

### Rechnen mit dB (deci-Bel):

*Lautstärke (loudness)* ist eine subjektive Empfindung; *Intensität (intensity)* ist ein physikalisches Maß, das annäherungsweise die Stärke dieser Empfindung ausdrückt (wie z.B. die *Grundfrequenz* als physikalisches Maß für die wahrgenommene *Tonhöhe* genommen wird). Die wahrgenommene Lautstärke hängt aber von einer Vielzahl von Faktoren ab, so dass die Intensität nicht immer diese gut ausdrückt. Die Lautstärke wird normalerweise als logarithmisches Verhältnis (einem sogenannten *Pegel*) ausgedrückt:

$$\text{dB} = 20 * \log\left(\frac{\text{Messwert}}{\text{Referenzwert}}\right)$$

(Anmerkung: in der Elektroakustik wird normalerweise mit '10 \* log' gerechnet).

Häufig ist der Referenzwert die minimal wahrnehmbare Lautstärke (in *Schalldruck* gemessen): 20  $\mu\text{Pa}$  (Mikro-Pascal); und man spricht vom *Schalldruckpegel (sound pressure level, SPL)*.

$$\text{dB}_{\text{SPL}} = 20 * \log\left(\frac{\text{Messwert in Pascal}}{20 \mu\text{Pa}}\right)$$

Dieses Maß hat zwei Vorteile: (1) da es ein logarithmisches Maß ist, kann der sehr große Wahrnehmungsbereich des Gehörs von 20  $\mu\text{Pa}$  (geringste wahrnehmbare Lautstärke) bis 20 Pascal (Schmerzgrenze), also ein Faktor von 'Eins zu eine Million', mit relativ kleinen Zahlen abgedeckt werden ( $20 * \log(1000000) = 20 * 6 = 120 \text{ dB}$ ) und (2) ist es ein Verhältnis, so dass der Unterschied zwischen zwei 'leisen' Signalen genauso ausgedrückt wird wie der Unterschied zwischen zwei 'lauten' Signalen. Deswegen ist eine Verdoppelung der Lautstärke immer eine Erhöhung des dB-Wertes um 6 dB ( $20 * \log(2) = 20 * 0.3010 \approx 6 \text{ dB}$ ), egal wie stark die Ausgangslautstärke ist. Eine Halbierung der Lautstärke ist eine Reduktion des dB-Wertes um 6 dB ( $20 * \log(0.5) = 20 * -0.3010 \approx -6 \text{ dB}$ ).

Man muss deswegen auch dB-Werte subtrahieren, um Relationen von dB-Werten zu bestimmen (normalerweise dividiert man zwei Zahlen, um ihr Verhältnis zu bestimmen, aber der dB-Wert selber ist ja schon ein Verhältnis!), als dB-Werte nicht dividieren, wenn man ein Verhältnis ausdrücken will!

### Messen von dB-Werten:

Nur wenn man geeichte Mikrophone, Vorverstärker und Aufnahmegeräte hat, kann man den Schalldruck (in Pascal) und damit den Schalldruckpegel (in  $\text{dB}_{\text{SPL}}$ ) wirklich bestimmen. Auf dem Rechner liegen irgendwelche Werte vor, die zwar in einer (linearen) Abhängigkeit zum ursprünglichen Signal stehen, aber man weiß nicht, wie empfindlich ein Mikrophon war, wie stark die Aufnahmeelektronik dessen Signal verstärkt hat und wie die jeweiligen Regler bei der Aufnahme standen; aber die Relation zwischen den Signalteilen ist gleich (wenn man nicht an Reglern zwischenzeitlich gedreht hat) – also kann man dB berechnen (die ja Relationen ausdrücken). Das übliche Verfahren ist das RMS (*root mean square*: 'die Wurzel aus dem Mittelwert der quadrierten Werte'):

$$\text{dB}_{\text{RMS}} = 20 * \log\left(\sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n}}\right)$$

Da hier alle Werte  $x_i$  eingehen, wie sie im Rechner gespeichert sind (und keine 'wirklichen' Schalldruckwerte in Pascal), kann ein sog. *Gleichstromanteil (DC-offset)* eines nicht perfekten Vorverstärkers oder Analog-Digital-Wandlers einen Fehler zu jedem Messwert addieren, dessen Mittelwert vor der RMS-Berechnung abgezogen werden sollte (das Audio-Signal hat im Mittel den Wert '0', das im Rechner gespeicherte Signal kann aber einen (konstanten) 'Offset' haben).

Rechnerisch lässt sich also der  $dB_{RMS}$ -Wert leicht berechnen. Das menschliche Gehör ist aber nicht für alle Frequenzen gleich empfindlich: tiefe Frequenzen werden vor allem durch das Mittelohr gedämpft, mittlere Frequenzen (ca. 1-4 kHz) durch die Resonanzeigenschaften des Ohrkanals erhöht und oberhalb von 15-20 kHz nehmen wir keine Töne wahr. Außerdem ist diese Empfindlichkeit von dem absoluten Schalldruck abhängig. Deswegen werden dB-Werte manchmal mit einer standardisierten 'Höranpassung' angegeben, z.B. in  $dB_A$  (nebenstehend als Beispiel der ISO-Standard 226 aus dem Jahr 2003, der von älteren Standards abweicht). Diese Hörkurven wurden auf Basis einer großen Anzahl von Versuchspersonen gewonnen.

