

Von Walter Wehr

## dB

Am Anfang war alles noch so einfach. Da kamen die Physiker auf eine Idee: Man hatte beobachtet, daß das menschliche Ohr hinsichtlich der Intensität des Schalls gar nicht linear ist. Die doppelte Lautstärke wird eben nicht als doppelte Lautstärke empfunden. Man ging der Sache nach und fand, daß das Ohr eine logarithmische Empfindlichkeit für die Schallintensität besitzt. Man legte die Bezugsschallintensität auf  $J_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$  fest und konnte dann jede Schallintensität  $J$  bequem durch einen logarithmischen Maßstab des Verhältnisses Schallintensität/Bezugsintensität ausdrücken. Das logarithmische Verhältnis multipliziert mit 10 erhielt den Namen **Dezibel (dB)** und hieß forthin Schallpegel  $L$ . **Nach DIN 5493(1972) wird ein log. Größenverhältnis „Pegel“ genannt.**

$$L = 10 \log \frac{J}{J_0}$$

J / Jo	L in dB
1	0
2	3
3	4.77
5	7
10	10
20	13
30	14.77
50	17
100	20

**Verhältnis  $J/J_0$  um den Faktor 10 erhöhen bedeutet nichts anderes, als bei  $L$  10dB dazuaddieren. Das entspricht dem tatsächlichen Verhalten des menschlichen Ohrs.**

Nun stellt sich aber heraus, daß der Schalldruck  $p^2$  (im Quadrat) und Intensität  $J$  einander proportional sind. Man brauchte auch eine logarithmische Skala für  $p$  um den Schallpegel  $L$  auszudrücken und fand:

$$L = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \log \frac{p}{p_0}$$

J / Jo	L in dB
1	0
2	6
3	9.5
5	14
10	20
20	26
30	29.5
50	34
100	40

**Verhältnis p/po um den Faktor 10 erhöhen bedeutet nichts anderes, als bei L 20dB dazuzaddieren.**

So entstanden zwei völlig gleichwertige Skalen. Eine für die **Schallintensität** und eine für den **Schalldruck**.

Da Schallintensität J und Schalldruck über den **Schallwiderstand** in einer Art „Ohm`schem“ Gesetz verknüpft sind

$$\text{Schallwiderstand } R_s = \frac{J}{P}$$

kamen die Nachrichtentechniker auf die Idee, auch elektrische Spannung und Leistung logarithmisch auszudrücken. Da  $P_{el}$  proportional zu  $U_e^2$  ist, ergibt sich

der **Leistungspegel** zu  $L_p = 10 \log p / p_o$  und der

**Spannungspegel** zu  $L_u = 20 \log U/U_o$

**Die Frage erhebt sich nun: Wie groß ist die Bezugsleistung po?**

**Ganz einfach: 1mW = 0.001W wird zur Bezugsleistung erklärt.**

## dBm

**Nur** durch die Definition der **Bezugsleistung po** kann man überhaupt die **absolute** Größe von Spannung oder Leistung erkennen. Wird **keine** Bezugsleistung vorausgesetzt, kann nur das **Verhältnis** von zwei Spannungen oder Leistungen in **dB** angegeben werden.

Daraus erklärt sich das Anhängsel „m“ in „**dBm**“. Es bedeutet, daß die angegebene Leistung auf  $p_o=1mW$  bezogen wurde.

Wie ist das aber mit der Spannung U? Gibt es eine Bezugsspannung  $U_o$ ?

Natürlich hängt diese vom verwendeten Widerstand ab,  $P = U^2/R$

Die Fernmeldetechnik verwendete jahrzehntelang den Widerstand 600Ohm als Bezugswiderstand.

Damit wird die Bezugsspannung  $U_o = \sqrt{P \times R} = \sqrt{0.001 \times 600} = 0.77459 \text{ Volt} \approx \mathbf{0.775 \text{ V}}$ .

**0 dBm bei einem Bezugswiderstand von 600 Ohm bedeuten also 775 mV!**

Hat der Bezugswiderstand einen anderen Wert, z.B. 75 Ohm, bedeuten 0 dBm

$$\sqrt{0.001 \times 75} = 273.86 \text{ Volt, also ca. } 274 \text{ mV.}$$

Folgende Tabelle läßt sich anlegen:

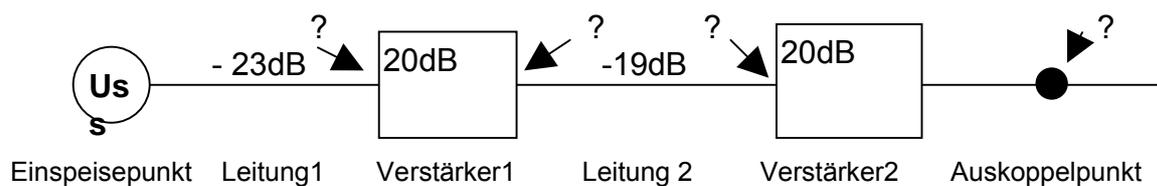
Bezugswiderstand /Ohm	Bezugsspannung in mV (= Spannung für 1mW)
50	223.6
60	244.9
75	273.9
120	346.4
600	774.6
900	948.7

} entspricht jeweils **0dBm**

## dBm0

Das Anhängsel „m0“ in dBm0 führt nun leider nicht zu einem Absolutmaß. Aus dBm0 läßt sich der Absolutpegel nämlich **nicht** ermitteln. XdBm0 bezeichnet den **relativen Leistungsabstand** zu einem Leistungspegel, der **willkürlich** zum Bezugspegel erklärt wurde. Diese Erfindung stammt von den Übertragungstechnikern. Zum Verstehen muß man wissen, daß das Pegelgeschehen auf der ganzen Übertragungsstrecke in einem Pegeldiagramm dargestellt wird. Dabei symbolisieren Pegelsprünge nach höheren Pegeln eingebaute Verstärker und langsame, quasi „lineare“ Pegelabnahmen, den Verlust auf Leitungen.

Beispiel:

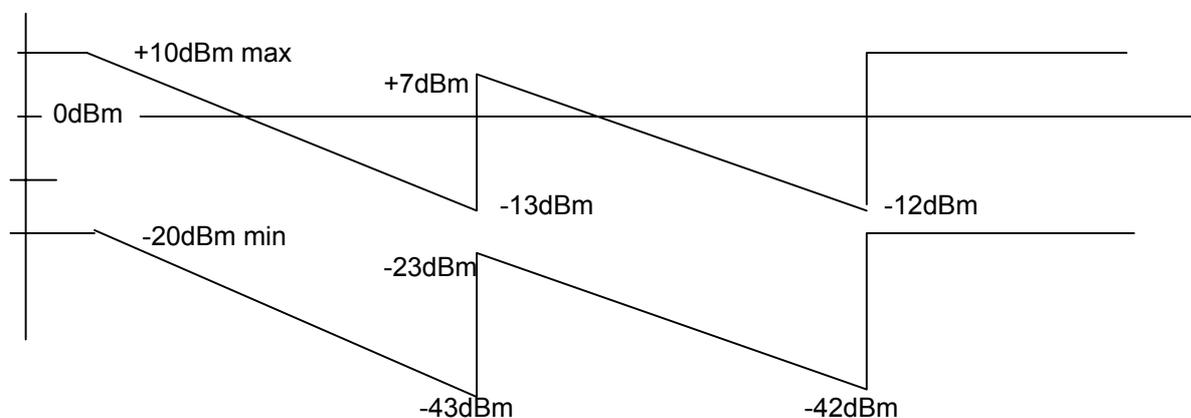


Es soll gelten:

+10dBm  
 0dBm  
 -20dBm

die Aussteuerung um den Bezugswert 0dBm im beträgt Betriebsfall

Es sollen nun die minimalen und maximalen Pegel an den mit „?“ gekennzeichneten Stellen des Systems angegeben werden. Untenstehendes Diagramm zeigt die entsprechenden Grenzwerte



Pegelverlauf bei minimaler und maximaler Aussteuerung

Man kann also sagen, daß am Ende der Leitung1 zwischen  $-13\text{dBm}$  und  $-23\text{dBm}$  schwanken kann. **Das läßt sich auch so ausdrücken: Um einen relativen Pegel von  $-23\text{dB}$  schwankt der Pegel um  $+10\text{dBm}_0$  und  $-20\text{dBm}_0$ , ganz genauso, wie am Einspeisepunkt.**

Ebenso kann man sagen, daß am Verstärkerausgang1 bei einem relativen Pegel von  $-3\text{dB}$  die gleiche Aussteuerung  $+10/-20\text{dBm}_0$  stattfindet, u.s.w. An allen Systempunkten findet man die gleiche **Aussteuerung**, bezogen auf einen für jeden Ort anderen **Relativpegel**. Man kann damit einfach überblicken, ob z.B. ein Verstärker eventuell **übersteuert** wird, wenn die Leitung kürzer ist, als geplant und damit weniger dämpft. Ebenso kann die Leitungsdämpfung so groß sein, daß das Signal am Verstärkereingang im Eigenrauschen versinkt.

Besitzt der Verstärker 2 am Eingang einen planerischen Relativpegel  $p_r = -23\text{dBr}$  (wie Verstärker 1!), ist seine Aussteuerung am Eingang  $-12\text{dBm} = -23\text{dBr} + 11\text{dBm0}$  und  $-42\text{dBm} = -23\text{dBr} - 19\text{dBm0}$ . Am Verstärkerausgang 2 findet man dementsprechend  $+8\text{dBm} = -3\text{dBr} + 11\text{dBm0}$  und  $-22\text{dBm} = -3\text{dBr} - 19\text{dBm0}$ . Die dBm0-Werte werden kontrolliert und müssen dann innerhalb bestimmter Toleranzgrenzen liegen.

Der Zusammenhang zwischen dBm, dBr und dBm0 ist demnach immer:

$$\mathbf{dBm = dBr + dBm0}$$

dBr ist also der Planungswert, um den eine bestimmte Aussteuerung stattfindet. Am Anfang der Strecke ist der Relativpegel = 0. Die Aussteuerung am Streckenanfang ist wieder

$$+10\text{dBm} = 0\text{dBr} + 10\text{dBm0} \quad \text{und} \quad -20\text{dBm} = 0\text{dBr} - 20\text{dBm0}$$

**dBm0 benennt deshalb einen Pegel bezogen auf den relativen Pegel XdBr.**

## **dB $\mu$ V      dB $\mu$ A**

Eine andere logarithmische Darstellungsart wird in der Antennen- und der EMV-Meßtechnik verwendet:

So ist festgelegt, daß eine Spannung von **0dB $\mu$ V** einer Spannung von **1 $\mu$ V** entspricht.

Ein gemessener Störpegel ergibt  $p_{st} = 20 \lg U_{st}/1\mu\text{V}$ .  $U_{st}$  ist die absolut gemessene Störspannung.

Ist ein Pegelmesser in Leistungspegel kalibriert und beträgt sein Eingangswiderstand 50 Ohm, betrüge die absolute Störspannung  $U_{st}$  bei Anzeige 0dBm

$$U_{st} = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{1\text{mW} \cdot 50 \text{ Ohm}} = 223.6\text{mV}$$

Dies würde einem Wert von  $20 \lg 223607/1 = 107 \text{ dB}\mu\text{V}$  entsprechen.

**dBm-Skala und dB $\mu$ V-Skala sind gegeneinander um 107dB verschoben.**

dB $\mu$ V	<b>0</b>	10	20	30	40	47	<b>50</b>	<b>60</b>	67	u.s.w.
dBm	<b>-107</b>	-97	-87	-77	-67	<b>-60</b>	-57	-47	<b>-40</b>	u.s.w.

In gleicher Weise sind Störströme in **dB $\mu$ A** angebar: 0dB $\mu$ A entsprechen einem Störstrom von **1 $\mu$ A**

## **dBm0c dBmc**

Taucht in einer Angabe der Begriff **dBm0c** auf, bedeutet dies, daß dies ein Pegel relativ zum Pegel  $X_{\text{dbr}}$  ist, wie oben beschrieben. Allerdings bedeutet der Index c, daß der Pegel „bewertet“ wurde. Bewertung heißt hier, daß das Meßgerät ein Filter, besitzt, das bestimmte Frequenzen mehr oder weniger „durchläßt“.

Man berücksichtigt durch dieses Filter den subjektiven Störeindruck von Fremdspannungen beim Abhören z.B. eines Telefonkanals. Deshalb wird **dBm0c** praktisch immer bei **Geräuschspannungsmessungen** eingesetzt. Das Kürzel „c“ bedeutet, daß es sich um das „international festgelegte C-Bewertungsschema“ handelt, wie es in der CCITT-Empfehlung Rec.P53 dokumentiert ist.

Die Bezeichnung **dBmc** besagt, daß es sich um einen absoluten Leistungspegel, bezogen auf eine vereinbarte Impedanz (z.B. 75 Ohm) handelt, die frequenzabhängig bewertet wird

## **dBm0p dBmp**

In der Meßtechnik für Geräuschspannungen findet man auch das sog. „Psophometer-Filter“. Sein Kürzel lautet dann sinngemäß **dBm0p** und **dBmp**. Die frequenzabhängige Bewertung erfolgt so, daß zwischen 800Hz und 1000Hz voll bewertet wird und alle übrigen Frequenzen darüber und darunter weniger Gewicht haben.