Dezibel und Logarithmus für den Funkamateur

Möglichst einfach erklärt, aber auch zum Nachschlagen

Erwin Hackl, OE5VLL

Vorwort:

Viele Funkamateure stehen mit Dezibel und Logarithmus etwas auf Kriegsfuß. Da man diese Themen eher nur in höheren technisch orientierten Schulen unterrichtet, haben viele auch von der Ausbildung her keinen Bezug zu dieser Thematik.

Dies soll eine möglichst einfache Einführung in den Umgang mit Dezibel und Logarithmen sein, aber auch die Gelegenheit bieten, einmal etwas nachschlagen zu können.

Es wird im Wesentlichen nur der Bezug zur 50-Ohm-Funktechnik behandelt!

Warum Dezibel:

Es gibt einige Bereiche der Technik, wo man es mit extrem großen und extrem kleinen Zahlen zu tun hat. Einer dieser Bereiche ist die Funktechnik.

Ein Beispiel soll dies veranschaulichen:
Ein starker Rundfunksender kann 1 MW (= 1000000 Watt) Sendeleistung haben.
Der Empfangspegel eines Funksignals kann 1 µV sein.
Das entspricht 0,02 pW = 0,000.000.000.000.02 Watt.
Die Leistung dieses Senders ist also 50.000.000.000.000.000.000 mal so groß wie die Leistung des Empfangssignals.

Hier sieht man sehr schnell, dass solche Größenordnungen sehr unhandlich sind.

Aus diesem Grund bietet es sich an, mit dem Logarithmus der Zahlen zu rechnen.

Das Beispiel von oben mit logarithmischen Werten:

1000000 Watt	=	90 dBm
0,00000000000002 Watt	=	-107 dBm
Differenz	=	197 dB

Was sind Dezibel:

Eigentlich ist die (Pseudo)Einheit „Bel“ [B], benannt nach dem Erfinder des Telefons, Alexander Graham Bell. Allgemein gebräuchlich aber sind Dezibel, das sind Zehntel-Bel [dB], so wie bei Meter und Dezimeter. Dezibel entsprechen besser den tatsächlich vorkommenden Wertgrößen und werden deshalb anstatt Bel häufig verwendet.

Mathematisch ausgedrückt: 10 mal der Logarithmus zur Basis 10 des Verhältnisses zweier Leistungen = **10*Log(P1/P2) [dB].**

Log (auch als LOG, Lg bezeichnet) ist der 10er-Logarithmus (Log. zur Basis 10).

Genau genommen ist dB gar keine „richtige“ Einheit, da damit ein **dimensionsloser Multiplikationsfaktor** dargestellt wird. Das gäbe aber das Problem, dass man bei Zahlen sonst nicht unterscheiden könnte, ob es sich um lineare oder um logarithmische Zahlen handelt. Mit der Angabe in dB ist dieses Problem beseitigt. Somit sind dB eigentlich eine Pseudo-Einheit, andernorts auch als Quasi-Einheit bezeichnet.

Beispiel: Wenn jemand die Leistung seines Senders um 3 dB erhöht, bedeutet das nichts Anderes als dass er die Leistung x 2 nimmt, er verdoppelt sie also.

dBxx, z.B. dBd, dBc, dBi, dBµV, dBm, etc.

Es gibt aber auch „**dBxx**“, wobei xx für beliebige Zeichen nach dB steht. Dabei handelt es sich zwar auch um Multiplikationsfaktoren, aber **mit Bezug auf einen bestimmten Wert**. Das bedeutet, dass eine Angabe in **dBxx** immer einen definierten Wert (oftmals eine absolute Physikalische Größe) ergibt!

Beispiel: dBm nimmt Bezug auf 1 mW (Milliwatt). Hat jemand einen Oszillator mit einer Leistung von +13 dBm, so bedeutet das, dass er 20-fache Leistung in Bezug auf 1 Milliwatt, also 20 mW hat. Somit handelt es sich bei dBm etc. tatsächlich um einen bestimmten Wert (im konkreten Fall um eine Leistung in mW) und nicht bloß um einen Faktor.

Wichtig: Unterscheide: **dB = Faktor, dBxx = Wert**

Da es bei Bezeichnungen wie z.B. dBµV/m zu Missverständnissen kommen kann, schreibt man hier üblicherweise dB(µV/m).

Einige Beispiele:

dBV	Spannung, Bezug auf 1 V
dBmV	Spannung, Bezug auf 1 mV
dBµV	Spannung, Bezug auf 1 µV
dBm	Leistung, Bezug auf 1 mW
dBd	Bezug auf Dipolantenne
dBi	Bezug auf Isotropstrahler
dBc	Bezug auf Trägerpegel
dBA	Bewerteter Schalldruckpegel, im Bereich Akustik verwendet

dB(W/m²), dB(m/m²)	Leistungsflussdichte S, Bezug auf W/m² bzw. mW/m²
dB(V/m), dB(µV/m)	Elektrische Feldstärke E, Bezug auf V/m bzw. µV/m
dB(A/m), dB(µA/m)	Magnetische Feldstärke H, Bezug auf A/m bzw. µA/m

Es gibt auch Andere als 50-Ohm-Systeme

Bei Verwendung anderer Systemimpedanzen (Wellenwiderstände) als jener von 50-Ohm-Systemen ist zu berücksichtigen, dass diverse Formeln dann nicht mehr in der hier verwendeten Form gültig sind!

50-Ohm-System:	In der Funktechnik verwendet
60-Ohm-System:	Früher in Funk- und Fernsehtechnik verwendet
75-Ohm-System:	In der Fernsehtechnik verwendet
600-Ohm-System:	In der Audiotechnik verwendet

Spannung und Leistung in Bezug auf dB:

Eigentlich stellen **dB** ein **Verhältnis zweier physikalischer Größen** zueinander dar. Da man es in der Funktechnik üblicherweise mit einem 50-Ohm-System zu tun hat gibt es einen direkten Bezug zur Spannung, Strom und Leistung - solange man in diesem System bleibt.

Verdoppelt man die Spannung bei gleichbleibendem Widerstand erhöht sich auch der Strom auf den doppelten Wert. Somit ergibt sich bei doppelter Spannung vierfache Leistung.

Damit sind +6 dB gleichzeitig doppelte Spannung und vierfache Leistung.

Für die Umrechnung von Faktoren in dB und umgekehrt bedeutet das:

Für Leistungen gilt: **10*Log(P1/P2) [dB]** **Faktor = $10^{(dB/10)}$**

Für Spannungen gilt: **20*Log(U1/U2) [dB]** **Faktor = $10^{(dB/20)}$**

Umrechnung von dB in Faktoren:

Hier muss man unterscheiden, ob man mit Spannungen oder mit Leistungen rechnet!

Für **Leistungen** gilt: **= $10^{(dB/10)}$**

Für **Spannungen** gilt: **= $10^{(dB/20)}$**

Beachte unterschiedliche Schreibweisen!
10 ^ 3 = 10^3 = 10 hoch 3 = 10 x 10 x 10

Beispiel: Gegeben 16,99 dB

Für die Leistung gilt: = 10 ^ (16,99 / 10) = 10 ^ 1,699 **= 50 – fache Leistung**

Für die Spannung gilt: = 10 ^ (16,99 / 20) = 10 ^ 0,8495 **= 7,071-fache Spg.**

Eine Kontrollrechnung soll die Richtigkeit überprüfen:

7,071-fache Spg. mal 7,071-facher Strom = **50-fache Leistung**

Umrechnung von Faktoren in dB:

Bei der Umrechnung von Faktoren in dB muss man ebenso unterscheiden, ob man mit Leistungen oder Spannungen rechnet.

Werden **Leistungs-Faktoren** in **dB** umgerechnet lautet die Formel:

10 x Log(Faktor) [dB].

Beispiel: 50-fache Leistung → 10 x Log(50) = 10 x 1,699 = +16,99 dB

Werden **Spannungs-Faktoren** in dB umgerechnet, lautet die Formel:

20 x Log(Faktor) [dB].

Beispiel: 7,071-fache Spannung → 20 x Log(7,071) = 20 x 0,8495 = +16,99 dB

Wir haben also für unterschiedliche Faktoren (50 bei Leistung, 7,071 bei Spannung) die gleichen Werte in dB erhalten.

Mit einer Kontrollrechnung soll die Richtigkeit überprüft werden:

7,071-fache Spannung hat bei gleichbleibendem Widerstand auch 7,071-fachen Strom zur Folge.
7,071 x 7,071 = 50, somit ergibt 7,071-fache Spannung = 50-fache Leistung.

Umgekehrt ausgedrückt: Eine Erhöhung um 16,99 dB entspricht 7,071-facher Spannung und gleichzeitig 50-facher Leistung.

Wichtig: **0 dB ergeben immer Faktor 1**

Positive dB ergeben immer Faktoren größer 1 (= Verstärkung)

Negative dB ergeben immer Faktoren kleiner 1 (= Dämpfung)

Beachte:
Ist als Verstärkung z.B. –12 dB angegeben, so ist das eine Dämpfung bzw. Abschwächung.
Gibt man 30 dB Dämpfung an, so ist für die weitere Berechnung –30 dB einzusetzen, denn eine Dämpfung = negative Verstärkung.
Ist aber –30 dB Dämpfung angegeben, so ist üblicherweise nicht eine „negative Dämpfung“, sondern tatsächlich eine „normale“ (den Pegel verringernde) Dämpfung gemeint. Im Prinzip ist das dann das Selbe wie eine doppelte Verneinung – im Sprachgebrauch kommt es vor, mathematisch ist es aber falsch, denn der Begriff Dämpfung beinhaltet bereits das Minus, und Minus mal Minus ist nun mal Plus. Auf jeden Fall ist bei „negativer Dämpfung“ genau zu schauen, was nun wirklich gemeint ist.

Rechnen mit logarithmischen Werten:

Das Rechnen mit logarithmischen Werten ist einfacher als man glaubt.

Auch die Umrechnung der dB-Werte entfällt meistens, da Angabe-Werte und Resultate meistens sowieso in dB gegeben bzw. benötigt werden.

Einfach erklärt:
Aus multiplizieren wird addieren, aus dividieren wird subtrahieren.

Für den Umgang mit dB habe ich in der Amateurfunkausbildung den Schülern immer gesagt: Merkt euch 4 Werte, dann habt ihr schon gewonnen.

Diese 4 Werte sind:

3 dB	1,41 - fache Spg.	2 - fache Leistung	1,41 = Wurzel aus 2
6 dB	2 - fache Spg.	4 - fache Leistung	
10 dB	3,16 - fache Spg.	10 - fache Leistung	3,16 = Wurzel aus 10
20 dB	10 - fache Spg.	100 - fache Leistung	

Diese vier dB-Werte lassen sich beliebigst durch einfache Kopfrechnung kombinieren.

Hier einige Kopfrechen-Beispiele:

+3 dB = 2-fache Leistung
+3 dB +3 dB = 6 dB = 4-fache Leistung
+3 dB +3 dB +3 dB = +9 dB = 8-fache Leistung
+3 dB +3 dB +3 dB +3 dB = +12 dB = 16-fache Leistung
-3 dB = halbe Leistung
-3 dB - 3 dB = -6 dB = viertel Leistung

+10 dB + 3 dB = x 10 x 2 = 20-fache Leistung
+10 dB + 3 dB + 3 dB = x 10 x 2 x 2 = 40-fache Leistung
+10 dB + 3 dB + 3 dB + 3 dB = x 10 x 2 x 2 x 2 = 80-fache Leistung

+20 dB = 100-fache Leistung
+20 dB + 3 dB = x 100 x 2 = 200-fache Leistung
+20 dB + 10 dB = x 100 x 10 = 1000-fache Leistung
+20 dB + 20 dB = x 100 x 100 = 10.000-fache Leistung
+20 dB + 20 dB + 20 dB = x 100 x 100 x 100 = 1.000.000-fache Leistung

+10 dB – 3 dB = +7 dB = x 10 / 2 = 5-fache Leistung
+20 dB – 3 dB = +17 dB = x 100 / 2 = 50-fache Leistung
+20 dB – 3 dB – 3 dB = +14 dB = x 100 / 2 / 2 = 25-fache Leistung

Diese Beispiele sollen zeigen, wie einfach es sein kann, wenn man nur ganz wenige Werte auswendig kennt, trotzdem jede Menge Ergebnisse durch einfache Kopfrechnung zu erhalten. Außerdem sollen sie auf einfache Weise die Handhabung von dB erklären und den Respekt davor etwas nehmen.

Ein weiteres Beispiel soll den Vergleich mit „normaler“ Berechnung zeigen:

Eine Antenne hat einen Gewinn von 7,55-fachem Leistungspegel gegenüber einem Dipol. Das Koaxialkabel zwischen Antenne und Vorverstärker reduziert das Signal um 38 % der Leistung. Der anschließende Vorverstärker hat eine Verstärkung von 19,3-fach in Bezug auf die Leistung. Das dann folgende Koaxialkabel reduziert das Signal auf 18 Prozent der Leistung. Wie viel Signal kommt nun beim Empfänger an im Vergleich zu einem Dipol, an welchen der Empfänger verlustfrei angeschlossen wäre? Wie viele (echte) S-Stufen wären das?

	Faktor	dB
Antenne	7,55	+8,78 dB
1. Kabel	0,62	-2,08 dB
Vorverstärker	19,30	+12,86 dB
2. Kabel	0,18	-7,45 dB

Berechnung mit Faktoren:
Ergebnis = 7,55 x 0,62 x 19,3 x 0,18 = 16,26-fache Leistung
Umgerechnet ergibt **16,26-fach → +12,11 dB**
Da eine S-Stufe 6 dB entspricht, kann man sagen, Verbesserung um 2 S-Stufen.

Berechnung mit dB:
Ergebnis = 8,78 – 2,08 + 12,86 – 7,45 = **+12,11 dB** ergibt 16,26-fache Verstärkung

Man könnte jetzt sagen, ob ich einige Zahlen multipliziere oder addiere ist auch schon egal. Da muss man aber entgegenhalten, dass die meisten Werte üblicherweise in dB vorliegen, man denke an den Gewinn einer Antenne bzw. eines Verstärkers und die Verluste von Koaxialkabeln.

Rechenregeln für das Rechnen mit logarithmischen Werten:

$\mathrm{Log}(1/x) = -\mathrm{Log}(x)$

$\mathrm{Log}(x^y) = y * \mathrm{Log}(x)$

$\mathrm{Log}(xy) = \mathrm{Log}(x) + \mathrm{Log}(y)$

Wo verwendet man Dezibel:

Da, wo man gleichzeitig mit in ihrer Größe extrem differierenden Werten zu tun hat. Dazu zählen speziell die Elektronik und die Akustik. Es gibt aber sehr wohl auch noch andere Bereiche, wo mit logarithmischen Werten gerechnet wird.

Im Bereich der Elektronik ist das wiederum speziell die Funktechnik.

Es wird mit dB nicht nur gerechnet sondern auch direkt in dB gemessen. Bekannteste Beispiele dafür sind der Spektrumanalysator und HF-Millivoltmeter, aber es gibt auch noch jede Menge anderer Messgeräte. Selbst manche analoge Multimeter haben auch dB-Skalen, welche aber üblicherweise für Messungen im NF-Bereich vorgesehen sind. Siehe die unterste Skala auf untenstehendem Bild, welche von –5dB bis +11 dB reicht.

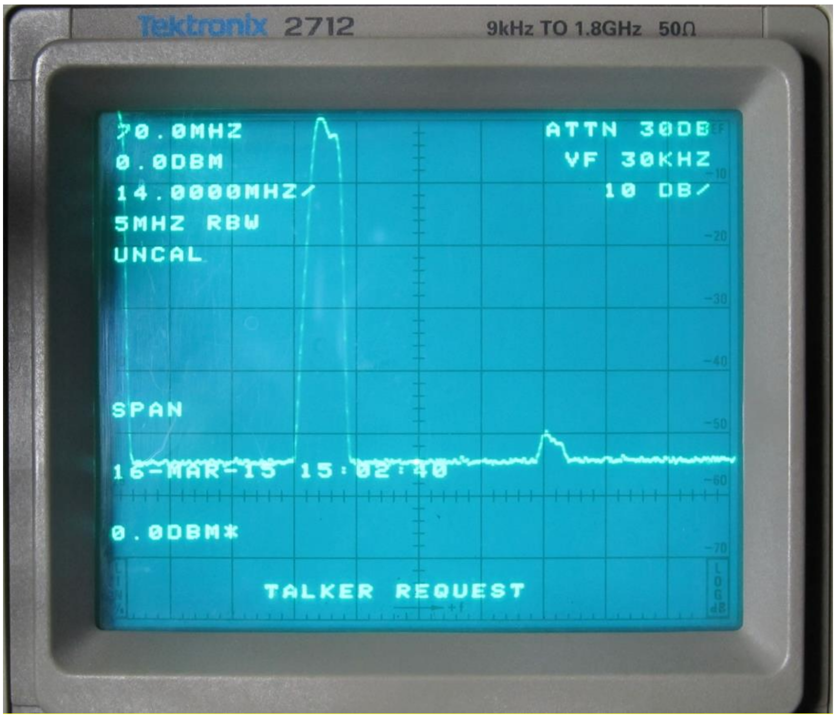
Die Darstellung der Multiplikatoren als auch der Werte geschieht logarithmisch. Das bedeutet folgendes:

Normale Darstellung ist Linear:
Z.B. bei einem Oszilloskop ist die Vertikale Skala in Volt / Teilstrich, z.B. 1 Volt / Teilstrich. Das bedeutet bei 8 Teilstrichen dann 8 Volt darstellbar. Als allerkleinster Wert ist ca. 1/100 noch einigermaßen ablesbar, das würden in dieser Einstellung ca. 0,08 Volt sein.

Damit hier keine Irrtümer aufkommen: Man kann selbstverständlich auch wesentlich kleinere Werte darstellen, aber nicht gleichzeitig mit großen Werten. Zeigt man z.B. eine Sinuskurve mit 8 Vss, so würde man eine „Störungsspitze“ mit 0,04 Volt in dieser Sinuskurve nicht mehr sehen.

Die Logarithmische Darstellung:

Bei einem Spektrumanalysator beträgt die vertikale Darstellung meistens 10 dB pro Teilstrich. Das bedeutet bei 8 Teilstrichen folgendes:
Beginnt der oberste Teilstrich mit 0 dBm, so haben die nach unten folgenden Teilstriche die Werte -10 dBm, -20 dBm, -30 dBm, -40 dBm, -50 dBm, -60 dBm, -70 dBm und -80 dBm. Ein Signal welches bis zum obersten Teilstrich reicht, hat somit in diesem Fall 223 mV, ein Signal welches bis zum vorletzten Teilstrich reicht aber –70 dBm, was 0,07 mV entspricht. Auf untenstehendem Foto reicht das kleinere Signal bis zum 6. Teilstrich, hat also –50 d>Bm.



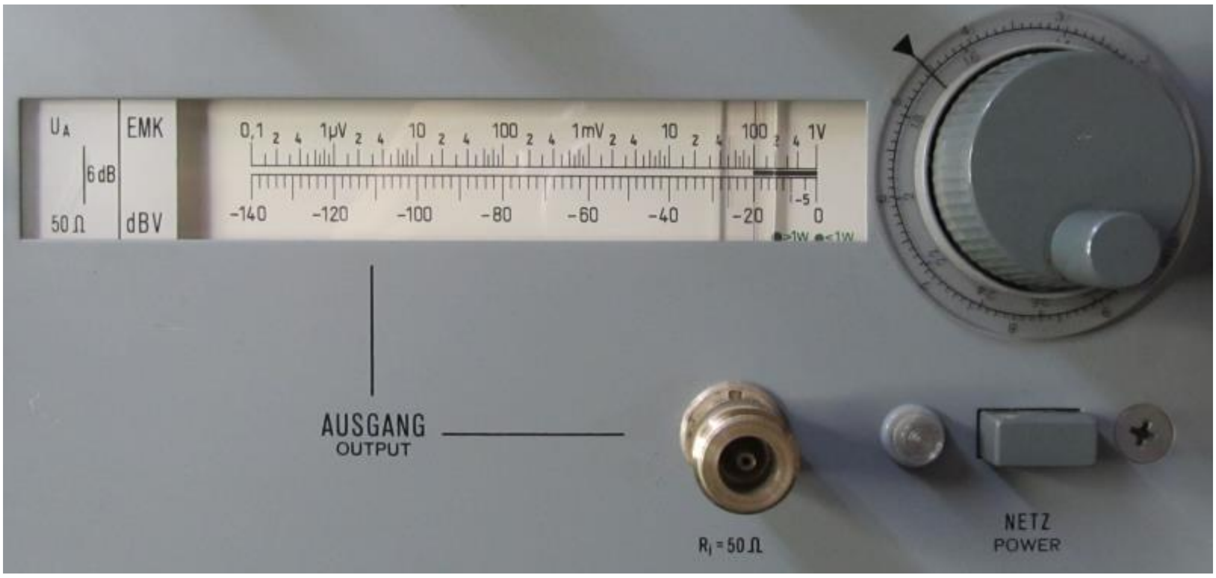
Auf dem obenstehenden Bildschirmfoto sieht man ein mit Absicht nicht optimal dargestelltes 50-MHz-Signal mit seiner ersten Oberwelle bei 100 MHz, um die Vorteile einer Anzeige in dB (dBm) besser zeigen zu können.

In der zweiten Textzeile links wird mit „0.0 DBM“ dargestellt, dass die oberste Linie einen Pegel von 0 dBm darstellt.
In der dritten Textzeile rechts ist dargestellt, dass vertikal 10 dB / Teilstrich eingestellt sind.

Das große Signal weist somit einen Pegel von 0 dBm auf, das kleine Signal einen von –50 dBm. Rechnet man das um kommt man auf 223 mV / 0,7 mV bzw. 1 mW / 0,00001 mW. Würde man das linear darstellen, würde man vom kleinen Signal nichts mehr sehen, geschweige denn seinen Pegel feststellen können.

Die Pegel der beiden Signale werden in **dBm** angegeben, weil sie Absolutwerte darstellen, die Differenz der beiden Signale zueinander aber in **dB**. Man kann hier sagen, „das kleinere Signal ist um 50 dB kleiner als das Große“. Dass es auch –50 dBm beträgt ist Zufall.

Noch ein spezielles Beispiel aus der Praxis:



Der etwas ältere Rohde & Schwarz Messsender SMDF hat eine Doppelskala für die Anzeige des Ausgangspegels. Dieser wird darauf in U_A / EMK und in dBV angegeben.
Es gibt zwei Anzeige-Striche im Abstand von 6 dB. Der linke Strich zeigt den kleineren Wert an (er ist sehr schlecht sichtbar), die Angabe dazu 50 Ohm und U_A, der rechte Strich (über 100 mV) gilt für den größeren Wert, die EMK.

Was bedeutet dies nun und wie kann der Ausgangspegel in dBµV und in dBm umgerechnet werden?

Zuerst die Erklärung der beiden Anzeige-Striche:

Der Ausgang des Messsenders kann „hochohmig“ (z.B. mit 1 MOhm durch ein Oszilloskop) belastet sein oder „niederohmig“, was in diesem Fall eine Belastung mit 50 Ohm bedeutet.

Am hochohmig (bzw. nicht) belasteten Ausgang liegt die sogenannte EMK des Generators an, welcher einen Innenwiderstand von 50 Ohm hat. Wird dieser Ausgang nun mit weiteren 50 Ohm belastet, sinkt die Spannung durch die doppelte Belastung auf den halben Wert. Dies ist gleichzeitig eine Reduzierung auf ein Viertel der Leistung und entspricht einem Wert von –6dB. Deshalb die beiden Anzeige-Striche im Abstand von 6 dB, was wiederum dem halben Spannungswert auf der Skala mit den Spannungswerten entspricht.

Somit zeigt der linke Anzeigestrich den Wert für den mit 50 Ohm abgeschlossenen Ausgang an und der rechte Strich zeigt den Wert für den unbelasteten Ausgang an.

Nun zur Umrechnung in dBµV und dBm.

Da die untere Skala dBV anzeigt, ist die Umrechnung in dBµV sehr einfach: Es werden einfach 120 dB addiert.

Beispiel: Auf Skala –30 dBV + 120 dB = 90 dBµV
Die Umrechnung von dBµV auf mV_{eff} nach folgender Formel ergibt
90 dBµV = 10^(dBµV/20)/1000 mV_{eff} = 31,6 mV, was mit der oberen Skala am Messgerät übereinstimmt.

dBµV - 107 dB = dBm. Mit dieser Formel ergibt sich, dass von den **dBµV** nur 107 **dB** subtrahiert werden müssen, um **dBm** zu erhalten. Subtrahiert man diese 107 **dB** aber gleich von den 120 dB, welche man für die Umrechnung in **dBµV** benötigt, so bleiben +13 **dB**, welche zu den angezeigten **dBV** addiert werden müssen, um **dBm** zu erhalten. In unserem Beispiel mit –30 dBV + 17 dB = -17 dBm.

Ergebnis: dBV + 120 dB = dBµV und dBV + 13 dB = dBm

In der Praxis wird man das ja nicht jedes Mal berechnen, sondern sich die Umrechnungsfaktoren einfach auf das Messgerät schreiben. Aber einmal muss man sich das halt umrechnen. Dabei bewährt es sich, wenn man Kontrollrechnungen oder Kontrollmessungen durchführt, denn nur allzu leicht kann sich ein Fehler eingeschlichen haben.

Spezialfall dBµV und dBm:

dBµV ist eine Einheit für Spannung, dBm ist eine Einheit für Leistung.

Die Umrechnung von **dBµV** in **dBm** und umgekehrt ist sehr einfach:

dBm = dBµV + 107 Beispiel: 0 dBm = 107 dBµV

dBµV = dBm – 107 Beispiel: 0 dBµV = -107 dBm

Wieso kann aber eine Spannung so leicht in eine Leistung und umgekehrt umgerechnet werden?

Das funktioniert deswegen, weil beim Funk üblicherweise mit einem 50-Ohm-System gearbeitet wird. Dadurch haben Leistung und Spannung einen direkten Bezug zueinander.

Beispiel 1: Berechnung dieses Zusammenhangs in Bezug auf dBµV:

0 dBm = 1 Milliwatt = 0,001 Watt

P = U x I, I = U / R, daraus folgt: P = U² / R, daraus folgt: U = Wurzel(P * R)

P = 0,001 W, R = 50 Ohm, U = Wurzel(0,001 x 50) = 0,223607 Volt = 223607 µV

Somit ist das Verhältnis von 1 mW : 1 µV = 223607 : 1

20 x Log(223607) = 107 dB (gerundet)
20 x Log deshalb, weil hier mit einer Spannung gerechnet wird!

Ergebnis: **1 dBm = +107 dBµV**

Beispiel 2: Berechnung dieses Zusammenhangs in Bezug auf dBm:

1 µV an 50 Ohm = 0,000001 V / 50 Ohm = 0,00000002 A

0,000001 Volt x 0,00000002 Amp = 0,00000000000002 Watt = 2 x 10^-14 Watt

2 x 10^-14 / 1000 = 2 x 10^-11 mW

2 x 10^-11 mW zu 1 mW = 2 x 10^-11 →

umgerechnet in dB: 10 x Log(2 x 10^-11) = -10 x 10,7 dB = -107 dB
10 x Log deshalb, weil hier mit Leistung gerechnet wird!

Ergebnis: **1 dBµV = -107 dBm**

Zum Merken: +13 dBm entsprechen 1 Volt eff. an 50 Ohm

Der Antennengewinn, dBd und dBi:

Beim Antennengewinn beziehen sich dBm und dBi nicht auf direkte Absolutwerte, sondern auf einen Vergleich mit spezifizierten Antennen.

dBd bezieht sich, wie das „d“ schon andeutet, auf eine (ideale) Dipol-Antenne.

Hat eine Antenne z.B. einen Gewinn von 16 dB, so würde das bedeuten, dass das Empfangssignal um 16 dB stärker ist, als was? Würde man sich einig sein, und immer den Bezug zu einem einfachen Dipol meinen, bräuchte man dies nicht extra anzugeben. Da sich aber nicht Alle auf einen Dipol beziehen, muss eben auch hier angegeben werden, worauf sich der Gewinn bezieht.

Durch die Angabe von 16 **dBd** statt nur 16 dB ist somit festgelegt, dass unsere Antenne einen Gewinn von 16 dB gegenüber einem (idealen) Dipol aufweist. Das bedeutet, dass diese Antenne eine 40-fache Leistung (= 6,3-fache Spannung) als der Dipol bei gleicher Feldstärke liefert.

dBi:
Gute Verkäufer sind draufgekommen, dass man als verkaufsfördernde Maßnahme „einen höheren Gewinn“ angeben kann, wenn man die Antenne in Bezug auf eine andere Antenne mit noch weniger Gewinn als ein Dipol bezieht. Allerdings hat man hier das Problem, dass es eigentlich keine solche definierte Antenne gibt. Da ist man auf die Idee gekommen, sich auf den hypothetischen Isotropstrahler zu beziehen. Bei diesem handelt es sich um eine nicht wirklich existierende Antenne, welche eine absolut kugelförmige „Richtcharakteristik“, also keine Richtcharakteristik aufweist. Eine solche Antenne kann es nur theoretisch, nicht aber in der Realität geben. Im Prinzip trifft dies zwar auch auf den Dipol zu, aber die Differenz zu einem realen Dipol (insbesondere auf höheren Frequenzen) ist sehr gering.
Dieser Isotropstrahler weist gegenüber einem Dipol einen „negativen Gewinn“, also einen Verlust von **2,15 dB** auf.

Bezieht man eine Antenne also auf einen Isotropstrahler, kann man bei der Gewinn-Angabe einen um **2,15 dB** höheren Wert angeben, allerdings in **dBi**.

Unsere vorher verwendete Antenne mit einem Gewinn von **16 dBd** hat also gleichzeitig einen Gewinn von **18,15 dBi**.

Beispiel:
Alois besitzt eine Antenne mit **4,5 dBi** Gewinn, Bert eine Antenne mit **3,5 dBd** Gewinn. Wer hat die Antenne mit dem höheren Gewinn ?

Der Gewinn von 4,5 **dBi** – 2,15 **dB** = **2,35 dBd**

Somit hat die Antenne von Bert um 3,5 dBd – 2,35 dB = **1,15 dB mehr Gewinn** als jene von Alois.

Beachte: Bezieht man sich auf eine Vergleichsantenne, handelt es sich um einen „Fixen Verstärkungsfaktor“, somit um **dBd** bzw. **dBi**, gibt man aber die Differenz zwischen zwei beliebigen Antennen an, handelt es sich um einen Faktor und somit um **dB**.

Ermittlung des Gewinns einer beliebigen Antenne

Um den Gewinn einer Antenne festzustellen, ist es nicht nötig, dass man einen (idealen) Dipol zur Verfügung hat. Im Prinzip kann jede Antenne mit bekanntem Gewinn als Vergleichsantenne verwendet werden. Hat man mehrere Antennen mit bekannten Werten zur Verfügung, ist das um so besser.
Zu beachten ist aber, dass alle Antennen mit der gleichen Polarisation verwendet werden, z.B. alle mit vertikaler Polarisation! Des weiteren soll es zu keinen Reflexionen des Signals kommen, da diese das Ergebnis extrem verfälschen können.

Berechnungsbeispiel 1:

Es steht eine Rundstrahlantenne mit 4,5 dBd als Vergleichsantenne zur Verfügung.

Ein möglichst reflexionsfrei empfangenes Signal ergibt einen Wert von 25,5 dBµV.
Das selbe Signal mit der zu messenden Antenne ergibt 28,0 dBµV.

28,0 dBµV – 25,5 dBµV = 2,5 dB

Die zu messende Antenne hat somit einen um 2,5 dB höheren Gewinn.

4,5 dBd + 2,5 dB = 7,0 dBd

Die zu messende Antenne hat also einen Gewinn von 7,0 dBd

Berechnungsbeispiel 2:

Es stehen zwei Antennen mit bekannten Gewinn zur Verfügung.

Antenne 1 hat 5,6 dBi
Antenne 2 hat 12,3 dBi

Der Gewinn von Antenne 3 soll ermittelt werden.

Folgende Empfangspegel werden gemessen:

Antenne 1: 15,7 dBµV
Antenne 2: 22,4 dBµV
Antenne 3: 19,2 dBµV

Differenz Antenne 1 zu Antenne 3 = 19,2 dBµV - 15,7 dBµV = +3,5 dB
Differenz Antenne 2 zu Antenne 3 = 19,2 dBµV - 22,4 dBµV = -3,2 dB

5,6 dBi + 3,5 dB = 9,1 dBi
12,3 dBi - 3,2 dB = 9,1 dBi

Antenne 3 hat somit einen Gewinn von **9,1 dBi**,
beziehungsweise einen Gewinn von 9,1 dBi – 2,15 dB = **6,95 dBd**

ERP und EIRP:

Die äquivalente isotrope Sendeleistung **EIRP** (**E**quivalent **I**sotropic **R**adiated **P**ower) ist das Produkt der Sendeleistung (an der Antenne) multipliziert mit dem Antennengewinn bezogen auf den Isotropstrahler.
EIRP = P * Antennengewinn bezogen auf den Isotropstrahler

Beispiel: P = 100 W, G = 19,8 dBi → EIRP = 10^(G/10) * 100 = 9559 W

Die äquivalente Sendeleistung **ERP** (**E**quivalent **R**adiated **P**ower) ist das Produkt der Sendeleistung (an der Antenne) multipliziert mit dem Antennengewinn bezogen auf den Halbwellendipol.
ERP = P * Antennengewinn bezogen auf den Halbwellendipol

Der Unterschied zwischen ERP und EIRP liegt somit nur in der Bezugsantenne.
EIRP = ERP * 1,64
EIRP = ERP + 2,15 dB

(S+N)/N Signal-Rauschabstand:

Ein in der Funktechnik oft vorkommender Begriff ist der Signal-Rauschabstand (S+N)/N (auch SNR = **S**ignal to **N**oise **R**atio), wobei S = Signalleistung und N = Rauschleistung (Noise).

In Dezibel ausgedrückt: **(S+N)/N = 10 * Log ((S+N)/N) [dB]**

Werden im Zusammenhang mit dem Signal-Rauschabstand auch noch Verzerrungsprodukte des NF-Signals (Distortion) berücksichtigt, spricht man von **SINAD** (**Si**gnal to **N**oise **A**nd **D**istortion).

SINAD = (S+N+D) / (N+D), in Dezibel: **SINAD = 10*Log ((S+N+D) / (N+D)) [dB]**

dBc (dB Carrier), dBc/Hz, Signalpegeldifferenz:

In der Nachrichtentechnik werden z.B. bei Störsignalen oder Intermodulationsprodukten die Pegel oft nicht als Absolutwerte, sondern bezogen auf den Pegel eines Trägers in **dBc** angegeben. Bei Grenzwerten von Störpegeln kann auch beides (Absolutwert und dBc-Wert) angegeben sein.

Beispiel:
Träger-Leistung = 25 dBm, Leistung einer Oberwelle = 7 dBm.
Somit ist die Differenz 25 dBm – 7 dBm = -18 dBc

dBc/Hz ist die Pegeldifferenz bezogen auf 1 Hz Bandbreite. Diese dient der Angabe der Rauschleistungsdichte u. A. beim Phasenrauschen.

VSWR, SWR, Reflexionsfaktor, Rückflussdämpfung:

Das **Stehwellenverhältnis VSWR** (**V**oltage **S**tanding **W**ave **R**atio) oder auch nur **SWR** genannt, ist ein Maß für die Anpassung einer Signalquelle oder eines Verbrauchers an den Bezugswellenwiderstand. Für den Funkamateur das beste Beispiel ist die Anpassung der Antenne an die 50-Ohm. Angabe des SWR als Zahl ohne Einheit.
Die **Grenzwerte des VSWR** sind **1** bei optimalster Anpassung und „**unendlich**" bei Totalreflexion.
Das Stehwellenverhältnis kann auch errechnet werden, wenn der Widerstandswert der Fehlanpassung bekannt ist. Umgekehrt kann auch der Widerstandswert aus dem VSWR errechnet werden, allerdings ist hier zu bedenken, dass es für jedes VSWR zwei Widerstandswerte gibt, jeweils einen > 50 Ohm und einen < 50 Ohm (**Beachte**: Bezogen auf ein 50-Ohm-System!).

Beachte: Angaben des VSWR wie „**Habe ein SWR von 3 : 1**" sind zwar nicht falsch, aber sinnlos, denn eine Zahl dividiert durch 1 ergibt wieder die selbe Zahl. Es genügt also, zu sagen „**Habe ein SWR von 3**".

Angaben wie „Habe ein SWR von 1 : 2" sind definitiv FALSCH, da es ein **SWR unter 1 nicht geben kann** (1 : 2 = 0,5 !!!). Das würde dann bedeuten, dass von der Antenne „**weniger als Nichts**" reflektiert werden würde. Und so etwas hat man bis jetzt noch nicht erfunden!

Der **Reflexionsfaktor r** ist ebenfalls ein Maß für die Anpassung. Er gibt den Multiplikationsfaktor für die reflektierte Spannung in Bezug auf die vorlaufende Spannung an.

Der kleinste Wert für r = 0, entspricht **VSWR = 1** (= optimalste Anpassung, es wird nichts reflektiert).

Der größte Wert für r = 1, entspricht **VSWR = unendlich** (Totalreflexion)

Beispiel: Bei 10 % rücklaufender Spannung → r = 0,1.
Beachte dazu: 10 % rücklaufende Spannung ergibt 1 % rücklaufende Leistung, da 0,1 * 0,1 = 0,01 !

Die **Rückflussdämpfung** $\mathbf{a_r}$ ist der Reflexionsfaktor, angegeben als 20*Log(r) in **dB**.

Beispiel: r = 0,7071 → a_r = 20*Log(r) = 3,01 dB

Diverse Formeln für VSWR, Reflexionsfaktor und Rückflussdämpfung:

$P_{rück}$ in % = $P_{rück}/P_{vor}*100$

$P_{rück}$ in % = $(100 / (10\text{^}(a_r/10)))$

VSWR = (1 + Wurzel($P_{rück}/P_{vor}$))/(1 - Wurzel($P_{rück}/P_{vor}$))

VSWR = (1+r) / (1-r)

VSWR, wenn R < 50 Ohm = 50 / R

VSWR, wenn R > 50 Ohm = R / 50

Reflexionsfaktor r = (VSWR-1)/(VSWR+1)

Reflexionsfaktor r = $10\text{^}(a_r/20)$

Achtung! Hier muss a_r als negativer Wert eingegeben werden (-dB)!

Rückflussdämpfung a_r = 10*Log(100/$P_{rück}$ in %)

Rückflussdämpfung a_r = 20*Log(r)

R < 50 Ohm = 50 / VSWR

R > 50 Ohm = 50 * VSWR

Achtung:

Die Formeln gelten jeweils nur bei rein reellem Abschluss bzw. rein reeller Belastung!

Hier einige Berechnungs-Beispiele für Vergleichszwecke:

	P_{vor} =	100	W	64	W	200	W
	$P_{rück}$ =	3	W	32	W	0,31	W
$P_{rück}$ in % = $P_{rück}/P_{vor}$*100	$P_{rück}$ in % =	3	%	50	%	0,155	%
$P_{rück}$ in % = (100 / (10^(a_r/10)))	$P_{rück}$ in % =	3	%	50	%	0,155	%
VSWR = (1+Wurzel($P_{rück}/P_{vor}$))/(1 - Wurzel($P_{rück}/P_{vor}$))	VSWR =	1,419		5,828		1,082	
VSWR = Abs((1+r)/(1-r))	VSWR =	1,419		5,828		1,082	
VSWR, wenn R < 50 Ohm = 50 / R	VSWR =	1,419		5,828		1,082	
VSWR, wenn R > 50 Ohm = R / 50	VSWR =	1,419		5,828		1,082	
Reflexionsfaktor r = (VSWR-1)/(VSWR+1)	r =	0,1732		0,7071		0,0394	
Reflexionsfaktor r = Abs((1-VSWR)/(1+VSWR))	r =	0,1732		0,7071		0,0394	
Reflexionsfaktor r = 10^(a_r/20)	r =	0,1732		0,7071		0,0394	
Rückflussdämpfung a_r = 10*Log(100/$P_{rück}$ in %)	a_r =	15,229	dB	3,010	dB	28,097	dB
Rückflussdämpfung a_r = 20*Log(r)	a_r =	-15,229	dB	-3,010	dB	-28,097	dB
R < 50 Ohm = 50 / VSWR	R < 50 Ohm =	35,24	Ohm	8,58	Ohm	46,21	Ohm
R > 50 Ohm = 50 * VSWR	R > 50 Ohm =	70,95	Ohm	291,42	Ohm	54,10	Ohm

.

Das S-Meter:

Was hat das S-Meter nun mit diesem Bericht zu tun?

Ganz einfach: Die Abstufungen von S-Wert zu S-Wert betragen 6 dB, die unterschiedlichen Festsetzungen von KW- zu den UKW-Werten differieren um 20 dB und Werte über S9 werden in der Form „S9 + ..dB angegeben.

Untenstehend 2 Tabellen zur Darstellung der S-Meter-Werte für KW und UKW, sowohl in **dBm**, **dBµV** und **µV**.

KW **S9 = -73 dBm = ca. 50 µV**

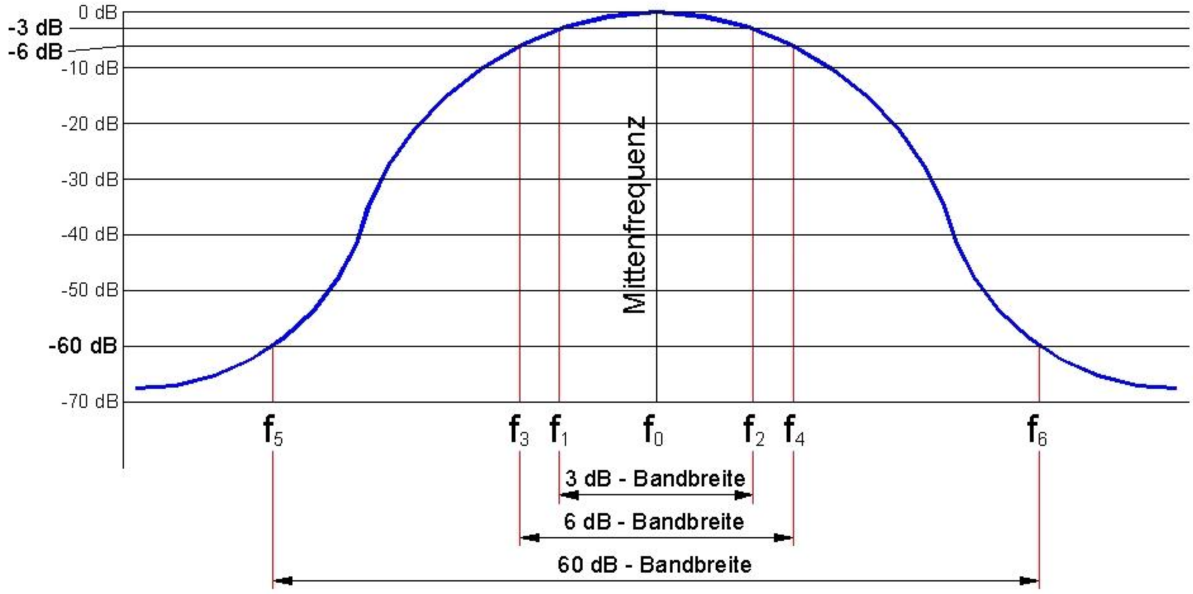
S9 + 20 dB	-53 dBm	54 dBµV	501 µV
S9 + 10 dB	-63 dBm	44 dBµV	158 µV
S9	**-73 dBm**	**34 dBµV**	**50 µV**
S8	-79 dBm	28 dBµV	25 µV
S7	-85 dBm	22 dBµV	13 µV
S6	-91 dBm	16 dBµV	6,3 µV
S5	-97 dBm	10 dBµV	3,2 µV
S4	-103 dBm	4 dBµV	1,6 µV
S3	-109 dBm	-2 dBµV	0,79 µV
S2	-115 dBm	-8 dBµV	0,40 µV
S1	-121 dBm	-14 dBµV	0,20 µV

UKW **S9 = -93 dBm = ca. 5 µV**

S9 + 20 dB	-73 dBm	34 dBµV	50,1 µV
S9 + 10 dB	-83 dBm	24 dBµV	15,8 µV
S9	**-93 dBm**	**14 dBµV**	**5,0 µV**
S8	-99 dBm	8 dBµV	2,5 µV
S7	-105 dBm	2 dBµV	1,3 µV
S6	-111 dBm	-4 dBµV	0,63 µV
S5	-117 dBm	-10 dBµV	0,32 µV
S4	-123 dBm	-16 dBµV	0,16 µV
S3	-129 dBm	-22 dBµV	0,08 µV
S2	-135 dBm	-28 dBµV	0,04 µV
S1	-141 dBm	-34 dBµV	0,02 µV

Eine weitverbreitete Meinung ist, dass das, was sogenannte S-Meter in Funkgeräten anzeigen, mit dem was die theoretischen Werte betrifft, nicht viel zu tun hat.
Vergleichsmessungen haben aber ergeben, dass Amateurfunkgeräte den Wert für S9 meist relativ genau anzeigen, je weiter es aber gegen S1 geht, die Ungenauigkeit stark zunimmt. Ausgenommen sind jene Anzeigen, bei denen man nicht wirklich feststellen kann, wo S9 überhaupt sein soll.

Schwingkreis, Filterbandbreite, Gütefaktor, Formfaktor und Mittenfrequenz:



Die **Bandbreite** eines **Filters** oder **Schwingkreises** wird meistens als sogenannte **3-dB-Bandbreite** angegeben. Das ist jener Bereich, bis zu dem die Leistung auf den halben Wert = **-3dB**, bzw. die Spannung auf 1/Wurzel(2) = **0,7071-fachen Wert** abgesunken ist.

Damit eng verbunden ist der **Q-Faktor** (=Gütefaktor) des Schwingkreises.

Die Formel hiefür: Q-Faktor Q = Mittenfrequenz f_0 / Bandbreite B.

Beispiele für die Größenordnung von Gütefaktoren:

Elektrischer Schwingkreis	Q = ca. 100
Schwingquarz 10 MHz	Q = ca. 10^5
Frequenzstabilisierter Laser	Q = ca. 10^9
Cäsium-Atomuhr	Q = ca. 10^{13}

Auch die **Grenzfrequenz** bei Hoch- und Tiefpässen wird nach dem –3 dB–Wert bestimmt.

Der **Formfaktor** (shape factor) eines Filters ist als Verhältnis der 60 dB-Bandbreite zur 6 dB (3 dB) – Bandbreite eines Filters definiert.

Beispiel: 60 dB-Bandbreite = 2,7 MHz, 6 dB-Bandbreite = 1,8 MHz ergibt einen Formfaktor von 2,7 / 1,8 = 1,5.

Die **Bandbreite eines Oszilloskops** wird ebenfalls nach der –3 dB-Methode angegeben. Das bedeutet in der Praxis, dass man z.B. mit einem 300-MHz-Oszilloskop durchaus noch Frequenzen von über 400 MHz darstellen kann, allerdings mit der Einschränkung, dass die Amplitude nicht mehr korrekt dargestellt wird. Will man aber beispielsweise nur einen Abgleich auf Maximum oder Minimum durchführen ist das egal. Wesentlich ist dabei noch, ob auch die Triggerfunktion mit dieser Frequenz noch zu Rande kommt und die kapazitive Belastung durch den Tastkopf die Messung nicht verfälscht (was z.B. bei der Messung eines Schwingkreises aber sehr wahrscheinlich der Fall ist).

Im Zusammenhang mit Schwingkreisen ist auch der Begriff der **Mittenfrequenz** erwähnenswert.
Bei einem „normalen" Filter ist die Mittenfrequenz das **arithmetische Mittel** der beiden Eckfrequenzen.

Mittenfrequenz $f_0 = (f_1 + f_2) / 2$

Nimmt man aber z.B. den Audio-Bereich des Telefons mit 300 Hz bis 3400 Hz, dann sieht die Sache schon wesentlich anders aus.

Berechnet man das arithmetische Mittel kommt man auf (300 + 3400) / 2 = 1850 Hz.

Da die Frequenzen aber logarithmisch zusammenhängen, ist hier auch das **logarithmische Mittel** zu berechnen: Wurzel (300 * 3400) = 1010 Hz.

Als einfache Prüf-Frequenz im Audiobereich von z.B. Funkgeräten (NF-Frequenzbereich 300 – 3400 Hz) wird unter Anderem meistens deshalb auch 1000 Hz und nicht 1850 Hz verwendet.

Elektrische Feldstärke und Leistungsflussdichte:

Einige Berechnungsbeispiele inklusive der zugehörigen Formeln:

Angaben:						
Sendeleistung P	750	W	50	W	100	W
Antennengewinn G	2,15	dBi	12	dBi	19,8	dBi
Entfernung zur Antenne d	7,0	m	25,00	m	18,56	m
Feldwellenwiderstand Z_0 = 377 Ohm						
Berechnung:						
Antennengewinn-Faktor g = 10^(G/10)	1,64		15,85		95,50	
EIRP = g * P [W]	1230,4	W	792,4	W	9549,9	W
Elektr. Feldstärke E = Wurzel (30 * EIRP) / d	27,447	V/m	6,167	V/m	28,84	V/m
E fällt linear mit dem Abstand						
Elektr. Feldstärke E_{Log} = 20 * Log(E)	28,77	dB(V/m)	15,80	dB(V/m)	29,20	dB(V/m)
Leistungsflussdichte S = EIRP/(4*Pi*d²) = E²/Z_0	1,998	W/m²	0,1009	W/m²	2,2063	W/m²
S nimmt mit dem Quadrat der Entfernung ab						
Leistungsflussdichte S_{Log} = 10*Log(S)	3,007	dB(W/m²)	-9,961	dB(W/m²)	3,437	dB(W/m²)
Magnetische Feldstärke H = S / E	0,0728	A/m	0,0164	A/m	0,0765	A/m
Magnetische Feldstärke H = Wurzel(S/Z_0)	0,0728	A/m	0,0164	A/m	0,0765	A/m
Magnetische Feldstärke H = E/Z_0	0,0728	A/m	0,0164	A/m	0,0765	A/m
Magnetische Feldstärke H_{Log} = 20*Log(H)	-22,757	dB(A/m)	-35,725	dB(A/m)	-22,327	dB(A/m)

Text-Beispiel:

Sendeleistung P = 50 Watt
Antennengewinn = 12 dBi
Abstand d zur Antenne = 25m
Modulationsart = F3E (FM), Reduzierungsfaktor = 1

12 dBi → **Gewinn als Faktor** = 10^(12/10) = 10^1,2 = 15,85

Für die Berechnung wird die „Äquivalente isotrope Strahlungsleistung" (**EIRP**) benötigt. Diese errechnet sich aus der in die Antenne eingespeiste Leistung in Watt mal dem Antennengewinn bezogen auf den isotropen Strahler als Faktor.,85 * 50 W = 792 W **EIRP**

Für die weitere Berechnung wird der „**Feldwellenwiderstand**" des luftleeren Raumes benötigt, er beträgt 377 Ohm.
377 / (4*Pi) = 377 / 12,566 = **30**. Dieser Wert wird weiter unten benötigt.

Die Formel für die **elektrische Feldstärke E** = 1 / d * Wurzel (Z_0 * EIRP / (4*Pi))
In dieser Formel kann (Z_0 / (4*Pi)) durch den Wert **30** ersetzt werden.
Damit ergibt sich die vereinfachte Formel für **E** = Wurzel(30*EIRP) / d

E = Wurzel(30*792)/25 = Wurzel(23760)/25 = 154,14/25 = **6,17 V/m**

E_{Log} = 20 * Log(E) = 20 * Log(6,17) = 20 * 0,790 = **15,8 dB(V/m)**

Die Berechnung der Leistungsflussdichte **S** = EIRP / (4*Pi*d²)

S = 792 / (4 * 3,14 * 25²) = 792 / 7854 = **0,1008 W/m²**

S_{Log} = 10 * Log(S) = 10 * Log(0,1008) = 10 * -0,996 = **-9,96 dB(W/m²)**

Für die Berechnung der magnetischen Feldstärke **H** stehen mehrere Formeln zur Verfügung, hier wird die einfachste verwendet:

H = S / E = 0,1008 / 6,17 = **0,0164 A/m**

H_{Log} = 20 * Log(H) = 20 * Log(0,0164) = 20 * -1,785 = **35,7 dB(A/m)**

Ein spezielles (nicht nur) Amateurfunk-Beispiel:

In Deutschland sind Funkamateure dafür verantwortlich dass ihre Sendeanlagen die **EMV-Schutzanforderungen** erfüllen. Es muss verhindert werden, dass ein Mensch so nahe an die Antennenanlage kommen kann, dass eine zu hohe Feldstärke auf ihn einwirkt.

Im folgenden Beispiel wird berechnet, wie groß der Mindestabstand von der Antenne sein muss, damit die Grenzwerte nicht überschritten werden.

Folgende Grenzwerte sind einzuhalten:

bis 10 MHz	E = 275 / f [MHz]
10 bis 400 MHz	E = 27,5 V/m
400 bis 2000 MHz	E = 1,375 * Wurzel(f) [MHz]
> 2000 MHz	E = 61,5 V/m

Für das 70-cm-Band ergibt sich somit: 1,375 * Wurzel(440) = 28,84 V/m

Für das Rechen-Beispiel wird angenommen:

Sendeleistung = 100 W bei 440 MHz
Modulation = F3E → Reduzierungsfaktor = 1
Antenne ist eine 31-Element Yagi mit 19,8 dBi Gewinn
Grenzwert ist 28,84 V/m
Was ist der Mindestabstand d [m], um den Grenzwert nicht zu überschreiten?

Als erstes wird die äquivalente Sendeleistung EIRP berechnet:

Der Antennengewinn-Faktor g = 10^(g/10) = 10^(19,8/10) = **95,50**

Die Strahlungsleistung **EIRP =** g * P = 95,50 * 100 **= 9550 W**

Der Feldwellenwiderstand des luftleeren Raumes Z_0 = 2*Pi*60 = **377 Ohm**

Die elektr. Feldstärke **E** = 1/d * Wurzel(Z_0 * EIRP / (4*Pi)) = Wurzel(30 * EIRP) / d

Diese Formel umgeformt ergibt:

d = Wurzel(30 * EIRP) / E = Wurzel(30*9550)/28,84 = 535,26 / 28,84 = 18,56 m

Lösung: Es ist ein Minimalabstand von **18,56 m** einzuhalten.

Solche Berechnungsbeispiele sind in vergleichbarer Form für die deutsche Amateurfunkprüfung enthalten.

Tabelle für schnelle dB - Umrechnung:

+dB	Multiplikations- Faktor für **Spannung**	Multiplikations- Faktor für **Leistung**
70 dB	3162	10000000
65 dB	1778	3162278
60 dB	**1000**	**1000000**
55 dB	562	316228
50 dB	316	100000
45 dB	178	31623
40 dB	100	10000
35 dB	56,23	3162
30 dB	**31,62**	**1000**
25 dB	17,78	316
20 dB	**10,00**	**100**
15 dB	5,62	32
12 dB	3,98	16
11 dB	3,55	13
10 dB	**3,16**	**10**
9 dB	2,82	7,94
8 dB	2,51	6,31
7 dB	2,24	5,01
6 dB	**2,00**	**3,98**
5 dB	1,78	3,16
4 dB	1,58	2,51
3 dB	**1,41**	**2,00**
2,50 dB	1,33	1,78
2,15 dB	1,28	1,64
2,00 dB	1,26	1,58
1,50 dB	1,19	1,41
1,20 dB	1,15	1,32
1,00 dB	**1,12**	**1,26**
0,90 dB	1,11	1,23
0,80 dB	1,10	1,20
0,70 dB	1,084	1,175
0,60 dB	1,072	1,148
0,50 dB	1,059	1,122
0,40 dB	1,047	1,096
0,30 dB	1,035	1,072
0,20 dB	1,023	1,047
0,10 dB	1,012	1,023
0,05 dB	1,006	1,012
0,02 dB	1,0023	1,0046
0,01 dB	1,0012	1,0023
0,001 dB	1,00012	1,0002
0,000 dB	**1,00000**	**1,0000**

-dB	Multiplikations- Faktor für **Spannung**	Multiplikations- Faktor für **Leistung**
0,000 dB	**1,00000**	**1,00000**
-0,001 dB	0,99988	0,99977
-0,01 dB	0,9988	0,9977
-0,02 dB	0,9977	0,9954
-0,05 dB	0,994	0,989
-0,10 dB	0,989	0,977
-0,20 dB	0,977	0,955
-0,30 dB	0,966	0,933
-0,40 dB	0,955	0,912
-0,50 dB	0,944	0,891
-0,60 dB	0,933	0,871
-0,70 dB	0,923	0,851
-0,80 dB	0,912	0,832
-0,90 dB	0,902	0,813
-1,00 dB	**0,891**	**0,794**
-1,20 dB	0,871	0,759
-1,50 dB	0,841	0,708
-2,00 dB	0,794	0,631
-2,15 dB	0,781	0,610
-2,50 dB	0,750	0,562
-3 dB	**0,708**	**0,501**
-4 dB	0,631	0,398
-5 dB	0,562	0,316
-6 dB	**0,501**	**0,251**
-7 dB	0,447	0,200
-8 dB	0,398	0,158
-9 dB	0,355	0,126
-10 dB	**0,316**	**0,100**
-11 dB	0,282	0,079
-12 dB	0,251	0,063
-15 dB	0,178	0,032
-20 dB	**0,100**	**0,010**
-25 dB	0,056	0,00316
-30 dB	**0,032**	**0,00100**
-35 dB	0,018	0,00032
-40 dB	0,010	0,00010
-45 dB	0,0056	0,0000316
-50 dB	0,0032	0,0000100
-55 dB	0,0018	0,0000032
-60 dB	**0,00100**	**0,00000100**
-65 dB	0,00056	0,00000032
-70 dB	0,00032	0,00000010

Merksätze:

dB sind ein dimensionsloser Multiplikationsfaktor

dBm, dBµV, etc. ergeben immer einen bestimmten Wert, also eine physikalische Größe.

Für **Leistungen** gilt:	10*Log(P1/P2) [dB]	Faktor = 10 ^ (dB/10)
Für **Spannungen** gilt:	20*Log(P1/P2) [dB]	Faktor = 10 ^ (dB/20)

3 dB	1,41 - fache Spg.	2 - fache Leistung	1,41 = Wurzel aus 2
6 dB	**2 - fache Spg.**	**4 - fache Leistung**	
10 dB	3,16 - fache Spg.	10 - fache Leistung	3,16 = Wurzel aus 10
20 dB	**10 - fache Spg.**	**100 - fache Leistung**	

Rechnet man mit logarithmischen Werten dann gilt:
Aus multiplizieren wird addieren, aus dividieren wird subtrahieren.

0 dBm = 107 dBµV 0 dBµV = -107 dBm

+13 dBm = 1 Volt_{eff} an 50 Ohm

Schlusswort:

Hoffe mit diesem Artikel so manchem Funkamateur eine Unterstützung im Umgang mit dB und Konsorten geben zu können.

Für diejenigen, welche öfter mit den im Artikel angesprochenen Themen zu tun haben, dürften die folgenden beiden Beiträge auch noch sehr interessant und hilfreich sein:

http://www.oevsv.at/technik/grundlagen/db_Volt_Watt_02.pdf

http://www.oevsv.at/technik/grundlagen/VSWR_RefLeistung_RueckflD_AbschlW.xls

Hinweis:

In der aktuellen 2. Auflage des Funkempfängerkompendiums gibt es umfassende Tabellen und die Erläuterung zur einfachen und effizienten Umwandlung unterschiedlicher Pegelangaben: Diese umfassen beispielsweise in Kapitel V.7.1 Spannungs-, Strom- und Leistungspegel ab S. 368 ff. oder in Kapitel V.7.2 Elektrische und magnetische Feldstärke-, (Leistungs-)Flussdichtepegel ab S. 370 ff.

Dieses Buch behandelt etwa auch tiefergreifend Rauschzahl und Rauschmaß, äquivalente Rauschbandbreiten in dBHz, die Verwendung von Korrekturfaktoren in dB bei (Mess)antennen und zeigt etliche Pegelrechnungsvorgänge bei und um reale Empfangsfälle. Die Zusammenhänge werden darin vielfach zusätzlich durch passende Grafiken verständlicht.

Funkempfängerkompendium

Ralf Rudersdorfer, unter Mitarbeit von Ulrich Graf und Hans Zahnd

2. überarbeitete und erweiterte Neuauflage, 397 Seiten, 216 Abbildungen, 25 Tabellen

Elektor-Verlag, Aachen 2013, ISBN: 978-3-89576-276-5, gebunden, 17,5 x 24 cm

Da auch ich nicht unfehlbar bin, bitte ich um eine email wenn jemand einen Fehler entdecken sollte.

Viel Spaß mit dem Bericht wünscht Euch Euer

Erwin Hackl, OE5VLL email: erwin.hackl@pc-club.at