Lernziele:

- Was sind Pegel und wie rechnet man mit ihnen?
- Was sind Frequenzfilter und wo finden diese Anwendung?

Motivation

Physikalische Größen (in unserem Fall akustische) können einen sehr großen Wertebereich haben. Diesen gilt es anschaulich darzustellen.

0,00002 Pa
0 dB_{SPL}

0,02 Pa
60 dB_{SPL}

20 Pa
120 dB_{SPL}

Theorie

Ein Pegel (Formelzeichen L) ist als das logarithmierte Verhältnis einer Größe zu einem Bezugswert definiert.
Dieser wird in der Maßeinheit Bel $[B]$ bzw. Dezibel $[dB]$ angegeben.

Grundsätzlich

$$L = (10\,\cdot)\ \log \frac{Größe}{Bezugswert}\,(d)B$$

Beispiel Schallleistung

$$L_W = 10 \cdot \log_{10} \frac{Schallleistung\ [W]}{P_0}\,dB$$

Leistungs- und Leistungswurzelgrößen

Es muss zwischen Leistungsgrößen (Energiegrößen), welche proportional zu ihrer Energie sind, und Leistungswurzelgrößen (auch Feldgrößen genannt), deren Quadrat proportional zur Energie sind, unterschieden werden.
Bei der Pegelberechnung mit Leistungswurzelgrößen werden die Größe und Bezugswert quadriert, bevor das Verhältnis logarithmiert wird. Anstelle der Quadrierung multipliziert man in der Regel einfach mit einen Faktor 2, da dies mathematisch identisch ist.

Beispiel Schalldruck

$$L_p = 10 \cdot \log_{10} \frac{(Schalldruck\ [Pa])^2}{p_0^2} dB_{SPL} = 20 \cdot \log_{10} \frac{Schalldruck\ [Pa]}{p_0} dB_{SPL}$$

Pegel in der Akustik

Für uns relevant sind:

Schalldruckpegel (Leistungswurzelgröße), Referenzwert $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} Pa$

$$L_p = 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{p}{p_0}\right) dB$$

Schallleistungspegel (Leistungsgröße), Referenzwert $P_0 = 10^{-12} W$

$$L_W = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{P}{P_0}\right) dB$$

Schallintensitätspegel (Leistungsgröße), Referenzwert $I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$

$$L_I = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{I}{I_0}\right) dB$$

Wiederholung Logarithmus

Wenn $b^x = a$, dann ist $\log_b(a) = x$

$$\log_b(x \cdot y) = \log_b(x) + \log_b(y)$$

$$\log_b(x/y) = \log_b(x) - \log_b(y)$$

$$\log_b(x^y) = y \cdot \log_b(x)$$

→ *Pegel können nicht einfach addiert oder subtrahiert werden! Wir müssen (in der Regel) zuerst auf ihre Ausgangsgröße zurückrechnen und dann addieren, danach wieder logarithmieren.*

Beispielrechnung

Gegeben: Schallleistung $P = 1mW$

Gesucht: Schallleistungspegel L_W

$$L_W = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{P}{P_0}\right) dB$$

$$L_W = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{1 \cdot 10^{-3} W}{1 \cdot 10^{-12} W}\right) dB$$

$$L_W = 10 \cdot \log_{10}(1 \cdot 10^{9})\ dB = 90dB$$

Beispielrechnung

Gegeben: (inkohärente) Schalldruckpegel $\mathrm{L_{p1}} = 75\ dB, L_{p2} = 78\ dB, L_{p3} = 80\ dB$

Gesucht: Gesamter Schalldruckpegel (an einem Punkt)

$$L_{p_{ges}} = 20 \cdot \log_{10}\left(10^{\frac{L_{p1}}{20}} + 10^{\frac{L_{p2}}{20}} + 10^{\frac{L_{p3}}{20}}\right) dB$$

$$L_{p_{ges}} = 20 \cdot \log_{10}\left(10^{\frac{75}{20}} + 10^{\frac{78}{20}} + 10^{\frac{80}{20}}\right) dB = 87{,}4\ dB$$

Aufgabe 2

a) In einem Raum befinden sich zwei Schallquellen mit $P_1 = 3mW$ und $P_2 = 7\,mW$. Wie hoch ist der resultierende Schalleistungspegel im Raum?

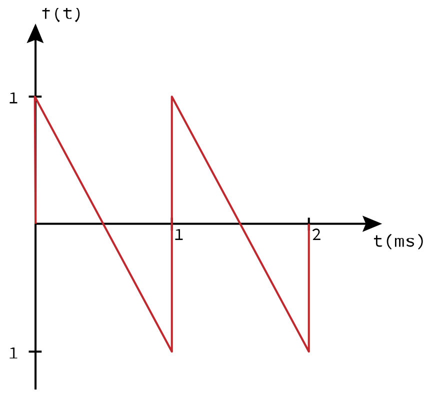
b) In einem Raum befinden sich zwei Schallquellen. In einem Punkt erreichen die Schallquellen folgenden Schalldruck mit $L_{p1} = 90\ dB$ und $p_2 = 0{,}5\ Pa$. Wie hoch ist der resultierende Schalldruckpegel an dieser Stelle in Dezibel?

c) Ein Verstärker verdoppelt die Leistung einer Schallquelle. Ein Signal mit einer Leistung von einem Watt würde also auf zwei Watt verstärkt werden. Wie hoch ist die Leistungsverstärkung dieses Verstärkers in Dezibel?

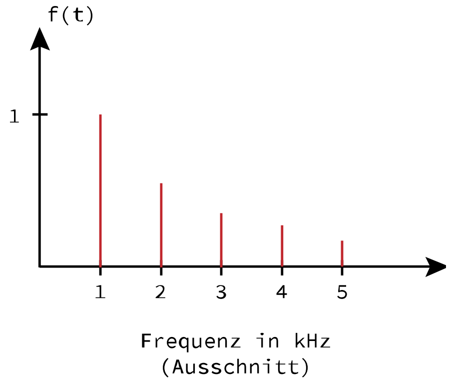
d) In einem Raum befindet sich eine Geräuschquelle mit $L_1 = 100\ dB$ und eine Signalquelle mit $L_2 = 60\ dB$. Wie hoch ist das Signal-Rausch-Verhältnis in Dezibel (SNR) ?

Wiederholung:

Signale können im Zeit- und Frequenzbereich dargestellt werden.



Zeitbereich
Amplitude: 1
Periodendauer: 1 ms
Frequenz: 1 kHz

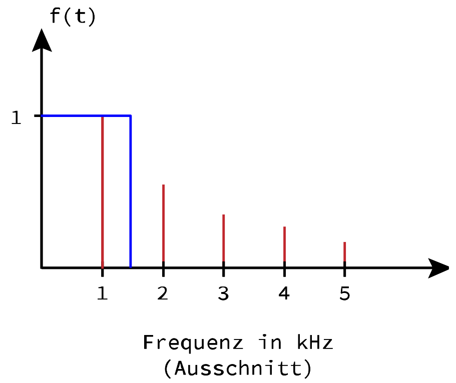


Frequenzbereich
Grundfrequenz bei 1 kHz
Weitere Frequenzen bei ganzzahligen Vielfachen (→Harmonische) mit sinkender Amplitude

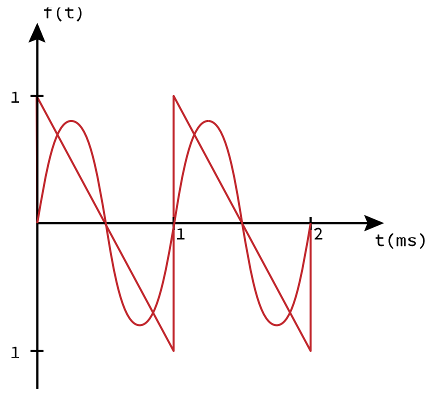
Theorie

Mit einem (Frequenz-)Filter können wir ein Signal in Abhängigkeit der Frequenz in seiner Amplitude (und Phasenlage) verändern.
Die Übertragungsfunktion des Filters beschreibt diese Parameter.
In der Vorlesung Signale und Systeme mehr dazu.

Beispiel Tiefpassfilter – sperrt Frequenzen ab 1,5 kHz



Frequenzbereich



Zeitbereich

Theorie

Vereinfacht können wir die Filter in vier Kategorien einteilen:

1. Tiefpassfilter (Hohe Frequenzen werden unterdrückt)
2. Hochpassfilter (Tiefe Frequenzen werden unterdrückt)
3. Bandpassfilter (Außer einem Frequenzband wird alles unterdrückt)
4. Bandsperrfilter (Ein Frequenzband wird unterdrückt)

Wozu das Ganze?

Wir können Filter nutzen, um…

…ungewünschte Frequenzanteile zu unterdrücken
…Bilder zu untersuchen
…Audio zu bearbeiten
…Aliasing bei der Abtastung zu verhindern

Und noch viel mehr!

Code-Beispiel in Python