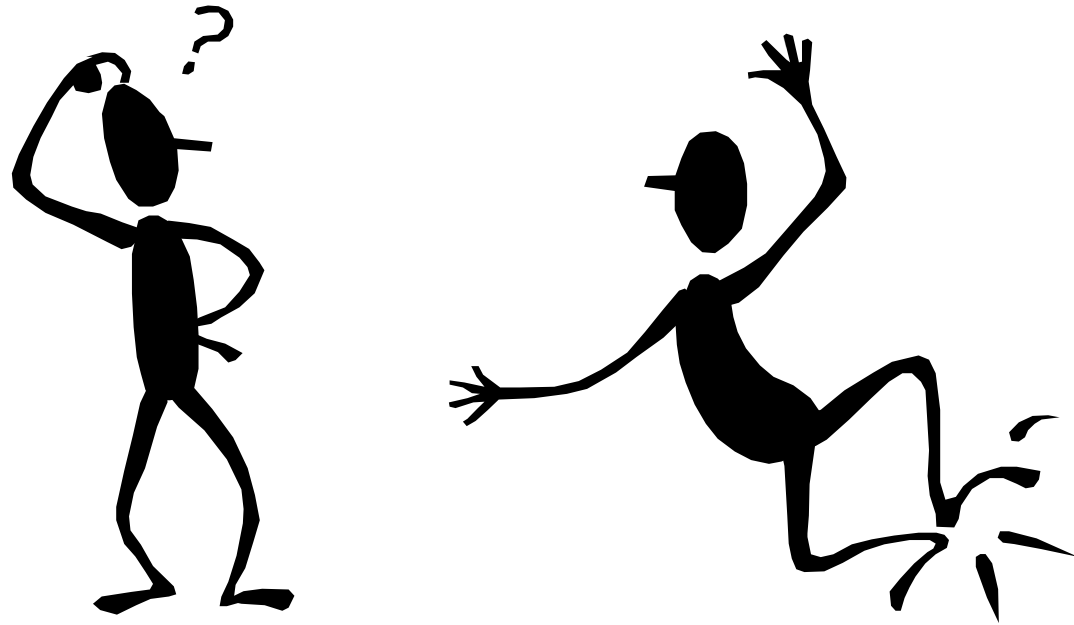


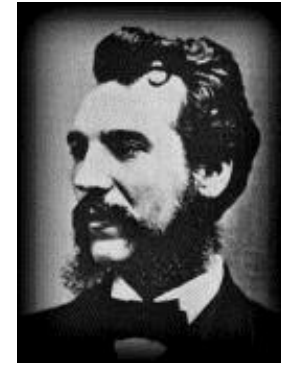
Umrechnung dB-linear leicht gemacht !?



Roland Pfeiffer
21. Vorlesung

Ursprung dB

Ursprung „Bel“=Leistungsverhältnis 10:1
(benannt nach Alexander Graham Bell)



$$x [\text{Bel}] = \log_{10} \frac{P_1}{P_2} = \log_{10} a$$

Beispiel: Leistungsverhältnis $P_1/P_2=100:1=(10 \cdot 10)/1=2$ Bel

„Deci-Bel“ oder dB: ein Zehntel eines „Bel“ (10dB=1 Bel)

$$x [\text{Deci - Bel dB}] = 10 \cdot \log_{10} \frac{P_1}{P_2} = 10 \cdot \log_{10} a$$

Ursprung dB

Umrechnung linear zu logarithmisch:

$$10 \cdot \log_{10} a = x \text{ [dB]}$$

Umrechnung logarithmisch zu linear :

$$10^{\frac{x[\text{dB}]}{10}} = a$$



Vorteil:

lineare Größenordnung können einfacher in dB dargestellt werden

Rechenregeln „logarithmisch-linear“

Rechenregeln zur Umwandlung „logarithmisch-linear“:

$$10 \cdot [\log_{10}(a \cdot b)] = 10 \cdot [\log_{10} a + \log_{10} b]$$

linear multiplizieren \Rightarrow dB addieren

$$10 \cdot [\log_{10}(a/b)] = 10 \cdot [\log_{10} a - \log_{10} b]$$

linear dividieren \Rightarrow dB subtrahieren

$$10 \cdot [\log_{10}(a^y)] = 10 \cdot [y \cdot \log_{10} a]$$

linear „hochnehmen“ \Rightarrow dB multiplizieren



linear-logarithmisch: „eine mathematische Ebene reduziert“

dB-Darstellung von Leistung

Beispiel:

Wie ist das lineare xte-Wurzelzeichen in die dB-Skalierung umzurechnen ?

$$10 \cdot \left[\log_{10} \left(\sqrt[y]{a} \right) \right] = ??$$

Lösung: ???

dB-Darstellung von Leistung


Beispiel:

Wie ist das lineare xte-Wurzelzeichen in die dB-Skalierung umzurechnen ?

$$10 \cdot \left[\log_{10} \left(\sqrt[y]{a} \right) \right] = ??$$

Lösung:

durch Anwendung der Formel: linear „hochnehmen“ \Rightarrow dB multiplizieren:

$$10 \cdot \left[\log_{10} \left(\sqrt[y]{a} \right) \right] = 10 \cdot \left[\log_{10} \left(a^{\frac{1}{y}} \right) \right] = 10 \cdot \left[\frac{1}{y} \cdot \log_{10} a \right]$$


dB-Darstellung von Leistung

Umrechnungformel:

$$\text{dB}(W) =$$
$$= 10 \cdot \log_{10}(\text{lineares Verhältnis von Leistungen } (W))$$

Wichtige Werte:

0 dB \equiv Faktor 1

3 dB \equiv Faktor 2

6 dB \equiv Faktor 4

10 dB \equiv Faktor 10



Merken!!!!

dB-Darstellung von Leistung

Beispiel:

Wie ist das lineare Leistungsverhältnis bei einem 20dB-Leistungsabschwächer?

Lösung:

???

dB-Darstellung von Leistung

Beispiel:

Wie ist das lineare Leistungsverhältnis bei einem 20dB-Leistungsabschwächer?

Lösung: $20 \text{ dB} = 10 \text{ dB} + 10 \text{ dB}$ und $10 \text{ dB} \equiv \text{Faktor } 10 \Rightarrow$
logarithmisch addieren \equiv linear multiplizieren : $10 \cdot 10 = 100$

Antwort:

Ein 20dB-Leistungsabschwächer schwächt die Leistung um den linearen Faktor 100 ab.

Allgemein Leistungsangaben in dB(W):
dB-Werte/10=Zehnerexponent

z.Bsp. $20 \text{ dB}/10=2 \equiv 10^2=100 !!$



dB-Darstellung von Leistung

Beispiel:

Bei einem „Handy“ nach „GSM-Standard“ ist die maximale Sendeleistung ungefähr 1 Watt, die schwächste Empfangsleistung ungefähr $10\mu\text{W}$. Wie groß ist der Dynamikbereich in dB?

Lösung:

???

dB-Darstellung von Leistung

Beispiel:

Bei einem „Handy“ nach „GSM-Standard“ ist die maximale Sendeleistung ungefähr 1 Watt, die schwächste Empfangsleistung ungefähr $10\mu\text{W}$. Wie groß ist der Dynamikbereich in dB?

Lösung: lineares Leistungsverhältnis $1\text{W}/10\mu\text{W} = 1\text{W}/1 \cdot 10^{-5}\text{W} = 10^5$

in dB = $10 \cdot \log_{10} 10^5 = 50 \text{ dB}$

Antwort:

Das dB-Verhältnis von 1W zu $10\mu\text{W}$ beträgt 50 dB.



Lineare Größenordnung können einfacher in dB dargestellt werden

dB-Darstellung von Spannung

Umrechnungformel:

$$\begin{aligned} \text{dB(V)} &= \\ &= 20 \cdot \log_{10}(\text{lineares Verhältnis von Spannung(V)}) \end{aligned}$$



Wieso anderer Faktor ??

Beziehung Leistung/Spannung

Leistungsformel und Ohmsches Gesetz

$$P = U \cdot I \quad I = \frac{U}{R}$$

$$\Rightarrow P = \frac{U^2}{R}$$

Leistung ist proportional
dem Quadrat der Spannung

dB-Darstellung von Leistung/Spannung

Leistungsverhältnisse jeweils am festen Widerstand R

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 \quad I_1 = \frac{U_1}{R}$$

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \quad I_2 = \frac{U_2}{R}$$

$$\Rightarrow P_1 = \frac{U_1^2}{R} \quad P_2 = \frac{U_2^2}{R}$$

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{U_1^2}{U_2^2} = \left(\frac{U_1}{U_2} \right)^2$$

Leistungsverhältnisse ist proportional dem Quadrat der Spannungen

dB-Darstellung von Leistung/Spannung

Umrechnung in dB:

$$\begin{aligned} dB(W) &= 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_2} \right) \\ &= 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{U_1}{U_2} \right)^2 \\ &= 2 \cdot 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{U_1}{U_2} \right) \\ &= 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{U_1}{U_2} \right) \end{aligned}$$



dB-Darstellung von Spannung

Umrechnungformel:

$$\text{dB}(V) =$$
$$= 20 \cdot \log_{10}(\text{lineares Verhältnis von Spannungen (V)})$$

Wichtige Werte:

0 dB \equiv Faktor 1

6 dB \equiv Faktor 2

12 dB \equiv Faktor 4

20 dB \equiv Faktor 10



Merken!!!!

dB-Darstellung von Spannung

Beispiel:

Ein Verstärker hat 26 dB Spannungsverstärkung. Wie hoch ist die Ausgangsspannung, wenn die Eingangsspannung 100 mV beträgt ??

Lösung:

???

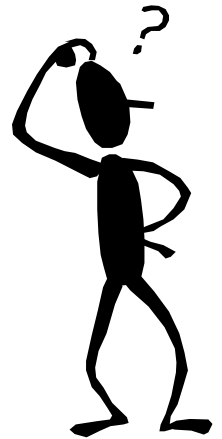
Wichtige Werte zur Wiederholung:

0 dB \equiv Faktor 1

6 dB \equiv Faktor 2

12 dB \equiv Faktor 4

20 dB \equiv Faktor 10



dB-Darstellung von Spannung

Beispiel:

Ein Verstärker hat 26 dB Spannungsverstärkung. Wie hoch ist die Ausgangsspannung, wenn die Eingangsspannung 100 mV beträgt ??

Lösung:

26 dB größer als 20 dB \equiv Faktor 10 \Rightarrow logarithmisch subtrahieren,
linearer Faktor 10 gemerkt

Rest 6 dB \equiv Faktor 2 \Rightarrow logarithmisch subtrahieren
(Rest 0dB \equiv Faktor 1 fertig)
linear multiplizieren: Faktor 20

Antwort:

Die Ausgangsspannung eines Verstärkers mit 26 dB Spannungsverstärkung beträgt 2 Volt bei einer Eingangsspannung von 100 mV.



dB-Darstellung von Spannung

Beispiel:

Wie lautet der dB-Ausdruck für das lineare Spannungsverhältnis 10.000?

Lösung:

???

dB-Darstellung von Spannung

Beispiel:

Wie lautet der dB-Ausdruck für das lineare Spannungsverhältnis 10.000?

Lösung:

$$10.000 = 10^4 = 10 * 10 * 10 * 10$$

und 20 dB \equiv Faktor 10 \Rightarrow linear multiplizieren \equiv logarithmisch addieren:

$$20\text{dB} + 20\text{dB} + 20\text{dB} + 20\text{dB} = 80\text{dB}$$

Antwort:

80dB entspricht dem Faktor 10.000

**Allgemein Spannungsangaben in dB(V):
dB-Werte/20=Zehnerexponent**

z.Bsp. $80 \text{ dB} / 20 = 4 \equiv 10^4 = 10.000 !!$



dB-Einheiten

dB's gelten immer ein Verhältnis an. Man kann feste Bezugsgrößen einführen, die manchmal angegeben werden, jedoch meistens nicht.

„dB-Handy-Größen“

dB(V) dB im Verhältnis zu 1 Volt

dBm(V) dB im Verhältnis zu 1 milli-Volt

Umrechnung: $mV = 10^{\text{dBm(V)}/20}$
 $V = 10^{\text{dBm(V)}/20}/1000$

dB(V): dBm(V) - 60

dBm(V): dB(V) + 60



dB-Einheiten

dB's gelten immer ein Verhältnis an. Man kann feste Bezugsgrößen einführen, die manchmal angegeben werden, jedoch meistens nicht.

„dB-Handy-Größen“

dB(W) dB im Verhältnis zu 1 Watt

dBm(W) dB im Verhältnis zu 1 milli-Watt

Umrechnung: $mW = 10^{dBm(W)/10}$
 $W = 10^{dBm(W)/10}/1000$

dB(W): dBm(W) - 30

dBm(W): dB(W) + 30



dB-Einheiten

Beispiel:

Bestimmen Sie die Spannung, die den Leistungsangaben 0 dBm und -20 dBm in einem 50Ω -System entsprechen !!

Lösung:

???

dB-Einheiten

Beispiel:

Bestimmen Sie die Spannung, die den Leistungsangaben 0 dBm und -20 dBm in einem 50Ω -System entsprechen !!

Lösung 0dBm:

0dBm entspricht $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ und $P = 10^{-3} \text{ W} = V^2/50 \Omega$

\Rightarrow Wurzel aus $(10^{-3} \text{ W} \cdot 50 \Omega) = 0,224 \text{ V} = 224 \text{ mV}$

Lösung -20dBm:

-20dBm entspricht $-50\text{dB} \equiv 10^{-50/10} \text{ W} = 10^{-5} \text{ W}$ und $P = 10^{-5} \text{ W} = V^2/50 \Omega$

\Rightarrow Wurzel aus $(10^{-5} \text{ W} \cdot 50 \Omega) = 0,0224 \text{ V} = 22,4 \text{ mV}$

Antwort:

Die Spannungswerte in einen 50Ω -System sind 224 mV bei 0dB Leistung und 22,4 mV bei -20dB Leistung.

dB-Einheiten

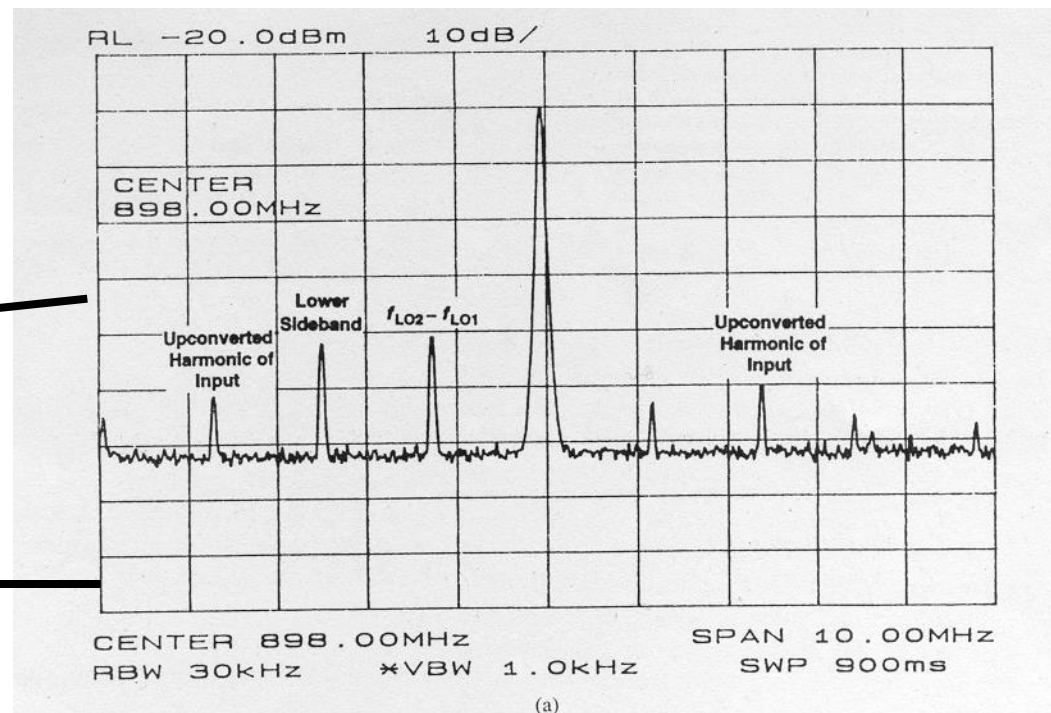
„dB-Handy-Größen“

dBc(c=carrier) dB im Verhältnis zu Frequenzträger (größte auftretende Frequenz=carrier)

Beispiel: dBc-Abstand bei „Störsignalen“ ??

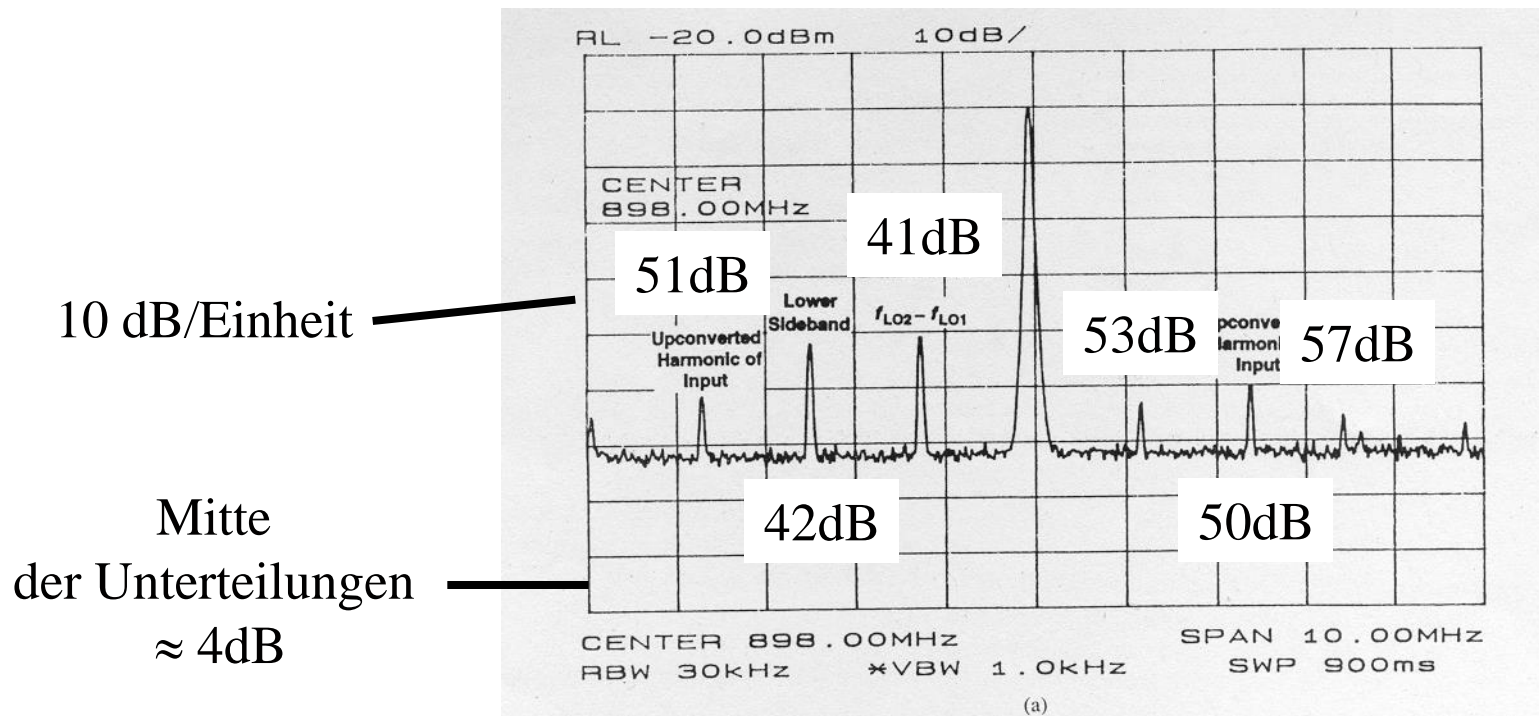
10 dB/Einheit

Mitte
der Unterteilungen
 $\approx 4\text{dB}$



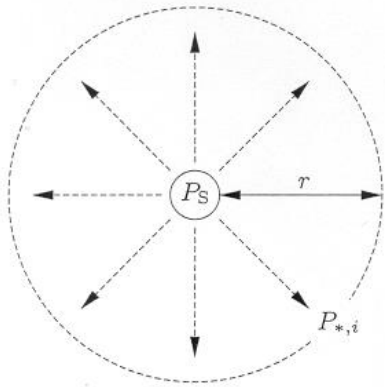
dB-Einheiten

Beispiel: dBc-Abstand bei den „Störsignalen“ ??



dB-Einheiten

fiktive, verlustfreie Antenne: „isotroper Kugelstrahler“



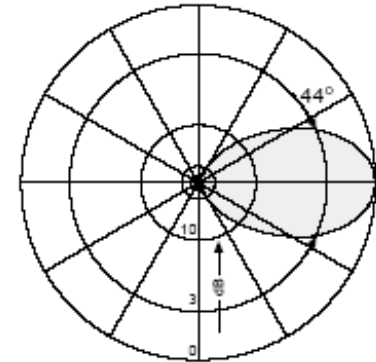
Strahlungsleistungsdichte:

$$P^*,i = \frac{P_S}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

reale Antenne: Richtwirkung \Rightarrow Antennen-Gewinn:

$$G,i = \frac{P_{S,MAX}}{P^*,i}$$

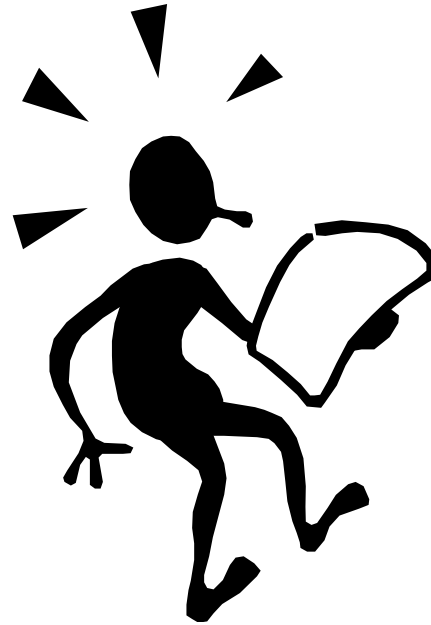
$$G,i [\text{dBi}] = 10 \cdot \log_{10} G,i$$



dBi-Angabe: Gewinn der Antenne im Verhältnis zu „isotroper Kugelstrahler“
(Sende- und Empfangsfall äquivalent aufgrund Umkehrsatz)

Zusammenfassung

- dB logarithmische Maß, verhältnisbezogen
- dB-Darstellung von Spannung(Strom)
- dB-Darstellung von Leistung
- dB-Einheiten
- Literaturhinweise



Literaturhinweise

Internet:

http://www.tcstx.com/conversions/Online_Conversions.htm#wattstodbm
(Eingabe von Werten, direkte Umrechnung zum Teil 50Ω-System)

dB-Umrechnung-Tabelle s. nächste Folie

dB-Umrechnungstabelle

dB	Power Ratio (10 log)	Voltage/Current Ratio (20 log)	dB	Power Ratio (10 log)	Voltage Current Ratio (20 log)
0	1.0	1.0	0	1.0	1.0
3	2.0	1.4	-3	0.50	0.71
6	4.0	2.0	-6	0.25	0.50
10	10.0	3.2	-10	0.10	0.32
12	16.0	4.0	-12	0.05	0.25
14	25.0	5.0	-14	0.04	0.20
20	10^2	10	-20	10^{-2}	0.10
30	10^3	32	-30	10^{-3}	0.03
40	10^4	10^2	-40	10^{-4}	10^{-2}
60	10^6	10^3	-60	10^{-6}	10^{-3}
80	10^8	10^4	-80	10^{-8}	10^{-4}
100	10^{10}	10^5	-100	10^{-10}	10^{-5}
120	10^{12}	10^6	-120	10^{-12}	10^{-6}
140	10^{14}	10^7	-140	10^{-14}	10^{-7}