

# AfuTUB-Kurs

## Technik Klasse A 04: Schwingkreise & Filter

DK0TU  
Amateurfunkgruppe der TU Berlin

<https://dk0tu.de>

WiSe 2017/18 – SoSe 2018



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

Amateurfunkgruppe der Technische Universität Berlin (AfuTUB), DKØTU, Stand: Thu May 17 17:13:02 2018 +0200

### Schwingkreis

- Reihenschwingkreis
- Parallelschwingkreis
- Resonanzfrequenz
- Bandbreite
- Güte

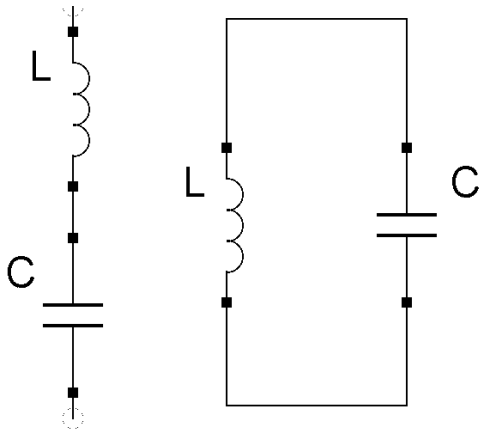
### Quarz

### Filter

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

### Referenzen

# Schwingkreise



Serien- & Parallelschwingkreis

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis

Parallelschwingkreis

Resonanzfrequenz

Bandbreite

Güte

## Quarz

## Filter

Tiefpass

Hochpass

Bandpass

Bandpass-Frequenzgang

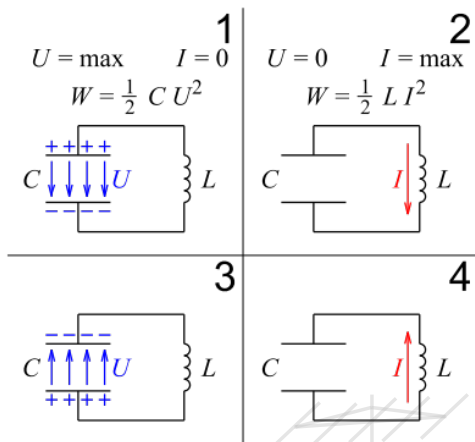
Saugkreis

Sperrkreis

Resonanztransformation

## Referenzen

## Schwingungserzeugung



- durch Verluste kommt es zur gedämpften Schwingung
- [↗ animierte Darstellung](#)

Energie in einem LC-Schwingkreis (von X3ntar [↗](#) [©](#))

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis

Parallelschwingkreis

Resonanzfrequenz

Bandbreite

Güte

## Quarz

## Filter

Tiefpass

Hochpass

Bandpass

Bandpass-Frequenzgang

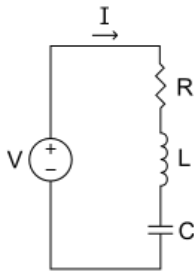
Saugkreis

Sperrkreis

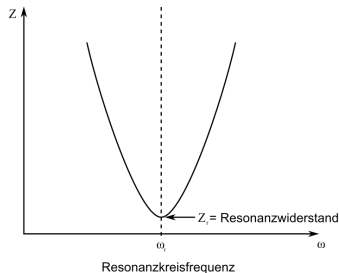
Resonanztransformation

## Referenzen

# Reihenschwingkreis



Serienschwingkreis (von V4711 )



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

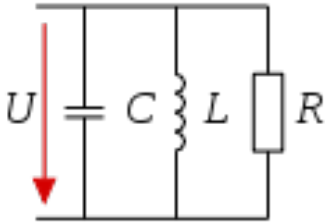
Saugkreis

Sperrkreis

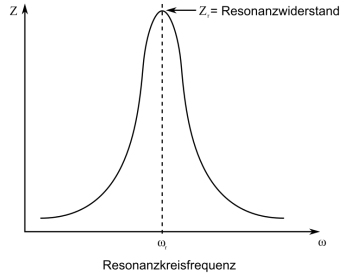
Resonanztransformation

## Referenzen

# Parallelschwingkreis



Parallelschwingkreis (von Tillmann Walther )



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:

$$X_L = X_C$$

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

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

$$4\pi^2 \cdot f^2 \cdot L = \frac{1}{C}$$

$$4\pi^2 \cdot f^2 = \frac{1}{L \cdot C}$$

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

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

mit  $\omega = 2\pi \cdot f$

$$\cdot 2\pi \cdot f$$

$$\div L$$

$$\sqrt{\quad}$$

$$\div 2\pi$$

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis

Parallelschwingkreis

Resonanzfrequenz

Bandbreite

Güte

## Quarz

## Filter

Tiefpass

Hochpass

Bandpass

Bandpass-Frequenzgang

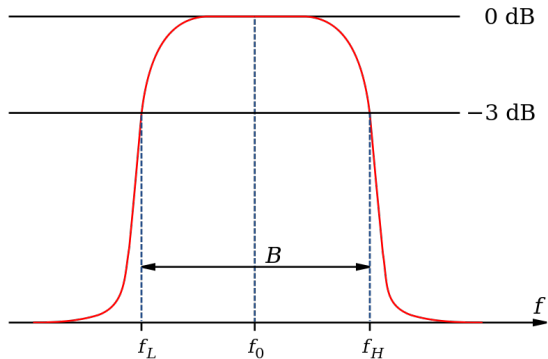
Saugkreis

Sperrkreis

Resonanztransformation

## Referenzen

# Bandbreite eines Schwingkreises



Bandbreite (von Inductiveload )

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 (reellen) Widerstand 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  $\rightarrow$  500 Hz
- SSB  $\rightarrow$  2,3 kHz
- AM  $\rightarrow$  6 kHz
- FM  $\rightarrow$  12 kHz

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis

Parallelschwingkreis

Resonanzfrequenz

Bandbreite

Güte

## Quarz

## Filter

Tiefpass

Hochpass

Bandpass

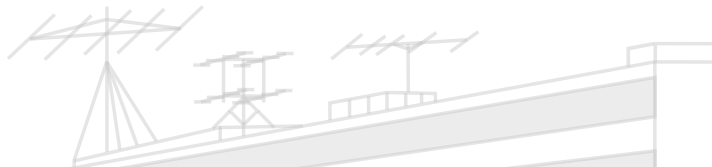
Bandpass-Frequenzgang

Saugkreis

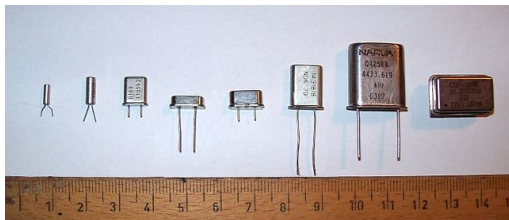
Sperrkreis

Resonanztransformation

## Referenzen



# Der Quarz als Schwingkreis



Verschiedene Bauformen von Quarzen (von Stefan Riepl (Quark48) ☞ ©)

- Englisch: quartz
- Besteht aus reinem Siliziumdioxid und wird aus einem Quarzkristall als dünnes Plättchen herausgeschnitten
- Verhalten ist durch den umgekehrten piezoelektrischen Effekt gekennzeichnet
- Ist ein Schwingkreis von hoher Güte und geringer Bandbreite
- Bessere Frequenzstabilität als LC-Oszillatoren

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis  
 Parallelschwingkreis  
 Resonanzfrequenz  
 Bandbreite  
 Güte

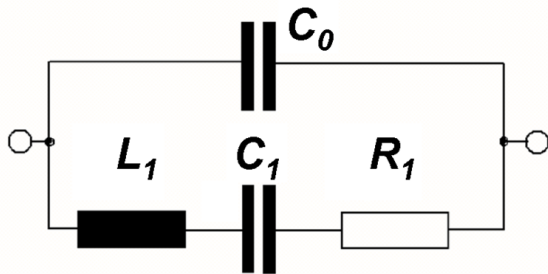
## Quarz

### Filter

Tiefpass  
 Hochpass  
 Bandpass  
 Bandpass-Frequenzgang  
 Saugkreis  
 Sperrkreis  
 Resonanztransformation

### Referenzen

# Zusatzwissen für Interessierte: ESB eines Quarzes



Ersatzschaltbild eines Schwingquarzes (von Elcap, Jens

Both

## Serienschwingkreis

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

## Parallelschwingkreis

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

### Schwingkreis

- Reihenschwingkreis
- Parallelschwingkreis
- Resonanzfrequenz
- Bandbreite
- Güte

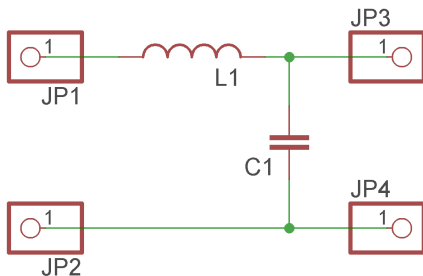
### Quarz

### Filter

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

### Referenzen

# Tiefpass



LC-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

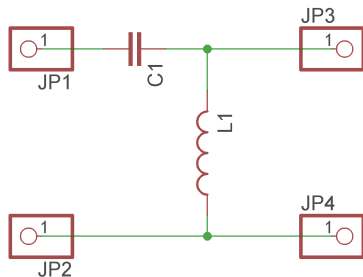
## Quarz

## Filter

Tiefpass  
 Hochpass  
 Bandpass  
 Bandpass-Frequenzgang  
 Saugkreis  
 Sperrkreis  
 Resonanztransformation

## Referenzen

# Hochpass



LC-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

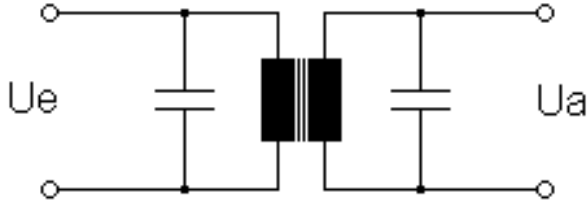
## Quarz

## Filter

Tiefpass  
 Hochpass  
 Bandpass  
 Bandpass-Frequenzgang  
 Saugkreis  
 Sperrkreis  
 Resonanztransformation

## Referenzen

# Bandpass



Bandfilter mit magnetisch gekoppelten Spulen (von PeterFrankfurt [↗](#) [©](#) [Ⓜ](#))

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

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis  
 Parallelschwingkreis  
 Resonanzfrequenz  
 Bandbreite  
 Güte

## Quarz

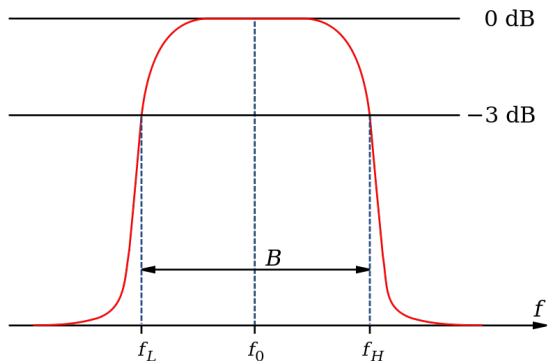
## Filter

Tiefpass  
 Hochpass  
 Bandpass  
 Bandpass-Frequenzgang  
 Saugkreis  
 Sperrkreis  
 Resonanztransformation

## Referenzen



# Bandpass



Bandpassfilter-Betragsfrequenzgang (von Inductiveload )

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

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis  
 Parallelschwingkreis  
 Resonanzfrequenz  
 Bandbreite  
 Güte

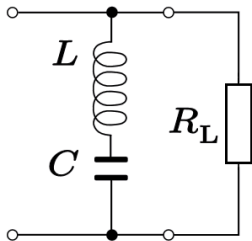
## Quarz

## Filter

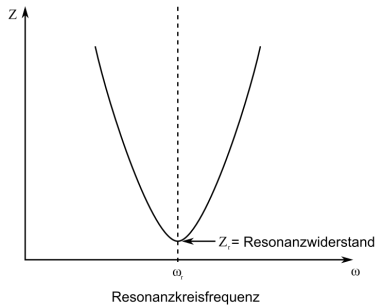
Tiefpass  
 Hochpass  
 Bandpass  
 Bandpass-Frequenzgang  
 Saugkreis  
 Sperrkreis  
 Resonanztransformation

## Referenzen

# Saugkreis



Saugkreis (von Herbertweidner ☞ ☹☹)



Resonanzwiderstand (von Unknown ☞ ☹☹)

## Schwingkreis

- Reihenschwingkreis
- Parallelschwingkreis
- Resonanzfrequenz
- Bandbreite
- Güte

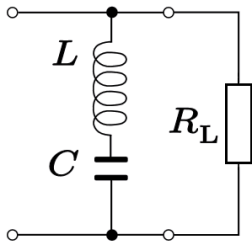
## Quarz

## Filter

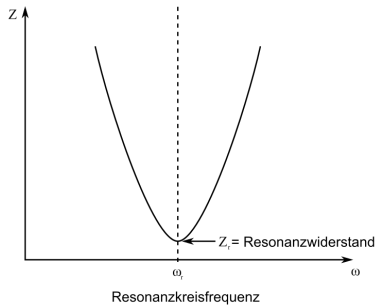
- Tiefpass
- Hochpass
- Bandpass
- Bandpass-Frequenzgang
- Saugkreis
- Sperrkreis
- Resonanztransformation

## Referenzen

# Saugkreis



Saugkreis (von Herbertweidner ☞ ☹☹)



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

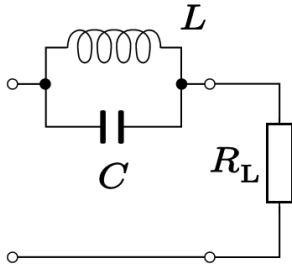
## Quarz

## Filter

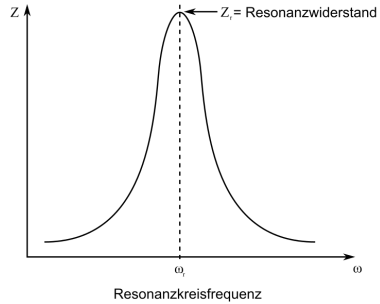
Tiefpass  
 Hochpass  
 Bandpass  
 Bandpass-Frequenzgang  
 Saugkreis  
 Sperrkreis  
 Resonanztransformation

## Referenzen

# Sperrkreis



Sperrkreis (von Herbertweidner )



Parallelschwingkreis (von Tillmann Walther )

## Schwingkreis

- Reihenschwingkreis
- Parallelschwingkreis
- Resonanzfrequenz
- Bandbreite
- Güte

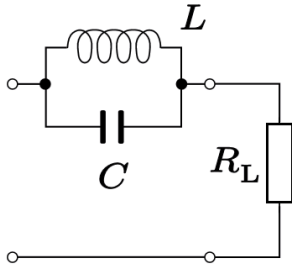
## Quarz

## Filter

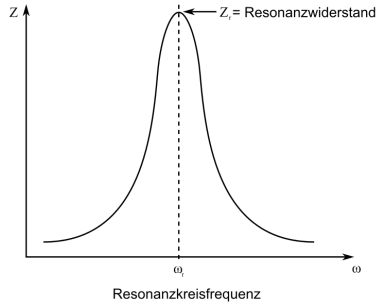
- Tiefpass
- Hochpass
- Bandpass
- Bandpass-Frequenzgang
- Saugkreis
- Sperrkreis
- Resonanztransformation

## Referenzen

# Sperrkreis



Sperrkreis (von Herbertweidner )



Parallelschwingkreis (von Tillmann Walther )

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

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis  
 Parallelschwingkreis  
 Resonanzfrequenz  
 Bandbreite  
 Güte

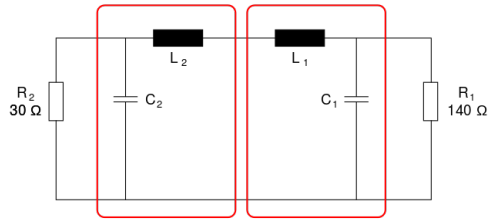
## Quarz

## Filter

Tiefpass  
 Hochpass  
 Bandpass  
 Bandpass-Frequenzgang  
 Saugkreis  
 Sperrkreis  
 Resonanztransformation

## Referenzen

# Resonanztransformation



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* ( $C_2$ )).

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis

Parallelschwingkreis

Resonanzfrequenz

Bandbreite

Güte

## Quarz

## Filter

Tiefpass

Hochpass

Bandpass

Bandpass-Frequenzgang

Saugkreis

Sperrkreis

Resonanztransformation

## Referenzen

# 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)

## Schwingkreis

Reihenschwingkreis

Parallelschwingkreis

Resonanzfrequenz

Bandbreite

Güte

## Quarz

## Filter

Tiefpass

Hochpass

Bandpass

Bandpass-Frequenzgang

Saugkreis

Sperrkreis

Resonanztransformation

## Referenzen

