

Was Sie schon immer über **Dezibel** wissen wollten ...

und auch zu fragen wagten: Viele Leserbriefe und Anrufe in der Elektor-Redaktion zeigen, dass zwar ständig mit dem Dezibel umgegangen wird, aber nicht alle auch wirklich wissen, was es mit dieser „Einheit“ auf sich hat.

Von Marc Dasquin

Wundern Sie sich nicht über den Begriff Einheit in Anführungszeichen. Denn das Dezibel ist gar keine, sondern lediglich ein Verhältnis ohne Dimension. Es drückt das Verhältnis zweier Größen der gleichen Dimension aus, nämlich

- einer gemessenen Größe und
- einem (deutlich umschriebenen) Referenzwert

Dabei wird ein logarithmisches Verhältnis gewählt, damit man leichter mit großen Zahlen arbeiten kann. Ein Beispiel: Das Verhältnis von 0,0000316 V zu 1 V entspricht genau 90 dB. Es gibt übrigens auch das Bel (entspricht 10 dB), nur ist es in der Elektronik und der (Elektro-) Akustik ungebräuchlich.

Spannung und Leistung

Der erste Unterschied, den es zu beachten gilt: Je nach der zu vergleichenden Größe werden Dezibel anders berechnet. Immer, wenn wir es in diesem Verhältnis mit Spannungen (und anderen Feldgrößen) zu tun haben, gilt

$$\text{dB bei Spannungen} = 20 \cdot \lg(U/U_0)$$

bei Leistungsangaben dagegen immer

$$\text{dB bei Leistungen} = 10 \cdot \lg(P/P_0)$$

Eine Verdopplung einer Spannung ist gleichbedeutend mit +6 dB, bei einer Leistung sind es nur +3 dB! Nebenbei: Im Folgenden wird die Spannung mit U gekennzeichnet. Dies meint - korrekt notiert - stets den Effektivwert. Dezibel sind oft mit „Anhängseln“ ausgestattet, die über die Art der Referenz Auskunft geben.

Absolute Pegel

dBV steht für ein Verhältnis von Spannungen mit $U_0 = 1 \text{ V}$ als Referenz. Die Quelle wird als nicht belastet angesehen, das Verhältnis hat also keine Beziehung zur Impedanz.

$$\text{dBV} = 20 \cdot \lg(U/1 \text{ V})$$

$$0 \text{ dBV} = 1 \text{ V}$$

$$-10 \text{ dBV} = 0,316 \text{ V}$$

Das Größenverhältnis dBV wird im HiFi-Bereich bei Geräten, die Cinch-Buchsen besitzen, und von einigen Herstellern in Japan und den USA bevorzugt (**Tabelle 1**).

dBv bezeichnet ein anderes Verhältnis, sieht aber so ähnlich wie dBV aus. Damit man nichts durcheinander bringt, wird statt dessen statt dBv das Kürzel **dBu** verwendet. Diesmal wird $U_0 = 0,775 \text{ V}$ als Basis verwendet.

$$\text{dBv} = \text{dBu} = 20 \cdot \lg(U/0,775 \text{ V})$$

$$0 \text{ dBv} = 0 \text{ dBu} = 0,775 \text{ V}$$

$$+4 \text{ dBu} = 1,23 \text{ V}$$

Dieser Pegel stammt aus dem professionellen (europäischen) Audio-Bereich (**Tabelle 2**). Auch hier wird die Quelle als nicht belastet angesehen, das Verhältnis hat also keine Beziehung zur Impedanz.

dBu und dBV unterscheiden sich nur um 2,2 dB:

$$\text{dBV} = \text{dBu} + 2,2 \text{ dB}$$

$$\text{dBu} = \text{dBV} - 2,2 \text{ dB}$$

Ganz ähnlich geht es auch bei **dBj** zu, lediglich ist diesmal $U_0 = 1 \text{ mV}$. Auch hier gilt alles für eine unbelastete Quelle.

$$\text{dBj} = 20 \cdot \lg(U/1 \text{ mV})$$

$$0 \text{ dBj} = 1 \text{ mV}$$

Das Leistungsverhältnis **dBm** wurde früher in der Studioteknik verwendet und ist heute nur noch bei einigen Geräteherstellern in Gebrauch. Die Pegelangabe bezieht sich auf die Bezugsgröße $P_0 = 1 \text{ mW}$

$$\text{dBm} = 10 \cdot \lg(P/1 \text{ mW})$$

Die den Leistungen entsprechenden Spannungen können mit $U_0 = \sqrt{P_0 \cdot R_0}$

Tabelle 1

dBV	(V)	dBv	(V)
0 dBV = 1 V			
+1	1,112	-1	0,891
+2	1,259	-2	0,794
+3	1,413	-3	0,708
+4	1,585	-4	0,631
+5	1,778	-5	0,562
+6	1,995	-6	0,501
+7	2,239	-7	0,446
+8	2,512	-8	0,398
+9	2,818	-9	0,354
+10	3,162	-10	0,316
+20	10,00	-20	0,100
+30	31,62	-30	0,031
+40	100,0	-40	0,010
+50	316,2	-50	0,003
+60	1 000	-60	0,001

bestimmt werden, und man stellt fest, dass dBm und dBu genau dann übereinstimmen, wenn der Widerstand 600 Ω beträgt. Kein Zufall, denn 600 Ω ist der genormte Abschlusswiderstand professioneller Audiogeräte.

0 dBm = 1 mW an 600 Ω, U = 0,775 V
 0 dBm = 1 mW an 50 Ω, U = 0,224 V
 0 dBu = 0,775 V an 200 Ω, P = 3 mW

Ganz ähnlich ist das Verhältnis **dBW**. Es gibt die Leistung im Verhältnis zu 1 W an

dBW = 10·lg (P/1 W)
 0 dBW = 1 W

Mit dBW kann beispielsweise die Leistung von Verstärkern angegeben werden. Ein 100-W-Verstärker leistet 20 dBW, ein 1000-W-Gerät 30 dBW. Letzteres kann man auch im Leistungsverhältnis **dBk** angeben, das 1 kW als Referenz benutzt.

dBk = 10·lg (P/1 kW)
 0 dBk = 1 kW = 30 dBW

dBPWL oder **dB SWL** ist ebenfalls ein Leistungsverhältnis und bezieht sich auf die akustische Leistung (PWL = PoWer Level, SWL = Sound Power Level). Es besitzt eine Referenz von $P_0 = 10^{-12} \text{ W} = 1 \text{ pW}$

dBPWL = 10 · lg (P/1 pW)
 Der geringe Referenzwert erklärt

Tabelle 2

dBV	(V)	dBv	(v)
0 dBV	= 1 V		
+1	0,869	-1	0,690
+2	0,975	-2	0,615
+3	1,095	-3	0,548
+4	1,228	-4	0,489
+5	1,377	-5	0,435
+6	1,546	-6	0,388
+7	1,735	-7	0,346
+8	1,946	-8	0,308
+9	2,183	-9	0,274
+10	2,450	-10	0,245
+20	7,750	-20	0,077 5
+30	24,50	-30	0,024 5
+40	77,50	-40	0,007 5
+50	245,0	-50	0,002 45
+60	775,0	-60	0,000 775

Tabelle 3

Geräuschquelle	dB SPL	Empfinden
Raketentart	180	unerträglich laut
Start auf Militärflugplatz in 30 m Entfernung, Gewehrusschuss in 100 m Entfernung	140	
Schmerzgrenze, pneumatische Presse, große Sirene in 1 m Entfernung	130	
Start auf Zivilflugplatz in 60 m Entfernung, Maschinendeck eines Ozeandampfers	120	sehr laut
Alte U-Bahn, Nähatelier	110	
Maximaler Pegel in einer Diskothek	105	
Druckei, Eisenbahn auf Eisenbrücke, kleiner Feuerwerkskörper	100	laut
Baustelle, mittlerer Pegel einer Stereoanlage	90	
Stark befahrene Straße, Wecker in 1 m Entfernung	80	
Sehr lautes Radio, befahrene Straße	70	
Gespräch im Restaurant, großer Laden	60	ruhig
Büro, normales Gespräch in 1 m Entfernung	50	
Schlafzimmer, Gemurmel in 2 m Entfernung	40	sehr ruhig
Normales Gespräch in 3 m Entfernung, Gemurmel in 5 m Entfernung	30	
Aufnahmestudio, Blätterrauschen	20	
Wüste	10	still
Gehörschwelle	0	

Tabelle 4

f in Hz	dBA	f in Hz	dBA	f in kHz	dBA	f in kHz	dBA
10	-70,4	100	-19,1	1	0	10	-2,5
12,5	-63,4	125	-16,1	1,25	+0,6	12,5	-4,3
16	-56,7	160	-13,4	1,6	+1	16	-6,6
20	-50,5	200	-10,9	2	+1,2	20	-9,3
25	-44,7	250	-8,6	2,5	+1,3		
31,5	-39,4	315	-6,6	3,15	+1,2		
40	-34,6	400	-4,8	4	+1		
50	-30,2	500	-3,2	5	+0,5		
63	-26,2	630	-1,9	6,3	-0,1		
80	-22,5	800	-0,8	8	-1,1		

sich aus der niedrigen Hörschwelle des menschlichen Gehörs.

dB SPL (Sound Pressure Level) stellt das Verhältnis zwischen zwei akustischen Drücken dar. Dabei muss die Platzierung der Schallquelle(n) spezifiziert sein. Im Gegensatz zum akustischen Leistungspegel haben wir es beim Druck mit

dB SPL = 20·lg (SPL/20 µPa)

zu tun. Der Druck von 20 µPa stellt die menschliche Hörschwelle dar.

+6 dB SPL stellt eine Verdopplung dar, +20 dB SPL das Zehnfache. Die altbekannte **Tabelle 3** zeigt einige typische Schalldruckverhältnisse. Aber das bedeutet noch lange nicht, dass man ein Geräusch von 6 dB SPL auch doppelt so laut empfindet, denn das Verhältnis berücksichtigt nicht die Frequenzempfindlichkeit des menschlichen Gehörs.

Aus diesem Grund gibt es so genannte Bewertungskurven, die den Schalldruck frequenzabhängig betrachten. Die bekannteste, dem menschlichen Gehör angepasste ist die A-Kurve, die Bewertung wird durch das Kürzel **dBA** ausgedrückt (**Tabelle 4**). dBA ist nur eine Abart des dB SPL und hat die gleiche

Referenz. Es gibt noch eine Reihe anderer Bewertungskurven, die allerdings in der Elektronik und der Elektro-Akustik eine geringe bis gar keine Rolle spielen.

Relative Pegel

Im Gegensatz zu den bisher genannten ist beim Größenverhältnis **dBr** die Referenzspannung frei wählbar und muss spezifiziert werden.

$$dBr = 20 \cdot \lg(U/U_0)$$

Setzt man $0 \text{ dBr} = 1,23 \text{ V}$, so entspricht $0 \text{ dBr} = 4 \text{ dBu}$

dBVU stellt ein ebenfalls ein Verhältnis mit frei wählbarer, zu spezifizierenden Referenz dar. Der Anhang VU (Volume Unit) deutet auf eine Referenzaussteuerung hin. Beim Radio könnte dies 100 % der zulässigen Modulation sein, bei analogen Bandgeräten die „ideale“ Aussteuerung des Magnetbandes, bei Digitalrekordern die maximal mögliche Signalstärke (ohne Verzerrungen).

$$dBVU = 20 \cdot \lg(U/U_0)$$

Tabelle 5

Anwendung	0 dBVU	Spannung
Radio, TV	+8 dBu	1,95 V
Studio professional	+4 dBu	1,23 V
Studio semiprofessional	-10 dBV	0,316 V
Instrument	-15 dBV	0,178 V

0 dBVU ist das Referenzniveau eines Zeigerinstruments in Zeigerstellung Null (**Tabelle 5**).

Ein digitales Verhältnis

Als letztes soll das Größenverhältnis dBFS vorgestellt werden. Dieses vor allem in der digitalen Audiotechnik gebräuchliche Verhältnis nimmt den „maximalen Zeigerausschlag“ (Full Scale FS) als Referenzwert. FS ist abhängig von einem A/D- oder D/A-Wandler. Der Wert wird bestimmt, indem dem Wandler ein digitales Signal mit einer Frequenz von 997 Hz angeboten wird. Die Aussteuerung wird dann so gewählt, dass THD-N

(total harmonic distortion + noise) des entsprechenden analogen Signals unter -40 dB bleibt. Der Abstand zwischen dem FS-Pegel und der Rauschschwelle wird Dynamik genannt.

0 dBFS ist der maximale Pegel einer digitalen Aussteuerung, alle in dBFS angegebenen Werte müssen negativ sein. Der Rauschboden und somit die Dynamik ist natürlich abhängig vom verwendeten Wandler:
 für 16 bit = -96 dBFS
 für 20 bit = -120 dBFS
 für 24 bit = -144 dBFS

(020192)rg