

Entwurf

Abhandlung

Infraschall-Emission

durch

Windenergieanlagenbetrieb

hörbar, wenn...

unhörbar, wenn...

- aber immer mit Ein- und Auswirkungen

Inhalt

Infraschall, ein **tieffrequenter** Schall

Mathematische Physik des Schalls

Bewertung

Schall — Begriffe und Definitionen

Lautstärkepegel

Bewerteter Schallpegel

Lautheit

Graphen

- Schalldruck
- Schalleistung
- Schallintensität

Worum es eigentlich geht - oder Der Streit ums Wesentliche

Infraschall ist tieffrequenter Schall im Frequenzbereich von ab kleiner 16 Hertz (Hz).

In diesem Bereich führen Schallpegel-Änderungen zu stärkeren Veränderungen in der Hör-Wahrnehmung als bei mittleren und höheren Frequenzen. Im tieffrequenten Bereich entspricht eine Erhöhung des Schallpegels (dB) um 5 dB einer Verdopplung des subjektiv empfundenen Lautstärkepegels (Phon); im höherfrequenten Bereich sind hierfür 10 dB notwendig.

Welche Höhrwahrnehmung beim Menschen hervorgerufen wird, hängt von der Schall-Intensität (W/m^2) bzw. (W/cm^2) des Schallpegels (dB) ab.

Das menschliche Gehör ist bei tiefen (=kleinen) Frequenzen sehr unempfindlich, kann aber dennoch Infraschall bis herab zu etwa 1,5 Hz hören, wenn der Schallpegel sehr hoch ist. Die Infraschall-Hörbarkeitsschwelle liegt bei 10 Hz, wenn der Schallpegel 95 dB bis 100 dB beträgt. 2 Hz sind es bei einem Pegel von etwa 120 dB und einer Schallintensität im Bereich $1 \cdot 10^{-12} W/m^2$ (Hörbarkeitsschwelle, 0 Phon) bis $1 \cdot 10^0 W/m^2$, also 13 Zehnerpotenzen (Schmerzgrenze, 130 Phon). Gelegentlich wird auch die Einheit „Sone“ verwendet. Aber Sone ist nicht wertgleich und auch nicht gleichwertig mit Phon, denn Sone ist das Maß für die Lautheit und Phon das Maß für den Lautstärke-Pegel L_s .

Anmerkung:

Zur annähernd objektiven Ermittlung des Schallpegels [dB(A)] „bewerten“ elektrische Filter in der Messapparatur die starke Frequenzabhängigkeit der subjektiven Lautstärkeempfindung. International gibt es die genormten Bewertungskurven A, B, C, und D. Die „A-Bewertung“ hat die größere Bedeutung, da sie den Schallpegel ähnlich wie das menschliche Gehör bewertet. Durch die „A-Bewertung“ liefern tiefe und auch höhere Töne (diese jedoch weniger ausgeprägt) einen niedrigeren Anzeigewert als ein 1-kHz-Ton gleichen Schallpegels (dB).

Beispiele: Der „A-bewertete“ Schallpegel mit der Frequenz von 125 Hz wird um 16 dB, der von 250 Hz um 8,6 dB und die von 500 Hz um 3,2 dB niedriger angezeigt als der unbewertete Schallpegel. Der Anzeigewert dB(A) ist ein Rechenwert, kein Messwert.

Der Schalldruckpegel mit dem Namen Dezibel(dB), Formelzeichen L_p , ist der auf einen Bezugsschalldruck $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} Pa$ (Pascal) bezogene Ist-Schalldruck p in Pa.

$$L_p = 20 \lg (p/p_0) \text{ [dB]}$$

1 dB (Dezibel) = $1 \cdot 10^{-1}$ B (Bel)

$2 \cdot 10^{-5} Pa = 2 \cdot 10^{-5} N/m^2 = 2 \cdot 10^{-4} \mu bar$

1 Pa = $1 N/m^2$

1 N = $1 kg \cdot m/s^2$ (N=Newton)

1 bar = 10 Pa

1 bar = $10^5 N/m^2$

1 $\mu bar = 10^{-6} bar$

Pascal, Blaise, franz.

Philosoph, Mathematiker und Physiker. U.a. wies er mit dem Barometer die Abnahme des Luftdrucks mit zunehmender Höhe nach.

Newton, Sir Isaak, engl. Physiker, Mathematiker und Astronom. U.a. Erklärung der Schallausbreitung in Form von Longitudinalwellen.

Bell, Alexander Graham,

schottisch-amerikanischer Physiker: Entwickler des ersten technisch nutzbaren Telefons.

Hertz, Heinrich Rudolph, deutscher Physiker, erzeugte als erster mit einem Funk-sender elektromagnetische Wellen [keine (mechanischen) Schallwellen]

\lg = dekadischer Logarithmus (Basis = 10) auch Zehner oder Briggscher Logarithmus genannt.

1 Mathematische Physik des Schalls

[Akustik (gr. Akustos) = hörbar]

1.1 Schalldruckpegel L_p [dB]

$$L_p = 20 \lg [\text{Ist - Schalldruck (=Messwert) / Bezugs-Schalldruck}] \text{ [dB]}$$

$$L_p = 20 \lg (p \cdot \text{Pa} / 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}) \text{ [dB]}$$

1.2 Schallleistungspegel L_w [dB]

$$L_w = 10 \lg [\text{Ist - Schallleistung (=Messwert) / Bezugs-Schallleistung}] \text{ [dB]}$$

$$L_w = 10 \lg [w \cdot \text{Watt (W)} / 1 \cdot 10^{-12} \text{ W}] \text{ [dB]}$$

1.3 Schallintensitätspegel L_i [dB]

$$L_i = 10 \lg [\text{Ist - Schallintensität (=Messwert) / Bezugs-Schallintensität}] \text{ [dB]}$$

$$L_i = 10 \lg (i \cdot \text{W/cm}^2 / 1 \cdot 10^{-16} \text{ W/cm}^2) \text{ [dB] bzw.}$$

$$L_i = 10 \lg (i \cdot \text{W/m}^2 / 1 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2) \text{ [dB]}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ m}^2 &= 10.000 \text{ cm}^2 \\ 1 \text{ m}^2 &= 10^4 \text{ cm}^2 \\ 1 \text{ cm}^2 &= 10^{-4} \text{ m}^2 \\ \text{Folglich ist} \\ 10^{-16} \text{ W/cm}^2 &= 10^{-12} \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

1.4 Schallpegel L in allgemeiner Form

1.4.1 $L = n \lg (A / B)$ [dB]

1.4.2 Für $n= 20$ folgt für $A= (p, w, i)$ aus 1.4.1:

$$\begin{aligned} L &= 20 \lg (A/B) \\ L &= 20 [\ln(A/B) / \ln 20] \rightarrow : 20 \\ \Rightarrow (L/20) \cdot \ln 20 &= \ln (A/B) \rightarrow \text{exp.} \\ \Rightarrow e^{[(L/20) \cdot \ln 20]} &= (A/B) \rightarrow * B \\ \Rightarrow B \cdot \exp \{ \ln 20(L/20) \} &= A \rightarrow * \exp (\ln 20)^{(L/10)} \\ A &= B \cdot 20^{(L/20)} \end{aligned}$$

lg= dekadischer Logarithmus.
ln=Logarithmus naturalis (Logarithmus zur Basis e mit $e= 2,71828\dots$).
ln wird auch Napierscher Logarithmus genannt; nach John Neper oder Nepier, dargestellt durch die unendl. Reihe
 $e= 1/0! + 1/1! + 1/2! + 1/3! + 1/4!, \text{ also } 1 + 1/1 \cdot 2 + 1/1 \cdot 2 \cdot 3 + 1/1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 + \dots$
 $= 1 + 1 + 1/2 + 1/6 + 1/24 + \dots$
 $= 2,7\dots$

1.4.3 für $n= 10$ folgt für $A = (p,w,i)$ aus 1.4.1:
 $A = B \cdot 10^{(L/10)}$

1.5 Mit

$$L_{p28} = L_{w28} = L_{i28} = 28 \text{ dB und}$$

$$L_{p52} = L_{w52} = L_{i52} = 52 \text{ dB sowie}$$

$$L_{p66} = L_{w66} = L_{i66} = 66 \text{ dB}$$

Die dB-Werte entstammen den Berichten von NeuroNet (28dB) und acouplan (52 u. 66dB) siehe Pkt. 2 dieser Abhandlung.

errechnen sich nach den Formeln gem. 1.4.2 und 1.4.3

1.5.1 die Werte

$$p_{28} = 5,024 * 10^{-4} \text{ Pa}$$

$$p_{52} = 0,008 * 10^0 \text{ Pa}$$

$$p_{66} = 0,040 * 10^0 \text{ Pa}$$

1.5.2

$$w_{28} = 6,310 * 10^{-10} \text{ W}$$

$$w_{52} = 1,585 * 10^{-7} \text{ W}$$

$$w_{66} = 3,981 * 10^{-6} \text{ W}$$

1.5.3

$$i_{28} = 6,310 * 10^{-14} \text{ W/cm}^2$$

$$i_{52} = 1,585 * 10^{-11} \text{ W/cm}^2$$

$$i_{66} = 3,981 * 10^{-10} \text{ W/cm}^2$$

Schallmessung

Der Messwertaufnehmer ist ein Mikrophon, in dem eine Membran die von der Schallwelle zu erzwungenen Schwingungen angeregt wird. Die mechanischen Schwingungen werden in elektrische umgewandelt. Ursächlich wird immer die Schalldruck *amplitude gemessen*, die z.B. in die Schallintensität umgerechnet wird.

Nach weiteren Umrechnungen (im Messgerät) nach den Formeln gem. 1.1, 1.2 und 1.3 erfolgt die entsprechende Anzeige von L_p , L_w , oder L_i in dB oder dB(A).

1.6 Diese Werte eingesetzt in die Formeln gem. 1.1, 1.2 und 1.3 ergibt

1.6.1 $L_{p28} = 28 \text{ dB} = 20 \lg (5,024 * 10^{-4} / 2 * 10^{-5}) = 20 \lg 25,12$

$$L_{p52} = 52 \text{ dB} = 20 \lg (0,008 / 2 * 10^{-5}) = 20 \lg 400,0$$

$$L_{p66} = 66 \text{ dB} = 20 \lg (0,04 / 2 * 10^{-5}) = 20 \lg 2000,0$$

Schalldruckpegel

1.6.2 $L_{w28} = 28 \text{ dB} = 10 \lg (6,310 * 10^{-10} / 1 * 10^{-12}) = 10 \lg 631,0$

$$L_{w52} = 52 \text{ dB} = 10 \lg (1,585 * 10^{-7} / 1 * 10^{-12}) = 10 \lg 158.500,0$$

$$, = 66 \text{ dB} = 10 \lg (3,981 * 10^{-6} / 1 * 10^{-12}) = 10 \lg 3'981.000$$

Schalleistungspegel

1.6.3 $L_{i28} = 28 \text{ dB} = 10 \lg (6,310 * 10^{-14} / 1 * 10^{-16}) = 10 \lg 631,0$

$$L_{i52} = 52 \text{ dB} = 10 \lg (1,585 * 10^{-11} / 1 * 10^{-16}) = 10 \lg 158.500,0$$

$$L_{i66} = 66 \text{ dB} = 10 \lg (3,981 * 10^{-10} / 1 * 10^{-16}) = 10 \lg 3'981.000,0$$

Schallintensitätspegel

2 Bewertung, Interpretation

- 2.1 Am Ergebnis der Rechnung gem. 1.6.3 ist erkennbar, dass das „10 Ig- Verhältnis der Schallintensität zur Bezugs- Schallintensität“ den Schallintensitätspegel L_i gleich $10 \lg 631 = 28 \text{ dB}$ ergibt. Für 66 dB beträgt das Intensitätsverhältnis $10 \lg 3'981.000$.
Es lässt sich darauf schließen, dass eine **ca. 6.310-fache** ($= 3,981 \cdot 10^{-10} / 6,310 \cdot 10^{-14}$) **Schall-Intensität** i den Intensitätspegel L_i um ca. 40 dB (28 → 66 dB) erhöht, d.h. der Erhöhungsfaktor ist hier ca. 2,36, [$\approx (66/28) \text{ dB}$].
Obwohl der Erhöhungs- oder Verstärkungsfaktor der Schallintensität L_{iv} ca. 6.310 ($= 10 \lg 3'981.000,0 / 10 \lg 631,0$) immens ist, erscheint die eigentliche Erhöhung der hierdurch induzierten Schallintensitätspegeldifferenz $\Delta L_i = 38 \text{ dB}$ [$= (66-28) \text{ dB}$] relativ gering.
Dennoch, -und das ist entscheidend- steigt die Differenz der Schallintensitäten ($i_{66} - i_{28}$) = $[(3,981 \cdot 10^{-10} / 1 \cdot 10^{-16}) - (6,310 \cdot 10^{-14} / 1 \cdot 10^{-16})]$ um $3,980.369 \cdot 10^6$ und damit um die Schallintensitätspegeldifferenz von $\Delta L_{i_{66} - i_{28}} = 10 \lg 3'980.369 = 65,99 \text{ dB}$.

Fazit: Die **Schallintensität i** gem. 1.5.3 ist entscheidend!

- 2.2 Die gleiche Rechnung (gem. 1.6.2) mit den Daten für die Schalleistungspegel L_w ergibt die gleichen Ergebnisse wie für die Schallintensitätspegel L_i .
- 2.3 Wiederum die gleiche Rechnung (gem. 1.6.1) mit den Daten für den Schalldruckpegel L_p ergibt, dass, wenn sich der Schalldruck p nur um das ca. **80-fache** ($= p_{66}/p_{28} = (0,040/5,024 \cdot 10^{-4})$) erhöht, der Schalldruckpegel ebenfalls um ca. 40 dB steigt.

Aber:

- 2.4 Aus Tabelle 2 „Ergebnisse der Schalldruckpegelmessungen“, Seite 6/8 im Bericht Nr. B1135_1 vom 11.05.2007 der Firma acouplan, Berlin geht hervor, dass, je **niedriger** die Schallfrequenz ist, der Schalldruckpegel (und damit auch Schallintensität und Schalleistung) an ein und demselben Messpunkt (MP) **steigt**. Dies liegt daran, dass die **Infraschallfrequenzen** zur Kategorie der **Längst-Wellen** gehören, weil ihre Wellen-Längen im m-Bereich liegen.
Die Folge: Ihre Dämpfung ist sehr klein, ihr „Energie“-Potenzial schwächt sich nur gering, ihre Reichweite ist demzufolge sehr groß und damit auch ihr Einwirkungsbereich. Gemäß der Darstellung im Bericht von acouplan in 550m (67,1 dB) MP1, in 900m (66,3 dB) MP2, in 1200 m (62,9 dB) MP3 bei einer Schallfrequenz von jeweils 6,3 Hz. Weil der Immissions-Schalldruckpegel der WEA nicht dokumentiert ist kann man nur sagen, dass dieser Pegel nach einer Entfernung von 650m (1200-550)m lediglich um 6,2 dB abgenommen hat. Die Intensitätsabnahme i betrug $3,980369 \cdot 10^{-14} \text{ W/cm}^2 \rightarrow$ Faktor 6.309.
- 2.5 Die pathologischen Auswirkungen einer subliminalen (=unterschwellig, d.h. unter der Hörbarkeitsschwelle liegenden) Beschallung (= Einwirkung) auf die elektroenzephalographische Aktivität einer Probandin hat Herr Dr. Elmar Weiler, NeuroNet GmbH, St. Wendel in seinem Bericht vom 28.10.2005 exakt und zweifelsfrei nachgewiesen.

Personen, die sich im **Feldbereich** von Infraschall-Schwingungen aufhalten, sind demnach grundsätzlich **gesundheitlich** hochgradig **gefährdet**.

- 2.6 Für 2.5 war entscheidend, dass jeweils der absolute Betrag der **Schallintensität** (W/cm^2) bei der Pegeländerung (von 28 dB auf 66 dB) **gravierend erhöht** war, Anstieg von $6,310 \cdot 10^{-14} \text{ W/cm}^2$ auf $3,981 \cdot 10^{-10} \text{ W/cm}^2$ (siehe 1.5.3) !

2.7 **Empfehlung:**

- Lassen Sie sich nicht mit den $L_A = \text{dB(A)}$ -Werten gem. 5.1 „abspeisen“ x
- Bestehen Sie auf die Angabe der „reinen“ $L = \text{dB}$ -Werte gem. 1.6.1, 1.6.2, 1.6.3
- Die $L = \text{dB}$ -Werte müssen am „Auf-Punkt“, also am ~~E~~missionsort gemessen sein und zwar im Rahmen einer Messkampagne (Langzeit-Messung) *imm*
- Zu jedem $L = \text{dB}$ -Wert muss die entsprechende Schallfrequenz inklusiv der Terzfrequenz (Bereich 1 bis 4000 Hz) genannt sein
- Aus dem Formeln für A gem. 1.4.2 bzw. 1.4.3 sind die Werte zu dokumentieren, also die Werte gem. 1.5.1, 1.5.2 und 1.5.3!

3 Schall - Begriffe und Definitionen

Unser Gehör erzeugt im Gehirn einen **Sinneseindruck**, wenn es von mechanischen Wellen (= Schallwellen) mit Frequenzen zwischen etwa 16 Hz und 20 kHz erregt wird.

Diesen **Sinneseindruck** nennen wir **Schall** und die **erregenden Wellen** heißen **Schallwellen**.

Schallschwingungen (= Schallfrequenzen) **unterhalb 16 Hz** nennen wir Infrasschall, oberhalb **20 kHz** (=20.000 Hz) bezeichnen wir mit Ultraschall. Der Zwischenbereich ist der Hörschallbereich.

Wir unterscheiden beim Sinneseindruck „Schall“ außerdem noch die *Empfindung* der **Tonhöhe** und die der **Lautstärke**.

Die **Tonhöhe** ist direkt von der **Frequenz** der erregenden Schallwellen, die **Lautstärke** von ihrer **Intensität** abhängig.

3.1 **Schalldruckpegel L_p**

ist der **20-fache** dekadische Logarithmus vom Verhältnis des Schalldrucks p zum Bezugs-Schalldruck p_0 von $2 \cdot 10^{-5}$ Pa bzw. $2 \cdot 10^{-5}$ N / m².

Der dimensionslose Zahlenwert für L_p hat den Namen Dezibel (dB).

$$L_p = 20 \lg (p/p_0) \text{ [dB]}$$

3.2 **Schalleistungspegel L_w**

ist der **10-fache** dekadische Logarithmus vom Verhältnis der Schalleistung w zur Bezugs-Schalleistung w_0 von $1 \cdot 10^{-12}$ W.

Der dimensionslose Zahlenwert für L_w hat ebenfalls den Namen Dezibel (dB).

$$L_w = 10 \lg (w/w_0) \text{ [dB]}$$

3.2 **Schallintensitätspegel L_i**

ist der **10-fache** dekadische Logarithmus vom Verhältnis der Schallintensität i zur Bezugs-Schallintensität i_0 von $1 \cdot 10^{-12}$ W / m² bzw. $1 \cdot 10^{-16}$ W / cm².

Der dimensionslose Zahlenwert für L_i hat auch wiederum den Namen Dezibel (dB).

$$L_i = 10 \lg (i/i_0) \text{ [dB]}$$

4 Lautstärkepegel L_s

4.1 Der **Lautstärkepegel** L_s 1000, den eine Schallwelle mit der Frequenz 1000 Hz hervorruft, ist gleich dem Schallpegel dieser Welle.

$$L_s 1000 = L_p = L_i = L_w$$

Lautstärkepegel L_s von Wellen mit anderen Frequenzen werden durch **subjektiven** Vergleich mit einer 1000-Hz-Welle bestimmt.

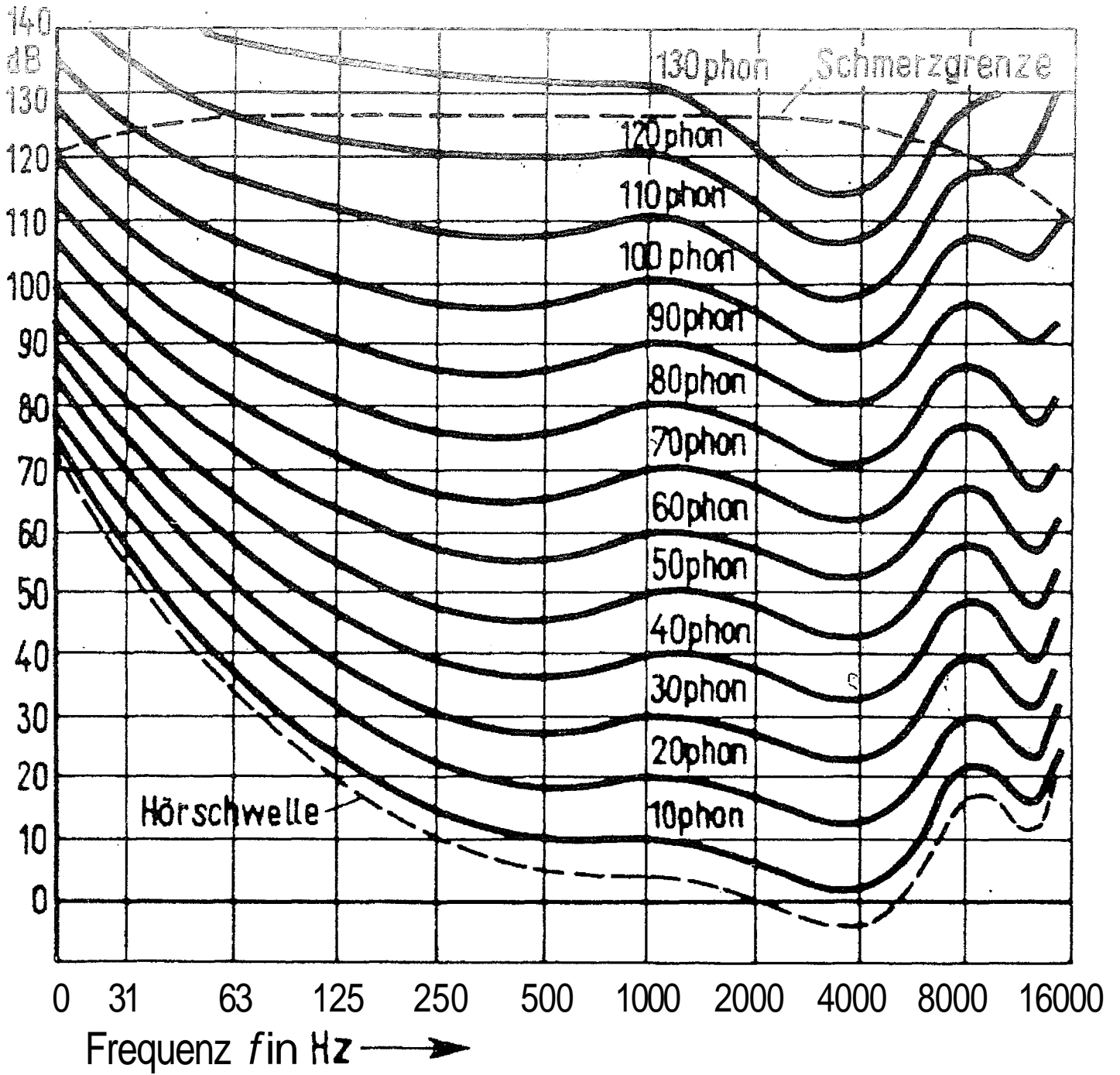
Man erzeugt gleichzeitig oder abwechselnd mit dem Schall, dessen Lautstärkepegel L_s zu messen ist, einen 1000-Hz-Ton mit messbar veränderlichem Lautstärkepegel = Schallpegel und verändert diesen so lange, bis eine oder mehrere Personen die beiden Töne als gleich laut bezeichnen. Dann haben die beiden Töne gleichen Lautstärkepegel L_s im allgemeinen aber verschiedene Schallpegel L .

Nach dieser Definition ist also der Lautstärkepegel L_s eine dimensionslose Zahl wie der Schallpegel. Er erhält ebenfalls einen Namen - **Phon** - der wie ein Einheitensymbol hinter die Zahl geschrieben wird, z.B. Lautstärkepegel $L_s = 26$ Phon. Das menschliche Gehör kann Unterschiede im Lautstärkepegel ΔL_s s 1 Phon gerade noch wahrnehmen¹. Stellt man bei der obigen Vergleichsmessung auch noch den Schallpegel der unbekanntenen Schallwelle fest, so hat man eine Zuordnung zwischen L und L_s , also die Empfindlichkeit des Gehörs, für diese eine Frequenz und diesen einen Schallpegel. Für alle anderen Werte muss die Vergleichsmessung wiederholt werden. Abb.1 (Seite 7) zeigt das Ergebnis solcher Messungen (Robinson und Dadson, 1956). Es sind Kurven gleicher Lautstärkepegel L_s . Jeder von ihnen gibt an, wie hoch der Schallpegel L einer Schallwelle in Abhängigkeit von der Frequenz f sein muss, damit immer derjenige Lautstärkepegel L_s (Phon) empfunden wird, der an der Kurve steht.

Der Vorteil dieser Kurvenschar Abb.1 (Seite 7) liegt darin, dass die oben erwähnten Vergleichsmessungen einer sinusförmigen Schallwelle mit einem 1000-Hz-Ton nicht bei jeder „Phonmessung“ durchgeführt werden müssen. Man bestimmt nur die Frequenz und den Schallpegel L und entnimmt aus der Kurvenschar den Lautstärkepegel L_s .

1) Die Aussage, einer Zunahme des Lautstärkepegels L_s um 3 Phon entspräche eine Verdoppelung des Lautstärkeindrucks, ist physikalisch nicht sinnvoll, weil sie sehr subjektiv ist.

Abb. i



Empfindlichkeitskurven des menschlichen Gehörs

5 Bewerteter Schallpegel L_A , L_B , L_C [dB (A), dB (B), dB (C)]

5.1 Dazu enthalten die älteren Analogsignal-basierten Schallpegelmesser meist drei verschiedene, wahlweise einschaltbare frequenzabhängige Glieder, Schaltkreise aus Widerständen (R) und Kondensatoren (C), sog. R-C-Netzwerke, die dem Messgerät ungefähr die gleiche Empfindlichkeit geben wie die des Gehörs. In Geräten der heutigen Generation sind die Schaltkreise Digitalsignal-basiert.

Die Messung erfolgt etwa folgendermaßen: Die einzelnen, vom Mikrophon aufgenommenen sinusförmigen Komponenten eines Klanges, Geräusches o.ä. werden je nach ihrer Frequenz durch das jeweils eingeschaltete R-C-Netzwerk verschieden stark abgeschwächt, dann gemeinsam verstärkt und daraus ein mittlerer Schallpegel gebildet. Dieser wird auf einer entsprechend beschrifteten Skala als **bewerteter** Schallpegel in dB angezeigt. Abb.2 (Seite 9) zeigt die drei sog. Bewertungskurven A, B und C nach DIN 45633; es sind die Frequenzgänge, die die R-C-Netzwerke der Schallpegelmesser haben sollen. Meistens wird nach Kurve A gemessen. Die Kurve B soll verwendet werden, wenn man die Lautstärkeempfindungen von sinusförmigem Schall oberhalb 60 dB annähern will. Nach Kurve C misst man, wenn die Lautstärkeempfindung von sinusförmigem Schall oberhalb 100 dB angenähert werden soll, oder wenn es sich um Schallwellen in Festkörpern (Körperschall) handelt.

Das Formelzeichen für den bewerteten Schallpegel ist L_A , L_B oder L_C je nach der verwendeten Kurve, also z.B. $L_A = 26$ dB oder auch $L = 26$ dB (A).

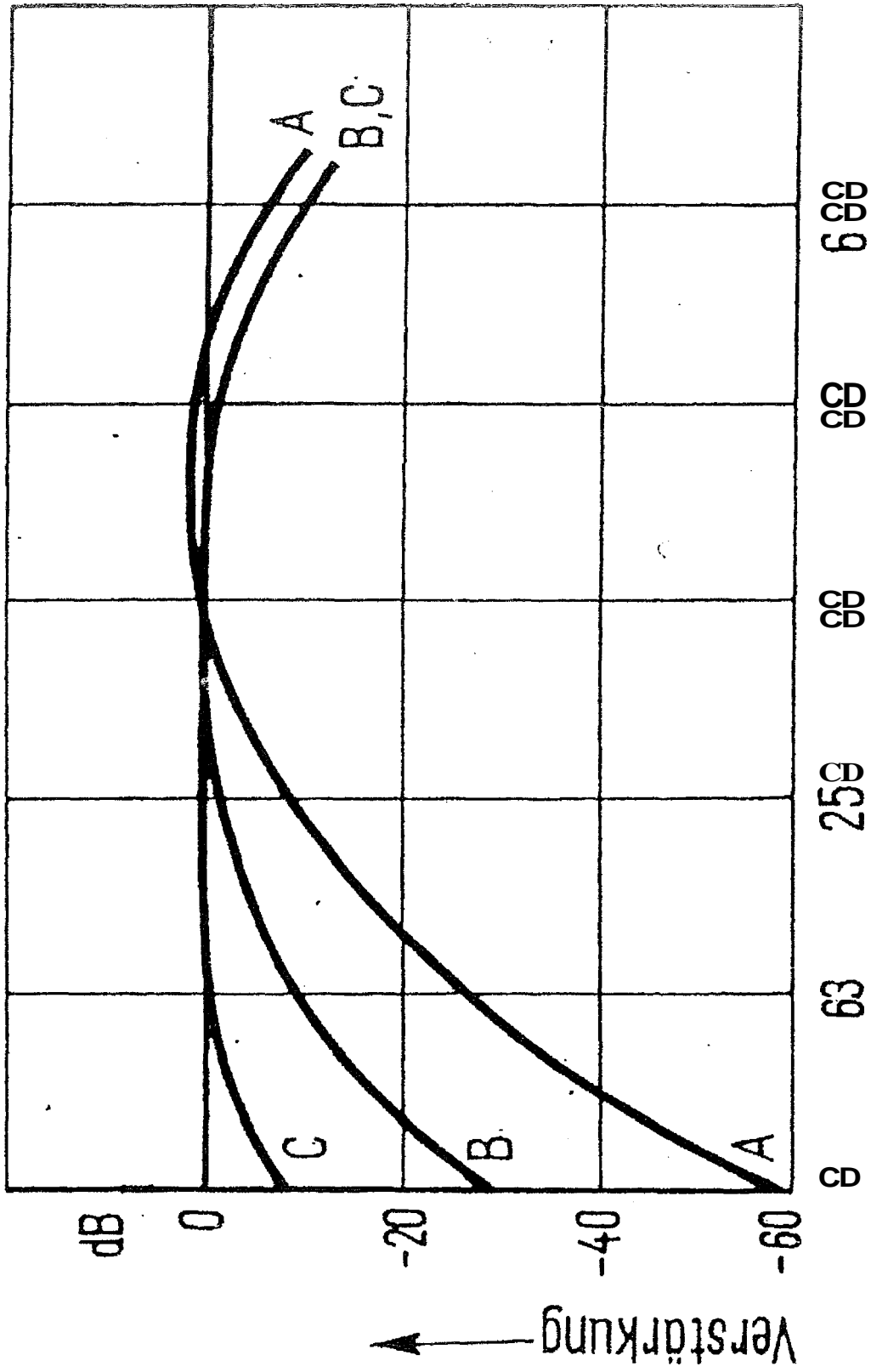
Siehe hierzu auch Tabelle 2, Seite 6/8 im Bericht von acouplan, vorletzte und letzte Spalte.

Beispiel: Der Schalldruckpegel $L = 81,0$ dB entspricht hier $L_A = 49,6$ dB (A).

Fazit:

Die Schallpegelwerte L in dB(A), dB(B), dB(C) sind für den Rückschluss auf die Schallintensität i , die Schallleistung w oder den Schalldruck p ungeeignet.

Abb. 2



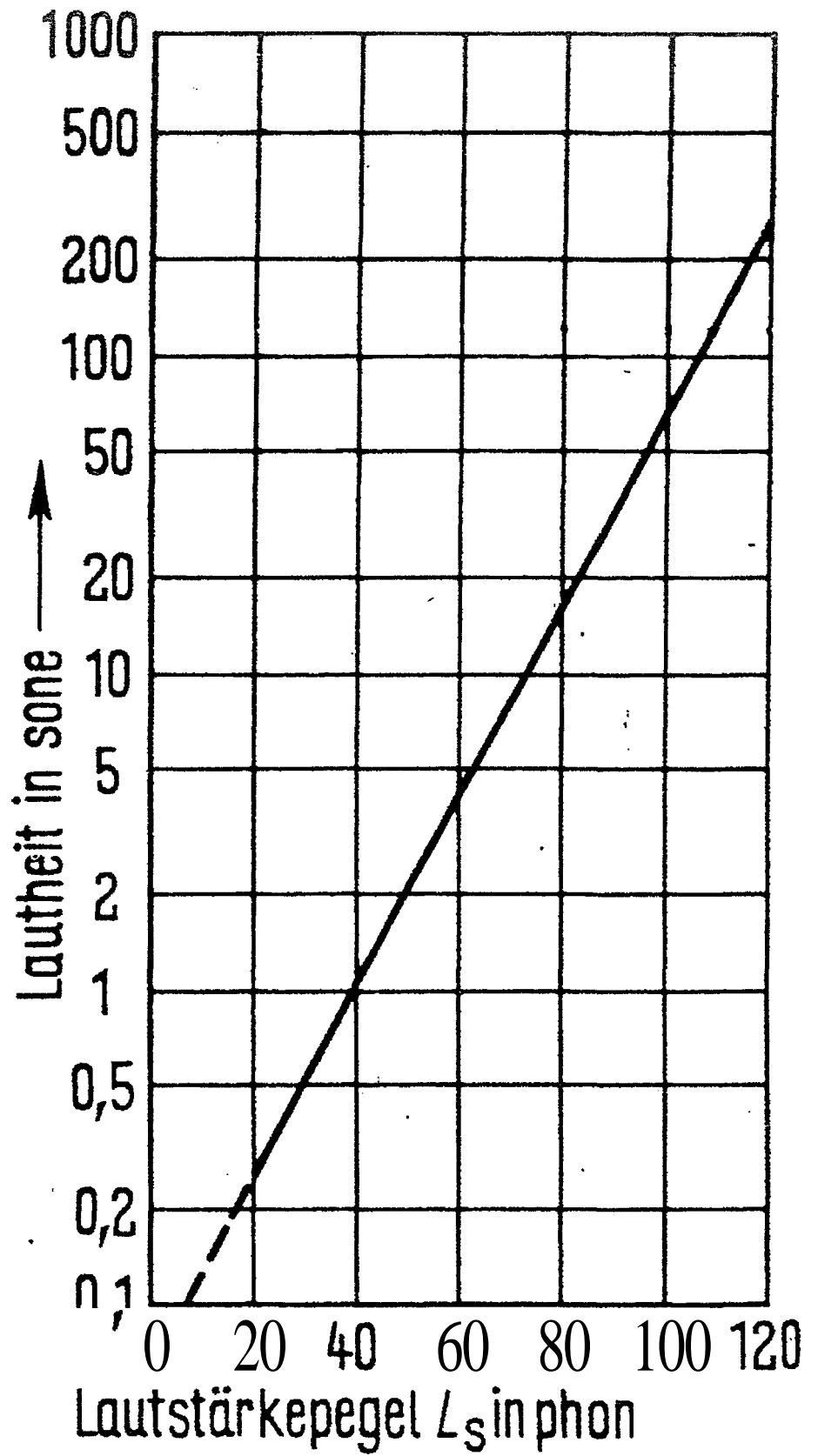
Te e

Erwings ch DI 56B3

6 Lautheit **Sone**

- 6.1 Gelegentlich wird auch noch eine weitere Größe zur **quantitativen Beschreibung des Gehöreindrucks** benutzt, die **Lautheit**. Ihr Zusammenhang mit dem Lautstärkepegel L_s ist Abb.3 (Seite 11) zu entnehmen. Wie man sieht, wird hier im wesentlichen die logarithmische Größe L_s delogarithmiert. Die so entstehende ebenfalls dimensionslose Zahl hat den Namen Sone.

Abb. 3



7 Graphische Darstellung

7.1 Schall-Druck p

7.2 Schall-Leistung w

7.3 Schall-Intensität i

$$A = n \cdot \lg\left(\frac{B}{C}\right), \text{ mit } \lg\left(\frac{B}{C}\right) = \frac{\ln\left(\frac{B}{C}\right)}{\ln(10)}$$

$$A = n \cdot \frac{\ln\left(\frac{B}{C}\right)}{\ln(10)}$$

$$\frac{A}{n} = \frac{\ln\left(\frac{B}{C}\right)}{\ln(10)}$$

$$\ln(10) \cdot \frac{A}{n} = \ln\left(\frac{B}{C}\right)$$

$$e^{\left(\ln(10) \cdot \frac{A}{n}\right)} = e^{\ln\left(\frac{B}{C}\right)}$$

$$10^{\frac{A}{n}} = \frac{B}{C}$$

$$C \cdot 10^{\frac{A}{n}} = B$$

Mit

$$n=20, C=2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$$

$$A=L_{p28}=28\text{dB} \Rightarrow B_{p28}=5,024 \cdot 10^{-4}$$

$$A=L_{p52}=52\text{dB} \Rightarrow B_{p52}=0,008$$

$$A=L_{p66}=66\text{dB} \Rightarrow B_{p66}=0,04$$

$$n=10, C=10^{-16} \text{ W/cm}^2$$

$$A=L_{i28}=28\text{dB} \Rightarrow B_{i28}=6,310 \cdot 10^{-14}$$

$$A=L_{i52}=52\text{dB} \Rightarrow B_{i52}=1,585 \cdot 10^{-11}$$

$$A=L_{i66}=66\text{dB} \Rightarrow B_{i66}=3,981 \cdot 10^{-10}$$

$$n=10, C=10^{-12} \text{ W}$$

$$A=L_{w28}=28\text{dB} \Rightarrow B_{w28}=6,310 \cdot 10^{-10}$$

$$A=L_{w52}=52\text{dB} \Rightarrow B_{w52}=1,585 \cdot 10^{-7}$$

$$A=L_{w66}=66\text{dB} \Rightarrow B_{w66}=3,981 \cdot 10^{-6}$$

! Achtung !

Gemäß der Formel unter 1.41, Seite 2 gilt:

$$L = A$$

$$B = A$$

$$C = B$$

$$n = 10 \text{ bzw. } 20$$

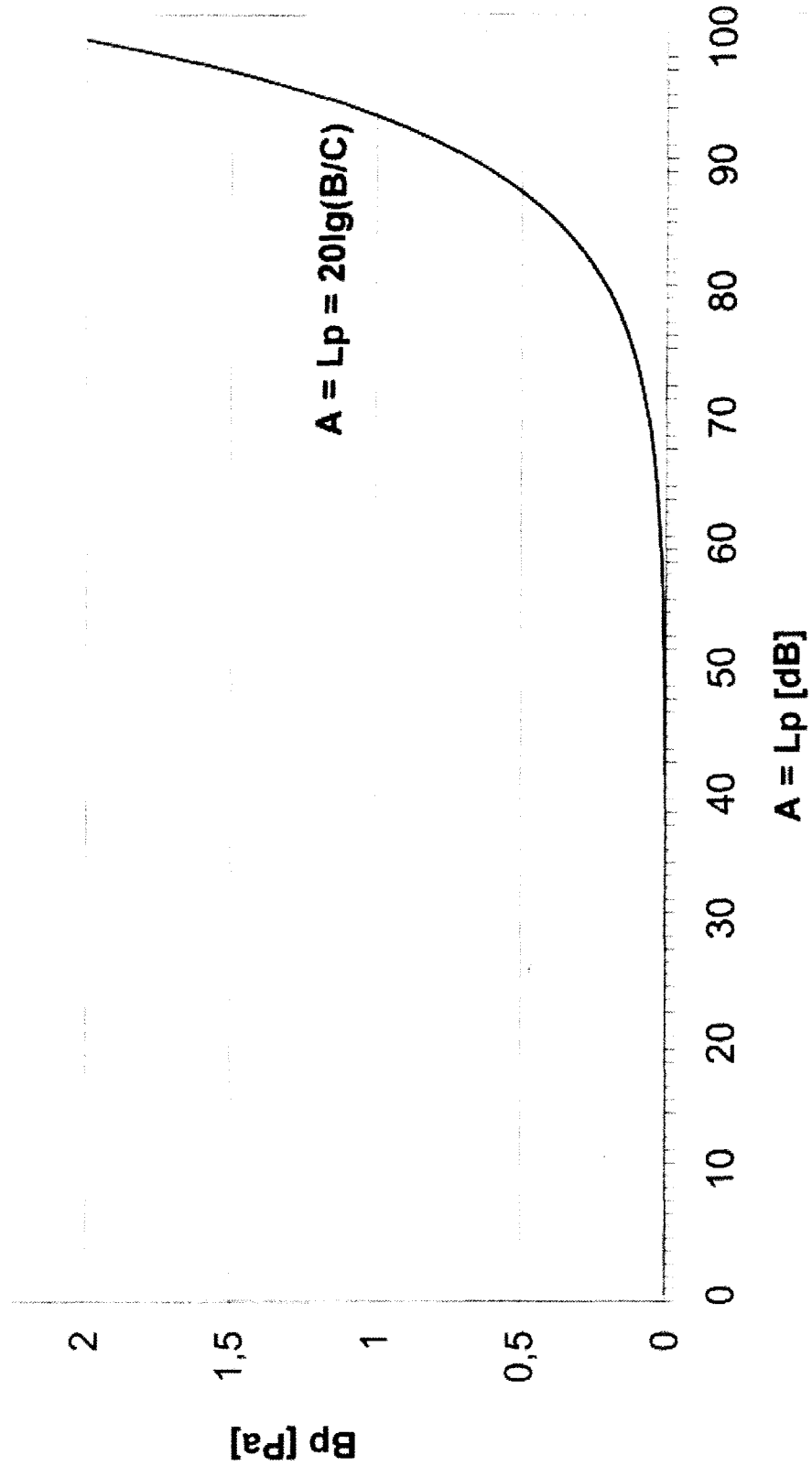
also

$$B \cdot 10^{(L/n)} = A \text{ und folglich}$$

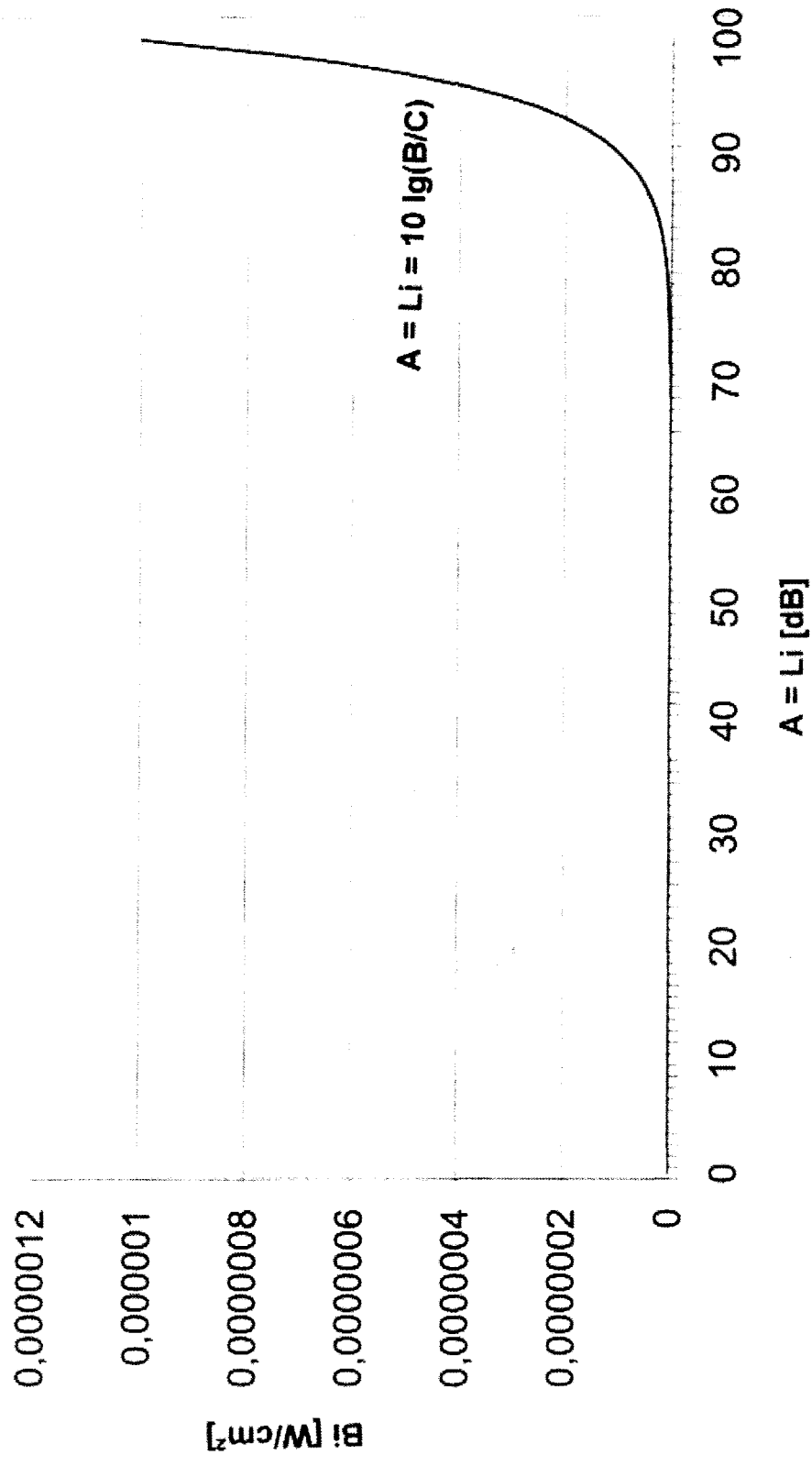
$$A = B \cdot 10^{(L/10)} \text{ bzw.}$$

$$A = B \cdot 20^{(L/10)}$$

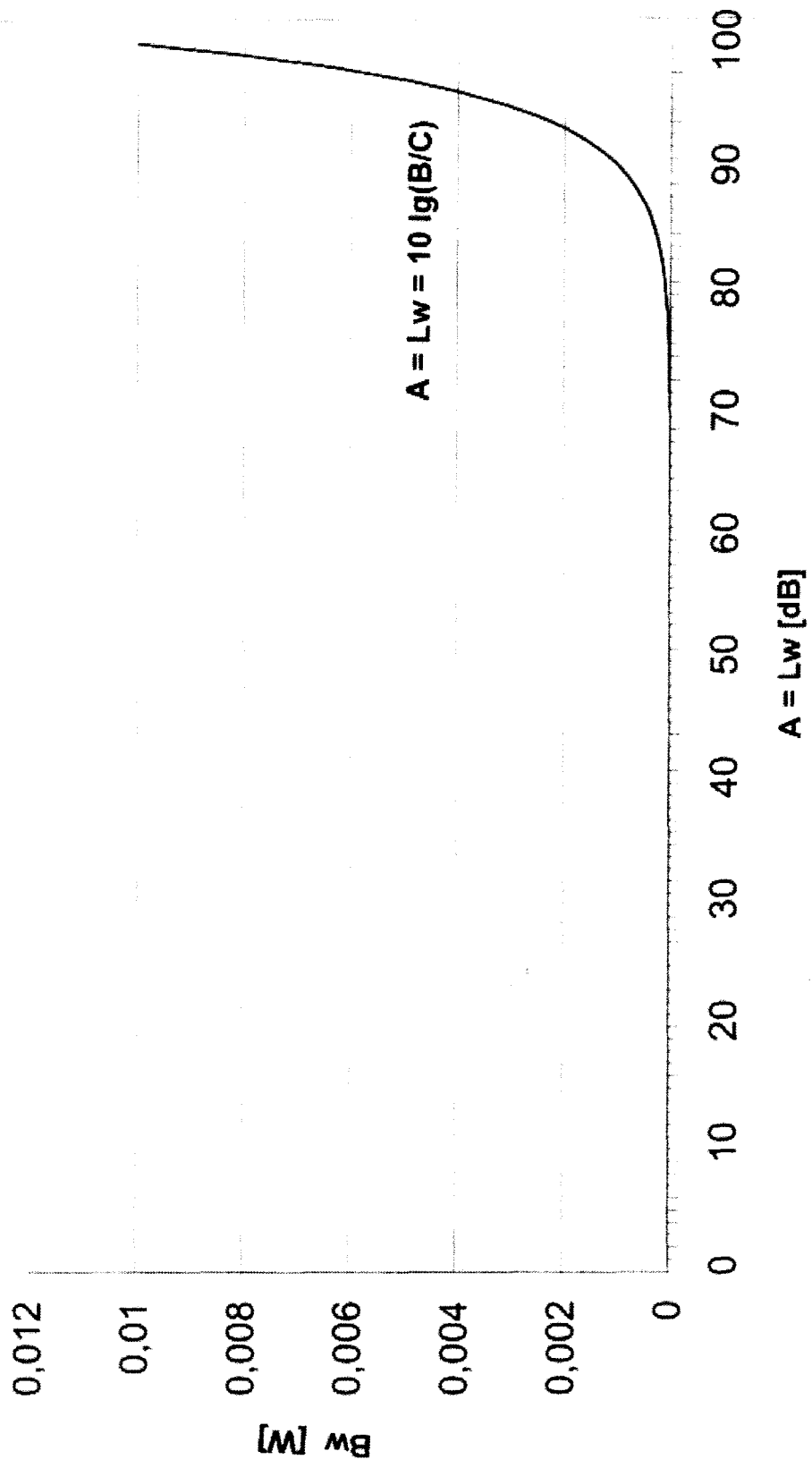
A = Lp=?, n=20, C=2*10⁻⁵ dB



$$A = L_i = ?, n=10, C=10^{-16} \text{ W/cm}^2$$



$$A = L_w = ?, n=10, C=10^{-12}W$$



$$A = L_w = 10 \lg(B/C)$$

Bw [W]

A = Lw [dB]

8 Worum es eigentlich geht - oder Der Streit ums Wesentliche

Die, obwohl ca. **6.300-fache** Erhöhung der Schallintensität i und ebenso der Schallleistung w , sowie die rd. **80-fache** Erhöhung des Schalldrucks p „stechen“ im Allgemeinen nicht ins Auge (siehe Graphen gem. 7.1, 7.2 und 7.3), weil ihre Beträge durch die Division mit der Bezugs-Schallintensität i_0 oder der Bezugs-Schallleistung w_0 bzw. dem Bezugs-Schalldruck p_0 und damit ihr jeweiliger Quotient im Zahlenwert relativ klein werden. Das heißt, der Dividend der für die elektroencephalographische (Gehirn-) Aktivität entscheidend ist, ist so kaschiert, dass er nicht mehr „auffällig“ erscheint. Mathematisch ist das zwar die Wahrheit, jedoch nicht für das (menschliche) Gehirn. In Wirklichkeit und in Wahrheit ist der Dividend unverändert vorhanden und entfaltet seine Ein-Wirkung „un-dividiert“, wodurch seine Auswirkungen (siehe Bericht von NeuroNet) entsprechend gravierend sind.

Durch die Rechenvorschrift zur Ermittlung der diversen Schallpegel d.h., durch die Kurvenverläufe der betreffenden Graphen wird der wahre Sachverhalt optisch verschleiert. Verschlimmert wird die Situation noch dadurch, dass in praxi mit den „bewerteten“ - in diesen Fällen eigentlich unter-bewerteten Schallpegeln $L_{p(A)}$, $L_{w(A)}$, und $L_{i(A)}$ in dB(A) gearbeitet wird. Insofern sind die Schall-Gut-achten grundsätzlich - Bös-achten, denn sie achten nicht das Gut, nämlich das Wohlbefinden, gar die Gesundheit der Betroffenen. Deshalb ist gegenüber den Isophonen-Karten (kartographische Darstellung der Linien gleicher Phon-Werte (=Lautstärkepegel L_s) eine kritische Wertung indiziert. Leider sind die inhaltlichen Informationen dieser Karten im Rahmen von Genehmigungsverfahren für die Immissions- oder Emissionsschutzbehörde das A und O, denn sie haben ja lediglich den Schutz gegen **Lärm** (gem. TA Lärm) zu „verwalten“. Eine **UVP** für WE-Anlagen müsste jedoch den Schall in Bezug auf seine Intensität i , seine Leistung w und seinen Druck p generell zum Gegenstand haben. Benötigt werden also Dezibel-Karten mit den Linien gleicher dB-, nicht dB(A)-Werte inklusiv der zugehörigen Frequenz(en), sowie Karten mit den Linien gleichen Schalldruck $p(\text{Pa})$, Schallintensität $i (\text{W}/\text{cm}^2)$ und Schallleistung $w(\text{W})$. Setzen Sie hier den „Hebel“ an, damit eine Verbesserung der UVP durch Einbeziehung gerade dieser Werte erreicht wird. Fordern Sie diesbezüglich Unterstützung bei Ärzten, Krankenkassen, Gesundheitsämtern, Gesundheitsministern, Regional- und Landespolitikern etc. ein, damit sich die Anzahl der Erkrankenden und Erkrankten nicht erhöht bzw. das Leiden der bereits Erkrankten beendet wird.