

# AfuTUB-Kurs

## Technik Klasse A 04: Schwingkreis und Filter

### Schwingkreis

Reihenschwingkreis  
Parallelschwingkreis  
Resonanzfrequenz  
Bandbreite  
Güte

### Quarz

### Filter

Tiefpass  
Hochpass  
Bandpass  
Bandpass-Frequenzgang  
Saugkreis  
Sperrkreis  
Resonanztransformation

### Referenzen

DL0XK

Amateurfunk Forschungs Gruppe der TU Kaiserslautern

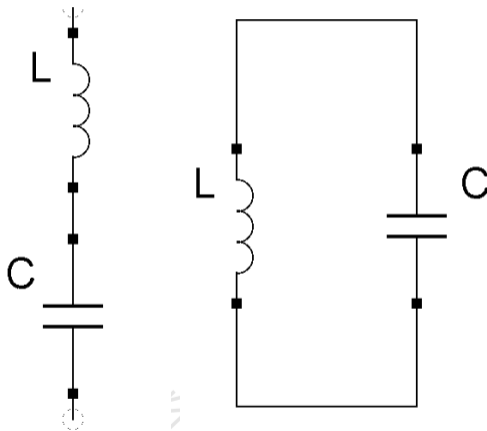
<https://www.amateurfunk.uni-kl.de/home/>



This work is licensed under the *Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 License*.

Amateurfunkgruppe der Technische Universität Kaiserslautern, DL0XK, Stand: Tue May 7 18:11:38 2019 +0200  
basierend auf dem Kurs der Amateurfunkgruppe der Technische Universität Berlin (AfuTUB), DKØTU

# Schwingkreise



## Schwingkreis

Reihenschwingkreis  
 Parallelschwingkreis  
 Resonanzfrequenz  
 Bandbreite  
 Güte

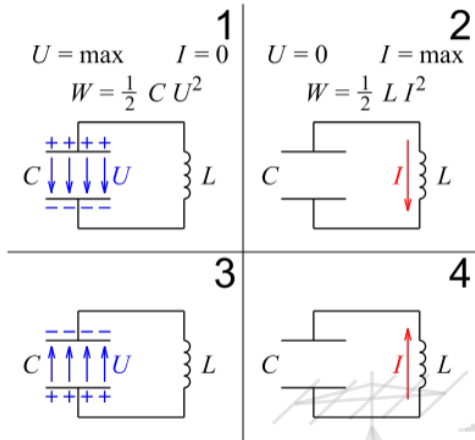
## Quarz

## Filter

Tiefpass  
 Hochpass  
 Bandpass  
 Bandpass-Frequenzgang  
 Saugkreis  
 Sperrkreis  
 Resonanztransformation

## Referenzen

# Schwingungserzeugung



- durch Verluste kommt es zur gedämpften Schwingung
- animierte Darstellung

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis

Parallelschwingkreis

Resonanzfrequenz

Bandbreite

Güte

## Quarz

## Filter

Tiefpass

Hochpass

Bandpass

Bandpass-Frequenzgang

Saugkreis

Sperrkreis

Resonanztransformation

## Referenzen

Abb. 1: Energie in einem LC-Schwingkreis (von X3ntar )

# Reihenschwingkreis

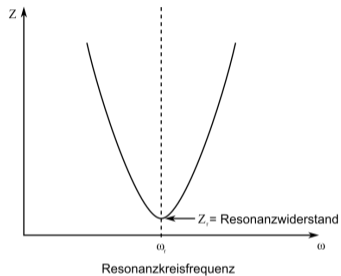
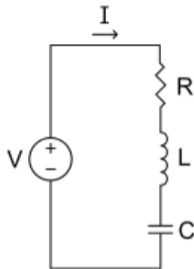


Abb. 2: Serienschwingkreis (von V4711 ☞ © ⓘ ⓘ)

Abb. 3: Resonanzwiderstand (von Unknown ☞ © ⓘ ⓘ)

- Im Verlauf der Frequenzänderung ändert sich der Gesamtwellenwiderstand  $Z$  des Schwingkreises
- Der Schwingkreis hat als minimale Impedanz seinen ohmschen Wert, da sich bei der Resonanzfrequenz  $f_R$  die induktiven und kapazitiven Anteile gegenseitig aufheben

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis  
 Parallelschwingkreis  
 Resonanzfrequenz  
 Bandbreite  
 Güte

## Quarz

## Filter

Tiefpass  
 Hochpass  
 Bandpass  
 Bandpass-Frequenzgang  
 Saugkreis  
 Sperrkreis  
 Resonanztransformation

## Referenzen

# Parallelschwingkreis

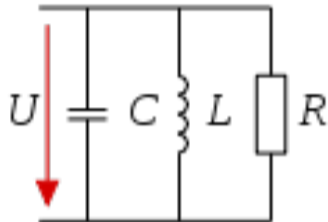


Abb. 4: Parallelschwingkreis (von Tillmann Walther )

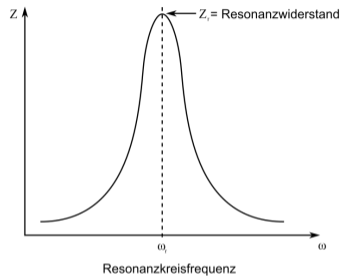


Abb. 5: Resonanzwiderstand (von Unknown )

- Der Parallelschwingkreis verhält sich genau entgegengesetzt zum Reihenschwingkreis
- Dieser zeigt bei niedrigen und hohen Frequenzen das Verhalten eines Leiters
- Bei der Resonanzfrequenz hingegen steigt der Wellenwiderstand an, da hier nur noch der ohmsche Widerstand wirkt

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis

Parallelschwingkreis

Resonanzfrequenz

Bandbreite

Güte

## Quarz

## Filter

Tiefpass

Hochpass

Bandpass

Bandpass-Frequenzgang

Saugkreis

Sperrkreis

Resonanztransformation

## Referenzen

# Resonanzfrequenz

## Resonanzfrequenz

Frequenz der äußeren Anregung, bei der die resultierende Amplitude maximal wird.

Das gilt, wenn der induktive Blindwiderstand  $X_L$  gleich dem kapazitiven Blindwiderstand  $X_C$  ist. Damit ergibt sich für die Resonanzfrequenz  $f_0$ :

## Resonanzfrequenz

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

### Schwingkreis

Reihenschwingkreis

Parallelschwingkreis

Resonanzfrequenz

Bandbreite

Güte

### Quarz

### Filter

Tiefpass

Hochpass

Bandpass

Bandpass-Frequenzgang

Saugkreis

Sperrkreis

Resonanztransformation

### Referenzen

# Resonanzfrequenz

Herleitung:

$$X_L = X_C$$

$$\omega \cdot L = \frac{1}{\omega \cdot C} \quad \cdot \omega$$

$$\omega^2 \cdot L = \frac{1}{C} \quad \div L$$

$$\omega^2 = \frac{1}{L \cdot C} \quad \sqrt{\quad}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \quad \text{mit } \omega = 2\pi \cdot f$$

$$2\pi \cdot f = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \quad \div 2\pi$$

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis

Parallelschwingkreis

Resonanzfrequenz

Bandbreite

Güte

## Quarz

## Filter

Tiefpass

Hochpass

Bandpass

Bandpass-Frequenzgang

Saugkreis

Sperrkreis

Resonanztransformation

## Referenzen

# Resonanzfrequenz Beispiel

## Resonanzfrequenz

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

## Prüfungsfrage TD209

Welche Resonanzfrequenz  $f_{res}$  hat die Reihenschaltung einer Spule von  $100 \mu\text{H}$  mit einem Kondensator von  $0.01 \mu\text{F}$  und einem Widerstand von  $100 \Omega$ ?

### Schwingkreis

Reihenschwingkreis

Parallelschwingkreis

Resonanzfrequenz

Bandbreite

Güte

### Quarz

### Filter

Tiefpass

Hochpass

Bandpass

Bandpass-Frequenzgang

Saugkreis

Sperrkreis

Resonanztransformation

### Referenzen



# Resonanzfrequenz Beispiel

## Resonanzfrequenz

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

## Prüfungsfrage TD209

Welche Resonanzfrequenz  $f_{res}$  hat die Reihenschaltung einer Spule von  $100 \mu\text{H}$  mit einem Kondensator von  $0.01 \mu\text{F}$  und einem Widerstand von  $100 \Omega$ ?

$$\begin{aligned} f_0 &= \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{100 \cdot 10^{-6} \text{H} \cdot 0.01 \cdot 10^{-6} \text{F}}} \\ &= \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{1 \cdot 10^{-12} \text{H} \cdot \text{F}}} \\ &= 159.155 \text{ Hz} \end{aligned}$$

### Schwingkreis

- Reihenschwingkreis
- Parallelschwingkreis
- Resonanzfrequenz
- Bandbreite
- Güte

### Quarz

### Filter

- Tiefpass
- Hochpass
- Bandpass
- Bandpass-Frequenzgang
- Saugkreis
- Sperrkreis
- Resonanztransformation

### Referenzen

# Bandbreite eines Schwingkreises

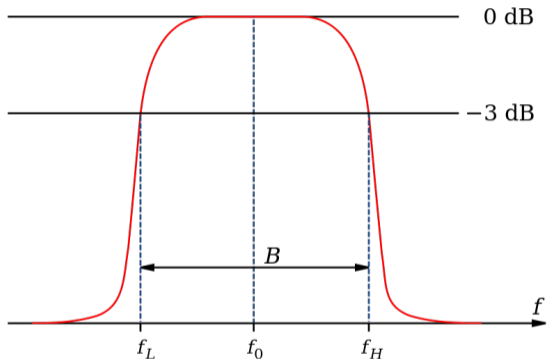


Abb. 6: Bandbreite (von Inductivload ⚡ ©©)

Untere  $f_L$  und obere Grenzfrequenz  $f_H$  festgelegt beim  $-3\text{dB}$ -Punkt.

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis  
Parallelschwingkreis  
Resonanzfrequenz  
Bandbreite

Güte

## Quarz

## Filter

Tiefpass  
Hochpass  
Bandpass  
Bandpass-Frequenzgang  
Saugkreis  
Sperrkreis  
Resonanztransformation

## Referenzen

# Die Güte

- Bandbreite hängt von der Güte des Schwingkreises ab
- Güte hängt vom Blindwiderstand der Spule  $X_L$  ab
- Kondensatorverluste sind bei niedrigen und mittleren Frequenzen vernachlässigbar klein

## Reihenschwingkreis

$$Q = \frac{X_L}{R_S}$$

## Parallelschwingkreis

$$Q = \frac{R_P}{X_L}$$

### Schwingkreis

Reihenschwingkreis

Parallelschwingkreis

Resonanzfrequenz

Bandbreite

Güte

### Quarz

### Filter

Tiefpass

Hochpass

Bandpass

Bandpass-Frequenzgang

Saugkreis

Sperrkreis

Resonanztransformation

### Referenzen

# Die Güte

Kennt man die Güte und die Resonanzfrequenz  $f_0$  eines Schwingkreises, so lässt sich die Bandbreite bestimmen:

## Bandbreite

$$B = \frac{f_0}{Q}$$

Und damit ergibt sich dieser Zusammenhang:

## Güte

$$Q = \frac{f_0}{B} = \frac{R_P}{X_L} = \frac{X_L}{R_S}$$

### Schwingkreis

Reihenschwingkreis

Parallelschwingkreis

Resonanzfrequenz

Bandbreite

Güte

### Quarz

### Filter

Tiefpass

Hochpass

Bandpass

Bandpass-Frequenzgang

Saugkreis

Sperrkreis

Resonanztransformation

### Referenzen

# Benötigte Bandbreiten

- CW → 500 Hz
- SSB → 2,3 kHz
- AM → 6 kHz
- FM → 12 kHz

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis

Parallelschwingkreis

Resonanzfrequenz

Bandbreite

Güte

## Quarz

## Filter

Tiefpass

Hochpass

Bandpass

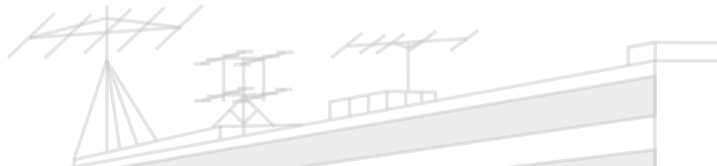
Bandpass-Frequenzgang

Saugkreis

Sperrkreis

Resonanztransformation

## Referenzen



# Der Quarz als Schwingkreis

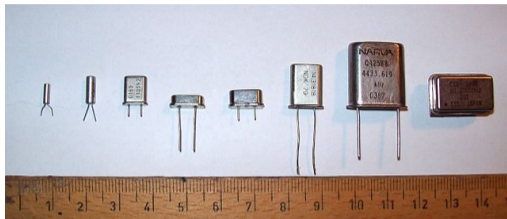


Abb. 7: Verschiedene Bauformen von Quarzen (von Stefan Riepl (Quark48)

- Englisch: **quartz**
- Besteht aus reinem Siliziumdioxid und wird aus einem Quarzkristall als dünnes Plättchen herausgeschnitten
- umgekehrter piezoelektrischer Effekt
- Schwingkreis von hoher Güte und geringer Bandbreite
- Bessere Frequenzstabilität als LC-Oszillatoren

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis  
 Parallelschwingkreis  
 Resonanzfrequenz  
 Bandbreite  
 Güte

## Quarz

### Filter

Tiefpass  
 Hochpass  
 Bandpass  
 Bandpass-Frequenzgang  
 Saugkreis  
 Sperrkreis  
 Resonanztransformation

### Referenzen

# Zusatzwissen für Interessierte: ESB eines Quarzes

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis

Parallelschwingkreis

Resonanzfrequenz

Bandbreite

Güte

## Quarz

## Filter

Tiefpass

Hochpass

Bandpass

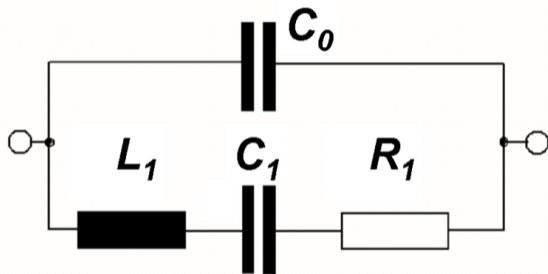
Bandpass-Frequenzgang

Saugkreis

Sperrkreis

Resonanztransformation

## Referenzen



## Serienschwingkreis

$$f_S = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}}$$

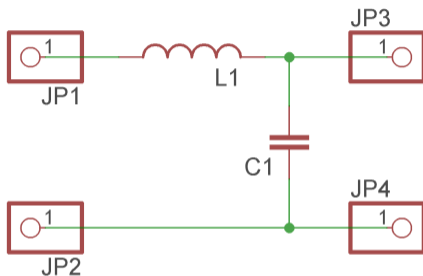
## Parallelschwingkreis

$$f_P = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{ges}}}$$

Abb. 8: Ersatzschaltbild eines Schwingquarzes (von Elcap, Jens

Both ☞ ©)

# Tiefpass



- Bei steigender Frequenz sinkt der Blindwiderstand  $X_L$  und der Blindwiderstand  $X_C$  steigt
- Bei sinkender Frequenz hingegen steigt  $X_L$  und  $X_C$  sinkt
- Dadurch werden nur niedrige Frequenzen durchgelassen

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis  
 Parallelschwingkreis  
 Resonanzfrequenz  
 Bandbreite  
 Güte

## Quarz

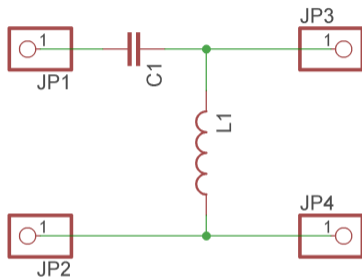
## Filter

Tiefpass  
 Hochpass  
 Bandpass  
 Bandpass-Frequenzgang  
 Saugkreis  
 Sperrkreis  
 Resonanztransformation

## Referenzen



# Hochpass



- Bei steigender Frequenz steigt der Blindwiderstand  $X_L$  und der Blindwiderstand  $X_C$  sinkt
- Bei sinkender Frequenz hingegen sinkt  $X_L$  und  $X_C$  steigt
- Dadurch werden nur hohe Frequenzen durchgelassen

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis  
 Parallelschwingkreis  
 Resonanzfrequenz  
 Bandbreite  
 Güte

## Quarz

## Filter

Tiefpass  
 Hochpass  
 Bandpass  
 Bandpass-Frequenzgang  
 Saugkreis  
 Sperrkreis  
 Resonanztransformation

## Referenzen

# Bandpass

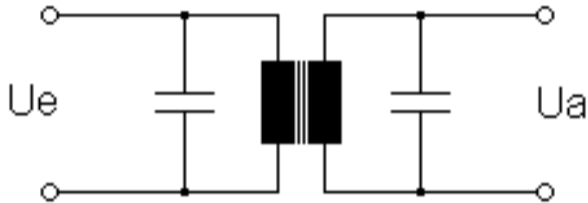


Abb. 9: Bandfilter mit magnetisch gekoppelten Spulen (von PeterFrankfurt )

- Verkopplung von Parallelschwingkreisen (hier induktiv)
- auch kapazitive Kopplung möglich

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis  
 Parallelschwingkreis  
 Resonanzfrequenz  
 Bandbreite  
 Güte

## Quarz

## Filter

Tiefpass  
 Hochpass  
 Bandpass  
 Bandpass-Frequenzgang  
 Saugkreis  
 Sperrkreis  
 Resonanztransformation

## Referenzen

# Bandpass

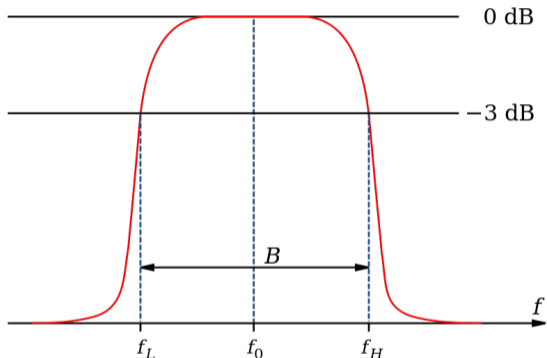


Abb. 10: Bandpassfilter-Betragsfrequenzgang (von Inductiveload ⚡ ©)

- kritische, überkritische, unterkritische Kopplung -> Bandbreite
- kritisch: ebener Bereich des Resonanzmaximums mit größtmöglicher Bandbreite

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis

Parallelschwingkreis

Resonanzfrequenz

Bandbreite

Güte

## Quarz

## Filter

Tiefpass

Hochpass

Bandpass

Bandpass-Frequenzgang

Saugkreis

Sperrkreis

Resonanztransformation

## Referenzen

# Saugkreis

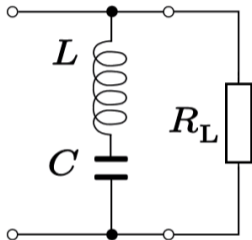


Abb. 11: Saugkreis (von Herbertweidner ☞ ©)

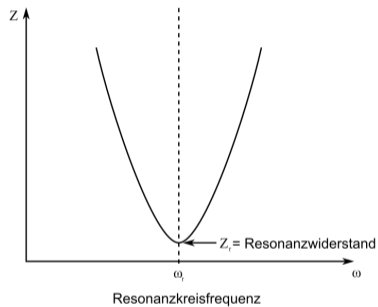


Abb. 12: Resonanzwiderstand (von Unknown ☞ ©)

## Schwingkreis

- Reihenschwingkreis
- Parallelschwingkreis
- Resonanzfrequenz
- Bandbreite
- Güte

## Quarz

## Filter

- Tiefpass
- Hochpass
- Bandpass
- Bandpass-Frequenzgang
- Saugkreis
- Sperrkreis
- Resonanztransformation

## Referenzen

# Saugkreis

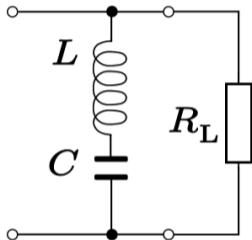


Abb. 11: Saugkreis (von Herbertweidner )

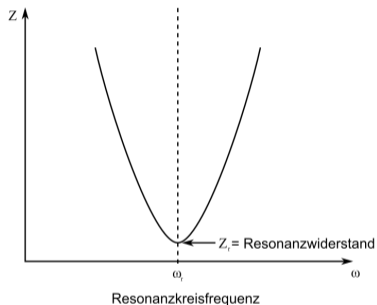


Abb. 12: Resonanzwiderstand (von Unknown )

- bei Resonanzfrequenz besonders geringer Gesamtwiderstand
- Wechselspannung umgeht bei Resonanzfrequenz den Widerstand
- Anwendung: Kurzschluss einer bestimmten Frequenz; Unterdrücken unerwünschter Signale; 50Hz-Filter

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis

Parallelschwingkreis

Resonanzfrequenz

Bandbreite

Güte

## Quarz

## Filter

Tiefpass

Hochpass

Bandpass

Bandpass-Frequenzgang

Saugkreis

Sperrkreis

Resonanztransformation

## Referenzen

# Sperrkreis

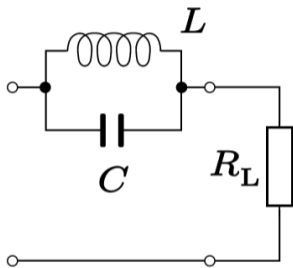


Abb. 13: Sperrkreis (von Herbertweidner )

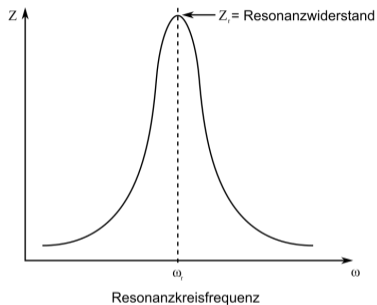


Abb. 14: Parallelschwingkreis (von Tillmann Walther )

## Schwingkreis

- Reihenschwingkreis
- Parallelschwingkreis
- Resonanzfrequenz
- Bandbreite
- Güte

## Quarz

## Filter

- Tiefpass
- Hochpass
- Bandpass
- Bandpass-Frequenzgang
- Saugkreis
- Sperrkreis
- Resonanztransformation

## Referenzen

# Sperrkreis

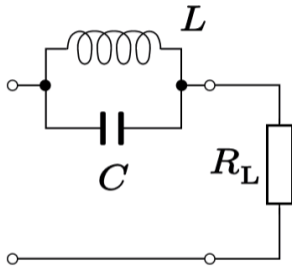


Abb. 13: Sperrkreis (von Herbertweidner )

- bei der Resonanzfrequenz hoher Widerstand
- die Resonanzfrequenz wird blockiert
- Anwendungen: Mehrbandantennen; Filtern von starken Sendern

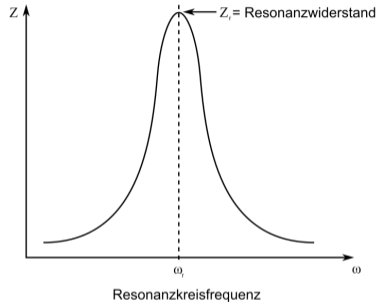


Abb. 14: Parallelschwingkreis (von Tillmann Walther )

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis

Parallelschwingkreis

Resonanzfrequenz

Bandbreite

Güte

## Quarz

## Filter

Tiefpass

Hochpass

Bandpass

Bandpass-Frequenzgang

Saugkreis

Sperrkreis

Resonanztransformation

## Referenzen

# Resonanztransformation

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis  
 Parallelschwingkreis  
 Resonanzfrequenz  
 Bandbreite  
 Güte

## Quarz

## Filter

Tiefpass  
 Hochpass  
 Bandpass  
 Bandpass-Frequenzgang  
 Saugkreis  
 Sperrkreis  
 Resonanztransformation

## Referenzen

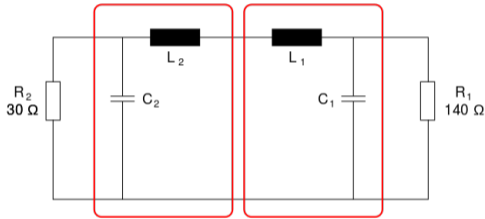


Abb. 15: Pi- oder auch Collinsfilter (von Frank Murmann

↪ ©)

- Schwingkreise in Resonanz eignen sich gut zum Anpassen von Impedanzen
- Eingesetzt in Tunern oder Verstärkern (mit den zwei Drehkondensatoren *Load* ( $C_1$ ) und *Plate* ( $C_2$ )).



# Referenzen/Links

[1] Moltrecht A 04:

<https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-ta/a04/>

[2] Wikipedia DE:

[http://de.wikipedia.org/wiki/Elektrische\\_Energie#Elektrische\\_Energie\\_in\\_einem\\_elektrischen\\_Feld](http://de.wikipedia.org/wiki/Elektrische_Energie#Elektrische_Energie_in_einem_elektrischen_Feld)

AfuTUB-Kurs

Technik A 04

Schwingkreis

Reihenschwingkreis

Parallelschwingkreis

Resonanzfrequenz

Bandbreite

Güte

Quarz

Filter

Tiefpass

Hochpass

Bandpass

Bandpass-Frequenzgang

Saugkreis

Sperrkreis

Resonanztransformation

Referenzen

