

4 Pegelrechnung

4.1 Mathematische Grundlagen

4.1.1 Potenzen

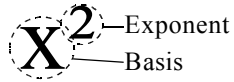


Abb. 1

Beispiel 1:

$$x^2 = 4$$

$$\sqrt{x} = \sqrt{4}$$

$$x = 2$$

Beispiel 2:

$$x^3 = 27$$

$$\sqrt[3]{x} = \sqrt[3]{27}$$

$$x = 3$$

4.1.2 Logarithmus

Beispiel 1:

$$2^x = 8$$

$$\log_2 2^x = \log_2 8$$

$$x = 3$$

Beispiel 2:

$$2^x = 1$$

$$x = \log_2 1$$

$$x = 0$$

Beispiel 3:

$$10^x = 1000$$

$$x = \log_{10} 1000$$

$$x = 3$$

Potenzgesetze

$$a^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{a}$$

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$$

$$a^n \cdot a^m = a^{n+m}$$

$$a^n / a^m = a^{n-m}$$

$$0^n = 0$$

$$a^0 = 1$$

Logarithmusgesetze

$$\lg(n \cdot v) = \lg n + \lg v$$

$$\lg\left(\frac{n}{v}\right) = \lg n - \lg v$$

$$\lg\left(\frac{1}{v}\right) = -\lg v$$

$$\lg u^n = n \lg u$$

Verkürzte Schreibweisen

$$\log_{10} x = \lg x$$

$$\log_2 x = \text{lb } x$$

$$\log_e x = \ln x$$

Graph des Zehnerlogarithmus

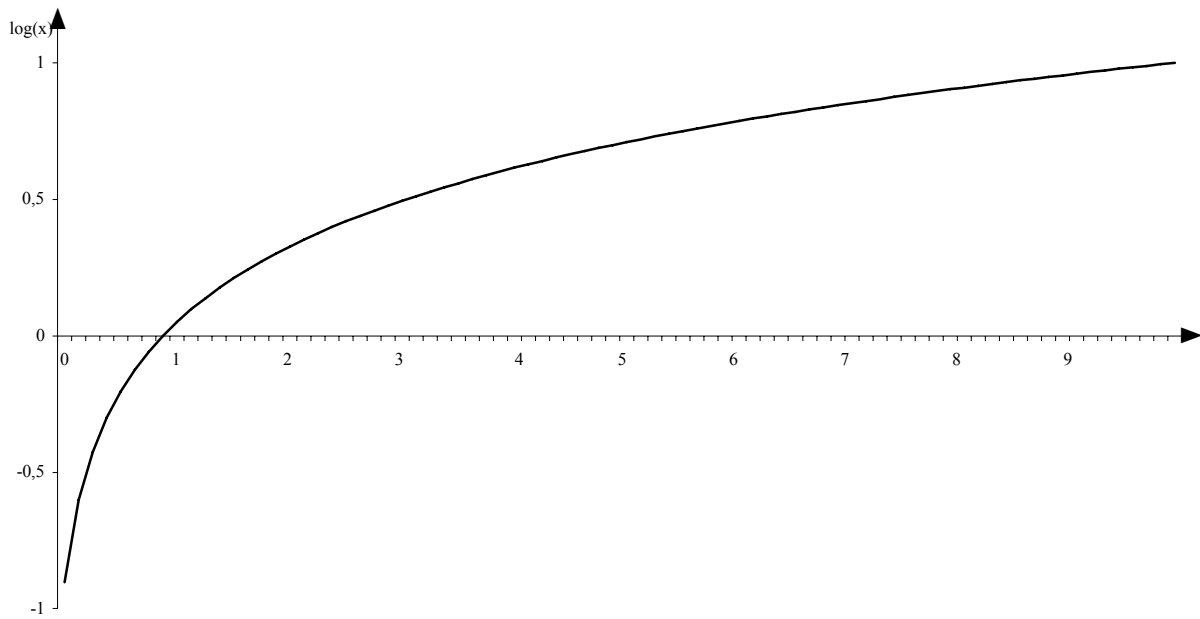


Abb. 2

4.2 Relativer Pegel

Der relative Pegel steht für eine Verstärkung oder Dämpfung und wird in Dezibel (genauer: dBr) angegeben.

4.2.1 Relativer Leistungspegel

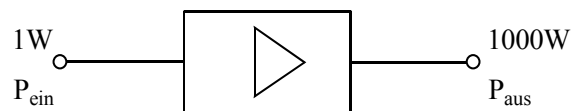


Abb. 3

$$L_{P_{rel}} = 10 \lg \frac{P_{aus}}{P_{ein}} \text{ dBr}$$

$$L_{P_{rel}} = 10 \lg \frac{1000W}{1W} \text{ dBr}$$

$$L_{P_{rel}} = 10 \lg 1000 \text{ dBr}$$

$$L_{P_{rel}} = +30 \text{ dBr}$$

Leistungsverstärkungsmaß = 10 lg Leistungsverstärkungsfaktor
--

Beispiel 1:

$$P_{ein} = 0,3W$$

$$P_{aus} = 15W$$

$$L_{P_{rel}} = 10 \lg \frac{15W}{0,3W} \text{ dBr} = +16,99 \text{ dBr}$$

→ Verstärkung → positiver Pegel

Beispiel 2:

$$P_{\text{ein}} = 4W$$

$$P_{\text{aus}} = 1W$$

$$L_{P_{\text{rel}}} = 10 \lg \frac{1W}{4W} \text{ dBr} = -6 \text{ dBr}$$

→ Dämpfung → negativer Pegel

Beispiel 3:

$$P_{\text{ein}} = 3W$$

$$P_{\text{aus}} = 3W$$

$$L_{P_{\text{rel}}} = 10 \lg \frac{3W}{3W} \text{ dBr} = 0 \text{ dBr}$$

→ keine Änderung → 0dBr

4.2.2 Relativer Spannungspegel

$$P = U \cdot I$$

$$I = \frac{U}{R}$$

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

$$L_{U_{\text{rel}}} = 10 \lg \frac{P_{\text{aus}}}{P_{\text{ein}}} = 10 \lg \frac{\left(\frac{U^2}{R}\right)_{\text{aus}}}{\left(\frac{U^2}{R}\right)_{\text{ein}}} = 10 \lg \frac{U^2_{\text{aus}} \cancel{R_{\text{ein}}}}{U^2_{\text{ein}} \cancel{R_{\text{aus}}}} = 10 \lg \left(\frac{U_{\text{aus}}}{U_{\text{ein}}}\right)^2$$

$$L_{U_{\text{rel}}} = 20 \lg \frac{U_{\text{aus}}}{U_{\text{ein}}} \text{ dBr}$$

Beispiel:

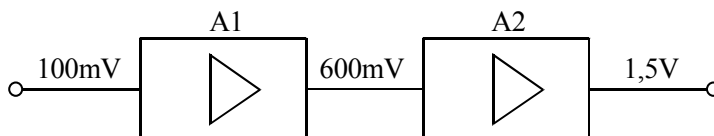


Abb. 4

$$L_{U_{\text{rel}}}(\text{A1}) = 20 \lg \frac{600mV}{100mV} \text{ dBr} = 20 \lg 6 \text{ dBr} = +15,56 \text{ dBr}$$

$$L_{U_{\text{rel}}}(\text{A2}) = 20 \lg \frac{1500mV}{600mV} \text{ dBr} = 20 \lg 2,5 \text{ dBr} = +7,96 \text{ dBr}$$

$$L_{U_{\text{rel}}}(\text{A1+A2}) = 20 \lg \frac{1500mV}{100mV} \text{ dBr} = 20 \lg 15 \text{ dBr} = +23,52 \text{ dBr}$$

4.2.3 Umgestellte Pegelformeln

Leistungspegel

$$L = 10 \lg \frac{P_{aus}}{P_{ein}}$$

$$\frac{L}{10} = \lg \frac{P_{aus}}{P_{ein}}$$

$$10^{\frac{L}{10}} = \frac{P_{aus}}{P_{ein}}$$

$$P_{aus} = P_{ein} 10^{\frac{L}{10}}$$

$$P_{ein} = P_{aus} / 10^{\frac{L}{10}}$$

Spannungspegel

$$L = 20 \lg \frac{U_{aus}}{U_{ein}}$$

$$\frac{L}{20} = \lg \frac{U_{aus}}{U_{ein}}$$

$$10^{\frac{L}{20}} = \frac{U_{aus}}{U_{ein}}$$

$$U_{aus} = U_{ein} 10^{\frac{L}{20}}$$

$$U_{ein} = U_{aus} / 10^{\frac{L}{20}}$$

Beispiel 1:

$$P_{ein} = 4,2W$$

$$L = +15dB$$

$$P_{aus} = 4,2W \cdot 10^{\frac{15}{10}} = 132,8W$$

Beispiel 2:

$$P_{aus} = 0,5W$$

$$L = +8dB$$

$$P_{ein} = 500mW / 10^{\frac{8}{10}} = 79mW$$

Beispiel 1:

$$U_{ein} = 50mV$$

$$L = +33dB$$

$$U_{aus} = 50mV \cdot 10^{\frac{33}{20}} = 2,23V$$

Beispiel 2:

$$U_{aus} = 800mV$$

$$L = -19dB$$

$$U_{ein} = 800mV / 10^{\frac{19}{20}} = 7,1V$$

4.3 Absoluter Pegel

Der absolute Pegel steht für einen bestimmten physikalischen Wert (1V, 2W, 3Pa...). Die Angabe im Nenner ist dabei fest definiert (=Bezugswert).

4.3.1 Absoluter Leistungspegel

$$L_{P_{abs}} = 10 \lg \frac{P}{1mW} dBm \quad || \text{ an } 600\Omega$$

$$0dBm \text{ A } 1mW$$

Beispiel:

$$5W \text{ in dBm}=?$$

$$L_{P_{abs}} = 10 \lg \frac{5000mW}{1mW} dBm = +36,99dBm$$

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{(0,775V)^2}{600\Omega} = 1mW$$

4.3.2 Absoluter Spannungspegel

$$L_{U_{abs}} = 20 \lg \frac{U}{0,775V} dBu$$

$$L_{U_{abs}} = 20 \lg \frac{U}{1V} dBV$$

Beispiel:

3V in dBu, dBV=?

$$L_{U_{abs}} = 20 \lg \frac{3V}{0,775V} dBu = +11,76dBu$$

$$L_{U_{abs}} = 20 \lg \frac{3V}{1V} dBV = +9,54dBV$$

4.3.3 Absoluter Schalldruckpegel

$$L_{dB_{SPL}} = 20 \lg \frac{\text{Schalldruck}}{2 \cdot 10^{-5} Pa} dB_{SPL}$$

SPL: Sound Pressure Level

$2 \cdot 10^{-5} Pa$: Hörschwelle bei 1kHz

Beispiel:

1Pa in dB_{SPL}=?

$$L_{dB_{SPL}} = 20 \lg \frac{1Pa}{2 \cdot 10^{-5} Pa} dB_{SPL} = 93,98dB_{SPL}$$

1Pa	≅	94dB _{SPL}
2Pa	≅	100dB _{SPL}
4Pa	≅	106dB _{SPL}
10Pa	≅	114dB _{SPL}
5Pa	≅	108dB _{SPL}

4.3.4 Gewichtete Wertungskurven

Um den Schalldruckpegel an das Gehör anzupassen wurden für verschiedene Lautstärken Wertungskurven genormt.

- dBA: leise
- dBB: mittel
- dBC: laut

4.3.5 Digitaler Pegel

0dB_{FS}: höchster digitaler Pegel (Full Scale) → Volllaussteuerung

$$L_{dB_{FS}} = 20 \lg \frac{\text{Anzahl der verwendeten Spannungstufen}}{2^{\text{Wortbreite}} - 1} dB_{FS}$$

Beispiel:

$$\boxed{1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1} \cong 255(2^{\text{Bits}} - 1)$$

$$\boxed{1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1} \cong 165$$

$$L_{dB_{FS}} = 20 \lg \frac{165}{255} dB_{FS} = -3,78 dB_{FS}$$

4.3.6 Effektivwert

Gleichspannung, die in einem Widerstand die gleiche Wärme erzeugt wie die Wechselspannung

Alle Angaben im Tonstudio sind Effektivwerte??

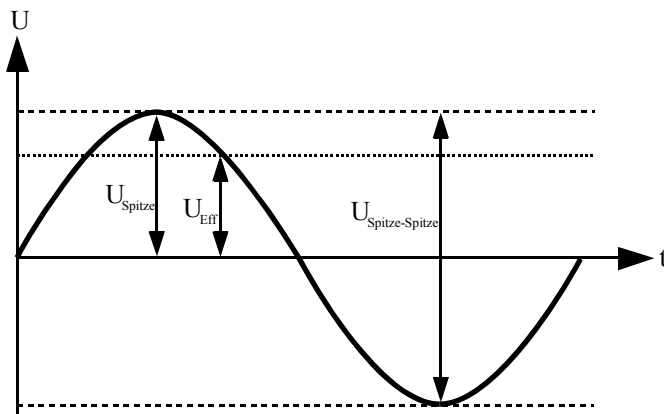


Abb. 5

4.3.7 Nominalpegel

Pegelstandards

	dB	Volt
Homerecordingpegel	-10dBV	0,316V
Studiopegel	+4dBu	1,23V
Rundfunkpegel	+6dBu	1,55V

$$x = \text{Bezugswert} \cdot 10^{\frac{L}{20}}$$

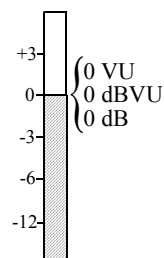


Abb. 6

Beispiel:

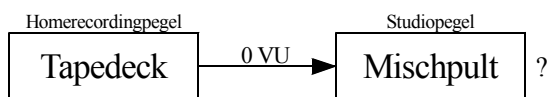


Abb. 7

$$L_{U_{abs}} = 20 \lg \frac{0,316V}{0,775V} dBu = -7,79 dBu$$

$$-7,79 dBu - 4 dBu = -11,79 VU$$

100% Vollaussteuerung $\hat{=} 0 VU \hat{=} -10 dBV$

50% Vollaussteuerung $\hat{=} -6 VU \hat{=} -16 dBV$

4.3.8 Feldübertragungsmaß



Abb. 8

1 Pa \rightarrow 1 mV Feldübertragungsfaktor

94 dB_{SPL} \rightarrow -60 dBV Feldübertragungsmaß

4.3.9 Kennschalldruckpegel

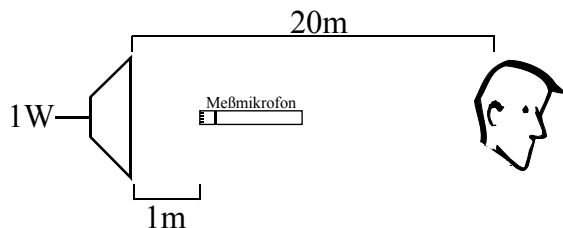


Abb. 9

Kenschalldruckpegel: 100 dB_{SPL}