

Dezibel (dB)

Die Mutter des dB - der dekadische Logarithmus (log)

Was ist ein Logarithmus? Die Logarithmusfrage geht genau umgekehrt an die Potenzrechnung heran: Beim dekadischen Logarithmus (Logarithmus zur Basis 10) wird nämlich nicht gefragt, wie viel ist 10^3 oder 10^x sondern: durch welchen Exponenten wird die Basis 10 zur Zahl x ?

Zum Beispiel durch welchen Exponenten wird die Basis 10 zu 1000? – Die Antwort wäre: 3, da $10^3 = 1000$. Der Logarithmus „3“ ist also die Antwort auf $10^x = 1000$. Man spricht das folgendermaßen: „Der Logarithmus zur Basis 10 von 1000“. Geschrieben $\log 1000$.

Da in der Elektrotechnik vornehmlich mit dem Logarithmus zur Basis 10 gearbeitet wird, spart man sich die Angabe der Basis und geht davon aus, dass es sich bei „log“ immer um den Zehnerlogarithmus handelt.

Das Bel und das Dezibel (dB)

Durch den Logarithmus werden sehr große oder sehr kleine Zahlen überschaubar. Daher greift man in der Elektrotechnik gerne zum Logarithmus, wenn es darum geht, große Zahlenverhältnisse darzustellen oder mit ihnen umzugehen.

Den 10er Logarithmus (log) eines Verhältnisses zwischen zwei elektrischen Größen nennt man in der Elektrotechnik – als Reminiszenz an Alexander Graham Bell - ein „Bel“. Da aber ein Bel noch ziemlich unhandlich ist, nimmt man stattdessen ein zehntel eines Bel, das deziBel. ($1\text{dB} = 1/10\text{Bel}$).

Rechnen mit dem dB

Jede Sende- und/oder Empfangsanlage besteht aus einer Kettenschaltung von Einzelkomponenten, wie z.B. Antenne, Filter, Kabel, Verstärker, Mischer etc. Jede dieser Komponenten ist gekennzeichnet durch das Verhältnis der am Eingang zugeführten Leistung zur am Ausgang verfügbaren Leistung – Verstärkung oder Dämpfung.

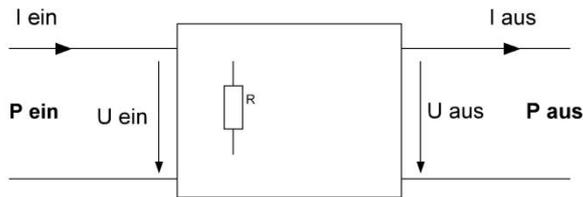
Die Gesamtverstärkung einer Kettenschaltung mehrerer Komponenten ist das Produkt der einzelnen Verstärkungsfaktoren. Es leuchtet ein, dass diese Multiplikation umständlich ist und oft zu großen und wenig übersichtlichen Zahlen führen kann. Einfacher wäre die Rechnung, wenn nur addiert und subtrahiert statt multipliziert und dividiert werden müsste. Hier hilft das dB!

Die Addition von einer Zahl in dB ist gleichbedeutend einer Multiplikation im linearen Maß, die Subtraktion entspricht der Division. Die Multiplikation im dB Maßstab ergibt eine Potenzierung im linearen Maß, die Division entspricht dem Wurzelziehen. Das macht das dB so beliebt in der Elektrotechnik, es vereinfacht Vieles.

Zurückrechnen von dB ins lineare Verhältnis

Will ich ein in dB vorliegendes Verhältnis wieder in eine lineare Verhältniszahl zurückrechnen, muss ich einfach die dB durch 10 dividieren und das Ergebnis delogarithmieren. Delogarithmieren = als Exponent zur Basis 10 einsetzen. Also $10^{x(\text{dB})/10}$

Verstärkung , Dämpfung und das dB



Relativer Pegel

Der relative Pegel ist der Unterschied zwischen zwei absoluten Pegeln, und gibt deren Verhältnis an. Um auch große Verhältnisse übersichtlich darstellen zu können, nutzt man in der Elektrotechnik gerne die logarithmische Ausdrucksweise in dB (Dezibel).

Beispiel: Die Leistungsverstärkung V_p einer Blackbox wie oben in dB ist:

$$\text{Leistungsverstärkung } V_p [dB] = 10 \log \frac{\text{Ausgangsleistung}}{\text{Eingangsleistung}}; \quad V_p [dB] = 10 \times \log \frac{P_{\text{aus}}}{P_{\text{ein}}}$$

Wenn die Leistung am Ausgang kleiner als die Leistung am Eingang ist, die Verstärkung also kleiner als 1, nennt man das eine Dämpfung. Der Logarithmus wird dann negativ, vor dem dB Wert steht also ein Minus. Negative dB Verhältnisse kennzeichnen eine Dämpfung, manchmal spricht man daher umgangssprachlich von „negativer Verstärkung“.

Leistung an einem Widerstand kann man nach dem Ohmschen Gesetz umrechnen in eine Spannung, die am Widerstand ansteht oder einem Strom, der durch den Widerstand fließt. Wenn Eingangs- und Ausgangsleistung am gleichen Widerstand auftreten, ist die Leistungsverstärkung proportional zum Quadrat von Spannung und Strom.

$$P = \frac{U^2}{R}; \quad P = I^2 \times R$$

Eine Zahl wird quadriert, in dem man ihren Logarithmus mit 2 multipliziert. Anstatt die Spannungs- und Stromwerte zu quadrieren, kann ich also stattdessen deren Verhältnis in dB mit 2 multiplizieren. ($2 * 10 \log$)

$$V_u = 20 \log \frac{U_a}{U_e}; \text{ Spannungsverstärkung in dB}$$

$$V_i = 20 \log \frac{I_a}{I_e}, \text{ Stromverstärkung in dB}$$

Dezibel (dB)

Merkmale häufig gebrauchter dB Verhältnisse		
Leistungsverhältnis	dB - Wert	Spannungsverhältnis
1 000 000-fach	+60	1000-fach
10 000-fach	+40	100-fach
1000-fach	+30	30-fach
100-fach	+20	10-fach
10-fach	+10	3-fach
4-fach	+6	2-fach
2-fach	+3	1,4-fach
1,26-fach	+1	1,1-fach
1	0	1
0,8	-1	0,9
1/2	-3	0,7
1/4	-6	1/2
1/10	-10	1/3
1/100	-20	1/10
1/1000	-30	1/30
1/10 000	-40	1/100
1/1 000 000	-60	1/1000

Absoluter Pegel

Das dB ist keine Einheit, sondern lediglich eine dimensionslose Zahl, die das Verhältnis zweier elektrischer Größen ausdrückt. Setzt man den Bezugswert jedoch auf einen definierten Wert, so wird aus dem relativen Pegel ein absoluter Pegel. Die dB-Angabe wird dann um eine Einheit erweitert. Zum Beispiel dBm oder dB μ V. Diese Einheit gibt einen Wert bezogen auf den Bezugswert an.

Beispiele:

Das dBm ist das Verhältnis in dB zum Bezugswert ein Milliwatt

Das dBW ist das Verhältnis in dB zum Bezugswert ein Watt

Das dB μ V ist das Verhältnis in dB zum Bezugswert ein Mikrovolt

Das dBmV ist das Verhältnis in dB zum Bezugswert ein Millivolt

Dezibel (dB)

Empfangspegel und S-Meter

Das S-Meter ist eine in S-Stufen kalibrierte logarithmische Anzeige der Empfängereingangsspannung im Verhältnis zu einem Bezugswert (S9). Als Bezugswert S9 gilt für die Kurzwellen unter 30MHz ein Empfängereingangsspannung von -73dBm an 50 Ohm, das entspricht einer Spannung von 50 Mikrovolt. Bei UKW Frequenzen über 30 MHz ist als Bezugswert S9 ein Pegel von -121dBm festgelegt, entsprechend einer Spannung von 5 Mikrovolt. Werte über S9 werden additiv als "dB über S9" angegeben. Eine Erhöhung des Empfangspegels um eine S-Stufe, also um +6 dB, entspricht demnach der doppelten Eingangsspannung oder der vierfachen Eingangsleistung.

Tabelle

Absolute Pegelwerte am Empfängereingang (50 Ohm) und zugehörige S-Stufen

dB zu 1 mW	dB zu 1µV	Spannung an 50 Ohm	>30 MHz (UKW)	< 30 MHz (KW)
dBm	dBµV	µV	S-Stufen	S-Stufen
-174	-67	0,0004	290K therm. Noise, B = 1Hz	
-154	-47	0,004	290K therm. Noise, B = 100 Hz	
-147	-40	0,01	290K therm. Noise, B = 500 Hz	
-144	-37	0,0140	290K therm. Noise, B = 1000 Hz	
-140	-34	0,0199	290K therm. Noise, B = 2400 Hz	
-141	-33	0.02	1	
-137	-30	0.03		
-135	-28	0.04	2	
-133	-26	0.05		
-131	-24	0.06		
-130	-23	0.07		
-129	-22	0.08	3	
-128	-21	0.09		
-127	-20	0.10		
-123	-16	0.16	4	
-121	-14	0.21		1
-117	-10	0.32	5	
-115	-8	0.40		2
-113	-6	0.50		
-111	-4	0.63	6	
-110	-3	0.70		
-109	-2	0.80		3
-108	-1	0.90		
-107	0	1.00		
-105	2	1.26	7	
-103	4	1.60		4
-101	6	2.00		
-99	8	2.50	8	
-97	10	3.20		5
-95	12	4.00		
-93	14	5.00	9	
-92	15	6.00		

dB zu 1 mW	dB zu 1µV	Spannung an 50 Ohm	>30 MHz (UKW)	< 30 MHz (KW)
dBm	dBµV	µV	S-Stufen	S-Stufen
-91	16	6.30		6
-88	19	9.00		
-87	20	10.0		
-85	22	12.6		7
-83	24	16.0	9 + 10dB	
-81	26	20.0		
-79	28	25.0		8
-77	30	30.0		
-75	32	40.0		
-73	34	50.0	9 + 20dB	9
-72	35	60.0		
-71	36	70.0		
-69	38	80.0		
-68	39	90.0		
-67	40	100		
-63	44	160	9 + 30dB	9 + 10dB
-61	46	200		
-57	50	300		
-55	52	400		
-53	54	500	9 + 40dB	9 + 20dB
-52	55	600		
-51	56	700		
-49	58	800		
-48	59	900		
-47	60	1000		
-43	64	1,6 mV	9 + 50dB	9 + 30dB
-33	74	5,0 mV	9 + 60dB	9 + 40dB
-23	84	16 mV		9 + 50dB
-13	94	50 mV		9 + 60dB
0	107	225 mV		
20	127	2,25 V		
40	147	22,5 V		

Dezibel (dB)

Tabelle mit Beispielen von dekadischen Logarithmen

Zahl	log
1	0
2	0,301
3	0,477
4	0,602
5	0,699
6	0,778
7	0,845
8	0,903
9	0,954
10	1
100	2
1000	3
10 000	4
100 000	5
1000 000	6