

Judith LANG

Reports

UBA-94-097

**UMWELTINFORMATION LÄRM:
TECHNISCHER TEIL**

Wien, Oktober 1994

Bundesministerium für Umwelt,
Jugend und Familie



Autorin: Hon.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Judith LANG

Normen und Richtlinien: Stand Dezember 1993

Weitere Teile der "Umweltinformation Lärm" des Umweltbundesamtes sind ausgewählte "Falldarstellungen zur Praxis der medizinisch-hygienischen Lärmbegutachtung" (Report UBA-94-092) sowie eine ebenfalls zur Veröffentlichung als "Report" vorgesehene Darstellung der rechtlichen Aspekte des Lärmschutzes in Österreich.

Impressum:

**Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauer Lände 5
Druck: Riegelnik, 1080 Wien.**

© Umweltbundesamt, Wien, Oktober 1994

**Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-179-8**

Umweltinformation Lärm – Technischer Teil

Report UBA-94-097 – Kurzzusammenfassung

Im vorliegenden Report "Umweltinformation Lärm – Technischer Teil" sind die technischen Grundlagen und Daten zusammengestellt für

- Beschreibung von Schallemission und –immission
- Schallschutztechnische Messungen und Berechnungen
- In Österreich verwendete Grenzwerte
- Bauakustik
- Maßnahmen zum Lärmschutz im Verkehr, in Raumordnung und Stadtplanung und in Betrieben.

Angeschlossen ist ein Verzeichnis aller einschlägigen Normen, ÖAL-Richtlinien und VDI-Richtlinien.

Die Publikation soll insbesondere zur Einführung in das Fachgebiet Umweltschutz-Lärm für mit Fragen aus dem Fachgebiet konfrontierte Fachleute anderer Fachrichtungen, wie z.B. Ingenieure in Betrieben, Wirtschaftsfachleute, Juristen dienen und als Unterrichtsbehelf für die Umweltschutz-Schulung. Sie soll auch eine Information für die Bürger sein, die sich mit speziellen Lärmschutzaufgaben befassen wollen.

Environmental Aspects of Noise – Technical Part

Report UBA-94-097 – Abstract

In this report the basic technical knowledge and data are compiled with regard to

- description of sound emission and ambient levels
- acoustical measurements and calculations
- noise level limits and criteria used in Austria
- architectural acoustics
- noise control measures in traffic, town and country planning and in industry.

A list of all relevant standards and guidelines is attached.

The report provides an introduction into the field of noise control for experts of other branches e.g. engineers in factories, economists, lawyers. It could also be used as textbook in courses on environmental protection and may give information to those citizens engaged in special tasks of noise control.

INHALT

	Seite
1. Akustische Grundlagen	1
1.1 Schalldruck, Schalldruckpegel, Frequenz	1
1.2 Lautstärkepegel und Lautheit	2
1.3 A-bewerteter Schalldruckpegel	3
1.4 Rechnen mit Schallpegeln	4
1.5 Oktav- und Terzbandanalyse	5
1.6 Schallpegelhäufigkeitsverteilung und äquivalenter Dauerschallpegel	6
1.7 Körperschall	7
1.8 Schallmeßgeräte	8
2. Wirkung von Lärm auf den Menschen	9
2.1 Gehörschädigung	9
2.2 Störung bei geistiger Arbeit	10
2.3 Störung von Sprachverständigung und Telephonverständigung	11
2.4 Störung im Wohn- und Freizeitbereich	11
3. Beschreibung und Messung der Emission von Schallquellen	14
3.1 Schalleistungspegel	14
3.2 Meßmethoden	14
3.3 Emissionskennwerte technischer Schallquellen	15
3.4 Berücksichtigung der Geräuschabgabe bei der Ausschreibung und bei der Bestellung von Maschinen und Anlagen	16
3.5 Rechnen mit dem Schalleistungspegel	16
4. Messung und Beurteilung von Schallimmissionen	17
5. Schallausbreitung	20
5.1 Schallausbreitung im Freien	20
5.2 Schallausbreitung in Räumen	22
6. Bauakustik	26
6.1 Schalldämmung von Bauteilen und zwischen Räumen	26
6.2 Schalldämm-Maß von Bauteilen	26
6.21 Einschalige Bauteile	27
6.22 Zweischalige Bauteile	27
6.23 Fugendichtheit	28
6.24 Resultierendes Schalldämm-Maß zusammengesetzter Bauteile	28
6.3 Schalldämmung zwischen Räumen	28
6.4 Schalldämmung gegen das Freie	29
6.5 Anforderungen an den Schallschutz in Gebäuden	29
6.6 Körperschalldämmung	30
7. Maßnahmen zur Lärminderung	31
7.1 Maßnahmen an der Schallquelle	31
7.11 Kraftfahrzeuge	31
7.12 Schienenfahrzeuge	35
7.13 Flugzeuge	35
7.14 Maschinen	36
7.15 Schalldämpfer	39
7.2 Maßnahmen im Wege der Schallausbreitung	40
7.2.1 Schallausbreitung im Freien	40
7.2.2 Schallausbreitung in Räumen	41
7.3 Maßnahmen am Immissionsort	41
8. Lärmschutz in der Raumplanung	44
9. Lärmschutz in der Stadt- und Gemeindeplanung	49
9.1 Entwicklungskonzept, Flächenwidmungs- und Bebauungsplanung	49

	Seite
9.2 Verkehr	49
9.3 Betriebe	52
9.4 Sport- und Freizeiteinrichtungen	53
9.5 Lärmschutz in Kur- und Erholungsorten	55
10. Lärmschutzplanung für Betriebe	57
10.1 Berechnung des Schallpegels im Betrieb	57
10.2 Berechnung des Schallimmissionspegels in der Nachbarschaft	58
Literatur	60
ÖNORMEN	61
ÖAL-Richtlinien	70
VDI-Richtlinien	72

1. Akustische Grundlagen

1.1 Schalldruck, Schalldruckpegel, Frequenz

Als Schall werden allgemein mechanische Schwingungen von elastischen Stoffen bezeichnet. Diese können in festen, flüssigen und gasförmigen Körpern auftreten.

Die uns bekannteste Form ist der Luftschall, d.h. der Schall, der sich in der Luft ausbreitet. Dabei werden die einzelnen Teilchen zu Schwingungen um ihre Ruhelage angeregt, regen weiter die benachbarten Luftteilchen an und es treten durch diese Schwingungen der Teilchen Verdichtungen und Verdünnungen auf, die sich wellenartig ausbreiten.

Diese Verdichtungen und Verdünnungen sind als Druckschwankungen, die sich dem Luftdruck überlagern, meßbar und werden vom menschlichen Ohr wahrgenommen.

Je größer die Druckschwankungen - der Schalldruck - sind, desto lauter wird das Schallereignis wahrgenommen. Je schneller die Druckschwankungen aufeinanderfolgen, d.h. je höher die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde - die Frequenz - ist, desto höher wird der Ton wahrgenommen.

Schalldruck und Frequenz bestimmen also im wesentlichen ein Schallereignis und seine Wahrnehmung durch den Menschen. In der Praxis vorkommende Geräusche setzen sich meistens aus vielen Schwingungen mit unterschiedlichem Schalldruck und unterschiedlicher Frequenz zusammen.

Der Hörbereich erstreckt sich über einen sehr großen Schalldruckbereich von 20 μPa (Mikro-Pascal) bis zu 20 Pa. Der Schalldruck wird daher nicht in Pascal (der üblich verwendeten Einheit für den Druck $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$) angegeben, sondern in einem logarithmischen Maß, als Schalldruckpegel in Dezibel (dB). Der Schalldruckpegel L ergibt sich aus dem Schalldruck p nach¹⁾

$$L = 20 \lg(p/p_0) \quad \text{in dB}$$

wobei $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ der international einheitlich festgelegte Bezugs-Schalldruck ist.

Der Schalldruckpegel wird auch oft in abgekürzter Sprachweise als Schallpegel bezeichnet.

Der kleinste wahrnehmbare Schalldruck wird als Hörschwelle bezeichnet - er ist von der Frequenz abhängig. Der hohe Schalldruck, bei dem der Höreindruck in einen Schmerzindruck übergeht, wird als Schmerzschwelle bezeichnet, dazwischen liegt der Hörbereich des menschlichen Ohres.

Die niedrigste Frequenz, die noch hörbar ist, ist etwa 16 Hz (Hertz = Anzahl der Schwingungen je Sekunde), die höchste wahrnehmbare Frequenz liegt bei jungen Leuten bei etwa 16000 Hz und nimmt mit dem Alter der Menschen ab bis etwa 6000 - 8000 Hz.

Bild 1 zeigt die Hörschwelle und die Schmerzschwelle und dazwischen die Kurven gleicher Lautstärkepegel in Abhängigkeit von der Frequenz nach ÖNORM S 5003, Teil 2. Die Kurven gleicher Lautstärkepegel verbinden alle diese Schalldruckpegelwerte in Abhängigkeit von der Frequenz, die jeweils gleich laut vom Menschen wahrgenommen werden. Das Bild zeigt deutlich, daß das menschliche Ohr den gleichen Schalldruck bei verschiedenen Frequenzen verschieden laut empfindet (es ist bei 1000 - 4000 Hz am

¹⁾ \lg . . . dekadischer Logarithmus; er ist mit den meisten Taschenrechnern einfach zu berechnen

empfindlichsten und bei den tiefsten Frequenzen am unempfindlichsten) und auch, daß die Frequenzabhängigkeit bei verschiedenen Schalldrücken verschieden ist (sie ist am ausgeprägtesten bei den ganz kleinen Schalldrücken). Daraus ist ersichtlich, daß es nicht einfach ist, den Höreindruck für den Menschen meßtechnisch zu erfassen.

1.2 Lautstärkepegel und Lautheit

Die Größe, die den Höreindruck beschreibt - der Lautstärkepegel - wird in Phon angegeben. Der Lautstärkepegel in phon ist in ÖNORM S 5003-1 wie folgt angegeben: "Der Lautstärkepegel eines Schalls beträgt n phon, wenn von normal hörenden Beobachtern der Schall als gleich laut beurteilt wird wie ein reiner Ton der Frequenz 1000 Hz, der als ebene fortschreitende Schallwelle genau von vorne auf den Beobachter trifft und dessen Schalldruckpegel n dB beträgt."

Neben dem Lautstärkepegel ist auch die Lautheit definiert. Die Lautheit N soll der Stärke der Schallwahrnehmung normal hörender Beobachter proportional sein; sie wird in sone angegeben. Da die unmittelbare Bestimmung der Lautheit jedoch sehr schwierig ist, wurde zwischen der Lautheit N in sone und dem Lautstärkepegel L_N in phon folgende Beziehung festgelegt (ISO-Empfehlung ISO/R 131-1959)²⁾

$$N = 2^{(L_N - 40)/10} \text{ oder}$$

$$L_N = 40 + 10 \lg N$$

Eine Änderung des Lautstärkepegels um 10 phon entspricht einer Halbierung oder Verdoppelung der Lautheit; unterhalb 40 phon weicht die angegebene Beziehung zwischen Lautheit und Lautstärkepegel in zunehmendem Maß von der subjektiven Wahrnehmung ab und zwar ist die wahrgenommene Lautheit in diesem Bereich geringer als es dem aus der Formel berechneten Wert entspricht.

Der Lautstärkepegel in phon bzw. die Lautheit in sone waren bis jetzt nicht durch ein einfaches Meßgerät zu messen und hatten daher kaum Bedeutung für die Praxis der Lärmbekämpfung. Von Zwicker wurde in jahrelanger Forschungsarbeit ein Rechenverfahren entwickelt, das in DIN 45631 genau beschrieben ist und mit dessen Hilfe man den Lautstärkepegel in phon und die Lautheit in sone bestimmen kann aus dem Schalldruckpegel, der in schmalen Frequenzbereichen, den "Frequenzgruppen", gemessen wird. Man kann das Verfahren in Rechenprogramme umsetzen und damit Lautstärkepegel und Lautheit messen. Insbesondere ist dieses Verfahren anwendbar für kontinuierliche Schallereignisse mit gleichbleibender Lautstärke. Zurzeit gibt es auch schon einige Geräte zur „Echtzeit“-Messung der Lautstärke von Schallereignissen mit veränderlichem Schalldruck und veränderlicher Frequenz.

Allerdings ist derzeit noch sehr wenig über den Zusammenhang dieser psychoakustischen Größen mit zu erwartenden Auswirkungen auf physischer und psychischer Ebene bekannt. Selbst bei den rein akustischen Bewertungen von Geräuschen fehlen derzeit noch allgemein anerkannte Skalen, an welchen die zu erwartende Einschätzung der Geräuschqualität vorausgesagt werden könnte. Auch hinsichtlich der Beschreibung komplexer instationärer Umweltgeräusche, wie sie in der Praxis meist auftreten, sind Aussagen derzeit nicht möglich. Ein Grenzwertsystem, wie es Planung und Verwaltung brauchen, kann damit noch nicht erstellt werden. Zurzeit hat daher Lautstärkepegel in phon und Lautheit in sone noch nicht Eingang in die Praxis der Lärmbekämpfung gefunden. In

²⁾ lg . . . Logarithmus zur Basis 2

Einzelfällen kann jedoch die zusätzliche Anwendung zusätzliche Aufschlüsse über die Lärmempfindung und über erforderliche oder erreichte Lärminderung geben.

Der Zusammenhang zwischen Schallpegel L und Lautheit N und Lautstärkepegel L_N für 3 unterschiedliche Schalle (weißes Rauschen, rosa Rauschen, Sinuston mit 1000 Hz) ist in Bild 2 dargestellt. Man sieht, daß für diese drei Schallsignale im Bereich über 40 dB ein linearer Zusammenhang zwischen Lautstärkepegel und Schallpegel besteht; es gilt daher auch, daß ein Schallpegelunterschied von 10 dB etwa einer Verdoppelung oder Halbierung der Lautheit entspricht. Man sieht auch, daß (definitionsgemäß) für den 1000 Hz-Sinuston der Lautstärkepegel gleich dem Schalldruckpegel ist und für das weiße und rosa Rauschen der Zahlenwert für den Lautstärkepegel in phon um etwa 12 bis 20 höher ist als der Schalldruckpegel. Als Richtwert kann man für viele praktische Geräusche annehmen, daß der Zahlenwert des Lautstärkepegels um etwa 15 dB höher ist als der Schalldruckpegel. Bei speziellen Geräuschstrukturen können davon abweichende Zusammenhänge gegeben sein; vgl. dazu die Darstellungen in (1).

1.3 A-bewerteter Schalldruckpegel

In der Praxis der Lärmbekämpfung wird der Schalldruckpegel in Dezibel verwendet, unter Berücksichtigung der Frequenzabhängigkeit des menschlichen Ohres. Dazu wurde eine "Frequenzbewertung" eingeführt, die die geringere Empfindlichkeit des menschlichen Ohres für die tiefen Frequenzen nachbildet. Diese Frequenzbewertung wurde international einheitlich festgelegt und mit A-Bewertung bezeichnet.³⁾ Der mit dieser Frequenzbewertung gemessene Schalldruckpegel wird als "A-bewerteter Schalldruckpegel" oder "A-bewerteter Schallpegel" L_A bezeichnet und in Dezibel angegeben.⁴⁾

Alle handelsüblichen Schallmeßgeräte "Schallpegelmesser" messen den Schalldruckpegel und den A-bewerteten Schalldruckpegel.

Viele Untersuchungen haben gezeigt, daß der A-bewertete Schalldruckpegel sehr gut geeignet ist, die Wirkung von Lärm auf den Menschen zu beschreiben sowohl im Hinblick auf Lautheitsempfinden als auch im Hinblick auf Lästigkeitsempfinden und Störwirkung als auch im Hinblick auf Gehörschädigung.

Allgemein kann man zugrundelegen, daß bei einem gleichbleibenden gleichartigen Geräusch im Bereich über 40 dB ein Schallpegelunterschied von

- 1 dB kaum wahrnehmbar ist
- 3 dB deutlich wahrnehmbar ist
- 10 dB etwa doppeltem Lautheitseindruck entspricht.

In allen einschlägigen österreichischen Gesetzen, Normen und Richtlinien wird der A-bewertete Schalldruckpegel (Schallpegel) zur Beschreibung und Messung von Lärm verwendet.

Bild 3 zeigt die international festgelegte A-Bewertungskurve, die Werte der A-Bewertung sind in Tabelle 1 in Abhängigkeit von der Frequenz angegeben. Man sieht, daß die Dämpfung der tiefen Frequenzen etwa der geringeren Empfindlichkeit des menschlichen

³⁾ Die weiteren mit B, C und D bezeichneten Frequenzbewertungen werden nur wenig verwendet.

⁴⁾ In älteren Literaturstellen und auch in österreichischen Gesetzen wird auch dB(A) verwendet. Diese Schreibweise ist jedoch nicht erlaubt (das Dezibel ist im österreichischen Eichgesetz als Einheit festgelegt und an Einheiten dürfen keine Zuätze angefügt werden) und sollte daher nicht angewendet werden.

Ohres gemäß den Kurven gleicher Lautstärkepegel im Bereich von 10 bis 60 phon in Bild 1 entspricht.

Tabelle 1: A-Bewertung für Schallpegelmessungen

Frequenz (Hz)	Bewertung (dB)
10	-70,4
12,5	-63,4
16	-56,7
20	-50,5
25	-44,7
31,5	-39,4
40	-34,6
50	-30,2
63	-26,2
80	-22,5
100	-19,1
125	-16,1
160	-13,4
200	-10,9
250	- 8,6
315	- 6,6
400	- 4,8
500	- 3,2
630	- 1,9
800	- 0,8
1000	0
1250	0,6
1600	1,0
2000	1,2
2500	1,3
3150	1,2
4000	1,0
5000	0,5
6300	- 0,1
8000	- 1,1
10000	- 2,5
12500	- 4,3
16000	- 6,6
20000	- 9,3

1.4 Rechnen mit Schallpegeln

Wirken mehrere Schallquellen mit unterschiedlichen Schallpegeln zusammen, so addieren sich die Schallpegel, jedoch nicht arithmetisch, sondern energetisch (da Schallpegel ein logarithmisches Maß ist) nach der Formel

$$L_{\text{gesamt}} = 10 \lg (10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10}) \text{ in dB}$$

Diese Rechnung kann mit einem Taschenrechner einfach durchgeführt werden. Ist ein Rechner nicht zur Verfügung, kann sie mittels der nachstehenden Tabelle 2 oder des Diagramms in Bild 4 erfolgen (durch schrittweise Addition von jeweils 2 Schallpegeln).

Tabelle 2: Addition von Schallpegeln

Differenz der beiden zu addierenden Schallpegel (dB)	Erhöhung des höheren der beiden Schallpegel (dB)
0 bis 1	3
2 bis 3	2
4 bis 9	1
10	0

Beispiel:

Der Summenschallpegel bei der Addition von 70 dB, 65 dB und 61 dB ergibt sich

nach der Formel

$$L_{\text{gesamt}} = 10 \lg (10^7 + 10^{6,5} + 10^{6,1}) = 71,6 = 72 \text{ dB}$$

nach der Tabelle

$$70 + 65 \Rightarrow 70 + 1 = 71; 71 + 61 \Rightarrow 71 \text{ dB}^5)$$

nach dem Diagramm

$$70 + 65 \Rightarrow 70 + 1,2 = 71,2;$$

$$71,2 + 61 \Rightarrow 71,2 + 0,4 = 71,6 = 72 \text{ dB}$$

Schallpegel werden immer nur auf ganze dB gerundet (ohne Dezimalstellen) angegeben, Zwischenrechnungen jedoch mit 1 Dezimale durchgeführt.

Sind mehrere gleiche Schallpegel zu addieren, so ergibt sich der Summenschallpegel aus dem Schallpegel L der Einzelschallquelle und deren Anzahl n nach

$$L_{\text{gesamt}} = L + 10 \lg n \text{ in dB}$$

oder mit Hilfe von Bild 5, in dem zu der Anzahl der Schallquellen die Pegelerhöhung abgelesen werden kann.

1.5 Oktav- und Terzbandanalyse

Der A-bewertete Schallpegel beschreibt ein Schallereignis hinreichend zur Beurteilung nach der derzeitigen Praxis (er erfordert zusätzlich die Berücksichtigung event. deutlich hörbarer Tonkomponenten). Zur Bemessung von Schallschutzmaßnahmen ist jedoch seine Angabe u.U. nicht ausreichend. Da alle Maßnahmen - Schallabschirmung, baulicher Schallschutz, Schallabsorption - von der Frequenz abhängig sind, ist es notwendig, die Frequenzzusammensetzung des Lärms zu kennen, wenn man wirkungsvolle Schallschutzmaßnahmen möglichst wirtschaftlich planen will. Dazu wird der Schallpegel in Abhängigkeit von der Frequenz angegeben, der Schalldruckpegel wird mit Frequenzfiltern in einzelnen Frequenzbändern getrennt gemessen (Frequenzanalyse).

⁵⁾ durch die Angaben der Tabelle auf ganze dB gerundet, ergibt sich hier ein um 1 dB geringerer Summenpegel als nach der genaueren Rechnung.

In der Praxis der Lärmmessung verwendet man Oktavfilter - Zerlegung eines Geräusches in Oktavbänder - oder Terzfilter - Zerlegung eines Geräusches in Terzbänder. Die Frequenzbreite eines Oktavbandes ergibt sich aus dem Verhältnis der unteren zur oberen Grenzfrequenz von 1 : 2, die eines Terzbandes aus dem Verhältnis 1 : 1,25. 1 Oktave umfaßt 3 Terzen (vgl. dazu Bild 6a und b). Die Zerlegung eines Geräusches in Terzen ergibt daher eine detailliertere Aussage über die Frequenzzusammensetzung als die in Oktaven. Allerdings ist zu beachten, daß die Meßgenauigkeit bei den schmälere Terzbereichen, insbesondere bei Messung in Räumen, geringer ist als bei den Oktavbereichen.

Der üblich für Aufgaben des Lärmschutzes betrachtete Frequenzbereich umfaßt

- die Oktaven mit Mittenfrequenzen 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, (8000) Hz
- die Terzen mit Mittenfrequenzen 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, (6300, 8000, 10000) Hz.

Die in den einzelnen Frequenzbändern gemessenen Schalldruckpegel werden in genormte Raster eingetragen und die Meßwerte geradlinig verbunden. Bild 6 zeigt die Oktavbandanalyse und die Terzbandanalyse des Geräusches eines Transformators. Man erkennt, daß die Terzbandanalyse eine detailliertere Information über die Frequenzzusammensetzung liefert als die Oktavbandanalyse.

Die Oktavband- oder Terzbandanalyse ermöglicht die für den A-bewerteten Schallpegel maßgebenden Frequenzen zu bestimmen. Zweckmäßig geht man dazu so vor, daß man die A-Bewertung an den einzelnen Oktavband- oder Terzbandschallpegeln anbringt - man ermittelt die A-bewerteten Oktavband- oder Terzbandschallpegel - und dann feststellt, in welchen Frequenzbereichen die höchsten A-bewerteten Pegelwerte auftreten. Bei diesen Frequenzen müssen die Schallschutzmaßnahmen vor allem eingesetzt werden.

1.6 Schallpegelhäufigkeitsverteilung und äquivalenter Dauerschallpegel

Die meisten in der Praxis vorkommenden Geräusche sind mit der Zeit veränderlich, d.h. der Schallpegel ändert sich laufend, z.B. beim Straßenverkehrslärm durch die unterschiedliche Zahl und Art der vorbeifahrenden Fahrzeuge, beim Betriebslärm durch intermittierenden Betrieb der verschiedenen Maschinen, Ladebetrieb, Hubstaplerfahrten usw. Das Geräusch kann dann nicht einfach durch die Angabe eines Schallpegels beschrieben werden. Bild 7 zeigt den Verlauf des A-bewerteten Schallpegels mit der Zeit a) an einer Straße und b) in einer Zimmerei. Um solche Geräusche richtig zu beschreiben, wird die Schallpegelhäufigkeitsverteilung bestimmt, d.h. es wird ermittelt, wieviel % der Zeit die einzelnen Schallpegel herrschen (Einzelhäufigkeit) oder wieviel % der Zeit die einzelnen Schallpegel überschritten sind (Summenhäufigkeit). Die Häufigkeitsverteilung wird in ein Diagramm eingetragen, dessen Achse eine Skala nach der Wahrscheinlichkeitsfunktion hat ("Wahrscheinlichkeitspapier").

Bild 8 zeigt die Einzelhäufigkeit und die Summenhäufigkeit des Schallpegels in der Zimmerei. Aus dem Diagramm der Summenhäufigkeit können zwei das Geräusch kennzeichnende Werte abgelesen werden:

- $L_{A,95}$ der Schallpegel, der 95 % der Zeit überschritten ist, der "Basispegel", er kennzeichnet die geringsten vorkommenden Schallpegel
- $L_{A,01}$ der Schallpegel, der 1 % der Zeit überschritten ist, er kennzeichnet die Spitzenschallpegel.

Das gesamte Schallereignis mit schwankendem Schallpegel wird durch den A-bewerteten energieäquivalenten Dauerschallpegel $L_{A,eq}$ beschrieben, das ist der Schallpegel, der bei ununterbrochener Andauer den gleichen Energieinhalt aufweist (also die gleiche Schallenergie auf das menschliche Ohr bringen würde) wie das Ereignis mit dem schwankenden Schallpegel. Er errechnet sich aus der Schallpegelhäufigkeitsverteilung nach

$$L_{A,eq} = 10 \lg [1/100 \sum n_i \cdot 10^{L_{Ai}/10}] \quad \text{in dB}$$

mit

$L_{A,eq}$ A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel in dB
 L_{Ai} Schallpegel der einzelnen Klassen in dB
 n_i prozentueller Anteil der einzelnen Schallpegelklassen in der Beobachtungszeit T

bzw. ergibt sich aus der Integration der Schallenergie über die Zeit T nach

$$L_{A,eq} = 10 \lg [1/T \int p_A^2(t)/p_0^2 dt] \quad \text{in dB}$$

mit

$p_A(t)$ A-bewerteter Schalldruck in Abhängigkeit von der Zeit in Pa
 p_0 Bezugsschalldruck (20 μ Pa)

In Bild 7 a und b sind die kennzeichnenden Werte $L_{A,eq}$, $L_{A,95}$ und $L_{A,01}$ eingezeichnet.

Die österreichischen Normen und Richtlinien legen den äquivalenten Dauerschallpegel den verschiedenen Einstufungen und Beurteilungen zugrunde, zusätzlich ist $L_{A,95}$ und $L_{A,01}$ heranzuziehen.

1.7 Körperschall

Neben dem Schall, der sich in Luft ausbreitet und auf diesem Weg zum Ohr des Menschen gelangt (als "Luftschall" bezeichnet) ist auch Schall, der sich in festen Körpern ausbreitet, für Lärmmentstehung und Lärmausbreitung wichtig, sowohl bei der Schallentstehung in Maschinen als auch in Musikinstrumenten und bei der Schallausbreitung in Gebäuden durch Wände und Decken. Die Schwingungen der festen Körper regen die an ihrer Oberfläche liegenden Luftteilchen zu Schwingungen an und es führt damit Körperschall zu Luftschallanregung.

Als kennzeichnende Größe für den Körperschall wird die Schwinggeschwindigkeit, als Schallschnelle bezeichnet (nicht mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit zu verwechseln), herangezogen. Sie kann an der Bauteiloberfläche gemessen werden und gibt ein Maß für den abgestrahlten Luftschall (der auch noch von dem für den jeweiligen Bauteil zutreffenden Abstrahlmaß abhängt). Eine Verminderung von Körperschall führt daher immer auch zu einer Verminderung des abgestrahlten Luftschalls.

Körperschall kann im Bereich sehr tiefer Frequenzen auch zu unmittelbarer Wahrnehmung als Erschütterung Anlaß sein.

Die Körperschallschnelle wird üblich nicht in m/s angegeben sondern als Körperschallschnellepegel dargestellt. Der Körperschallschnellepegel ergibt sich aus

$$L_v = 10 \lg (v^2/v_0^2) \quad \text{in dB}$$

mit

v Schwinggeschwindigkeit (Schnelle) in m/s
 v_0 Bezugsschnelle $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ m/s

Auch der Körperschallschnellepegel wird in Terz- oder Oktavbändern angegeben; eine A-Bewertung wird nicht angebracht. Zur Beschreibung der wahrnehmbaren Erschütterungen wird als "Einzahlangabe" die "bewertete Schwingstärke" K_B nach ÖNORM S 9010 aus der Terzbandanalyse der Schnellepegel im Frequenzbereich 1 bis 80 Hz errechnet.

1.8 Schallmeßgeräte

Schallpegelmeßgeräte bestehen grundsätzlich aus einem Mikrophon, einem Meßverstärker und einem Anzeigegerät; im Meßverstärker ist die A-Bewertung enthalten. Zusätzlich können Frequenzfilter eingebaut sein oder angeschlossen werden. Weiters kann ein Pegelschreiber angeschlossen werden, der es ermöglicht den Verlauf des A-bewerteten Schallpegels mit der Zeit aufzuzeichnen. Es gibt auch Schallpegelmeßgeräte, die die Schallpegelhäufigkeitsverteilung über beliebig wählbare Zeitabschnitte ermitteln, den äquivalenten Dauerschallpegel messen und $L_{A,95}$ und $L_{A,01}$ oder andere gewünschte Pegel direkt angeben.

Jedenfalls ist zu jedem Schallpegelmeßgerät eine Kalibrierschallquelle erforderlich, um jederzeit die Funktionsfähigkeit des Gerätes überprüfen zu können.

Beim Kauf eines Schallpegelmeßgerätes ist zu überlegen,

- welche Meßaufgaben zu erfüllen sind, z.B. Messung ausschließlich des A-bewerteten Schallpegels oder auch von Frequenzanalyse, Häufigkeitsverteilung
- welche Anforderungen an die Genauigkeit gestellt werden
- welcher Meßbereich erforderlich ist (insbesondere die untere Grenze des Meßbereichs des Gerätes ist je nach vorgesehenen Meßaufgaben wichtig)

Das Gerät sollte den österreichischen Eichvorschriften entsprechen und eichfähig sein. Bei Verwendung des Meßgerätes im amtlichen und rechtsgeschäftlichen Verkehr sowie im Sicherheitswesen und im Verkehrswesen unterliegt das Meßgerät einschließlich der zugehörigen Prüfschallquelle der Eichpflicht (MEG §§ 8,13).

Ein Verzeichnis der in Österreich typengeprüften und daher eichfähigen Schallpegelmeßgeräte mit dem jeweiligen Meßbereich ist in ÖAL-Richtlinie 20 enthalten.

Da es im Hinblick auf die Meßgenauigkeit zweckmäßig ist, daß sich der Versuchsdurchführende nicht zu nahe vom Mikrophon aufstellt, ist zusätzlich die Anschaffung eines Stativs, auf welchem das Mikrophon entfernt vom Gerät befestigt werden kann, zu empfehlen. Weiters ist auch zur Vermeidung bzw. Verminderung des Windeinflusses bei Messungen im Freien die Anschaffung eines Windschirms notwendig.

Für Körperschallmessungen braucht man zusätzlich einen Beschleunigungsaufnehmer, mit dem die Beschleunigung an der Oberfläche von Maschinenbauteilen, Wänden, Decken usw. gemessen werden kann, woraus sich die Schnelle ableiten läßt (meist mit einem zusätzlichen Verstärker).

2. Wirkung von Lärm auf den Menschen

Schall kann je nach Art und Ausmaß und je nach Ort der Einwirkung den Menschen beeinflussen durch

- Gehörschädigung
- Beeinflussung von Sprachverständlichkeit und Telefonverständigung
- Störung und Belästigung

Der Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Schalleinwirkung - beschrieben durch den A-bewerteten energieäquivalenten Dauerschallpegel - und dem Einfluß auf den Menschen kann nur durch große epidemiologische Untersuchungsreihen ermittelt werden.

So wurden z.B. in Österreich und in vielen anderen Ländern Messungen des Schallpegels an Arbeitsplätzen und des Hörvermögens der Arbeitnehmer an diesen durchgeführt zur Ermittlung des Einflusses des Lärms am Arbeitsplatz auf das Hörvermögen bzw. die Gefahr eines Hörverlusts. Ebenso wurden zahlreiche Messungen des Schallpegels vor Wohnhäusern mit Befragungen der Personen, die in diesen Häusern wohnen, über eine event. Störung oder Belästigung durchgeführt. Die Richtwerte und Grenzwerte, die aus solchen Untersuchungen abgeleitet wurden, sind in ÖNORMEN und ÖAL-Richtlinien niedergelegt.

2.1 Gehörschädigung

ÖAL-Richtlinie 3, Blatt 2 "Schalltechnische Grundlagen für die Beurteilung von Lärm, Lärm am Arbeitsplatz" behandelt die Beurteilung der Wirkung von Lärm am Arbeitsplatz. Die Grundlage für die Beurteilung der Lärmeinwirkung bildet der A-bewertete Schallpegel und die Dauer der Einwirkung. Der Schallpegel wird am Arbeitsplatz des Arbeitnehmers gemessen; muß der Arbeitnehmer zum Betrieb der Anlage während der Messung am Arbeitsplatz bleiben, so ist neben dem stärker exponierten Ohr zu messen.

Es wird die tägliche persönliche Lärmexposition

$$L_{A,E,P,d} = L_{A,eq,Te} + 10 \lg (T_e/T_o) \quad \text{in dB}$$

mit

T_e tägliche Dauer der persönlichen Lärmexposition eines Arbeitnehmers

T_o 8 h = 28800 s

$L_{A,eq,Te}$ A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel über die tägliche Dauer der Lärmexposition in dB

gemessen und daraus die wöchentliche persönliche Lärmexposition

$$L_{A,E,P,w} = 10 \lg \left[\frac{1}{5} \sum_{k=1}^n 10^{L_{A,E,P,d,k}/10} \right] \quad \text{in dB}$$

mit

n Anzahl der Arbeitstage in der Woche

ermittelt.

Bei gleichmäßigem Lärm ohne Schwankungen mit ununterbrochener Einwirkung über die gesamte Arbeitszeit genügt eine einmalige Schallpegelmessung zur Ermittlung der Lärmexposition.

Überschreitet die Lärmexposition 85 dB, so ist eine Gefährdung des Hörvermögens für Umgangssprache je nach Höhe des Expositionspegels und Einwirkungsdauer gegeben. Im

Anhang der ÖAL-Richtlinie 3, Blatt 2 ist der Zusammenhang zwischen persönlicher Lärmexposition, Alter, Geschlecht, Lärmjahren und dem lärmbedingten Hörverlustisiko angegeben.

Überschreitet der A-bewertete (äquivalente Dauer-)Schallpegel am Arbeitsplatz 85 dB, so ist auf Grund der gesetzlichen Bestimmungen vom Arbeitsgeber Gehörschutz zur Verfügung zu stellen, vom Arbeitnehmer der Gehörschutz zu tragen und der Arbeitnehmer einer audiometrischen Funktionsprüfung zu unterziehen.⁶⁾

Angaben über die Wirkung von Gehörschützern enthält ÖAL-Richtlinie 13 "Persönlicher Schallschutz". Nähere Informationen erhält man auch in der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt. Als grobe Richtlinie kann gelten:

bei $L_{A,eq}$	≤ 100 dB: Gehörschutzwatte, leichte Gehörschutzkapsel je nach Dämmwert
	≤ 110 dB: Gehörschutzstöpsel, Gehörschutzkapsel je nach Dämmwert
	> 110 dB: schwere Gehörschutzkapsel
	> 130 dB: Gehörschutzhelm

1994 wird auch die europäische Norm ÖNORM EN 458 "Gehörschützer Empfehlungen für Auswahl, Einsatz, Pflege und Instandhaltung" erscheinen.

Sprecher mit Gehörschützern sprechen bei niedrigem Geräuschpegel etwas lauter, bei hohem Geräuschpegel etwas leiser als ohne Gehörschützer; dadurch kann beim Tragen von Gehörschützern die Sprachverständigung verschlechtert sein. Träger von Gehörschützern sind daher in lauten Arbeitsräumen aufzufordern möglichst laut zu sprechen (Personen mit ungeschütztem Ohr sprechen automatisch in lauten Räumen laut). Für die Verständlichkeit von Lautsprecherdurchsagen oder die Hörbarkeit von Warnsignalen ist der Abstand Signalschallpegel - Umgebungsgeräuschpegel maßgebend, sie wird daher durch Gehörschützer nicht vermindert. Auch die akustische Wahrnehmung von Klangänderungen von Maschinengeräuschen, die oft von den Arbeitnehmern als wichtig für die Erkennung von Maschinenschäden bezeichnet wird, ist durch Gehörschützer nicht verschlechtert, event. sogar etwas verbessert.

Lärmschwerhörigkeit ist die häufigste Berufskrankheit in Österreich, wie Bild 9 zeigt (2). Da die Lärmexposition auf die Arbeitszeit bezogen wird, soll eine zusätzliche Lärmexposition in der Freizeit (z.B. in der Diskothek) vermieden werden.

2.2 Störung bei geistiger Arbeit

Neben der Grenze von 85 dB, bei deren Überschreitung die Gefährdung des Hörvermögens besteht, sind für den A-bewerteten Schallpegel am Arbeitsplatz weitere Grenzwerte wie folgt festgelegt:

- 50 dB für geistige Arbeiten, die Konzentration erfordern
- 65 dB für normale Büroarbeiten.

Ab Schallpegeln von etwa $L_A = 50$ dB können zunehmend das subjektive Erleben der Belästigung und Beeinflussung der mentalen Leistung auftreten und zwar insbesondere bei

⁶⁾Diese Untersuchungen sind von einem ermächtigten Arzt durchzuführen. Die Ermächtigung wird vom Bundesministerium für soziale Verwaltung ausgesprochen. Eine Liste der ermächtigten Stellen kann vom Arbeitsinspektorat oder von der allgemeinen Unfallversicherungsanstalt angefordert werden.

Aufgaben, die Merk-, Konzentrations- und Aufmerksamkeitsleistungen (event. noch unter Zeitdruck) erfordern.

Im Bereich ab etwa $L_A = 65$ dB können physiologische Reaktionen, wie z.B. Einflüsse auf Herzfrequenz und periphere Durchblutung auftreten. Ab diesem Pegelbereich können langdauernde Schalleinwirkungen als Risikofaktor für Herz-Kreislaufkrankungen angesehen werden. Auch die mentale Leistungsminderung nimmt weiter zu und erfordert einen erhöhten Kompensationsaufwand für den Betroffenen.

Im Bereich ab $L_A = 85$ dB werden mentale Leistungen in einem solchen Ausmaß gestört, daß eine volle Kompensation auch mit erhöhtem psychischen und physischen Aufwand der Betroffenen nicht mehr möglich ist.

Beispiele über wirtschaftliche Aspekte des Lärmschutzes am Arbeitsplatz sind in ÖAL-Richtlinie 9 "Lärminderung in Betrieben - Grundlagen" angeführt.

2.3 Störung von Sprachverständigung und Telefonverständigung

Durch Lärm wird die Sprachverständigung beeinflusst. Bild 10 (entnommen aus ÖAL-Richtlinie 3, Blatt 2) zeigt den Zusammenhang zwischen dem Schallpegel des Sprecher und Hörer umgebenden Geräusches und möglicher Entfernung zwischen Sprecher und Hörer für ausreichende Sprachverständigung bei unterschiedlichem Stimmaufwand. Üblich erhebt der Sprecher in lauter Umgebung automatisch seine Stimme, sodaß der Stimmaufwand etwa dem schraffierten Bereich entspricht. Die Darstellung zeigt, daß in Räumen mit Schallpegel über 70 dB auch mit sehr lauter Stimme eine Verständigung nur auf maximal 2 m Entfernung möglich ist und bei noch höheren Schallpegeln auch mit lautem Rufen eine Verständigung nur über sehr kleine Entfernungen erzielbar ist.

Die Sprachverständigung beim Telefonieren ist noch ungünstiger. In ÖAL-Richtlinie 3, Blatt 2 ist der nachfolgende Zusammenhang zwischen äquivalentem Dauerschallpegel und Sprachverständigung beim Telefonieren gegeben.

Tabelle 3: Zusammenhang zwischen dem energieäquivalenten Dauerschallpegel und der Sprachverständigung beim Telefonieren

A-bewerteter (energieäquivalenter Dauer-)Schallpegel (dB)	Qualität der Sprachverständigung
bis 55	zufriedenstellend
über 55 bis 65	leicht erschwert
über 65 bis 80	schwierig
über 80	unbefriedigend

2.4 Störung im Wohn- und Freizeitbereich

Die Bedeutung von Lärm als Umwelteinfluß geht deutlich hervor aus den Ergebnissen des vom österreichischen statistischen Zentralamt in 3-Jahresabständen durchgeführten Mikrozensus über die Störung durch Lärm in den österreichischen Wohnungen, wie die nachfolgende Tabelle 4 zeigt.

Tabelle 4: Grad der Lärmstörung in österreichischen Wohnungen nach dem Mikrozensus 1991 (3)

Bewohnte Wohnungen	Grad der Lärmstörung in Prozent			
	sehr stark	stark	geringfügig	keine
Österreich gesamt	6,5	11,4	15,6	60,9
Gemeinden < 20000 Einwohner	4,2	9,8	16,4	65,8
Gemeinden 20000-250000 Einw.	8,9	13,1	16,5	52,7
Wien	10,3	14,0	13,0	55,7

Die Ursache der Lärmstörung ergibt sich aus der Befragung wie folgt.

Tabelle 5: Prozentueller Anteil der Lärmquellen, die von stark oder sehr stark gestörten Personen als Ursache genannt werden

Lärmquelle	von % als Ursache genannt für			
	sehr starke Lärmstörung		starke Lärmstörung	
	tags	nachts	tags	nachts
Verkehr	85,4	83,7	78,8	76,7
Kraftfahrzeuge	71,1	67,2	65,3	63,1
Straßenbahn	1,9	2,5	2,3	1,8
Eisenbahn	6,2	12,0	5,8	9,2
Flugzeuge	6,2	2,0	5,5	2,5
Betriebe	7,6	5,1	10,4	9,1
Nachbarwohnungen	4,6	5,4	6,4	7,5
Freizeiteinrichtungen	0,6	2,7	1,4	3,3
Sonstiges	1,3	2,4	2,5	2,5
Unbekannt	0,4	0,8	0,6	0,9

Während im Wohnbereich Schallpegel, die zu einer lärmbedingten Schwerhörigkeit führen können, kaum auftreten, können durch Lärm mit einem Schallpegel wie er in Wohnungen auftreten kann, extraaurale Wirkungen verursacht werden. Die Ergebnisse einer Reihe von Forschungsarbeiten zu diesem Thema wurden in einer ad hoc-group on noise control in der OECD zusammengestellt (4) zu den Bereichen

- Einflüsse auf die Gesundheit
 - physiologische Effekte
 - Störung des Schlafs
 - pathologische Effekte
- Einflüsse auf die Kommunikation
- Psychologische Störung
- Einflüsse auf das Verhalten.

Zusammenfassend wurden auf der Basis dieser Forschungsarbeiten die folgenden Zusammenhänge zwischen langdauernden Lärmbelastungen (äquivalenter Dauerschallpegel tags an der Front des Wohnhauses) und beobachteten Auswirkungen auf die Bewohner angegeben:

- unter $L_{A,eq}$ 55 dB sind lärmbedingt nur geringgradige Gesundheitsstörungen zu erwarten. Durch Lärm leicht störbare Tätigkeiten sind kaum beeinflusst
- zwischen $L_{A,eq}$ 55 und 60 dB bleiben die Gesundheitsstörungen begrenzt; bei empfindlichen und älteren Menschen können bereits deutliche Störungen auftreten
- zwischen $L_{A,eq}$ 60 und 65 dB steigen Belästigungsreaktionen stark an, Ruhe und Erholung sind deutlich gestört und es treten Verhaltensänderungen auf, welche auf die Reduktion der Belästigung zielen
- über $L_{A,eq}$ 65 dB sind erhöhte Gesundheitsstörungen zu befürchten und es entsteht für die Betroffenen die zwingende Notwendigkeit zu Verhaltensänderungen.

Ausführliche Angaben über die Wirkung von Lärm auf den Menschen sind in ÖAL-Richtlinie 6/18 "Die Wirkungen des Lärms auf den Menschen Beurteilungshilfen für den Arzt" zusammengestellt.

Bei manchen Freizeitaktivitäten setzen sich Menschen auch freiwillig einer hohen Lärmbelastung aus, so z.B. beim Fahren auf Motorrädern, insbesondere bei Motocross. Besonders hohe Schallpegel treten in Diskotheken auf. Messungen in 10 Diskotheken (5) ergaben A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel von 87 bis 104 dB im Tanzbereich und von 85 bis 102 dB im Sitzbereich und Spitzenschallpegel $L_{A,01}$ von 94 bis 113 dB bzw. 91 bis 111 dB. Sie liegen damit in dem Bereich der Schallpegel, die bei längerer Einwirkung eine Gehörschädigung verursachen können. Jedenfalls tritt eine vorübergehende Vertäubung bei einem Diskothekenbesuch auf, die nach Verlassen der Diskothek allmählich wieder abklingt. Auch beim Musikhören mit Kopfhörern können sehr hohe Schallpegel am Ohr auftreten. Besonders problematisch sind hohe Schallbelastungen in der Freizeit für Personen mit hoher Schallbelastung am Arbeitsplatz.

3. Beschreibung und Messung der Emission von Schallquellen

3.1 Schalleistungspegel

Die Geräuschemission von Schallquellen wird durch die abgestrahlte Schalleistung beschrieben. Nachfolgend ist die Schalleistung einiger Schallquellen zum Vergleich angegeben.

menschliche Stimme	10^{-6} bis 10^{-5} Watt
bei größter Lautstärke	10^{-3} bis 10^{-2} Watt
Großlautsprecher maximal	10^1 bis 10^2 Watt
Dieselmotor 600 PS	10^2 Watt
Elektromotor 800 kW	10^{-1} Watt
Raketenstart	10^4 bis 10^8 Watt

Ersichtlich ist der "akustische Wirkungsgrad" sehr klein und beträgt nur etwa 10^{-6} bis 10^{-5} .

Die Angabe der Schallemission von Schallquellen wie Maschinen, Geräten, Anlagen usw. ist eine wesentliche Unterlage für die Auswahl von Maschinen und Geräten im Hinblick auf Lärmschutz und die rechtzeitige Planung und wirtschaftliche Bemessung von Lärmschutzmaßnahmen.⁷⁾

Die geeignete Größe zur Beschreibung der Geräuschemission ist die Schalleistung W einer Maschine, die Schallenergie pro Zeiteinheit, die von der Maschine unter festgelegten Betriebs- und Aufstellungsbedingungen in den gesamten umgebenden Luftraum abgestrahlt wird. Üblich wird sie angegeben als Schalleistungspegel L_W

$$L_W = 10 \lg (W/W_0) \quad \text{in dB}$$

mit

W Schalleistung in Watt

W_0 Bezugsschalleistung, international einheitlich festgelegt mit $W_0 = 10^{-12}$ Watt.

Die Gesamtschalleistung wird über den vom Menschen hörbaren Frequenzbereich 16 Hz bis 16 kHz erfaßt. Zur Berücksichtigung des Frequenzganges des menschlichen Ohres wird die A-Bewertung angebracht und die A-bewertete Gesamtschalleistung angegeben mit dem A-bewerteten Schalleistungspegel

$$L_{W,A} = 10 \lg (W_A/W_0) \quad \text{in dB}$$

Die Schalleistung kann auch in Frequenzbändern betrachtet werden. Man gibt dann den Schalleistungspegel in Oktavbändern oder Terzbändern an; auch die Oktavband- oder Terzband-schalleistungspegel werden mit Bezug auf $W_0 = 10^{-12}$ Watt angegeben.

3.2 Meßmethoden

Methoden zur Messung der Geräuschabgabe von Maschinen wurden international einheitlich in ISO-Empfehlungen festgelegt und ÖNORMEN analog zu diesen ISO-Normen wurden ausgearbeitet. Entsprechende europäische Normen sind in Vorbereitung.

Alle bis jetzt in Österreich genormten Verfahren basieren auf der Messung des Schalldruckpegels unter bestimmten Schallausbreitungsbedingungen, d.h. in definierter akusti-

⁷⁾ Die Gewerbeordnung enthält in §72 eine entsprechende Vorschrift; demnach ist der A-bewertete Schalleistungspegel anzugeben, sofern er > 80 dB ist. Allerdings ist bisher nur für Rasenmäher die entsprechende Verordnung erschienen.

scher Umgebung und der Berechnung des Schalleistungspegels aus dem Schalldruckpegel. Internationale Normen zur Messung der Schallintensität sind in Vorbereitung.

Die Messung der Schalleistung kann unter den folgenden akustischen Bedingungen durchgeführt werden:

- Messung in Meßräumen, die den akustischen Anforderungen entsprechend ausgestattet sind, wie im Hallraum (diffuses Schallfeld), im reflexionsarmen Raum (freie Schallausbreitung) oder im speziellen Meßraum (Schallabsorption in Abhängigkeit von der Frequenz vorgeschrieben)
- Messung im Freien oder unter Schallausbreitungsbedingungen, die etwa dem Freien entsprechen (diese sind auch in großen Maschinenhallen gegeben)
- Messung am jeweiligen Einsatzort der Maschine oder Anlage (wobei die Ausbreitungsbedingungen durch geeignete Messungen ermittelt werden müssen).

Während die Messungen in Meßräumen und auch im Freien mit größerer Genauigkeit auszuführen sind, ist bei der Messung in praktischen Maschinenräumen mit geringerer Genauigkeit zu rechnen.

Die ÖNORMEN S 5031 und S 5033 bis S 5037 geben alle erforderlichen Details für die Meßmethoden an und enthalten auch Angaben über die Standardabweichung, die bei Anwendung der einzelnen Methoden zu erwarten ist.

Die Betriebsbedingungen der Maschinen bei der Messung sind entscheidend für die Geräuschabgabe und daher genau festzulegen. Die Gewerbeordnung verlangt Messungen im Leerlauf und bzw. oder bei üblicher Belastung. In einer Reihe von ÖNORMEN wurden die Betriebsbedingungen bei der Messung für verschiedene Maschinengruppen vorgeschrieben (siehe die Liste der ÖNORMEN im Anhang), auch in DIN 45635 wurden für eine sehr große Zahl von Maschinen die Betriebsbedingungen bei der Messung der Geräuschabgabe genau festgelegt.

Für Baumaschinen, Rasenmäher und Haushaltsgeräte bestehen auch Vorschriften über die Messung und Angabe des A-bewerteten Schalleistungspegels in EG-Richtlinien.

3.3 Emissionskennwerte technischer Schallquellen

Die Angabe des Schalleistungspegels ("Lärmauszeichnung") dient dem Konsumenten zur Information beim Ankauf einer Maschine. Der Vergleich verschiedener Erzeugnisse gestattet die Auswahl auch im Hinblick auf die Lärmabgabe und event. erforderliche Lärminderungsmaßnahmen, um Grenzwerte am Arbeitsplatz und in der Nachbarschaft von Betrieben zu erfüllen.

Zur Beurteilung, ob eine Maschine oder ein Gerät im Hinblick auf Lärmschutz dem Stand der Technik entspricht, können die Emissionskennwerte technischer Schallquellen in den VDI-Richtlinien herangezogen werden (siehe das Verzeichnis im Anhang). In den Richtlinien sind die Meßergebnisse für den A-bewerteten Schalleistungspegel für eine große Zahl von Maschinen meist bei Leerlauf und bei Belastung, je nach Maschinenart, geteilt in mehrere Gruppen, zusammengestellt. Durch Vergleich der Angabe des Schalleistungspegels einer Maschine mit den Werten aus der VDI-Richtlinie kann beurteilt werden, ob eine angebotene Maschine laut oder lärmarm ist.

3.4 Berücksichtigung der Geräuschabgabe bei der Ausschreibung und bei der Bestellung von Maschinen und Anlagen

Es empfiehlt sich bei der Ausschreibung auch die Geräuschabgabe mit einzubeziehen

- durch die Forderung nach Angabe des A-bewerteten Schalleistungspegels der Maschine gemessen mit einer genormten Meßmethode (ÖNORM, ISO, DIN) oder
- durch Angabe eines höchstzulässigen A-bewerteten Schalleistungspegels.

Zur Beurteilung einer Angabe nach der erstgenannten Forderung oder auch zur Auswahl des vorzuschreibenden Wertes nach der zweitgenannten Forderung können die Emissionskennwerte technischer Schallquellen nach den VDI-Richtlinien herangezogen werden.

3.5 Rechnen mit dem Schalleistungspegel

Werden mehrere Maschinen in einer Halle aufgestellt, so addiert sich ihre Schalleistung. Die Schalleistungspegel werden nach den gleichen Gesetzen addiert wie die Schalldruckpegel, d.h. nach

$$L_{W,gesamt} = 10 \lg [10^{LW1/10} + 10^{LW2/10} + 10^{LW3/10} + \dots] \quad \text{in dB}$$

oder mit Hilfe der Tabelle oder des Diagramms in Punkt 1.4.

Aus dem Schalleistungspegel kann der durch die Maschine unter den jeweils gegebenen akustischen Bedingungen verursachte Schalldruckpegel errechnet werden (vgl. Punkt 5).

4. Messung und Beurteilung von Schallimmissionen

Die physikalische Grundlage für die Beurteilung einer Schallimmission bildet nach der derzeitigen Praxis der A-bewertete Schalldruckpegel. Zusätzlich müssen die Dauer der Einwirkung und besondere Geräuschmerkmale (Impulscharakter, Tonkomponenten, Informationshaltigkeit) berücksichtigt werden. Aus dem A-bewerteten Schalldruckpegel bzw. bei intermittierendem Schall oder Schall mit schwankendem Schallpegel dem A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel wird unter Berücksichtigung der vorgenannten Einflüsse der Beurteilungspegel gebildet und dieser kann mit einem Grenzwert verglichen werden. Dieser Grenzwert kann aus den örtlichen Verhältnissen, der tatsächlichen Nutzung, der bestehenden Widmung, dem vorherrschenden Umgebungsgeräusch und in Abhängigkeit von der Tageszeit abgeleitet werden.

Die Messung der Schallimmission und die Ermittlung des Beurteilungspegels aus den Meßwerten ist in ÖNORM S 5004 im einzelnen festgelegt.

Neben der Messung der zu beurteilenden Schallimmission ist auch die ortsübliche Schallimmission, das Umgebungsgeräusch ("Istmaß") zu erheben. Diese wird nach Abschalten der zu beurteilenden Schallquelle an den gleichen Meßstellen und zu einer vergleichbaren Tageszeit gemessen. Sie wird durch den Grundgeräuschpegel und den äquivalenten Dauerschallpegel und event. kennzeichnende Schallpegelspitzen beschrieben.

Der Grundgeräuschpegel ist der geringste an einem Ort zu einer bestimmten Zeit gemessene Schallpegel, der durch entfernte Geräusche, wie Verkehr, verursacht wird und bei dessen Einwirkung Ruhe empfunden wird. Er ist der niedrigste Wert, auf welchen die Anzeige des Schallpegelmessers wiederholt zurückfällt, bzw. bei Vorliegen einer Schallpegelhäufigkeitsverteilung der 95 % der Zeit überschrittene Schallpegel $L_{A,95}$. Der Grundgeräuschpegel kann nur gemessen werden, wenn Schallquellen, die an der Erzeugung von deutlich erkennbaren Schallereignissen beteiligt sind und nicht ihren unbemerkten Platz in der Umgebungssituation finden, abgeschaltet werden. Kann der Grundgeräuschpegel nicht gemessen werden, ist ein Richtwert einzusetzen.

Der äquivalente Dauerschallpegel muß über eine ausreichend lange Meßzeit ermittelt werden, um sicherzustellen, daß alle ortsüblichen Schallquellen repräsentativ erfaßt werden.

Für die Beurteilung einer Schallimmission kann ÖAL-Richtlinie 3, Blatt 1 "Beurteilung von Schallimmissionen, Lärmstörungen im Nachbarschaftsbereich" zugrundegelegt werden. In dieser sind auch Richtwerte für den Grundgeräuschpegel im Freien und in Räumen bei offenen und geschlossenen Fenstern für Wohngebäude und Gebäude mit ähnlichem Ruheanspruch für Tag und Nacht zu den verschiedenen lärmschutztechnischen Gebietskategorien angegeben. Die Einstufung in die 5 lärmschutztechnischen Gebietskategorien erfolgt nach der für die jeweilige Meßstelle zutreffenden Flächenwidmung, wobei die Zuordnung der Gebietsbezeichnungen nach den Raumordnungsgesetzen der österreichischen Bundesländer zu den lärmschutztechnischen Kategorien auch angegeben ist (vgl. dazu Punkt 8).

Die Widmung des Gebiets kennzeichnet sowohl den durch die Besiedlung und die Aktivitäten in dem Gebiet zu erwartenden Schallpegel als auch die "Ruhe-Erwartung" der in dem Gebiet wohnenden Personen ("Widmungsmaß").

Sofern ein Meßwert für den Grundgeräuschpegel vorliegt, ist er mit dem Richtwert gemäß der Widmung zu vergleichen. Ist der Meßwert geringer, ist er der weiteren Beurteilung zu-

grunde zulegen; ist der Richtwert geringer, wird dieser der weiteren Beurteilung zugrundegelegt.

Der Beurteilungspegel einer Schallimmission (z.B. aus einem benachbarten Betrieb) soll den (bei Betriebsstillstand) vorherrschenden Grundgeräuschpegel bzw. den für das Gebiet entsprechend seiner Widmung zutreffenden Grundgeräuschpegel möglichst nicht überschreiten. Als Richtwert für die Beurteilung der Zumutbarkeit ist eine Erhebung des Beurteilungspegels bis zu 10 dB über den Grundgeräuschpegel anzusehen. Ist der äquivalente Dauerschallpegel ohne den zu beurteilenden Lärm bereits mehr als 10 dB über dem Grundgeräuschpegel, so darf durch das Hinzutreten der zu beurteilenden Schallquelle der äquivalente Dauerschallpegel nicht erhöht werden.

Der Beurteilung sind in der Regel bei Tag die 8 ungünstigsten aufeinanderfolgenden Stunden und bei Nacht die ungünstigste halbe Stunden zugrunde zulegen.

Da der Beurteilungspegel als Einzahlangabe nicht mehr die Höhe und Anzahl und zeitliche Verteilung einzelner Schallpegelspitzen zeigt, ist es in bestimmten Fällen, insbesondere bei der Beurteilung nächtlicher Lärmstörungen (Weckwirkung) notwendig, auftretende Schallpegelspitzen zusätzlich zu berücksichtigen. ÖAL-Richtlinie 3 enthält auch dazu Angaben.

ÖAL-Richtlinie 3, Blatt 1 behandelt die Beurteilung von Schallimmissionen durch Schallquellen in der Nachbarschaft wie z.B. Betriebe. Für die Beurteilung von Straßenverkehrslärm sind die Immissionsgrenzwerte für die verschiedenen Gebietskategorien heranzuziehen (vgl. Punkt 8) und der Zusammenhang von äquivalentem Dauerschallpegel und Ausmaß der Lärmstörung wie er in Bild 11 dargestellt ist (vgl. dazu die Richtlinie RVS 3.114 der Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen). Dieser Zusammenhang wurde in umfangreichen Forschungsarbeiten mit Befragungen der Bevölkerung und Messungen des Schallpegels abgeleitet (6).

Für die Beurteilung einer Schallimmission durch Schienenverkehrslärm können ebenfalls die Immissionsgrenzwerte für die Gebietskategorien herangezogen werden, allerdings unter Berücksichtigung eines "Schienenbonus" (vgl. dazu ÖNORM S 5011). Zur Beurteilung können auch die Ergebnisse über den Zusammenhang von Störung und äquivalentem Dauerschallpegel des Schienenverkehrslärms nach einer Forschungsarbeit (7) mit Befragungen und Schallpegelmessungen zugrundegelegt werden gemäß Bild 12. Vgl. dazu auch eine umwelthygienische Studie zur Ableitung von Kriterien für den Schienenverkehrslärm (8).

Für die Beurteilung von Fluglärm wird der äquivalente Dauerschallpegel über die 6 verkehrsreichsten Monate für Tag (6 bis 22 Uhr) und Nacht (22 bis 6 Uhr bzw. die jeweilige Betriebszeit) berechnet und daraus der kennzeichnende Wert L_{DN} ($L_{\text{day-night}}$) abgeleitet wie folgt

$$\text{für den Tag: } L_{DN} = L_{A,eq,Tag}$$

$$\text{für Tag und Nacht: } L_{DN} = 10 \lg \left[\frac{(T_{Tag} \cdot 10^{L_{A,eq,Tag}/10} + T_{Nacht} \cdot 10^{(L_{A,eq,Nacht}+10)/10})}{(T_{Tag} + T_{Nacht})} \right]$$

mit

$L_{A,eq,Tag}$	äquivalenter Dauerschallpegel über den Zeitabschnitt Tag
T_{Tag}	Zeitabschnitt Tag 16 Stunden (6 bis 22 Uhr)
$L_{A,eq,Nacht}$	äquivalenter Dauerschallpegel über den Zeitabschnitt Nacht
T_{Nacht}	Betriebsdauer des Flughafens in der Zeit zwischen 22 und 6 Uhr

Der jeweils größere der beiden Werte ist für L_{DN} einzusetzen.

Für die Einstufung von L_{DN} im Hinblick auf die Flächenwidmung und erforderliche Schalldämmung der Gebäude wurde ein Vorschlag ausgearbeitet (vgl. dazu Punkt 8).

5. Schallausbreitung

5.1 Schallausbreitung im Freien

Wird eine Schallquelle im Freien aufgestellt, so breitet sich die Schallenergie von dieser aus und mit der Ausbreitung nimmt die Energiedichte und damit der Schalldruck bzw., der Schalldruckpegel ab. Der Schallpegel in einem Immissionspunkt ergibt sich aus dem Schalleistungspegel der Schallquelle und dem Übertragungsmaß zwischen Schallquelle und Immissionspunkt. Das Übertragungsmaß wird bestimmt durch

- den Abstand Schallquelle - Immissionspunkt
- die Schallabsorption der Luft
- den Einfluß des Bodens
- ein Hindernis im Schallausbreitungsweg (Schallabschirmung)
- die Dämpfung durch Bepflanzung
- Reflexionen an Gebäudewänden und ähnl.

Mit Ausnahme des Abstandes sind alle Einflüsse abhängig von der Frequenz. Die ÖAL-Richtlinie 28 "Schallabstrahlung und Schallausbreitung" gibt die genaue Rechenvorschrift für die Berechnung des Übertragungsmaßes in Oktavbändern.

In den Berechnungen wird grundsätzlich eine punktförmige Schallquelle zugrundegelegt, d.h. größere Schallquellen müssen in einzelne Teilschallquellen zerlegt werden, wie z.B. Straßen oder Schienenstrecken in einzelne Streckenabschnitte oder die Außenwände von großen Betriebshallen in einzelne Teilflächen.

Nachstehend sind für eine Abschätzung der Größenordnung der jeweiligen Einflüsse Richtwerte angegeben, die für Straßenverkehrslärm und für viele Arten von Betriebslärm etwa zutreffend sind.

Aus dem A-bewerteten Schalleistungspegel errechnet sich der A-bewertete Schalldruckpegel im Freien je nach dem Abstand aus

$$L_A = L_{W,A} - 20 \lg r - 11 \quad \text{in dB}$$

mit

$$r \quad \text{Abstand des Immissionspunktes von der Schallquelle in m}$$

Steht die Schallquelle auf reflektierendem Boden und will man den Bodeneinfluß nicht getrennt berücksichtigen, so errechnet sich der Schallpegel aus

$$L_A = L_{W,A} - 20 \lg r - 8 \text{ in dB}$$

Die Energiedichte - proportional dem Schalldruckquadrat - nimmt mit dem Quadrat der Entfernung von der Schallquelle ab, daraus ergibt sich eine Schallpegelabnahme um 6 dB je Entfernungsverdoppelung.

Für die Schallabsorption in Luft kann eine zusätzliche Schallpegelabnahme von 0,5 dB je 100 m eingesetzt werden.

Für die Dämpfung durch Bepflanzung kann eine weitere Schallpegelabnahme von 1 dB je 50 m Wald, maximal jedoch 4 dB eingesetzt werden, Wald mit einer Ausdehnung unter 50 m wird nicht berücksichtigt. Der Bewuchs muß dicht sein und der Schallausbreitungsweg muß durch den Bewuchs verlaufen.

Der Einfluß des Bodens hängt von der Höhe der Schallquelle und des Immissionsortes über Boden und von der Art des Bodens ab. Bild 13 zeigt die Schallpegelerhöhung durch reflektierenden akustisch harten Boden (wie z.B. Beton, Asphalt, Pflaster, Wasser) und die Schallpegelminderung bei Schallausbreitung über absorbierendem porösem Boden (wie z.B. Erde, Acker, Grasflächen), berechnet für ein typisches Straßenverkehrslärmspektrum, das auch für Betriebslärm in vielen Fällen etwa zutreffen wird.

Die Schallpegelminderung durch ein Hindernis im Schallweg (ein Gebäude, eine Lärmschutzwand) ergibt sich aus dem Umweg für den Schall zwischen Schallquelle und Immissionspunkt bedingt durch den Schirm. Bild 14 zeigt die Ermittlung des Schallumwegs, bezeichnet als Schirmwert z und gibt in dem Diagramm die Schallpegelminderung in Abhängigkeit vom Schirmwert für ein typisches Straßenverkehrslärmspektrum; ähnlich kann es auch für Schienenverkehrslärm und für Betriebslärm angenommen werden. In ÖAL-Richtlinie 28 ist angegeben, daß Werte über 20 dB mit 20 dB einzusetzen sind.

Für die Wirkung von Schallschirmen ist zu beachten, daß der Schall nicht nur oben über die Schirmwand sondern auch über die linke und rechte Kante der Schirmwand läuft und daher eine Schirmwand nicht nur eine entsprechende Höhe sondern auch eine entsprechende Länge haben muß um die erwartete Schallpegelminderung zu erbringen. Da die Ausdehnung einer Schirmwand meist begrenzt ist, muß die Schirmwirkung nicht nur über die obere Schirmkante sondern auch über die seitlichen Schirmkanten ermittelt werden (vgl. Bild 14). Die mit der Summe aller Schallwege erzielbare Schallpegelminderung errechnet sich aus

$$\Delta L_{\text{gesamt}} = -10 \lg (10^{-\Delta L_v/10} + 10^{-\Delta L_r/10} + 10^{-\Delta L_l/10}) \quad \text{in dB}$$

mit

- ΔL_v Schallpegelminderung für den Schallweg über die obere Schirmkante in dB
- ΔL_r Schallpegelminderung für den Schallweg über die rechte Schirmkante in dB
- ΔL_l Schallpegelminderung für den Schallweg über die linke Schirmkante in dB

Bei der Anlage einer Schirmwand ist weiters zu beachten, daß wegen des Schallweges über den Schirm eine bei Ausbreitung über absorbierendem Boden gegebene Schallpegelminderung geringer werden kann.

Um die Schallpegelminderung durch eine Abschirmung zu erreichen soll die Schalldämmung der Wand so hoch sein, daß der durch die Wand übertragene Schallanteil vernachlässigbar ist gegenüber dem über die Schirmwandkante zum Immissionspunkt gelangenen Schallanteil. Dies ist zu erzielen, wenn die flächenbezogene Masse der Wand mindestens 10 kg/m² beträgt und die Wand dicht ist.

Die Schallpegelminderung durch eine Schirmwand wird zwar unabhängig von der Art der Oberfläche (absorbierend oder reflektierend) berechnet; es ist aber zu beachten, daß bei ausgedehnten Schallquellen, wie z.B. Eisenbahnzügen, durch eine Schallreflexion zwischen Schallquelle und Schirmwand die tatsächlich erzielte Schallpegelminderung wesentlich kleiner als die berechnete wird und in diesem Fall die Wand hochabsorbierend ausgestattet sein muß. Eine umfassende Datensammlung über die Schalldämmung und Schallabsorption von Lärmschutzwänden, die in Österreich auf dem Markt sind, enthält ÖAL-Richtlinie 23, Blatt 2. Zur Kennzeichnung der Schallabsorption von Lärmschutzwänden wurde die Größe $\Delta L_{A,\alpha,\text{Str}}$ eingeführt (vgl. dazu RVS 3.114 mit den Angaben zur Berechnung aus dem Schallabsorptionsgrad in Abhängigkeit von der Frequenz). Als absorbierend gilt eine Lärmschutzwand mit $\Delta L_{A,\alpha,\text{Str}} \geq 4$ dB und als hochabsorbierend mit $\Delta L_{A,\alpha,\text{Str}} \geq 8$ dB.

Bild 14 zeigt, daß die günstigste Schirmwirkung erzielt wird, wenn der Schallschirm möglichst nahe der Schallquelle oder möglichst nahe dem Empfänger ist (für diesen Fall ist

der Schirmwert z am größten). Es zeigt auch, daß die Schirmwirkung nur durch die Lage der Schirmkante bestimmt wird. Es kann daher oft durch eine geknickte Lärmschutzwand oder eine L-förmige Lärmschutzwand eine günstigere Schallpegelminderung erzielt werden (vgl. Bild 15).

Bei ausgedehnten Schallquellen (z.B. Straßen, größeren Industrieanlagen) muß eine Zerlegung in mehrere Einzelschallquellen erfolgen, für jede die Schallpegelminderung ermittelt werden und dann wieder der Summenschallpegel über die Einzelschallquellen gebildet werden.

Die Schallausbreitung ist auch durch Wind (Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Höhe über Boden und Richtung) und die Temperaturänderung mit der Höhe beeinflußt. Durch die in verschiedenen Höhen über Boden unterschiedliche Temperatur und Windgeschwindigkeit und damit Schallgeschwindigkeit kommt es je nach Zunahme oder Abnahme der Schallgeschwindigkeit mit der Höhe zu einer Brechung der Schallstrahlen nach unten oder nach oben und damit zu einer Verstärkung oder Verminderung des Schallpegels auf dem Boden gegenüber dem bei geradliniger Schallausbreitung zu erwartenden Schallpegel wie in Bild 16 dargestellt. In Entfernungen von mehr als 300 m zwischen einer Schallquelle und einem vor Lärm zu schützenden Objekt kann daher auch wegen des Witterungseinflusses die Schallpegelminderung durch eine Lärmschutzwand viel geringer sein als die Rechnung erwarten läßt.

In den österreichischen Normen und Richtlinien wird der Windgeschwindigkeits- und Temperaturgradient nicht explizit berücksichtigt. In ÖAL-Richtlinie 28 wird jedoch bei der Berechnung der Schallausbreitung eine Krümmung der Schallstrahlen zum Boden berücksichtigt.

5.2 Schallausbreitung in Räumen

Wird eine Schallquelle in einem geschlossenen Raum (z.B. Maschinenhalle) betrieben, so ergibt sich der dadurch verursachte Schallpegel im Raum durch die Überlagerung der zahlreichen Reflexionen von den Raumbegrenzungsflächen. Die Reflexionen werden bestimmt durch die absorbierenden Eigenschaften der Baustoffe der Raumbegrenzung. Eine hohe Absorption führt dazu, daß nur wenig Schallenergie reflektiert wird und damit der Schalldruckpegel im Raum niedriger wird. Die Absorptionseigenschaften eines Raumes werden durch die äquivalente Schallabsorptionsfläche (auch Schallschluckfläche genannt) im Raum bestimmt. Diese errechnet sich aus den geometrischen Abmessungen und dem Schallabsorptionsgrad (auch Schallschluckgrad) der Raumbegrenzungsflächen und im Raum vorhandener Einrichtungen und Personen. Die Schallabsorptionsfläche A im Raum ergibt sich damit zu

$$A = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \alpha_3 S_3 + \dots + A_E + n \alpha_p \quad \text{in m}^2$$

mit

S_1, S_2, \dots	geometrische Fläche der Raumbegrenzungsflächen in m^2
$\alpha_1, \alpha_2, \dots$	Schallabsorptionsgrade der Raumbegrenzungsflächen
n	Anzahl der Personen im Raum
α_p	Schallabsorptionsgrad der Personen
A_E	Schallabsorptionsfläche der Einrichtung in m^2

Der Schallabsorptionsgrad α ist das Verhältnis der Schallintensitäten des nicht zurückkehrenden und des auftreffenden Schalles bei der Schallreflexion. Er liegt zwischen 0

(keine Absorption) und 1 (vollständige Absorption)⁸⁾ und ist - wie alle akustischen Eigenschaften - von der Frequenz abhängig. Für die einzelnen Bau- und Ausstattungstoffe geben die Erzeugerfirmen den Schallabsorptionsgrad auf Grund von Messungen an. Für die gebräuchlichsten Baustoffe sind die Schallabsorptionsgrade in ÖAL-Richtlinie 17 angegeben, eine umfassende Sammlung von Schallabsorptionsgraden enthält die DIN-Schallabsorptionsgradtabelle (9).

Der Schallpegel bei Betrieb einer Schallquelle in einem Raum ergibt sich aus dem "Nachhallschall", der durch die Reflexionen an den Raumbegrenzungsflächen entsteht

$$L_n = L_w - 10 \lg A + 6 \quad \text{in dB}$$

mit

$$\begin{array}{ll} L_w & \text{Schalleistungspegel der Schallquelle in dB} \\ A & \text{Schallabsorptionsfläche im Raum in m}^2 \end{array}$$

und dem von der Schallquelle direkt zum Empfänger gelangenden "Direktschall"

$$L_d = L_w - 20 \lg r - 8 \quad \text{in dB}$$

mit

$$r \quad \text{Abstand des Empfängers von der Schallquelle in m}$$

in Summe

$$L = 10 \lg [10^{L_n/10} + 10^{L_d/10}] \quad \text{in dB}$$

In Bild 17 ist der Schallpegel in einem Raum in Abhängigkeit vom Abstand von der Schallquelle dargestellt. Man erkennt, daß in kleinem Abstand von der Schallquelle der direkte Schall maßgebend ist und in größerem Abstand nur der Nachhallschall den Schallpegel bestimmt und dieser durch Erhöhung der Schallabsorptionsfläche im Raum vermindert werden kann.

Zum Beispiel errechnet sich für eine Betriebshalle mit einer Schallabsorptionsfläche von 300 m² der durch eine Maschine mit dem Schalleistungspegel von 100 dB verursachte Nachhallschallpegel zu

$$L_n = 100 - 10 \lg 300 + 6 = 100 - 24,8 + 6 = 81,2 \text{ dB und}$$

der Direktschallpegel in 3 m Abstand zu

$$L_d = 100 - 20 \lg 3 - 8 = 100 - 9,6 - 8 = 82,5 \text{ dB und}$$

der Gesamtschallpegel damit zu 85 dB.

In 10 m Abstand von der Schallquelle beträgt jedoch der Direktschallpegel nur 72 dB, der Gesamtschallpegel wird damit 81,7 dB und ist nahezu nur vom Nachhallschallpegel bestimmt.

Wird die Schallabsorptionsfläche in der Halle auf 1200 m² erhöht, so verringert sich der Nachhallschallpegel auf 75,2 dB und der Gesamtschallpegel in 3 m Abstand auf 83 dB und in 10 m Abstand auf 76,9 dB. Durch die schallabsorbierende Ausstattung ist somit in dieser

⁸⁾ Durch die in ÖNORM S 5104 und CEN 20354 genormte Meß- und Auswertungsmethode können sich allerdings Meßwerte auch über 1 ergeben und in Prüfzeugnissen angegeben werden. Meßwerte $\alpha > 1$ sind mit $\alpha = 1$ in Berechnungen einzusetzen.

Halle in 3 m Abstand von der Schallquelle eine Schallpegelminderung um 2 dB, in 10 m Abstand jedoch 5 dB zu erzielen.

Wegen der Bedeutung der Schallabsorption im Raum für die Lärminderung ist in ÖNORM B 8115-3 eine Mindestschallabsorption in Betriebsräumen (z.B. Produktionsräumen, Fabrikräumen, Industriehallen, Werkstätten, Büros, Geschäftsräumen und Gaststätten) gefordert. Sie wird angegeben, durch eine höchstzulässige Nachhallzeit⁹⁾ in Abhängigkeit vom Raumvolumen. Darüber hinaus ist für Räume, in denen ein A-bewerteter Schallpegel von > 85 dB zu erwarten ist und Arbeitsplätze vorgesehen sind, eine anzustrebende Nachhallzeit angegeben, deren Werte geringer sind. In Bild 18 ist die höchstzulässige und die im Hinblick auf Lärminderung anzustrebende Nachhallzeit für Betriebsräume dargestellt. ÖNORM B 8115-3 wird derzeit überarbeitet und die Anforderung an die Schallabsorption im Raum wird höher sein. Die derzeitige Anforderung der höchstzulässigen Nachhallzeit kann durch eine Ausstattung der Decke mit einem Material des Schallabsorptionsgrades 0,3 erfüllt werden, die höhere der anzustrebenden Nachhallzeit durch eine Vergrößerung dieser Schallschluckfläche um 50%.

Zweckmäßiger Weise ist der Frequenzgang des Schallabsorptionsgrades der Frequenzzusammensetzung des Betriebslärms anzupassen; d.h. das Ausstattungsmaterial soll die maximale Schallabsorption in dem im A-bewerteten Schallpegel vorherrschenden Frequenzbereich haben.

Messungen in sehr großen Werkshallen zeigen, daß die vorstehende (einfache) Rechnung mit Schallabsorptionsfläche und Nachhallzeit die tatsächlichen Ausbreitungsverhältnisse nicht richtig wiedergibt. In großen Hallen nimmt der Schallpegel auch mit größerer Entfernung von der Schallquelle noch ab und zwar umso mehr je größer der Schallabsorptionsgrad der (meist in geringer Höhe über den Maschinen liegenden) Decke ist. Rechnungen nach der vorstehenden einfachen Formel geben dann etwas zu hohe Schallpegel.

Detaillierte Rechenunterlagen, auch zur Berücksichtigung der Streuung durch Maschinen und ähnl. enthält ÖAL-Richtlinie 14.

Durch Schirmwände kann in großen Hallen eine Schallpegelminderung erzielt werden. Die Schirmwände sind umso wirkungsvoller, je näher Schallquelle und Empfänger an der Schirmwand liegen (es gilt auch hier der Schirmwert z als kennzeichnende Größe) und je höher die Schallabsorption der Decke ist. Bei nicht absorbierender Decke oder in Nähe von reflektierenden Wänden wird die Schirmwirkung durch die Reflexionen von der Decke bzw. der Wand stark vermindert; genaue Daten dazu sind in ÖAL-Richtlinie 14 gegeben.

Beispiele für den Schallschutz durch Abschirmung in Räumen enthält auch VDI-Richtlinie 2070, Blatt 2.

Die Auswahl der Materialien für die akustische Ausstattung wird auch nach Gesichtspunkten des Brandschutzes, der Eignung für die jeweiligen Luftbedingungen in der Halle und ähnl. erfolgen. Grundsätzlich gibt es 3 Typen von Schallabsorbem

- porige Schallabsorber, wie z.B. Mineralwolleplatten, offenporiger Polyurethanschaum. Sie weisen einen mit der Frequenz ansteigenden Schallabsorptionsgrad auf und die Schallabsorption ist umso höher, je dicker die Schicht ist oder je größer ihr Abstand von der festen Rückwand ist. Sie können durch dünne gelochte Platten

⁹⁾ Nachhallzeit T (in Sekunden) und Schallabsorptionsfläche A (in m^2) hängen zusammen über das Volumen V (in m^3) gemäß der Formel

$$A = 0,16 (V/T)$$

(z.B. gelochtes Blech mit mind. 20 % offener Fläche) oder ganz dünne Polyäthylenfolien (Dicke unter 0,05 mm) abgedeckt werden ohne wesentliche Verminderung der Absorption.

- mitschwingende Absorber, wie z.B. dünne Holzfaserplatten auf Luftpolster (mit oder ohne Mineralwolleinlage); sie weisen den höchsten Absorptionsgrad bei einer Resonanzfrequenz auf, die durch die flächenbezogene Masse und die Dicke des Luftpolsters bestimmt ist und werden vorzugsweise zur Absorption im tieffrequenten Bereich eingesetzt.
- Resonator-Absorber (Schlitz- oder Lochresonatoren), wie z.B. Lochziegel oder Holzbretter mit Schlitzten auf Luftpolster; sie weisen den höchsten Absorptionsgrad bei einer Resonanzfrequenz auf, die durch den Loch- oder Schlitzanteil, die Dicke der gelochten oder geschlitzten Platten und die Dicke des dahinter liegenden Luftpolsters bestimmt ist und können vorzugsweise zur Absorption tiefer und mittlerer Frequenzen eingesetzt werden.

Zur Abschätzung der Schallabsorption in einem Raum ohne detaillierte Berechnung aller Flächen kann Tabelle 6 dienen, die Richtwerte für den mittleren Schallabsorptionsgrad für verschieden ausgestattete Räume angibt. Die Schallabsorptionsfläche ergibt sich aus der Summe aller Raumbegrenzungsflächen multipliziert mit dem mittleren Schallabsorptionsgrad.

Tabelle 6: Mittlerer Schallabsorptionsgrad von Räumen

Akustische Ausstattung des Raumes	Form des Raumes	Mittlerer Schallabsorptionsgrad
leer, mit glatten harten Wänden aus Beton, Ziegeln, Fliesen und ähnl.	beliebig	0,05
teilweise leer, mit glatten Wänden	beliebig	0,1
möbliert	beliebig, ausgenommen stark gegliedert	0,15
Maschinen- oder Fertigungsräume	quaderförmig	0,15
möbliert, Maschinen- oder Fertigungsräume	stark gegliedert	0,20
mit Polstermöbeln, Maschinen- oder Fertigungsräume mit geringen Einbauten absorbierenden Materials an Decke oder Wänden	beliebig	0,25
mit schallabsorbierender Ausstattung an der Decke und an den Wänden	beliebig	0,35
mit reichlicher schallabsorbierender Ausstattung an Decke und Wänden	beliebig	0,50

6. Bauakustik

6.1 Schalldämmung von Bauteilen und zwischen Räumen

Während die Schallabsorption beschreibt, wieviel Schall von einer Wand absorbiert (bzw. reflektiert) wird, beschreibt die Schalldämmung, wieviel Schall durch die Bauteile von einem Raum in den benachbarten Raum übertragen wird.

Die Schalldämmung eines Bauteiles (einer Wand, eines Fensters, einer Decke) wird durch das Schalldämm-Maß R beschrieben. Es ist definiert durch

$$R = 10 \lg (W_1/W_2) \quad \text{in dB}$$

mit

W_1 auf den Bauteil auftreffende Schalleistung in Watt
 W_2 von dem Bauteil abgestrahlte Schalleistung in Watt

Das Schalldämm-Maß von Bauteilen wird in Prüfständen nach ÖNORM S 5101 (europäische Normen sind in Vorbereitung in der Serie EN 20140) gemessen; es ist - wie alle akustischen Eigenschaften - von der Frequenz abhängig (üblich steigt es mit steigender Frequenz). Für die übersichtliche Kennzeichnung der Schalldämmung wird aus dem in Abhängigkeit von der Frequenz gemessenen Schalldämm-Maß durch Vergleich mit der in ÖNORM B 8115-1 (und gleich in den europäischen und ISO-Normentwürfen) genormten Bezugskurve eine "Einzahlangabe" abgeleitet, das bewertete Schalldämm-Maß R_w .

Die Schalldämmung zwischen 2 Räumen wird durch die Schallpegeldifferenz D beschrieben. Sie wird ermittelt aus

$$D = L_1 - L_2 \quad \text{in dB}$$

mit

L_1 Schallpegel im lauten Raum (Senderraum) in dB
 L_2 Schallpegel im leisen Raum (Empfangsraum) in dB

Da die Schallpegeldifferenz durch die Schallabsorption im Empfangsraum beeinflusst wird, muß sie zur Festlegung von Anforderungen auf eine einheitliche Absorption im Empfangsraum bezogen werden. In Österreich ist diese mit 0,5 Sekunden Nachhallzeit im Empfangsraum festgelegt. Die Schallpegeldifferenz mit dieser genormten Schallabsorption im Empfangsraum wird als Normschallpegeldifferenz $D_{n,T}$ bezeichnet. Sie ist wie das Schalldämm-Maß von der Frequenz abhängig und es wird daher auch für die Normschallpegeldifferenz eine Einzahlangabe durch Vergleich mit der genormten Bezugskurve gebildet, die bewertete Normschallpegeldifferenz $D_{n,T,w}$.

6.2 Schalldämm-Maß von Bauteilen

Für die Planung des Schallschutzes zwischen Räumen in Gebäuden und gegen das Freie ist die Kenntnis des Schalldämm-Maßes der Bauteile erforderlich. Grundsätzlich sollten Angaben über den Schallschutz von Bauteilen von den Erzeugerfirmen zur Verfügung gestellt werden, z.B. für Wände aus Hohlziegel- oder Betonhohlstein-Mauerwerk, für Fenster, Türen usw. Sofern keine Angaben erhältlich sind, kann eine Abschätzung vorgenommen werden. Dabei ist in zwei in schalltechnischer Hinsicht unterschiedliche Bauarten zu unterscheiden:

- einschalige (meist massive) Bauteile, wie Wände aus Ziegelmauerwerk, Beton, Holz, Glas
- zweischalige Bauteile, wie Doppelwände aus Gipskartonplatten, Doppelfenster.

6.2.1 Einschalige Bauteile

Das Schalldämm-Maß von einschaligen Bauteilen ist im wesentlichen durch die flächenbezogene Masse (in kg/m^2) bestimmt. Bild 19 zeigt das bewertete Schalldämm-Maß von einschaligen Bauteilen in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse. Für den Bereich von 100 bis 700 kg/m^2 gilt

$$R_w = 32,4 \lg m' - 26 \quad \text{in dB}$$

mit

$$m' \quad \text{flächenbezogene Masse in } \text{kg/m}^2$$

In ÖNORM B 8115-4 ist detailliert ausgeführt, welche Bauteile als akustisch einschalig anzusehen sind. Insbesondere ist anzuführen, daß Außenwände mit Wärmedämmschichten oder Außenwände aus Hohlziegeln oder Hohlblocksteinen (mit über 15 % Lochanteil), die ohne zusätzliche Wärmedämmsysteme die normgemäßen Anforderungen an den Wärmeschutz erfüllen, sowie Wände aus Steinen mit Dämmstoffeinlagen nicht als akustisch einschalig gelten und daher das bewertete Schalldämm-Maß nicht nach der flächenbezogenen Masse abgeschätzt werden kann, sondern durch Messung an einer Prüfwand in einem Prüfstand zu bestimmen ist. Die Produzenten verfügen daher in der Regel über die entsprechenden Meßergebnisse.

6.2.2 Zweischalige Bauteile

Zweischalige Bauteile weisen, wenn sie akustisch richtig bemessen sind, ein Schalldämm-Maß auf, das um 10 bis 15 dB höher ist als nach der Masse für einschalige Bauteile zu erwarten. Doppel- (oder mehrschalige) Bauteile können aus

- biegeweichen Schalen
- massiven Wänden oder Decken
- einer massiven Schale und einer biegeweichen Vorsatzschale bestehen.

Biegeweiche Schalen zur Herstellung von zweischaligen Bauteilen oder Vorsatzschalen sind z.B. Stahlblechplatten $\leq 2 \text{ mm}$, Gipskartonplatten $\leq 15 \text{ mm}$, Gipsfaserplatten $\leq 15 \text{ mm}$, Faserzementplatten $\leq 6 \text{ mm}$, Holzspanplatten $\leq 20 \text{ mm}$, Glas $\leq 4 \text{ mm}$, Verputzschichten $\leq 25 \text{ mm}$.

Für die akustisch richtige Bemessung von Doppelwänden aus biegeweichen Wandschalen oder aus einer massiven Wand mit einer biegeweichen Vorsatzschale ist erforderlich:

- Die beiden Wandschalen dürfen nur über schmale linienförmige oder punktförmige Brücken (z.B. Steher) verbunden sein, die voneinander einen Abstand von mind. 50 cm haben müssen
- Das Produkt aus dem Abstand (in m) der beiden Schalen und der Masse (in kg/m^2) einer Schale bzw. der leichten Vorsatzschale soll mind. etwa 1 betragen. Genauere Angaben über die Bemessung des Abstandes der beiden Wandschalen je nach der Masse und je nach dem Wandaufbau enthält ÖNORM B 8115-4.
- Durch die Füllung des Luftzwischenraumes zwischen den beiden Wandschalen mit Mineralwolle kann die Schalldämmung wesentlich erhöht werden.

Zweischalige Wände aus zwei massiven Wandschalen, wie Mauerwerk, Beton oder ähnl. sind nur günstig, wenn sie vollständig voneinander getrennt sind (wie z.B. eine Trennwand zwischen 2 Gebäuden, wo die Fuge vom Keller bis über das Dach durchlaufen kann und keinerlei Verbindung zwischen den beiden Wandschalen besteht).

Einige Beispiele für schalltechnisch richtig aufgebaute Doppelwände enthält ÖNORM B 8115-4. Für eine Reihe von Wand- und Deckenbauarten enthält die ÖAL-Richtlinie 28 die Angabe des Schalldämm-Maßes über der Frequenz und das bewertete Schalldämm-Maß.

6.2.3 Fugendichtheit

Gute Schalldämmung erfordert grundsätzlich Fugendichtheit. Durch auch nur geringe Fugen oder Risse wird die Schalldämmung entscheidend verschlechtert; daher ist z.B. die Schalldämmung von Fenstern und Türen wesentlich durch die Dichtheit der Fugen bestimmt. Türen und Tore, die nicht umlaufend (auch an der Bodenfuge) gedichtet sind, weisen - nahezu unabhängig vom Aufbau des Türblattes - ein Schalldämm-Maß von nur 15 bis 20 dB auf. Das Gleiche gilt für Fenster; auch mit hochschalldämmender Verglasung kann keine Schalldämmung über 20 dB erzielt werden, wenn das Fenster undicht (in der Funktionsfuge oder Einbaufuge) ist.

6.2.4 Resultierendes Schalldämm-Maß zusammengesetzter Bauteile

Werden Bauteile mit unterschiedlicher Schalldämmung nebeneinander eingebaut (z.B. Fenster oder Türe in einer Wand), so ist das resultierende Schalldämm-Maß durch die Flächenanteile und das Schalldämm-Maß beider Bauteile bestimmt. Es kann berechnet werden nach

$$R_{\text{result}} = -10 \lg \left[\left(S_1 \cdot 10^{-R_1/10} + S_2 \cdot 10^{-R_2/10} \right) / (S_1 + S_2) \right] \quad \text{in dB}$$

mit

S_1, S_2 Fläche des Bauteils 1 und 2 in m^2
 R_1, R_2 Schalldämm-Maß des Bauteils 1 und 2 in dB

Die Formel gilt sowohl für die Berechnung des resultierenden Schalldämm-Maßes in den einzelnen Frequenzbereichen als auch für die Berechnung des resultierenden bewerteten Schalldämm-Maßes.

Das resultierende Schalldämm-Maß kann auch aus dem Diagramm in Bild 20 entnommen werden. Das Diagramm zeigt, daß der Bauteil mit der geringeren Schalldämmung maßgebend für die resultierende Schalldämmung ist. Daraus ergibt sich, daß eine Türe in einer Trennwand oder ein Fenster in einer Außenwand die Schalldämmung bestimmt, und auch eine sehr hohe Schalldämmung der Wand kaum die resultierende Schalldämmung verbessern kann.

6.3 Schalldämmung zwischen Räumen

Der Schallschutz zwischen zwei aneinandergrenzenden Räumen (übereinander oder neben- einanderliegend) ist durch das Schalldämm-Maß des Trennbauteils und durch die Schallübertragung entlang der flankierenden Bauteile bestimmt. Es ist daher bei der Planung des Schallschutzes im Gebäude nicht nur auf die Schallübertragung durch den Trennbauteile sondern auch auf die durch die flankierenden Bauteile zu achten. ÖNORM B 8115-4 gibt den genauen Rechenvorgang an (es gibt auch Computerprogramme dazu) und enthält auch Tabellen, in welchen man entnehmen kann, welche Trennbauteile und Flankenbauteile man kombinieren darf, um ausreichende Schalldämmung im Gebäude zu sichern.

Die Schallübertragung durch den Trennbauteil ergibt sich aus

$$D_{n,T,w} = R_w - 10 \lg S + 10 \lg V - 5 \quad \text{in dB}$$

mit

R_w	bewertetes Schalldämm-Maß des Trennbauteils in dB
S	Fläche des Trennbauteils in m^2
V	Volumen des Empfangsraumes in m^3

In Gebäuden aus massiven Wänden kann man abschätzen, daß die Schallübertragung durch die flankierenden Bauteile etwa gleich ist wie die durch den Trennbauteil. Die resultierende bewertete Normschallpegeldifferenz wird dadurch um 3 dB kleiner als für den Trennbauteil allein berechnet. Bei mehrschaligen Trennwänden aus biegeweichen Schalen mit sehr hoher Dämmung und bei Massivdecken mit schwimmendem Estrich kann die Schallübertragung in den flankierenden Bauteilen wesentlich höher sein als die durch den Trennbauteil und eine Rechnung nur für den Trennbauteil allein kann zu einem wesentlich zu hohen Wert für die Normschallpegeldifferenz führen.

Wegen des großen Einflusses der Schallübertragung in den flankierenden Bauteilen kann auch bei der Verbesserung der zu geringen Schalldämmung in Gebäuden nicht erwartet werden, daß z.B. eine biegeweiche Vorsatzschale an der Trennwand eine Erhöhung der Schalldämmung bringen muß. Bei der schalltechnischen Sanierung in Gebäuden ist es daher immer zweckmäßig durch detaillierte Messungen genau zu ermitteln, welcher Bauteil den größten Schallenergieanteil in den Empfangsraum überträgt und an diesem die Verbesserung der Schalldämmung zu beginnen (z.B. durch eine biegeweiche Vorsatzschale).

Die Messung der Schalldämmung in Gebäuden erfolgt nach ÖNORM S 5100.

6.4 Schalldämmung gegen das Freie.

Die bei Betriebsgebäuden erforderliche Berechnung der Schalldämmung gegen das Freie (zur Vermeidung einer Störung der Nachbarschaft) ist in ÖAL-Richtlinie 28 behandelt.

6.5 Anforderungen an den Schallschutz in Gebäuden

Um alle Lärmeinflüsse zu erfassen ist

- der Lärm am Standplatz, der auf das Gebäude von außen einwirkt, zu beachten und dementsprechend der erforderliche Schallschutz der Außenbauteile festzulegen
- der erforderliche Schallschutz zwischen neben- und übereinanderliegenden Räumen gemäß der Nutzung dieser Räume festzulegen
- der Lärm der haustechnischen Einrichtungen zu begrenzen.

Der Lärm am Standplatz wird durch den A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel beschrieben getrennt für Tag und Nacht. Es soll der für die jeweilige Nutzung zutreffende Immissionsgrenzwert (vgl. Punkt 8) nicht überschritten werden. Werden diese Grenzwerte überschritten, sind Abschirmaßnahmen vorzusehen und/oder die vor Lärm zu schützenden Räume an vom Lärm abgewandten Fassaden anzuordnen und/oder der Schallschutz der Außenbauteile entsprechend zu erhöhen.

ÖNORM B 8115-2 enthält sowohl die zutreffenden Immissionsgrenzwerte als auch die Anforderungen an die Schalldämmung der Außenbauteile (resultierendes Schalldämm-Maß der Außenwand mit Fenstern) in Abhängigkeit vom maßgeblichen Außenlärmpegel und der Nutzung der Gebäude. ÖNORM B 8115-4 gibt Bauarten für Außenwände und Fenster an, mit welchen diese Anforderungen erfüllt werden können. Siehe auch Punkt 7.3

Fenster, die die erforderliche hohe Schalldämmung erfüllen, sind so dicht, daß der in Räumen erforderliche Mindestluftwechsel nicht mehr durch undichte Fensterfugen gewährleistet ist. Es ist daher entweder dafür Sorge zu tragen, daß die Fenster mehrfach am Tage geöffnet werden oder eine entsprechende Frischluftzufuhr durch einen "Schalldämmlüfter" zu sichern. Verschiedene geeignete Bauarten von Schalldämmlüftern sind in Österreich auf dem Markt; es ist darauf zu achten, daß ihre Schalldämmung (durch Prüfzeugnis nachgewiesen) der Schalldämmung des Fensters entspricht.

ÖNORM B 8115-2 enthält weiters die Anforderungen an den Schallschutz zwischen Räumen für Wohngebäude, Schulen Krankenhäuser, Hotels. Für die Schalldämmung in Büros sind keine allgemeinen Anforderungen festgelegt; der erforderliche Schallschutz kann sinngemäß aus den Angaben für die anderen Nutzungen abgeleitet werden. Die Erfüllung der Anforderungen kann nach den Angaben in ÖNORM B 8115-4 geplant werden.

Um den geplanten Schallschutz im Gebäude auch tatsächlich zu erreichen ist allerdings eine sorgfältige Bauausführung unbedingt erforderlich.

ÖNORM B 8115-2 enthält auch eine Vorschreibung über den höchstzulässigen A-bewerteten Schallpegel von Schall, der in vor Lärm zu schützende Räume durch den Betrieb haustechnischer Einrichtungen (z.B. Wasser- und Abwasseranlagen, Energieversorgungsanlagen, Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage, Aufzüge, Waschanlagen, Küchen, Schwimm- oder Sportanlagen, Müllsammelanlagen) und Tore übertragen wird. Der Teil 4 der Norm enthält auch dazu Maßnahmen zur Erfüllung. Wesentlich ist dazu vor allem ein zweckmäßiger Grundriß (Sanitärräume an Sanitärräumen, Beispiele siehe ÖAL-Richtlinie 26), weiters lärmarme Armaturen (Meßmethode und Grenzwerte sind in ÖNORM M 6100 angegeben), Begrenzung des Fließdrucks, lärmarme Abwasserleitungen (die österreichischen Erzeuger verfügen über Meßergebnisse, eine europäische Norm für die Messung des Lärms von Abwasserleitungen ist in Vorbereitung), körperschallgedämmte Aufstellung von Geräten.

6.6 Körperschalldämmung

Maschinen oder Elemente mit bewegten Teilen, die auf Bauteilen stehen oder an Bauteilen befestigt sind regen diese Bauteile zu Körperschallschwingungen an, die sich in den Bauteilen ausbreiten und zu Luftschallanregung führen können. Z. B. kann ein Kühlaggregat, das nur einen geringen Luftschallpegel im Aufstellungsraum verursacht, in einem im gleichen Gebäude liegenden Wohn- oder Schlafräum störenden Schall verursachen.

Maschinen in Wohnhäusern, Hotels, Krankenhäusern und ähnl. sollen daher nur über körperschalldämmende Zwischenlagen aufgestellt oder an Wänden befestigt werden. Als körperschalldämmende Zwischenlagen eignen sich Stoffe mit geringem Elastizitätsmodul (z.B. Gummi, Kork, Mineralwolleplatten) und auch Federelemente, die je nach der Masse der Maschine zu bemessen sind.

Die Maschine auf der federnden Zwischenlage stellt dann ein Masse-Feder-System dar, das eine Resonanzfrequenz hat, die durch Masse und Federeigenschaften bestimmt ist. Bei der Resonanzfrequenz tritt eine Verstärkung der Schwingungen ein, darüber eine Dämmung. Die Bemessung der federnden Zwischenschicht muß daher immer so erfolgen, daß die Resonanzfrequenz unter 25 Hz liegt bzw. unter einem Drittel der Erregerfrequenz der Maschine, falls dies tiefer ist.

7. Maßnahmen zur Lärminderung

Grundsätzlich ist die günstigste Maßnahme die Minderung der Schallemission der Schallquelle, d.h. der Einsatz lärmarmen Fahrzeuge, Maschinen und Geräte. Zu diesen Maßnahmen zählt auch die Vermeidung unnützer Lärmerregung, z.B. durch Kraftfahrzeuglenker oder lautes Verhalten.

Weitere Möglichkeiten der Lärminderung bestehen im Wege der Schallausbreitung von der Schallquelle zum Immissionsort, z.B. durch Lärmschutzwände, schalldämmende Wände und Decken in Gebäuden und auch durch Wahl eines entsprechenden Abstandes zwischen Schallquelle und Immissionsort.

Schließlich besteht auch noch die Möglichkeit des Schutzes des Immissionsortes, z.B. durch Schallschutzfenster an Wohngebäuden.

Die im Sinne eines technischen Lärmschutzes am wenigsten befriedigende (wenn auch sehr wirksame) Maßnahme ist die Verwendung von Gehörschützern, die an vielen Arbeitsplätzen allerdings die einzige Möglichkeit ist die Arbeitnehmer vor Schalleinwirkung mit der Gefahr einer Schädigung des Hörvermögens zu schützen (siehe dazu Punkt 2.1).

Der Vermeidung einer Lärmstörung dienen insbesondere auch Maßnahmen der örtlichen und überörtlichen Raumplanung und Raumordnung (siehe dazu Punkt 8).

7.1 Maßnahmen an der Schallquelle

Der Stand der Technik der Geräuschkürzung an Fahrzeugen und Maschinen ist wesentlich weiter fortgeschritten als in den auf dem Markt erhältlichen Produkten eingesetzt. Dies ist insbesondere dadurch bedingt, daß keine Forderung danach durch Grenzwerte besteht und auch keine Anreize wirtschaftlicher oder allgemeiner Art für lärmarme Fahrzeuge (Ausnahme lärmarme LKW) und Maschinen und Geräte gesetzt werden.

7.1.1 Kraftfahrzeuge

Das Motorgeräusch der Kraftfahrzeuge wird durch die Vorschreibung von höchstzulässigen Werten für das Betriebsgeräusch von Kraftfahrzeugen in der Kraftfahrzeuggesetz-Durchführungsverordnung (KDV) begrenzt. Die derzeit anzuwendenden Bestimmungen sind in der 6., 9., 18., 22., 24. und 28. Novelle enthalten. In der nachstehenden Tabelle 7 ist der höchstzulässige Schallpegel (in 7,5 m Abstand bei der für die Messung festgelegten Betriebsart) für die häufigst verkehrenden Kraftfahrzeugkategorien angeführt.

Obwohl die höchstzulässige Geräuschemission in den letzten Jahren mehrfach gesenkt wurde, sind die Grenzwerte wesentlich höher als der Stand der Technik erlauben würde. So wurde der in der EG für 1995/96 vorgesehene herabgesetzte Grenzwert 74 dB für PKW schon 1988 von 50 % der Fahrzeuge unterschritten; von den 1992 in Österreich zugelassenen PKWs erfüllten ebenfalls 50 % diesen vorgesehenen Grenzwert.

Es sollte daher jeder einzelne beim Kauf eines Kraftfahrzeuges auf die (in den Fahrzeugpapieren angegebene) Geräuschemission achten.

Tabelle 7: Höchstzulässige Geräuschemission (A-bewerteter Schallpegel unter definierten Betriebsbedingungen) für Kraftfahrzeuge nach der KDV (Auszug)

1 Motorfahräder	
1.1 einspurig	69 dB
1.2 mehrspurig	71
2 Kleinmotorräder	74
3 Krafräder, die nicht unter 1.1 oder 2 fallen	
3.1 < 175 cm ³	80
3.2 175 - 500 cm ³	81
3.3 > 500 cm ³	83
4 PKW und Kombi	
4.1 nicht geländegängig	77
4.2 geländegängig	78
6 LKW > 3500 kg, ≤ 150 kW	
ohne Allradantrieb	83
mit Allradantrieb	84
7 LKW > 3500 kg, > 150 kW	
ohne Allradantrieb	84
mit Allradantrieb	86
Lärmarme LKW	
≤ 150 kW	78
> 150 kW	80

Die Vorschreibung der "lärmarmen LKW" in Österreich für einige Transit-Strecken und in einigen Städten nachts zeigte, daß der für diese geltende Grenzwert von 80 dB durch Produkte jeder der großen Lieferfirmen erfüllt werden kann. Dieser Wert ist daher in der EG-Richtlinie für 1995/96 generell für LKW vorgeschrieben.

Durch die mehrfache Herabsetzung der Grenzwerte für das Motorgeräusch ist jedoch zur Zeit das Rollgeräusch sowohl beim PKW als auch beim LKW zu einer wesentlichen Schallquelle geworden. Dies gilt für PKW und lärmarme LKW auch bei Geschwindigkeiten wie sie in städtischen Straßen gefahren werden, für LKW bei Geschwindigkeiten über etwa 50 bis 60 km/h.

Es kommt daher der Minderung des Rollgeräusches größte Bedeutung zu. Diese kann durch technische Maßnahmen

- lärmarme Fahrbahnbeläge
- lärmarme Reifen

und durch organisatorische Maßnahmen

- Begrenzung der Fahrgeschwindigkeit

erreicht werden.

Der Einfluß der Fahrgeschwindigkeit und des Fahrbahnbelages auf Autobahnen und auf Straßen außerhalb des verbauten Gebietes auf die Schallemission ist aus Bild 21 deutlich erkennbar (Meßpunkt 10,5 m von der Fahrbahn, 7 m über der Fahrbahn). Demnach kann

- durch den Ersatz einer Betonfahrbahn durch Drainasphalt eine Minderung des Schallereignispegels¹⁰⁾ um 4 bis 5 dB erzielt werden
- durch den Ersatz einer Asphaltfahrbahn durch Drainasphalt eine Minderung um 2 bis 3 dB erreicht werden
- durch die Reduzierung der Geschwindigkeit der PKW (bzw. LKW) um z.B. 30 % je nach Art der Fahrbahn eine Minderung um 4 bis 5 dB (bzw. 2 bis 3 dB) erzielt werden.

Auch für städtische Straßen zeigten zahlreiche Messungen, daß durch die Herabsetzung der Geschwindigkeit von 50 auf 30 km/h bei PKW eine Minderung des maximalen Schallpegels um 7 dB und des äquivalenten Dauerschallpegels¹¹⁾ um 5 dB erreicht werden kann.

Die Schallemission der derzeit üblichen Reifen zeigt eine Streubreite von 4 dB, durch die Auswahl lärmarmen Reifen könnte somit eine Schallpegelminderung für das Rollgeräusch erzielt werden.

Eine eingehende Untersuchung des Einflusses verschiedener Parameter auf die Geräuschemission der Reifen ergab, daß die Reifenbreite wesentlichen Einfluß auf die Schallpegel hat: Der maximale Schallpegel nimmt um etwa 0,8 dB per 10 mm Zunahme der Reifenbreite zu (im Bereich von 150 bis 210 mm); d.h. wenn ein Reifen von 165 SR 15 auf 200/60 SR 340 (gleiche Tragfähigkeit) getauscht wird, wird der Schallpegel allein durch die größere Reifenbreite um etwa 3 dB erhöht. Reifen mit sehr niedrigem Querschnittsverhältnis sind daher relativ lauter. Der Trend ging im letzten Jahrzehnt zu kleineren Querschnittsverhältnissen und damit größerer Reifenbreite mit der Folge einer höheren Geräuschemission der Reifen.

Eine Begrenzung des Reifengeräusches ist daher unbedingt erforderlich. Eine geeignete international einheitliche Meßmethode und die Ableitung von Grenzwerten dazu ist derzeit in Vorbereitung.

Der vorstehende Nachweis des Einflusses der Geschwindigkeit auf die Geräuschemission zeigt auch die Wichtigkeit der Disziplin der KFZ-Fahrer für die Minderung der Schallemission des Straßenverkehrs.

Neben der Einhaltung der jeweils vorgeschriebenen Geschwindigkeit ist auch die Fahrweise - hoch- oder niedertourig - wesentlich für die Geräuschemission. Der Benutzer eines Fahrzeuges kann durch niedertourige Fahrweise, also rechtzeitiges Hochschalten in die nächste Getriebestufe und vorausschauendes Fahren mit maßvollen Beschleunigungs- und Abbremsvorgängen niedrigeren Kraftstoffverbrauch und niedrigere Geräuschemission erzielen.

Durch Gangwahl und Gaspedalstellung kann der Fahrer die Geräuschemissionen seines Fahrzeuges beträchtlich variieren. Fährt man beispielsweise einen PKW bei 30 km/h im

¹⁰⁾ Der Schallereignispegel stellt die auf 1 Sekunde bezogene Energie der Vorbeifahrt eines Fahrzeuges dar und ist die Grundlage für die Berechnung des äquivalenten Dauerschallpegels, der durch die Vorbeifahrt einer bestimmten Anzahl von Fahrzeugen pro Stunde entsteht. Er ist eine reine Rechengröße.

¹¹⁾ Da der äquivalente Dauerschallpegel auch die Vorbeifahrdauer enthält, ist dessen Minderung kleiner als die des maximalen Schallpegels

3.Gang, so liegt das Fahrgeräusch in Abhängigkeit von der Motorbelastung zwischen 60 und 65 dB; fährt man im 2.Gang erhöht es sich auf 63 bis 70 dB und im 1.Gang sogar auf 75 bis 78 dB in Abhängigkeit von der Motorbelastung. 15 dB stecken somit den Rahmen der Geräuschemission ab, den der Fahrer durch die Fahrweise beeinflussen kann.

Niedertourige Fahrweise führt einerseits zu geringen Lärmemissionen, andererseits aber auch zu niedrigerem Treibstoffverbrauch und damit geringeren Schadstoffemissionen. Tabelle 8 zeigt den Einfluß des Fahrverhaltens bei Personenkraftwagen und Motorrädern während einer Stadtfahrt auf Geräuschemission und Treibstoffverbrauch (10). Der energetisch über die gesamte Fahrzeit gemittelte Schallpegel $L_{A,eq}$ variiert bei unterschiedlicher Fahrweise um ca 5 dB und der Spitzenpegel $L_{A,05}$ bis zu 10 dB und es kann bis zu 30 % Treibstoff gespart werden.

Angaben über den Einfluß des Fahrverhaltens auf die Lärmemission enthält auch ÖAL-Richtlinie 34 "Lärmarm fahren - Treibstoff sparen".

Tabelle 8: Einfluß des Fahrstils auf die Schallemission und den Treibstoffverbrauch von Personenkraftwagen und Motorrädern

Fahrzeugtype	Fahrstil hoch/ nieder- tourig	Zeit für 10 km Stadt- fahrt (Minuten)	Motordrehzahl (1/min)		Schallpegel dB(A)		Treibstoff- ersparnis
			Mittel	5% über- schritten	L_{em}	5% über- schritten	
Personen- kraftwagen							
Mercedes 240 D 53 kW	hoch- nieder-	39,0 40,0	2150 1550	3250 2300	72,6 67,8	77,7 71,9	29,8%
Mercedes 250 95 kW	hoch- nieder-	39,2 43,8	2100 1450	3200 1900	69,8 64,9	74,8 67,6	21,6%
Audi 80 LS 53 kW	hoch- nieder-	34,5 35,9	2400 1500	3450 2050	68,2 62,8	73,5 68,6	19,1%
Volkswagen Golf 37 kW	hoch- nieder-	33,5 33,3	2750 1850	3900 2350	68,6 64,9	73,6 67,8	31,5%
Mitsubishi Colt 51 kW	hoch- nieder-	34,1 35,1	2350 1500	3350 1900	67,0 62,0	72,1 66,5	27,8%
Motorräder							
Suzuki GSX 250E 247 cm ³ , 13 kW	hoch- nieder-	34,1 35,3	4600 2850	7950 3850	76,1 68,8	82,2 72,7	
Yamaha RD350LC 345 cm ³ , 34 kW	hoch- nieder-	28,4 30,1	3750 2800	7250 4300	79,0 73,0	86,0 78,1	
Honda CBX550F2 572 cm ³ , 44 kW	hoch- nieder-	29,0 30,9	3350 2100	5500 2850	72,6 64,5	78,9 68,8	
BMW K 100 987 cm ³ , 66 kW	hoch- nieder-	31,3 34,1	2750 1650	5150 2450	76,2 68,2	82,5 72,7	

7.1.2 Schienenfahrzeuge

Die Geräuschemission der Schienenfahrzeuge ist von Fahrzeugtype und Geschwindigkeit abhängig. Weiters ist der Zustand (Rauhigkeit) von Rad und Schiene wesentlich.

Durch die mit 1. Juli 1993 in Kraft getretene Schienenfahrzeug-Lärmzulässigkeitsverordnung wird die Geräuschemission der neu in Verkehr gesetzten Fahrzeuge begrenzt. In Bild 22 ist der höchstzulässige A-bewertete Schalldruckpegel in 7,5 m Abstand, 1,2 m über reflektierendem Boden bei Fahrt auf Schienen auf Schwellen in Schotterbett eingetragen in einem Diagramm, das für die verschiedenen in Österreich derzeit verkehrenden Fahrzeuge den Schallpegel in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit zeigt.¹²⁾ Die Darstellung zeigt, daß die klotzgebremsten Reisezugwagen und die klotzgebremsten Güterwagen eine um rd. 10 dB höhere Schallemission aufweisen als die scheibengebremsten Reisezugwagen und auch die scheibengebremsten Niederflurwagen der rollenden Landstraße wesentlich leiser sind als die klotzgebremsten Güterwagen. Sie zeigt auch, daß die Forderungen der Schienenfahrzeuglärmzulässigkeitsverordnung für Reisezugwagen dem derzeit besten Stand der Technik entsprechen und die Forderungen für Güterwagen zwar für den derzeitigen Zeitpunkt etwa dem Stand der heutigen Güterwagen mit klotzgebremsten Rädern entsprechen, aber schon in 5 Jahren eine deutliche Schallpegelminderung gefordert ist und in 10 Jahren der Stand der Technik wie er jetzt für Reisezugwagen bekannt ist auch von Güterwagen erfüllt werden muß.

Ein Teil der Verringerung der Geräuschemission der Fahrzeuge wird allerdings durch die angestrebte höhere Fahrgeschwindigkeit nicht für die Verminderung der Schallimmission an Schienenstrecken wirksam werden.

An Straßenbahnwagen, für die ebenfalls die vorgenannten Grenzwerte gelten, zeigten mehrere Versuchsreihen, daß durch eine schallabsorbierende Ausstattung der Wagenunterseite eine günstige Minderung der Schallentstehung im Radschiene-Bereich und durch Schallschürzen (tiefgezogene Seitenwände) und Schallblenden an den Drehgestellen eine günstige Minderung der Schallausbreitung erfolgen kann. Vgl. dazu die Angaben im "Lärmbericht Wien" (11).

7.1.3 Flugzeuge

Die Schallemission der Flugzeuge wurde im letzten Jahrzehnt entscheidend vermindert. In Kap. 2 und 3 von ICAO Annex 16 wurden Grenzwerte für die Schallemission festgelegt, die von allen in Europa verkehrenden Flugzeugen erfüllt werden müssen; in Österreich sind darüber hinaus sogar auf den meisten Flugplätzen nur die lärmarmen Kap.3-Flugzeuge zugelassen, wie die Tabelle 9 zeigt.

In Bild 23 ist die Schallemission der Flugzeuge ohne Lärmzertifikat bzw. nach Kap.2 und Kap.3 ICAO Annex 16 in Abhängigkeit von der Entfernung dargestellt. Neue Entwicklungen, wie z.B. Airbus A 320 sind darüber hinaus schon wesentlich leiser als für die Kap.3-Flugzeuge vorgeschrieben.

¹²⁾ abgeleitet aus den Angaben über den A-bewerteten längenbezogenen Schalleistungspegel für Schienenfahrzeuge in ÖAL-Richtlinie 30 "Berechnung der Schallimmission durch Schienenverkehr"

Tabelle 9: Zulässige Geräuschemission von strahlgetriebenen Flugzeugen beim An- und Abflug auf österreichischen Flughäfen

Innsbruck	nur Kapitel 3-Flugzeuge
Salzburg	nur Kapitel 3-Flugzeuge
Linz	nur Flugzeuge mit begrenzter*) Lärmemission ab 1.Mai 1994 nur Kapitel 3-Flugzeuge
Graz	nur Flugzeuge mit begrenzter*) Lärmemission ab 1.Mai 1995 nur Kapitel 3-Flugzeuge
Klagenfurt	nur Flugzeuge mit begrenzter*) Lärmemission ab 1.Mai 1995 nur Kapitel 3-Flugzeuge
Wien	22:30 Uhr bis 6:00 Uhr nur Flugzeuge mit begrenzter*) Lärmemission ab 1.Mai 1995 nur Kapitel 3-Flugzeuge

*)die Grenzwerte sind geringer als die in Kapitel 2 ICAO Annex 16 festgelegten, jedoch höher als die in Kapitel 3 festgelegten

7.1.4 Maschinen

Eine Begrenzung der Geräuschemission für Maschinen besteht in Österreich derzeit nur für Baumaschinen in den Baulärmgesetzen der Länder. Die Grenzwerte sind - dem bei der Verfassung der Gesetze in den Jahren 1973 bis 1976 gegebenen Stand der Technik entsprechend - als Schalldruckpegel in 1 m Abstand vom Umriß angegeben und führten in der zweiten Hälfte der 70-er Jahre zu einer Verminderung der Schallemission der Baumaschinen. Sie wurden seither nicht mehr novelliert und entsprechen nicht dem derzeitigen Stand der Technik. In EG-Richtlinien sind dem derzeitigen Stand der Technik entsprechende Grenzwerte für den A-bewerteten Schalleistungspegel von Baumaschinen festgelegt.

In einer EG-Richtlinie bestehen auch Grenzwerte für den A-bewerteten Schalleistungspegel von Rasenmähern.

Nach einer EG-Richtlinie für Haushaltsgeräte kann (nicht verpflichtend) die Angabe einer Information über die Geräuschemission auf Haushaltsgeräten vorgeschrieben werden.

In Österreich bestehen keine weiteren Grenzwerte für die Geräuschemission von Maschinen und Geräten. Auch die Lärmauszeichnung wird wegen der (mit Ausnahme der Rasenmäher) fehlenden Verordnung gemäß § 72 der Gewerbeordnung nicht durchgeführt. Die Auswahl lärmarmer Geräte (und damit ihr vermehrter Einsatz) ist somit - selbst wenn beabsichtigt - kaum möglich. Die Frage nach der Geräuschemission bei Ausschreibung und Kauf von Geräten sollte daher immer gestellt werden und die Auswahl auch nach dieser getroffen werden.

Konstruktive Lärminderungsmaßnahmen müssen die grundsätzlich möglichen Geräuschursachen berücksichtigen.

Schall entsteht in Gasen und Flüssigkeiten wenn

- Körper beschleunigt bewegt werden z.B. abgebremster Maschinenteil, auffallende Kugel, aufprallender Tropfen, schwingende Körper auch Platten, Bauteile
- ein Fluid (Gas, Flüssigkeit) ungleichförmig strömt z.B. Auspuff, Explosion
- ein Fluid ein Hindernis umströmt z.B. Einbauten in Luftkanälen, durchströmte Gitter
- ein Fluid turbulent strömt z.B. Strömung an Rohrwandung, an Platten, Ausströmen aus Düsen
- Körper mit Überschallgeschwindigkeit bewegt werden z.B. Propellerspitzen in Luft
- in Flüssigkeiten Kavitation (Blasenbildung durch sehr große Geschwindigkeit in sehr engen Querschnitten) auftritt.

In festen Körpern entsteht Schall, wenn lokale oder räumlich verteilte Kräfte örtlich oder zeitlich sich ändernde Deformationen hervorrufen z.B. bei

- Hämmern und Nieten
- Rollen eines Rades auf der Schiene
- Luft- oder Flüssigkeitsströmung an einer Rohrwand
- Auftreffen von Luftschallschwingungen auf eine Platte, Wand.

Maßnahmen zur Lärminderung sind daher

- das zeitliche Dehnen des Einwirkens von Wechselkräften auf eine Struktur
- das Vermeiden von Schlägen bzw. Stößen beim Zusammentreffen von festen Körpern durch Handhabungsänderung bzw. Ablaufsteuerung
- das Verringern der Amplituden anregender Kräfte (wie z.B. das Vermeiden von Unwuchten bei Rotationskörpern)
- das Erhöhen der Masse und der Steifigkeit an den Stellen der Krafteinwirkung, z.B. mittels Zusatzmassen
- das Reduzieren von Geschwindigkeiten bzw. Beschleunigungen bewegter Massen
- das Optimieren von Strömungszuständen und Entspannungsvorgängen.

Zum Beispiel zeigt Bild 24 die Verminderung der Geräuschemission bei einem Anschlag durch die zeitliche Dehnung der Krafteinwirkung (B) bzw. die Erhöhung der Masse (C) bzw. die Kombination beider Maßnahmen (D). Mit der Konstruktion D wird eine Schallpegelminderung um nahezu 30 dB erreicht, was einer Verminderung der Schalleistung auf 1/1000 entspricht.

Zur Lärminderung bei Ausström- und Entspannungsvorgängen (Ausströmen von Gasen unter Druck aus einer Düse, z.B. beim Kühlen, Reinigen und Transportieren mit Druckluft) kann

- eine Einlochdüse durch eine Vielrohrdüse ersetzt werden (Schallpegelminderung je nach Druck 13 bis 17 dB)
- die Blaskraft einer Düse auf 2 Düsen mit je der Hälfte der Blaskraft aufgeteilt werden (Schallpegelminderung 6 dB)
- das Rohrende nach Art eines "Brausekopfes" perforiert werden
- der Abstand zwischen Düse und angeblasenem Objekt möglichst verringert werden
- bei Kühldüsen der Austrittsquerschnitt möglichst groß gemacht werden, damit die Austrittsgeschwindigkeit der Luft möglichst gering ist.

Die Verminderung der Schallabstrahlung von Platten bzw. Bauelementen, die zu Körperschallschwingungen angeregt werden, kann erfolgen durch

- Anbringen von schwingungsdämpfenden Belägen ("Antidröhnbelag") oder

Verwendung von Verbundblechen (Blech mit Zwischenlage einer hochpolymeren Zwischenschicht) oder von Baustoffen mit hoher innerer Dämpfung (hohem Verlustfaktor)

- Verwenden von Lochblech oder Gitterkonstruktionen statt vollem Blech
- Verwendung biegeweicher Platten (siehe Punkt 6.2.2), die wenig Schall abstrahlen.

Dämpfende Beläge werden als Anstriche und selbstklebende Folien angeboten. Mit solchen Belägen können z.B. Garagentore (Schlaggeräusche beim Schließen), Transportbehälter, Trommeln von Müllwagen, Räder gedämpft werden, wodurch Schallpegelminderungen von etwa 10 dB erzielt werden können.

Die Beläge müssen mit einer Schichtdicke, die etwa der doppelten Blechdicke entspricht, aufgebracht werden. Der dämpfende Belag kann auch durch ein Deckblech geschützt werden.

Die Dämpfung von Werkstücken wird durch den Verlustfaktor beschrieben. Bei der Anwendung von Antidröhnbelägen oder Verbundblechen soll daher die Angabe des Verlustfaktors (mit Frequenz- und Temperaturabhängigkeit) verlangt werden. Der Verlustfaktor von Blech mit Belag kann je nach Dicke der Schichten berechnet werden.

Zum Vergleich wird angegeben, daß der Verlustfaktor von Stahl und Aluminium 0,0001 beträgt, der von Gußeisen 0,001, von Beton 0,05, von Polypropylen 0,1 und von Verbundblech 0,1 bis 0,2.

Die zu erwartende Minderung des Körperschallpegels durch Erhöhung des Verlustfaktors von d_1 auf d_2 ergibt sich aus

$$\Delta L = 10 \lg (d_2 / d_1) \quad \text{in dB}$$

Eine umfangreiche Sammlung von Konstruktionsbeispielen mit detaillierten Angaben ist in VDI-Richtlinie 3720, Blatt 1 - 6 zusammengestellt. Die Körperschalldämmung ist ausführlich behandelt in VDI-Richtlinie 3727, Blatt 1 und 2. Weitere Beispiele geben auch die Broschüren "Lärmarm Konstruieren" (12) und (13).

Zur Minderung der Schallabstrahlung von großen schwingungsfähigen Werkstücken bei der Bearbeitung können diese Werkstücke während der Bearbeitung gedämpft werden, z.B. durch Auflage von Gummi, Antidrönmatten, Schwingungsabsorbieren. Vgl. dazu die Angaben in (14).

Zum Lärmschutz an bestehenden Maschinen kann eine schalldämmende Kapsel angewendet werden. Kapseln können aber auch eingesetzt werden, um einen Arbeitsplatz vor dem Lärm zu schützen (Schaltwarte, Bedienungsstand).

Kapseln können entweder die gesamte Maschine umschließen oder auch nur einzelne sehr laute Teile.

Die Schallübertragung bei gekapselten Maschinen erfolgt über die folgenden Wege:

- durch die Kapselwand, die Schallübertragung ist abhängig vom Schalldämm-Maß der Kapselwand
- durch Undichtheiten (Zu- und Abluftöffnungen, Bedienungsöffnungen), dieser Weg ist durch dichtes Abschließen oder Einbau von Schalldämpfern zu begrenzen
- durch Körperschallübertragung von der Maschine auf die Kapselwand, diese ist

- durch eine körperschalldämmende Zwischenlage bei der Befestigung der Kapsel an der Maschine zu unterbinden
- durch Körperschallanregung des Bauteils, auf dem die Maschine befestigt ist, diese ist durch körperschallgedämmte Aufstellung bzw. Befestigung der Maschine zu unterbinden.

Weiters ist die erzielbare Schallpegelminderung durch eine Kapsel vom Schallpegel in der Kapsel bestimmt, der durch eine hohe Schallabsorption in der Kapsel vermindert werden kann. Schalldämmende Kapseln sollen daher immer innen schallabsorbierend ausgestattet sein.

Die technischen Grundlagen und Beispiele für die zweckmäßige Ausbildung von Kapselungen sind in VDI-Richtlinie 2711 enthalten.

7.1.5 Schalldämpfer

Kapseln an Maschinen, ebenso Warten für Arbeitnehmer in lauten Betriebshallen und Betriebshallen allgemein können meist nicht vollkommen geschlossen ausgeführt werden, sondern brauchen Kühl- oder Frischluft, die durch Öffnungen zu- und abgeführt werden muß. Da auch nur kleine Öffnungen die Schalldämmung wesentlich vermindern, müssen Zu- und Abluftöffnungen mit Schalldämpfern ausgestattet werden, die die erforderliche Schallpegelminderung bringen. Für den Bau von Schalldämpfern können grundsätzlich eingesetzt werden

- Dämmung durch
 - Querschnittsänderung
 - Interferenz
 - Resonanz
- Dämpfung durch
 - Absorptionsschalldämpfer
 - Relaxationsschalldämpfer.

Die Dämmung durch Querschnittsänderung (bei jedem Querschnittsprung tritt eine Reflexion und damit eine Verminderung der sich im Kanal ausbreitenden Schallenergie auf) ist abhängig vom Querschnittsverhältnis $n = q_1/q_2$ nach

$$R = 10 \lg [(n + 1)^2 / 4n] \quad \text{in dB}$$

Zum Beispiel ergibt $n = q_1/q_2 = 0,1$ $R = 4,8$ dB; das gleiche ergibt auch $n = q_1/q_2 = 10$.

Die Dämmung durch Interferenz tritt auf, wenn mehrere Querschnittsprünge (Erweiterungen und Verengungen) aufeinanderfolgen; sie ist nur für bestimmte Frequenzen, die durch die Länge der unterschiedlichen Querschnitte bestimmt werden, wirksam und daher genau auf das jeweilige Geräusch zu bemessen. Auch Resonanzdämpfer sind durch die Bemessung der Resonatoren in dem Kanal nur für die jeweilige Resonanzfrequenz wirksam. Durch Kombination von für verschiedene Frequenzen wirksame Rohrerweiterungen oder Resonatoren kann eine breitbandige Wirkung erzielt werden.

Die größte Bedeutung und meistverbreitete Anwendung haben Absorptionsschalldämpfer gefunden, die auch für breite Frequenzbereiche wirksam sind. Der Luftkanal muß dazu mit schallabsorbierendem Material ausgekleidet sein, wobei die Dämpfung umso höher ist, je höher der Absorptionsgrad ist und je größer der Umfang im Verhältnis zum Querschnitt ist. Die Dämpfung Schallpegelminderung) im Kanal ergibt sich zu

$$D = 1,5 \cdot \alpha \cdot u / q \quad \text{in dB/m}$$

mit

- α Absorptionsgrad der Kanalwandung
- u Umfang des Kanals in m
- q Querschnitt des Kanals in m²

Allerdings gilt dies nur für den Frequenzbereich, für den die Schallwellenlänge größer ist als die lichte Breite des Kanals; um auch hohe Frequenzen zu dämpfen muß die Kanalbreite daher schmal sein. (Die Schallwellenlänge errechnet sich aus der Frequenz f mit $\lambda = 340/f$ in m).

Absorptionsschalldämpfer werden daher meist aus mehreren hochabsorbierenden "Kulissen" ausgebildet, die in kleinem Abstand voneinander in den Kanal eingestellt werden. Ein Beispiel zeigt Bild 25.

Schalldämpferkulissen werden industriell gefertigt. Die Hersteller geben dazu die Dämpfung pro m in Abhängigkeit von der Frequenz an und auch den mit dem Einbau verbundenen Druckverlust im Kanal. Die Bemessung für den Einzelfall kann mit diesen Angaben erfolgen.

Detaillierte Angaben über Schalldämpfer enthält VDI-Richtlinie 2567.

7.2 Maßnahmen im Wege der Schallausbreitung

Die möglichen Maßnahmen sind grundsätzlich aus den Angaben in Punkt 5 abzuleiten. Dort sind auch alle Berechnungen angeführt.

7.2.1 Schallausbreitung im Freien

Bei Schallausbreitung im Freien ist die einfachste Maßnahme ein entsprechend großer Abstand zwischen Schallquelle und Empfänger. Da die Schallpegelabnahme mit dem Logarithmus des Abstandes wächst, braucht man für größere Schallpegeldifferenzen sehr große Abstände, die praktisch selten anwendbar sein werden.

Liegt die Schallquelle oder die Schallquelle und der Immissionsort nur wenig über Boden, ergibt sich eine zusätzliche Dämpfung durch den Boden, wenn dieser Ackerland, Wiese oder ähnl. ist, die etwa 5 - 6 dB betragen kann (vgl. Bild 13).

Eine Bepflanzung mit Wald kann - je nach der Tiefe der mit Wald bestandenen Fläche eine zusätzliche Schallpegelminderung von maximal 4 dB erbringen.

Eine wesentlich wirkungsvollere Maßnahme ist die Errichtung einer abschirmenden Konstruktion zwischen Schallquelle und Empfänger, deren Bemessung nach ÖAL-Richtlinie 28 an das jeweilige Oktavbandspektrum der Schallquelle angepaßt erfolgen kann. Für Richtwerte kann die Bemessung mit dem Diagramm in Bild 14 durchgeführt werden. Dabei ist insbesondere zu beachten, daß die Wand nicht nur eine entsprechende Höhe sondern auch eine entsprechende Längenausdehnung haben muß.

Besteht die Gefahr einer Schallreflexion von der Schallschutzwand, so ist sie absorbierend oder besser hochabsorbierend auszuführen. Angaben dazu sind ÖAL-Richtlinie 23, Blatt 2 zu entnehmen.

Günstig ist die Nutzung von Bebauung mit gegen die Schallquelle lärmunempfindlichen Räumen als schallabschirmende Objekte. So können z.B. Garagenbauten oder Gebäude mit Geschäften und Betrieben ohne Lärmemission eine dahinter liegende Wohnbebauung günstig gegen Lärmeinwirkung schützen. Vgl. z.B. Bild 26. Weitere Beispiele sind in ÖAL-Richtlinie 21, Blatt 3 gezeigt.

Die Anordnung der Bebauung kann wesentlich zum Schallschutz, z.B. insbesondere gegen den Lärm von Verkehrswegen aber auch gegen Betriebe genutzt werden. Eine sehr große Zahl von Beispielen über die Schallausbreitung in den verschiedenen Bebauungsformen gibt (15), (16) und (17). Demnach kann durch eine geschlossene Bebauung an einer Verkehrsstraße für die straßenabgewandte Fassade und die dahinter liegenden Gebäude eine Schallpegelminderung um rd. 20 dB erreicht werden, während bei offener Bebauung der Schall sich weit in die Siedlung ausbreiten kann. Ein Beispiel dazu zeigt Bild 27.

Besonders günstig ist an Standplätzen mit hoher Lärmbelastung eine geschlossene Blockbebauung. Im Innenraum einer solchen Blockbebauung kann auch an Standplätzen mit den praktisch vorkommenden höchsten Schallpegeln von $L_{A,eq} = 80$ dB ein Schallpegel, der Wohnnutzung ohne Störung für die Bewohner erlaubt, erwartet werden. An der lauten Außenseite der Bebauung müssen dann die lärmunempfindlichen Nebenräume, wie Stiegenhäuser, Küchen und Sanitärräume angeordnet werden.

7.2.2 Schallausbreitung in Räumen

In Räumen kann die Schallausbreitung durch eine hohe Schallabsorptionsfläche günstig beeinflusst werden. Die durch Erhöhung der Schallschluckfläche von A_1 auf A_2 m² zu erzielende Schallpegelminderung ergibt sich aus

$$\Delta L = 10 \lg (A_2 / A_1) \quad \text{in dB}$$

Werden zusätzlich schallabsorbierende Schirmwände aufgestellt, so kann etwa eine Schallpegelabnahme wie im Freien, d.h. etwa 6 dB je Entfernungsverdoppelung im Raum erzielt werden.

Die akustische Trennung von Arbeitsplätzen kann jedoch auch in einem absorbierend und mit Schirmwänden ausgestatteten Raum nie so gut erfolgen wie bei Anordnung der Arbeitsplätze in durch Trennwände getrennten Büroräumen.

7.3 Maßnahmen am Immissionsort

Soferne vor einem Gebäude mit vor Lärm zu schützenden Räumen, wie Wohngebäude, Schulen, Hotels, Krankenhäuser die Immissionsrichtwerte für den Schallpegel tags und/oder nachts überschritten werden, ist neben der in Punkt 7.2.1 angeführten schalltechnisch zweckmäßigen Art der Bebauung und der Anlage der vor Lärm zu schützenden Räume die Schalldämmung der Außenbauteile entsprechend zu bemessen. ÖNORM B 8115-2 gibt die Anforderung an der Schallschutz der Außenbauteile in Abhängigkeit vom maßgeblichen Außenlärmpegel $L_{A,eq}$ tags und nachts. Aus dieser Forderung ist das mindesterforderliche bewertete Schalldämm-Maß der Fenster von Wohngebäuden abzuleiten wie folgt:

Tabelle 10: Mindestforderliches bewertetes Schalldämm-Maß der Fenster von Wohngebäuden

Maßgeblicher Außenlärmpegel $L_{A, \text{en}}$ (dB)						
Tag	≤ 50	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75
Nacht	≤ 40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65
Mindestforderliches bewertetes Schalldämm-Maß R_w (dB)	28	28	33	33	38	43

Je nach Fensteranteil an der Außenwand und bewertetem Schalldämm-Maß der Außenwand kann in einzelnen Fällen auch ein um bis zu 5 dB höheres bewertetes Schalldämm-Maß der Fenster erforderlich sein.

ÖNORM B 8115-4 gibt für eine große Zahl von Fensterbauarten das bewertete Schalldämm-Maß an. Nachstehend sind einige Beispiele angeführt.

Bewertetes Schalldämm-Maß $R_w = 28$ dB:
Einfachfenster mit Isolierglasscheiben 4 + 12 + 4 mm

Bewertetes Schalldämm-Maß $R_w = 33$ dB:
Einfachfenster mit Isolierglasscheiben 4 + 16 + 4 mm
Verbundfenster mit 4 + 4 mm Glas und 25 bis 39 mm Scheibenzwischenraum

Bewertetes Schalldämm-Maß $R_w = 38$ dB:
Einfachfenster mit Isolierglasscheiben 8 + 16 + 4 mm, Zwischenraum mit Schwergas (Schwefelhexafluorid SF_6) gefüllt
Verbundfenster mit 4 + 4 mm Glas und mind. 50 mm Scheibenzwischenraum oder mit 4 + 8 mm Glas und 25 bis 39 mm Scheibenzwischenraum

Bewertetes Schalldämm-Maß $R_w = 43$ dB:
Verbundfenster mit 4 + 4 mm Glas und mind. 70 mm Scheibenzwischenraum oder mit 4 + 8 mm Glas und mind. 60 mm Scheibenzwischenraum
Kastenfenster mit 4 + 4 mm Glas und 80 mm Scheibenzwischenraum

Bewertetes Schalldämm-Maß $R_w = 48$ dB:
Kastenfenster mit 4 + 4 mm Glas und mind. 150 mm Scheibenzwischenraum oder mit 4 + 10 mm Glas und mind. 80 mm Scheibenzwischenraum

Alle Bauarten erfordern Dichtheit der Fugen und dichten Einbau.

Ersichtlich ist die höchste Schalldämmung mit Kastenfenstern mit größerem Zwischenraum zu erzielen. Bei schallschutztechnischer Sanierung von Fenstern sollte daher immer der Dichtung bestehender Kastenfenster der Vorzug gegeben werden.

Da Fenster mit hohem Schallschutz dicht sein müssen, ist eine Frischluftzufuhr durch undichte Fugen nicht gegeben. Der für Wohnungen mindestens erforderliche Luftwechsel von 0,5 bis 0,75 pro Stunde ist daher

- durch entsprechend häufigeres Lüften
- durch eine schalldämmte Frischluftzufuhr

zu sichern. Die schallgedämmte Frischluftzufuhr kann über eine lärmabgewandte Außenwand oder über Dach oder über Schalldämmlüfter erfolgen. Sie muß eine der Schalldämmung des Fensters entsprechende Schalldämmung aufweisen. Weiters darf der im Raum durch den Lüfter des Gerätes verursachte A-bewertete Schallpegel 25 dB nicht übersteigen. Siehe auch Punkt 6.5.

Die Schalldämmung gegen Lärm von außen kann auch durch Loggien und Balkone mit massiven Brüstungen etwas verbessert werden; dabei ist es günstig, wenn die Deckenuntersichte von Balkon oder Loggia schallabsorbierend verkleidet ist. Mit massiver Brüstung und schallabsorbierender Verkleidung der Deckenuntersichte ist eine Schallpegelminderung um etwa 5 dB gegenüber einer Loggia ohne Brüstung und ohne Deckenabsorption zu erwarten.

8. Lärmschutz in der Raumplanung

Raumplanung, Flächenwidmung und Bebauungsplanung sind wichtige Instrumente zur Vermeidung von störenden Schallimmissionen.

Jedem Standplatz kann einerseits eine gewisse Lärmemission zugeordnet werden, andererseits besteht ein gewisser Ruheanspruch (d.h. eine gewisse Immissionsgrenze). Da verschiedene Einrichtungen sowohl verschiedene Lärmemission als auch andererseits verschiedene Ruheansprüche haben ist es zweckmäßig, Einrichtungen gleicher Lärmemission bzw. gleichen Ruheanspruchs in entsprechenden Flächen zu vereinen, sodaß z.B. Wohngebiete oder Industriegebiete entstehen. Ist die Widmung größerer zusammenhängender Flächen nicht möglich, so ist die Lärmemission bzw. der Ruheanspruch der einzelnen Standplätze zu betrachten. Lärmstörungen werden dann nicht auftreten, wenn die Immission die Emission nicht überschreitet. "Gemischte Gebiete" bergen die Gefahr gegenseitiger Störungen und sind zu vermeiden.

Für Planungszwecke kann somit von Schallpegeln ausgegangen werden, die als Emissionswert und als Immissionsgrenzwert bestimmten Standplätzen bzw. Flächen und Straßen zugeordnet werden.

In mehreren Untersuchungen wurden durch Befragungen der Bevölkerung über die Störung durch Lärm zusammen mit Messungen der Lärmsituation Grundlagen für lärmschutztechnische Gebietskategorien erarbeitet und ein Vorschlag für daraus abgeleitete Planungsrichtwerte für den äquivalenten Dauerschallpegel und den Grundgeräuschpegel für Tag und Nacht für Gebiete verschiedener Nutzung in ÖAL-Richtlinie 21 niedergelegt. Diese Planungsrichtwerte wurden in ÖNORM S 5021 übernommen; sie sind in dieser Norm als Planungsrichtwerte für zulässige Immissionen (Immissionsgrenzwerte) bezeichnet. Die Werte sind in Tabelle 11 wiedergegeben.

Aus den Ergebnissen soziologischer Untersuchungen wurden damit Werte festgelegt, bei denen in Abhängigkeit von verschiedenen Nutzungen bzw. verschiedenen Gebieten eine ausreichende Akzeptanz durch die Bevölkerung verzeichnet wurde. Sie dienen der Raumordnung und Umweltgestaltung als Zielvorgabe, insbesondere in Zusammenhang mit den Widmungskategorien. Diese Richtwerte sind einerseits als Ziel aufzufassen, dessen Erreichung überall dort, wo Überschreitungen vorliegen, anzustreben ist; andererseits sollen sie keinesfalls so verstanden werden, daß sie dort wo die tatsächlich Werte tiefer liegen, Anlaß zu einer Verschlechterung der gegebenen Situation werden.

In ÖAL-Richtlinie 21, Blatt 5 "Schalltechnische Grundlagen für örtliche und überörtliche Raumplanung, Widmungskategorien" wurden für einzelne Standplatznutzungen Planungsrichtwerte für die Emission (A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel) zusammengestellt (in den üblich bei der Planung verwendeten 5 dB-Stufen).

Tabelle 11: Planungsrichtwerte für zulässige Immissionen (Immissionsgrenzwerte)
nach ÖNORM S 5021

Kategorie	Gebiet und Standplatz	A-bewertete Immissionsgrenzwerte in dB			
		tags		nachts	
		$L_{A,Gg}$	$L_{A,eq}$	$L_{A,Gg}$	$L_{A,eq}$
	BAULAND				
1	Ruhegebiet, Kurgebiet, Krankenhaus	35	45	25	35
2	Wohngebiet in Vororten Wochenendhausgebiet, ländliches Wohngebiet, Schulen	40	50	30	40
3	städtisches Wohngebiet, Gebiet für Bauten land- und forstwirt- schaftlicher Betriebe mit Wohnungen	45	55	35	45
4	Kerngebiet (Büros, Geschäfte, Handel, Verwaltung ohne Lärmmission, Wohnungen) Gebiet für Betriebe ohne Lärmmission	50	60	40	50
5	Gebiet für Betriebe mit geringer Lärmmission (Verteilung, Erzeu- gung, Dienstleistung, Verwaltung)	55	65	45	55
6	gewerbliche und industrielle Gütererzeugungs- und Dienstleistungsstätten				
7	Stätten mit besonders großer Lärmmission				
	GRÜNLAND				
1	Erholungsgebiet, Kurgebiet	35	45	35	45
2	Parkanlagen, Friedhöfe	40	50		
3	Spiel- und Sportanlagen ohne Lärmmission	45	55	45	55
4	Spiel- und Sportanlagen mit geringer Lärmmission	50	60	50	60
5	kleinere Spiel- und Sportanlagen mit Zuschauerplätzen	55	65	55	65
6	große Spiel- und Sportanlagen mit Zuschauerplätzen	60	70	60	70

Aufbauend auf dieser grundlegenden Aufstellung über die Schallemission verschiedener Standplätze wurde in der Richtlinie versucht die summarischen Widmungskategorien der verschiedenen österreichischen Raumordnungsgesetze den schallschutztechnischen Kategorien der ÖNORM S 5021 zuzuordnen. Für die verschiedenen Bundesländer ergibt sich damit beispielsweise für die Baulandkategorien für Wohnen die Zuordnung wie in Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle 12: Baulandkategorien für Wohnen nach ihrem Ruheanspruch

Bundesland	Zuordnung des Gebietes zu den lärmschutztechnischen Kategorien			
	1	2	3	4
Burgenland				
Wohngebiete		*	*	
Kärnten				
Wohngebiete		*	*	
Niederösterreich				
Wohngebiete		*	*	
Oberösterreich				
reine Wohngebiete		*		
Wohngebiete			*	
Salzburg				
reine Wohngebiete		*		
erweiterte Wohngebiete			*	
Steiermark				
reine Wohngebiete		*		
allgemeine Wohngebiete			*	
Tirol				
Wohngebiete			*	
Vorarlberg				
Wohngebiete			*	
Wien				
Wohngebiete ¹⁾	*	*	*	*

1) Beschränkungen der im Widmungsrecht zulässigen Emissionen sowie ein Ausschluß bestimmter Emissionserreger können vorgenommen werden.

Es ist ersichtlich, daß die von der gesetzlichen Definition her festgelegten Widmungskategorien oftmals mehreren Kategorien der ÖNORM S 5021 zugeordnet werden.

Bei der Planung sind jeweils die Emission event. Schallquellen, die derzeit gegebene schalltechnische Situation und der Ruheanspruch je nach der Nutzung festzustellen und die Gesetze der Schallausbreitung zu beachten.

Neue geräuschemittierende Anlagen und Einrichtungen dürfen nur so geplant werden, daß in bestehenden besiedelten Gebieten die jeweils der Widmung entsprechenden Immissionsgrenzwerte unterschritten werden.

Neue Wohngebiete dürfen nur gewidmet werden oder Wohngebäude und andere vor Lärm zu schützende Gebäude nur dort errichtet werden, wo die entsprechenden Immissionsgrenzwerte nicht durch bestehende Verkehrswege oder andere Lärm emittierende Anlagen bereits überschritten sind.

In Gebieten mit einer Lärmbelastung über den zutreffenden Immissionsgrenzwerten muß durch möglichste Entflechtung und eventuell durch Schutzbauten oder Umwidmungen die Lärmbelastung gemindert werden.

Bei der Widmung sind die Gesetze der Schallausbreitung zu beachten und nur Gebiete, deren Immissionsgrenzwerte sich um nicht mehr als 5 dB unterscheiden mit entsprechender Ausdehnung nebeneinander anzuordnen.

Lärmkarten und Lärmkataster können dazu eine wertvolle Unterlage sein. Sie dienen sowohl zur Wahl geeigneter Standorte und zur Festlegung von Widmungen als auch zur Begrenzung der Emission bestehender Anlagen. Angaben zur Erstellung von Lärmkarten und Lärmkatastern enthält ÖAL-Richtlinie 21, Blatt 4 "Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung, Lärmkataster Teil eines Raumordnungs- bzw. Umweltinformationssystems".

Für eine große Zahl von Gemeinden in ganz Österreich bestehen Lärmkarten. Für die Verkehrswege und -einrichtungen (Straßen, Schienenstrecken, Flughäfen) ist die Geräuschemission und -immission bekannt und Daten können bei den zuständigen Stellen erfragt werden.

Schallpegelmessungen zur Ermittlung der lärmschutztechnischen Situation auf einem Grundstück, das für z.B. Wohnbebauung oder ein anderes vor Lärm zu schützendes Objekt vorgesehen ist, sind wegen des Einflusses des Bodens auf die Schallausbreitung (vgl. Punkt 5.1) in der Höhe über Boden durchzuführen, bis zu der die Bebauung reichen soll. Messungen in geringerer Höhe können zu kleine Schallpegel liefern.

Ein Lärmschutzplan muß bei jeder Neuanlage verpflichtend sein, in dem Schallemission und Schallimmission der Anlage und der Istzustand und event. erforderliche Schallschutzmaßnahmen dargestellt werden. Nachträgliche Schallschutzmaßnahmen an Anlagen, an denen bei der Planung der Schallschutz nicht beachtet wurde, sind weniger wirksam und teurer als rechtzeitig beachteter und eingeplanter Schallschutz. Für die erforderlichen Berechnungen können die Angaben der ÖAL-Richtlinie 28 herangezogen werden (vgl. dazu Punkt 5). Das Verfahren zur Berechnung von Schallemission und -immission ist für Straßenverkehr in RVS 3.114 "Lärmschutz" der Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen, für Schienenverkehr in ÖAL-Richtlinie 30 "Berechnung der Schallimmission durch Schienenverkehr" festgelegt.

Eine große Zahl von Beispielen für die Praxis enthält ÖAL-Richtlinie 21, Blatt 3

Für die Umgebung von Flughäfen wurden die Fluglärmzonen $L_{DN} = 60, 65, 70$ und 75 dB für eine Prognose des Flugverkehrs für das Jahr 2000 berechnet und die Nutzung bzw. der erforderliche Schallschutz für vor Lärm zu schützende Gebäude gemäß Tabelle 13 vorgeschlagen.

Tabelle 13: Vorschlag für zulässige Widmungen und Bebauungen in den Lärmschutzzonen in der Umgebung von Flughäfen

Lärmschutzzone	Neue Gebäude		Bestehende Gebäude	
A $L_{DN} > 75$ dB $L_{A,max} > 105$ dB	keine neue Widmung von Gebieten mit Wohnnutzung	Landwirtschaftl. Gebäude (ohne Wohnen), militärische Bauten und Anlagen, Flugplatzgebäude	Wohngebäude sind mit dem erforderlichen Schallschutz auszustatten	Gebäude mit lärmempfindlicher Nutzung sind mit dem erforderlichen Schallschutz auszustatten
B $L_{DN} = 65-75$ dB		Wohnhäuser nur in bestehenden Siedlungsgebieten und Büro- und Geschäftshäuser mit dem erforderlichen Schallschutz		
C $L_{DN} = 60-65$ dB		Wohnhäuser nur in bestehenden Siedlungsgebieten		
D $L_{DN} = 55-60$ dB		Gebäude mit lärmempfindlicher Nutzung nur bei strukturpolitischer Notwendigkeit und mit dem erforderlichen Schallschutz		

9. Lärmschutz in der Stadt- und Gemeindeplanung

9.1 Entwicklungskonzept, Flächenwidmungs- und Bebauungsplanung

Wenn auch in der überörtlichen Raumplanung wesentliche Festlegungen zu treffen sind wie z.B. für die Lage von Hauptverkehrsstraßen, Schienenstrecken, größeren Industrie- und Gewerbeansiedlungen, so hat doch die örtliche Raumplanung große Bedeutung für den Lärmschutz.

Der im Rahmen des örtlichen Entwicklungskonzeptes erstellte Gesamtentwicklungsplan sollte auch ein "Schallschutzkonzept" enthalten. Damit können für die funktionelle Gliederung der Flächen, die gesamte Infrastruktur und die Investitionsplanung von Bauvorhaben gesicherte Rahmenbedingungen in mittelfristiger bis langfristiger Sicht erstellt werden; weiters können dadurch konkrete Flächenwidmungs- und Bebauungsfestlegungen getroffen werden, welche den Schutz vor unerwünschten Schallimmissionen berücksichtigen.

Bei der Flächenwidmungsplanung ist vor allem bei der Zuordnung der Flächen unterschiedlicher Nutzung zueinander der Schallschutz zu berücksichtigen. Flächen unterschiedlicher Nutzung sollen einander so zugeordnet werden, daß Wohnbauvorhaben mit ihrem Umfeld als Flächen und Anlagen mit hohem Ruhebedürfnis nicht durch die von anderen Flächen oder Anlagen (z.B. Betriebsstätten, Verkehrsanlagen, Sport- und Spielplätzen) ausgehenden Schallemissionen belastet werden.

Die Bebauungsplanung muß schallschutzrelevante Festlegungen vor allem durch vorsorgende und ordnende Festlegungen wie Abstand, Zuordnung und Gliederung der Baugebiete, Stellung der baulichen Anlagen usw. berücksichtigen. Aber auch die Festsetzung von Flächen mit differenzierter Nutzung sowie Freihaltung von Grundstücken von einer Bebauung und die Festsetzung von Schutzmaßnahmen wie Abschirmung und dgl. können wesentliche Abhilfe schaffen, die für die Beurteilung des Standortes, des Wohnumfeldes und des Wohnbauobjektes selbst von großer Bedeutung sind.

Als Grundlage für die Planung dient ein Lärmkataster (oder eine Lärmkarte). Ausführliche Unterlagen über Erstellung und Nutzung von Lärmkatastern siehe ÖAL-Richtlinie 21, Blatt 4 "Schalltechnische Grundlagen für örtliche und überörtliche Raumplanung Lärmkataster Teil eines Raumordnungs- bzw. Umweltinformationssystems" und ÖAL-Richtlinie 26 "Lärmschutz im Wohnungsbau Planerische Grundlagen".

9.2 Verkehr

Die weitaus überwiegende Lärmquelle in Städten und Gemeinden stellt der Straßenverkehr dar. Wenn auch nach dem Mikrozensus 1991 der Prozentsatz der stark und sehr stark durch Lärm gestörten Personen in den Gemeinden bis 20000 Einwohner mit 12,8 % deutlich kleiner ist als mit 22,3 % in den Gemeinden mit 20000 bis 250000 Einwohnern und 25,9 % in Wien, so ist andererseits festzustellen, daß in den kleinen Gemeinden der Kraftfahrzeugverkehr von 75,3 % der Gestörten als Ursache genannt wird, nahezu gleich mit 73,2 % in der größeren Gemeinden, aber in Wien mit 65,1 % deutlich geringer ist. Die Minderung des Straßenverkehrslärms ist somit in allen Gemeinden eine wesentliche Aufgabe. Als Maßnahmen dazu können genannt werden:

- Reduzierung der Verkehrsmenge in Straßen mit überwiegender Wohnbebauung durch Bündelung des Verkehrs bzw. Abziehen des Verkehrs aus kleineren Straßen; dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß auch eine Reduzierung der Verkehrsmenge auf die Hälfte nur 3 dB (gerade deutlich wahrnehmbar) bringt und erst eine Reduzierung auf 1/10 der Verkehrsmenge eine Minderung um 10 dB bedeutet
- Schaffung von Wohnstraßen mit reduziertem Verkehr (nur Anrainerverkehr) mit sehr verminderter Geschwindigkeit
- Schaffung von Fußgängerzonen ohne jeden Verkehr (ausgenommen Zubringer)
- generelle Geschwindigkeitsbegrenzung und Kontrolle der Einhaltung (vgl. Punkt 7.1.1)
- Förderung lärmarmen Fahrzeuge, insbesondere von lärmarmen LKW durch Fahrverbot für nicht lärmarme Fahrzeuge
- Anordnung von neuen Wohngebäuden in solcher Weise, daß möglichst alle vor Lärm zu schützenden Räume an vom Straßenlärm nicht betroffenen Fassaden liegen
- Zurverfügungstellung von Parkplätzen zu Wohngebäuden.

Bei der Anlage von Grünflächen ist zu beachten, daß sie in kleiner Ausdehnung keine Schallpegelminderung bewirken. Auch in nur kurzen Straßenstrecken mit Verkehrsberuhigung tritt wegen der Schallausbreitung von den Verkehrsstraßen in diese - praktisch keine Schallpegelminderung ein. Sofern eine verkehrsberuhigte Straße eine Lärm-minderung bringen soll, muß sie entsprechend lang sein und möglichst abgeschirmt gegen Verkehrsstraßen. Schallpegel-Messungen zeigen, daß Geschwindigkeitshemmung durch alternierendes Schrägparken den äquivalenten Dauerschallpegel nicht beeinflußt und die Spitzenpegel etwas geringer werden. Sie zeigen auch, daß Einbahnen keine Änderung des Schallpegels bringen, wenn die Verkehrsmenge unverändert bleibt.

Messungen über die Schallausbreitung in Fußgängerzonen haben gezeigt, daß auch bei größerem Abstand von den Verkehrsstraßen der äquivalente Dauerschallpegel nicht unter 57 bis 58 dB abfällt, d.i. der durch den Betrieb der Fußgängerzone oder Wohnstraße selbst verursachte Schallpegel. Sie ergaben, daß es zweckmäßig ist, Wohnstraßen mind. 100 m lang ohne Kreuzung mit einer Verkehrsstraße zu führen und daß es erforderlich ist sie gegen Verkehrsstraßen gut abzuschirmen (enger Eintritt in die Gasse, nicht über Grünanlagen direkt an eine Verkehrsstraße anschließend).

In der BRD ergab die Diskussion der bis Ende 1989 begrenzten versuchsweisen Einführung der Zonen-Geschwindigkeits-Verordnung folgende Zwischenbilanz 1988 (18):

- Die Geschwindigkeitsreduzierungen kosten die Autofahrer Zeit, die in der Regel den anderen Nutzern der Straße (Fußgängern, Radfahrern) zugute kommt.
- Die Unfallzahlen und die gemessenen Geschwindigkeiten in geschwindigkeitsbeschränkten Zonen weisen unterschiedliche, z.T. widersprüchliche Entwicklung auf.
- Generell negative Effekte von Verkehrsberuhigung auf Handel und Gewerbe sind nicht erkennbar.
- Lärm-messungen ergaben, daß die Vorbeifahrtpegel an stärker belasteten Straßen im Durchschnitt um bis zu 5 dB abgenommen haben. Der äquivalente Dauerschallpegel an diesen Straßen hat sich infolge veränderten Fahrverhaltens im Schnitt um etwa 3 dB vermindert. Es sinken auch die streckenbezogenen Abgasemissionen. Bei niedertouriger Fahrweise vermindert sich sogar der Kraftstoffverbrauch (um rd. 7 %).

- Das Umweltbundesamt befürwortet eine generelle Lösung in Richtung Tempo 30 als Regel (innersorts), denn je allgemeiner die Regelung, umso höher die Akzeptanz und umso besser das angepaßte Fahrverhalten.
- Es ist beabsichtigt von Vertretern des Städtetages sich für eine generelle Regelung "Tempo 30" innerorts auszusprechen; Ausnahmeregelung wäre dann die "Tempo 50 Regelung" auf Hauptverkehrsstraßen.
- Generell erhöht Tempo 30 in Kombination mit anderen Maßnahmen der Verkehrsberuhigung die Wohnumfeldqualität für Anwohner sowie für die nicht motorisierten Verkehrsteilnehmer.

Der Schienenverkehr ist insbesondere in Städten mit Straßenbahnstrecken, die unmittelbar an Wohnhäusern geführt werden, zu beachten. Wegen des geringen Abstandes Schienen - Wohnhäuser wird eine vollkommene Vermeidung von Lärmstörungen nicht möglich sein, bzw. nur mit Schallschutzfenstern oder mit entsprechenden Grundrißlösungen möglich sein. Lärmarme Wagenbauarten können aber eine wesentliche Schallpegelminderung bringen (vgl. Punkt 7.1.2). Z.B. wurde in Wien durch verschiedene Maßnahmen an den Wagen der Schallpegel bei der Vorbeifahrt um 6 bis 7 dB reduziert. Besonders wichtig ist die gute Instandhaltung von Wagen und Schienen. Messungen an im Verkehr stehenden Wagen gleicher Type ergaben Schallpegelunterschiede bis 9 dB (bedingt durch unterschiedlichen Radzustand); Messungen an gleichen Strecken mit gleichen Wagen zeigten, daß der Zustand der Schienen einen Schallpegelunterschied bis 10 dB bedeuten kann.

Eine Begrenzung der Geschwindigkeit (allerdings nicht im Sinne der Förderung des öffentlichen Verkehrs) könnte z.B. in der Nacht eine Schallpegelminderung bringen. Bei Fahrt mit 30 statt 50 km/h verringert sich der maximale Schallpegel bei der Vorbeifahrt um 6 bis 8 dB, der äquivalente Dauerschallpegel um 5 dB.

Wegen der großen Nähe der Schienenstrecken zu den Wohnhäusern in städtischen Straßen mit Straßenbahnen ist auch die Körperschallanregung durch die Straßenbahn über Schienen - Erdboden - Gebäudefundament - Gebäude zu beachten, die zu Schallimmissionen in den Gebäuden führt. Eine hochwertige körperschalldämmende Gleislagerung und event. ein "Schallschirm" im Boden kann diese vermindern.

Auch bei U-Bahnstrecken in unmittelbarer Nähe zu Wohngebäuden ist die Körperschalldämmung zu beachten; durch entsprechende Oberbau- und Tunnelbauarten kann auch bei sehr kleinen Abständen eine Lärmstörung vermieden werden. Die Maßnahmen bei der Wiener U-Bahn und allgemeine Planungshinweise sind in (19) behandelt.

Ein leistungsfähiges öffentliches Verkehrsnetz ist wesentlich für die Begrenzung des Verkehrslärms. Als Hinweis auf die Lärminderung durch Reduktion des Kraftfahrzeugverkehrs ist in Bild 28 im Anschluß an die vergleichende Darstellung der Kapazität eines 3,5 m breiten Verkehrstreifens oder einer Fahrspur im Stadtkern während der Flutstunden des Verkehrs mit verschiedenen individuellen und öffentlichen Verkehrsmitteln die mit der Beförderungskapazität verbundene Lärmentwicklung dargestellt. Evident ist die Lärmentwicklung (mit Ausnahme der U-Bahn) für alle Verkehrsmittel auf dem Verkehrstreifen ähnlich, bei jedoch sehr unterschiedlicher Kapazität. Der Einsatz leistungsfähiger attraktiver Massenverkehrsmittel dient somit durch Reduzierung des PKW-Verkehrs entscheidend der Lärminderung.

Park and Ride- Anlagen müssen die Nutzung der öffentlichen Verkehrsmittel ermöglichen.

Parkplätze und Garagen müssen auch in der Stadt zur Vermeidung von Parkplatz-Suchfahrten vermehrt zur Verfügung stehen. Das Finden von Parkplätzen stellt eine zusätzliche Lärmquelle dar. Z.B. ergab eine Rechnung für den 8. Bezirk in Wien (einen

dicht besiedelten Wohnbezirk) auf Grund der Ergebnisse einer Befragung über die Dauer des Suchens von Parkplätzen am Abend, daß allein die Parkplatz suchenden Autos einen äquivalenten Dauerschallpegel von 62 dB verursachen. Die Zurverfügungstellung von Parkplatz erscheint daher im Hinblick auf die Lärminderung unbedingt erforderlich. Tiefgaragen sind dazu am besten geeignet. Messungen an Garagen ergaben Richtwerte für die Schallemission durch die Ein- und Ausfahrten wie in Bild 29 dargestellt. Besonders zu beachten sind die Einrichtungen sowohl im Hinblick auf die Sicherung einer schnellen Ein- und Ausfahrt als auch im Hinblick auf ihre Lärmentwicklung. Grundsätzlich sollen Schranken, Automaten und ähnl. so angeordnet sein, daß kein Stau von Fahrzeugen vor Garagen erfolgt und daß Fahrzeuge im Inneren der Garage stehen und nicht außerhalb der Garagenöffnung stehen bleiben müssen.

Parkplätze in Höfen von Wohnhäusern können aus lärmschutztechnischer Sicht keinesfalls empfohlen werden. Es müßte jedenfalls der Hof mit einem Dach über den Einstellplätzen abgeschlossen werden.

Angaben über die Berechnung der Schallemission von Parkplätzen (äquivalenter Dauerschallpegel und maximale Schallpegel) enthält ÖAL-Richtlinie 33 "Schalltechnische Grundlagen für die Errichtung von Gastgewerbebetrieben, insbesondere Diskotheken".

Bei der Planung neuer Wohngebiete am Stadtrand kann dem Lärmschutz nach dem heutigen Stand der Technik entsprechende Aufmerksamkeit geschenkt werden. Dies kann am Beispiel eines Bebauungsplanes für ein Gebiet in Wien-Simmering gezeigt werden (20). Das Gebiet liegt zwischen stark befahrenen Verkehrsstraßen; die Bebauung kann gegen diese geschützt werden, wie in den Skizzen in Bild 30 dargestellt. Die an einem Rand des Wohngebiets liegende niedrige Bebauung kann durch Lärmschutzwall und integrierte Parkplätze gegen den Lärm der Verkehrsstraßen abgeschirmt werden, wie in Bild 31 skizziert. Für die im Zentrum des Wohngebiets vorgesehene mehrgeschossige Bebauung sind Tiefgaragen geplant. Sie sollen zweckmäßig so angeordnet und ausgestattet werden, daß keine Lärmstörung für die Wohnhäuser eintritt. Die Rampen für die Ein- und Ausfahrt sollen schallabsorbierend verkleidet werden.

Während neue Wohnhäuser - sofern sie an stark befahrenen Straßen errichtet werden müssen - nach lärmschutztechnischen Gesichtspunkten angeordnet werden und ihr Grundriß entsprechend gewählt wird, sind Wohnungen in bestehenden Wohnhäusern an lauten Verkehrsstraßen oft hohen Schallpegeln ausgesetzt. Die Möglichkeiten für diese Wohnungen mit Mitteln der Stadtplanung Schallschutz zu schaffen (nicht nur durch den Einbau von Schallschutzfenstern), wurden in Wien untersucht. Die Ergebnisse sind in (21) dargestellt.

9.3 Betriebe

Für die Vermeidung einer Störung durch Lärm von Betrieben ist insbesondere die Standortwahl in Verbindung mit einem Lärmschutzplan für den jeweiligen Betrieb wesentlich. Ein Hinweis, von welchen Betrieben überwiegend Lärmstörungen verursacht werden, kann aus der Auswertung der Beschwerden über Lärmbelästigung durch Betriebe in Wien in den Jahren 1987 bis 1991 abgeleitet werden. Tabelle 14 zeigt die Branchen, die in mehr als 2 % der Fälle die Ursache waren.

Tabelle 14: Prozentueller Anteil verschiedener Branchen an den Klagen über Lärmbelastigung durch Betriebe

Betriebsart	Anteil (%) an den 3827 Beschwerden
Gaststätten	46,5
Baustellen	16,0
Lebensmittelhandel	7,5
Lufttechnische Anlagen	4,5
Garagen	4,4
Metallwarenerzeugung	4,2
Tankstellen	2,6
KFZ-Werkstätten	2,4
Druckereien	2,3
Allgem. Maschinen	2,1
Tischlereien	2,1

Eine detaillierte Untersuchung zeigte, daß insbesondere die Zu- und Abfahrt von Besuchern bzw. von Lieferfahrzeugen und Ladetätigkeit die Ursache der Lärmstörungen sind.

Besonders störend sind Betriebe in Höfen von Wohngebäuden, wie fallweise Garagen mit Service- und Tankstellen, KFZ-Werkstätten und ähnl. Im Hinblick darauf, daß die Höfe günstig den besten Schutz vor Verkehrslärm bieten und daher die hofseitig liegenden Räume in Wohnhäusern vorzugsweise als Schlaf- und Kinderzimmer genutzt werden, sollten Betriebe in Höfen grundsätzlich nicht angeordnet werden.

Für die Nahversorgung erforderliche Gewerbebetriebe in Wohngebieten können vorzugsweise in Gewerbehöfen zusammengefaßt werden. Dabei ist die Ladetätigkeit ins Innere zu verlegen.

9.4 Sport- und Freizeiteinrichtungen

Die Freizeitaktivitäten unserer Gesellschaft sind vielfältig und auch die mit diesen verbundene Schallemission, bzw. auch ihr event. Ruheanspruch. Bei der Anlage von neuen Freizeit- und Sportanlagen wird es daher immer erforderlich sein eine Berechnung über die zu erwartende Schallemission und die Schallimmission für die nächstliegenden vor Lärm zu schützenden Gebiete durchzuführen und erforderlichenfalls Schallschutzmaßnahmen vorzusehen oder einen anderen Standplatz zu wählen. Andererseits sollen Anlagen, die keinen Lärm emittieren und einen bestimmten Ruheanspruch haben, nicht an sehr lauten Standplätzen z.B. an Hauptverkehrsstraßen eingerichtet werden bzw. nur mit dem entsprechenden Schallschutz.

Die Unterlagen dazu sind in Tabelle 15 gegeben (entnommen aus ÖAL-Richtlinie 21, Blatt 3 "Schalltechnische Grundlagen für örtliche und überörtliche Raumplanung Beispiele für die Praxis"). Für die Berechnungen kann der angegebene Schallpegel in einem bestimmten Abstand auf den jeweils zutreffenden Abstand umgerechnet werden nach

$$L_{r2} = L_{r1} + 20 \log (r_1/r_2) \quad \text{in dB}$$

mit

$$L_{r2}, L_{r1} \text{ Schallpegel im Abstand } r_2, r_1$$

Tabelle 15: Schallemission und Ruheanspruch für verschiedene Freizeitaktivitäten
(nach ÖAL-Richtlinie 21, Blatt3)

Freizeitaktivität	Lärmemission A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel (dB)	Ruheanspruch A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel (dB)
a) Schlafen, Ruhen, Lesen, Studieren	—	in Räumen 25—35 im Freien 45—55
b) Gesellschaft und Sport ohne Musikinstrumente und ohne Maschinen Spiel- und Sportanlagen ohne wesentliche Lärmemission (z. B. Golfplätze) Spiel- und Sportanlagen mit geringer Lärmemission (z. B. Tennisplätze, kleinere Kinderspielplätze) Kleinere Spiel- und Sportanlagen mit Zuschauerplätzen, größere Kinderspielplätze, kleinere Freibäder, Gaststättenbetrieb im Freien Größere Spiel- und Sportanlagen mit Zuschauerplätzen mit Tribünenanlagen, große Freibäder u. ä., Anlagen der Volksbelustigung Fußgängerzonen	an der Grenze des Gebietes bzw. Standplatzes 55 60 65 70 55—65	— — 55 ¹⁷⁾ — —
c) Musizieren, Betreiben von Rundfunk- und Fernsehgeräten, Plattenspielern usw. ¹⁸⁾ bei üblicher Verstärkung ¹⁹⁾ Eislaufplatz mit Lautsprechermusik	75 75	45—55 —
d) mit Gebrauch von Maschinen und Geräten Skilift mit Dieselantrieb mit Elektroantrieb obere Umlenkrolle Motorboote Rennbahn für Modellautos mit Verbrennungsmotoren ²⁰⁾ Go-Kart-Strecken Modell- und Fesselflugzeuge Motorspeedway- und Moto-Cross-Rennen ²¹⁾	in 25 m Abstand 75 70 60 bis 70 in 40 m Abstand 55 in 100 m Abstand 70 in 300 m vom Start/Landepunkt 50 in 1000 m Abstand 70	—
e) kleine Flugfelder Für die Lärmemission auf kleinen Flugfeldern und von Helikoptern können allgemeine Richtwerte nicht angegeben werden, da Art der Fluggeräte, Anzahl, Flugwege usw. dazu zu berücksichtigen sind (vgl. dazu ÖAL-Richtlinie 24 „Lärmschutz in der Umgebung von Flugplätzen — Planungs- und Berechnungsgrundlagen“).		
f) Sportschießstätten ²²⁾	Beurteilungspegel ²³⁾ dB	Spitzenpegel dB
KK-Gewehr-Schießplatz (10 Stände, insgesamt 200 Schuß/h) 300 m in Schußrichtung 300 m seitlich Pistolen-Schießplatz (5 Stände, insgesamt 200 Schuß/h) 300 m in Schußrichtung 300 m seitlich Wurftaubenschießplatz (Trap: 500 Schuß/h):	47 41 53 43	bis 60 bis 54 bis 66 bis 56
	Kurven gleicher Beurteilungspegel sind in Abb. 22 dargestellt. Die Spitzenpegel liegen etwa 8 dB über dem Beurteilungspegel.	

¹⁷⁾ Dieser Ruheanspruch ist, im Hinblick auf die Besonderheit der Ruheanforderung für Sprachverständigung im Vergleich zur Lärmentwicklung, teilweise unter dem Emissionspegel, im Gegensatz zur allgemein üblichen Forderung, daß die Immissionsgrenze gleich der Emission ist.

¹⁸⁾ Wegen des hohen Informationsgehaltes der Musik ist hier ein Zuschlag von 5 dB bei der Beurteilung der Immission anzubringen.

¹⁹⁾ In Räumen bei üblicher Verstärkung 75 dB, in Tanzsälen, Discotheken 90 bis 115 dB.

²⁰⁾ Wegen des Gehalts an Tonkomponenten ist hier ein Zuschlag von 5 dB bei der Beurteilung der Immission anzubringen.

²¹⁾ Solche Rennen können in bis zu 8 km Entfernung Anlaß zu Beschwerden geben.

²²⁾ Militärische Schießstätten siehe Beispiel 4.4.1.

²³⁾ Unter Berücksichtigung der Geräuschcharakteristik von Schießlärm gemäß ÖAL-Richtlinie Nr. 3, Blatt 4.

9.5 Lärmschutz in Kur- und Erholungsorten

Die Sicherung der Ruhe ist in Kur- und Erholungsorten besonders wichtig. Kurgelbiete sind demgemäß in ÖNORM S 5021 der lärmsehutztechnischen Kategorie 1 mit den geringsten Immissionsgrenzwerten zugeordnet (vgl. Tabelle 11). Darüber hinaus werden in ÖAL-Richtlinie 32 "Lärmschutz in Kur- und Erholungsorten Anforderungen und Maßnahmen" für Kurorte in den speziellen Ruhezeiten (Kategorie 1) und im Wohngebiet mit erhöhtem Ruheanspruch, sowie Naherholungsgebiet (Kategorie 2) Ruhezeiten bei Tag mit jeweils um 5 dB niedrigeren Grenzwerten empfohlen; dazu ist angegeben, daß die Ruhezeiten unbedingt im Zeitraum von 6 bis 8 Uhr, von 13 bis 15 Uhr und abends im Zeitraum von 18 bis 22 Uhr festzulegen sind.

Die Erstellung einer Lärmkarte wird daher unbedingt erforderlich sein als Grundlage für die Abgrenzung des Kurbezirks und auch als Grundlage für event. lärmsehutztechnische Sanierungsmaßnahmen sowie auch als Grundlage für die Standplatzwahl im einzelnen.

Die vorstehend in den Punkten 9.1 bis 9.4 genannten Maßnahmen zum Lärmschutz gelten für den Kurort jedenfalls auch. Darüber hinaus sind die folgenden Maßnahmen zweckmäßig:

Zur Begrenzung des Straßenverkehrslärms:

- keinesfalls sollen im Kurbereich Straßen mit überregionalem Verkehr verlaufen
- unnötiger Kraftfahrzeugverkehr ist zu vermeiden, dazu sollen ausreichende Parkplätze und Garagen am Rande des Kurbezirks und gute öffentliche Verkehrsmittel zur Verfügung stehen
- ausreichende Fuß- und Radwege - mit Fahrradverleih - sollen angelegt werden
- Fahrverbote können festgelegt werden ganztägig oder nur nachts
 - für alle Kraftfahrzeuge
 - für motorisierte Zweiräder
 - für nicht lärmarme LKW
- durch Geschwindigkeitsbegrenzungen, deren Einhaltung ständig kontrolliert werden muß, kann eine Schallpegelminderung erzielt werden (vgl. Punkt 7.1.1)
- jedenfalls sollte ein Hupverbot bestehen.

Im Kurbereich sollten keine Anlagen oder Veranstaltungen zugelassen werden, die Verkehr produzieren und Parkplätze erfordern (z.B. Lokale, Veranstaltungsräume).

Der öffentliche Verkehr, Taxis, Lieferverkehr soll ausschließlich lärmarme Fahrzeuge benutzen, z.B. Elektrobusse.

Zur Begrenzung des sonstigen Verkehrslärms:

- Kurgelbiete müssen von Schienenstrecken genügend Abstand haben oder gegen diese entsprechend abgeschirmt sein (Grundlage dazu ist der Schienenverkehrslärm-Immissionskataster)
- Sportflugplätze müssen ausreichenden Abstand haben, das Kurgelbiete soll mindestens 3 km seitlichen Abstand von den Platzrunden und den An- und Abflugwegen haben; während der vorstehend genannten Ruhezeiten sollen jedenfalls keine Flüge stattfinden
- Reklame-Schleppflüge, Rundflüge und Taxiflüge für touristische Zwecke sind in einem Bereich, der rundum um 3 km größer als der Kurbezirk ist, zu verbieten.

Zur Begrenzung sonstiger Lärmemissionen:

- Für alle gemeindeeigenen Fahrzeuge und Geräte sollen lärmarme Erzeugnisse ausgewählt werden, wie z.B. Müllfahrzeuge, Gartengeräte (Rasenmäher, Motorsägen und ähnl.), Baumaschinen. Unterlagen dazu gibt z.B. die Broschüre "Umweltfreundliche Beschaffung" des Umweltbundesamtes in Berlin
- die Fahrer der gemeindeeigenen Fahrzeuge und der öffentlichen Verkehrsmittel sollen besonders geschult werden für den lärmarmen KFZ-Betrieb einschließlich Ladearbeiten
- lärmemittierende Arbeiten sollen nicht in den Ruhezeiten durchgeführt werden
- der Betrieb von Kofferradios und ähnl. auf Straßen und in öffentlichen Anlagen muß jedenfalls verboten werden.

Die Standplätze für Sportanlagen mit Lärmemission des Sportbetriebes und durch die zu- und abfahrenden Benutzer sind sorgfältig nach lärmschutztechnischen Gesichtspunkten auszuwählen; dabei sind die Schallemission nach Tabelle 15 und die Gesetzmäßigkeiten der Schallausbreitung nach Punkt 5 zu beachten. Die Schallemission der Parkplätze kann nach den Angaben in ÖAL-Richtlinie 33 berechnet werden, die Schallemission der auf der Straße zu- und abfahrenden Fahrzeuge nach der Richtlinie RVS 3.114 der Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen. Event. können auch Betriebsbeschränkungen für die Ruhezeiten vorgeschrieben werden.

Ausführliche Angaben zum Lärmschutz in Kur- und Erholungsorten enthält ÖAL-Richtlinie 32.

10. Lärmschutzplanung für Betriebe

Bei der Errichtung bzw. Erweiterung von Betriebsanlagen ist grundsätzlich auch der Schutz vor Lärm sowohl für die Arbeitnehmer als auch für die Nachbarschaft zu prüfen. Dies erfolgt günstig in einem Lärmschutzplan. Die Berechnung des Schallpegels im Betrieb gibt dabei auch die grundlegenden Daten für die Berechnung der Schallimmission bei den Nachbarn, zusätzlich sind Arbeiten im Freien, wie z.B. Ladetätigkeit und der dem Betrieb zugeordnete Verkehr zu berücksichtigen.

10.1 Berechnung des Schallpegels im Betrieb

Die erforderlichen Daten für die Berechnung sind:

- Baupläne der Betriebsgebäude
- Angaben zur Bauart aller Außenbauteile, zweckmäßig mit Schalldämm-Maß (in Abhängigkeit von der Frequenz oder zumindest bewertetem Schalldämm-Maß)
- Angaben zur Oberflächenausstattung in den Betriebsräumen, zweckmäßig mit Schallabsorptionsgrad (in Abhängigkeit von der Frequenz oder Einzahlangabe)
- Angaben zu der Art und Anzahl der Maschinen in den einzelnen Betriebsräumen, zweckmäßig mit dem Schalleistungspegel (in Oktavbändern oder zumindest A-bewertet)
- Angaben über die Lage aller Be- und Entlüftungsöffnungen, vorgesehene Luftmengen.

Aus den Abmessungen der Betriebsräume und der Art der Ausstattung kann die Schallabsorptionsfläche in der Halle und damit und mit dem Schalleistungspegel der Maschinen der Schallpegel in der Halle berechnet werden gemäß Punkt 5.2.

Ist für die Maschinen nicht der Schalleistungspegel sondern der Schallpegel in 1 m Abstand vom Umriß der Maschine angegeben, kann daraus und aus den Abmessungen der Maschine der Schalleistungspegel abgeschätzt werden wie folgt:

Man denkt sich einen Quader, der allseitig 1 m Abstand vom Umriß der Maschine hat, d.h. er hat die Abmessungen

Länge $l_M + 2$ m
 Breite $b_M + 2$ m
 Höhe $h_M + 1$ m

Der Quader stellt etwa die Meßfläche in 1 m Abstand von der Maschine dar und hat die Fläche

$$S = 2 \cdot (l_M + 2) \cdot (h_M + 1) + 2 \cdot (b_M + 2) \cdot (h_M + 1) + (l_M + 2) \cdot (b_M + 2) \text{ in m}^2$$

Daraus ergibt sich der Schalleistungspegel zu

$$L_W = L_1 + 10 \lg S \quad \text{in dB}$$

mit

l_M b_M h_M Länge, Breite und Höhe der Maschine (bzw. eines dieser umschriebenen Quaders) in m

L_1 Schallpegel in 1 m Abstand vom Umriß der Maschine (gemessen bei freier Schallausbreitung) in dB

Der Schallpegel in der Halle kann mit den Grenzwerten verglichen werden (siehe Punkt 2).

Sofeme eine Schallpegelminderung erforderlich ist, kann die Schallabsorption in der Halle erhöht werden (vgl. Punkt 7.2.2). Jedenfalls sollte die Schallabsorptionsfläche in den Betriebsräumen so gewählt werden, daß die höchstzulässige Nachhallzeit, besser die anzustrebende Nachhallzeit unterschritten wird (vgl. Punkt 5.2 und Bild 18).

Wenn keine Angaben über die Schallemission der Maschinen vorliegen, kann eine Schallpegelmessung in einem anderen Betrieb mit den gleichen Maschinen durchgeführt werden. Ist dies nicht möglich, kann event. ein Richtwert für den Schallpegel den Angaben in ÖAL-Richtlinie 28 entnommen werden.

10.2 Berechnung des Schallimmissionspegels in der Nachbarschaft

Die erforderlichen Daten für die Berechnung (zusätzlich zu den in Punkt 10.1 angeführten) sind:

- Lageplan des Betriebes und aller Nachbarobjekte und der Zufahrt zum Betrieb und event. Parkplätze für Arbeitnehmer und Besucher
- Angaben über die vorgesehene Betriebszeit
 - nur tags
 - 24 Stunden, auch Sonn- und Feiertag
- Abgaben über den zu erwartenden KFZ-Verkehr für Anlieferung, Auslieferung, Arbeitnehmer
- Meßergebnisse über die bestehende Lärmsituation bei den benachbarten Gebäuden für die Zeitabschnitte, in welchen Betrieb geplant ist (Tag, Tag und Nacht)
- die Widmung für die Gebiete, in welchen die nächsten vor Lärm zu schützenden Gebäude liegen.

Aus dem Schallpegel in der Halle und dem Schalldämm-Maß und den Abmessungen der einzelnen Außenbauteile wird der Schalleistungspegel für die Schallabstrahlung der Außenbauteile berechnet nach

$$L_W = L_1 - 6 - R + 10 \lg S \quad \text{in dB}$$

mit

- L_1 Schallpegel in der Halle in dB
- R Schalldämm-Maß des Bauteils in dB
- S Fläche des Bauteils in m^2

Die Rechnung erfolgt vorzugsweise in Oktavbändern. Liegen nur Werte für den A-bewerteten Schallpegel in der Halle vor, so wird für das Schalldämm-Maß der Wert bei 500 Hz eingesetzt; liegt nur das bewertete Schalldämm-Maß vor, kann dieses, vermindert um 2 dB, eingesetzt werden.

Die weitere Rechnung erfolgt für die Schallausbreitung unter Berücksichtigung von Abstand, Luft, Boden, Vegetation, Abschirmung usw. (siehe Punkt 5.1). Große Flächen müssen dabei in einzelne kleinere Schallquellen unterteilt werden, wobei die Größe nach dem Abstand des Immissionspunktes zu wählen ist.

Zusätzlich werden die Schallquellen durch Arbeiten im Freien, wie z.B. Hubstaplerfahrten und die KFZ-Fahrten eingesetzt. Dabei wird vorteilhaft vom Schallereignispegel einer Vorbeifahrt ausgegangen, der für die jeweiligen Fahrzeuge (z.B. Stapler, Transportbeton-LKW usw.) gemessen werden muß. Der Schallereignispegel errechnet sich aus dem äquivalenten Dauerschallpegel einer Vorbeifahrt nach

mit $L_E = L_{eq} + 10 \lg T$ in dB
 L_{eq} äquivalenter Dauerschallpegel in dB gemessen über die Dauer T in Sekunden einer Vorbeifahrt

Er kann sowohl A-bewertet (L_{AE}) als auch für Oktav- oder Terzbänder bestimmt werden.

Für n Vorbeifahrten im Bezugszeitraum T_{Bezug} (z.B 8 Stunden bei Tag, 1/2 Stunde in der Nacht) errechnet sich der äquivalente Dauerschallpegel nach

mit $L_{eq} = L_E + 10 \lg (n/T)$ in dB
 n Anzahl der Vorbeifahrten im Bezugszeitraum
 T Bezugszeitraum in Sekunden

Die Berechnung der Schallimmission aus den KFZ-Fahrten gemäß Abstand, Boden usw. erfolgt nach ÖAL-Richtlinie 28.

Die für die einzelnen Außenbauteile der Betriebsgebäude, die Arbeiten und Fahrten im Freien errechneten Immissionsschallpegel werden zu einem Gesamtschallpegel addiert. Dieser Schallimmissionspegel wird mit den zutreffenden Grenzwerten, abgeleitet aus der Messung des Istzustandes (Istmaß) und der Widmung (Widmungsmaß), verglichen (siehe Punkt 4).

Zu beachten sind auch die Zu- und Abluftöffnungen, die mit entsprechenden Schalldämpfern auszustatten sind. Die Lieferfirmen der Lüftungsanlagen können diese günstig bemessen (es muß auch der Kanalquerschnitt, die Kanallänge, die Leistung usw. darauf abgestimmt werden). Dazu ist es erforderlich, daß in Ausschreibung und Bestellung die Bedingung aufgenommen wird, daß bei den nächstliegenden vor Lärm zu schützenden Gebäuden der Schallpegel des Lüftergeräusches den Grundgeräuschpegel (Tag, Nacht je nach vorgesehener Betriebszeit) nicht überschreitet.

ÖAL-Richtlinie 10 "Schalltechnische Grundlagen für die Errichtung bzw. Erweiterung von Betriebsanlagen" gibt Hinweise für Maßnahmen zum Lärmschutz in den einzelnen Betriebsklassen.

Literatur

- (1) Psychoakustik Gehörbezogene Lärmbewertung. Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie Wien 1993
- (2) Die Tätigkeit der Arbeitsinspektion im Jahre 1991. Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Wien 1993
- (3) Österreichisches Statistisches Zentralamt: Umweltbedingungen von Wohnung und Arbeitsplatz. Ergebnisse des Mikrozensus März 1991. Beiträge zur österreichischen Statistik Heft 1.046 Wien 1992
- (4) Fighting Noise Strengthening Noise Abatement Policies, OECD Paris 1986
- (5) Haider M., Lang J., Schwetz F.: Schallbelastung in Diskotheken. Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen Wien 1984
- (6) Lang J.: Lärmbelastung an Straßen, Wirksamkeit und Kosten von Lärmschutzmaßnahmen. Bundesministerium für Bauten und Technik Straßenforschung Heft 150 Wien 1980
- (7) Lang J.: Schallimmission an Schienenverkehrsstrecken. Bundesministerium für öffentliche Wirtschaft und Verkehr Forschungsarbeiten aus dem Verkehrswesen Band 23, Wien 1989
- (8) Haider M., Koller M. und Stidl H.G.: Qualitätskriterien für Schienenverkehrslärm und Erschütterungen bei Vollbahnen Teil 1: Lärm-Kombinationswirkungen von Lärm und Erschütterungen. Bundesministerium für öffentliche Wirtschaft und Verkehr Forschungsarbeiten aus dem Verkehrswesen Band 36/1, Wien 1992
- (9) Schallabsorptionsgrad-Tabelle. Deutscher Normenausschuß 1968 Beuth-Vertrieb Ges.m.b.H. Berlin, Köln, Frankfurt
- (10) Kemper G.D.: Noise emissions from road vehicles and provisions for noise reduction. Proceedings Inter-Noise 85 München 1985
- (11) Lärmbekämpfung in Wien Entwicklung, Stand, Tendenzen. Magistrat Wien, Mag.Abt.22 Umweltschutz, 1989
- (12) Schmidt K.P.: Lärmarm konstruieren Beispiele für die Praxis. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung Dortmund Forschungsbericht 129
- (13) Heckl M.: Lärmarm konstruieren Bestandsaufnahme bekannter Maßnahmen. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung Dortmund Forschungsbericht 135
- (14) Albrecht H.: Lärminderung in Betrieben durch Schwingungsabsorber. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung Dortmund Forschungsbericht 192
- (15) Schallausbreitung in bebauten Gebieten. Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NW Düsseldorf 1975
- (16) Machtemes A. und Glück K.: Schallschutz im Städtebau-2 Schallpegelminderung bei typischen Baukörperformen und -stellungen. ILS des Landes Nordrhein-Westfalen, Dortmund 1977
- (17) Machtemes A.: Schallschutz im Städtebau. Beispielsammlung. Schriftenreihe Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Band 2.002, Dortmund 1974
- (18) BfLR-Mitteilungen "Tempo 30 - Erfahrungen aus städtebaulicher Sicht" Blatt 1/1988-Februar
- (19) Lang J.: Maßnahmen zum Körperschallschutz bei der Wiener U-Bahn. ÖIAZ, 137.Jg., Heft 1/1992
- (20) Gieselmann R., Heiss E.W., Krawina J., Schlesinger N., Wachberger M. und Weber F.: Detaillierter Bebauungsplan Simmering-Kaiserebersdorf im Auftrag der Mag.Abt. 21, Wien, 1981
- (21) Hoffelner, Prem, Puchinger, Rosinak und Stanzel: Lärmschutzwirkungsanalyse im Auftrag der Mag.Abt.18 Wien, 1985

ÖNORMEN**ÖNORM EN 20140-2**

Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen; Angaben von Genauigkeitsanforderungen

ÖNORM EN 20140-10

Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen; Messung der Luftschalldämmung kleiner Bauteile in Prüfständen

ÖNORM EN 20354

Messung der Schallabsorption im Hallraum

ÖNORM EN 21680-1

Verfahren zur Messung der Geräuschemission von rotierenden elektr. Maschinen, Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 für Freifeldbedingungen über einer reflektierenden Ebene

ÖNORM EN 21680-2

Verfahren zur Messung der Geräuschemission von rotierenden elektr. Maschinen, Verfahren der Genauigkeitsklasse 3

ÖNORM EN 22922 Entwurf

Messung der Lärmemission von Wasserfahrzeugen auf Binnenwässern und in Häfen

ÖNORM EN 23741

Bestimmung des Schalleistungspegels von Geräuschquellen. Rahmenmeßverfahren der Genauigkeitsklasse 1 für Breitbandspektren in Hallräumen.

ÖNORM EN 23742

Bestimmung des Schalleistungspegels von Geräuschquellen. Methoden der Genauigkeitsklasse 1 im Hallraum für Quellen mit Reinton und Schmalbandanteilen.

ÖNORM EN 24869-1

Gehörschützer - Teil 1: Subjektive Methode zur Messung der Schalldämmung (ISO 4869-1:1990)

ÖNORM EN 24869-3 Entwurf

Gehörschützer - Teil 3: Vereinfachtes Verfahren zur Messung der Schalldämmung von Kapselgehörschützern zum Zweck der Qualitätsprüfung (ISO/TR 4869-3:1989)

ÖNORM EN 25135

Bestimmung des Schalleistungspegels von Geräuschen von Luftdurchlässen, Volumenstromreglern, Drossel- und Absperelementen durch Messungen im Hallraum

ÖNORM EN 26189

Reinton--Luftleitungs-Schwellenaudiometrie für die Gehörvorsorge

ÖNORM EN 27029

Luftleitungshörschwellen in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht otologisch normaler Personen

ÖNORM EN 27182

Messung des von Handkettensägen abgestrahlten Luftschalls am Ohr des Benutzers

ÖNORM EN 27235 Entwurf

Messungen an Schalldämpfern in Kanälen - Einfügungsdämpfungsmaß, Strömungsgeräusch und Gesamtdruckverlust

ÖNORM EN 27566

Standard-Bezugspegel für die Kalibrierung von Reinton-Knochenleitungs-Audiometern

ÖNORM EN 27574-1

Statistische Verfahren zur Festlegung und Nachprüfung angegebener (oder vorgegebener) Geräuschemissionswerte von Maschinen und Geräten - Allgemeines und Begriffe

ÖNORM EN 27574-2

Statistische Verfahren zur Festlegung und Nachprüfung angegebener Geräuschemissionswerte von Maschinen und Geräten - Verfahren für Angaben für Einzelmaschinen

ÖNORM EN 27574-3

Statistische Verfahren zur Festlegung und Nachprüfung angegebener Geräuschemissionswerte von Maschinen und Geräten - Einfaches Verfahren (Übergangsregel) für Maschinenlose

ÖNORM EN 27574-4

Statistische Verfahren zur Festlegung und Nachprüfung angegebener Geräuschemissionswerte von Maschinen und Geräten - Verfahren für Angaben (oder Vorgaben) für Maschinenlose

ÖNORM EN 27779

Geräuschmessung an Maschinen - Luftschallemission, Hüllflächen- und Hallraumverfahren - Geräte der Büro- und Informationstechnik

ÖNORM EN 27917

Messung des von Freischneidegeräten abgestrahlten Luftschalls am Ohr des Benutzers

ÖNORM EN 28662-1

Handgehaltene motorbetriebene Maschinen - Messung mechanischer Schwingungen am Handgriff - Teil 1: Allgemeines (ISO 8662-1:1988)

ÖNORM EN 28662-2 Entwurf

Handgehaltene motorbetriebene Maschinen - Messung mechanischer Schwingungen am Handgriff - Teil 2: Meißelhämmer und Niethämmer (ISO 8662-2:1992)

ÖNORM EN 28662-3 Entwurf

Handgehaltene motorbetriebene Maschinen - Messung mechanischer Schwingungen am Handgriff - Teil 3: Gesteinsbohrmaschinen und Bohrhämmer (ISO 8662-3:1992)

ÖNORM EN 28662-5 Entwurf

Handgehaltene motorbetriebene Maschinen - Messung mechanischer Schwingungen am Handgriff - Teil 5: Aufbruchhämmer und Spatenhämmer (ISO 8662-5:1992)

ÖNORM EN 28798

Bezugsquellen für schmalbandige Verdeckungsgeräusche

ÖNORM EN 29052-1
Bestimmung der dynamischen Steifigkeit; Materialien, die unter schwimmenden Estrichen in Wohngebäuden verwendet werden

ÖNORM EN 29053
Materialien für akustische Anwendungen; Bestimmung des Strömungswiderstandes

ÖNORM EN 29295
Messung von hochfrequenten Geräuschen von Geräten der Büro-- und Informationstechnik

ÖNORM EN 31200 Entwurf
Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten - Leitlinien zur Anwendung der Rahmennormen zur Bestimmung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz....
(abgekürzt)

ÖNORM EN 31201 Entwurf
Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten - Messung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten - Verfahren der
(abgekürzt)

ÖNORM EN 31202 Entwurf
Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten - Messung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten - Verfahren der
(abgekürzt)

ÖNORM EN 31203 Entwurf
Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten - Messung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten (ISO/DIS 11203:1993)

ÖNORM EN 31204 Entwurf
Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten - Messung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und an anderen festgelegten Orten - Verfahren mit ...
(abgekürzt)

ÖNORM EN 31690-1 Entwurf
Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen Arbeitsstätten - Teil 1: Allgemeine Grundlagen

ÖNORM EN 31690-2 Entwurf
Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen Arbeitsstätten - Teil 2:
Lärminderungsmaßnahmen

ÖNORM EN 31691 Entwurf
Bestimmung des Einfügungsdämpfungs-Maßes von Schalldämpfern in Kanälen ohne Strömung - Vereinfachtes Laborverfahren

ÖNORM EN 31957 Entwurf
Bestimmung der Schalldämmung von Schallschutzkabinen - Messungen im Labor und im Einsatzfall (ISO/DIS 11957:1993)

ÖNORM EN 32001 Entwurf
Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten - Richtlinien für den Entwurf und die Erstellung einer maschinenspezifischen Geräuschmeßnorm (ISO/DIS 12001)

ÖNORM ISO 4869

Messung der Schalldämmung von Gehörschützern, Subjektive Methode

ÖNORM ISO 5128

Innengeräuschemessungen in Kraftfahrzeugen

ÖNORM ISO 5136 Entwurf

Ermittlung der von Ventilatoren in Kanälen abgestrahlten Schalleistung - Kanalverfahren

ÖNORM ISO 6926

Bestimmung der Schalleistungspegel von Schallquellen - Anforderungen an die akustischen Eigenschaften und Kalibrierung von Bezugsschallquellen

ÖNORM ISO 9614-1 Entwurf

Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity - Part 1:
Measurement at discrete points

ÖNORM M 7645

Lüftungstechnische Anlagen, Lärminderung

ÖNORM M 9802

Messung des Schalldruckpegels am Fahrplatz von Flurförderungsfahrzeugen mit Hubeinrichtung

ÖNORM B 8115, Teil 1

Schallschutz und Raumakustik im Hochbau, Begriffe und Einheiten

ÖNORM B 8115, Teil 2

Schallschutz und Raumakustik im Hochbau, Anforderungen an den Schallschutz

ÖNORM B 8115, Teil 3

Schallschutz und Raumakustik im Hochbau, Raumakustik

ÖNORM B 8115, Teil 4

Schallschutz und Raumakustik im Hochbau, Maßnahmen zur Erfüllung der schalltechnischen Anforderungen

ÖNORM S 5001-1

Akustik - Größen, Einheiten und Begriffsbestimmungen - Übersicht

ÖNORM S 5001-2

Akustik - Größen, Einheiten und Begriffsbestimmungen - Schallarten und -felder

ÖNORM S 5001-3

Akustik - Größen, Einheiten und Begriffsbestimmungen - Schallmeß- und Beurteilungsgrößen

ÖNORM S 5001-4

Akustik - Größen, Einheiten und Begriffsbestimmungen - Bauakustik

ÖNORM S 5001-5

Akustik - Größen, Einheiten und Begriffsbestimmungen - Elektroakustik

ÖNORM S 5002**Normfrequenzen für akustische Messungen****ÖNORM S 5003 -1****Grundlagen der Schallmessung - Physikalische und subjektive Größen von Schall****ÖNORM S 5003 -2****Grundlagen der Schallmessung - Normalkurven gleicher Lautstärkepegel****ÖNORM S 5004****Messung von Schallimmissionen****ÖNORM S 5005****Messung der Schallimmissionen von Schienenverkehr****ÖNORM S 5010****Schallabstrahlung von Industriebauten - Nachbarschaftsschutz****ÖNORM S 5011****Berechnung der Schallimmission durch den Schienenverkehr - Zugverkehr, Verschub- und Umschlagbetrieb****ÖNORM S 5021-1****Schalltechnische Grundlagen für die örtliche und überörtliche Raumplanung und Raumordnung****ÖNORM S 5022****Messung der Lärmemission von Wasserfahrzeugen auf Binnengewässern inkl. Beiblatt 1****ÖNORM S 5023****Geräuschmessung an Bord von Wasserfahrzeugen inkl. Beiblatt 1****ÖNORM S 5024****Messung der Schallemission von Schienenfahrzeugen inkl. Beiblatt 1,2,3****ÖNORM S 5025****Schallmessung in Schienenfahrzeugen inkl. Beiblatt 1****ÖNORM S 5033****Bestimmung der Schalleistung von Schallquellen - Verfahren im speziellen Hallraum****ÖNORM S 5034****Bestimmung der Schalleistung von Schallquellen - Verfahren im Freifeld über einer reflektierenden Ebene****ÖNORM S 5035****Bestimmung der Schalleistung von Schallquellen - Verfahren in reflexionsarmen Räumen****ÖNORM S 5036****Bestimmung der Schalleistung von Schallquellen - Verfahren am Einsatzort****ÖNORM S 5037****Bestimmung der Schalleistung von Schallquellen - Verfahren mit Bezugsschallquelle**

ÖNORM S 5038

Bestimmung der Schalleistung von Schallquellen - Kleine in alle Richtungen strahlende Schallquellen im Freifeld über einer reflektierenden Ebene

ÖNORM S 5039

Bestimmung der Schalleistung von Schallquellen, Verfahren für Industrieanlagen mit mehreren einzelnen Schallquellen

ÖNORM S 5041

Kennzeichnung der Geräuschabgabe von Maschinen und Geräten

ÖNORM S 5042

Messung der Geräuschabgabe von Erdbewegungsmaschinen

ÖNORM S 5045

Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Rasenmähern und Gartentraktoren

ÖNORM S 5046

Meß- und Betriebsbedingungen für die Bestimmung der Schalleistung von Maschinensätzen in Wasserkraftanlagen und Wasserpumpenanlagen

ÖNORM S 5047

Meß- und Betriebsbedingungen für die Bestimmung der Schalleistung von Holzbearbeitungsmaschinen - Tischkreissägen inkl. Beibl. 1

ÖNORM S 5048

Meß- und Betriebsbedingungen für die Bestimmung der Schalleistung von Holzbearbeitungsmaschinen - Einseitige Hobelmaschinen inkl. Beibl. 1

ÖNORM S 5049

Meß- und Betriebsbedingungen für die Bestimmung der Schalleistung von Holzbearbeitungsmaschinen - Tischfräsmaschinen inkl. Beibl. 1

ÖNORM S 5050

Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Fängen

ÖNORM S 5051

Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Kühltürmen

ÖNORM S 5052

Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Fackeln

ÖNORM S 5053

Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Kommunalfahrzeugen inkl. Beibl. 1

ÖNORM S 5054

Meß- und Betriebsbedingungen für die Bestimmung der Schalleistung von Holzbearbeitungsmaschinen - Tisch- und Trennbandsägen inkl. Beibl. 1

ÖNORM S 5055

Meß- und Betriebsbedingungen für die Bestimmung der Schalleistung von Holzbearbeitungsmaschinen - Oberfräsmaschinen inkl. Beibl. 1

ÖNORM S 5056
Meß- und Betriebsbedingungen für die Bestimmung der Schalleistung von
Holzbearbeitungsmaschinen - Schleifmaschinen inkl.Beibl.1

ÖNORM S 5057
Meß- und Betriebsbedingungen für die Bestimmung der Schalleistung von
Holzbearbeitungsmaschinen - Plattenformatkreissägen inkl.Beibl.1

ÖNORM S 5058
Meß- und Betriebsbedingungen für die Bestimmung der Schalleistung von
Holzbearbeitungsmaschinen - Einblatthubkreissägen inkl.Beibl.1

ÖNORM S 5060
Bestimmung der Schalleistung Lüftungstechnischer Geräte - Kanalmeßverfahren.

ÖNORM S 5071
Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Drehmaschinen
inkl.Beibl.1

ÖNORM S 5072
Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Gesenkschmiede-
hämmern inkl.Beibl.1

ÖNORM S 5073
Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Mehrzweckpressen
inkl.Beibl.1

ÖNORM S 5074
Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Fräsmaschinen
inkl.Beibl.1

ÖNORM S 5075
Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Bohrmaschinen
inkl.Beibl.1

ÖNORM S 5076
Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Wälzfräsmaschinen
inkl.Beibl.1

ÖNORM S 5077
Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Kaltkreissägen
inkl.Beibl.1

ÖNORM S 5078
Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Schleifmaschinen
inkl.Beibl.1

ÖNORM S 5081
Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Schallquellen -
Handkettensägemaschinen mit Antrieb durch Verbrennungsmotor ink.Beibl.1

ÖNORM S 5082

Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Schallquellen, Freischneidegeräte mit Antrieb durch Verbrennungsmotor inkl.Beibl. 1

ÖNORM S 5083

Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Verbrennungsmotoren inkl.Beibl. 1

ÖNORM S 5084

Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Getrieben inkl.Beibl. 1

ÖNORM S 5085

Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Flüssigkeitspumpen inkl.Beibl. 1

ÖNORM S 5086

Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Hydraulikpumpen und Hydraulikmotoren inkl.Beibl. 1

ÖNORM S 5087

Besondere Festlegungen für die Bestimmung der Schalleistung von Zerkleinerungsmaschinen inkl.Beibl. 1

ÖNORM S 5088

Meß- und Betriebsbedingungen für die Bestimmung der Schalleistung von Turbomaschinensätzen in Wärmekraftanlagen inkl.Beibl. 1

ÖNORM S 5100, Teil 1

Bauakustische Messungen, Messung des Luftschallschutzes in Gebäuden

ÖNORM S 5100, Teil 2

Bauakustische Messungen, Messung des Trittschallschutzes in Gebäuden

ÖNORM S 5100, Teil 3

Bauakustische Messungen, Luftschallschutz von Fenstern und Außenwänden, Messung an Gebäuden

ÖNORM S 5101

Bauakustische Messungen, Messung von Luft- und Trittschalldämmung an Bauteilen in Prüfständen.

ÖNORM S 5102

Bauakustische Messungen, Messung von Geräuschen haustechnischer Einrichtungen, Messung in Gebäuden

ÖNORM S 5401

Meß- und Betriebsbedingungen für die Bestimmung der Schalleistung von Baumaschinen - Motorkompressoren inkl.Beibl. 1

ÖNORM S 5402

Meß- und Betriebsbedingungen für die Bestimmung der Schalleistung von Baumaschinen - Aufbruchhämmer inkl.Beibl. 1

ÖNORM S 5403

Meß- und Betriebsbedingungen für die Bestimmung der Schalleistung von Baumaschinen -
Erdbewegungsmaschinen inkl.Beibl. 1

ÖNORM S 5404

Meß- und Betriebsbedingungen für die Bestimmung der Schalleistung von Baumaschinen -
Turmdrehkräne inkl.Beibl. 1

ÖNORM S 5405

Meß- und Betriebsbedingungen für die Bestimmung der Schalleistung von Baumaschinen -
Kraftstromerzeuger inkl.Beibl. 1

ÖNORM S 5406

Meß- und Betriebsbedingungen für die Bestimmung der Schalleistung von Baumaschinen -
Schweißstromerzeuger inkl.Beibl. 1

ÖNORM S 5407

Meß- und Betriebsbedingungen für die Bestimmung der Schalleistung von Baumaschinen -
Baustellenkreissägen inkl.Beibl. 1

ÖNORM S 5408

Meß- und Betriebsbedingungen für die Bestimmung der Schalleistung von Baumaschinen -
Mischmaschinen inkl.Beibl. 1

ÖNORM S 9001

Mechanische Schwingungen - Erschütterungen - Allgemeine Grundsätze zur Ermittlung
von Schwingungsgrößen

ÖNORM S 9010

Bewertung der Einwirkung mechanischer Schwingungen und Erschütterungen auf den
Menschen - Ganzer Körper

ÖNORM S 9020

Bauwerkserschütterungen - Sprengerschütterungen und vergleichbare impulsförmige
Immissionen

ÖNORM S 9032

Beurteilungsmaßstäbe für die Auswuchtgüte starrer Rotoren

ÖNORM S 9034

Beurteilungskriterien für die Unwucht von biegeelastischen Rotoren

ÖNORM S 9040-1 Entwurf

Wellenschwingungen von Maschinen - Allgemeine Richtlinien und Grundlagen für die
Messung und Beurteilung

ÖNORM S 9100, Teil 1

Schwingungslehre, deterministische Schwingungen

ÖAL-Richtlinien**ÖAL--Richtlinie Nr. 3, Blatt 1**

Beurteilung von Schallimmissionen, Lärmstörungen im Nachbarschaftsbereich

ÖAL--Richtlinie Nr. 3, Blatt 2

Schalltechnische Grundlagen für die Beurteilung von Lärm; Lärm am Arbeitsplatz

ÖAL-Richtlinie Nr.3, Blatt 4

Schalltechnische Grundlagen für die Beurteilung von Lärm: Schießlärm in der Nachbarschaft

ÖAL--Richtlinie Nr. 6/18

Die Wirkung des Lärms auf den Menschen, Beurteilungshilfen für den Arzt

ÖAL--Richtlinie Nr. 9

Lärminderung in Betrieben -- Grundlagen

ÖAL--Richtlinie Nr. 10

Schalltechnische Grundlagen für die Errichtung bzw. Erweiterung von Betriebsanlagen

ÖAL--Richtlinie Nr. 11

Die rechtlichen Grundlagen für die Lärmbekämpfung + Ergänzungsblatt 1

ÖAL--Richtlinie Nr. 13

Persönlicher Schallschutz

ÖAL--Richtlinie Nr. 14

Berechnung des Schallpegels in Betriebshallen

ÖAL--Richtlinie Nr. 19

Schalltechnische Grundlagen für die Beurteilung von Baulärm
(2. Ausg./80)

ÖAL--Richtlinie Nr. 20

Schallschutztechnische Begriffe und Messungen + Ergänzungsblatt

ÖAL--Richtlinie Nr 21

Schalltechnische Grundlagen für örtliche und überörtliche Raumplanung

ÖAL--Richtlinie Nr 21, Blatt 2

Schalltechnische Grundlagen für örtliche und überörtliche Raumplanung; Erstellung von Lärmkarten

ÖAL--Richtlinie Nr 21, Blatt 3

Schalltechnische Grundlagen für örtliche und überörtliche Raumplanung; Beispiele für die Praxis

ÖAL--Richtlinie Nr 21, Blatt 4

Schalltechnische Grundlagen für örtliche und überörtliche Raumplanung; Lärmkataster -- Teil eines Raumordnungs-- bzw. Umweltinformationssystems

ÖAL--Richtlinie Nr 21, Blatt 5
Schalltechnische Grundlagen für örtliche und überörtliche Raumplanung;
Widmungskategorien

ÖAL--Richtlinie Nr. 23
Maßnahmen zum Schutz vor Straßenverkehrslärm; Planungsgrundlagen

ÖAL--Richtlinie Nr. 23, Blatt 2
Maßnahmen zum Schutz vor Straßenverkehrslärm; Lärmschutzwände

ÖAL--Richtlinie Nr. 24
Lärmschutzzonen in der Umgebung von Flugplätzen, Planungs- und
Berechnungsgrundlagen Teil 1

ÖAL--Richtlinie Nr. 26
Lärmschutz im Wohnungsbau, Planerische Grundlagen

ÖAL--Richtlinie Nr. 27
Anforderungen an den Schallschutz von Fenstern bei der Vergabe von Förderungsmitteln

ÖAL--Richtlinie Nr. 28
Schallabstrahlung und Schallausbreitung

ÖAL--Richtlinie Nr. 32
Lärmschutz in Kurorten und Fremdenverkehrsorten -- in Vorbereitung

ÖAL--Richtlinie Nr. 33
Schalltechnische Grundlagen für die Errichtung von Gastgewerbebetrieben, insbesondere
Disotheken

ÖAL--Richtlinie Nr. 34
Lärmarm fahren -- Treibstoff sparen

ÖAL--Industrie--Richtlinie Nr. 111
Lärmarmes Baubetrieb

VDI-Richtlinien

30027 VDI-HANDBUCH LÄRMMINDERUNG

Herausgegeben vom Normenausschuß Akustik, Lärminderung und Schwingungstechnik (INALS) im DIN und VDI. A4, 106 VDI-Richtlinien, numerisches Inhaltsverzeichnis, in 4 Ringmappen; Preis 4.417,70 DM. Stand Februar 1993

VDI

1000 *	10.81	Richtlinienarbeit; Grundsätze und Anleitungen Establishing of guidelines; principles and procedures	36,00
2057 Bl. 1	05.87	Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen; Grundlagen, Gliederung; Begriffe	26,80
2057 Bl. 2	05.87	Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen; Bewertung	36,00
2057 Bl. 3	05.87	Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen; Beurteilung	36,00
2057 Bl. 4.1	05.87	Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen; Messung und Beurteilung von Arbeitsplätzen in Gebäuden	19,20
2057 Bl. 4.2	05.87	Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen; Messung und Bewertung von Arbeitsplätzen auf Landfahrzeugen - einschließlich fahrbarer Arbeitsmaschinen und Transportmittel - bei nicht festgelegten Betriebsbedingungen	36,00
2057 Bl. 4.3	05.87	Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen; Messung und Beurteilung für Wasserfahrzeuge	44,60
2058 Bl. 1	09.85	Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft	57,10
2058 Bl. 2	06.88	Beurteilung von Lärm hinsichtlich Gehörgefährdung	36,00
2058 Bl. 3	04.81	Beurteilung von Lärm am Arbeitsplatz unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tätigkeiten	26,80
2062 Bl. 1	01.76	Schwingungsisolierung; Begriffe und Methoden	65,10
2062 Bl. 2	01.76	Schwingungsisolierung; Isolierelemente	53,10
2081	03.83	Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen	87,60
2159	07.85	Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Getriebe-geräusche	71,10
2560	12.83	Persönlicher Schallschutz	71,10
2561	07.68	Die Geräuschemission von Gesenk- und Freiformschmieden und Maßnahmen zu ihrer Minderung	36,00
2563	02.90	Geräuschanteile von Straßenfahrzeugen; Meßtechnische Erfassung und Bewertung	77,20

Nr.	Ausg.	Preis/DM
VDI		
2566	08.88 Lärminderung an Aufzugsanlagen	47,30
2567	09.71 Schallschutz durch Schalldämpfer	53,10
2569	01.90 Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro	71,10
2570	09.80 Lärminderung in Betrieben; Allgemeine Grundlagen	77,20
2571	08.76 Schallabstrahlung von Industriebauten	53,10
2572	07.86 Geräusche von Textilmaschinen und in Textilmaschinenräumen sowie Maßnahmen zur Geräuschminderung	57,10
2574	04.81 Hinweise für die Bewertung der Innengeräusche von Kraftfahrzeugen	26,80
2711	06.78 Schallschutz durch Kapselung	82,70
2713	07.74 Lärminderung bei Wärmekraftanlagen	65,10
2714	01.88 Schallausbreitung im Freien	65,10
2715	09.77 Lärminderung an Warm- und Heißwasser-Heizungsanlagen	44,60
2716	07.75 Geräuschsituation bei Stadtbahnen	36,00
2716 E	06.92 Luft- und Körperschall bei Schienenbahnen des städtischen Nahverkehrs	71,10
2717	03.88 Lärminderung auf Binnenschiffen	77,20
2718 E	06.75 Schallschutz im Städtebau; Hinweise für die Planung	71,10
2719	08.87 Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen	77,20
2720 Bl. 1 E	02.91 Schallschutz durch Abschirmung im Freien	53,10
2720 Bl. 2	04.83 Schallschutz durch Abschirmung in Räumen	77,20
2720 Bl. 3 E	02.83 Schallschutz durch Abschirmung im Nahfeld; teilweise Umschließung	47,30
3720 Bl. 1	11.80 Lärmarm Konstruieren; Allgemeine Grundlagen	71,10
3720 Bl. 2	11.82 Lärmarm Konstruieren; Beispielsammlung	112,10
3720 Bl. 3 E	04.78 Lärmarm Konstruieren; Systematisches Vorgehen	53,10
3720 Bl. 4	01.84 Lärmarm Konstruieren; Rotierende Bauteile und deren Lagerung	65,10
3720 Bl. 5	03.84 Lärmarm Konstruieren; Hydrokomponenten und -systeme	71,10
3720 Bl. 6 E	07.84 Lärmarm Konstruieren; Mechanische Eingangsimpedanzen von Bauteilen, insbesondere von Normprofilen	71,10
3720 Bl. 7 E	06.89 Lärmarm Konstruieren; Beurteilung von Wechselkräften bei der Schallentstehung	65,10
3720 Bl. 9.1	01.90 Lärmarm Konstruieren; Leistungsgetriebe; Minderung der Körperschallanregung im Zahneingriff	53,10
3722 Bl. 1	08.88 Wirkungen von Verkehrsgeräuschen	36,00
3723 Bl. 1 E	10.82 Anwendung statistischer Methoden bei der Kennzeichnung schwankender Geräuschmissionen	65,10
3723 Bl. 2 E	09.89 Kennzeichnung von Geräuschmissionen; Erläuterung von Begriffen zur Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft	82,70
3724 E	02.89 Beurteilung der durch Freizeitaktivitäten verursachten und von Freizeiteinrichtungen ausgehenden Geräuschen	47,30
3726	01.91 Schallschutz bei Gaststätten und Kegelbahnen	47,30

Nr.	Ausg.	Preis/DM
VDI		
3727 Bl. 1	02.84 Schallschutz durch Körperschalldämpfung; Physikalische Grundlagen und Abschätzungsverfahren	65,10
3727 Bl. 2	11.84 Schallschutz durch Körperschalldämpfung; Anwendungshinweise	65,10
3728	11.87 Schalldämmung beweglicher Raumabschlüsse; Türen, Tore und Mobilwände	57,10
3729 Bl. 1 ●	10.92 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Geräte der Büro- und Informationstechnik; Rahmen-Richtlinie	36,00
3729 Bl. 2	08.82 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Büromaschinen, Schreibmaschinen	19,20
3729 Bl. 3	08.82 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Büromaschinen, Vervielfältigungsmaschinen und Bürokopiergeräte	19,20
3729 Bl. 5	08.82 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Büromaschinen, Postbearbeitungsmaschinen	19,20
3729 Bl. 6	04.90 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Geräte der Büro- und Informationstechnik; Arbeitsplatzcomputer	26,80
3730	08.88 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Prozeßöfen (Röhrenöfen)	19,20
3731 Bl. 1	12.82 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Kompressoren	44,60
3731 Bl. 2	11.90 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Ventilatoren	71,10
3732	02.81 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Fackeln	19,20
3733 E ●	12.92 Geräusche bei Rohrleitungen	100,30
3734 Bl. 1	02.81 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Rückkühlanlagen; Luftgekühlte Wärmeaustauscher (Luftkühler)	26,80
3734 Bl. 2	02.90 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Rückkühlanlagen; Kühltürme	36,00
3735	07.86 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Zerkleinerungsmaschinen	71,10
3736 Bl. 1	04.84 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Umlaufende elektrische Maschinen; Asynchronmaschinen	47,30
3737 Bl. 1	08.81 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Elektrische Geräte für den Hausgebrauch; Rahmen-Richtlinie	19,20
3737 Bl. 2	08.81 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Elektrische Geräte für den Hausgebrauch; Küchenmaschinen: Rührer und Knetter, Mixer	19,20
3737 Bl. 3	08.81 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Elektrische Geräte für den Hausgebrauch; Geschirrspülmaschinen	19,20
3737 Bl. 4	11.87 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Elektrische Geräte für den Hausgebrauch; Staubsauger	19,20
3737 Bl. 5	08.81 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Elektrische Geräte für den Hausgebrauch; Waschmaschinen	19,20
3737 Bl. 6	08.81 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Elektrische Geräte für den Hausgebrauch; Wäschetrockner	19,20
3737 Bl. 7	08.81 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Elektrische Geräte für den Hausgebrauch; Kühl- und Gefriergeräte	19,20
3737 Bl. 8	08.81 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Elektrische Geräte für den Hausgebrauch; Dunstabzugshauben	19,20

Nr.	Ausg.	Preis/DM
VDI 3739	07.82 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Transformatoren	26,80
3740 Bl. 1	05.82 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Holzbearbeitungsmaschinen; Rahmen-Richtlinie	19,20
3740 Bl. 2	05.82 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Holzbearbeitungsmaschinen; Hobelmaschinen für einseitige Bearbeitung	47,30
3740 Bl. 3	03.87 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Holzbearbeitungsmaschinen; Tisch- und Baustellen-Kreissägemaschinen	44,60
3740 Bl. 4	06.83 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Holzbearbeitungsmaschinen; Tischfräsmaschinen	26,80
3740 Bl. 6	06.89 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Holzbearbeitungsmaschinen; Tischbandsägemaschinen	36,00
3741	01.81 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Maschinen in Flaschen-Abfüllanlagen	26,80
3742 Bl. 1	02.81 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Spanende Werkzeugmaschinen; Drehmaschinen	26,80
3742 Bl. 2	02.81 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Spanende Werkzeugmaschinen; Fräsmaschinen	36,00
3742 Bl. 3	06.83 Emissionsgrenzwerte technischer Schallquellen; Spanende Werkzeugmaschinen; Wälzfräsmaschinen	19,20
3742 Bl. 4	06.83 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Spanende Werkzeugmaschinen; Kaltkreissägemaschinen	19,20
3742 Bl. 5	06.83 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Spanende Werkzeugmaschinen; Schleifmaschinen	19,20
3742 Bl. 6	06.83 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Spanende Werkzeugmaschinen; Bohrmaschinen	19,20
3743 Bl. 1	01.82 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Pumpen; Kreiselpumpen	36,00
3743 Bl. 2	06.89 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Pumpen; Verdrängerpumpen	47,30
3744 E	02.83 Schallschutz bei Krankenhäusern und Sanatorien; Hinweise für die Planung	53,10
3745 Bl. 1 E	03.90 Beurteilung von Schießgeräuschmissionen	65,10
3748	07.86 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Handkettensägemaschinen	47,30
3749 Bl. 1	06.83 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Druckluft-Werkzeuge und -Maschinen; Rahmen-Richtlinie	19,20
3749 Bl. 1 E	10.89 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Druckluft-Werkzeuge und -Maschinen; Rahmen-Richtlinie	19,20
3749 Bl. 2	06.83 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Druckluft-Werkzeuge und -Maschinen; Schlagende Maschinen	19,20
3749 Bl. 3	06.83 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Druckluft-Werkzeuge und -Maschinen; Bohrhämmer und Hammerbohrmaschinen	19,20
3749 Bl. 4	12.84 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Druckluft-Werkzeuge und -Maschinen; Bohrmaschinen	19,20
3749 Bl. 5	07.86 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Druckluft-Werkzeuge und -Maschinen; Schleifer	19,20

Nr.	Ausg.	Preis/LM
VDI		
3749 Bl. 6	08.87 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Druckluft-Werkzeuge und -Maschinen; Schrauber	19,20
3752 Bl. 1 E	10.86 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Werkzeugmaschinen; Pressen zum Schneiden von Blech (Schneidpressen)	36,00
3752 Bl. 2	12.89 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Umformmaschinen; Schmiedepressen	36,00
3755	12.90 Schalldämmung und Schallabsorption abgehängter Unterdecken	57,10
3759	07.86 Lärminderung beim Transport von Blechen, Profilen, Hohlkörpern	77,20
3761	07.90 Emissionskennwerte technischer Schallquellen; Handgeführte Elektrowerkzeuge für die Holzbearbeitung	47,30
3800	04.79 Kostenermittlung für Anlagen und Maßnahmen zur Emissionsminderung	47,30
4100 E	10.89 Schallschutz von Wohnungen; Kriterien für Planung und Beurteilung	71,10

Bild 1: Hörschwelle und Kurven gleichen Lautstärkepegel für Sinustöne im freien Schallfeld bei zweiohrigem Hören

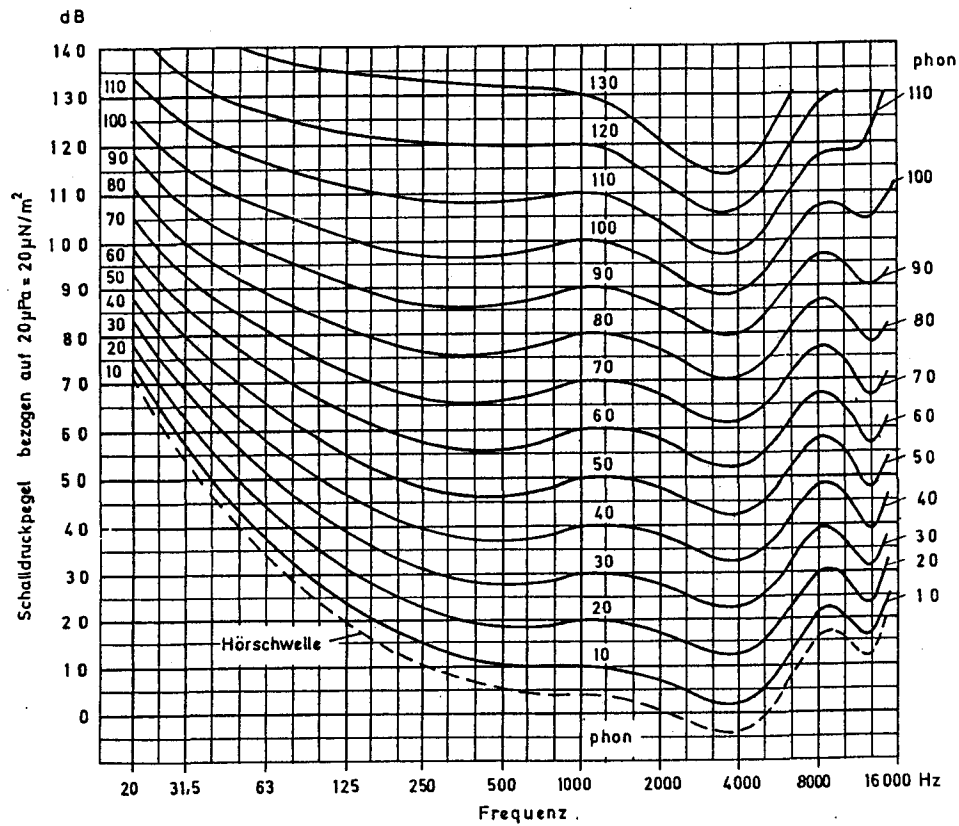


Bild 2: Lautheit N und Lautstärkepegel L_N als Funktion des Schallpegels L bei Beschallung mit rosa Rauschen L_{RR} , weißem Rauschen L_{WR} und Sinuston mit 1000 Hz L_{1kHz}

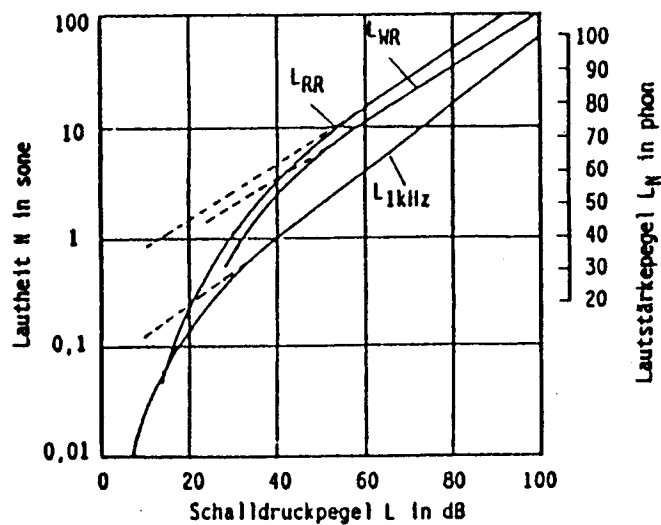


Bild 3: A-Bewertung für Schallpegelmessungen

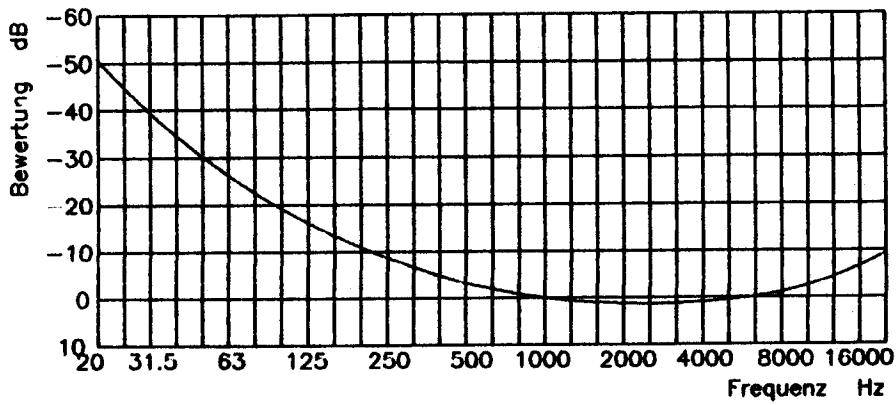


Bild 4: Graphische Ermittlung des Summenpegels zweier Schallquellen mit unterschiedlichem Pegel

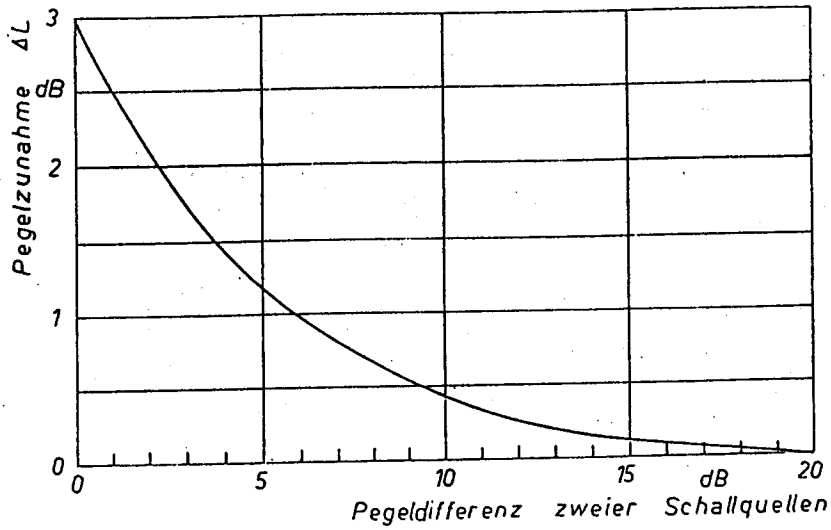


Bild 5: Graphische Ermittlung des Summenpegels mehrerer Schallquellen mit gleichem Pegel

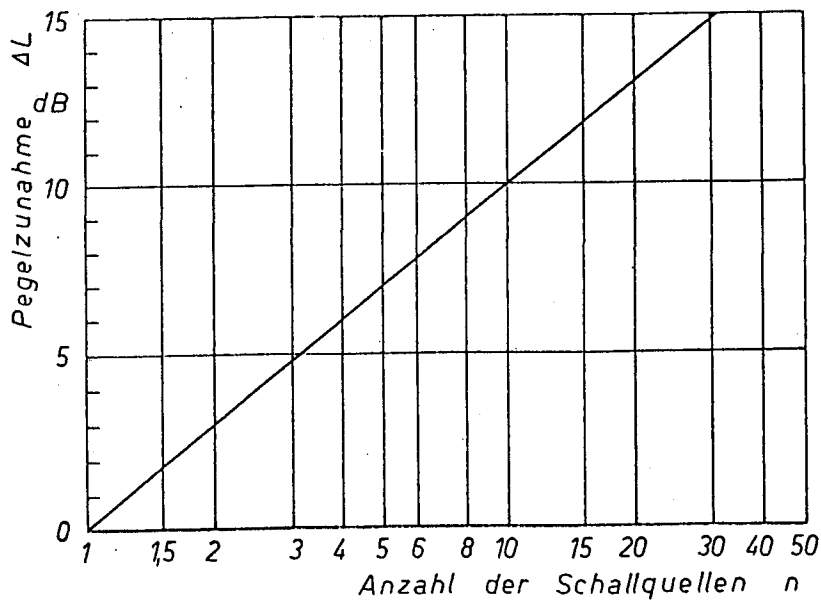
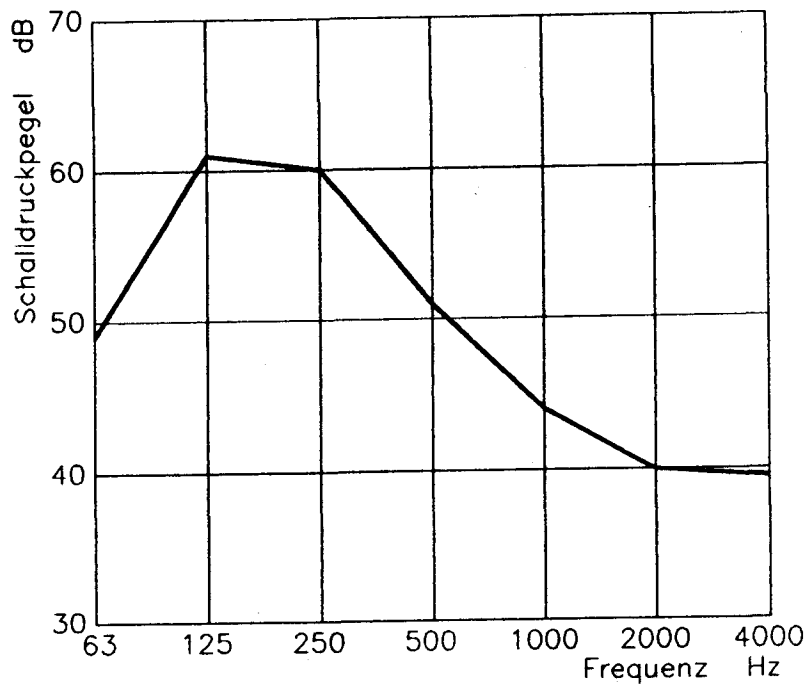


Bild 6a: Oktavbandanalyse des Geräusches eines Transformators



Charakteristik der Oktavfilter

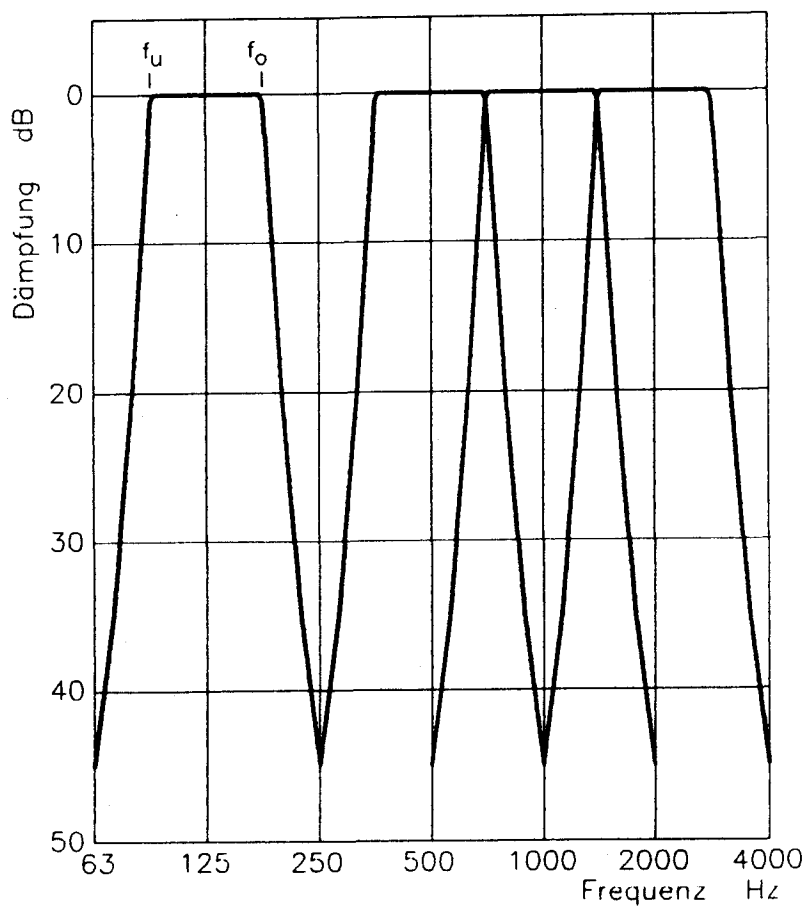
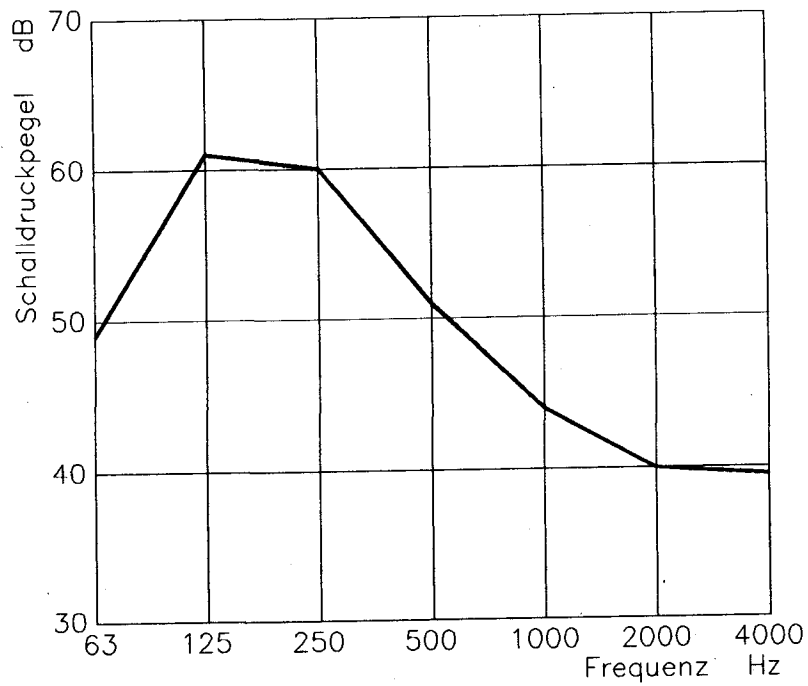


Bild 6a: Oktavbandanalyse des Geräusches eines Transformators



Charakteristik der Oktavfilter

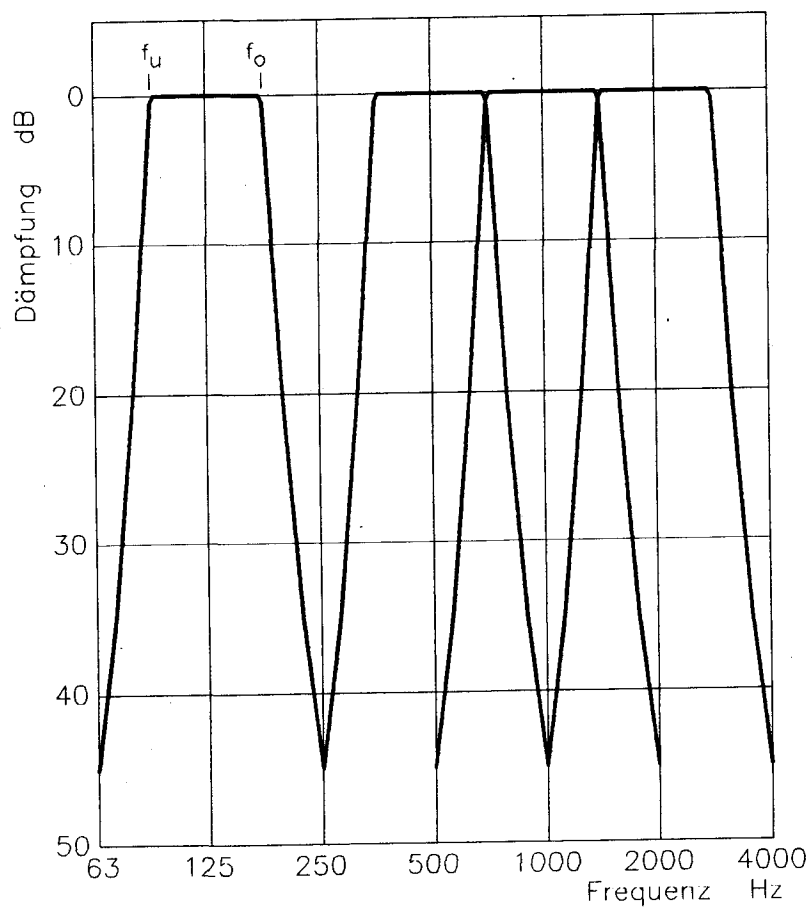
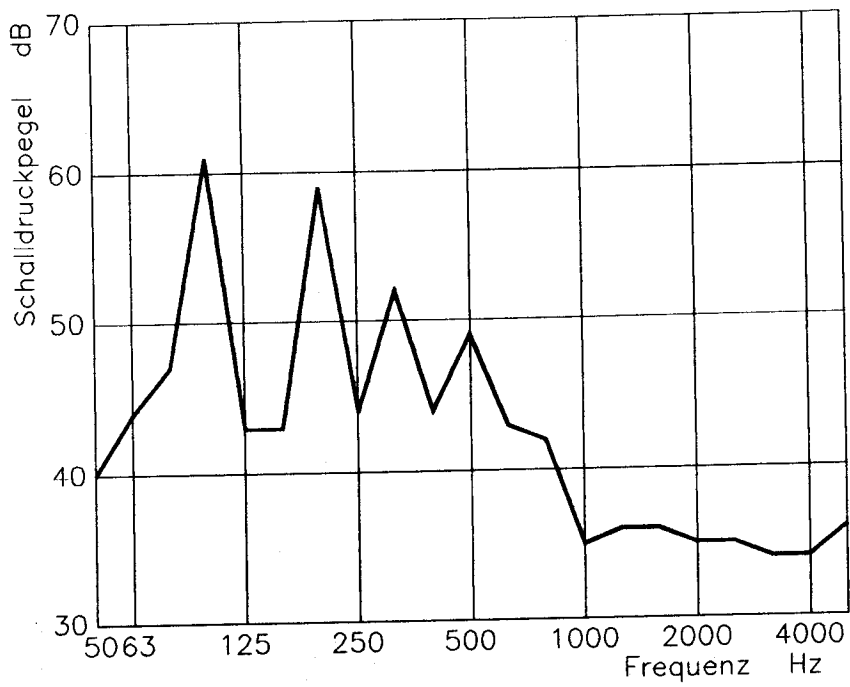


Bild 6b: Terzbandanalyse des Geräusches eines Transformators



Charakteristik der Terzfilter

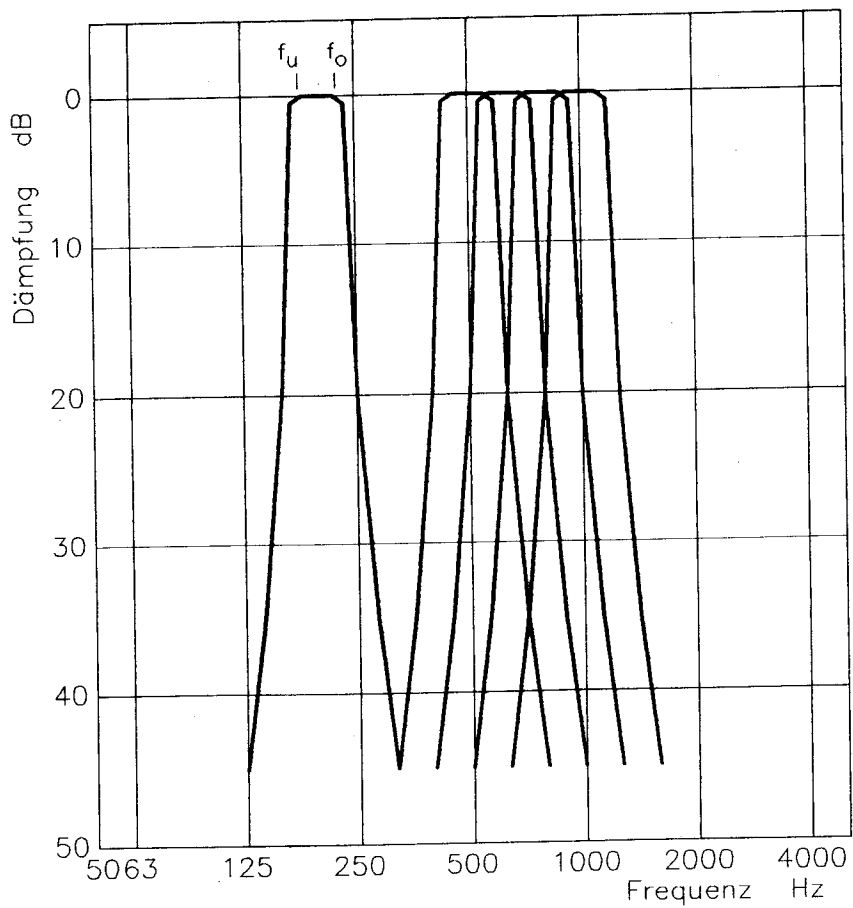
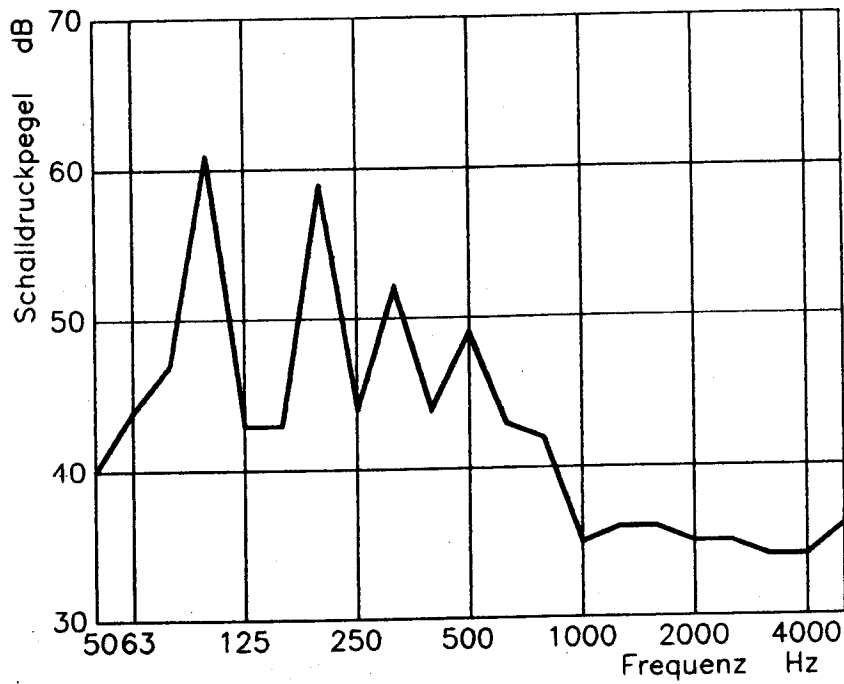


Bild 6b: Terzbandanalyse des Geräusches eines Transformators



Charakteristik der Terzfilter

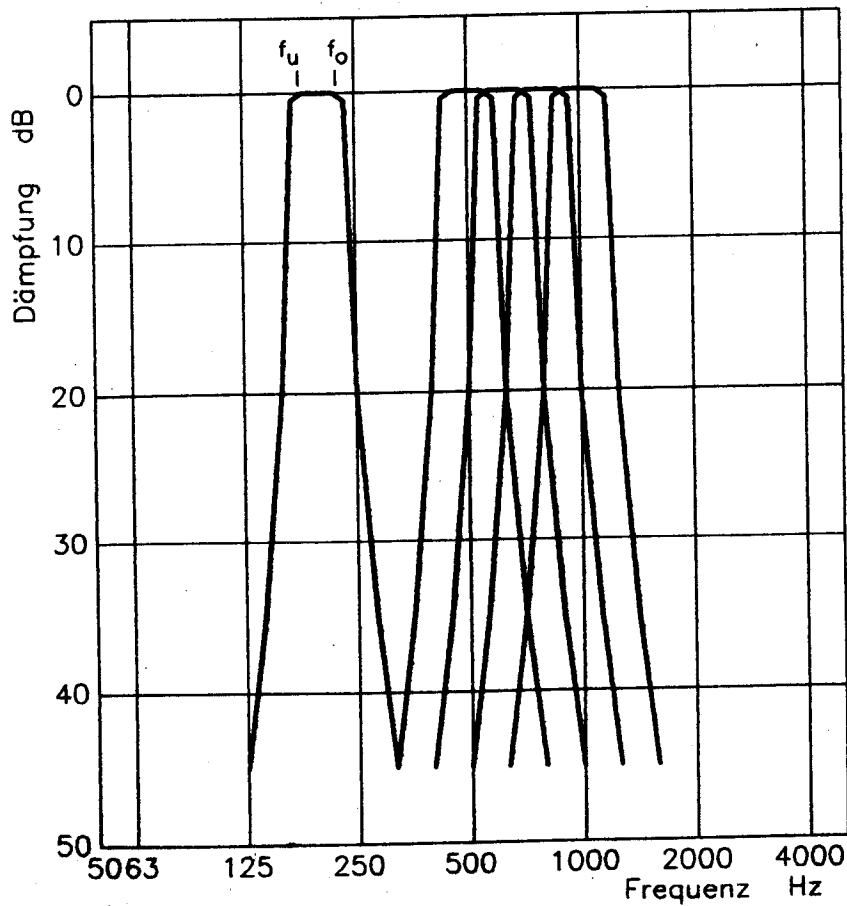
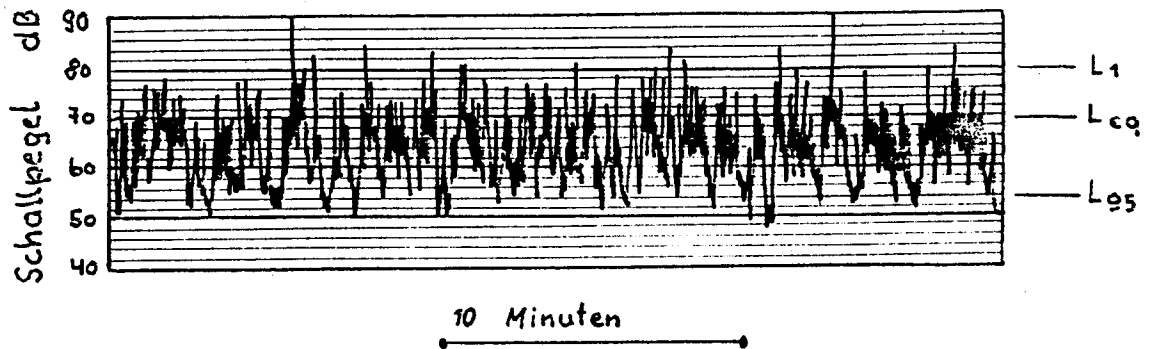


Bild 7: Aufzeichnung des A-bewerteten Schallpegels in Abhängigkeit von der Zeit

a) an einer Verkehrsstraße



b) in einer Zimmerei

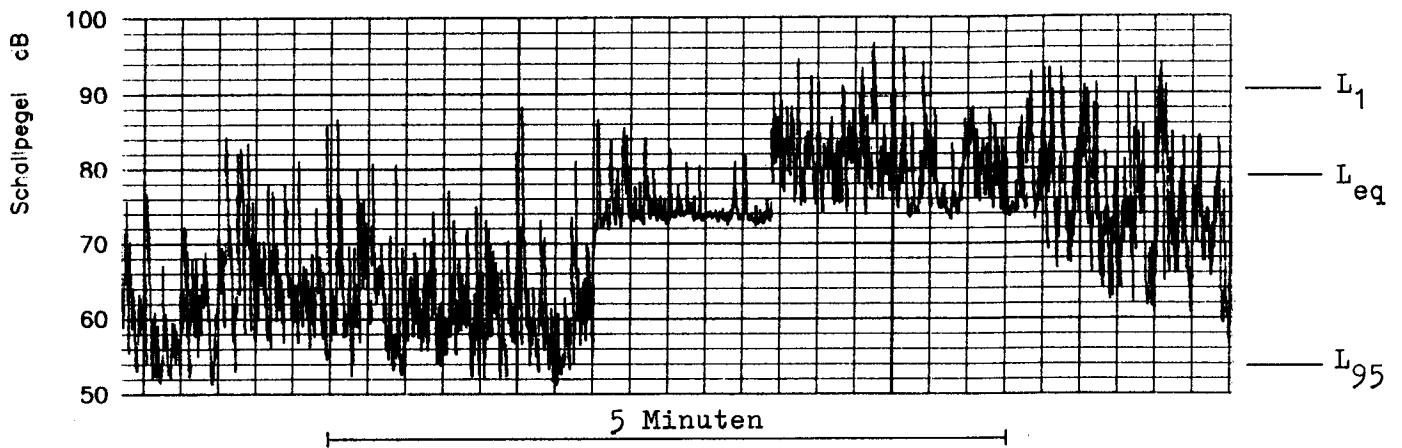


Bild 8a: Einzelhäufigkeit des Schallpegels
(in 2 dB-Klassen) in der Zimmerei

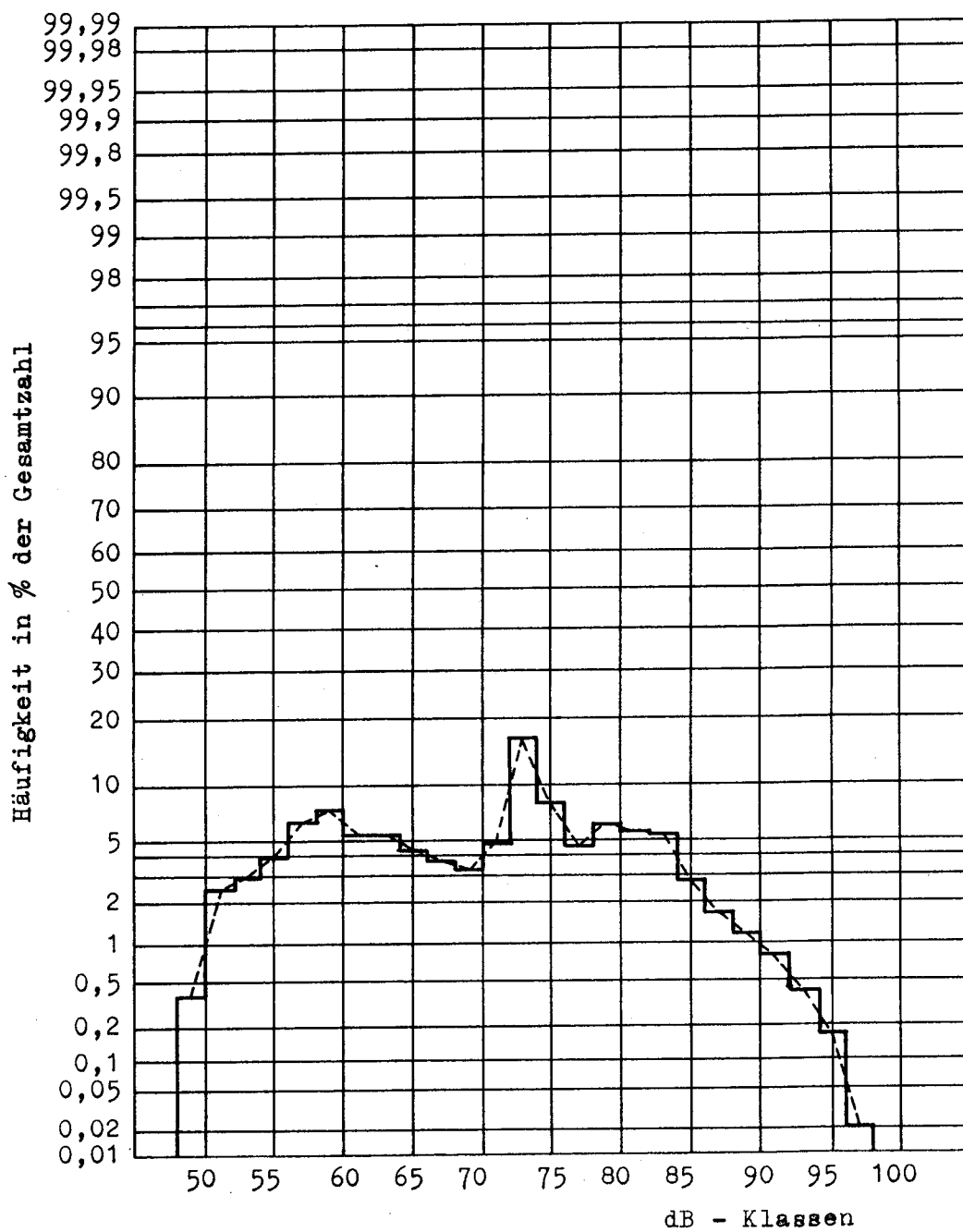


Bild 8b: Summenhäufigkeit des Schallpegels
in der Zimmerei

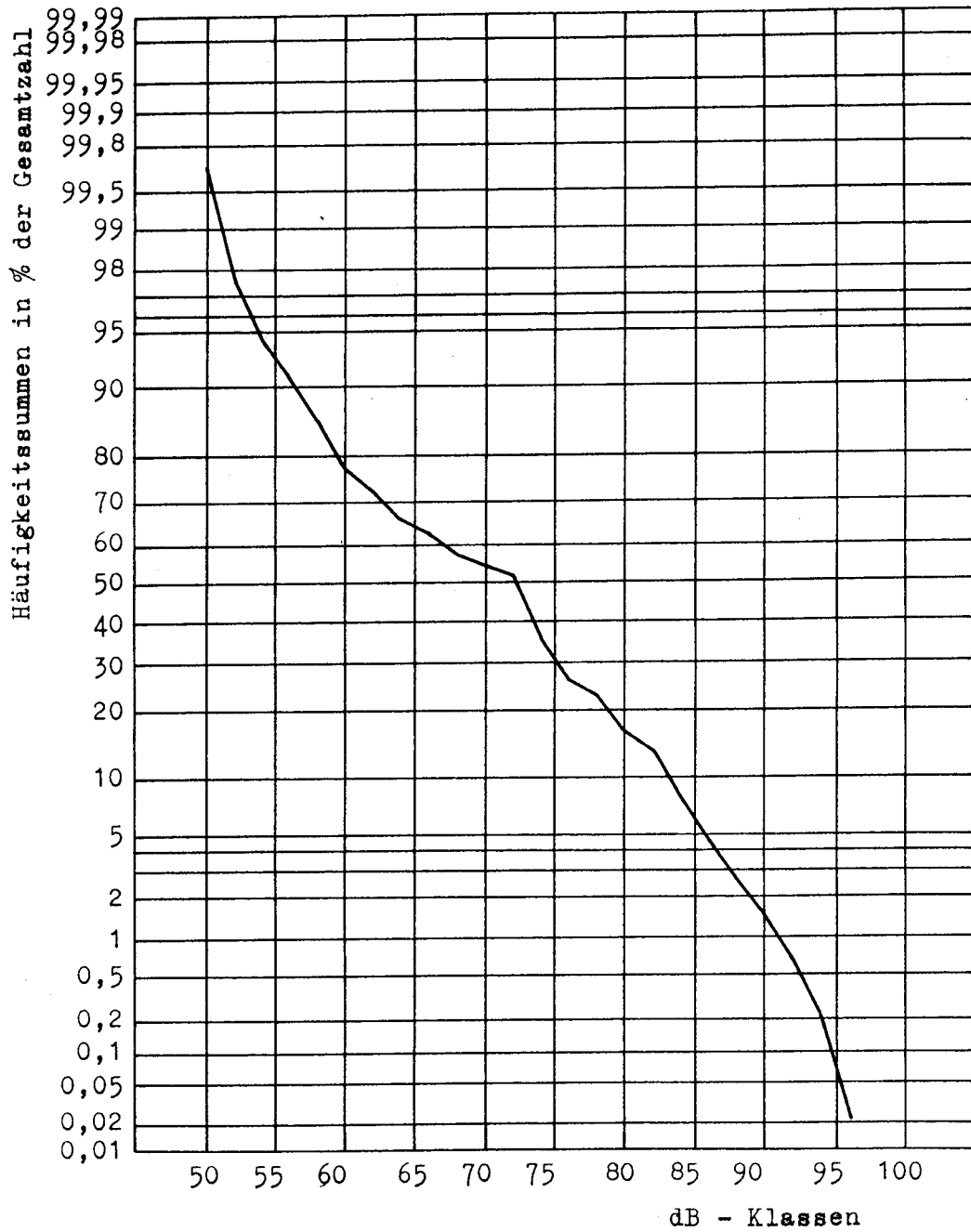


Bild 9: Entwicklung der 6 häufigsten Berufskrankheiten bzw. Berufskrankheitsgruppen seit 1981

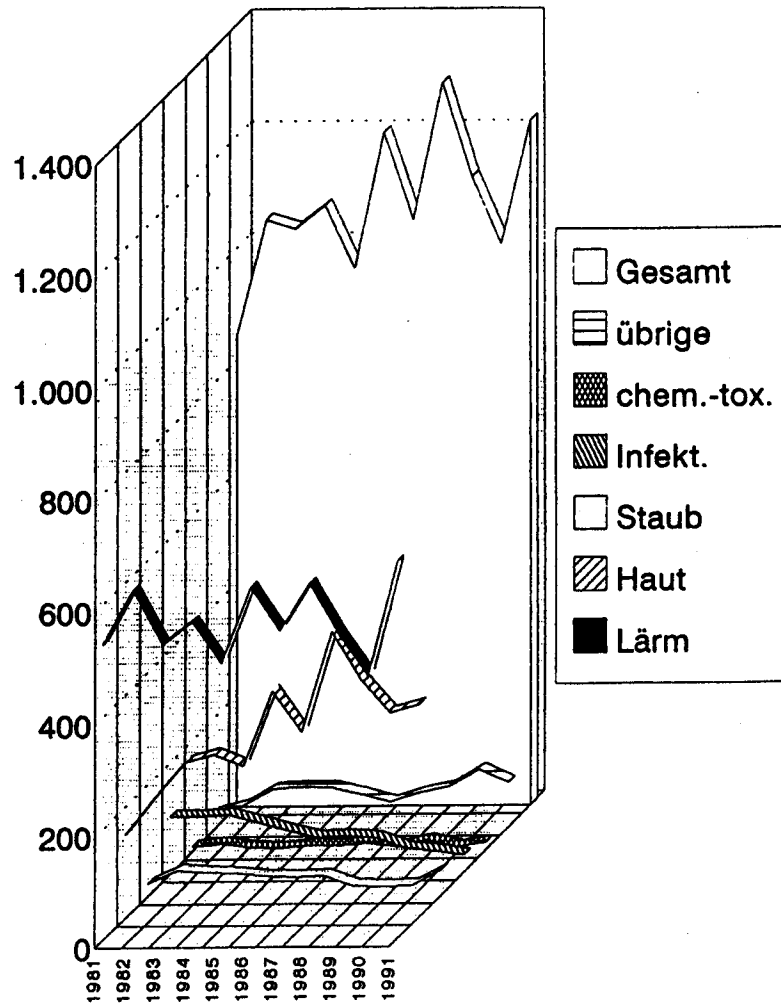


Bild 10: Zusammenhang zwischen Störgeräusch und möglicher Entfernung Sprecher – Hörer bei unterschiedlichem Stimmaufwand für ausreichende Sprachverständigung

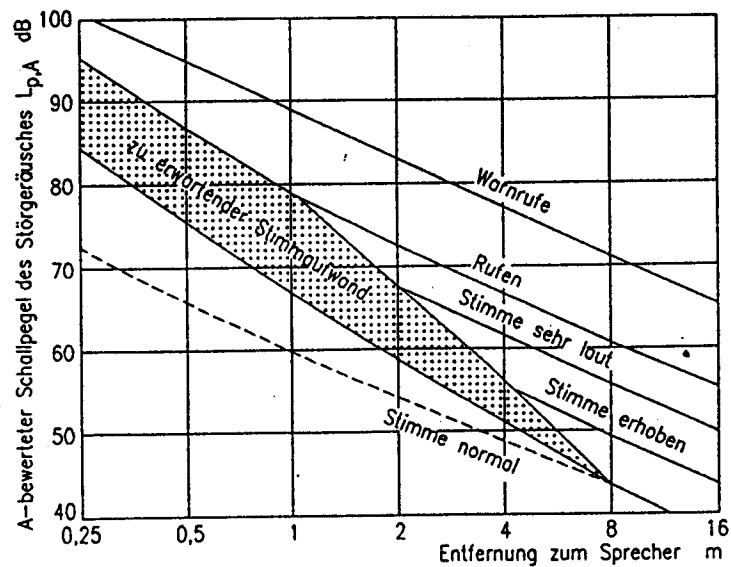


Bild 11: Statistischer Zusammenhang zwischen dem Schallpegel und der Störwirkung ("erhebliche Belastung") von Straßenverkehrslärm für die Funktion "Wohnen"

- a . . . "Wohnen mit Freiräumen" (Terrasse, Garten) bei lockerer Bebauung
- b . . . "Städtisches Wohnen" bei geschlossener Bebauung

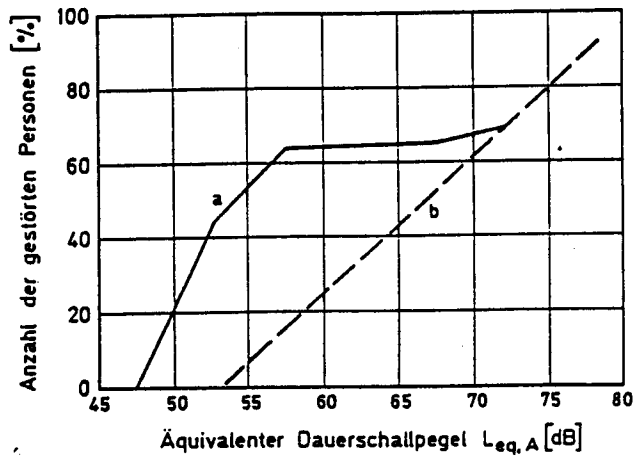
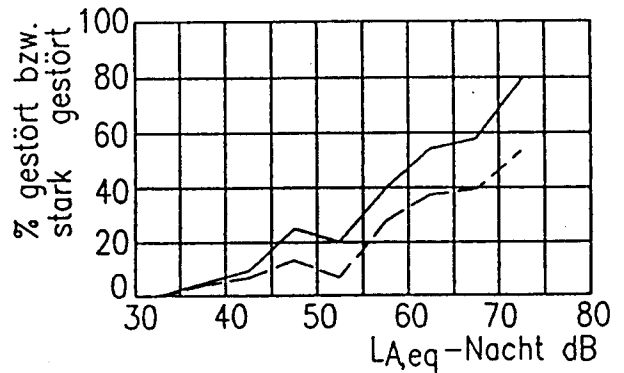
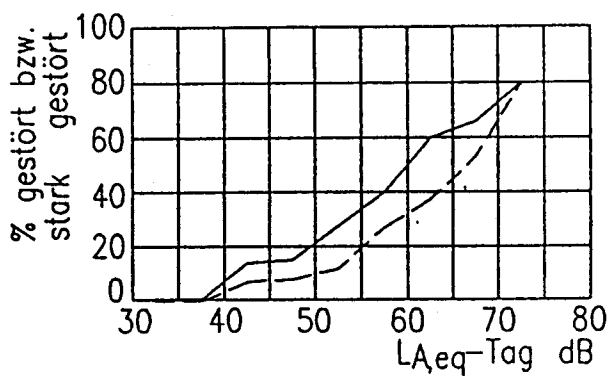


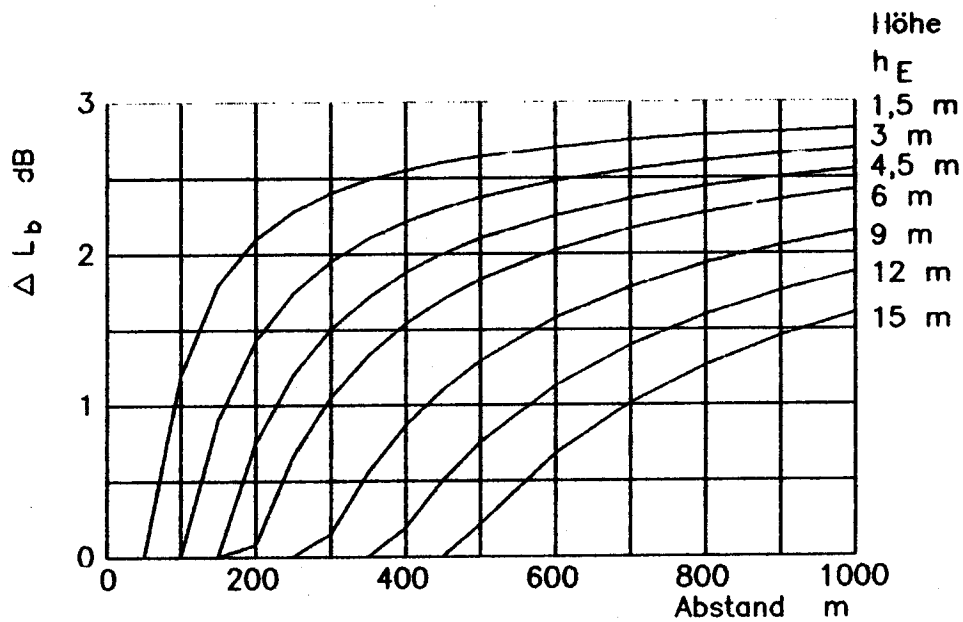
Bild 12: Statistischer Zusammenhang zwischen dem Schallpegel und der Störwirkung von Schienenverkehrslärm



— gestört
 - - stark gestört

Bild 13: Einfluß des Bodens auf die Schallausbreitung
 berechnet für Straßenverkehrslärm
 (Schallquelle 0.5 m über reflektierendem Boden)
 für verschiedene Höhen h_E des Empfängers

Boden reflektierend



Boden absorbierend

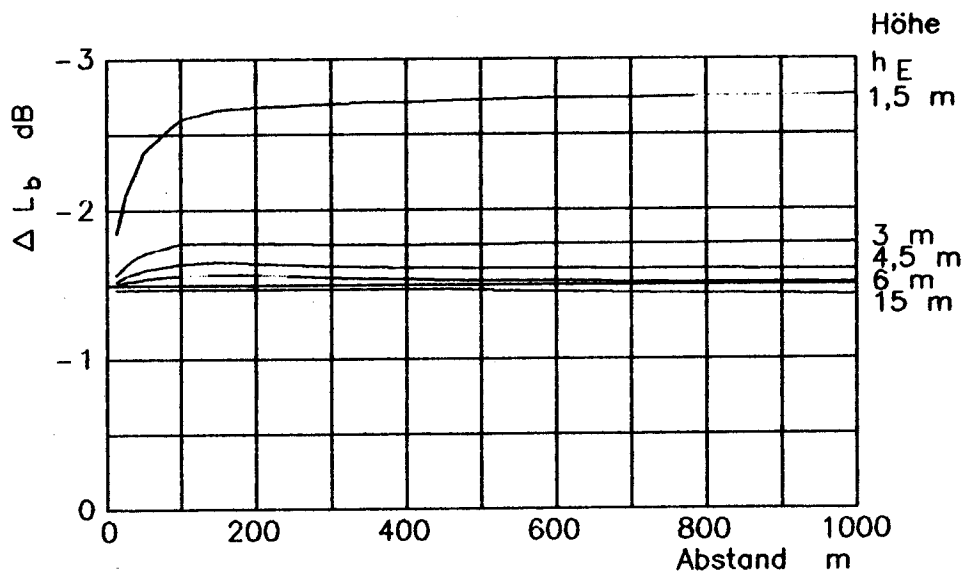
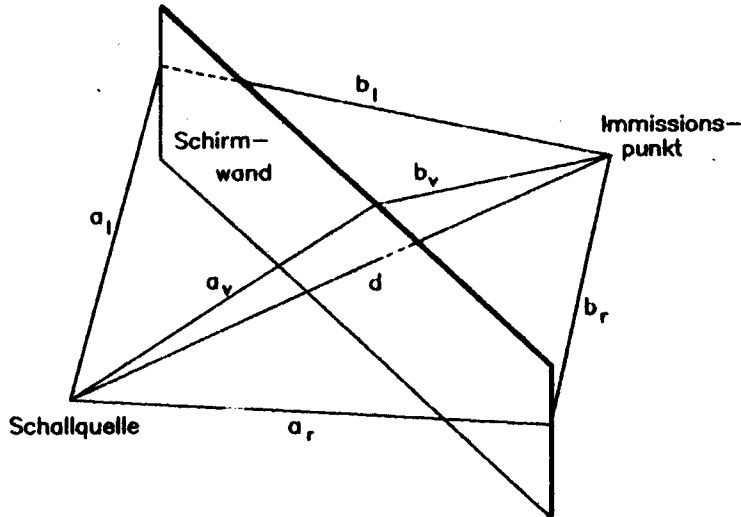


Bild 14: Zur Ermittlung des Schirmmaßes
 Das Diagramm gilt für Straßenverkehrslärm
 und annähernd auch für Schienenverkehrslärm
 und Betriebslärm



Ermittlung des
 Schirmwerts z
 obere Schirmkante
 $z_v = a_v + b_v - d$
 rechte Schirmkante
 $z_r = a_r + b_r - d$
 linke Schirmkante
 $z_l = a_l + b_l - d$

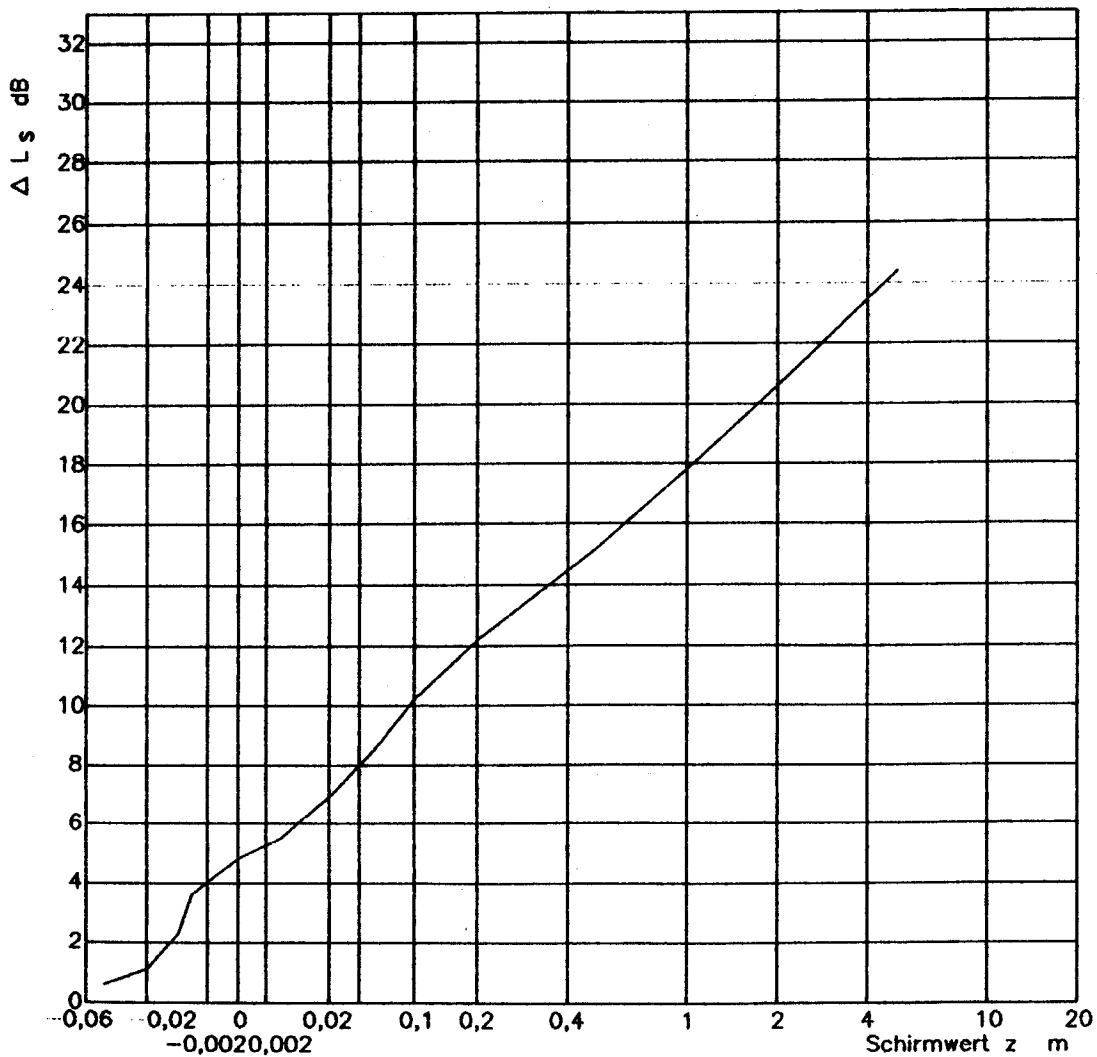


Bild 15: Verschiedene Querschnitte von Lärmschutzwänden, die den gleichen Schirmwert liefern

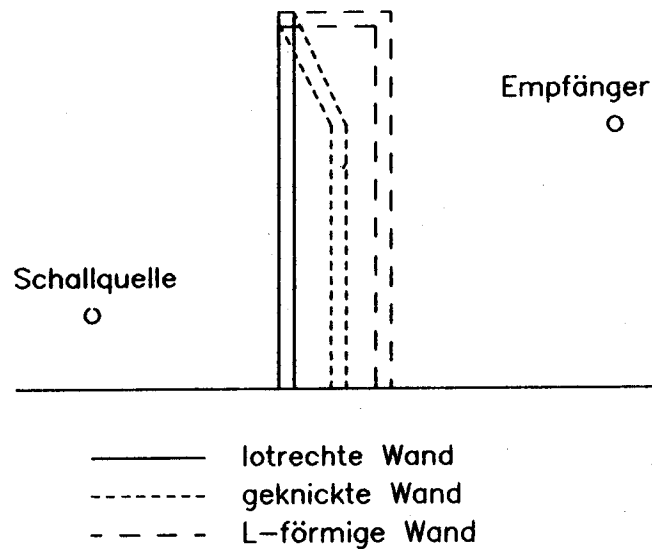


Bild 16: Einfluß von Temperatur- und Windgeschwindigkeitsgradient auf die Schallausbreitung

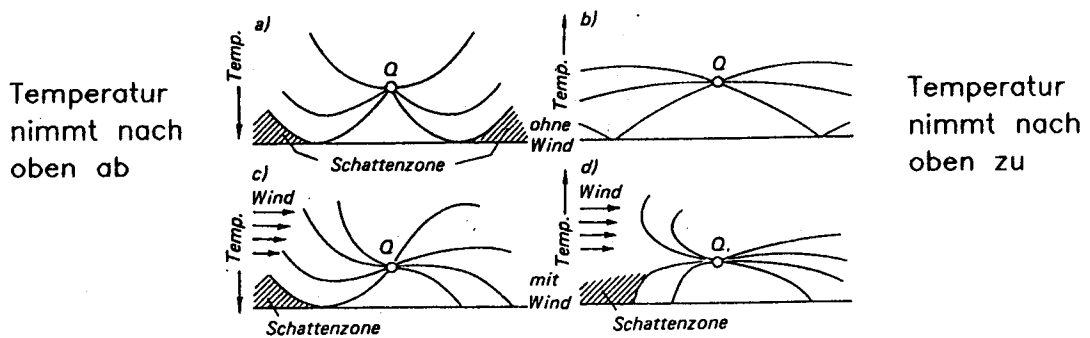


Bild 17: Schallpegel in einem Raum in Abhängigkeit vom Abstand von der Schallquelle

L_d direkter Schall L_n Nachhallerschall L_{ges} Gesamtschall

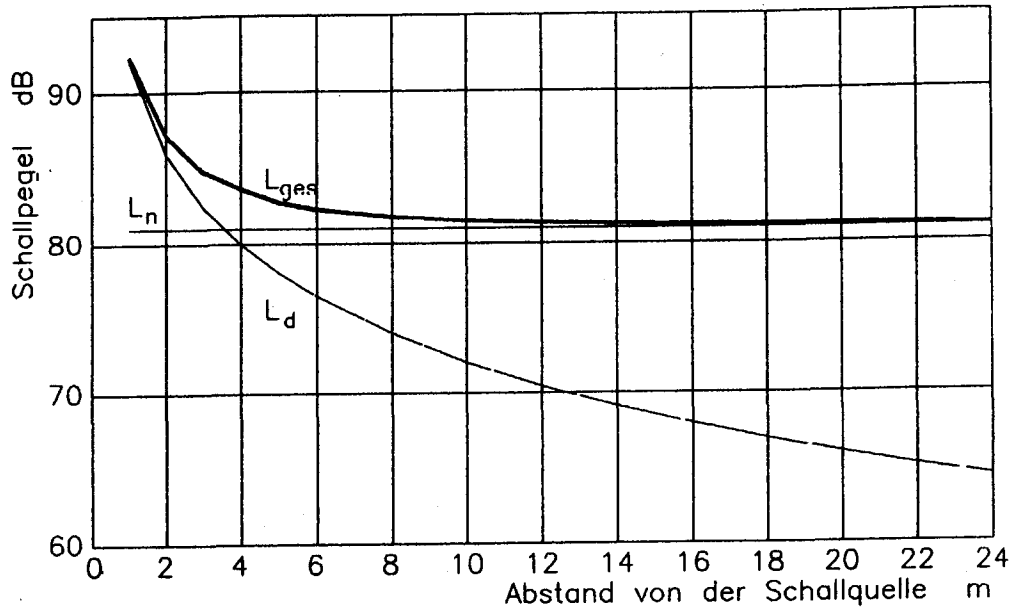


Bild 18: Begrenzung der Nachhallzeit in Betriebsräumen (Erhöhung der Schallabsorption zur Lärminderung) nach ÖNORM B 8115-3

a . . . höchstzulässig b . . . anzustreben

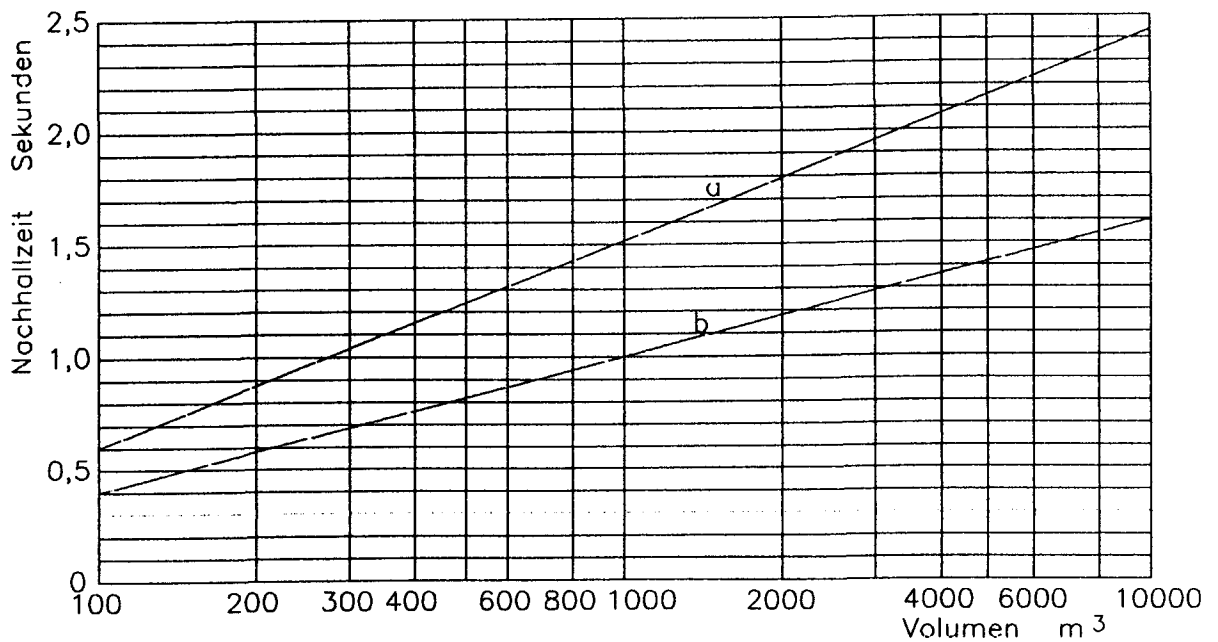
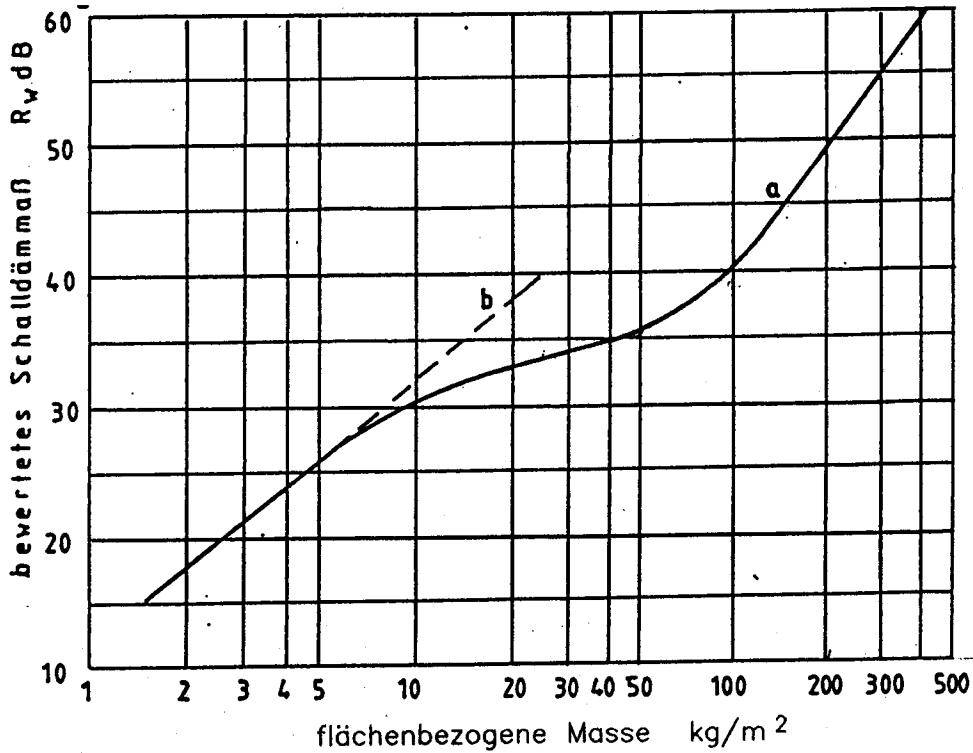


Bild 19: Bewertetes Schalldämm-Maß von einschaligen Bauteilen in Abhängigkeit von ihrer Masse



- a Beton, Ziegel, Gips, Glas und ähnliche Baustoffe
- b Stahlblech bis 3 mm Dicke, Bleiblech, Gummi

Bild 20: Ermittlung des resultierenden Schalldämm-Maßes von Bauteilen, die aus Teilen mit unterschiedlichem Schalldämm-Maß zusammengesetzt sind

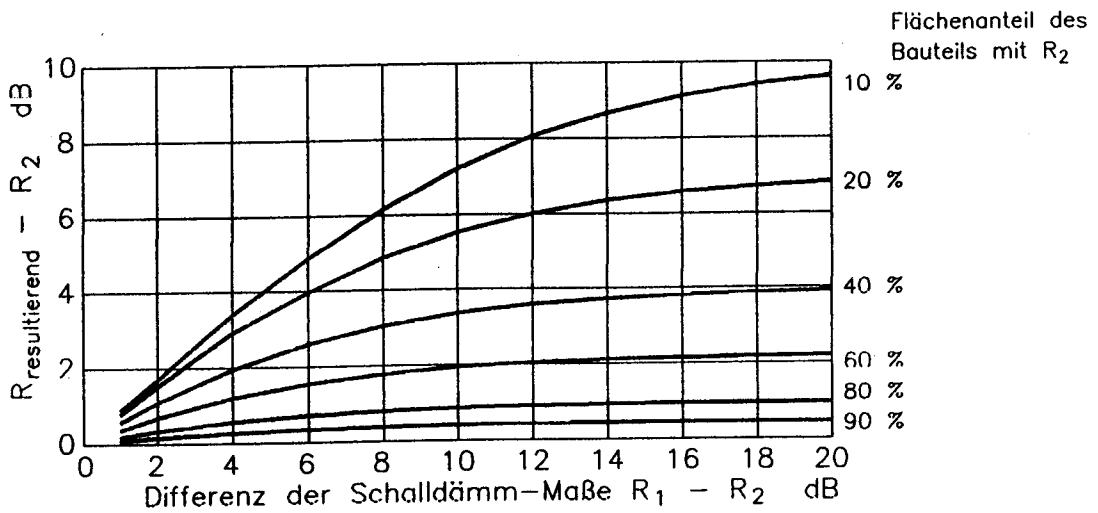


Bild 21: Maximaler Schallpegel und Schallereignispegel (A-bewertet) der Vorbeifahrt von PKWs und LKWs mit unterschiedlicher Geschwindigkeit auf unterschiedlichen Fahrbahnen

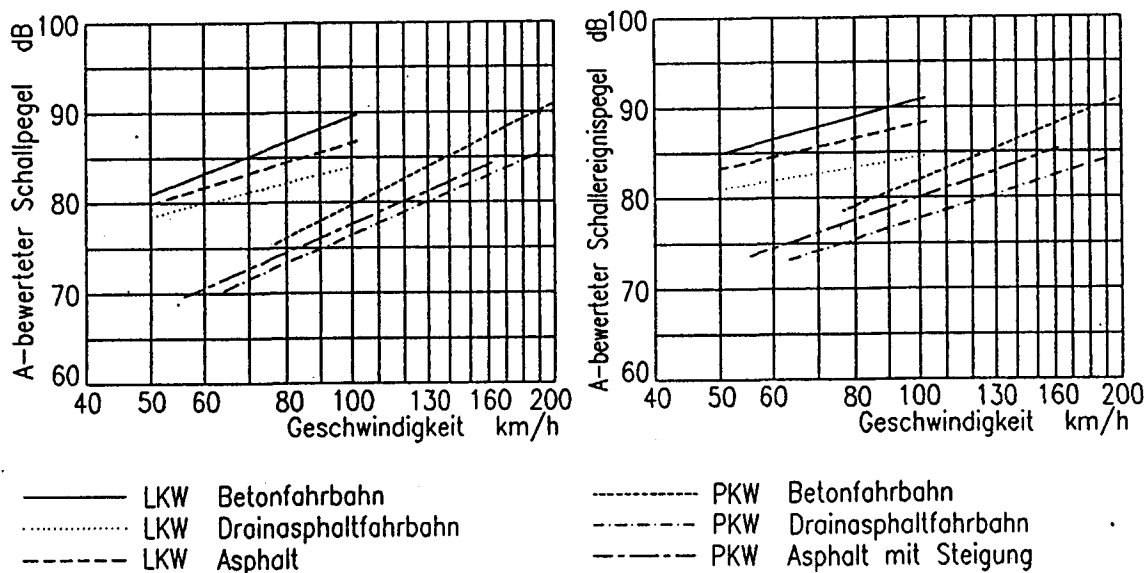
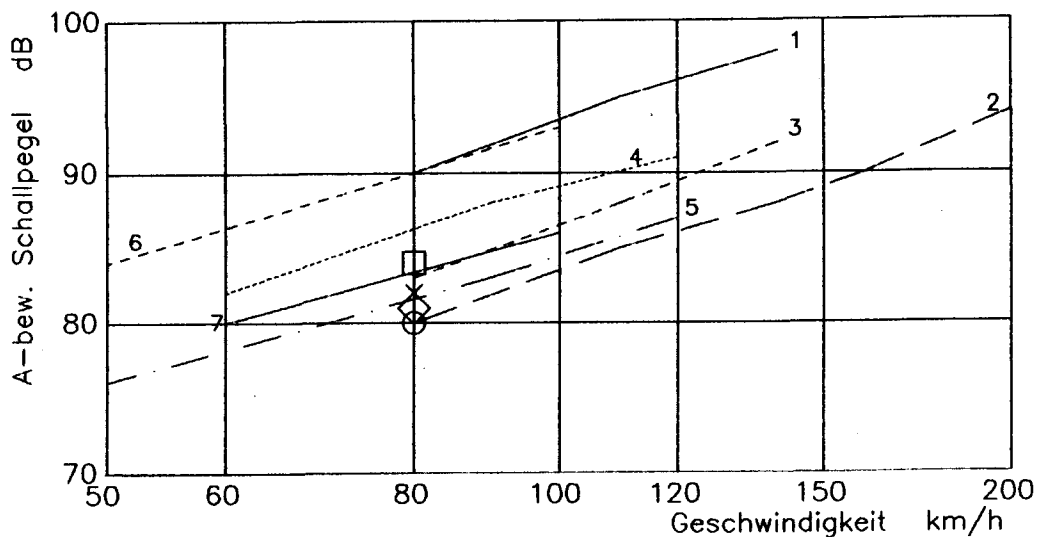


Bild 22: Schallemission der Schienenfahrzeuge und Grenzwerte nach der Schienenfahrzeug-Lärmzulässigkeitsverordnung



Grenzwerte nach SchLV

- Reisezugwagen Kat.1 und 2 (Kat.3 und 4 um 3 dB höher)
- × elektr. Triebwagen
- Triebwagen mit Verbrennungskraftmotor
- ◇ Güterwagen Kat.1 (Kat.2 um 2 dB höher, Kat.3 um 4 dB höher)
bis 31.Dez.1996 gelten um 10 dB(A) höhere Grenzwerte,
bis 31.Dez.2001 gelten um 5 dB(A) höhere Grenzwerte

Bild 23: Schallpegel von Flugzeugen
in Abhängigkeit von der Entfernung

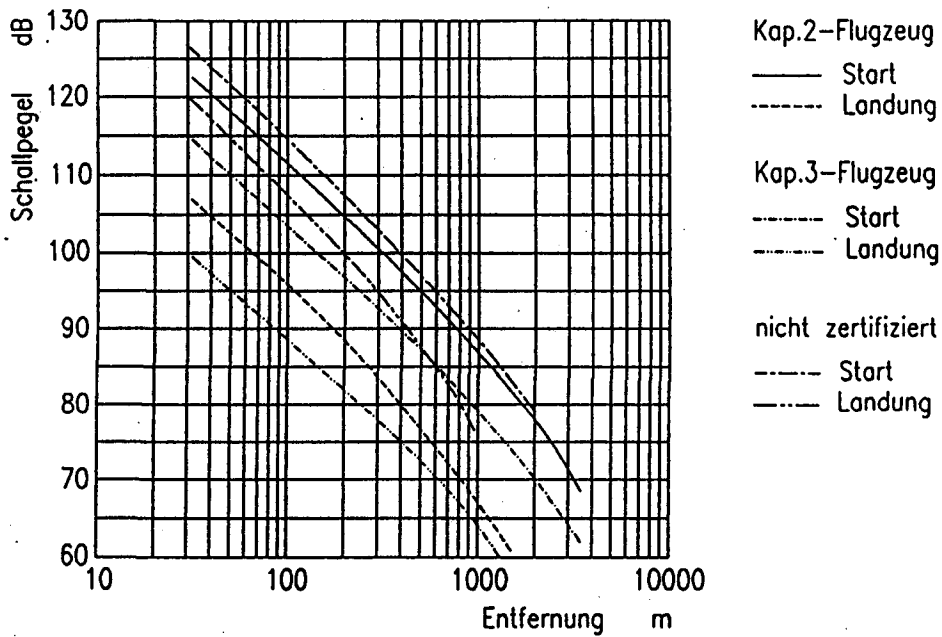
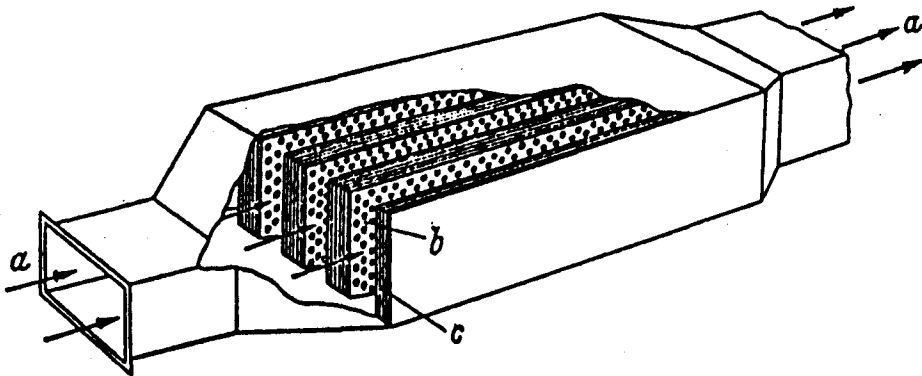


Bild 24: Beispiel für die grundsätzlichen Möglichkeiten
der Minderung der Geräuschemission

Variante	Gestaltung des Anschlags	A-Schalldruckpegel L_A in 1m Abstand
A	<p>L 50 x 50 x 6 x 50 lang</p> <p>Anregung 5 Schläge/s</p> <p>6 mm versteifte Stahlplatte Abstrahlfläche ca. 1 m²</p>	105 dB
B	<p>15</p> <p>Gummi 60° Shore</p>	87 dB
C	<p>75</p> <p>75 tief</p> <p>3 kg</p>	93 dB
D	<p>15</p>	77 dB

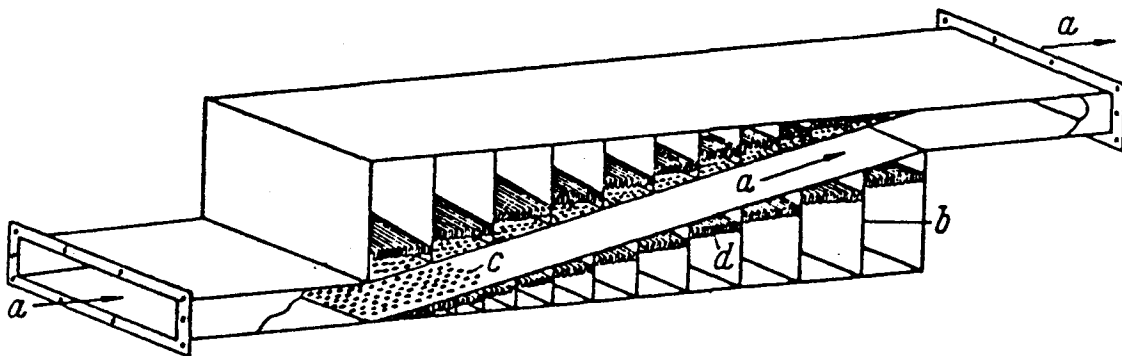
Bild 25: Beispiele für Absorptionsschalldämpfer

Kulissendämpfer



- a Strömungskanal b schalldurchlässige Abdeckung
c Schallschluckstoff (Kulisse)

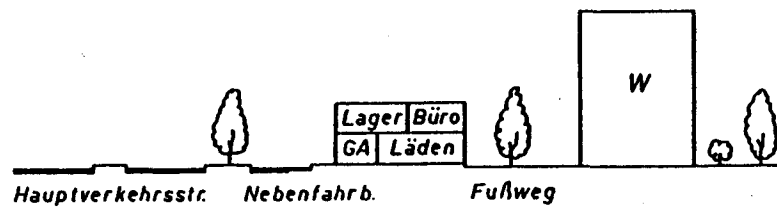
Absorptionsschalldämpfer mit breitbandiger Wirkung durch unterschiedliche Schichtdicken



- a Strömungskanal b Querschotten
c schalldurchlässige Abdeckung d absorbierende Schicht

Bild 26: Schalltechnisch richtige Anordnung der
Bebauung an einer Verkehrsstraße

Die Wohnbebauung ist von der Straße abgerückt und durch die Zweckbauten abgeschirmt. Die Zufahrten zu Garagen, Lager usw. verursachen keine Lärmstörung.



Lärmschutz durch Staffelung der Geschosshöhen
(die niedrigere Bebauung an der Straße ist durch
eine Lärmschutzwand abgeschirmt)



Hohe Randbebauung in geschlossener Bauweise
als Abschirmung für die dahinter liegenden Gebäude
(straßenseitig lärmunempfindliche Nutzungen)

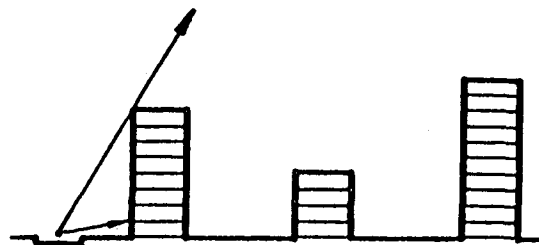


Bild 27: Schallausbreitung in verschiedenen Bebauungsformen

Eingezeichnet sind die Zonen gleicher Schallpegelminderung (an der Straße 0 dB)

Links offene Bebauung mit starker Beschallung aller Fassaden
rechts geschlossene Bebauung, dahinter 30 dB Minderung

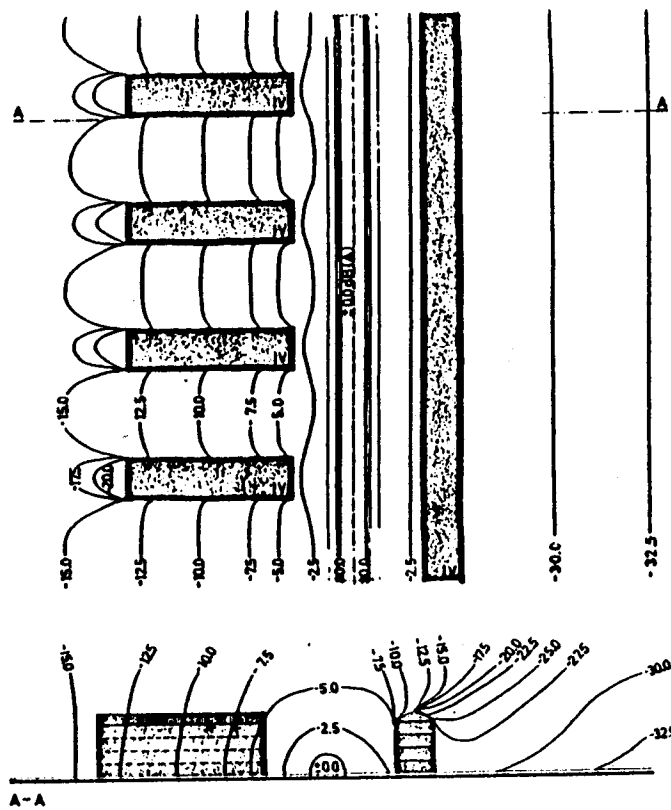


Bild 28: Äquivalenter Dauerschallpegel und Beförderungskapazität verschiedener Verkehrsmittel

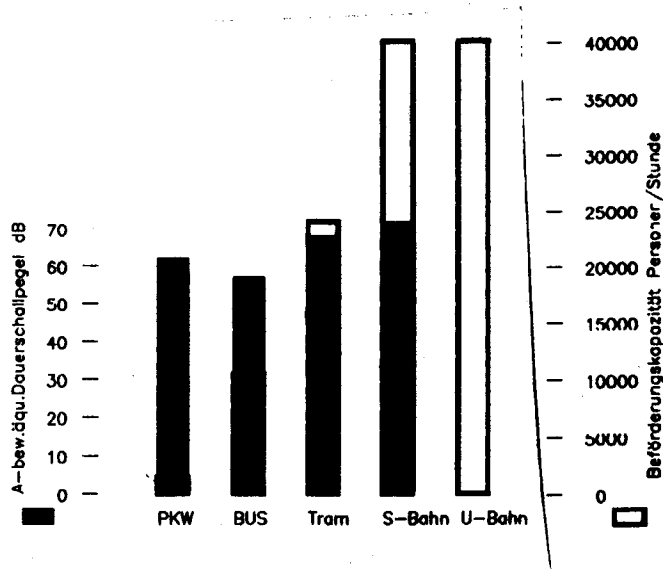
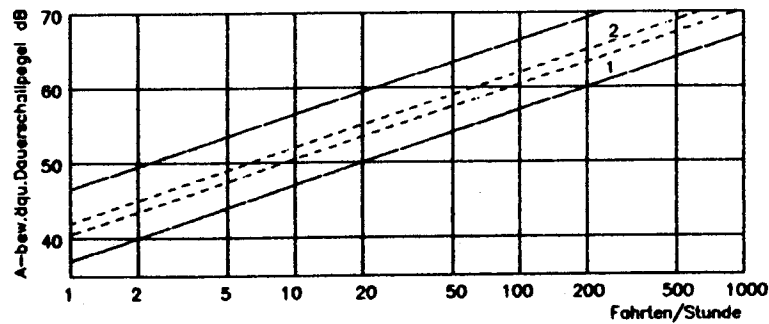


Bild 29: Äquivalenter Dauerschallpegel der Zu- und Abfahrt von Garagen (ungünstigster Punkt über Rampe oder gegenüber Caragenerator)

Zu- und Abfahrten über Rampen



Zu- und Abfahrten in Gebäuden

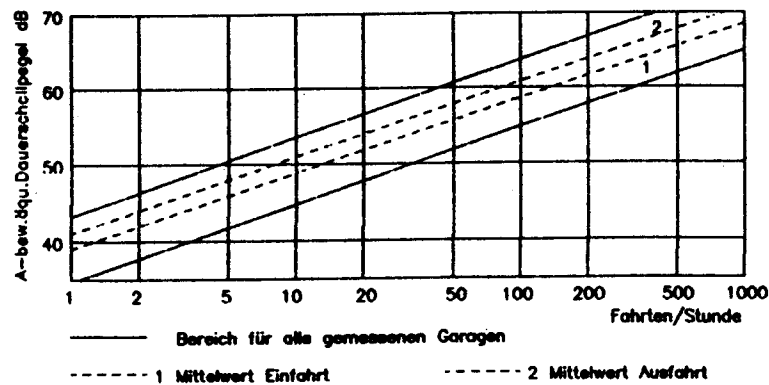
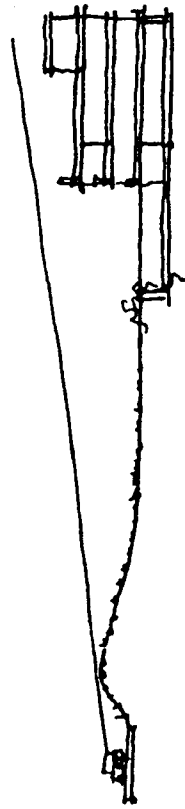


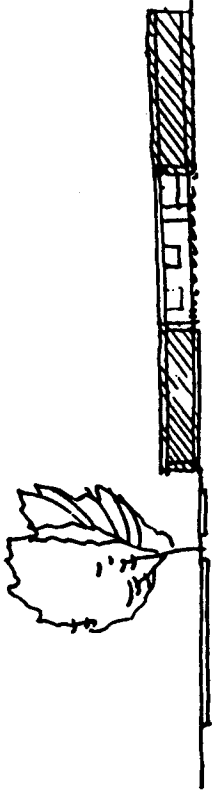
Bild 30: Beispiele für den Lärmschutz an Straßen durch die Art der Bebauung



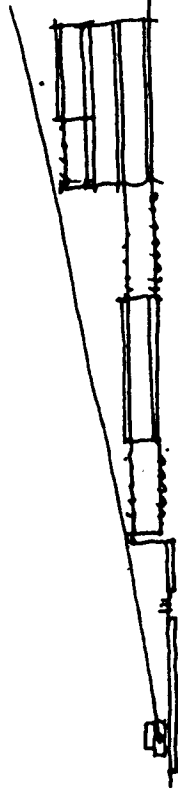
Begrünte Parkpaletten als Abschirmung.



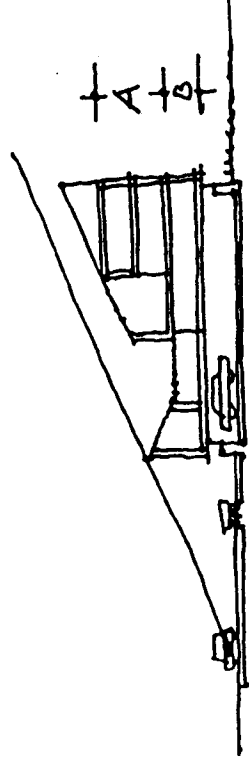
Lärmschutzwälle, evtl. kombiniert mit teilweiser Absenkung der angrenzenden Bauten.



Niedere, völlig nach innen orientierte Bebauung; Rückseiten zur Straße auf der Nordseite bzw. Ost- oder Westseite.



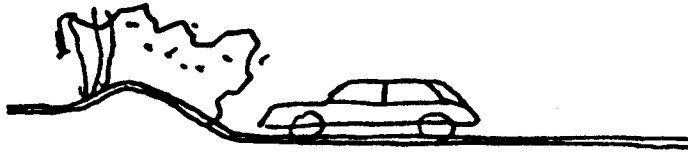
Zur Straße hin abgestufte Bebauung; niedrigere Bebauung als Lärmabschirmung für die höhere Bebauung.



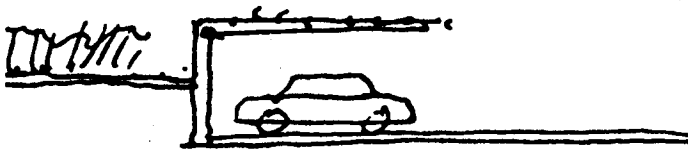
„Selbstschutz“ einer niederen Bebauung durch Gartenmauer (Atriumhäuser u. ä.), Straße auf der Sonnenseite.

Terrasierter Sondertyp bei im Süden vorgelagerter Straße.

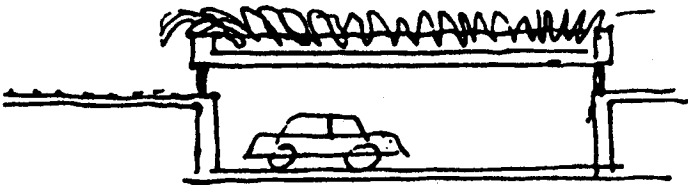
Bild 31: Beispiele für den Lärmschutz in Verbindung mit Parkplätzen und Garagen



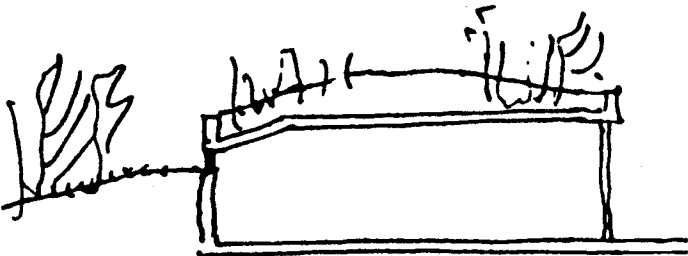
Offene Parkplätze,
leicht abgeschirmt



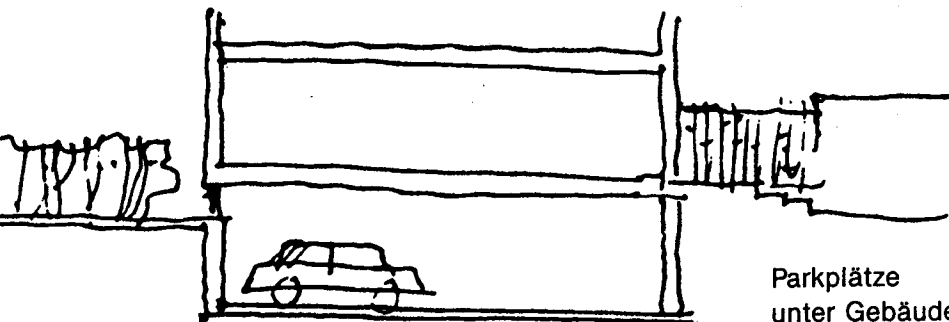
„Car-ports“
Pergolen usw.



Mit begrünten Paletten
abgedeckte Parkplätze



Abgedeckte Parkplätze
als Bestandteile eines
Lärmschutzwalles



Parkplätze
unter Gebäuden