

# Pegelrechnung in dB

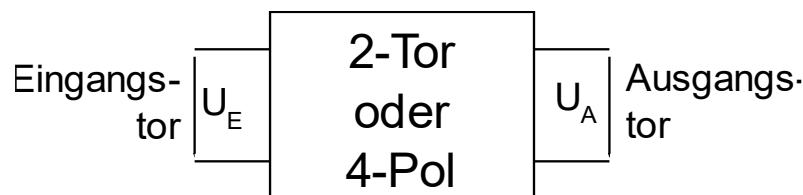
## Inhaltsverzeichnis

1	Vierpole .....	1
2	dB=deziBel .....	2
3	Relative Pegel .....	3
4	Absolute Pegel .....	3
5	dB-Rechenregeln .....	4
6	Beispiel .....	5

## 1 Vierpole

Eine Schaltung mit einem Eingang(-stor) und einem Ausgang(-stor) nennt man 2-Tor oder 4-Pol.

Typische Bezeichnungen:  $U_E=U_e=U_1$ ;  $U_A=U_a=U_2$

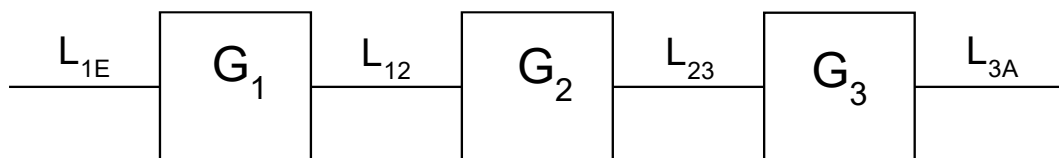


Von einem Vierpol können Verstärkungen angegeben werden:

- $v_U$ : Spannungsverstärkung
- $v_I$ : Stromverstärkung
- $v_P$ : Leistungsverstärkung

Wenn alle Vierpole über gleiche Ein- und Ausgangswiderstände  $R$  verfügen, können diese Verstärkungen umgerechnet werden.

Bsp: Eine Kommunikationskette besteht aus 3 Stufen  $G_1$ - $G_3$ :



$$v_{U1}=10; v_{U2}=0,000\ 01; v_{U3}=10\ 000$$

Ges: Gesamtverstärkung  $v_{ges}$

Einfacher ist es (durch das Logarithmieren) nur mit den Exponenten zu rechnen.

Da Verstärkungen einer Kommunikationskette multipliziert werden, kann durch das Logarithmieren und die Verwendung eines logarithmischen Maßes die Rechnung auf die einfachere Addition reduziert werden.

## 2 dB=deziBel

Das Maß deziBel ist ein logarithmisches Maß für ein Verhältnis von Leistungen:

$$G = 10 \cdot \lg\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \text{ dB}$$

G...Gain, Gewinn, Verstärkung

$P_1, P_2 \dots$  Leistungen, die ins Verhältnis gesetzt werden

Die Dämpfungsmass ist das umgekehrte Verhältnis und berechnet sich daher

$$A = 10 \cdot \lg\left(\frac{P_1}{P_2}\right) \text{ dB} = 10 \cdot \lg\left(\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{-1}\right) \text{ dB} = -10 \cdot \lg\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \text{ dB}$$

$$A = -G$$

A... Attenuation, Dämpfung

An gleichen Impedanzen/Widerständen (z.B.  $50 \Omega$  oder  $600 \Omega$ ) Z kann die Leistungsverstärkung in die Spannungsverstärkung umgerechnet werden.

$$G = 10 \cdot \lg\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \text{ dB} = 10 \cdot \lg\left(\frac{\frac{U_2^2}{Z}}{\frac{U_1^2}{Z}}\right) \text{ dB} = 10 \cdot \lg\left(\left(\frac{U_2}{U_1}\right)^2\right) \text{ dB} = 20 \cdot \lg\left(\frac{U_2}{U_1}\right) \text{ dB}$$

$$G = 20 \cdot \lg\left(\frac{U_2}{U_1}\right) \text{ dB}$$

Da das deziBel wurde für Leistungen definiert wurde, muss für Spannungen mit dem Faktor 20 gerechnet werden.

Diese Tabelle zeigt die üblichen Werte:

G in dB	$v_P = P_2/P_1$ Leistungsverhältnis	$v_U = U_2/U_1$ Spannungsverhältnis
-40	0,000 1	0,01
-20	0,01	0,1
-10	0,1	$1/\sqrt{10}=0,316$
-6	$1/4$	$1/2$
-3	$1/2$	$1/\sqrt{2}=0,707$
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>2</b>	<b><math>\sqrt{2}=1,41</math></b>
<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
10	10	$\sqrt{10}=3,16$
<b>20</b>	<b>100</b>	<b>10</b>
40	10 000	100

Das Leistungsverhältnis ist immer das Quadrat des Spannungsverhältnisses und umgekehrt die Quadratwurzel.

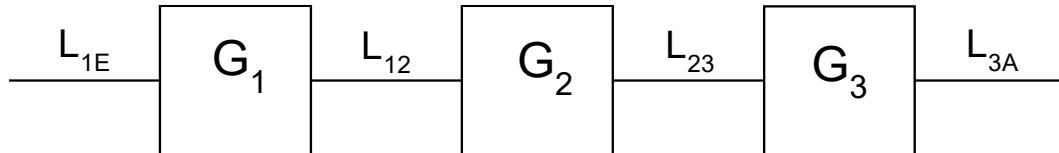
Ein Vorzeichenwechsel in dB führt zur Kehrwertbildung.

### 3 Relative Pegel

Relative Pegel setzen **zwei Größen** eines Systems ins Verhältnis typischerweise Ausgangsgrößen zu Eingangsgrößen.

*Statt lineare Verstärkungen zu multiplizieren können  
logarithmische Verstärkungen in dB einfach addiert werden.*

Bsp: Eine Kommunikationskette besteht aus 3 Stufen  $G_1$ - $G_3$ :



$G_1=20\text{dB}$ ;  $G_2=-100\text{dB}$ ;  $G_3=80\text{dB}$

Ges:  $G_{\text{ges}}$

### 4 Absolute Pegel

Absolute Pegel setzen Größen ins Verhältnis **zu absoluten Werten** z.B.  $1\text{mW}$ ,  $1\mu\text{V}$ .

$$L_{P/\text{mW}} = 10 \cdot \lg\left(\frac{P}{1\text{mW}}\right) \text{ dB(mW)}$$

$$L_{U/\mu\text{V}} = 20 \cdot \lg\left(\frac{U}{1\mu\text{V}}\right) \text{ dB}(\mu\text{V})$$

$$L_{\text{SPL}} = 20 \cdot \lg\left(\frac{p}{20\mu\text{Pa}}\right) \text{ dB SPL}$$

Bezeichnung	Beschreibung
dB(W)=dBW dB(mW)=dBm	Leistungspegel
dB(V)=dBV dB(mV) dB(μV)=dBμ	Spannungspegel in Bezug auf den Effektivwert
dBu	Tontechnik Unloaded: Spannungseffektivwert von 1mW auf 600 Ohm $0,7746\text{V} = \sqrt{1\text{mW} \cdot 600\text{Ohm}}$ $\text{dB(V)} = \text{dBu} + 2,22\text{dB}$
dB SPL	Sound pressure level = Schalldruckpegel: $p_0=20\mu\text{Pa}$ $\text{dB re } 20 \mu\text{Pa} \Rightarrow 1\text{Pa} = 74\text{dB SPL}$
dB(A)	A-weighted sound pressure level. An das Lautstärkenempfinden des Menschen angepasst.
dBr	Relativ: Bezogen auf eine gegebene Referenzgröße
dBFS	Full Scale: Bezogen auf die maximale Aussteuerung. Geräte beginnt bei 0dBFS zu übersteuern.

Bsp: Eine Antenne darf maximal 33dBm abstrahlen.

Berechnen Sie welche Leistung in Watt abgegeben werden darf.

33dBm =

oder:

Bsp: In der Konsumelektronik liegt der Vollausteuierungspegel bei -10dBV.

Berechnen Sie welcher Spannung in Volt dieser Pegel entspricht.

-10dBV

oder:

Bsp: Der Studiopegel im deutschen Fernsehen ist mit +6dBu festgelegt.

Berechnen Sie welcher Spannung in Volt dieser Pegel entspricht.

## 5 dB-Rechenregeln

Die Rechenregeln sind auf den ersten Blick verwirrend, weil unterschiedliche „Einheiten“ addiert und subtrahiert werden. Wenn man bedenkt, dass jede Addition von einer Multiplikation und jede Subtraktion von einer Division stammt, ist es aber wieder nachvollziehbar.

$$\begin{array}{ccccc} \text{dB} & + & \text{dB} & = & \text{dB} \\ 1 & * & 1 & = & 1 \end{array}$$

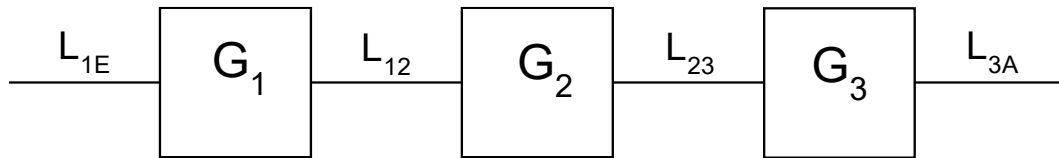
$$\begin{array}{ccccc} \text{dB} & + & \text{dBm} & = & \text{dBm} \\ 1 & * & 1\text{mW} & = & 1\text{mW} \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccc} \text{dBV} & - & \text{dBV} & = & \text{dB} \\ \text{V} & / & \text{V} & = & 1 \end{array}$$

## 6 Beispiele

Eine Kommunikationskette besteht aus folgenden Komponenten:

- Sender:  $G_1$
- Funkstrecke:  $G_2$
- Empfänger:  $G_3=+40\text{dB}$



Der Ausgangspegel des Senders darf gesetzlich maximal  $L_{12}=33\text{dBm}$  sein.

Am Empfänger trifft eine Leistung von  $L_{23}=-43\text{dBm}$  ein.

Der Sendereingangspegel ist  $L_{1E}=0\text{dBm}$ .

Berechnen Sie  $G_1$ ,  $G_2$  und  $L_{3A}$

Bsp: Eine Verstärkung von 46dB.

Berechnen Sie das Spannungsverhältnis und Leistungsverhältnis.

$$46\text{dB} = 20\text{dB} + 20\text{dB} + 6\text{dB}$$

Bsp: Eine Verstärkung von -34dB.

Berechnen Sie das Spannungsverhältnis und Leistungsverhältnis.

Bsp: Eine Leistung von 17dBm=17dB(mW).

Berechnen Sie die Leistung in Watt.

Bsp: Eine Spannung von 66dBμ=66dB(μV).

Berechnen Sie die Spannung in V.

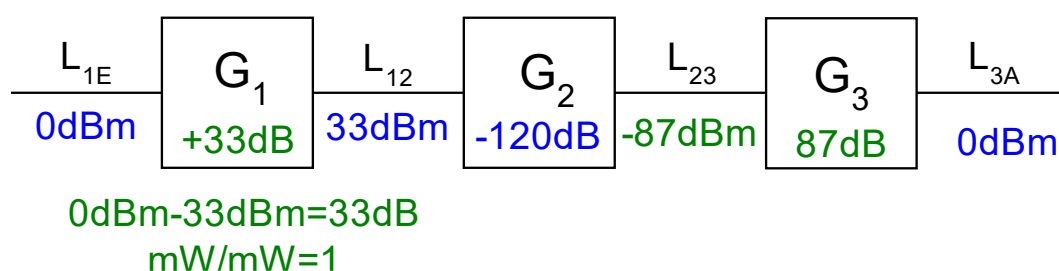
Bsp: Eine Spannungsverstärkung von  $v_U=200$ .

Berechnen Sie die Verstärkung in dB.

Bsp: Eine Leistungsverstärkung von  $v_P=8000$ .

Berechnen Sie die Verstärkung in dB.

Bsp: Eine Kommunikationskette.



## 7 Audiotechnik

Grundsätzlich nehmen wir hier an, dass unsere Audioanordnungen nicht durch Reflexionen und die Raumakustik beeinträchtigt werden.

### 7.1 Schallausbreitung

Bei **kugelförmiger Ausbreitung** (Normalfall) sinkt der Schalldruckpegel um 6dB durch das Verdoppeln des Abstandes (er halbiert sich).

$$A = 6\text{dB} / \text{Abstandsverdoppelung}$$

### 7.2 Lautsprecher

Die **Empfindlichkeit (Sensitivity)** eines Lautsprechers ist der Schalldruckpegel in 1 Meter Entfernung bezogen auf eine elektrische Leistung von 1W.

$$[S_{LS}] = \text{dB SPL (1W, 1m)}$$

### 7.3 Microphon

Die **Empfindlichkeit (Sensitivity)** eines Microphons ist der auf 1 Volt bezogene Pegel bei einem Schalldruckpegel von 74 oder 94dB SPL.

$$[S_{Mic}] = \text{dBV re 74dB SPL oder}$$

$$[S_{Mic}] = \text{dBV re 94dB SPL}$$

Typische Werte sind 1..4mV/Pa bzw. -60..-48dB re 94dB SPL

### 7.4 Beispiele

Ein Lautsprecher liefert in einer Entfernung von 1 Meter einen Pegel von 100dB SPL. Berechnen Sie den Pegel in 8 Metern Entfernung.

Auf einer großen Freifläche soll im Abstand von 100m vom Lautsprecher ein Schalldruckpegel von 76dB SPL erreicht werden.

Berechnen Sie in welchem Abstand zum Lautsprecher die 100dB-Grenze überschritten wird.

Um den Einfluss des Raumes (des diffusen Schallfelds) zu minimieren, wird eine Lautsprecher-Messung mit höherer Leistung und im Abstand von 50cm vorgenommen. Bei einer elektrischen Leistung von 16 Watt wird ein Schalldruckpegel von 90dB SPL gemessen.

Berechnen Sie die Empfindlichkeit des Lautsprechers in dB SPL (1W, 1m).

Bei einem Mikrofon mit Nieren-Charakteristik wird der Schall eines Monitorlautsprechers, der im Winkel von  $120^\circ$  einfällt um 10dB gedämpft. Ein Mikrofon mit Supernieren-Charakteristik dämpft diesen um 20dB.

Berechnen Sie um wieviel der Einfluss auf das Supernieren-Mikrofon geringer ist als auf das Nieren-Mikrofon bzw. um wieviel lauter der Monitorlautsprecher aufgedreht werden kann.

Ein Mikrofon mit einer angegebenen Empfindlichkeit von  $1\text{mV/Pa}$  (-60dBV re 94dB SPL) wird über einen Mikrofonverstärker an ein Aufnahmegerät geschlossen. Um ein Übersteuern zu vermeiden, soll am Aufnahmegerät maximal ein Pegel von 0dBu auftreten.

Berechnen Sie die Verstärkung (Gain) des Mikrofonverstärkers, damit bei 100dB SPL am Mikrofon der maximale Pegel auftritt.