

3. SCHALLTECHNISCHE GRUNDLAGEN

..... die Inhalte kurz & bündig:

- > Wesentliche Grundlagen der Schalltechnik werden behandelt, wie: Schall, Schalldruck, Frequenz, A-Bewertung und Lärm.
- > Die Auswirkung des Lärms auf uns Menschen wird beschrieben.
- > Die Messung von Schallpegeln und Kenngrößen wird mittels Pegelschrieb und Häufigkeitsverteilung veranschaulicht.
- > Auf das Rechnen mit Schallpegeln sowie die Pegelabnahme mit der Entfernung wird eingegangen.



SCHNELL-LESER-INFO



1 Die Schallausbreitungsgeschwindigkeit beträgt in der Luft etwa 340 m pro Sekunde.



2 Das Ohr verarbeitet einen Schalldruckbereich von mehr als 1:1.000.000



3 Durch den logarithmischen Maßstab wird der Schalldruckbereich auf die Wertereihe von 0 - 120 dB reduziert.



4 Das Ohr nimmt Frequenzen von etwa 16 Hz bis 16.000 Hz wahr.



5 Lärm ist unerwünschter, störender und belastender Schall.



6 Hauptverursacher für Belästigungen ist der Verkehrslärm.



7 Lärm hat physische, psychische und soziale Auswirkungen, abhängig von: Art, Intensität und Dauer sowie Konstitution der Person und situativer Faktoren.



8 Aurale (direkte) Lärmeinwirkung: am Arbeitsplatz ist ab 85 dB (8-Std. Tag) gesundheitsgefährdende Lärmeinwirkung gegeben.



9 Beispiele für Hörstörungen sind Tinnitus und Hörsturz. Hörstörungen können auch irreversibel sein.



10 Extraaurale (indirekte) Lärmeinwirkungen sind v.a. im Umweltbereich zu beachten, Reaktionsmuster sind: Erhöhung des Wachheitsgrades, Veränderung des Muskeltonus, Erhöhung des Blutdruckes, Erhöhung der Herzfrequenz, Veränderung der Durchblutung verschiedener Organsysteme, Veränderungen der Schlaf-tiefe bis zu Aufwach- und Schreckreaktionen, Verägrerung, Ablenkung bei konzentrierter Arbeit u.v.m.



11 Ein zeitlich veränderlicher, schwankender Schallpegel kann durch eine einzige Zahl, den $L_{A,eq}$ -Wert, beschrieben werden (gleicher Energiegehalt).



12 In Lärmkarten werden Dauerschallpegel dargestellt, welche dem veränderlichen Geräusch energieäquivalent sind.



13 Rechnen mit Pegeln:
 $60 + 60 \text{ dB} = 63 \text{ dB}$, Veränderung: + 3 dB
 $70 + 70 \text{ dB} = 73 \text{ dB}$, Veränderung: + 3 dB
 $10 \times 60 \text{ dB} = 70 \text{ dB}$, Veränderung: + 10 dB
 $60 + 70 \text{ dB} = 70 \text{ dB}$, Veränderung: + 0 dB



14 Auswirkung von Pegeländerungen:
 1 dB kaum wahrnehmbar,
 3 dB deutlich wahrnehmbar und
 10 dB Lautheitseindruck etwa 2-fach bzw. 1/2.



15 Emission: Ort der Schallentstehung bzw. Schallaussendung
 Immission: Ort der Einwirkung
 Transmission: Schallveränderung zwischen Emissions- und Immissionsort



16 Pegelabnahme je Abstandsverdoppelung:
 Punktquelle 6 dB
 Linienquelle 3 dB
 Flächenquelle 0 - 6 dB

3.1 ALLGEMEINES

Schall

Als Schall bezeichnet man einen physikalischen Vorgang, der aus einer Folge von Druckschwankungen besteht, die dem statischen Druck überlagert sind. In einem Luftraum, der sich im Gleichgewichtszustand befindet, herrscht überall der gleiche Gasdruck. Wird dieses Gleichgewicht durch Erzeugung eines kleinen Überdrucks z. B. durch Händeklatschen oder Fingerschnippen, gestört, so pflanzt sich diese Deformation, aufgrund der Elastizität der Luft zeitlich verzögert, wellenförmig durch den ganzen Luftraum fort.

Die einzelnen Luftteilchen sind gegeneinander völlig frei verschiebbar, sodass ein Teilchen sein benachbartes in Richtung seiner eigenen Bewegung anstößt. Es entstehen Longitudinalwellen in Form von sich wellenförmig ausbreitenden Verdünnungen und Verdichtungen. Die Schallausbreitungsgeschwindigkeit beträgt in der Luft bei Zimmertemperatur etwa 340 m pro Sekunde.

Da eine Verdichtung einer Druckzunahme und eine Verdünnung einer Druckabnahme entspricht, entstehen an einem bestimmten Punkt des Raumes Druckschwankungen. Nun ist das Ohr ein Sinnesorgan, das solche Druckschwankungen subjektiv wahrnehmbar macht, vorausgesetzt, dass sowohl ihre Größe als auch ihre Anzahl pro Sekunde innerhalb gewisser Grenzen liegen. Vorgänge bei denen diese beiden Voraussetzungen zutreffen, nennt man Schall im Hörbereich.

Schalldruck

Druckschwankungen, die dem stationären Gasdruck überlagert sind, werden Schalldruck genannt. Im Vergleich zum Betrag des stationären Gasdruckes ist der Schalldruck immer sehr klein.

Der geringste durch das menschliche Ohr wahrnehmbare Schalldruck liegt bei etwa 20 millionstel Pascal (20 μ Pa), der höchste bei über 100 Pa. Das menschliche Ohr verarbeitet also einen Schalldruckbereich von mehr als 1 : 1.000.000. Schalldruck in Pascal (Pa) gemessen führt daher zu recht hohen und unhandlichen Zahlen.

Bei Anwendung eines logarithmischen Maßstabes gelingt es aber in einfacher Weise, diesen großen Schalldruckbereich auf handliche Zahlen zu reduzieren. Dazu wird der Logarithmus eines Druckverhältnisses benutzt, wobei der Bezugsschalldruck p_0 definiert ist mit:

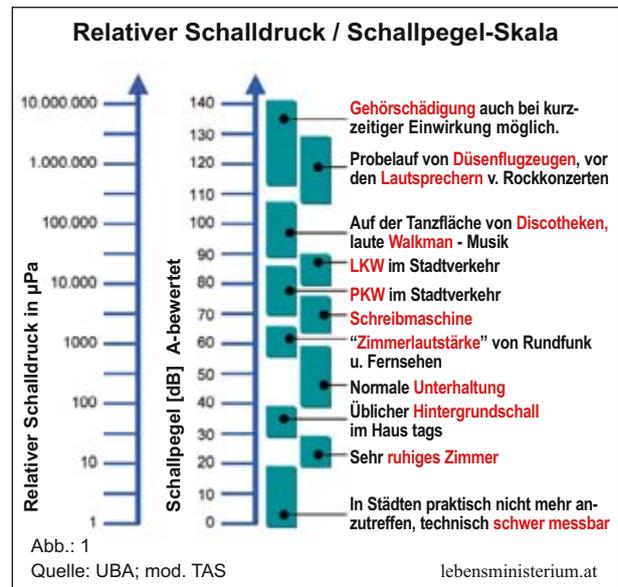
$$p_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$$

Der Schalldruckpegel ergibt sich aus dem Verhältnis des Effektivwertes des tatsächlich herrschenden Schalldrucks zum Bezugsschalldruck nach folgender Formel :

$$L = 10 \lg p^2/p_0^2 = 20 \lg p/p_0$$

Der so gebildete Wert ist dimensionslos und in Dezibel [dB] angegeben.

Der erwähnte große Schalldruckbereich, welcher sechs Zehnerpotenzen umfasst, wird so auf die Wertereihe von 0 bis 120 dB reduziert, was nicht nur die Handlichkeit und Übersichtlichkeit erhöht, sondern auch die Möglichkeit von Irrtümern vermindert.



Technische Schallquellen bestehen meist aus festen Körpern, deren Oberflächen durch Schwingungen angeregt werden und diese Schwingungen an die umgebende Luft weiterleiten. Neben der Anregung durch feste Oberflächen entsteht Luftschall auch unmittelbar durch Wirbelbildung bei zahlreichen Strömungsvorgängen (z. B. bei Triebwerken und Ventilatoren). Auch nicht laminare Strömungsvorgänge in flüssigen und gasförmigen Medien können Ursache von Schwingungen sein.

Demzufolge kann man beispielsweise bei Verkehrsgläuschen wie folgt unterscheiden:

- > mechanische Geräusche, die vom Antrieb und der Karosserie abstrahlen,
- > Strömungsgeräusche, die von der Ansaugung und dem Auspuff herrühren,
- > Rollgeräusche, die beim Reifen-Fahrbahn-Kontakt bzw. beim Rad-Schiene-Kontakt entstehen und
- > Luftschall durch Wirbelbildung bei der Verdrängung der Luft.

Frequenz

Für die Hörbarkeit eines Schallvorganges ist nicht nur die absolute Größe des Schalldruckes wichtig, sondern auch die Anzahl der Druckschwankungen pro Sekunde.

Das Verhältnis der Schwingungszahl pro Sekunde wird durch die Einheit [Hz] (Hertz) ausgedrückt.



1



2



3

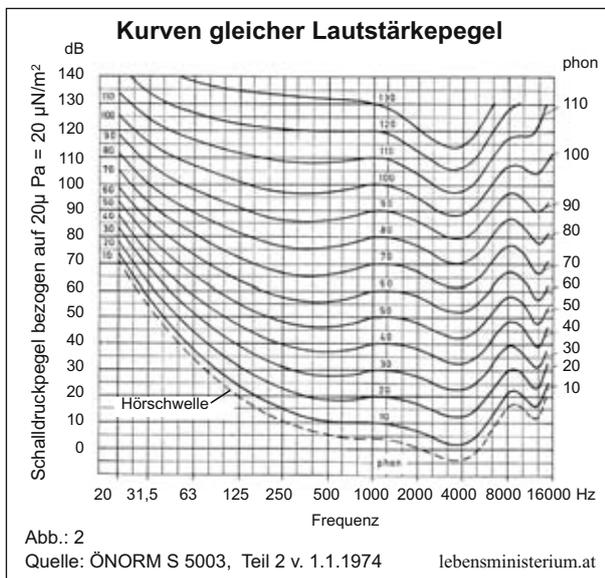


Das menschliche Ohr nimmt Frequenzen von etwa 16 Hz bis 16.000 Hz (bei jungen Menschen bis etwa 20.000 Hz) wahr. Dieser Frequenzumfang beträgt also etwa 10 Oktaven und verdeutlicht die erstaunliche Leistungsfähigkeit des Ohres.

Tiefere Frequenzen als 16 Hz werden nicht mehr als Töne, sondern als Erschütterungen empfunden, dieses Gebiet wird als "Infraschall" bezeichnet.

Bei Frequenzen über dem Hörbereich spricht man von "Ultraschall".

Das nachstehende Diagramm zeigt die Hörschwelle und die Kurven gleicher Lautstärkepegel für Sinustöne im freien Schallfeld bei zweiohrigem Hören.



Aus dem Diagramm ist ersichtlich, dass hohe und tiefe Töne (Schallwellen hoher und niedriger Frequenzen) vom menschlichen Ohr anders laut wahrgenommen werden, als Töne im mittleren Frequenzbereich, selbst wenn sie physikalisch den gleichen Schalldruck aufweisen.

A-Bewertung

Im Diagramm werden die Kurven gleicher Lautstärkepegel in [phon] dargestellt.

Um nun das - abhängig von Frequenz und Intensität variierende - Lautstärkeempfinden von Menschen bestmöglich nachzubilden, wurden in der Messtechnik elektronische Filter (Bewertungskurven) entwickelt und international standardisiert.

Es hat sich herausgestellt, dass das so genannte "A"-Filter am besten dem Lautstärkeempfinden des menschlichen Ohres im Bereich der üblichen Lärmstörungen entspricht, daher werden heute international vorwiegend Gesamtschallpegel in [dB], A-bewertet angegeben.

Lärm

Lärm ist eine Begleiterscheinung der menschlichen Aktivitäten und der menschlichen Kommunikation. Lärm ist für viele BürgerInnen aber auch das Umweltproblem Nummer eins.

Gemäß ÖNORM S 5004 wird Lärm als "unerwünschter, störender und belästigender Schall" bezeichnet. Die Störwirkungen des Lärms reichen von leichten Irritationen bis hin zu tatsächlichen Gesundheitsstörungen. Darüber hinaus konnte bereits festgestellt werden, dass Lärmbelastungen direkte Auswirkungen auf Grundstückspreise, Mietpreise und andere ökonomisch messbare Faktoren haben.

Belästigungen durch Geräusche aus der Arbeitswelt, dem Verkehrsgeschehen und dem Freizeitbereich sind ein altes Problem der Menschheit. Ebenso alt ist wohl auch die Frage, ob das subjektive Beeinträchtigungserlebnis durch Lärm auch dann einen objektivierbaren Nachteil darstellt, wenn unmittelbare gesundheitliche Beeinträchtigungen nicht nachweisbar sind.

Bis in die Gegenwart wird diese Frage der "Belästigung" je nach Interessenslage unterschiedlich beantwortet, sodass Konflikte zwischen denjenigen, welche Lärmemissionen verursachen oder dafür verantwortlich sind, und denjenigen, die durch die entsprechenden Immissionen passiv betroffen sind, unausweichlich erscheinen.

Fest steht: Geräusche werden zu Lärm, wenn sie belästigen. Auf die Fragen jedoch, wodurch Lärm belästigend wirkt und welche Lärmmaße für die Quantifizierung der Beeinträchtigungswirkung am besten geeignet sind, stehen wissenschaftlich verbindliche Antworten aus. Kontroverse Diskussionen über den Sachverhalt sind die Folge.

Hauptverursacher für Belästigungen ist der Verkehrslärm. So zeigen durchgeführte epidemiologische Untersuchungen, dass durch Straßenverkehrslärm in belasteten Gebieten Einflüsse auf die Herzinfarktrate nachweisbar sind. Viele der Lärmbetroffenen sind wegen möglicher Erkrankungsrisiken verunsichert und zudem oft hilflos, wenn es darum geht, Lärmbelastungen zu reduzieren.

Lärm ist einerseits durch messbare Größen objektivierbar (z. B. Lautheit, Signalverlauf, Tonhöhe, u.v.m.), besondere Geräuschcharakteristika sind bei der Beurteilung durch Anpasswerte zu berücksichtigen. Andererseits unterliegt die Beurteilung von Lärm und seiner Störwirkung einem breiten Feld persönlicher (subjektiver) Erfahrungen und Eindrücke. Die Beurteilung von Lärmstörungen durch Schallemissionen, wie z. B. des Verkehrs (Straßen-, Schienen-, Flugverkehr), von Betriebsstätten (Gewerbe und Industrie), aber auch von Freizeitanlagen (Sportstätten, Veranstaltungsräume) erfordert eine analytische Untersuchung der Geräuschsituation.

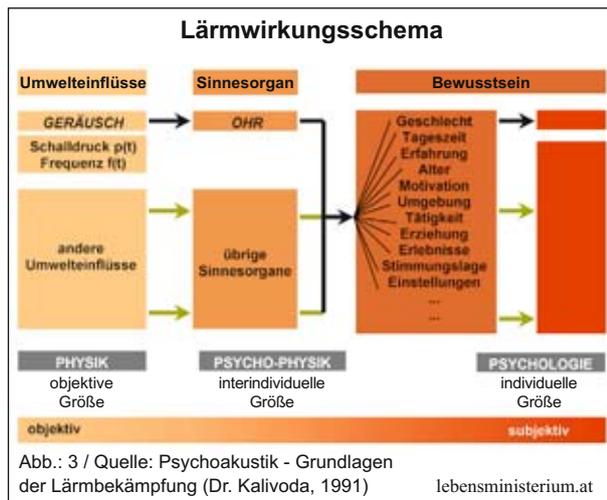
3.2 AUSWIRKUNGEN DES LÄRMS AUF DEN MENSCHEN



Lärm kann Menschen belästigen oder bei bestimmten Tätigkeiten stören und Konflikte auslösen, sodass Wohlbefinden und Gesundheit beeinträchtigt wird. Lärm hat also physische, psychische und soziale Auswirkungen, abhängig von der Art, Intensität und Dauer der Geräuscheinwirkung sowie von der Konstitution der Person und von der jeweiligen Situation.

Ob ein Geräusch als Lärmbelästigung empfunden wird, hängt von drei Faktoren ab:

- > vom Geräusch selbst, das man durch physikalisch messbare Größen (wie Frequenz, Schalldruckpegel oder Schalleistung) beschreiben kann,
- > von der Person, die dem Geräusch ausgesetzt ist, das heißt davon, welche Einstellung diese Person zum Geräusch und zu seiner Schallquelle hat, und
- > von der Situation, das heißt, an welchem Ort und zu welcher Zeit das Geräusch auftritt.



Bezüglich der Lärmwirkungen auf die menschliche Gesundheit wird wie folgt unterschieden:

Aurale (direkte) Lärmwirkungen:



Als Folge sehr starker Lärmeinwirkung können temporäre oder permanente Hörstörungen auftreten. Extrem hoher Schalldruck kann zu Zerstörungen von Sinneshäuschen im Hörorgan führen. Die Folge ist ein Hörverlust bei ganz bestimmten Frequenzen, der irreversibel ist, also zu einer dauernden Schwerhörigkeit führt. Diese Störungen sind in der Arbeitswelt, insbesondere bei Nichtbeachtung der Vorgaben des Lärmschutzes zu beobachten. Einflussfaktoren sind Höhe und Einwirkdauer des Schalldrucks.

Nach geltenden ArbeitnehmerInnenschutzbestimmungen liegt eine gesundheitsgefährdende Lärmeinwirkung bei Überschreitung eines Expositionsgrenzwertes von 85 dB

(A-bewertet, bezogen auf einen Arbeitstag von 8 Stunden) bzw. 137 dB als Spitzenwert (peak) vor.

Zunehmend können diese Störungen aber auch durch Lärmbelastungen in der Freizeit (Disco, Walkman, Jagd- und Sportschießen) beobachtet werden. Beispiele für derartige Hörstörungen sind Tinnitus und Hörsturz. Die Entstehung dieser Krankheitszustände ist noch nicht vollends erforscht. Die Therapie ist schwierig und nicht immer erfolgreich. Festzuhalten ist, dass diese Hörstörungen auch irreversibel sein können, also zu einer dauernden Beeinträchtigung des Hörvermögens führen können.

Prävention (Vorbeugung) ist daher das wichtigste Instrument zur Vermeidung dieser Hörstörungen. Neben der Lärmbekämpfung an der Quelle (wie z. B. durch Kapselungen von Maschinen, Verwenden von Gehörschutz, Meiden überlauter Veranstaltungsorte, "Zimmerlautstärke" - auch im Auto) ist auch die Beachtung von Lärmpausen (Aufsuchen ruhiger Plätze bei Veranstaltungen, ...) von wesentlicher Bedeutung.

Ob bei einer Einzelperson eine Hörstörung auch bei Einwirkungen eintritt, die von anderen Menschen noch als "erträglich" empfunden werden, kann nicht sicher prognostiziert werden, da die individuellen Empfindlichkeiten einer Schwankungsbreite unterliegen, die zusätzlich durch Vorerkrankungen (z. B. zurückliegende HNO-Infekte) oder Begleiterkrankungen (z. B. Arteriosklerose) negativ beeinflusst werden können.

Extraaurale (indirekte) Wirkungen von Lärm auf den Menschen:

Diese Wirkungen sind besonders im Umweltbereich zu beachten. Die Lärmwirkungsforschung beschreibt Lärm als komplexen Wahrnehmungsvorgang. Das Gehörssystem des Menschen wurde primär als Alarm- und Warnsystem angelegt. Es gilt als nicht abschaltbarer Sensor für Umgebungsgefahren, die sich über akustische Wahrnehmungen bemerkbar machen.

Das menschliche Gehirn analysiert die Bedeutung der Schallsignale, u. a. wird der Bedrohungscharakter identifiziert, oder es werden auch Assoziationen mit früheren Erlebnissen hergestellt.

Dadurch ist der Organismus rund um die Uhr bereit, auf Gefahrensituationen zu reagieren. Als Reaktionsmuster gibt es Angriffs- oder Fluchtreaktionen, beides stressbetonte Reaktionsmuster, die zur Steigerung des Aktivierungszustandes führen.

Als Reaktionsmuster des Organismus sind vor allem neurovegetative Reaktionen wie Erhöhungen des Wachheitsgrades, Veränderung des Muskeltonus, Erhöhung des Blutdruckes, Erhöhung der Herzfrequenz, Veränderung der Durchblutung verschiedener Organsysteme, Veränderungen der Schlafentiefe bis zu Aufwach- und Schreckreaktionen, Verärgerung, Ablenkung bei konzentrierter Arbeit u. a. zu finden.

Viele dieser Reaktionen werden durch Stresshormone vermittelt. Lärm wirkt hier nicht direkt auf bestimmte Organsysteme ein, vielmehr ist er Vermittler von Stressreaktionen, die vorerst als Belästigung erlebt werden, bei Fortbestand selbst Krankheitswert erhalten oder bestehende Erkrankungen verschlechtern können.

Während der Nachtzeit sind auch Geräusche, die tagsüber kaum wahrgenommen werden, in der Lage, die Erholungswirkung des Schlafes zu beeinträchtigen. Dadurch sinkt der Erholungswert des Schlafes, die Leistungsfähigkeit wird herabgesetzt bzw. sind größere Anstrengungen notwendig, um die normale Leistung zu erbringen. Bei chronischen Schlafstörungen können dauerhafte Gesundheitsschäden eintreten.

Die Welt-Gesundheits-Organisation (WHO) empfiehlt, in Schlafräumen einen A-bewerteten Dauerschallpegel von 30 dB nachts nicht zu überschreiten und Spitzenpegel über 45 dB zu verhindern, um die Menschen vor Schlafstörungen zu schützen. Bei Außenpegel von 45 dB Dauerschallpegel zur Nachtzeit ist dieses Ziel in der Regel auch bei gekippten Fenstern erreichbar.

Zur Tagzeit ist die Umgebungssituation für den größten Teil der Bevölkerung durch die Aktivitäten des Arbeits- und Erwerbslebens geprägt, welche naturgemäß Lärmmissionen verursachen. Es gilt aber hier besonders zu beachten, dass eine schleichende Verlärmung sowohl die individuelle Lebensqualität als auch positive gesellschaftliche Entwicklungen nachhaltig stören kann. Diese Störungen durch Lärm ergeben sich auch bei vielen Aktivitäten, die selbst nicht unmittelbar mit dem Lärmverursacher in Verbindung stehen.

In der Regel werden Arbeiten, die längere Aufmerksamkeit (Konzentration) erfordern ab Schallpegelwerten von $L_{A,eq} = 50$ dB gestört, wobei starke Abhängigkeiten von Geräuschcharakter, Informationshaltigkeit und zeitlicher Verteilung der Geräusche zu beobachten sind.

Die Sprachverständlichkeit (Umgangssprache) nimmt mit zunehmenden Umgebungsgeräuschpegeln ab. Bei einem Störgeräuschpegel von 55 dB kann bei einem Sprachpegel von rd. 60 dB noch mit einer Satzverständlichkeit von 99% gerechnet werden, bei einem Störpegel von 75 dB kann nicht mehr mit einer eindeutigen Sprachverständlichkeit gerechnet werden. Das dazu notwendige Anheben der Gesprächslautstärke wird vom Zuhörenden zumeist als unangenehm ("Anschreien") empfunden und beeinträchtigt daher die soziale Interaktion.

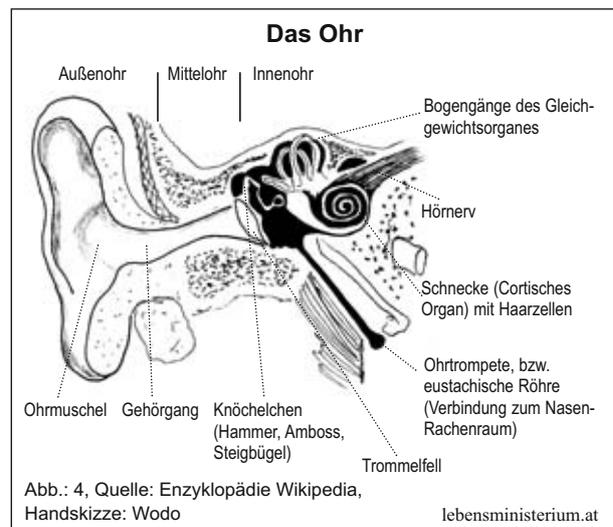
Wirksamer Lärmschutz ist daher eine wichtige strategische Herausforderung für technische, medizinische und planerische Einrichtungen.

Die Physiologie des Hörens

Schallwellen werden durch das äußere Ohr über den Gehörgang zum Trommelfell geleitet. Die Schall-

weiterleitung erfolgt über das Trommelfell und die Gehörknöchelchenkette bis zum Innenohr.

Die Schnecke ist ein spiralförmiger, flüssigkeitsgefüllter Gang. Die Druckwelle wird nun über die Membran des ovalen Fensters an die Flüssigkeit weitergeleitet. Die Druckwelle wandert nun bis zur Spitze der Schnecke, verformt dabei die so genannte "Basilarmembran" und erregt letztendlich das eigentliche Hörorgan - das "Cortische Organ", mit seinen über 30.000 hochempfindlichen Haarzellen. Hier wird die Bewegungsenergie (ursprünglich Luftschwingung) in einen Nervenimpuls umgewandelt und als elektrochemisches Nervensignal an verschiedene Zentren des Gehirnes weitergeleitet.



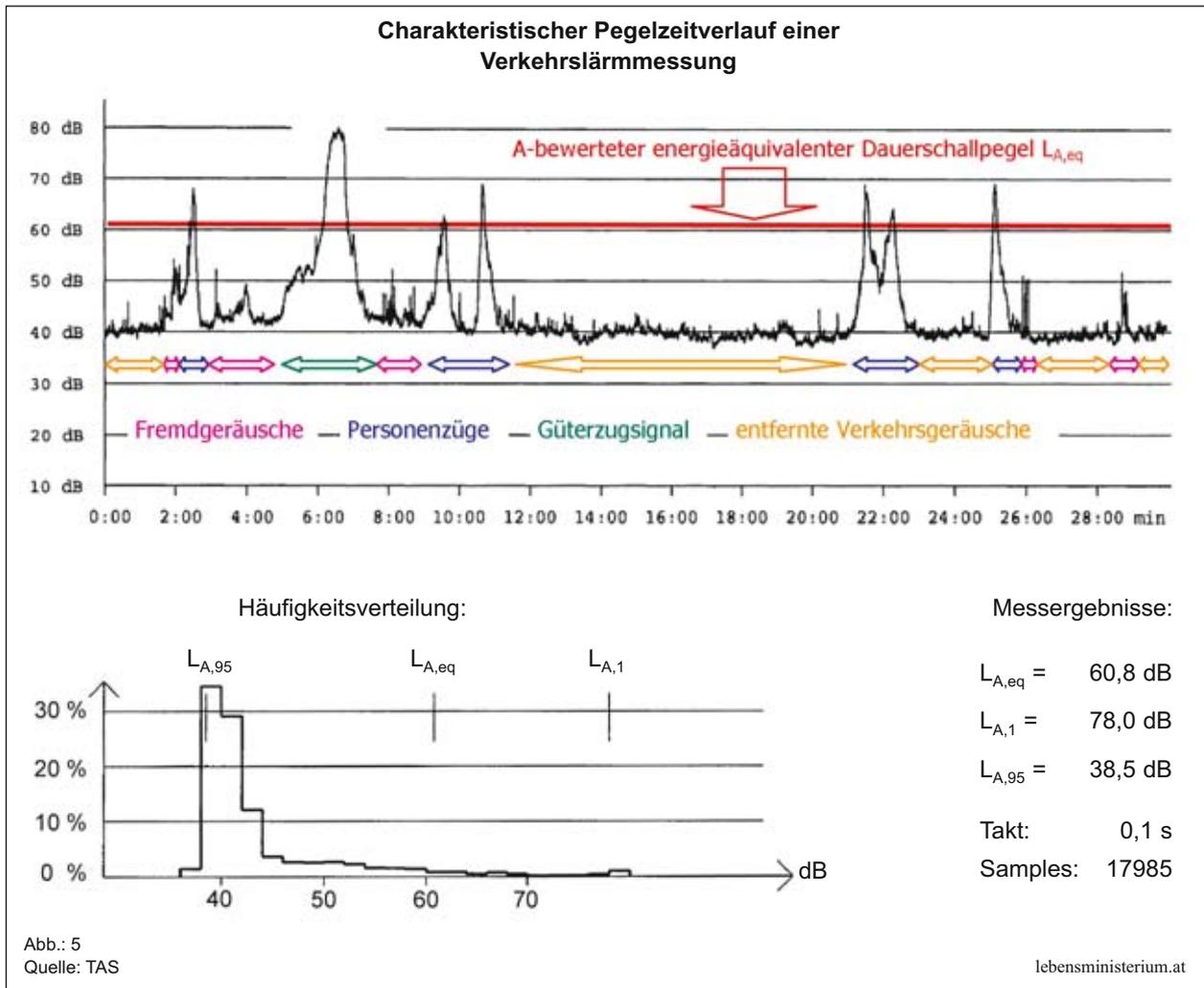
3.3 MESSUNG VON SCHALLPEGELN UND PEGELSTATISTIK

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, die Art, die Fahrgeschwindigkeit und die Entfernung der vorbeifahrenden Fahrzeuge.

Diese Vielzahl der veränderlichen Geräusche im Betrachtungszeitraum wird oft vereinfacht durch die Angabe eines einzigen Schallpegelwertes, des energieäquivalenten Dauerschallpegels, beschrieben und mit einer Auswertung der Schallpegelhäufigkeit ergänzt.

Die Schallpegel-Häufigkeitsverteilung gibt an, in wie viel Prozent der Messzeit der entsprechende Schalldruckpegelwert überschritten wird. Aus der Summenhäufigkeit kann die statistische Charakteristik schwankender Geräusche erfasst werden.

In der folgenden Abbildung ist ein Beispiel eines Pegelzeitverlaufes des A-bewerteten Schallpegels einer charakteristischen Verkehrslärmmessung dargestellt.



Erläuterungen zu Abb. 5

Im Pegelzeitverlauf sind die Immissionsanteile durch Fremdgeräusche, Güter- und Personenzüge sowie entfernte Verkehrsgeräusche gesondert farblich markiert.

Die Häufigkeitsverteilung zeigt, dass die Pegelklassen von 38 - 42 dB mit 30 % und mehr deutlich dominieren.

Der mittlere Spitzenpegel ergibt sich im Musterschrieb zu $L_{A,1} = 78$ dB, der $L_{A,max}$ erreicht hingegen 80 dB.

Energieäquivalenter Dauerschallpegel ($L_{A,eq}$)

Das gesamte Schallereignis mit schwankendem Schallpegel wird durch den A-bewerteten energieäquivalenten Dauerschallpegel ($L_{A,eq}$) beschrieben, der stellvertretend für jenen Schallpegel steht, der bei ununterbrochener Andauer den gleichen Energieinhalt aufweist (also die gleiche Schallenergie auf das menschliche Ohr bringen würde) wie das Ereignis mit schwankendem Schallpegel und gleicher Dauer.

Basispegel ($L_{A,95}$)

in 95 % der Messzeit überschrittener A-bewerteter

Schalldruckpegel der Schallpegelhäufigkeitsverteilung eines beliebigen Geräusches; er kennzeichnet einen Bereich der geringsten vorkommenden Schallpegel.

Mittlerer Spitzenpegel ($L_{A,1}$)

in 1 % der Messzeit überschrittener A-bewerteter Schalldruckpegel; er kennzeichnet einen Bereich "mittlerer" Schallpegelspitzen.

Maximalpegel ($L_{A,max}$)

Der höchste, während der Messzeit auftretende, A-bewertete Schalldruckpegel.

Von allen angeführten und definierten Kenngrößen hat der energieäquivalente Dauerschallpegel ($L_{A,eq}$ -Wert), insbesondere für Prognosen von Schallsituationen die überaus größte Bedeutung.

Erst durch die Beschreibung eines schwankenden Geräusches durch eine einzige Zahl, den $L_{A,eq}$ -Wert, ist es sinnvoll, Schallausbreitungsberechnungen und Prognosen vorzunehmen, in Lärmkarten zu veranschaulichen und interessierende Szenarien einer vergleichenden Betrachtung zu unterwerfen.



11



12

So wird bei sämtlichen Simulationen bzw. Visualisierungen von Schallsituationen in diesem Handbuch, sei es z. B. durch Rasterlärmkarten, Schnittlärmkarten oder Differenzlärmkarten, der $L_{A,eq}$ -Wert abgebildet oder ein Beurteilungspegel verwendet, der sich durch Zu- oder Abschläge für bestimmte Lärmarten aus dem energieäquivalenten Dauerschallpegel ableitet.

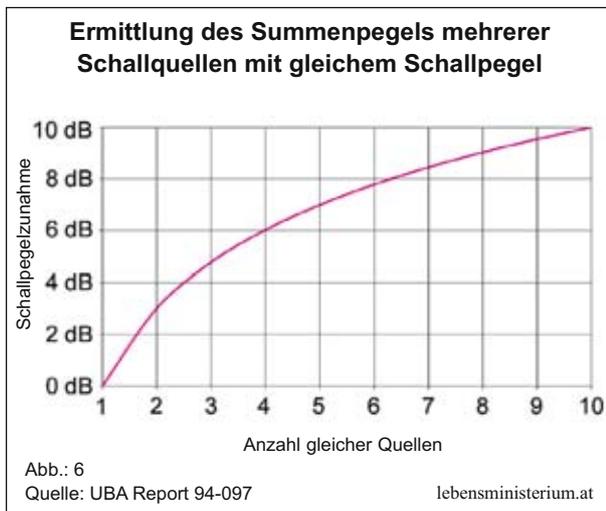
3.4 RECHNEN MIT SCHALLPEGELN

Allgemein gilt für die Berechnung des gesamten Schalldruckpegels $L_{p,ges}$ der von mehreren Schallquellen mit den Einzelschalldruckpegeln L_i verursacht wird:

$$L_{p,ges} = 10 \cdot \lg \left(\sum_i 10^{L_i/10} \right)$$

Da der Schallpegel L eine logarithmische Größe ist, dürfen beispielsweise zur Berechnung des Gesamtschallpegels bei der Überlagerung von zwei Schallquellen nicht einfach die Pegel L_1 und L_2 arithmetisch addiert werden. Vielmehr sind hier die physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Pegeladdition anzuwenden.

So ergeben sich bei der Addition von Pegelwerten (dB-Werten) erstaunliche "Rechenregeln".



Stellt man neben eine Schallquelle eine zweite genau gleiche (z. B. zwei Kraftfahrzeuge statt einem, was der doppelten Schallleistung entspricht), so erhöht sich der Schallpegel "nur" um 3 dB. Das Zusammenwirken von 10 gleichen Schallquellen erhöht die Schallleistung zehnfach und erhöht den Schallpegel um 10 dB. Dies gilt unabhängig von der absoluten Pegelhöhe!

So gilt z. B.:

- 60 + 60 dB = 63 dB, Veränderung: + 3 dB
- 70 + 70 dB = 73 dB, Veränderung: + 3 dB
- 10 x 60 dB = 70 dB, Veränderung: + 10 dB
- 60 + 70 dB = 70 dB, Veränderung: + 0 dB

Allgemein kann man davon ausgehen, dass bei einem gleichbleibenden, gleichartigen Geräusch (bevorzugt im Bereich über 40 dB) ein Schallpegelunterschied von:

- > 1 dB kaum wahrnehmbar ist,
- > 3 dB deutlich wahrnehmbar ist und
- > 10 dB etwa dem doppelten bzw. halbierten Lautheitseindruck entspricht.



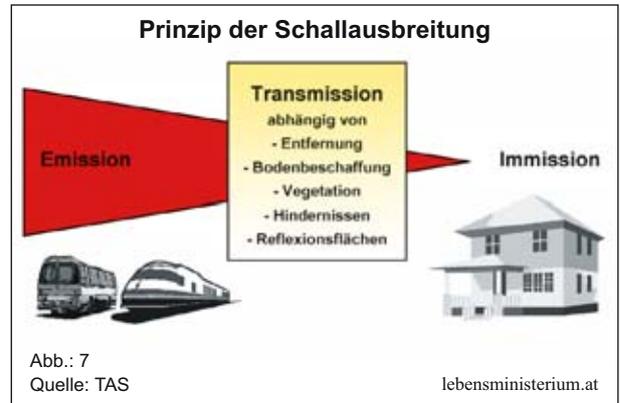
14

Liegen jedoch keine gleichbleibenden, gleichartigen Geräusche vor, sondern Geräusche mit unterschiedlichen Geräuschqualitäten bzw. signifikant unterschiedlichen Frequenzspektren, so können, vom normalempfindenen menschlichen Gehör auch Änderungen < 1 dB subjektiv wahrgenommen werden.

In derartigen Fällen sind die $L_{A,eq}$ -Werte allein für eine Beurteilung nicht ausreichend.

3.5 GEOMETRISCHE PEGELABNAHME MIT DER ENTFERNUNG

Die von einem Schallerreger (z. B. Straßenverkehr) ausgesendete Schallemission verursacht in Abhängigkeit von der Transmission an einem bestimmten Betrachtungspunkt eine Schallimmission.



15

Die Transmission beschreibt demnach die bei der Schallausbreitung am Ausbreitungsweg zwischen der Schallquelle und dem Betrachtungspunkt auftretende Schallveränderung.

So nimmt der durch die abgestrahlte Schallemission bedingte Pegel einerseits aufgrund der natürlichen Pegelabnahme mit der Entfernung von der Quelle ab, andererseits beeinflussen wie o.a. die Bodenbeschaffenheit, die Vegetation sowie sonstige Schallhindernisse diese Abnahme.

Befinden sich Reflexionsflächen (z. B. Gebäude und Wandkonstruktionen) im Schallweg, so stellen diese einerseits schallabschirmende Hindernisse für dahinter liegende Bereiche dar, andererseits können aber infolge von wirksamen Schallreflexionen auch Schallpegelzunahmen resultieren.

Der Immissionsort ist der interessierende Ort, der durch den Schall beeinträchtigt wird. Den Ort der Schallerzeugung, von dem der Schall ausgeht, bezeichnet man als Emissionsort.

Punktschallquelle

Formal wird als Punktschallquelle eine Schallquelle bezeichnet, deren Abstand zum Immissionsort zumindest 70 % - besser noch ein Vielfaches mehr - der Größenausdehnung der Quelle beträgt.

Punktschallquellen sind typischerweise z. B. einzelne Maschinen, Lüftungsgeräte, Lautsprecher und entfernte flächige Schallquellen (z. B. Betriebsanlagen) und vieles mehr.

Bei eben ausreichend großer Entfernung sind sogar großflächige Schallquellen wie z. B. auch ganze Industriegebiete als "Punktschallquelle" zu betrachten.

Die Abstrahlung vom Ursprung der Quelle aus gleicht einer Kugel. Bei erdnahen Quellen bildet der Boden aber eine Begrenzung und es resultiert als Ausbreitungsform eine Halbkugel.

Die Pegelabnahme beträgt 6 dB je Abstandsverdoppelung.

Linienschallquelle

Als Linienschallquelle bezeichnet man Schallquellen, die auf ihrer Länge Schall aussenden. Im Gegensatz zur Punktschallquelle, bei der sich die Schallwellen kugelförmig ausbreiten, liegt der Linienschallquelle vereinfacht eine zylinderförmige Ausbreitung der Schallwellen zugrunde.

Ein gutes Beispiel für eine Linienschallquelle ist z. B. eine stark befahrene Straße. Die Pegelabnahme beträgt 3 dB je Abstandsverdoppelung.

Flächenschallquelle

Bei Flächenschallquellen beträgt die Pegelabnahme im Nahbereich der Abstrahlfläche aufgrund der praktisch nur eindimensionalen Ausbreitung 0 dB. Dies trifft jedenfalls auf Abstände zu, welche innerhalb des Bereiches $0,4 \times \sqrt{\text{Abstrahlfläche}}$ liegen.

In großer Entfernung kann die Flächenschallquelle als Punktquelle betrachtet werden. Die Pegelabnahme beträgt dann 6 dB je Abstandsverdoppelung.

Für die Ausbreitung von Luftschall im Freien sind im Fall der ungehinderten Ausbreitung (in ruhender, ungeschichteter Luft, ohne reflektierende oder schirmende Gegenstände im Ausbreitungsweg) drei Faustformeln in Tabelle 1 zusammengefasst.

Faustformeln	
Pegelabnahme mit der Entfernung	
Quellart	Pegelabnahme je Abstandsverdoppelung [dB]
Punkt	6
Linie	3
Fläche	0 bis 6

Tab.: 1
Quelle: TAS lebensministerium.at



16

3.6 MASSNAHMEN ALLGEMEIN

Ganz allgemein können Schallschutzmaßnahmen wie folgt untergliedert werden:

- > Maßnahmen an der Quelle (emissionsseitig)
- > Maßnahmen am Schallausbreitungsweg
- > Maßnahmen am Ort der Einwirkung (immissionsseitig)

Zur Vermeidung von Lärmstörungen sind von allen Möglichkeiten des technischen Lärmschutzes in der Regel die so genannten Primärmaßnahmen am wirtschaftlichsten.

Es handelt sich dabei um Maßnahmen an der Quelle, welche auf die Vermeidung der Geräuschursache bzw. auf die bestmögliche Reduktion der Schallemission abzielen.

Anzumerken ist, dass Lärmschutzmaßnahmen im Nahbereich der Quelle in der Schalltechnik auch als "aktive" Lärmschutzmaßnahmen, objektseitige Maßnahmen im Bereich des Immissionsortes als "passive" Lärmschutzmaßnahmen bezeichnet werden.

Im Bereich der Raumordnung und Flächenwidmung kann, insbesondere bei Neuwidmungen bzw. bei der Erarbeitung von örtlichen Entwicklungskonzepten, nach dem Prinzip der Vorsorge durch schalltechnisch fachgerechte Anordnung von Nutzungen wie auch durch Beachtung der erforderlichen Mindestabstände relevanter Widmungskategorien Konfliktpotential bereits im Vorfeld bestmöglich unterbunden werden.

Zeigt sich beispielsweise anhand von Schallimmissionskarten, dass rechtskräftig gewidmete aber noch unbebaute Wohngebiete in Zonen ausgewiesen sind, welche den Qualitätsansprüchen für Wohngebiete nicht entsprechen, so ist aus schalltechnischer Sicht eine "Widmungsänderung" oder "Rückwidmung" dann erforderlich, wenn durch Schallschutzmaßnahmen Überschreitungen von angestrebten Zielwerten nicht kompensiert werden können. Anderenfalls sind Problemzonen de facto programmiert.