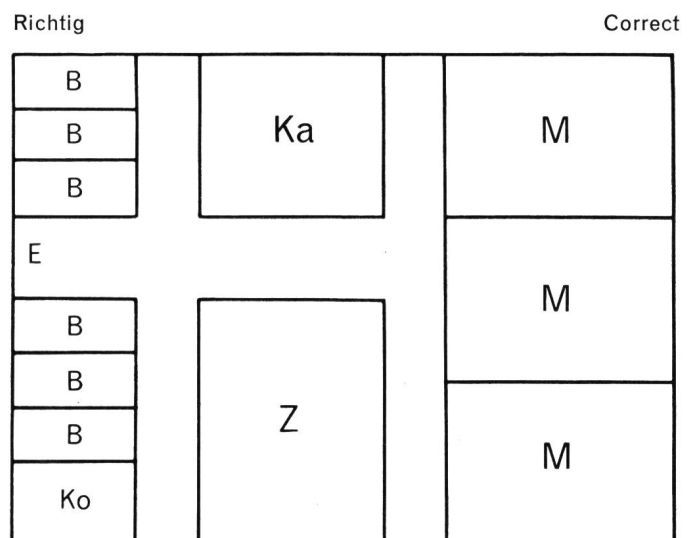
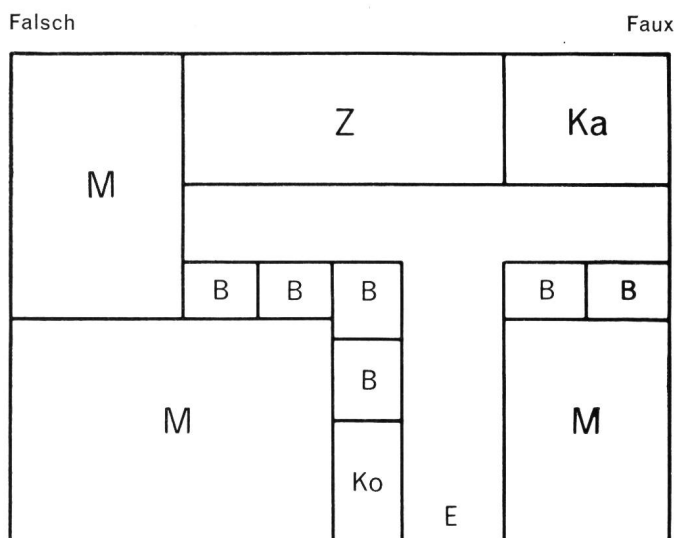


Fig. 8. Beispiel für eine richtige und eine falsche Verteilung der Lärmzone und der Ruhezone bei einer Fabrikanlage

B: Büroräume/Bureaux
 E: Eingang/Entrée
 Ka: Kantine/Cantine

Exemple de distribution correcte et fausse des zones bruyantes et silencieuses dans une fabrique

Ko: Konferenzsaal/Salle de conférence
 M: Werkstätten/Atelier
 Z: Zeichnungs- und Konstruktionsaal /Bureaux de construction

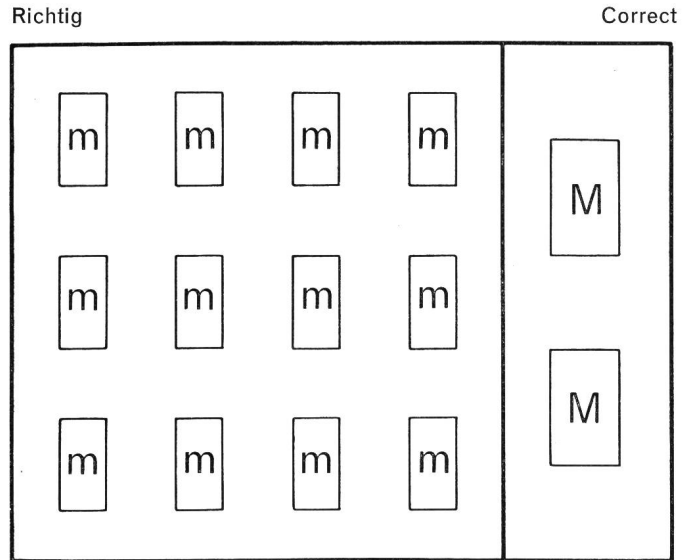
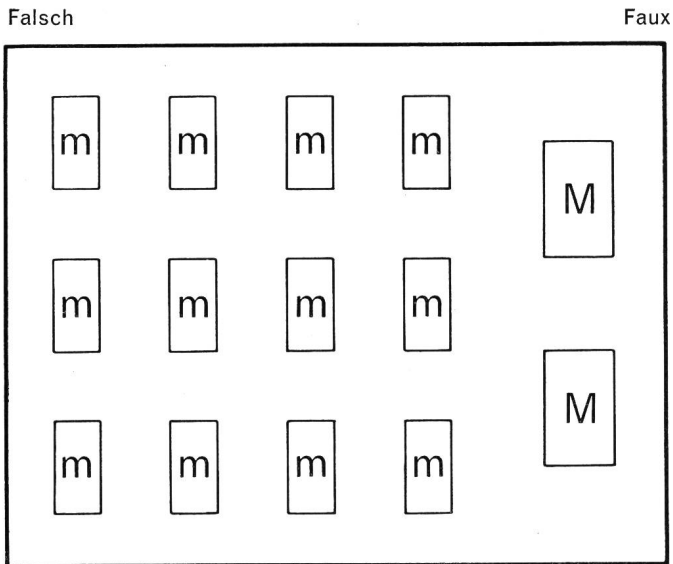


Fig. 9. Beispiel für eine richtige und eine falsche Aufstellung einer lärmigen Maschine in einer Werkstatt
 m: Arbeitsplätze mit normal lauten Maschinen
 M: Arbeitsplätze mit sehr lauten Maschinen

Exemple d'emplacement correct et faux d'une machine bruyante dans un atelier
 m: Places de travail avec machines faisant un bruit normal
 M: Places de travail avec machines très bruyantes

melt und davon einen Mittelwert bildet, bestimmt die lauteste Maschine weitgehend den Schallpegel und stört unnötigerweise am Arbeitsplatz einer leiseren Maschine. Mit dem nachträglichen Ankleben von Akustikplatten kann der Schallpegel in einem sol-

bruyante détermine dans une large mesure le niveau acoustique et dérange inutilement à la place de travail une machine plus silencieuse. L'expérience prouve que l'application de panneaux acoustiques permet d'abaisser dans un local de ce genre le niveau acous-

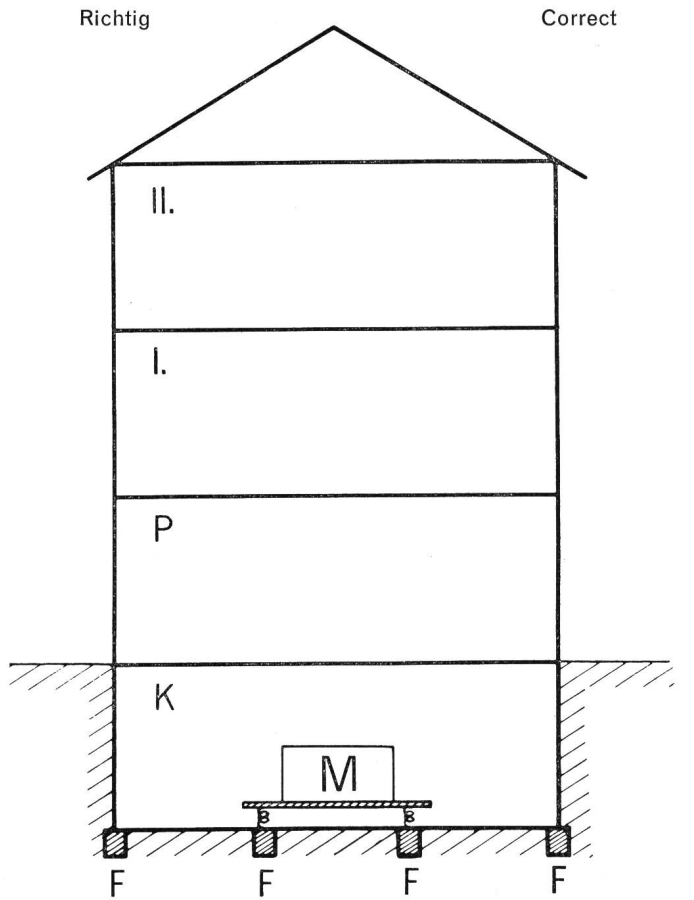
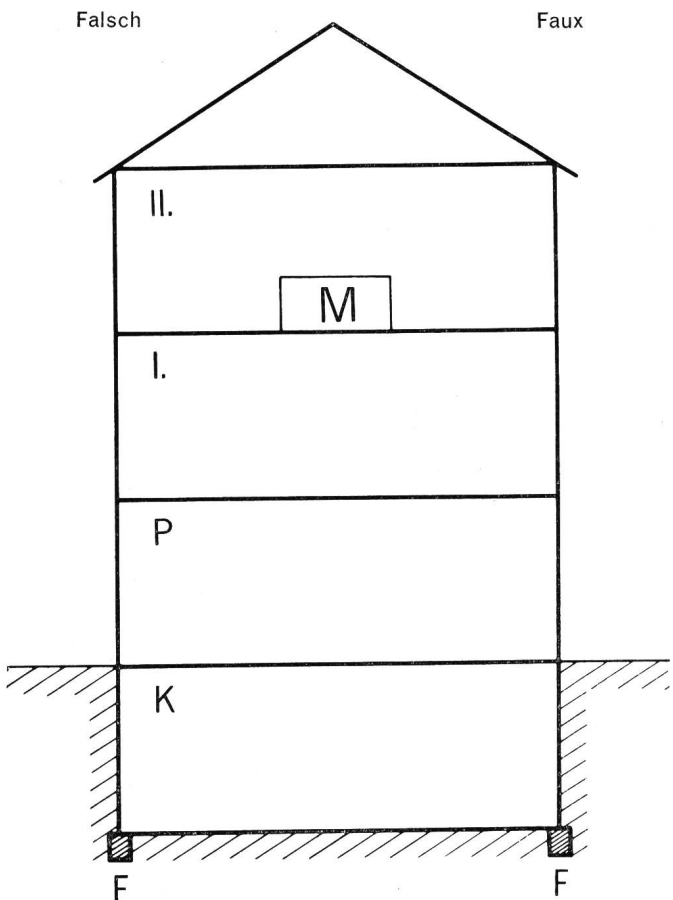


Fig. 10. Beispiel für eine richtige und eine falsche Aufstellung einer Maschine, die starke Erschütterungen verursacht
 M: Maschine/Machine
 F: Fundamente/Fondations
 K: Keller/Sous-sol

Exemple d'emplacement correct et faux d'une machine vibrant fortement
 P: Parterre/Rez-de-chaussée
 I: Erster Stock/Premier étage
 II: Zweiter Stock/Deuxième étage

chen Raum erfahrungsgemäss um höchstens 3 bis 8 dB gesenkt werden, so dass diese Massnahme den Charakter einer Notlösung hat, die oft mehr psychologisch als technisch wirkt. Schalltechnisch richtig ist natürlich auch hier wieder das Isolieren, das heisst Abkapseln der besonders lärmigen Maschinen von den übrigen Arbeitsplätzen. Schliesslich wird es auch dem Laien einleuchten, dass eine schwere Stanzmaschine nicht neben eine Mikrowaage gehört.

6. Luftschall-Körperschall und deren Isolation

Für die erfolgreiche Lärmbekämpfung einer Schallstörung ist es unbedingt nötig, zwischen Luftschall und Körperschall zu unterscheiden, da diese mit verschiedenen Mitteln isoliert werden. Typische Luftschallerzeuger sind zum Beispiel alle Blasmusikinstrumente, Sänger, Radioapparate, Autohupen usw. Typische Körperschallerzeuger sind alle Hämmer, unsachgemäss montierte Motoren und Maschinen, oft auch sanitäre Installationen. Als besondere Kategorie gelten die Schrittgeräusche, die entweder bei normalem Gehen oder bei Tanz und Gymnastik hervorgerufen werden.

Natürlich gibt es auch viele Störquellen, die beides, Luftschall und Körperschall, gleichzeitig erzeugen. Die Isolation der Luftschallstörungen geschieht grundsätzlich so, dass man die Störquelle mit einer Hülle von der weiteren Umgebung abkapselt. Der Erfolg ist dabei um so grösser, je schwerer und dichter diese Hülle ist. Die Figur 11 zeigt das deutlich, indem dort die Luftschallisolation (in dB) in Abhängigkeit des Gewichtes (in Kilogramm je Quadratmeter) der Trennwand (Hülle) angegeben ist. Leichte homogene Wände, Türen und Fenster werden darum

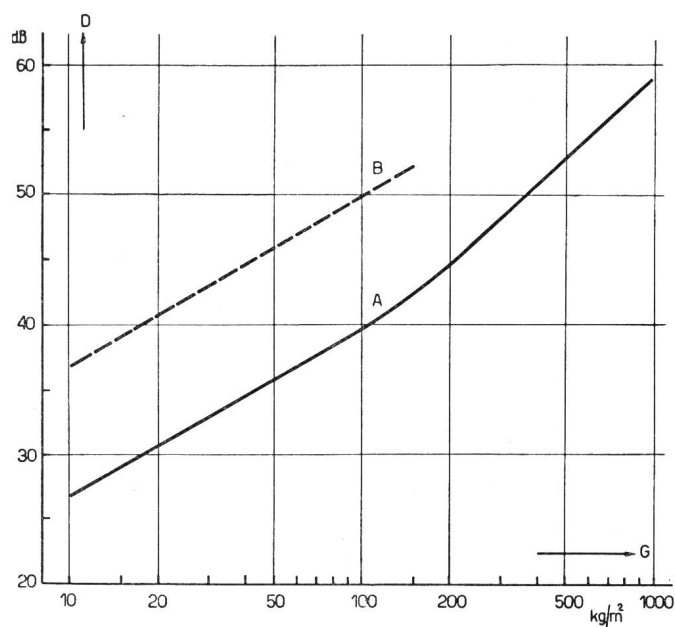


Fig. 11. Mittlere Luftschalldämmung von Wänden
 Isolation moyenne des sons transmis par l'air
 D: Schalldämmung in dB/Isolation en dB
 G: Wandgewicht in kg/m²/Poids du mur en kg/m²
 A: Einfachwand/Mur simple
 B: Doppelwand mit 10 cm Luftraum
 Mur double avec 10 cm d'espace entre les parois

tique de 3 à 8 dB au maximum, de sorte que cette mesure a plutôt le caractère d'une solution provisoire qui a souvent un effet plus psychologique que technique. L'isolation est naturellement ici aussi correcte au point de vue de l'acoustique, c'est-à-dire la séparation des machines particulièrement bruyantes des autres places de travail. Enfin, n'importe qui se rend immédiatement compte qu'une machine à étamper n'a pas sa place à côté d'une microbalance.

6. Son aérien – sons d'impact et leur isolation

Pour lutter avec succès contre le bruit d'un dérangement acoustique, il est absolument nécessaire de distinguer le son aérien du son d'impact qui sont isolés par des moyens différents. Les producteurs de sons aériens sont, par exemple, tous les chanteurs, les instruments de musique à vent, les appareils radiophoniques, les klaxons d'automobiles, etc. Ceux qui engendrent les sons d'impact sont tous les marteaux, les moteurs et machines montés de façon irrationnelle, souvent aussi les installations sanitaires. Les bruits de pas qui sont produits soit par une marche normale, soit pas la danse ou la gymnastique, forment une catégorie particulière.

Nombreuses sont aussi les sources perturbatrices qui produisent simultanément les deux sortes de sons. En principe, pour isoler les dérangements dus aux sons aériens, on sépare la source perturbatrice de son voisinage à l'aide d'une enveloppe de protection. Le succès est d'autant plus grand que cette enveloppe est plus lourde et plus épaisse. La figure 11 montre clairement que l'isolation des sons aériens (en dB) dépend du poids (en kilogrammes par mètre carré) de la paroi de séparation (enveloppe). Les légères parois homogènes, les portes et les fenêtres n'isolent jamais contre les sons aériens comme les constructions massives. Si, par exemple, une paroi n'isole pas suffisamment contre les sons aériens, il ne suffit pas de la recouvrir d'un côté ou des deux côtés de panneaux acoustiques (on ne gagne généralement que très peu), mais il faut la rendre plus épaisse et plus lourde.

Des limites sont imposées à cette manière de faire, car on ne peut pas toujours construire librement des parois épaisses et lourdes. Il est alors indiqué de faire des constructions à double paroi ou des constructions «sandwich» à plusieurs couches, dont l'isolation est nettement plus grande que le poids global de ces constructions. Mais, pour ces constructions à deux ou plusieurs couches, il faut soigneusement éviter tous les ponts acoustiques entre les couches. Il est, par exemple, inadmissible de tirer des tubes de lignes, etc. à travers ces parois et de les fixer de chaque côté. Une seule brique coincée entre deux parois peut déjà fortement diminuer l'isolation acoustique.

On est surpris de constater à quelle importante isolation contre les sons aériens on peut arriver de nos jours avec des parois modernes (même mobiles)

nie so luftschallisolierend wirken, wie schwere. Wenn also beispielsweise eine Wand nicht hinreichend gegen Luftschall isoliert, so genügt es nicht, sie einseitig oder beidseitig mit Akustikplatten zu bekleben (dadurch gewinnt man meistens nur sehr wenig), sondern diese Wand muss eben dicker und schwerer gebaut werden.

Natürlich sind diesem Vorgehen Grenzen gesetzt, da man nicht immer beliebig dicke und schwere Wände bauen kann. Es sind dann Doppelwandkonstruktionen oder mehrschichtige «Sandwichkonstruktionen» angezeigt, deren Isolation bedeutend grösser ist, als ihrem gesamten Gewicht entspricht. Bei solchen zwei- oder mehrschichtigen Konstruktionen müssen jedoch alle Schallbrücken zwischen den Schichten sorgfältig vermieden werden. Es ist zum Beispiel ganz unzulässig, Leitungsrohre oder etwas Ähnliches quer durch solche Wände zu führen und sie beidseitig festzumachen. Ein einziges Stück Backstein, das sich zwischen einer Doppelwand verklemmt, kann die Schallisolation schon stark vermindern.

Erstaunlich ist, welche grosse Luftschallisolationen heute mit modernen mehrschichtigen Leichtbauwänden (auch mobilen!) erreicht werden können, wenn diese mehrschalige Konstruktion klug und vor allem sorgfältig erstellt wird.

Die Isolation der Körperschallstörung wird grundsätzlich durch Abfederung der Erschütterungsquelle gegenüber der Trag- und Haltekonstruktion vorgenommen. Es ist hier also die Wechselwirkung zwischen Masse und Elastizität, mit der man die gewünschte Isolation erreicht (siehe auch Fig. 12). Dabei muss man wissen, dass die Frequenz der Eigenschwingung dieses mechanischen Schwingungsgebildes immer viel kleiner sein soll, als die Frequenz der Körperschallstörung. In vielen Fällen genügt als Masse bereits die Eigenmasse des Körperschallgenerators, so dass man diesen, um ihn zu isolieren, nur

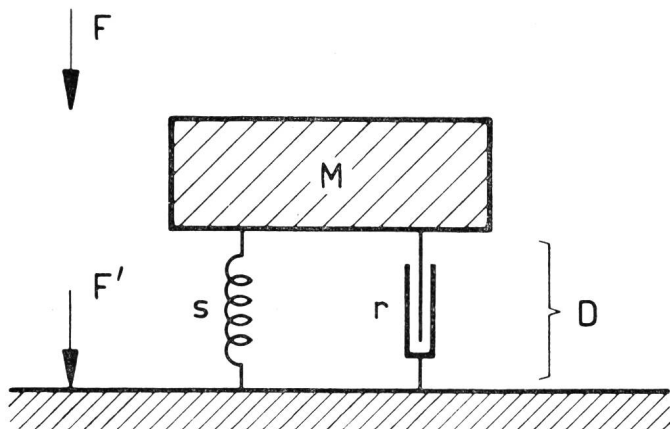


Fig. 12. Anordnung für Körperschalldämmung
 Dispositif d'isolation des sons transmis par des corps solides
 F : Anregende Kraft/Force d'excitation
 M : Schwingende Masse/Masse en oscillation
 D : Dämmschicht/Couche amortissante
 s Steifigkeit/Rigidité
 r Reibung/Frottement
 F' : Kraft auf die Unterlage/Force sur la base

de construction légère à plusieurs couches, si cette construction à plusieurs revêtements est intelligemment et surtout soigneusement établie.

On réalise l'isolation contre les perturbations dues aux sons d'impact par un montage élastique de la source sur la construction porteuse et de maintien. Il s'agit donc ici de l'action réciproque entre la masse et l'élasticité, à l'aide de laquelle on obtient l'isolation désirée (voir aussi la figure 12). A ce propos, on doit savoir que la fréquence propre de ce mécanisme oscillant doit toujours être plus petite que celle de la perturbation provoquée par les sons d'impact. Dans nombre de cas, la masse elle-même du générateur des sons d'impact suffit déjà comme masse, de sorte que, pour l'isoler, on n'a plus besoin que de le placer sur un support suffisamment élastique (ressorts en acier, éléments de caoutchouc, coussins de liège, nattes, etc.).

Dans les immeubles locatifs, les conduites d'eau des diverses installations sanitaires provoquent fréquemment des perturbations par sons d'impact. C'est pourquoi ces conduites doivent être soigneusement isolées par une couche élastique, une attention particulière étant vouée à l'isolation entre les tuyaux et les brides de fixation. Les moteurs d'ascenseurs, les pompes de circulation d'eau et les compresseurs sont aussi souvent des générateurs de sons d'impact, que l'on devrait soigneusement isoler.

Les dérangements dus aux bruits des pas représentent une catégorie spéciale de dérangements provoqués par les sons d'impact. Une première mesure de l'isolation contre les bruits des pas réside dans l'emploi de passages élastiques tendres (tapis, revêtements de caoutchouc poreux, etc.). Mais la mesure la meilleure et la plus radicale revient à établir des planchers «flottants» pour lesquels une natte en fibres est posée entre la couche porteuse et la dalle coulée en béton armé qui ne doit être en contact en aucun endroit avec la construction porteuse. Pour terminer, nous ajouterons encore que les boules sur les jeux de quilles engendrent des sons d'impact particulièrement forts qui peuvent provoquer des bruits considérables dans les maisons locatives annexes [5].

En résumé, on peut dire que l'isolation contre les dérangements dus aux sons aériens se fait par l'isolement de la source perturbatrice par rapport au voisinage et que l'isolation contre les dérangements provoqués par les sons d'impact a lieu, en revanche, par l'amortissement de la source perturbatrice par rapport à la construction porteuse et de maintien.

7. Quelques valeurs d'isolation importantes

Le tableau 2 donne le résumé d'un certain nombre de valeurs typiques d'isolation contre les sons aériens. Il en ressort que l'on obtient actuellement avec des parois mobiles à plusieurs couches en construction légère les mêmes isolations contre les sons aériens qu'avec de lourdes parois en maçonnerie. En outre,

noch auf eine genügend elastische Unterlage (Stahlfedern, Gummielemente, Korkkissen, Fasermatten usw.) stellen muss.

Im Wohnungsbau verursachen die Wasserleitungen der diversen sanitären Installationen häufig Körperschallstörungen. Diese Leitungen müssen daher mit einer elastischen Schicht sorgfältig isoliert werden, wobei der Isolation zwischen den Röhren und den Befestigungsbriden besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Auch Liftmotoren, Umwälzpumpen und Kompressoren sind häufige Körperschallerzeuger, die man sorgfältig isolieren sollte.

Eine ganz besondere Art von Körperschallstörungen bilden die Trittschallstörungen. Eine erste Massnahme der Trittschallisolation besteht in der Verwendung weicher elastischer Gehbeläge (Teppiche, Schwammgummiunterlagen usw.). Die beste und radikalste Massnahme stellt aber der Bau von «schwimmenden» Böden dar, bei denen zunächst eine Faserplatte auf die Tragdecke gelegt wird, auf die eine armierte Betonplatte zu liegen kommt, die aber an keinem Ort mit der Tragkonstruktion direkten Kontakt haben darf. Abschliessend sei auch noch darauf hingewiesen, dass beim Kegeln auf Kegelbahnen ganz besonders starke Körperschallstörungen entstehen, die vor allem in angebauten Wohnhäusern zu beträchtlichen Schallstörungen führen können. [5].

Zusammenfassend gilt: Die Isolation von Luftschallstörungen besteht im Abkapseln der Störquelle gegenüber ihrer Umgebung, die Isolation von Körperschallstörungen dagegen geschieht durch Abfederung der Störquelle gegenüber der Trag- bzw. Haltekonstruktion.

7. Einige wichtige Isolationswerte

In der *Tabelle II* sind ein paar typische Luftschallisolationen zusammengestellt. Daraus geht hervor, dass heute mit mehrschichtigen mobilen Trennwänden in Leichtbauweise die gleichen Luftschallisolationen wie mit schweren gemauerten Wänden erreicht werden. Ferner sei darauf hingewiesen, dass hochisolierende Spezialtüren recht teuer sind. Von Fenstern, die man noch auf und zu machen kann, darf kaum eine grössere Luftschallisolation als 30 dB erwartet werden.

In *Tabelle III* wurden typische Isolationswerte mit verschiedenen Schallpegeln kombiniert. Dort zeigt es sich zum Beispiel, dass selbst mit doppelverglasten, geschlossenen Fenstern der Lärm einer verkehrsreichen Strasse nicht mehr auf das für «Ruhe und Schlaf» notwendige Niveau verringert werden kann. Ferner, dass beim Arbeiten bei Schallpegeln über 105 dB nur noch ein individueller Hörschutz helfen kann, wenn schwere gesundheitliche Störungen vermieden werden sollen.

Es scheint mir daher angezeigt, für Arbeiter, die während längerer Zeit bei Schallpegeln von über 85 dB arbeiten müssen, mindestens stichprobeweise periodische ärztliche Gehöruntersuchungen in Erwägung zu ziehen.

il faut mentionner que les portes spéciales à haute isolation sont très chères. Il faut à peine escompter une isolation contre les sons aériens supérieure à 30 dB pour les fenêtres qu'on peut ouvrir et fermer.

Au *tableau 3*, des valeurs d'isolation typiques ont été combinées avec différents niveaux acoustiques. Il s'est révélé que, même avec des fenêtres fermées par des vitres doubles, le bruit d'une rue très passante ne peut plus être ramené au niveau nécessaire au «repos et au sommeil». En outre, on constate que seule une protection de l'ouïe individuelle peut encore aider à travailler à des niveaux acoustiques supérieurs à 105 dB, si l'on veut éviter de graves atteintes à la santé.

C'est pourquoi il paraît être indiqué de prendre en considération les visites médicales périodiques de l'ouïe, au moins par sondages, pour les ouvriers qui travaillent longtemps à des niveaux acoustiques de plus de 85 dB.

8. Quelques exemples typiques de la lutte contre le bruit

Pour illustrer les explications susmentionnées, nous décrivons ci-après quatre mesures de lutte contre le bruit exécutées pratiquement.

Affaiblissement d'un bruit d'échappement

Sur la partie extérieure d'un grand mur de fabrique se trouvent les ouvertures tubulaires de l'entrée et de la sortie d'air de l'installation d'air comprimé de deux grandes machines à souder par points. Le bruit «d'aspiration et d'explosion» de cette installation troublait grandement le travail dans les locaux d'un bâtiment administratif voisin.

L'application de pots d'échappement ordinaires d'automobile aux extrémités tubulaires de l'installation d'air comprimé a diminué cette perturbation d'au moins 20 dB, sans que le fonctionnement des machines à souder par points en soit le moins du monde influencé désavantageusement.

Diminution du bruit occasionné par une machine bruyante

Une machine à perforer les bulletins de fermeture des sacs postaux provoque dans un local un bruit de fond régulier de 83 dB, auquel se superposent des impulsions acoustiques de brève durée. Malgré son niveau acoustique modérément élevé, cette perturbation a une influence désagréable, du fait qu'il faut compter dans le même local des estampilles-values avec la plus grande sûreté, ce qui est rendu très difficile par les impulsions sonores désagréables.

La machine décrite étant déjà bien isolée contre les bruits d'impact, il s'agit avant tout d'une perturbation due aux sons aériens qui pourrait être détournée du reste du local par des parois en bois mobiles. Ces parois diminueraient le bruit de la machine dans le reste du local d'au moins 20 dB, ce qui serait tout à fait suffisant.

Typische Beispiele für Luftschallisolation

Divers exemples typiques de l'isolation contre les bruits transmis par l'air

Tabelle II

Tableau II

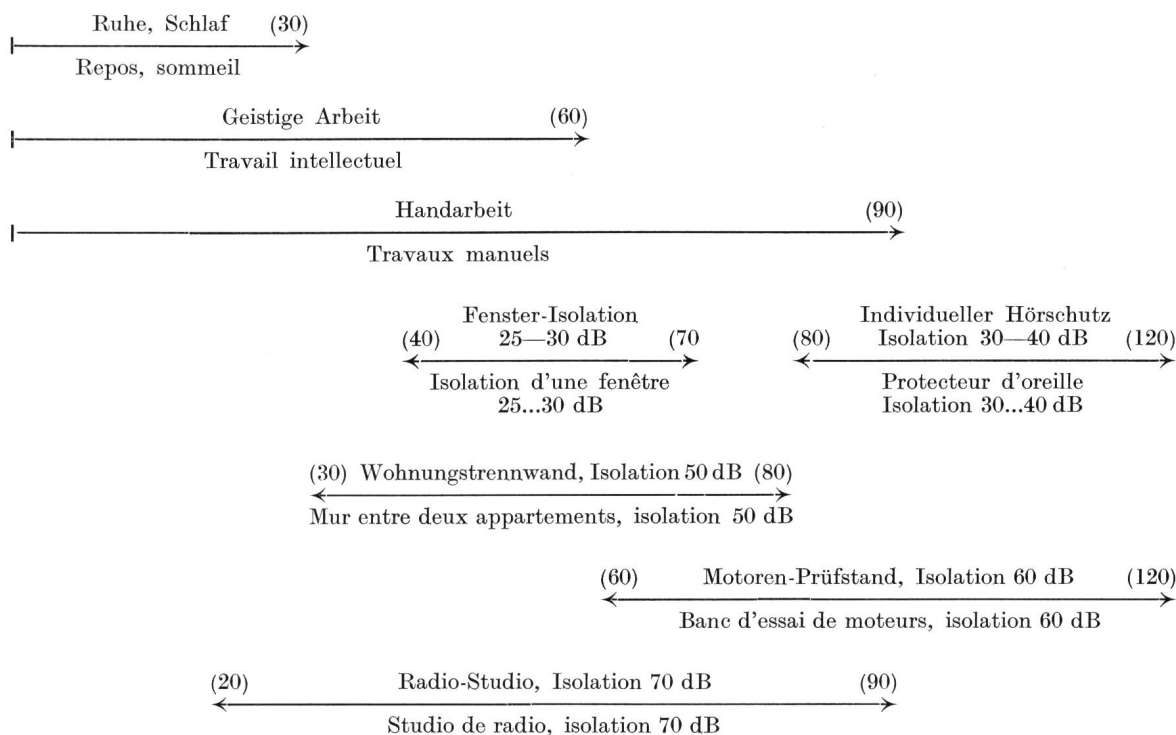
		Luftschallisolation Isolation contre les bruits transmis par l'air
A Wände Parois	1. Mauer, bestehend aus 12 cm dicken Isoliersteinen und beidseitigem Zementverputz: Flächengewicht etwa 210 kg/m ² Mur constitué de briques isolantes de 12 cm d'épaisseur, crépi des deux côtés au ciment	} ≥ 40 dB
	2. Mauer, bestehend aus 25 cm dicken Isoliersteinen und beidseitigem Zementverputz: Flächengewicht etwa 390 kg/m ² Mur constitué de briques isolantes de 25 cm d'épaisseur, crépi des deux côtés au ciment	} ≥ 48 dB
	3. I Mauer, bestehend aus 25 cm dicken Isoliersteinen und 1 Mauer, bestehend aus 12 cm dicken Isoliersteinen; je ein Zementverputz, Zwischenraum 10 cm Luft. Totales Flächengewicht: etwa 560 kg/m ² I mur constitué de briques isolantes de 25 cm d'épaisseur, et I mur constitué de briques isolantes de 12 cm d'épaisseur; crépissage au ciment de 1 cm, espace 10 cm; poids environ 560 kg/m ²	} ≥ 58 dB
	4. Mobile zweischalige Wandkonstruktion (2 Holzspanplatten und Füllmasse). Wandstärke 9 cm; Flächengewicht etwa 32 kg/m ² Paroi mobile à double couche (2 panneaux de copeaux de bois agglomérés et remplissage). Epaisseur 9 cm, poids environ 32 kg/m ²	} 40 dB
	5. Mobile zweischalige Wandkonstruktion (2 Holzspanplatten und Füllmasse). Wandstärke 21 cm, Flächengewicht etwa 33,5 kg/m ² Paroi mobile à double couche (2 panneaux de copeaux de bois agglomérés et remplissage). Epaisseur 21 cm, poids environ 33,5 kg/m ²	} 50 dB
B Türen Portes	6. Einfache Türe, je nach Holzdicke und Dichtung des Falzes Porte simple, suivant l'épaisseur du bois et l'étanchéité des battues	} 24...28 dB
	7. Doppeltüre, bestehend aus zwei Türen gemäss Position 6 Porte double, composée de 2 portes suivant position 6	} 30...35 dB
	8. Einfache Spezialtüre, je nach Aufwand Porte spéciale simple, suivant la construction	} 30...45 dB
	9. Doppelte Spezialtüre, gemäss Position 8 Porte spéciale double, suivant position 8	} 40...60 dB
C Fenster Fenêtres	10. Einfachverglasung, 3...4-mm-Glas A vitrage simple (3...4 mm de verre)	} 22 dB
	11. Doppelverglasung, 2 × 3...4-mm-Glas A vitrage double (2 × 3...4 mm de verre)	} 26 dB
	12. Doppelverglasung, 5- und 6-mm-Glas, mit Dichtung im Falz A vitrage double (5 et 7 mm de verre), avec battues étanches	} 32 dB

Zusammenstellung typischer Schallpegel und Isolationswerte
Tableau synoptique de niveaux et isolations sonores typiques

Tabelle III

Tableau III

0	20	40	60	80	100	120
Sehr leise Très faible	Leise Faible	Mittel Moyen	Laut Fort	Sehr laut Très fort	Unerträglich Insupportable	Schallpegel (dB) Niveau sonore (dB)
Uhr ticken Atemgeräusch	Ruhiger Garten Schlafzimmer	Leise Sprache Ruhige Strasse	Personenauto Unterhaltung Radio Hausmusik Wohnlärm	Strassenverkehr Baulärm Metallarbeiten Orchestermusik	Flugzeugmotor Kesselschmiede Weberei Ramme	
Tic-tac d'une montre Bruit de la respiration	Parc tranquille Chambre à coucher	Voix faible Rue tranquille	Automobile Dialogue Radio Musique (piano, violon) Bruit d'habitation	Trafic routier Bruit de chantier Travaux métallurgiques Musique (orchestre)	Moteur d'avion Chaudronnerie Filature Marteau-pilon	



8. Einige praktische Beispiele der Lärmbekämpfung

Zur Illustration der bisherigen Ausführungen seien nachstehend stichwortartig vier typische Beispiele von praktisch ausgeführten Lärmbekämpfungsmassnahmen beschrieben.

– Dämpfung eines Auspuffgeräusches.

An der Aussenseite einer grossen Fabrikmauer befinden sich die Rohröffnungen des Lufteintrittes und Luftaustrittes der Pressluftanlage von zwei

Isolation contre les bruits d'impact d'un jeu de quilles

Les jeux de quilles donnent naissance à des bruits d'impact particulièrement forts qui se font sentir de façon tout à fait désagréable dans les bâtiments locatifs annexes.

Dans un cas pratique, on a observé de forts bruits, bien que l'architecte ait ordonné l'isolation nécessaire contre les bruits d'impact.

Il s'est révélé que l'effet de l'isolation contre les bruits d'impact a été supprimée par des ponts acous-

grossen Punktschweissmaschinen. Das «saugende und knallende» Geräusch dieser Anlage wurde in den Arbeitsräumen eines benachbarten Verwaltungsgebäudes sehr störend empfunden.

Das Anbringen gewöhnlicher Autoauspufftöpfe an den Rohrenden der Pressluftanlage hat diese Störung um mindestens 20 dB vermindert, wobei die Funktion der Punktschweissmaschinen nicht im geringsten beeinträchtigt wird.

- Minderung der Schallstörungen einer lärmigen Maschine.

Eine Postsackverschlusszettel-Stanzmaschine verursacht in einem Betriebsraum ein gleichmäßiges Grundgeräusch von 83 dB, dem kurzzeitige Schallimpulse überlagert sind. Diese Störung ist trotz ihrem nicht allzu hohen Schallpegel schwerwiegend, weil im gleichen Raum Wertzeichen mit grösster Zuverlässigkeit abgezählt werden müssen, was durch die schreckbewirkenden Schallimpulse stark erschwert wird.

Da die beschriebene Maschine körperschallmässig durch Abfederung bereits weitgehend isoliert ist, handelt es sich vorwiegend um eine Luftschallstörung, die mit mobilen Holztrennwänden vom übrigen Raum weitgehend abgehalten werden könnte. Solche Wände würden den Lärm der Maschine im übrigen Raum um mindestens 20 dB vermindern, was durchaus genügend wäre.

- Isolation der Körperschallstörungen einer Kegelbahn.

Bei Kegelbahnen entstehen ganz besonders starke Körperschallstörungen, die in angebauten Wohnhäusern als sehr störend empfunden werden.

In einem praktischen Fall wurden starke Schallstörungen beobachtet, obwohl vom Architekten die nötige Körperschallisolation angeordnet worden war. Es zeigte sich, dass die Wirkung der Körperschallisolation durch massive Schallbrücken aufgehoben wurde. Die schwimmende Betonplatte, auf der gekegelt wurde, wies (besonders an den Rändern) verschiedene nicht isolierte Kontakte mit der Hauptkonstruktion des Wohnhauses auf. Ferner waren zahlreiche Holzaufbauten (Trennwände zwischen den Kegelbahnen, Kugelbagger und Kugelrücklauf sowie die Kugelfangwände am Ende der Bahnen) einerseits auf der schwimmenden Betonplatte verankert und andererseits direkt, ohne Isolation, auf die Wände der Hauptkonstruktion des Wohnhauses abgestützt.

Durch das Ausschalten dieser Schallbrücken sind die Schallstörungen um mehr als 40 dB reduziert worden.

- Minderung der Schallstörungen von Bureaumachines in einem Kanzleiraum.

In einem halligen Kanzleiraum waren ungefähr 30 Stück der verschiedensten Schreibmaschinen und eine besonders lärmige Buchungsmaschine aufgestellt. Der allgemeine Lärmpegel wirkte recht störend.

tiques massifs. La dalle de béton sur laquelle on jouait aux quilles présentait (en particulier sur les bords) divers contacts non isolés avec la construction principale du bâtiment. En outre, de nombreuses constructions en bois (parois de séparation entre les pistes, réception et renvoi des boules et parois d'amortissement des boules à l'extrémité des pistes) étaient, d'une part, amarrées sur la dalle en béton, et, d'autre part, appuyées directement, sans isolation, sur les parois de la construction principale du bâtiment.

La suppression de ces ponts acoustiques a permis de réduire les bruits de plus de 40 dB.

Diminution des bruits dus aux machines de bureau dans une chancellerie

Une trentaine de machines à écrire des modèles les plus divers et une machine comptable spécialement bruyante étaient installées dans une chancellerie très spacieuse. Le niveau de bruit général dérangeait réellement les personnes travaillant dans ce local.

Une paroi de séparation légère en bois permit de créer un petit bureau dans lequel trouvèrent place les machines les plus bruyantes. Le plafond (des deux locaux) fut recouvert de panneaux acoustiques à coefficient moyen d'absorption des sons élevé. Pour que l'effet d'absorption des sons fût encore augmenté, les panneaux acoustiques ne furent pas directement collés au plafond, mais fixés sur un lattis de telle sorte qu'un espace de 4 cm fût ménagé entre les panneaux et le plafond. A cet effet, on a utilisé des panneaux acoustiques perforés de façon tout à fait irrégulière, car l'expérience prouve que la perforation régulière des panneaux produit un brouillage. Les panneaux acoustiques diminuant plus fortement les impulsions de bruit que les bruits continus réguliers, les mesures décrites ont apporté une nette amélioration des conditions acoustiques.

9. Réverbération et temps de réverbération

Chacun remarque immédiatement la grande différence d'acoustique qui existe entre une salle de bains et un salon. Les sons se réfléchissent particulièrement bien contre les parois dures d'une salle de bains, de sorte que le temps pour absorber cette énergie est long. Dans un salon recouvert de tapis, aux fenêtres garnies de lourds rideaux, et pourvu de meubles rembourrés, une grande partie des sons sont absorbés; ce local a un temps de réverbération court.

L'expérience nous a enseigné la valeur du temps de réverbération la plus favorable pour chaque emploi et pour chaque local. Une des tâches les plus importantes de l'acoustique consiste à réaliser le temps de réverbération le plus favorable. Il existe actuellement un grand nombre de panneaux acoustiques excellents qui absorbent les sons et diminuent ainsi le temps de réverbération.

La diminution du temps de réverbération provoque, premièrement, une baisse du niveau général du

Mit einer leichten Holztrennwand konnte ein kleines Zimmerchen geschaffen werden, in dem die besonders lärmigen Maschinen Aufstellung fanden. An der Decke (beider Räume) wurden Akustikplatten mit grossem mittlerem Schallabsorptionskoeffizienten angebracht. Zur Vergrösserung der schallschluckenden Wirkung bei den tiefen Tönen wurden diese Akustikplatten nicht direkt auf die Decke geklebt, sondern auf einem Holzlattenrost derart befestigt, dass zwischen den Platten und der Decke ein Luftzwischenraum von mindestens 4 cm Tiefe entstand. Dabei gelangten absichtlich Akustikplatten zur Verwendung, die keine regelmässige Lochung aufweisen, da eine solche erfahrungsgemäss verwirrend wirkt. Da Akustikplatten bei Impulsgeräuschen den mittleren Schallpegel stärker vermindern als bei einem gleichmässigen Dauergeräusch, erzielten die beschriebenen Massnahmen eine erhebliche Verbesserung der akustischen Verhältnisse.

9. Nachhall und Nachhallzeit

Jedermann fällt sofort der grosse Unterschied zwischen der Raumakustik eines Badezimmers und eines Salons auf. An den harten Wänden des Badezimmers wird der Schall besonders stark reflektiert, wodurch mehr Zeit gebraucht wird, um diese Energie zu absorbieren. Ein Raum dieser Art hat eine grosse Nachhallzeit. In einem Salon mit Teppichen, Vorhängen und Polstermöbeln wird ein grosser Teil des Schalles absorbiert, so dass dieser nur kurz nachhallt.

Aus Erfahrung kennt man für jeden Verwendungszweck und für jede Raumgrösse den günstigsten Wert der Nachhallzeit. Eine der wichtigsten Aufgaben der Raumakustik besteht darin, die günstigste Nachhallzeit zu verwirklichen. Es gibt heute eine grosse Zahl vorzüglicher Akustikplatten, die Schall absorbieren und damit die Nachhallzeit verkürzen.

Die Verkürzung der Nachhallzeit bewirkt erstens eine Verminderung des allgemeinen Geräuschpegels im Raum um zirka 3–8 dB, und zweitens auch eine bessere Verständlichkeit des gesprochenen Wortes (letzteres nur in nicht allzugrossen Räumen).

In Maschinensälen, Schalterhallen, Bureauräumen, Konferenzsälen, Gaststätten, Korridoren usw. werden darum in stets zunehmendem Mass solche Akustikplatten verwendet. Aus praktischen Gründen werden sie gerne an der Decke angebracht. Hier sind interessante Montagen möglich, die es gestatten, mit einfachen Elementen die Bedürfnisse der Raumakustik mit den Anforderungen der Strahlungsheizung, der thermischen Isolation, der Ventilation und Raumkonditionierung und der Beleuchtung zu kombinieren.

Das Anbringen von Akustikplatten kann aber auch übertrieben werden, und es empfiehlt sich, hierfür einen Spezialisten zuzuziehen; denn unter anderem muss auch dafür gesorgt werden, dass alle Töne gleichmässig absorbiert werden.

bruit dans le local d'environ 3 à 8 dB et, secondement, une meilleure intelligibilité de la parole (cette dernière uniquement dans les locaux pas trop grands).

Les panneaux acoustiques sont de plus en plus utilisés dans les salles de machines, les halls de guichets, les bureaux, les salles de conférences, les restaurants, les corridors, etc. Pour des motifs pratiques, ils sont de préférence appliqués aux plafonds. Il est possible de faire des montages intéressants qui permettent de combiner avec des éléments simples les nécessités de l'acoustique aux exigences du chauffage par rayonnement, de l'isolation thermique, de la ventilation et du conditionnement des locaux, ainsi que de l'éclairage.

Mais la pose de panneaux acoustiques peut aussi être exagérée et il est recommandé de s'adresser à ce sujet à un spécialiste; car il faut veiller, entre autres choses, à ce que tous les sons soient absorbés de façon uniforme.

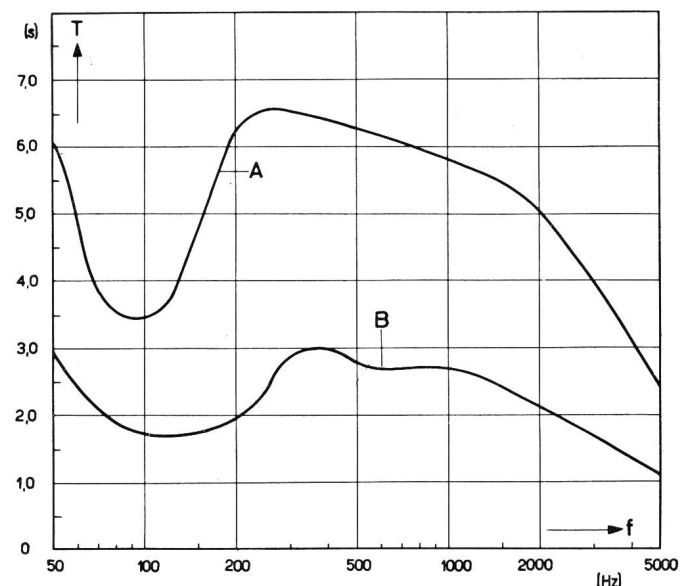


Fig. 13. Nachhallkurven von 2 Turnhallen
 Temps de réverbération de 2 salles de gymnastique
 T: Nachhallzeit in Sekunden
 Temps de réverbération en secondes
 F: Frequenz in Hertz/Fréquence en Hertz
 A: Turnhalle ohne akustische Behandlung
 Salle de gymnastique sans traitement acoustique
 B: Turnhalle mit akustischer Behandlung
 Salle de gymnastique avec traitement acoustique

Pour illustrer pratiquement le conditionnement acoustique des locaux, la figure 13 reproduit les courbes de réverbération de deux grandes salles de gymnastique de dimensions à peu près égales. La courbe A a été mesurée pour une salle de gymnastique qui n'a pas été traitée du point de vue acoustique, tandis que la courbe B a été obtenue dans une salle dont l'acoustique a été conditionnée. Dans le premier cas, on se rend immédiatement compte des temps de réverbération très longs (valeur moyenne: 5,2 secondes) qui provoquent une très mauvaise intelligibilité

Zur praktischen Illustration einer raumakustischen Konditionierung sind in Figur 13 die Nachhallkurven von zwei fast gleich grossen Turnhallen abgebildet. Die Kurve A wurde in einer Turnhalle ohne akustische Behandlung gemessen, während die Kurve B in einer raumakustisch konditionierten Turnhalle ermittelt wurde.

Im ersten Fall erkennt man sofort die enorm langen Nachhallzeiten (Mittelwert 5,2 Sekunden), die eine sehr schlechte Sprachverständlichkeit und ein unnötig grosses Lärmniveau bewirken, während im zweiten Fall die Nachhallzeiten bedeutend kürzer sind (Mittelwert 2,2 Sekunden), was allgemein günstigere und angenehmere raumakustische Eigenschaften ergibt.

10. Schlusswort

Mit diesen Ausführungen wurde versucht, einen kurzen Überblick über die verschiedenen Probleme des Lärms und der Lärmbekämpfung zu geben, wobei die wichtigeren Grundbegriffe näher erläutert werden mussten. Dem Werk «Raum- und Bauakustik für Architekten» [6] wurden mit der freundlichen Erlaubnis des Autors, Professor W. Furrer, viele praktische Zahlenbeispiele und Abbildungen entnommen. Für Leser, die sich noch weiter in dieses Fachgebiet vertiefen möchten, sei auf die unter Ziffer [7] und [8] erwähnten Bücher hingewiesen.

Abschliessend möchte ich hervorheben, dass es von grosser Wichtigkeit ist, das Interesse an allen mit Lärm- und Lärmbekämpfung zusammenhängenden Fragen möglichst zu fördern. Alle Bestrebungen sind daher wärmstens zu begrüssen, die sich eine vernünftige Lärmbekämpfung zum Ziel setzen, handelt es sich hier doch um Gegebenheiten, die heute jeden von uns direkt angehen.

de la parole et un niveau de bruit inutilement élevé, alors que dans le second cas les temps de réverbération sont nettement plus courts (valeur moyenne: 2,2 secondes), ce qui donne des caractéristiques acoustiques généralement plus favorables et plus agréables.

10. Conclusions

Par ces explications, on a essayé de donner un bref aperçu des divers problèmes du bruit et de la lutte contre le bruit, en approfondissant davantage les notions les plus importantes. Avec l'aimable autorisation de M. le professeur Furrer, auteur de l'ouvrage «Raum- und Bauakustik für Architekten» [6], nous avons pu tirer de ce livre de nombreux exemples de chiffres pratiques et d'illustrations. Nous renvoyons les lecteurs qui désirent étudier plus à fond ce domaine aux ouvrages mentionnés sous chiffres [7] et [8].

Pour terminer, nous nous permettons de relever qu'il est important d'éveiller le plus possible d'intérêt aux questions qui ont trait au bruit et à la lutte contre le bruit. C'est pourquoi nous devons saluer chaleureusement tous les efforts qui tendent à lutter raisonnablement contre le bruit, car il s'agit ici d'efforts dont chacun de nous bénéficie.

Bibliographie

- [1] *Rüedi, L.*, und *W. Furrer*. Das akustische Trauma. Basel 1947.
- [2] *Koch*. Betriebslärm – seine Folgen und seine Bekämpfung. Soest i. Westf. 1958.
- [3] *Stevens, S. S.* Calculation of the Loudness of Complex Noise. Journal of the Acoustical Society of America **28** (1956), 807.
- [4] *Quietzsch, G.* Objektive und subjektive Lautstärkemessungen. *Acoustica* **5** (1955), 49.
- [5] *Lauber, A.* Lärmbekämpfung bei Kegelbahnen. Schweiz. Bauzeitung, 1958, Nr. 9, S. 125.
- [6] *Furrer, W.* Raum- und Bauakustik für Architekten. Basel 1956.
- [7] *Harris, Cyril M.* Handbook of Noise Control, New York 1957.
- [8] *Zeller, W.* Technische Lärmabwehr. Stuttgart 1950.