

# Ein paar Formeln und Aufgaben, die uns Tonleute interessieren Seite 2

Von Homepage Urban Schlemmer: <http://schlemmer.gmxhome.de/>

## Beispiel 2

a) Gedankenexperiment: Was passiert an einem Lautsprecher akustisch, wenn die Spannung an den Klemmen verdoppelt wird?

Ein Lautsprecher wandelt elektrische Energie in Wärme und mechanische Energie um. (Energieerhaltungssatz). Die Größe für die elektrische Energie ist die **Leistung P**.  $P \sim U^2 \Rightarrow$  die elektrische Leistungsaufnahme wird sich **vervierfachen**.

Vereinfachend kann man davon ausgehen, dass der Verlust an Wärme konstant ist und sich also auch die mechanische Energie vervierfacht. Die Größe für die mechanische Energie ist die Schall-Leistung W.

Was passiert mit dem Schalldruck, wenn sich die Schall-Leistung vervierfacht?

Analog zur elektrischen Seite besteht hier ein quadratischer Zusammenhang, der durch den Faktor 2 vor dem Logarithmus ausgedrückt wird:

$$L_p = 20 \cdot \lg \frac{P}{P_0} = 10 \cdot \lg \frac{W}{W_0} = 10 \cdot \lg 4 = 6,02 \text{ dB}$$

(Kleines p für pressure)

$$\Rightarrow \frac{P}{P_0} = 10^{\frac{6}{20}} = 1,99 \sim 2$$

Der **Schalldruck verdoppelt** sich also proportional mit der Spannung.  $p \sim U$ .

b) Was passiert im Gegensatz dazu, wenn ein zweiter Lautsprecher daneben gestellt wird, der mit der gleichen Leistung betrieben wird?

Wiederum gilt die Energieerhaltung. Die Leistung wird sich verdoppeln, sowohl auf der elektrischen, wie auf der akustischen Seite. Was macht der Schalldruckpegel?

$$L_p = 20 \cdot \lg \frac{P}{P_0} = 10 \cdot \lg \frac{W}{W_0} = 10 \cdot \lg 2 = 3,01 \text{ dB}$$

(Kleines p für pressure)

$$\Rightarrow \frac{P}{P_0} = 10^{\frac{3,01}{20}} = 1,4142 \text{ - das sind } \sqrt{2}.$$

Wenn zwei Geigen gleich laut spielen, verdoppelt sich zwar die abgestrahlte Energie, aber der Schalldruck nimmt jedoch nur um den Faktor  $\sqrt{2} = 1,4142$  zu.

## Beispiel 3

Wie viele Oktaven liegen zwischen 16 Hz und 22 kHz?

$$f_1 = 16 \text{ Hz}; f_2 = 22000 \text{ Hz}; f_2 = 2^n \cdot f_1; \Rightarrow (1) \Rightarrow n = \log_2 \cdot \frac{f_2}{f_1} = (5) = \frac{\lg \frac{f_2}{f_1}}{\lg 2} = \frac{3,1383}{0,3010} = 10,426$$

## Beispiel 4

Wieviel Prozent sind ein Cent?

$$\frac{f_2}{f_1} = \sqrt[1200]{2^1} = 1,000578$$

Das entspricht einer Erhöhung (beispielsweise der Sample-Rate) um 0,0578 %.

## Beispiel 5

Ein DAT-Band wurde mit 48 kHz Sampling-Rate aufgenommen und wird mit 44,1 kHz abgespielt. Um wie viele Halbtöne ist es zu tief?

$$f_1 = 48 \text{ kHz}; f_2 = 44,1 \text{ kHz}; f_2 = \left(\sqrt[12]{2}\right)^n \cdot f_1; \Rightarrow (1) \Rightarrow n = \log \sqrt[12]{2} \cdot \frac{f_2}{f_1} = (5) = \frac{\lg \frac{f_2}{f_1}}{\lg \sqrt[12]{2}} = \frac{-0,368}{0,0251} = -1,467$$

Das DAT-Band klingt anderthalb Halbtöne zu tief - das sind hier 147 cent. Wer will, kann das mal nachrechnen.

Hier geht's zurück: <http://www.sengpielaudio.com/EinPaarFormelnUndAufgaben01.pdf>