relative Pegel:

$\Delta L = 20 \cdot \lg\left(\frac{x_1}{x_2}\right)$ oder $\Delta L = 10 \cdot \lg\left(\frac{x_1}{x_2}\right)$ (Unterschied Energiegrößen/Amplitudengrößen)

Ergänzung Pegelgrößen:
- absoluter digitaler Pegel: dBSF (Full Scale), Referenzwert 100%

Abkürzungen/Indizes für Pegelgrößen:
- Spannung: L_u
- elektrische Leistung: $P_{W_{el}}, P_{P_{el}}$
- Schalldruck: $L_{\tilde{p}}$
- Schallintensität: L_J
- Schalleistung: $L_{P_{ak}}, L_{W_{ak}}$

Aufgabe:
- gegeben:
  - Lautsprecher mit Impedanz 1Ω, Kennschalldruckpegel $94dB/W/m$
  - Verstärker mit Pegel $1dBV$
- gesucht:
  - Schalldruckpegel in 1 Meter Entfernung
  - elektrische Leistung am Lausprecher
  - Leistungspegel am Lautsprecher
  - Spannungswert für 100dB in 1m Entfernung

Lösung:
Wichtig ist zunächst, das 1dBV nicht 1V entspricht (das wären 0dBV). Lösen kann man die Aufgabe ohne zu rechnen, indem man sich klarmacht, dass die Anhebung oder Absenkung eines Pegels immer alle Pegel im linearen System um denselben Wert anhebt oder absenkt. In diesem Fall kann man sich herleiten, dass bei 0dBV genau 1W Leistung am Lautsprecher anliegt, also 94dB Schalldruck erzeugt werden. Erhöht man nun den Spannungspegel um 1dBV, so muss sich auch der Pegel des Schalldrucks um 1dB anheben. Die Lösung lautet also $95dB$.

Leistung am Lautsprecher / Leistungspegel:

$$1dBV = 20 \cdot \lg\left(\frac{U_1}{1V}\right) \Rightarrow U_1 = 1{,}122V$$

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{1{,}122V^2}{1\Omega} = 1{,}26W$$

$$L_{W_{el}} = 10 \cdot \lg\left(\frac{1{,}26W}{0{,}001W}\right) = 31dBm$$

Für 100dB muss der Schalldruckpegel um 6dB ansteigen, der Spannungspegel also genauso. Daraus ergibt sich:

$$7dBV = 20 \cdot \lg\left(\frac{U_2}{1V}\right) = 2{,}239V$$

Kaufberatung Lautsprecher & Verstärker

- typische Hifibox: Kennschalldruckpegel 84dB/W/m
- Zimmerlautstärke: $78dB \rightarrow L-6dB \rightarrow P_{ak}=0,25W$
- für 100dB: $L+3dB+3dB+10dB \rightarrow 40W$
- für 120dB: $L+10dB+10dB \rightarrow 4kW$

Energiegrößen	Amplitudengrößen
$L_x = 10 \cdot \lg\left(\frac{x}{x_0}\right)$	$L_x = 20 \cdot \lg\left(\frac{x}{x_0}\right)$
$x \cdot 10 \rightarrow L_x + 10dB$	$x \cdot 10 \rightarrow L_x + 20dB$
$x \cdot 2 \rightarrow L_x + 3,01dB$	$x \cdot 2 \rightarrow L_x + 6,02dB$
$x/10 \rightarrow L_x - 10dB$	$x/10 \rightarrow L_x - 20dB$
$x/2 \rightarrow L_x - 3,01dB$	$x/2 \rightarrow L_x - 6,02dB$

<u>Unschärferelation</u>

- Heisenberg: $\Delta t \cdot \Delta E \geq \frac{h}{2\pi} \left(h = \text{plancksche Konstante}\right)$
- Beispiel 1:
  - vom A-440Hz werden 13 Perioden abgespielt → man hört den Ton gut
  - bei 1 Periode hört man nur noch ein Knacken

- Beispiel 2:
  - 10 Hz mit einer Periode → FFT zeigt keine Spektrallinien mehr, obwohl ein Sinus vorliegt

- Beispiel 3:
  - 1kHz per FFT → je nach Auswahl eines endlichen Signalbereichs gibt es eine andere Spektrallinie, die von der erzeugten Frequenz abweicht

➔ Relation besagt, dass es die wahre Frequenz nicht gibt
➔ Signal hat einen Anfang und ein Ende (→ endliche Signale)
➔ Zeitunschärfefrequenz wird mit der Unschärferelation (Heisenberg) hergeleitet

$\Delta t \cdot \Delta \omega \geq 1$ (Unschärferelation der Nachrichtentechnik)

$$\rightarrow \Delta t \cdot 2\pi \cdot \Delta f \geq 1 \qquad \left(\Delta t: Signaldauer,\ \Delta f: Frequenzunschärfe\right)$$

$$\rightarrow \Delta f \geq \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\Delta t} \quad \left(\Delta f \sim \frac{1}{\Delta t}\right)$$