

Das verflixte Dezibel

Arno Weidemann, DL9AH

Der Erfinder des Telefons, Graham Bell, stellte seinerzeit fest, dass man Leistungen immer in ein Verhältnis zu einander bringen kann. Dieses Leistungsverhältnis begründete in der Folge die Bel- oder Dezibel-Rechnung.

Der u. a. Erfinder des Telefons, Graham Bell, stellte seinerzeit fest, dass man Leistungen immer in ein Verhältnis zu einander bringen kann. Gleichgültig ob es sich um Gleichstrom- oder um Wechselstromleistungen verschiedener Frequenzen oder verschiedener Kurvenformen handelt.

War und ist dieses Verhältnis zwischen Ausgangs- und Eingangsleistung >1 , so handelt es sich um einen Leistungs-Verstärkungsfaktor, liegt dieses Verhältnis <1 , so handelt es sich um einen Verlust

oder eine Dämpfung. Um mit diesen Leistungsverhältnissen besser umgehen zu können, bediente er sich der Briggschen Logarithmen.

Was heißt logarithmisch?

Dem Logarithmus, also der Hochzahl der Basis 10, wurde bei Leistungsverhältnissen daher der Begriff „Bel“ zugeordnet. Auf diese Art wurden die Zahlen wesentlich verkleinert, und man kann z.B., wie bei der Potenzrechnung ganz allgemein, leichter quadrie-

ren, indem man die Hochzahl (Exponent) mit 2 multipliziert, oder die Wurzel ziehen, indem man die Hochzahl durch 2 teilt.

In die Praxis!

Beispiel: Wird ein Leistungsverstärker (= PA) mit einer Steuerleistung von 100 W angesteuert, und ist die Ausgangsleistung dann 1000 W, so ist die Leistungsverstärkung 10-fach und somit 10 hoch 1, also: 1 Bel. Damit man zur besseren Abstufung auch Zehntel-Bel verwenden kann, muss man zunächst die Bel-Angabe mit 10 multiplizieren. So kam man zu dem Begriff Dezibel oder zu dem Symbol: dB.

Im vorliegenden Beispiel ist demnach die Durchgangs-Verstärkung = 10 dB. Gerechnet wird allerdings grundsätzlich mit der Grundeinheit Bel. Diese Betrachtung führt zu der Formel:

$$\text{dB} = 10 \cdot \log(P2/P1) \quad (1)$$

Um die Bezeichnung Bel oder Dezibel verwenden zu können, kann man auch die Spannungen am Ausgang und am Eingang messen, vorausgesetzt der Ausgangs- und der Eingangswiderstand sind gleich ($R_2 = R_1$). Quadriert man das Spannungsverhältnis, dann bekommt man somit nach der bekannten Formel:

$$P = U^2/R \quad (2)$$

zu

$$\text{dB} = 20 \cdot \log(U_2/U_1) \quad (3)$$

nur $R_2 = R_1$

Auch bei der Anwendung dieser Formel kommt man wieder zu einem Leistungsverhältnis. Die Bezeichnung Bel oder Dezibel ist somit gerechtfertigt. Grundsätzlich hätte man auch die Möglichkeit, die Aus- und Eingangsleistung über die gemessenen Spannungen an unterschiedlichen Widerständen zu bestimmen. Das ins Verhältnis Setzen der einzeln errechneten Leistungsbeträge

würde ebenfalls die Angabe dB rechtfertigen. Bei obigem Beispiel:

Eingangsleistung = 100 W bei 50 Ω

Ausgangsleistung = 1000 W, symmetrisch bei 500 Ω .

Also auch hier ist die Leistungsverstärkung 10-fach oder 1 Bel = 10 dB. Bei der Rückrechnung kommt man allerdings nicht wieder zu den ursprünglichen Spannungen zurück. Grundsätzlich kann man, wie bekannt, aus dem Leistungsverhältnis dadurch wieder zu dem Spannungsverhältnis zurück finden, in dem man einfach die Wurzel zieht. Durch die unterschiedlichen Widerstände ist aber auf diese Weise das tatsächliche Spannungsverhältnis zwischen Ausgang und Eingang nicht zu erreichen.

Das dBm

Da sich Verhältnisse immer auf etwas beziehen müssen, ist es wichtig zu wissen, wie groß 0 dB ist. Im obigen Beispiel ist

die Eingangsleistung von 100 W deshalb 0 dB, weil sich die Ausgangsleistung darauf bezieht. Bei der Bezeichnung dBm bezieht sich der Leistungsverstärkungsfaktor auf ein Milliwatt (mW). 1 mW ist also 0 dB. Rechnet man über die umgestellte Formel (2) die Spannung an 50 Ω aus, so ergibt 1 mW = 223,6 mV. Bereits im Kopf kann man jetzt bei z.B. -60 dBm eine Leistungsdämpfung von $1/10^6$ oder eine Spannungsdämpfung durch Halbieren der Hochzahl (= Wurzelziehen) errechnen. Im vorliegenden Fall $223,6 \text{ mV} / 1000 = 223,6 \text{ } \mu\text{V}$, was etwa 13 dB über S9 am S-Meter bedeutet.

Tipps für den Taschenrechner

Will man nun aus der Angabe $S_9+13 \text{ dB}$ die Spannung an 50 Ω errechnen, so gibt es zwei Möglichkeiten. Zunächst muss man sich vor Augen führen, das 13 dB (geteilt durch 10) = 1,3 Bel (Hochzahl oder Exponent) ist. Diese 1,3 Bel teilt man durch 2, was 0,65 ergibt. Über „x^y“ am Ta-

schenrechner kommt man dann wieder zu dem Spannungsmultiplikator 4,4668. Diesen Wert mit $50 \mu\text{V}$ (= S9) multipliziert, ergibt aufgerundet wieder den oben aufgeführten Wert von 223,6 V.

Der zweite Weg ergibt bei gleichem Rechenaufwand das gleiche Ergebnis. Man gibt gleich den Bel-Wert von 1,3 ebenfalls über 10, „x“⁴, ein. Aus dem sich dann ergebenden Leistungsmultiplikator zieht man die Wurzel, was zu dem gleichen Spannungs-Multiplikator von 4,4668 führt.

Das dBa

Bei der Angabe dB(A), die sich auf Schalleistung pro Flächeneinheit bezieht, ist 0 dBa die Leistung, die eine Durchschnittsgruppe von Menschen gerade eben noch wahrnimmt (Wahrnehmungsgrenze). Exakt lässt sich diese Grenze allerdings nicht angeben, weil sie bei verschiedenen alten Menschen, sowie u.a. auf verschiedenen Frequenzen unterschiedlich ist.

dBd und dBi

In der Antennentechnik wird dBd benutzt, um z.B. den Leistungsgewinn einer Richtantenne im Verhältnis zu einem Dipol auszudrücken. Ist die abgestrahlte Leistung (in einer Richtung) bei der Richtantenne 10 Mal größer, (= 1 Bel) als die Strahlungsleistung eines Dipols, so hat die Richtantenne einen Gewinn von 10 dBd.

Bei der Verwendung dBi bezieht man sich auf die abgestrahlte Leistung eines imaginären Isotopenstrahlers. So ist die Leistungsabstrahlung eines Halbwellenstrahlers – z.B. Dipol – um etwa 2,2 dB größer als besagter Referenz-Kugelstrahler.

Diese Auflistung ließe sich beliebig fortsetzen.

Sonderfall dB μV

Eine Sonderbetrachtung muss bei der Bezeichnung dB μV angestellt werden. Hier ist 0 dB keine Leistung, sondern ein festgelegter Spannungswert von $1 \mu\text{V}$. Um aber dennoch den Begriff Bel

oder dB verwenden zu können, verwendet man die gleiche Vorgehensweise wie bei der grundsätzlichen dB-Rechnung. Man trennt den Spannungsbetrag in $1 \mu\text{V}$ und einem dimensionslosen Multiplikator auf. Aus dem Spannungsmultiplikator wird durch Quadrierung ein scheinbarer „Leistungsmultiplikator“. Aus diesem zieht man den Logarithmus und kommt so zu einer Quasi-„Bel“-Angabe. Obwohl der alte Graham Bell sich das so nicht gedacht hat, kommt man rein mathematisch auf diese Art zu einem richtigen Spannungsergebnis.

Beispiel: Ein Spannungswert von $100 \mu\text{V}$ soll in dB μV ausgedrückt werden. $100 \text{ dB}\mu\text{V} = 100 \cdot 1 \mu\text{V}$. Quadriert man den Spannungsmultiplikator 100, so ergibt das 10 000 oder 10^4 , also 4 Bel = 40 dB. Multipliziert mit $1 \mu\text{V}$ ergibt das 40 dB μV als reine Spannungsangabe.

Aus reinem Spaß hat der Verfasser einmal seine Netzspannung von 235 V mit 167,42 dB μV angegeben. Bei Kennern

der dB-Rechnung hat das ein wissendes Schmunzeln hervorgerufen. Tatsächlich käme ja ernsthaft niemand auf die Idee, solche oder ähnliche Spannungen in dB μ V anzugeben. In der Hochfrequenztechnik allerdings greift diese häufig unnötig komplizierte Methode immer weiter um sich. Eine gewisse Kenntnis der kausalen Zusammenhänge ist von daher sicher sehr sinnvoll [1]. Bei gut informierten Fachleuten ist dieser Beitrag sicher nur gutes Repetitorium.