

## Das Dezibel...oh weh!

### Inhalt

1. Grundlagen .....	1
2. Der Begriff Dezibel.....	2
3. Verstärkung .....	4
4. Dämpfung .....	5
5. Leistungen in dBm .....	5
6. Antennengewinn dBi oder auch dBd .....	5
7. dB und Rapporte .....	6
8. Sendeleistungen .....	6
Literaturverzeichnis .....	8

## 1. Grundlagen

In fast allen technischen Beiträgen taucht der Begriff „dB“ auf. Für viele Funkamateure ein Buch mit sieben Siegeln.

Was das Dezibel ist, wann es verwendet wird und wie man selbst einfach und vorteilhaft mit dB arbeiten kann, soll der folgende Beitrag in einfacher Form erläutern.

Wird die Ausgangsgröße einer elektronischen Schaltung oder eines Schaltungsteils ins Verhältnis zur Eingangsgröße gesetzt und ist das Verhältnis größer 1, so spricht man von Verstärkung. Bei einem Wert kleiner 1, von Dämpfung. Das gilt für Spannungen, Ströme und Leistungen.

In Baugruppen oder Geräten arbeiten mehrere Bauelemente oder Baugruppen aufeinanderfolgend (in Reihe). Die Verstärkungen bzw. Dämpfungen der einzelnen Komponenten müssen miteinander multipliziert werden, um die Gesamtverstärkung oder – Dämpfung zu ermitteln. Es sind also auch Brüche zu multiplizieren, und das kann schon zu Problemen führen.

**Einen Ausweg bietet der Übergang zur Rechnung mit Logarithmen, bei der dann die Multiplikation durch die Addition der jeweiligen Logarithmen ersetzt wird.** Durch die Anwendung von Logarithmenrechnung lassen sich Multiplikation und Division auf Addition und Subtraktion zurückführen.

Somit ist die Berechnung der Verstärkung oder Dämpfung hintereinander geschalteter Übertragungsglieder wie Verstärker (Treiber, Endstufe, Antenne zur Berechnung der Strahlungsleistung) oder Dämpfungsglieder (Filter, Leitungen) sehr viel einfacher möglich,

## Das Dezibel Grundlagen, Begriffe, Praxisbezogene Beispiele

als wenn man mit absoluten Werten z.B. Spannungs- oder Leistungspegel rechnen würde. Außerdem schmilzt durch die Anwendung von Logarithmen der riesige –im Amateurfunk vorkommende Wertebereich von

0,000 000 000 000 000 000 004 W (4E-21 W) = 0,004 aW (Atto=E-18)  
(Rauschen an 50 Ω bei 1 Hz und 17 °C)

bis 2000 W (durchaus übliche Ausgangsleistung großer Conteststationen)

auf gerade einmal -174 dBm bis +63 dBm

## 2. Der Begriff Dezibel

Das Dezibel **dB**, der zehnte Teil des Bel, ist keine Maßeinheit im engeren Sinne. Es steht in der Nachrichtentechnik als Maß für Verhältnisse von physikalischen Größen, Spannungen, Ströme, aber ursächlich Leistungen

Dabei entspricht 1 **B** einem Leistungsverhältnis von 10:1

In der Praxis hat sich das dB (=1/10 B) durchgesetzt, wobei andere Vorsätze zur Bildung dezimaler Teile oder Vielfache keine Anwendung finden. Das ist auch nicht notwendig, weil gerade wegen des logarithmischen Maßes kaum dB – Werte über 100 auftreten. Es gibt also weder kB noch mB.

Seite | 2



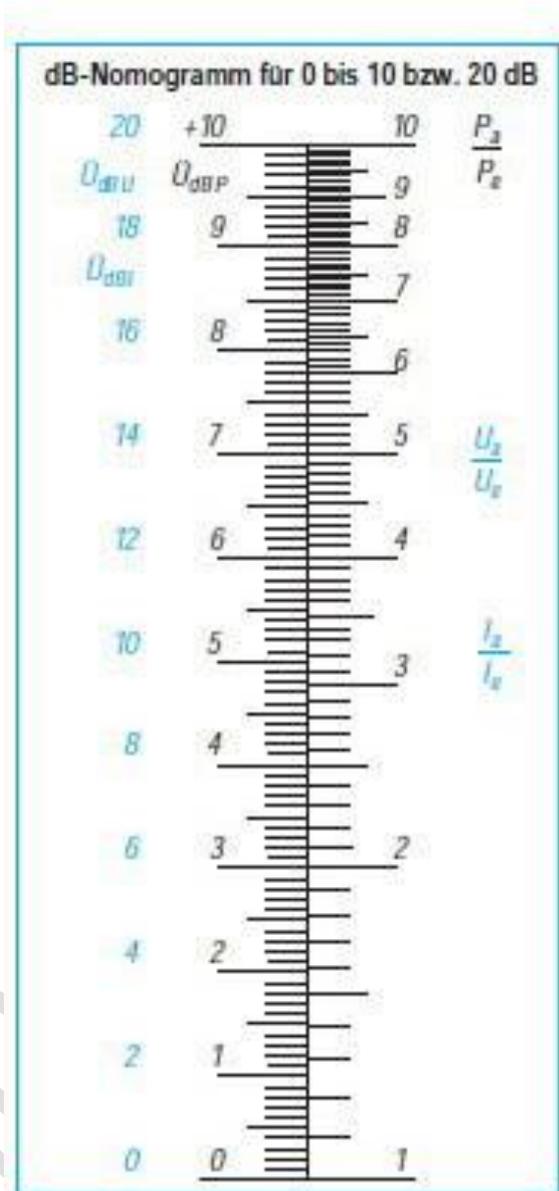
## Das Dezibel Grundlagen, Begriffe, Praxisbezogene Beispiele

Das dB wird als Logarithmus (log; Basis 10) des Verhältnisses zweier Leistungen definiert, wobei  $P_a$  die Ausgangsleistung,  $P_e$  die Eingangsleistung sein soll.

$$P_{dB} = 10 \log x P_a \div P_e$$

Die folgende Tabelle zeigt dB Werte zum schnellen Überblick:

dB	$P_a / P_e$ (Leistungen)	$U_a / U_e$ (Spannungen)
-80dB	0,000 00001 (E-8)	0,000 1
-70dB	0,000 0001 (E-7)	
-60dB	0,000 001 (E-6)	0,001
-50dB	0,000 01 (E-5)	
-40dB	0,000 1 (E-4)	0,01
-30dB	0,001 (E-3)	
-20dB	0,01 (E-2)	0,1
-10dB	0,1 (E-1)	
0dB	1 (E 0)	1
3dB	2	
4dB	2,5	
6dB	4	2
7dB	5	
9dB	8	
10dB	10 (E1)	
12dB	16	4
14dB	25	
17dB	50	
20dB	100 (E2)	10
30dB	1 000 (E3)	
40dB	10 000 (E4)	100
50dB	100 000 (E5)	
60dB	1 000 000 (E6)	1 000
70dB	10 000 000 (E7)	
80dB	100 000 000 (E8)	10 000
Für andere Werte einfach Angaben in der linken Spalte addieren (subtrahieren) und die dezimalen $P_a / P_e$ Werte multiplizieren (dividieren). Beispiel: 23dB (20 + 3dB) = 100 x 2 = 200 oder: 17dB (20 - 3dB) = 100 ÷ 2 = 50		



### 3. Verstärkung

Ist die Ausgangsleistung größer als die Eingangsleistung, so ergibt sich ein positives Vorzeichen.

Das Positive Vorzeichen repräsentiert demzufolge Verstärkung.

### 4. Dämpfung

Ist die Ausgangsleistung kleiner als die Eingangsleistung, so ergibt sich ein negatives Vorzeichen.

Ein negatives Vorzeichen repräsentiert demzufolge eine negative Verstärkung bzw. Dämpfung.

### 5. Leistungen in dBm

Das dB ist eine relative Einheit. Nun hat sich das dB in gewissen Bereichen auch zur Angabe absoluter Pegel durchgesetzt.

Um zu absoluten Pegeln zu kommen, werden Referenzwerte benötigt. Für Leistungen bezieht man sich zunächst auf eine Leistung von 1 W, und es entsteht das dBW.

Für Leistungen deutlich unter 1 Watt ist 1 mW die Referenz, die **Einheit ist dBm**

In der Praxis kommen sehr kleine und sehr große Leistungen vor, deshalb hat es sich als praktikabel erwiesen, den Bezug auf mW zu legen. **1mW = 0 dBm**

#### **Wichtiger Hinweis:**

**Wenn als Bezug für die Leistung in dBm das mW herangezogen wird, müssen die dezimalen Verhältnisse  $P_a / P_e$  sich auch auf mW beziehen.**

**60dBm = 1 000 000 mW oder 1 000 W!**

### 6. Antennengewinn dBi oder auch dBd

Als weitere dB Angehörigkeit ist bei Antennenmessungen das dBi – als Referenz der Gewinn des Isotropstrahlers- sowie das dBd mit der Referenz des Gewinn eines Dipols. Die BNetzA schreibt für Inhaber der Einsteigerlizenz eine maximale effektive Strahlungsleistung EIRP von 10 W bezogen auf Isotropstrahler vor. Während ein Dipol bekanntlich eine Richtwirkung quer zur mechanischen Achse aufweist, strahlt der (hypothetische) Isotrop- oder Kugelstrahler in alle Richtungen gleich.

Die Richtwirkung beschert dem (gestreckten Halbwellen-) Dipol 2,15 dB Gewinn gegenüber dem letzteren.

Dipolbezogene Antennengewinne tragen hinter dem dB ein d. Bei kommerziellen Antennen und solchen mit dem sinnvollen Bezug zum Isotropen Kugelstrahler sind hingegen die Gewinnangaben in dBi. So hat z.B. eine 5 Element Yagi-Antenne einen Gewinn von 6,5 dBd was 8,65 dBi entspricht (Dipol: 0 dBd = 2,15 dBi).

Herstellerangaben in dBd sind also für eine Bewertung der EIRP zunächst durch Addition von 2,15 dB in dBi umzurechnen, um das Ergebnis wie eine Verstärkung in der Übertragungskette berücksichtigen zu können.

Auf dem Weg zur Antenne erfährt das Sendesignal weitere Verluste, nämlich die Kabeldämpfung von z.B. 1,65 dB.

## Das Dezibel Grundlagen, Begriffe, Praxisbezogene Beispiele

Als Beispiel:

Welche Sendeleistung ist mit dieser Antenne erforderlich, um die erlaubten 1 W EIRP voll auszuschöpfen, aber nicht zu überschreiten?

10 W EIRP entsprechen  
der Antennengewinn von

**40,00 dBm** EIRP

**-8,65 dBi** reduziert die Sendleistung und hat deshalb  
ein negatives Vorzeichen

....

dagegen hat die Dämpfung des  
Kabels ein positives Vorzeichen

**1,65 dB** die Sendeleistung muss die Verluste des  
Kabels ausgleichen

.....

-

-----

**33,00 dBm**

.....  
Dies entspricht einer zulässigen Sendeleistung von  $2\ 000\ \text{mW} = 2\ \text{W}$

## 7. dB und Rapporte

Mit Hilfe der absoluten Pegel dBV lassen sich Bezugspunkte herstellen, die auch im Amateurfunk ihre Anwendung gefunden haben.

Man verwendet allerdings bei der Spannung immer die Größe dB $\mu$ V. Das dB spielt bei der Rausch- und Empfindlichkeitsmessung an Empfangsgeräten oder –stufen eine wesentliche Rolle.

Für uns ist die Feldstärkeangabe der Gegenstelle im Empfänger interessanter. Da der Bereich der Nutzspannung am Eingang eines Kurzwellenempfangsgerätes zwischen etwa 10 mV und Bruchteilen eines Mikrovolt liegen kann, wurde dieser Bereich ebenfalls logarithmisch unterteilt. Eine Verdopplung bzw. Halbierung der Eingangsspannung entspricht 6 dB bzw. -6 dB, was auch als S-Stufe gilt.

Für Spannungen und Ströme gilt:  $U_{dB} = 20 \log x U_a \div U_e$

Die IARU hat außerdem festgelegt, dass S9 einem Pegel von 50  $\mu$ V an 50  $\Omega$  bzw. -73 dBm entspricht. Werte oberhalb S9 werden in dB (meist 5 – oder 10 dB Schritten) über S9 angegeben.

Welche Eingangsspannung ergibt eine S8 Anzeige? (eine S-Stufe 6 dB, dezimal 2).  
Wegen -6 dBd entspricht dies einer Halbierung der Eingangsspannung, also 25  $\mu$ V.

Eine S7 Anzeige ergibt  $2 \times 6\ \text{dB} = 12\ \text{dB}$ , dezimal 4 und damit wegen der -12 dB eine Viertelung der Eingangsspannung, nämlich 12,5  $\mu$ V.

## 8. Sendeleistungen

Im Umgang mit Sendeleistungen, Ansteuerleistungen, Strahlungsleistungen  
Kabeldämpfungen usw. sind logarithmierte Rechnungen – also mit dB- von großem Vorteil, weil sehr einfach und verständlich.

## Das Dezibel Grundlagen, Begriffe, Praxisbezogene Beispiele

Für den Uplink zum geostationären Afu-Satelliten werden preiswerte Endstufen mit max. 20 W angeboten. Die Endstufen haben eine Durchgangsverstärkung von angenommenen 20 dB. Welche Steuerleistung muss der Transverter liefern können, damit die 20 W Ausgangsleistung erreicht werden.

Ausgangsleistung 20 W = 43 dBm

Durchgangsverstärkung 20 dB die Steuerleistung kann also 20 dB niedriger sein, daher müssen diese subtrahiert werden.

Es verbleiben noch 23 dBm Ansteuerleistung. Dies entspricht 200 mW, oder 0,2 W

Weil aber der Transverter im Funkraum, die Endstufe richtigerweise aber in unmittelbarer Nähe der Antenne angeordnet ist, ist ein verlustarmes Koaxkabel mit einer Dämpfung von 7 dB bei 2400 MHz (Merke: Dämpfungen von Koaxkabeln sind Frequenzabhängig!) erforderlich. Am Eingang der Endstufe steht daher nur eine Eingangsleistung von 23 dBm (Transverter Ausgangsleistung) -7 dB Kabeldämpfung = 16 dBm (40 mW).

Bei einer Durchgangsverstärkung der Endstufe von 20 dB ist deren Ausgangsleistung 16 dBm + 20 dB = 36 dBm was wiederum einer Leistung von nur 4 000 mW -4 W- entspricht

Um wieviel dB muss die Ausgangsleistung des Transverters erhöht werden, um wieder die mögliche Maximalleistung der Endstufe auszuschöpfen?

Genau um den Dämpfungswert den das Koaxkabel verursacht, nämlich 7 dB!

Das bedeutet, der Transverter muss eine Ausgangsleistung von den ursprünglichen 23 dBm + 7dB = 30 dBm aufbringen. Das entspricht 1 000 mW -1 W-

Der Endstufe für den QO100 Uplink ist eine RHCP Helix-Antennen mit einem Gewinn von 24dBi nachgeschaltet.

Welche Strahlungsleistung hat die Uplink Anlage?

Zu den 43 dBm Ausgangsleistung der Endstufe sind die 24dBi Antennengewinn zu addieren. Das Ergebnis sind beachtliche 67 dBm!

Die Strahlungsleistung in mW bzw. W ist 5 000 000 mW oder 5 000 W (5 kW)

### **ACHTUNG:**

**Der Aufenthalt in der Strahlungskeule der Antenne ist bei dieser hohen Strahlungsleistung Gesundheitsschädlich!**

Eine Conteststation arbeitet mit der maximal zulässigen Leistung von 750 W bei 435 MHz, aus einer modernen Halbleiter PA mit maximaler Ausgangsleistung von 60,5 dBm.

## Das Dezibel Grundlagen, Begriffe, Praxisbezogene Beispiele

Die Antenne steht –HF- mäßig günstig – abgesetzt auf einem Hügel.  
Die Station ist in einem 30m von der Antenne entfernten Wohnwagen untergebracht.

OM Waldheini hat noch aus den Anfängen des Amateurfunks RG 8U Koaxkabel, welches er großzügig der Contestgruppe spenden will.  
Doch welche Leistung steht an der Antenne noch zur Verfügung?

OM Dreimalklüger ist geübt im rechnen mit dB's und behauptet, wir müssen bei diesem Kabel die Leistung auf 2000W erhöhen oder mit der Station näher an die Antenne oder besser noch die Kabelverluste durch ein verlustarmes Kabel minimieren.

Er schlägt vor 30m eines 7/8" Flexwell Kabels zu besorgen, und macht folgende Rechnung:

750W entsprechen 59dBm, das RG8U hat bei dieser Länge und dieser Frequenz 6dB Verlust. Damit stehen nur noch 53dBm = 200W an der Antenne an.

Wenn wir das sehr Verlustarme 7/8" Flexwell – Kabel nehmen mit nur 1,3dB Verlust bei gleicher Länge und Frequenz, müssen wir nur die Steuerleistung der PA etwas erhöhen, damit die maximale Ausgangsleistung von 60,5dBm erreicht wird. Mit dem Verlustarmen 7/8" Kabel haben wir genau die maximal erlaubten 750W = 59dBm an der Antenne.

OM Waldheini ist skeptisch, er möchte lieber mit seinem heißgeliebten Kreuzzeiger-Instrument dies bestätigt haben.

OM Dreimalklüger kann ihn nur schwer von seinem völlig ungeeignetem Vorhaben abbringen.

Schließlich lässt sich OM Waldheini – zwar widerwillig, ist er doch mit seiner vor 50 Jahren erworbenen Lizenz ein echter OM- dazu überreden, die Vorteile der dB, dBm, und dBi's noch kennenzulernen.

## Literaturverzeichnis

Hegewald. (2000). *dB-oh weh*. FUNKAMATEUR.

Krische, A. *Antennenbuch* (Bd. 13. Auflage).

Perner. (1995). *dB Rechnung für den Shack-Gebrauch*. FUNKAMATEUR.