



Werkfoto: RION

Der Schallpegelmesser - ein unentbehrliches Meßgerät für den Umweltschutz

Teil 1

Dr. Ivar Veit

In der vorliegenden Ausgabe des „ELVjournal“ erscheint der erste Teil einer dreiteiligen Artikelserie über Schallpegelmesser. Darin wird u. a. auch auf den sogenannten Beurteilungspegel eingegangen, der für den akustischen Umweltschutz eine sehr wichtige Größe darstellt. Neben dem grundsätzlichen Aufbau von Schallpegelmessern wird ausführlich über Mikrofone und deren Einsatz im freien und im diffusen Schallfeld berichtet. Des weiteren wird auf die Genauigkeitsklassen und die Kalibrierung von Schallpegelmessern eingegangen. Hinweise für die Meßpraxis beschließen die Beitragsserie.

Allgemeines

Zu den traurigen Spitzenreitern unter den Verursachern von zivilisationsbeding-

ten Umweltverschmutzungen gehört auch der Lärm - als eine Art „hörbarer Müll“. Diese Erkenntnis veranlaßte in vielen Ländern die zuständigen Stellen bereits vor Jahren gesetzliche Regelungen, Vorschrif-

ten und Richtlinien zu erarbeiten, die die rechtlichen Grundlagen für die Gewährleistung eines ausreichenden Schutzes gegenüber Lärm schaffen sollten. Zu den für die Bundesrepublik Deutschland maßge-

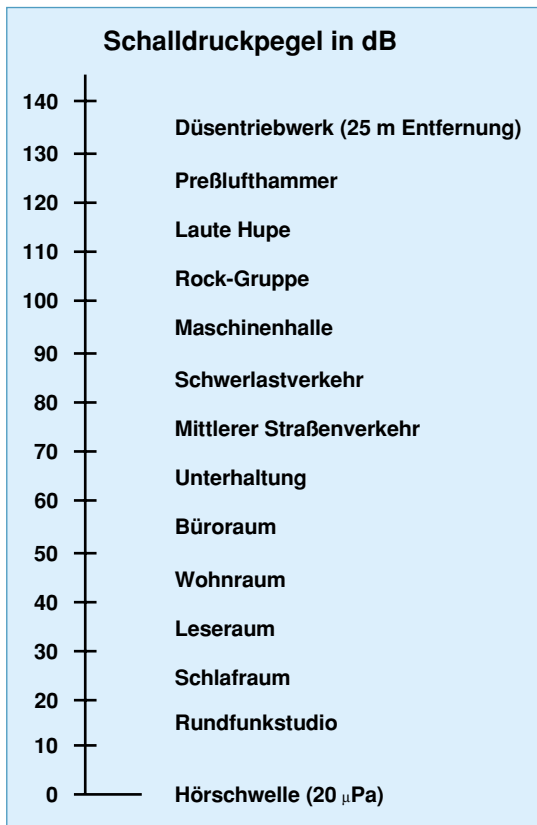


Bild 1: Typische Schalldruckpegel von verschiedenen Geräuschen

benden Verordnungen und Regelwerken gehören heute, um nur einige zu nennen, die

- Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TALärm) vom 16.07.1968,
- die Unfallverhütungsvorschrift (UVV-) Lärm, (VBG 121) der gewerblichen Berufsgenossenschaften, neueste Ausgabe: 01.04.1991,
- die Verordnung über Arbeitsstätten (ArbStättV) vom 20.03.1975, geändert durch Verordnung vom 01.08.1983 (BGB1 I, S. 1057), § 15, Schutz gegen Lärm, und
- die VDI 2058, Blatt I, Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft, September 1985.

In der TALärm wird Lärm als Schall (Geräusch) definiert, „...der Nachbarn oder Dritte stören (gefährden, erheblich benachteiligen oder erheblich belästigen) kann ...“. Die Belastung des Menschen durch Lärm hängt im wesentlichen von folgenden, objektiv feststellbaren Faktoren ab:

- Stärke
- Dauer,
- Häufigkeit und Tageszeit des Auftretens,
- Frequenzzusammensetzung,
- Auffälligkeit,
- Ortsüblichkeit und
- Art und Betriebsweise der Schall- oder Geräuschquelle.

Daneben gibt es auch noch eine Reihe von subjektiven Einflüssen, die von der Situation des Betroffenen selbst abhängen

und insofern quantitativ nicht eindeutig zu erfassen und zu bewerten sind, wie z. B.

- der Gesundheitszustand (physisch, psychisch),
- die Tätigkeit während der Geräuscheinwirkung,
- die Gewöhnung und - nicht zuletzt -
- die persönliche Einstellung zum Geräuscherzeuger.

Es würde im Rahmen dieses Artikels zu weit führen, auf alle genannten Einflußgrößen detailliert einzugehen. Zur Vertiefung des Wissens um diese Dinge wird auf die VDI-Richtlinie 2058, Blatt 1, verwiesen.

Eine objektiv bestimmbare Größe, der im Bereich des Lärmschutzes eine ganz besondere Bedeutung zukommt, ist der sogenannte Beurteilungspegel, er kennzeichnet die Wirkung eines Geräusches auf unser Gehör. Die Höhe dieses Pegels hängt unmittelbar von der Stärke und der Einwirkdauer des zu untersuchenden Schallaufkommens ab. Je nachdem, ob ein Geräusch auch noch dominierende Einzeltöne und/oder Impulse enthält, sind diese bei der Bildung des Beurteilungspegels zusätzlich zu berücksichtigen. Darauf wird im nachfolgenden Abschnitt noch näher eingegangen werden. Dort werden auch die Begriffe Schalldruckpegel und Beurteilungspegel ausführlich erläutert.

Alles bisher Gesagte führt zu der Frage: Wie und mit welchen Hilfsmitteln mißt man die sogenannte Stärke von Schall bzw. von Geräuschen? Das Hilfsmittel wird bereits in der Überschrift dieses Artikels genannt, es heißt: Schallpegelmesser. Wie man damit umgeht und Messungen richtig durchführt, darauf wird im letzten Abschnitt dieses Übersichtsbeitrages eingegangen.

Das Angebot an Schallpegelmessern ist heute auf dem Markt bereits beachtlich und in der Qualität breit gefächert. Es gibt darunter sehr einfache, preiswerte (Hand-) Schallpegelmeßgeräte, und es gibt auch sehr hochwertige, allen Anforderungen der national bzw. international genormten Meßwertermittlung genügende Geräte, die selbstverständlich auch ihren Preis haben. Nicht selten sind Schallpegelmesser ein integrierter Bestandteil größerer Akustik-Meßanlagen, z. B. in ein- oder auch zweikanaligen Echtzeit-Frequenzanalytoren, in speziellen Bauakustik-Meßsystemen, etc.

Die Anforderungen, die heute an einen zeitgemäßen Schallpegelmesser zu stellen sind sowie die wichtigsten Bestandteile seines Aufbaus werden im übernächsten

Kapitel unter der Überschrift „Der Schallpegelmesser“ vorgestellt und erläutert.

Schalldruckpegel und Beurteilungspegel

In der Schall-Meßtechnik ist der Schalldruckpegel (Symbol: L; Einheit: Dezibel oder abgekürzt „dB“) die am häufigsten gemessene Größe zur quantitativen Erfassung und Beschreibung von Schallereignissen jeglicher Art. Unter dem Schalldruckpegel versteht man den 20fachen Logarithmus des im Augenblick der Messung herrschenden Schalldrucks (Symbol: p; Einheit: Newton/m² oder Pascal, bzw. N/m² oder Pa), ins Verhältnis gesetzt zum international vereinbarten Bezugsschalldruck p₀:

$$L = 20 \text{ dB} \cdot \lg \left(\frac{\tilde{p}}{p_0} \right)$$

$\tilde{p}_0 = 20 \mu\text{N/m}^2$ (oder: μPa)
 = Effektivwert des kleinsten Schalldrucks, den unser Gehör gerade noch wahrzunehmen vermag

Für die Bildung des Schalldruckpegels werden von den Schalldruckwerten jeweils die Effektivwerte verwendet; daher auch die Zeichen „~“ über den beiden p-Symbolen in der Formel.

Der Schalldruckpegel ist ein Maß für die



Werkfoto: RION

Bild 2: Beispiel für einen integrierenden, analog und digital anzeigenden Präzisions-Schallpegelmesser

Bild 3: Schalldruck und Schalldruckpegel, aufgetragen über der Frequenz. Kurven gleicher Lautstärke und Bewertungskurven A, B und C.

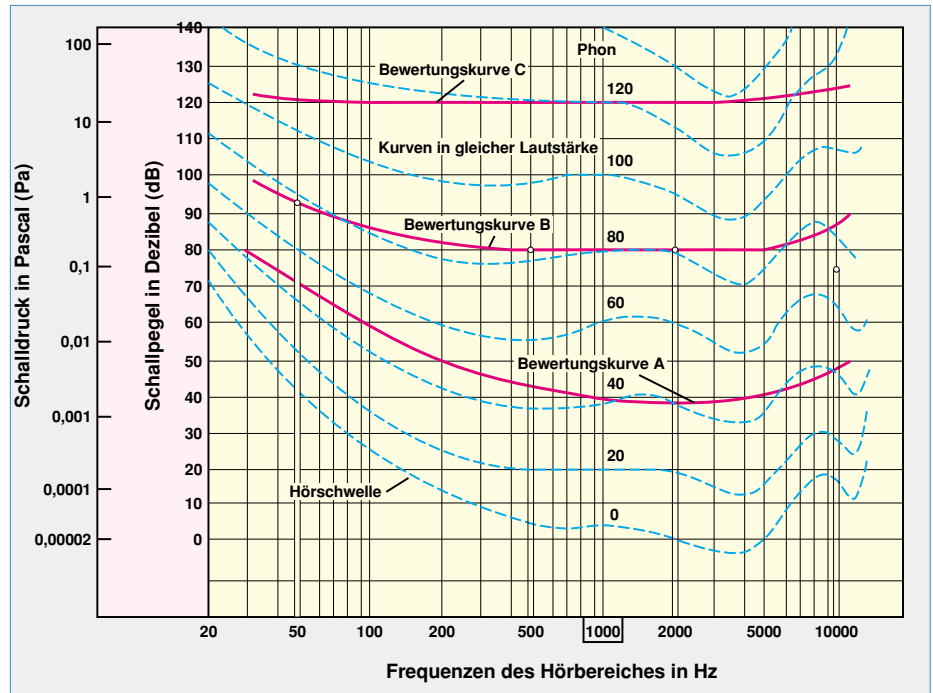


Tabelle 1: Relativer Frequenzgang der genormten Frequenzbewertungskurven A, B, C und D

Frequenz in Hz	Relativer Frequenzgang in dB			
	Kurve A	Kurve B	Kurve C	Kurve D
10	-70,4	-38,2	-14,3	
12,5	-63,4	-33,2	-11,2	
16	-56,7	-28,5	-8,5	
20	-50,5	-24,2	-6,2	
25	-44,7	-20,4	-4,4	
31,5	-39,4	-17,1	-3,0	
40	-34,6	-14,2	-2,0	-14
50	-30,2	-11,6	-1,3	-12
63	-26,2	-9,3	-0,8	-11
80	-22,5	-7,4	-0,5	-9
100	-19,1	-5,6	-0,3	-7
125	-16,1	-4,2	-0,2	-6
160	-13,3	-3,0	-0,1	-5
200	-10,9	-2,0	0	-3
250	-8,6	-1,3	0	-2
315	-6,6	-0,8	0	-1
400	-4,8	-0,5	0	0
500	-3,2	-0,3	0	0
630	-1,9	-0,1	0	0
800	-0,8	0	0	0
1000	0	0	0	0
1250	+0,6	0	0	2
1600	+1,0	0	-0,1	6
2000	+1,2	-0,1	-0,2	8
2500	+1,3	-0,2	-0,3	10
3150	+1,2	-0,4	-0,5	11
4000	+1,0	-0,7	-0,8	11
5000	+0,5	-1,2	-1,3	10
6300	-0,1	-1,9	-2,0	9
8000	-1,1	-2,9	-3,0	6
10000	-2,5	-4,3	-4,4	3
12500	-4,3	-6,1	-6,2	0
16000	-6,6	-8,5	-8,5	

bereits erwähnte Stärke eines Schallereignisses. Die Schalldruckskala beginnt bei 0 dB (=Hörschwelle) und reicht über die Schmerzgrenze bei etwa 120dB (bei 1000 Hz) noch weiter hinaus (siehe Bild 1). Ein Düsentriebwerk z. B. kann in einer Entfernung von 25 m Schalldruckpegel bis zu etwa 140 dB erzeugen.

Die Messung des Schalldruckpegels kann entweder frequenzunabhängig oder auch „frequenzbewertet“ geschehen. Im ersten Falle handelt es sich um einen „linear“ gemessenen Schalldruckpegel (Angabe in dB); im zweiten Falle spricht man von einem „(frequenz-) bewerteten“ Schalldruckpegel (Angabe in dB(...)), wobei man die Art der Bewertung entsprechend dem verwendeten Bewertungsfilter durch einen zusätzlichen Buchstaben (A, B, C oder D) kenntlich macht, der hinter das dB-Zeichen in Klammern gesetzt wird, z. B.: dB(A).

Zu den Bewertungsfiltern ist erläuternd folgendes anzumerken: Die Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs ist sehr stark frequenzabhängig, wobei

diese Frequenzabhängigkeit obendrein auch noch pegelabhängig ist. Das zeigen sehr deutlich die durch subjektiven Hörvergleich ermittelten und in Bild 3 dargestellten Kurven gleicher Lautstärke (Einheit: Phon). Diese Thematik hat der Autor bereits im „ELVjournal“ Nr. 43, Januar/Februar 1986, Seite 18-21, ausführlich beschrieben.

Es hat zu keiner Zeit an Versuchen gefehlt, durch Verwendung bestimmter Filter eine möglichst gute Annäherung zwischen den mit einem Schalldruckmesser objektiv ermittelten Schalldruckpegeln (in dB) und den durch Hörvergleich subjektiv bestimmten Lautstärkepegeln (in Phon) zu erreichen. So entstanden seinerzeit zunächst die sogenannten Ohrkurvenfilter und später die Bewertungsfilter A, B und C. Zu einer generell befriedigenden Lösung dieser Wunschvorstellung hat das nie geführt. Wie wir heute wissen, sind die Eigenschaften unseres Hörorgans viel zu komplex, als daß man sie durch einfache, nach Bedarf umschaltbare Filternetzwerke allein allumfassend nachbilden könnte.

Im Bereich der Lärm-Meßtechnik verwendet man heute praktisch nur noch die Frequenzbewertung A, und zwar unabhängig von der Höhe der Pegel. Die A-Bewertung ist somit nicht mehr auf Geräusche mit niedrigen Pegeln allein beschränkt. Die so gemessenen Schalldruckpegel L_A (in dB(A)) bilden die Grundlage für die Bestimmung des Beurteilungspegels L_r .

Die relativen Frequenzgänge der Bewertungskurven A, B und C sowie auch der D-Kurve (=Frequenzbewertung für die Messung von Flugzeuglärm) sind in Bild 4 dargestellt. Die diesen Kurven zugrundeliegenden Pegelkorrekturen - bezogen auf

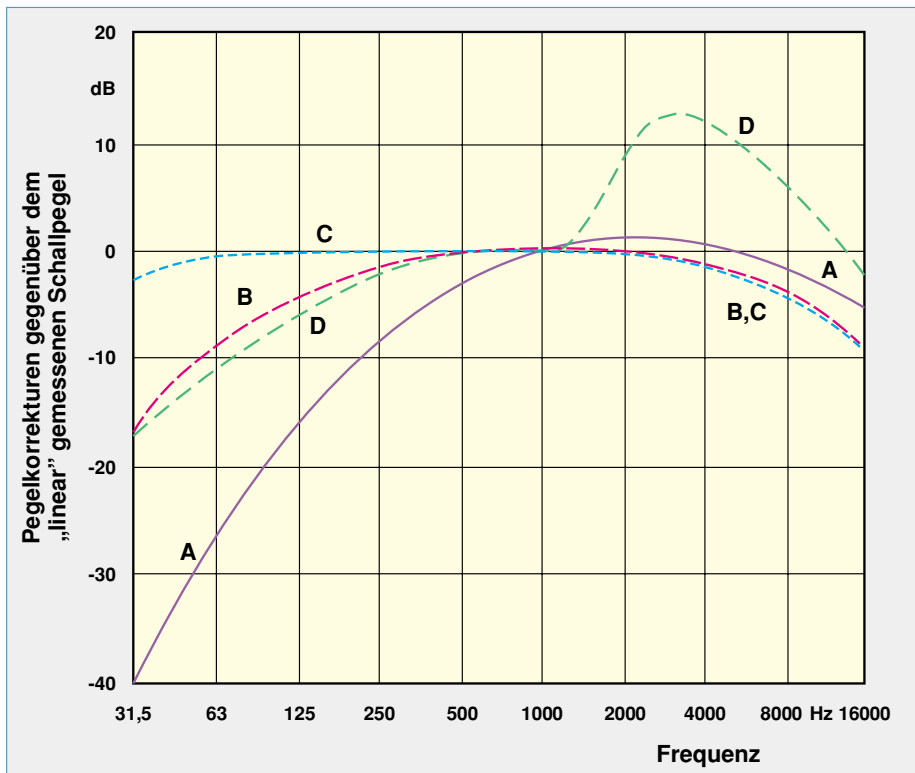


Bild 4: Frequenzbewertungskurven A, B, C und D

den „linearen“ Frequenzgang - sind in der Tabelle 1 wiedergegeben.

Die in der Praxis auftretenden Geräusche haben nur selten einen konstanten Pegel, im Gegenteil, in der Regel hat man es stets mit mehr oder weniger stark schwankenden Pegeln zu tun, die oftmals auch noch impulsartigen Charakter haben können, z. B. in Kesselschmieden oder bei Explosionen. Das Ablesen eines für derartige Schallvorgänge repräsentativen Meßwertes am Schallpegelmesser ist wegen der ständig unregelmäßig schwankenden Anzeige einfach nicht möglich. Um solche stark schwankenden Pegel überhaupt sinn-

voll zu beschreiben, mißt und verwendet man deren zeitlichen Mittelwert, quasi als Einzahlangebe.

Jeder in der Lärm-Meßtechnik eingesetzte Schallpegelmesser muß daher in der Lage sein, neben dem im Augenblick der Messung herrschenden Momentanwert des Schalldruckpegels auch den Mittelungspegel L_m zu bestimmen. Das geschieht praktisch in der Weise, daß das Meßgerät während der Messung von den fortlaufend aufgenommenen Einzelmeßwerten eine ständige Mittelwertbildung gemäß der in der DIN 45641 beschriebenen Bildungsvorschrift durchführt.

Ein weiterer Begriff muß an dieser Stelle noch eingefügt werden, nämlich die sogenannte „Zeitbewertung“ eines zu messenden Schalldruckpegels. Neben der Frequenzbewertung (A, B, C und D) spielt bei der Messung von Schalldruckpegeln die sogenannte Anzeige-Dynamik (Zeitkonstante des Effektivwert-Gleichrichters; darauf wird nachfolgend noch ausführlicher eingegangen werden) des Meßgerätes eine wichtige Rolle. Der zu messende Schalldruckpegel wird dadurch einer Zeitbewertung unterzogen, was natürlich auch Einfluß auf das Meßergebnis hat. Genormt sind 3 verschiedene Zeitbewertungen: „S“ (engl.: „SLOW“ = „LANGSAM“), „F“ (engl.: „FAST“ = „SCHNELL“) und „I“ (engl.: „IMPULSE“ = „IMPULS“).

Bei der Zeitbewertung „FAST“ z. B. werden alle Geräusche korrekt angezeigt, die wenigstens 0,5 s lang bestehen. Welche Bedeutung die einzelnen Zeitbewertungen für die Praxis haben, darüber wird, wie

schon erwähnt, nachfolgend noch ausführlich berichtet werden.

Zurück zum Mittelungspegel: Den mit der Zeitbewertung „FAST“ und der Frequenzbewertung A gemessenen Mittelungspegel $L_m = L_{AFm}$ bezeichnet man auch als A-bewerteten, energieäquivalenten Dauerschallpegel L_{eq} . Darin steckt die Aussage, daß ein während einer bestimmten Zeit vorhandenes, schwankendes Geräusch mit einem Mittelungspegel $L_m = L_{eq}$ die gleiche (energieäquivalente) Wirkung auf unser Gehör hat, wie ein während der gleichen Zeit herrschender Dauerschall gleichen Pegels.

Aus dem Mittelungspegel als objektiv meßbarer physikalischer Größe, die die Schallvorgänge exakt kennzeichnet, erhält man den Beurteilungspegel L_r durch Berücksichtigung bestimmter Zu- und Abschläge (für Fremdgeräusche, Ruhezeiten, Einzeltöne und Impulse, siehe dazu VDI 2058, Blatt I und DIN 45645, Teil 1), die dem komplizierten Zusammenhang zwischen den meßbaren Schallgrößen und ihren physiologischen und psychologischen Auswirkungen beim einzelnen Menschen - wenn auch nur vereinfacht und näherungsweise - Rechnung tragen. Der Beurteilungspegel L_r ist laut Definition ein Maß für die durchschnittliche Geräuschmischung während der sogenannten Beurteilungszeit T_r und wird wie folgt angegeben:

$$L_r = L_{eq} + K_I + K_T \text{ (dB)}$$

K_I = Impulszuschlag (je nach Auffälligkeit +3dB(A) oder +6 dB(A))
 K_T = Tonzuschlag

Die Beurteilungszeit T_r ist dasjenige Zeitintervall, das der Berechnung des Beurteilungspegels zugrunde liegt. Für Geräuschmischungen am Arbeitsplatz beträgt T_r für eine normale Arbeitsschicht 8 Stunden. Für alle anderen Geräuschmischungen, z. B. Verkehrsgeräusche (s. a. die Richtlinie für den Lärmschutz an Straßen RLS-90), werden unterschiedliche Zeiten angesetzt, s. dazu DIN 45645, Teil 1, Abschnitt 4.3.2.

Faßt man die bisherigen Ausführungen zusammen, so kann folgendes festgehalten werden: Ausgehend von der eingangs genannten Definition, ist der Lärm kein rein physikalischer, sondern ein vornehmlich subjektiver Begriff. Für die Beurteilung, ob ein Schallereignis auch als Lärm empfunden wird, sind die davon Betroffenen maßgebend. Entsprechend schwierig ist es, die subjektive Größe Lärm zu messen und zu bewerten. Eine solche Bewertung ist aber notwendig, um mögliche Gefährdungen durch Lärm rechtzeitig feststellen und vorsorglich vermeiden zu können. Die Grundlage für eine solche Bewertung bietet die Ermittlung des Beurteilungspegels L_r .

Im nächsten Teil werden die akustischen Eigenschaften von Schallpegelmessern behandelt.

ELV



Werkfoto: Norsonic

Bild 5: Beispiel für einen integrierenden Schallpegelmesser, mit dem auch zeitlich gemittelte Schallpegel gemessen werden können - für Messungen im Umweltschutz unentbehrlich.