

# Elektrische Schwingkreise und Oszillatoren

von Hannes Wolf

# 1. Schwingkreise

## 1.1 Definition

## 1.2 Freie Schwingungen

### 1.2.1 idealer Schwingkreis

### 1.2.2 realer Schwingkreis

## 1.3 angeregte Schwingkreise

### 1.3.1 Reihenschwingkreis

### 1.3.2 Parallelschwingkreis

### 1.3.3 Kreisgüte, Bandbreite

## 1.4 Anwendungsbereiche

# 2. Oszillatoren

## 1.1 Definition, Blockschaltbild, Funktionsweise

## 1.2 Rückkopplungsbedingungen

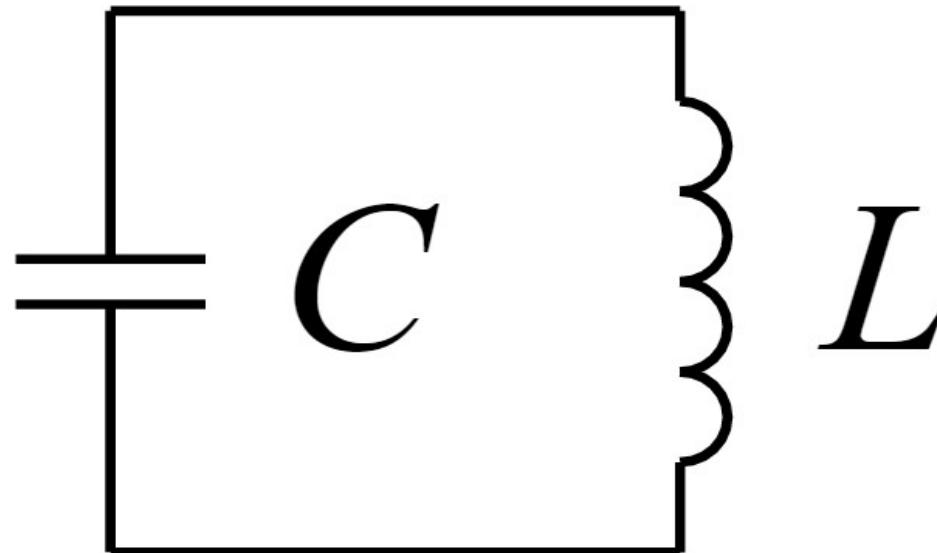
## 1.3 Beispiel: Colpitts Oszillator

# 3. Quellen

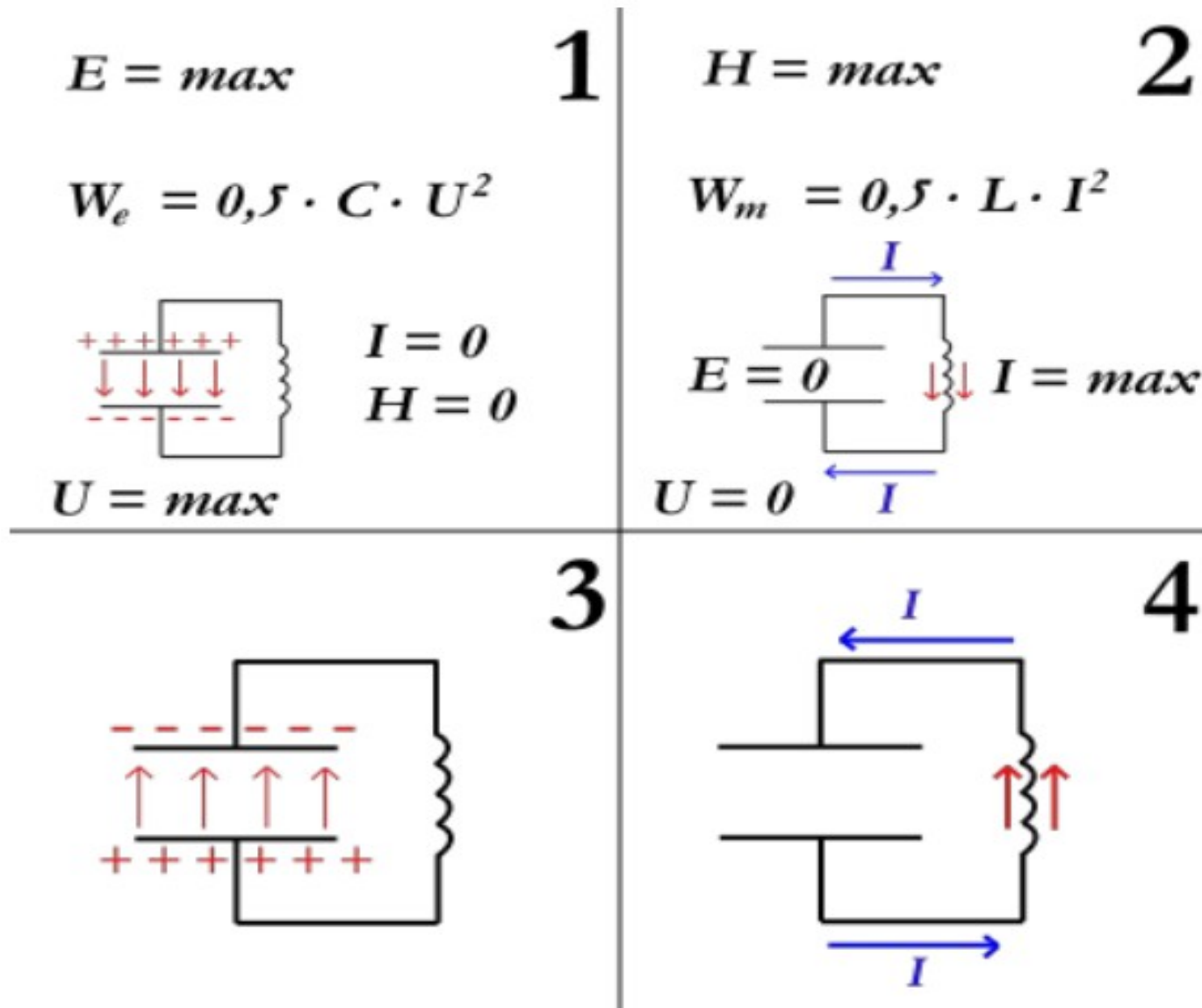
# 1. Schwingkreise

## 1.1 Definition

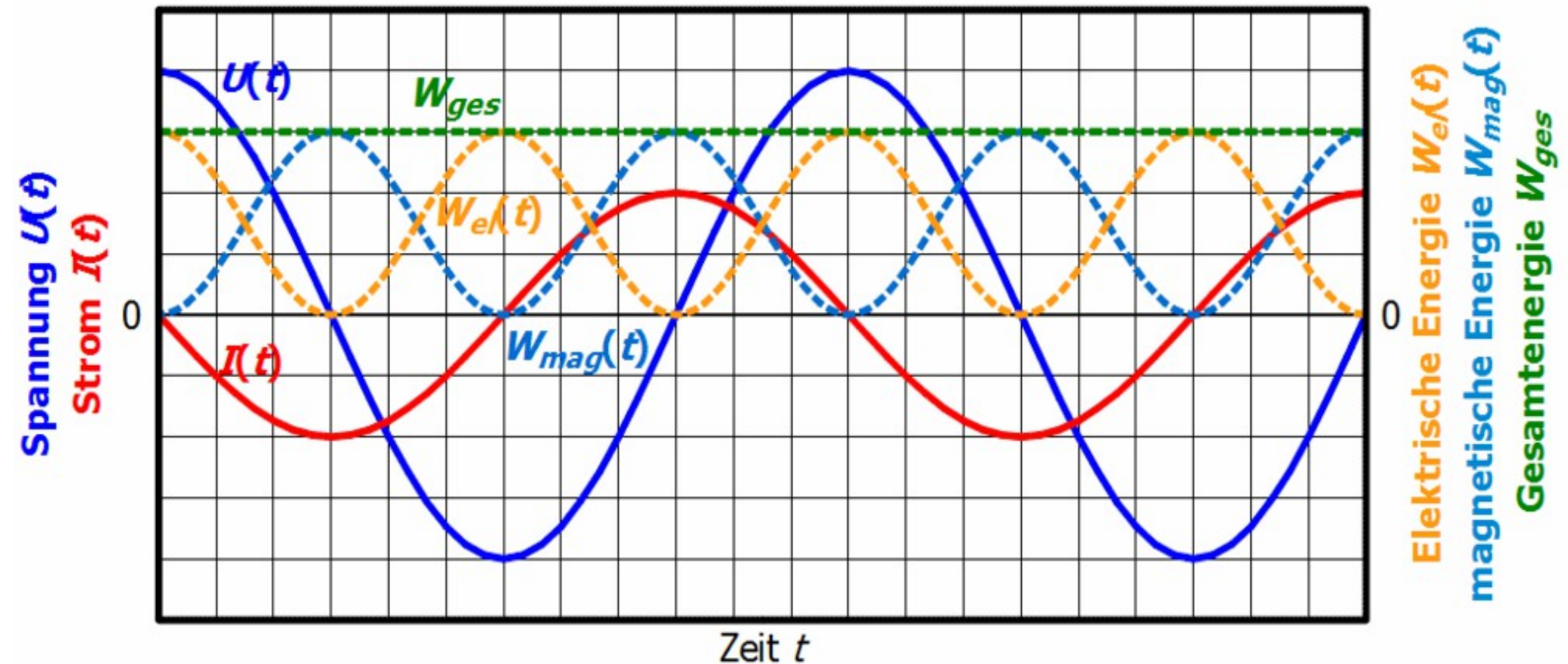
- Resonanzfähige Schaltung aus L und C
- Energie abwechselnd gespeichert in E- und H-Feld



# 1.2 Freie Schwingungen



# 1.2 Freie Schwingungen



Quelle: [http://www.ahoefer.de/schwingungen/schwingkreis/image\\_schwingkreis5.gif](http://www.ahoefer.de/schwingungen/schwingkreis/image_schwingkreis5.gif)

## 1.2.1 Idealer Schwingkreis

Für ungedämpfte harmonische Schwingung müssen sich Blindwiderstände kompensieren

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

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ , bzw. } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

→ Thomsonsche Schwingungsgleichung

# 1.2.2 Realer Schwingkreis

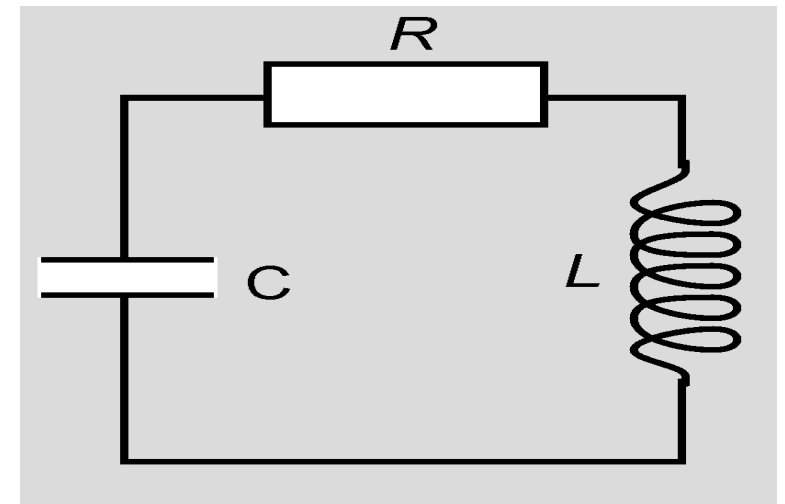
Zusätzlicher Widerstand für Verluste,  
Maschengleichung:

$$U_{ind} + U_R + U_C = 0$$

$$L \frac{dl}{dt} + IR + \frac{Q}{C} = 0 \quad \left| \frac{d}{dt} \right.$$

$$L \frac{d^2 I}{dt^2} + R \frac{dI}{dt} + \frac{1}{C} \frac{dQ}{dt} = 0$$

$$\frac{d^2 I}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dI}{dt} + \frac{1}{CL} I = 0$$



Quelle: [http://www.ipf.uni-stuttgart.de/lehre/online-skript/e40\\_07.html](http://www.ipf.uni-stuttgart.de/lehre/online-skript/e40_07.html)

## 1.2.2 Realer Schwingkreis

Lösung der Differentialgleichung:

$$I(t) = I_0 e^{-\delta t} \cdot \sin(\omega_e t)$$

Um  $\delta = \frac{R}{2L}$  gedämpfte Schwingung

Frequenz wird

$$\omega_e = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} \approx \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{Für geringe Verluste}$$



## 1.2.2 Realer Schwingkreis

Idealfall:  $\delta = 0$

→ Eigenfrequenz nach Thomsonscher Schwingungsgleichung

Aperiodischer Grenzfall:  $\delta = \omega_0$

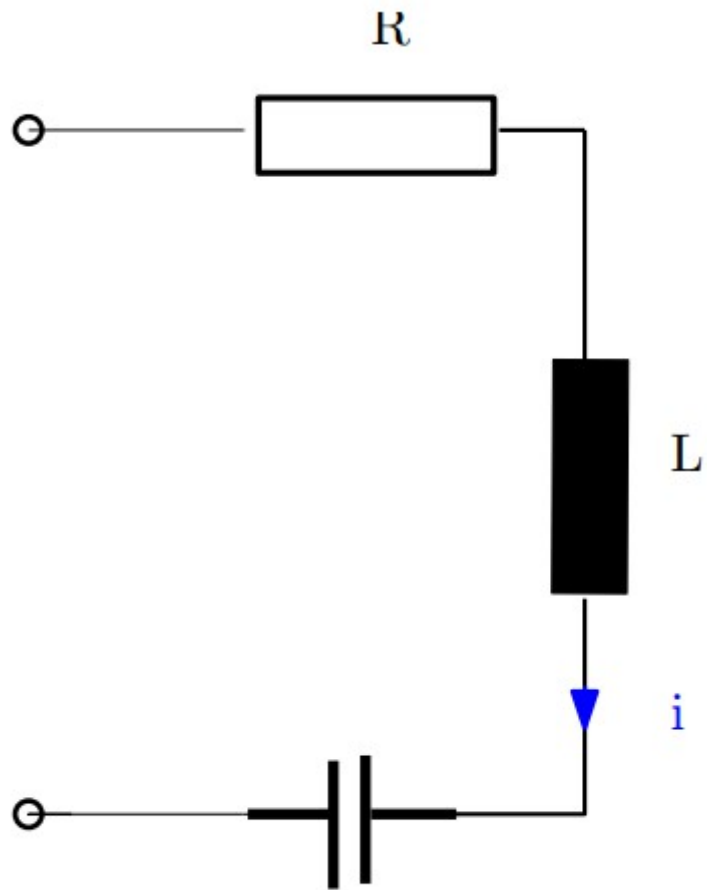
→ Strom geht am schnellsten gegen 0 ohne Überschwingen

Kriechfall:  $\delta > \omega_0$

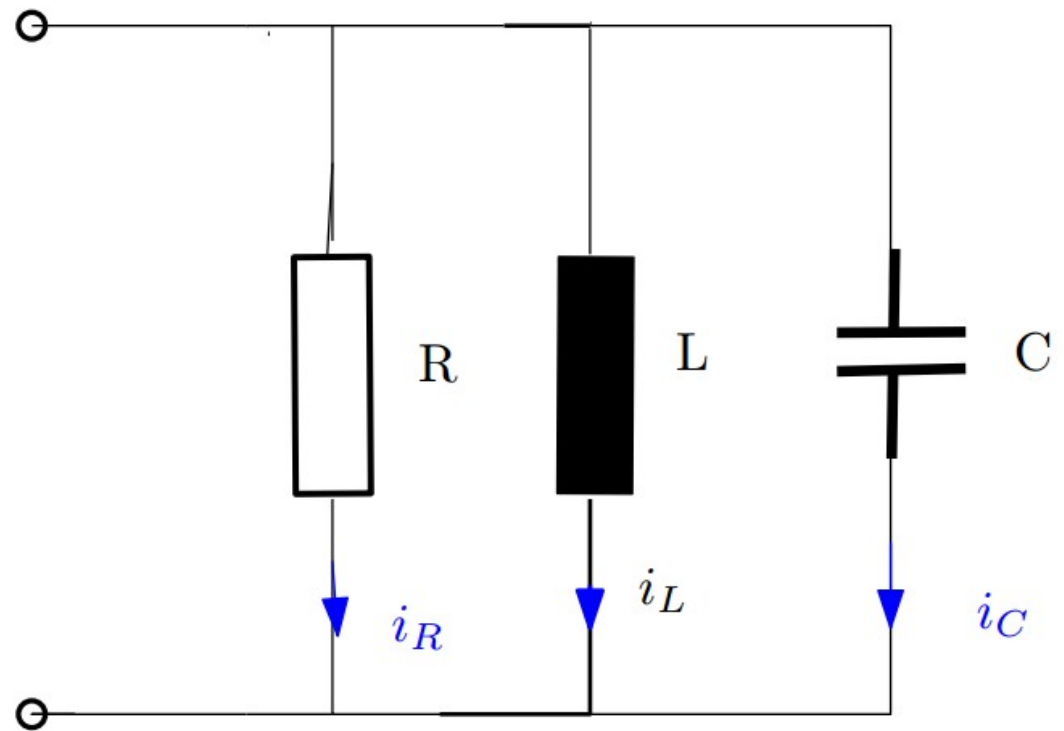
→ Strom geht immer langsamer gegen 0, kein Überschwingen

# 1.3 Angeregte Schwingkreise

Reihenschwingkreis



Parallelschwingkreis



Quelle: [http://www.sense.tu-berlin.de/fileadmin/fg61/LV\\_Material/EN/PR/PR03\\_resonanz.pdf](http://www.sense.tu-berlin.de/fileadmin/fg61/LV_Material/EN/PR/PR03_resonanz.pdf)

# 1.3.1 Reihenschwingkreis

Reihenresonanz:

Betrag der Impedanz muss minimal werden:

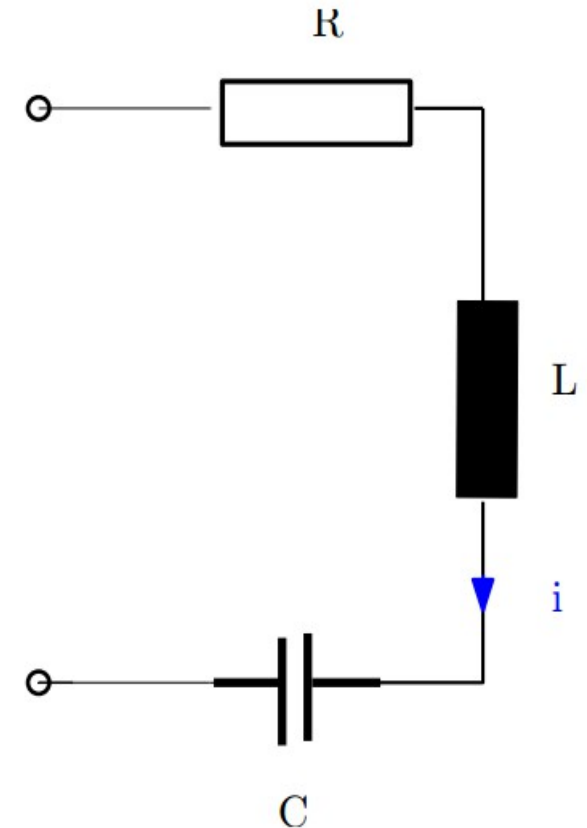
$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

Erfüllt für

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

Resonanzfrequenz:

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



# 1.3.2 Parallelschwingkreis

Parallelresonanz:

Betrag des Leitwertes muss minimal werden

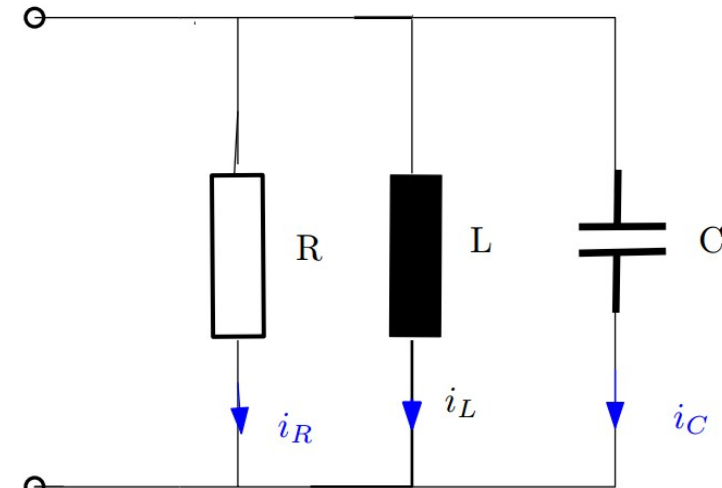
$$Y = \sqrt{\frac{1}{R_p^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}$$

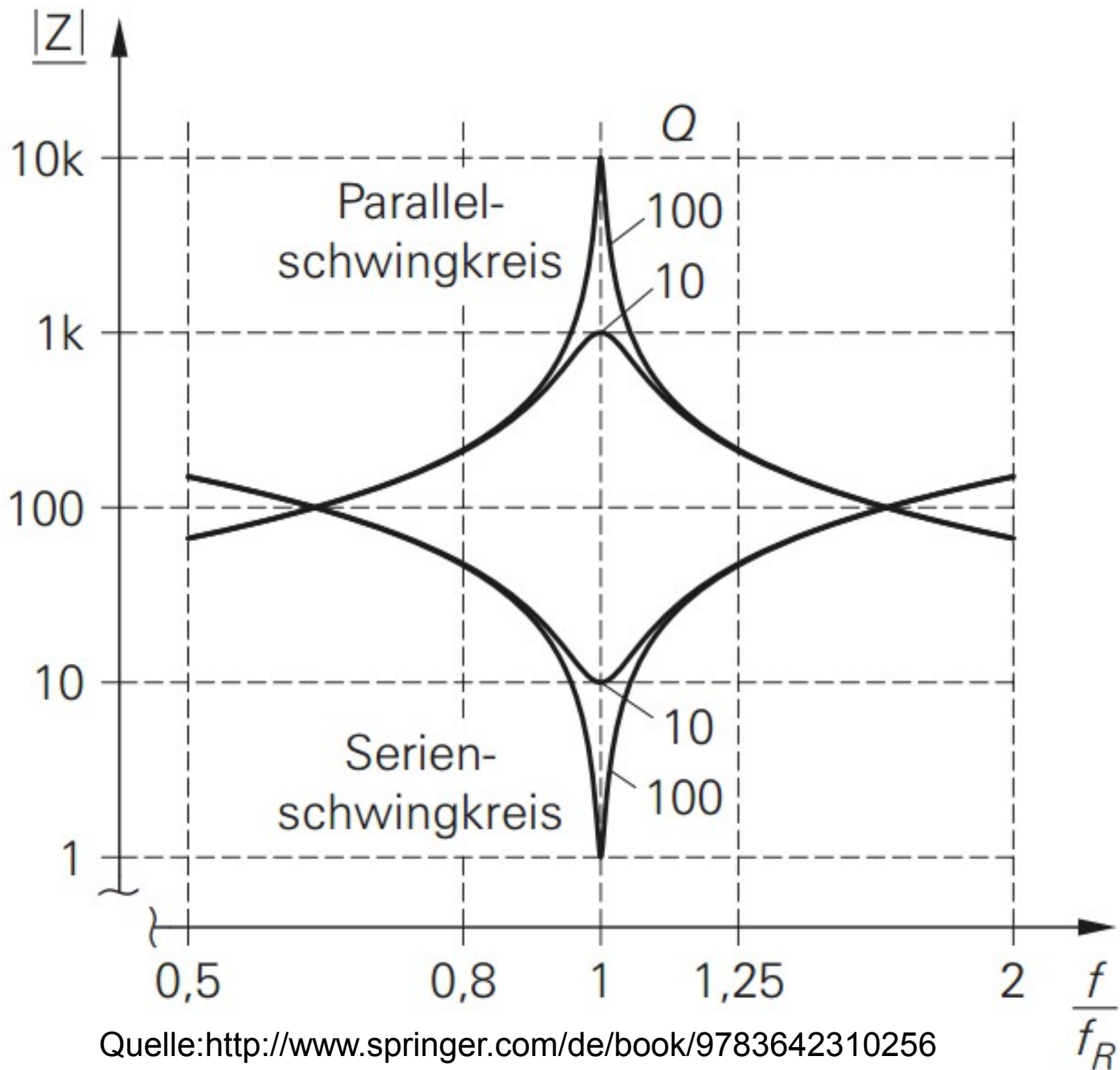
Erfüllt für

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

Resonanzfrequenz:

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$





Quelle: <http://www.springer.com/de/book/9783642310256>

## 1.3.3 Kreisgüte, Bandbreite

Kennwiderstand:  $R_k = \sqrt{\frac{L}{C}}$

$$Q = \frac{f_R}{B} = \begin{cases} R_P \sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{R_P}{R_k} & \text{Parallelschwingkreis} \\ \frac{1}{R_S} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{R_k}{R_S} & \text{Serienschwingkreis} \end{cases}$$

# 1.4 Anwendungsbereiche

- Filter
- Schwingungserzeuger, Oszillatoren

# 2. Oszillatoren

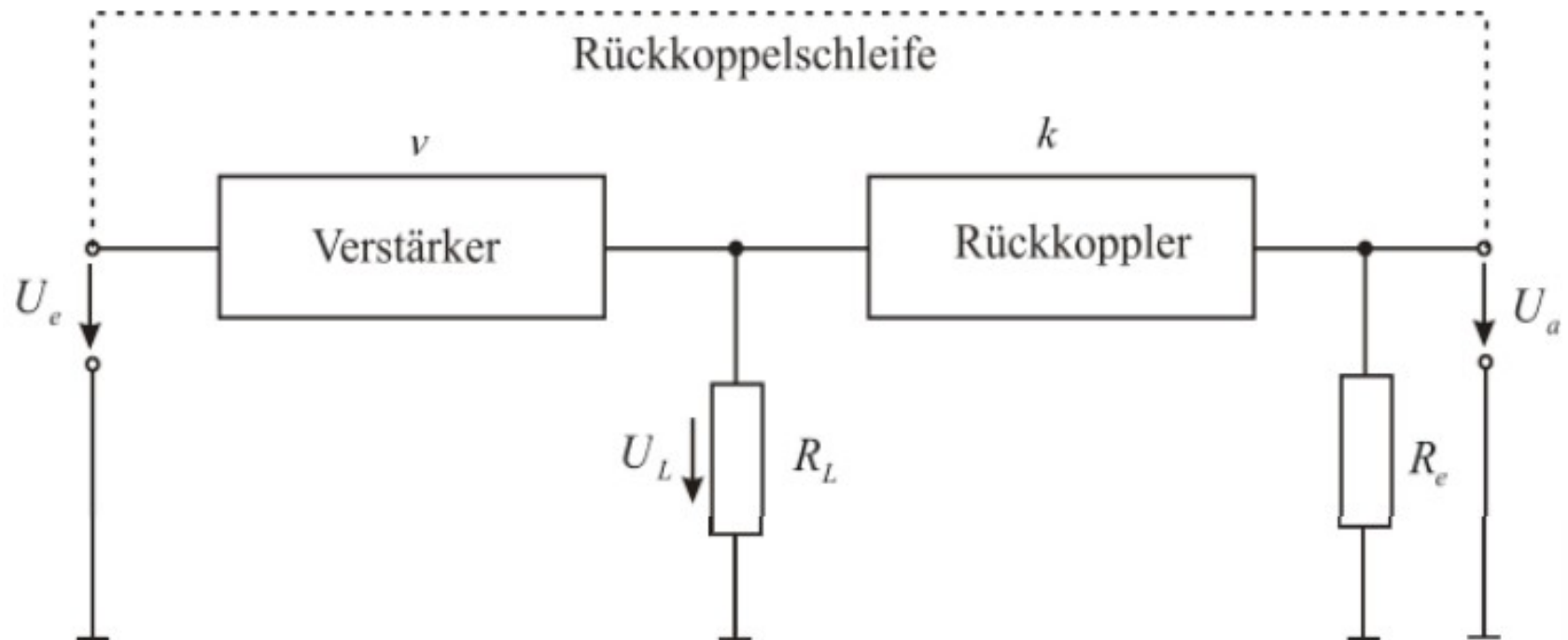
## 2.1 Definition, Blockschaltbild, Funktionsweise

Selbsttätiger Schwingungserzeuger, besteht aus:

- Frequenzbestimmender Baugruppe (Schwingkreis)
- durch Rückkopplung selbst erregtem Verstärker



## 2.1 Definition, Blockschaltbild, Funktionsweise



Quelle: [http://nnp.physik.uni-frankfurt.de/activities/EUS/Skript\\_Teske/Vorlesung13.pdf](http://nnp.physik.uni-frankfurt.de/activities/EUS/Skript_Teske/Vorlesung13.pdf)

Verstärkung hebt Abschwächung im Rückkoppler auf

→ Entdämpfung der Schwingung

## 2.2 Rückkopplungsbedingungen

1. Amplitudenbedingung:

Ringverstärkung  $K \cdot v \geq 1$

mit  $u_r = K \cdot u_a$  und  $v = \frac{u_a}{u_e}$

2. Phasenbedingung:

Ausgangsspannung und Eingangsspannung in Phase

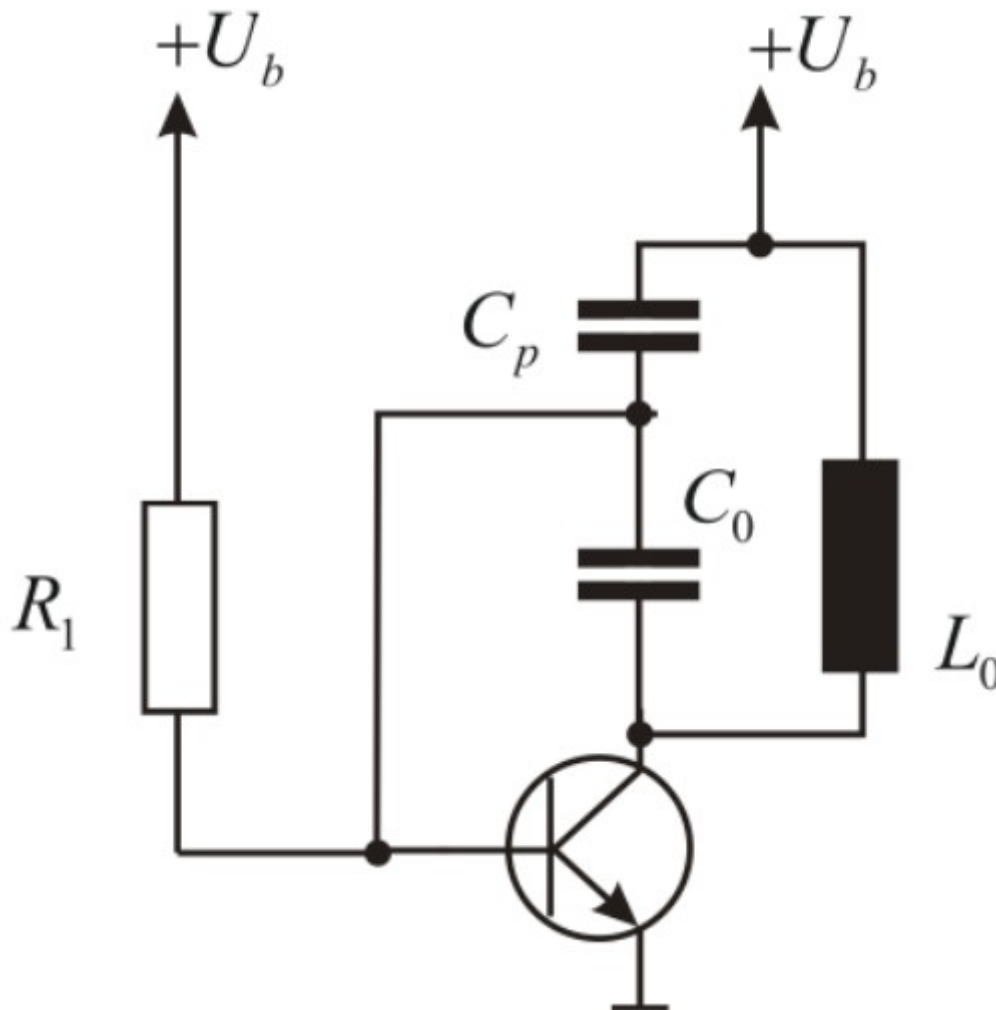
## 2.3 Colpitts-Schaltung

Grundprinzip:

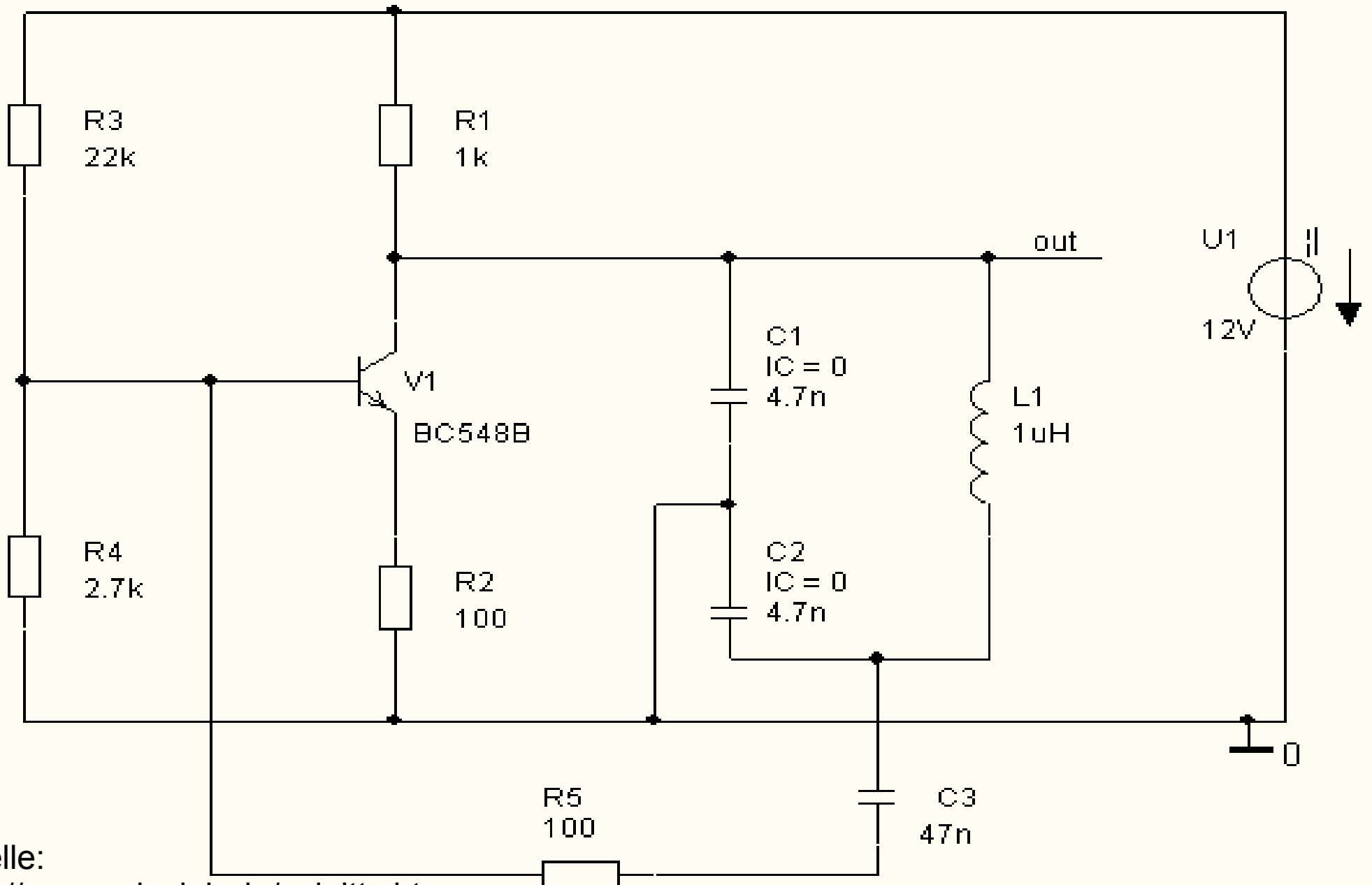
Parallelschwingkreis mit kapazitivem Spannungsteiler, dieser bestimmt Buchteil der Zurückgekoppelten Spannung

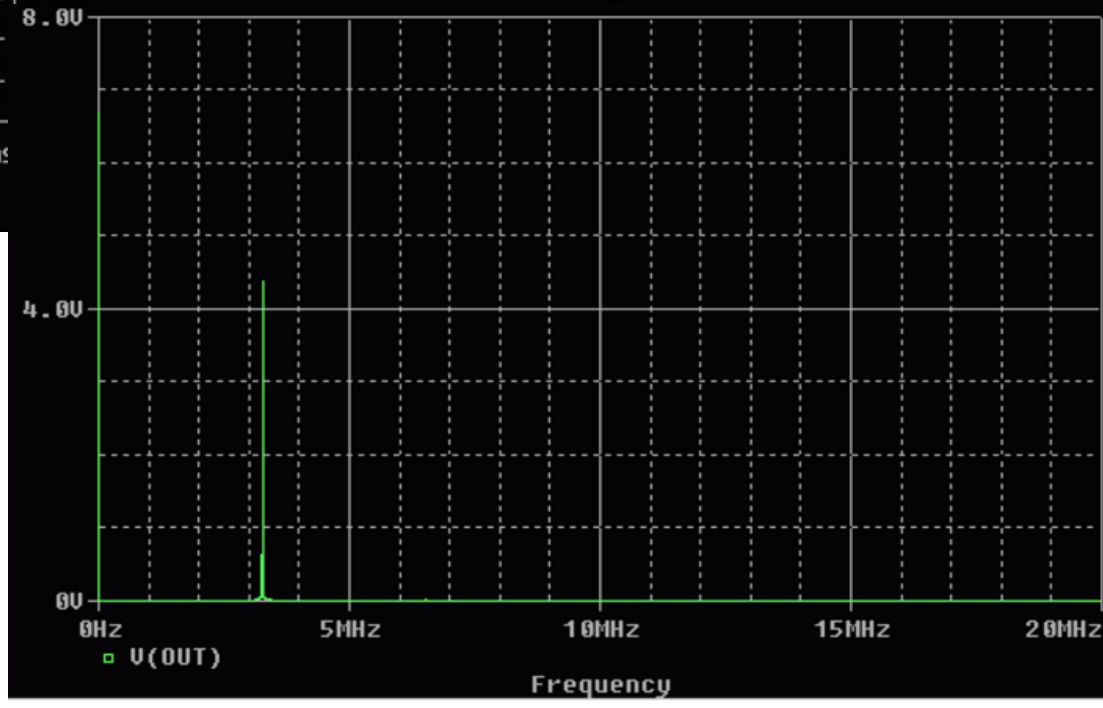
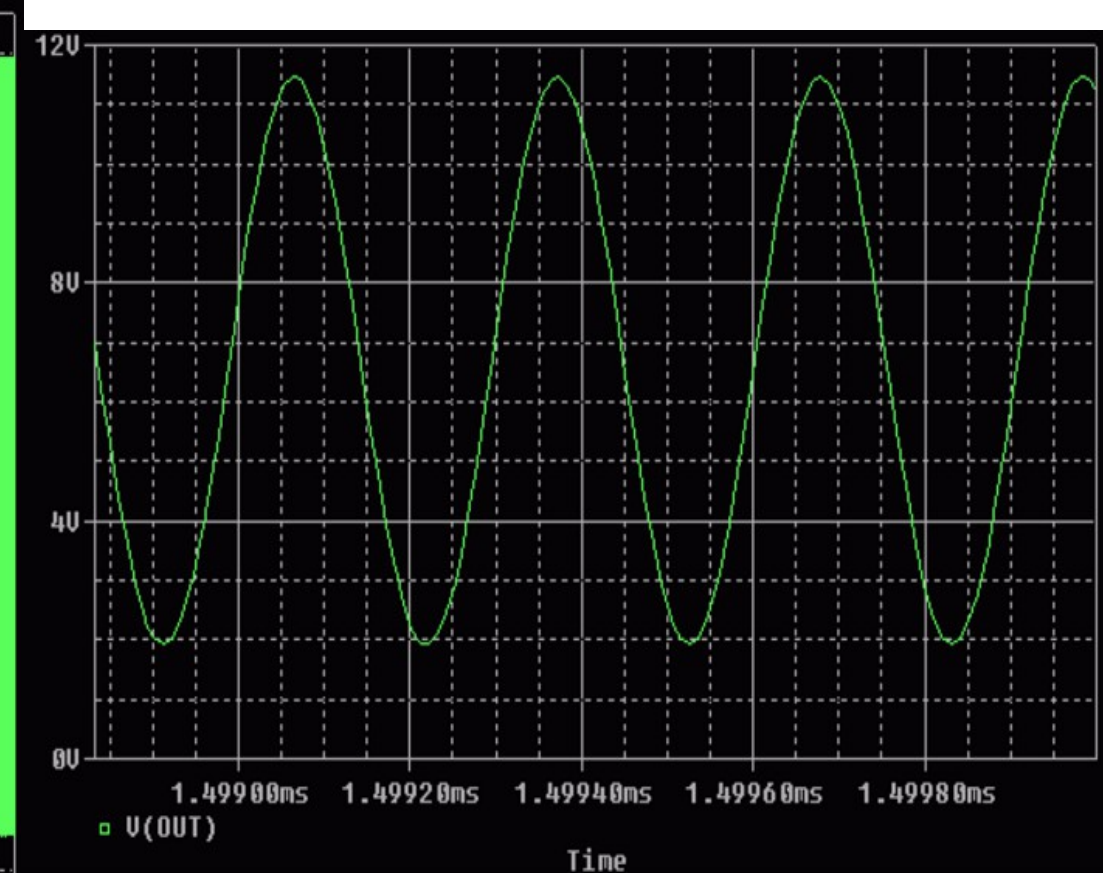
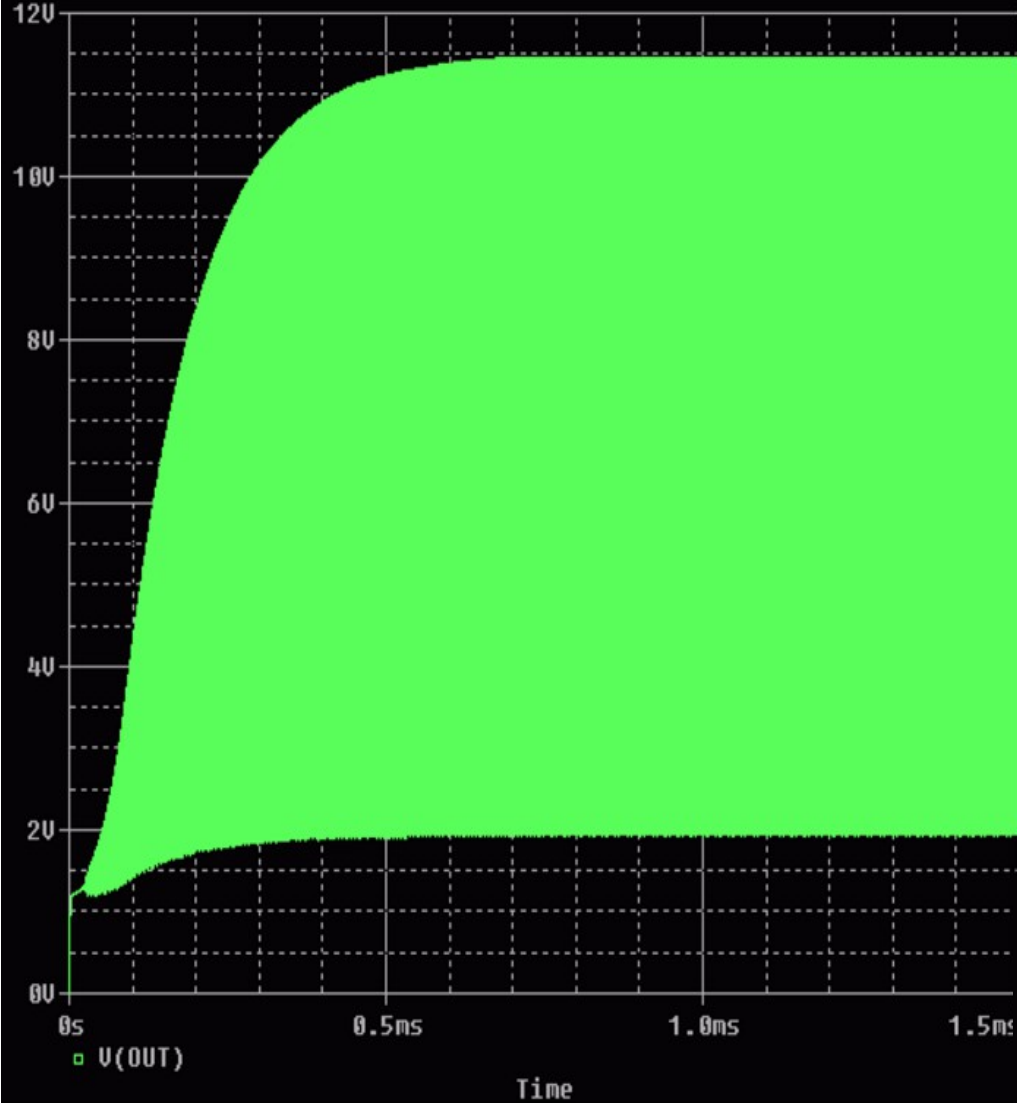
Kapazitäten in Reihe reduzieren Gesamtkapazität

$$f_R = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \frac{C_0 C_p}{C_0 + C_p}}}$$



## 2.3 Colpitts-Schaltung





Quelle:  
<http://www.spicelab.de/colpitts.htm>

# 3. Quellen

- Bauer/Wagener: Bauelemente und Grundschaltungen der Elektronik, Grundlagen und Anwendungen Band (3. Auflage)
- Lindner, Brauer, Lehmann: Taschenbuch der Elektrotechnik und Elektronik (8. Auflage)
- Tietze, Schenk, Gamm: Halbleiter-Schaltungstechnik (14. Auflage)

[http://nnp.physik.uni-frankfurt.de/activities/EUS/Skript\\_Teske/Vorlesung13.pdf](http://nnp.physik.uni-frankfurt.de/activities/EUS/Skript_Teske/Vorlesung13.pdf)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Schwingkreis>

[http://www.sense.tu-berlin.de/fileadmin/fg61/LV\\_Material/EN/PR/PR03\\_resonanz.pdf](http://www.sense.tu-berlin.de/fileadmin/fg61/LV_Material/EN/PR/PR03_resonanz.pdf)

<http://service.projektlabor.tu-berlin.de/wordpress/theribaby/wp-content/uploads/sites/6>

<http://www.spicelab.de/colpitts.htm>

<http://www.physik.uni-wuerzburg.de/einfuehrung/SS06/27%20Elektrische%20Schwing>

<http://www.elektronik-kompendium.de/sites/slt/0706241.htm>