

Signaltechnik:

1 Verstärkung und Dämpfung



Verstärkung¹ liegt dann vor, wenn das Ausgangssignal größer als das Eingangssignal ist.

$$\text{Verstärkungsfaktor: } V = \frac{S_A}{S_E}$$

$$\text{Verstärkungsmaß: } v_P = 10 \cdot \lg \frac{P_A}{P_E}$$

Dämpfung² liegt dann vor, wenn das Ausgangssignal kleiner als das Eingangssignal ist.

$$\text{Dämpfungsfaktor: } D = \frac{S_E}{S_A}$$

$$\text{Dämpfungsmaß: } d_P = 10 \cdot \lg \frac{P_E}{P_A}$$

Wenn das Verstärkungsmaß einen negativen Wert hat, dann handelt es sich um eine Dämpfung.

2 Pegel

Unter einem Pegel L³ versteht man das Verhältnis zwischen einer Größe und einer Bezugsgröße. Die beiden Größen sind Leistungen. Die Angabe des Verhältnisses erfolgt in einem logarithmischen Maß.

2.1 Das Dezibel

In der Elektronik und Übertragungstechnik werden Verstärkungs- und Dämpfungsfaktoren vielfach im logarithmischen Maß, dem Dezibel dB, angegeben. Es handelt sich dabei um keine echte Einheit wie Volt oder Ampere. Das **Bel**⁴ ist eine Pseudoeinheit und weist darauf hin, dass der Zahlenwert aus dem Logarithmus eines Verhältnisses errechnet wurde. Bei der Umrechnung ergeben sich oft Dezimalzahlen mit nur einer Vorkommastelle. Deswegen wurde das Ergebnis mit 10 multipliziert und als Dezibel **dB** bezeichnet.

3 Relativer Pegel

Der relative Leistungspegel ist der Unterschied zwischen 2 absoluten Leistungspegeln, und gibt das Verhältnis zweier Leistungen an.

$$\text{Leistungspegel: } L_P = 10 \cdot \lg \frac{P_a}{P_e} \quad \text{in dB}$$

In der Praxis sind jedoch Spannungen messtechnisch einfacher zu erfassen als Leistungen.

Zwischen der Leistung P und der Spannung U besteht nun folgender Zusammenhang:

$$P = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R \text{ bzw. } P = \frac{U^2}{Z} = I^2 \cdot Z$$

Wenn Eingangs- und Ausgangsleistung am gleichen Widerstand auftreten, dann kann der Widerstand herausgestrichen werden. Damit die Spannungs- und Stromwerte nicht quadriert werden müssen wird der Multiplikator 10 (von Bel nach Dezibel) mit 2 multipliziert.

$$\text{Spannungspegel: } L_U = 20 \cdot \lg \frac{U_a}{U_e} \quad \text{in dB}$$

$$\text{Strompegel: } L_I = 20 \cdot \lg \frac{I_a}{I_e} \quad \text{in dB}$$

¹engl. Gain (Verstärkungsfaktor: V auch möglich G bzw. T)

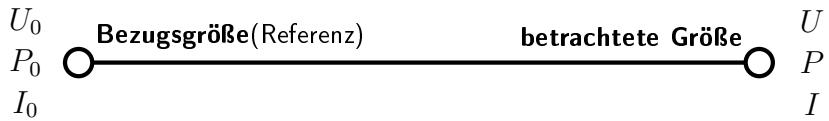
²engl. Attenuation (Dämpfungsfaktor: D auch möglich A)

³L= engl. Level

⁴zu Ehren des amerikanischen Wissenschaftlers Graham Bell

Signaltechnik:

4 Absoluter Pegel



Setzt man die Bezuggröße (Formelzeichen mit dem Index 0) 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. Da es sich um Wechselgrößen handelt wird immer mit Effektivwerten gerechnet und diese auch angegeben.

$$L_P = 10 \cdot \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) dB$$

z.B.

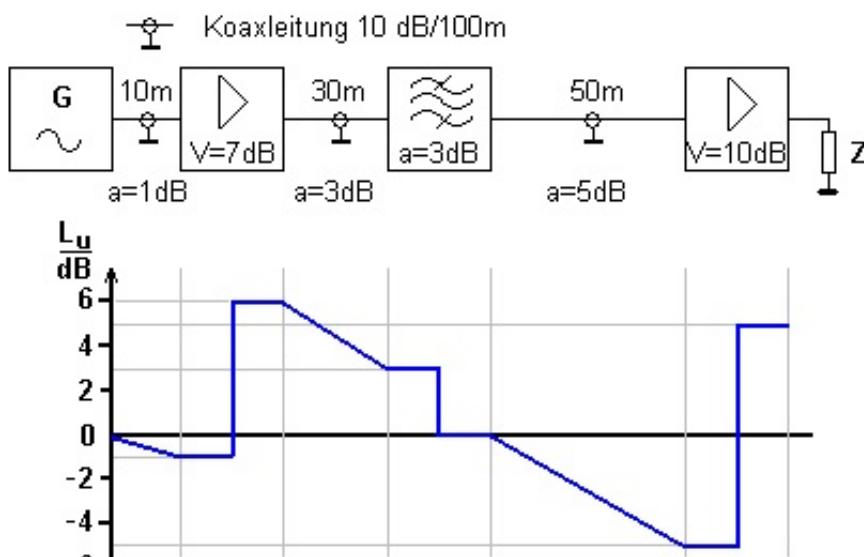
$$L_P(dBm) = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P}{1mW} \right)$$

Größe	Bezugswert	Einheit
Leistung P_0	1mW	dBm
Leistung P_0	1W	dBW
Spannung U_0	1μ V	dB μ V
Spannung U_0	1V	dBV
Spannung U_0 ^a	775mV	dBu
Strom I_0	1A	dBA
Strom I_0	1,29mA	dBi

^a1mW an 600Ω

5 Pegeldiagramm

Die Einzelglieder in einer Übertragungskette werden ein Eingangssignal verstärken oder abschwächen. Die Gesamtverstärkung errechnet sich durch die Multiplikation der Einzelwerte. Dabei weisen Verstärkungen Werte größer 1 und Abschwächungen Werte kleiner 1 auf. Die Rechnung vereinfacht sich beim Gebrauch der Pegelwerte. Sie werden addiert, wobei Verstärkungen einen positiven und Abschwächungen einen negativen Pegelwert erhalten. Eine weitere Vereinfachung bekommt man bei der Addition der Dezibelwerte, wo auf unterschiedliche Impedanzen nicht geachtet wird und fast immer nur relative Werte in Rechnung gehen. Das Diagramm stellt eine angepasste Übertragungsstrecke dar ($Z_E = Z_A$).



$$L_{u_{\text{ges}}} = 0dB - 1dB + 7dB - 3dB - 3dB - 5dB + 10dB = 5dB$$

Weitere Informationen:

Aufgaben Europarechenbuch ab Seite 215 bzw. OP Grundlagen dB

<http://elektronik-kurs.net/elektrotechnik/pegel/>

<https://wiki.freifunk.net/WLAN-Antennen>

Signaltechnik:

6 Aufgaben

1. Welche Aussage über die Leistungsverstärkung ist richtig?
 - Erhöht sich das Leistungsverstärkungsmaß um 3 dB dann versechsfacht sich der Leistungsverstärkungsfaktor
 - Erhöht sich das Leistungsverstärkungsmaß um 3 dB dann verdreifacht sich der Leistungsverstärkungsfaktor
 - Erhöht sich das Leistungsverstärkungsmaß um 3 dB dann verdoppelt sich der Leistungsverstärkungsfaktor
 - Erhöht sich das Leistungsverstärkungsmaß um 3 dB dann halbiert sich der Leistungsverstärkungsfaktor
 - Erhöht sich das Leistungsverstärkungsmaß um 3 dB dann drittelt sich der Leistungsverstärkungsfaktor
 - Erhöht sich das Leistungsverstärkungsmaß um 3 dB dann sechstelt sich der Leistungsverstärkungsfaktor
 2. An einer Empfangsantenne wurde ein Pegel von $46\text{dB}\mu\text{V}$ gemessen. Die Verbindungsleitung zwischen Antenne und Empfänger hat eine Länge von 24m. Die Dämpfung der Leitung beträgt $8,4\text{dB}$ pro 100m.
 - a) Welcher Spannungspegel ist am Empfänger vorhanden?
 - b) Welches Verstärkungsmaß ist notwendig, wenn ein Mindestpegel von $60\text{dB}\mu\text{V}$ am Empfänger anliegen muss?

3. Ein Verstärker hat bei einer Ausgangsspannung von 6V das Spannungsverstärkungsmaß 30dB.

 - Berechnen Sie den Spannungsverstärkungsfaktor.
 - Berechnen Sie die anliegende Eingangsspannung.