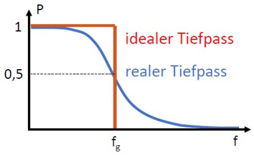
Elementare Filter: Übersicht

Filter bzw. **Siebschaltungen** verändern den Frequenzgang, indem bestimmte Frequenzbereiche unterdrückt werden.

- Tiefpass
- Hochpass
- Bandpass
- Bandsperre

Anwendung:
- Unterdrückung von Störungen: z.B. Bandbreitenbegrenzung von AD-Wandlern, Gleichrichter, …
- Selektion von Frequenzanteilen: z.B. DSL-Splitter, Radiosender, Lautsprecher-Frequenzweichen, …



- Ein idealer Filter ist nicht kausal und damit nicht realisierbar.
- Die Grenzfrequenz f_g ist definiert, als die Frequenz, bei der die übertragene Leistung auf die Hälfte abgefallen ist. D.h. der Amplitudengang ist auf $1/\sqrt{2}$ des Referenzwertes abgefallen (entspricht -3dB).

Eigenschaften:
- Der Übergang zwischen Durchlass- und Sperrbereich ist um so steiler, je höher die Ordnung (und damit der Schaltungsaufwand) des Filters ist.
- Das Signal erfährt beim Filterdurchgang eine frequenzabhängige Phasenverschiebung (die sich z.B. als Zeitverzug nachteilig bemerkbar macht). Die Phasenverschiebung ist um so größer ist, je höher die Ordnung des Filters ist.

Elementare Filter: Tiefpass

Übertragungsfunktion eines
Tiefpasses n.-Ordnung

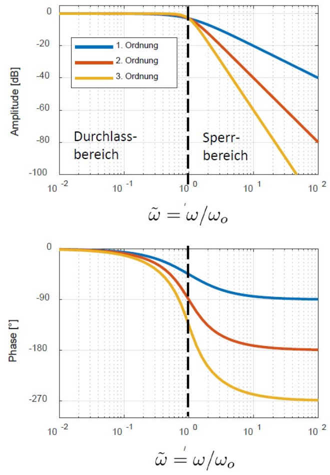
$$\underline{H}(s) = \frac{b_o}{1 + a_1 s + a_2 s^2 + \ldots + a_n s^n}$$

$H(0) = b_o$

$\omega \gg \omega_o \rightarrow H(\omega) \approx \dfrac{b_o}{a_n \omega^n}$

$\dfrac{H(\tilde{\omega})}{dB} = \text{const.} - 20n \lg \tilde{\omega}$

Jeder Pol trägt mit 20dB/Dekade zur Flankensteilheit des Filters bei.



Beispiele:
PT$_1$-Glied
PT$_2$-Glied ($\vartheta = \frac{1}{\sqrt{2}}$)

Elementare Filter: Hochpass

Übertragungsfunktion eines
Hochpasses n.-Ordnung

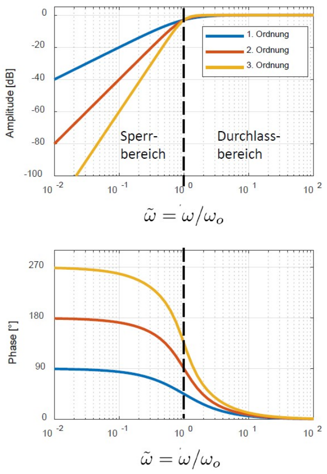
$$\underline{H}(s) = \frac{b_n s^n}{1 + a_1 s + a_2 s^2 + \ldots + a_n s^n}$$

$H(\infty) = \dfrac{b_n}{a_n}$

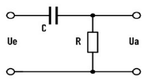
$\omega \ll \omega_o \rightarrow H(\omega) \approx b_n \omega^n$

$\dfrac{H(\tilde{\omega})}{dB} = \text{const.} + 20n \lg \tilde{\omega}$

Jeder Pol trägt mit 20dB/Dekade zur Flankensteilheit des Filters bei.



Beispiel:

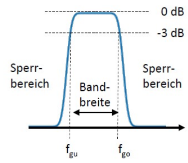


$$\frac{U_a}{U_e} = \frac{R}{R + \frac{1}{sC}} = \frac{RCs}{1 + RCs}$$

Elementare Filter: Bandpass

Übertragungsfunktion eines **Bandpasses n.-Ordnung**

$$\underline{H}(s) = \frac{b_{n/2} \cdot s^{n/2}}{1 + a_1 s + a_2 s^2 + \ldots + a_n s^n}$$

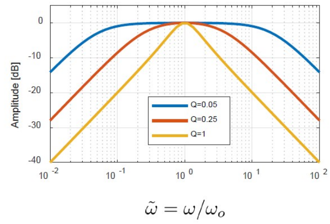


$H(0) = 0 \qquad H(\infty) = 0$

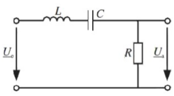
$\omega \ll \omega_o \rightarrow H(\omega) \approx b_{n/2} \cdot \omega^{n/2} \qquad \dfrac{H(\tilde{\omega})}{dB} = \text{const.} + 10n \lg \tilde{\omega}$

$\omega \gg \omega_o \rightarrow H(\omega) \approx \dfrac{b_{n/2}}{\omega^{n/2}} \qquad \dfrac{H(\tilde{\omega})}{dB} = \text{const.} - 10n \lg \tilde{\omega}$

Bandpässe sind immer von gerader Ordnung.



Beispiel: Schwingkreis $\quad Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$

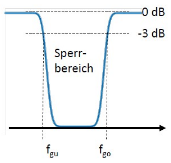


$$\frac{U_a}{U_e} = \frac{R}{R + sL + \frac{1}{sC}} = \frac{RCs}{1 + RCs + LCs^2}$$

Elementare Filter: Bandsperre

Übertragungsfunktion einer **Bandsperre n.-Ordnung**

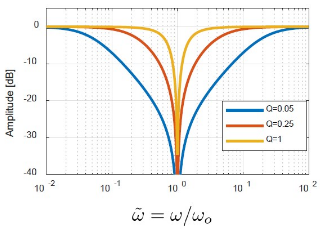
$$\underline{H}(s) = \frac{b_0 + b_2 s^2 + \ldots + b_n s^n}{1 + a_1 s + a_2 s^2 + \ldots + a_n s^n}$$



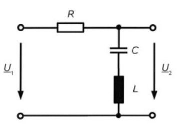
$H(0) = b_0$

$H(\infty) = \dfrac{b_n}{a_n}$

Bandsperren sind immer von gerader Ordnung.



Beispiel: Schwingkreis

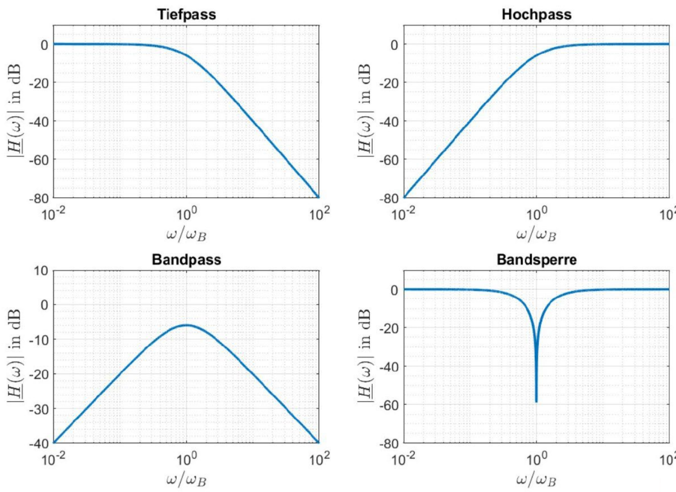


$Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$

$$\frac{U_a}{U_e} = \frac{sL + \frac{1}{sC}}{R + sL + \frac{1}{sC}} = \frac{1 + LCs^2}{1 + RCs + LCs^2}$$

https://audiotoolset.com/equalizer

Elementare Filter: Übersicht Amplitudengänge



Filter 2.Ordnung
$\vartheta = 1$