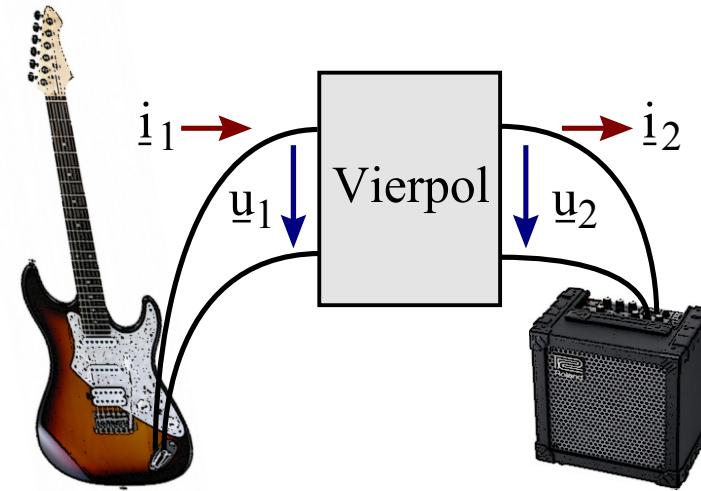
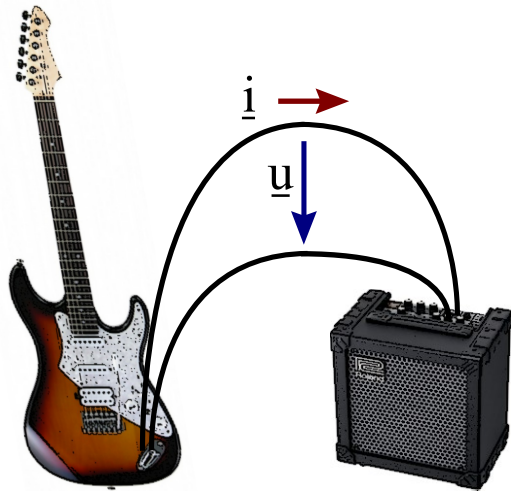
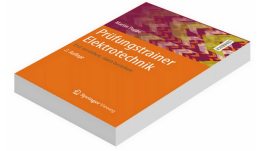
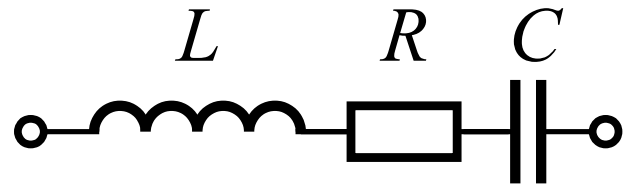


# Frequenzselektion durch Zwei- und Vierpole

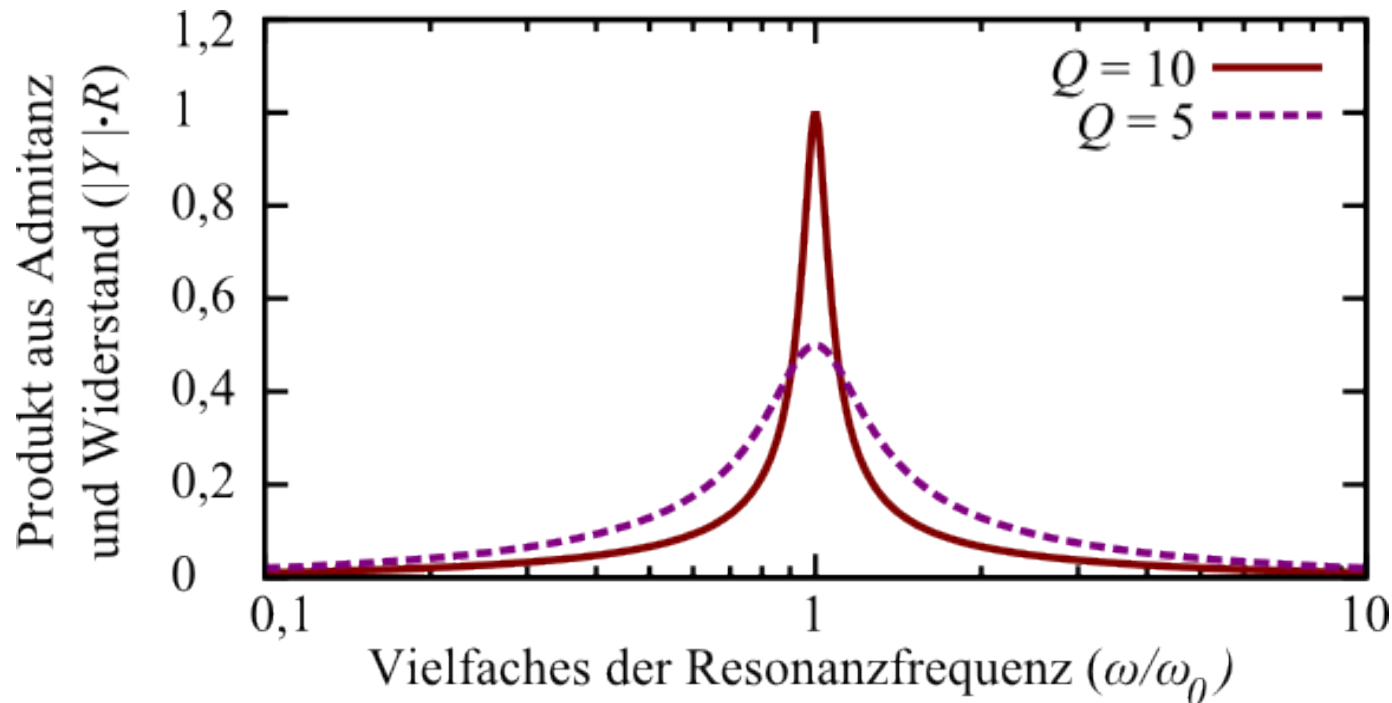




# Reihenschwingkreis



Reihenschwingkreis



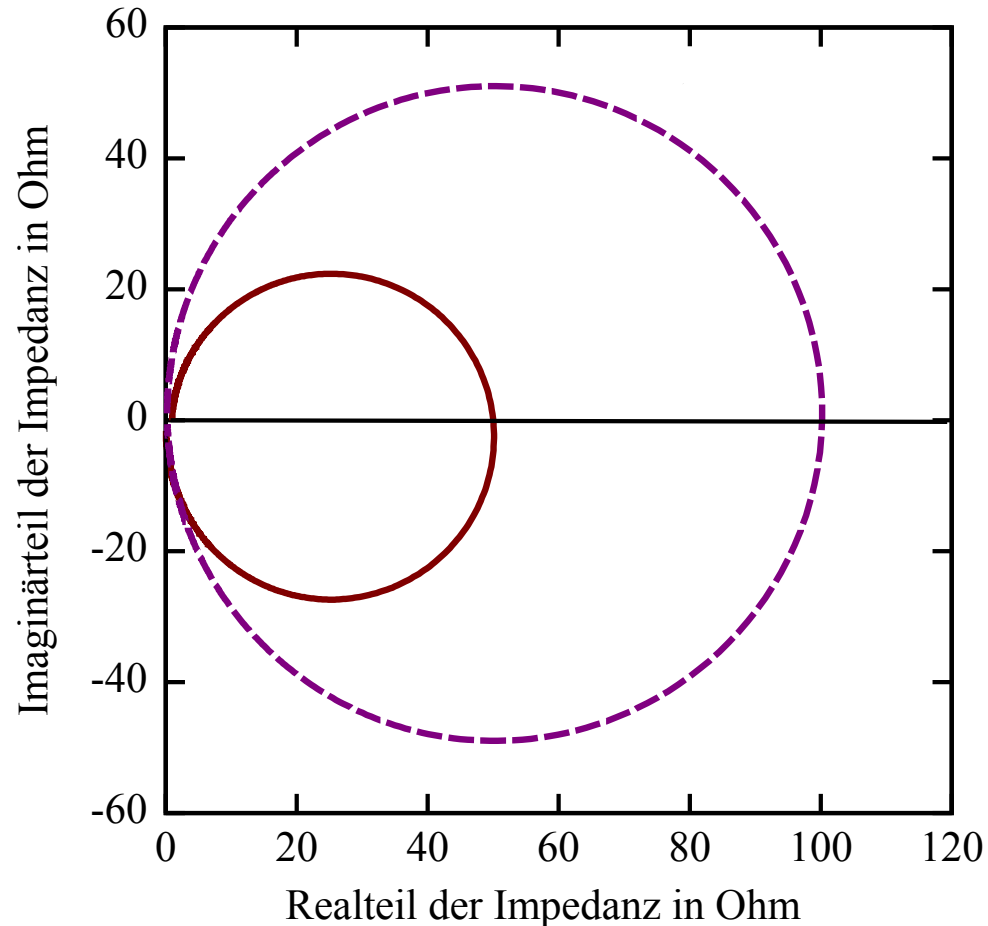
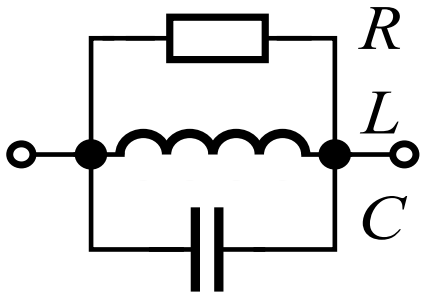
Admitanzverlauf des Reihenschwingkreises:

Die Höhe ist durch  $R$  die Breite durch  $Q_R$  bestimmt.

$Q_R = 0$  würde einem horizontalen Verlauf entsprechen



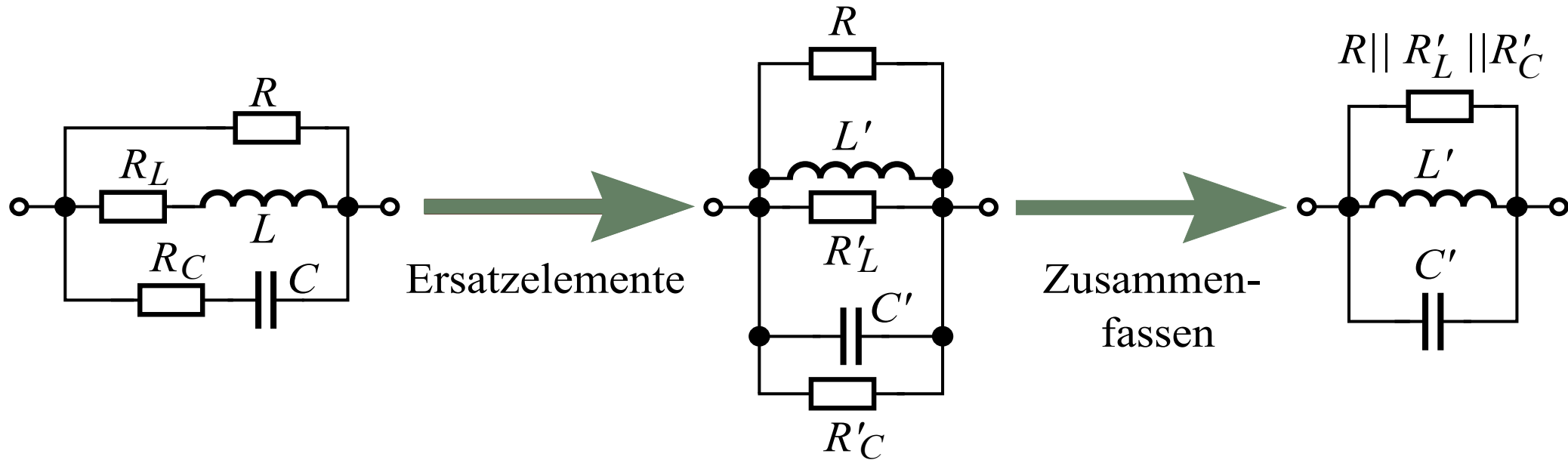
# Parallelschwingkreis



Ortskurve eines Parallelschwingkreises mit  $R = 100 \Omega$ ,  $L = 100 \mu\text{H}$  und  $C = 1 \mu\text{F}$  für den Fall einer idealen Spule (außen) und mit einem Ohm'schen Spulenwiderstand  $R_L$  (innen). Die maximale Impedanz ist reduziert, und bei hohen Frequenzen werden  $0 \Omega$  nicht mehr ganz erreicht



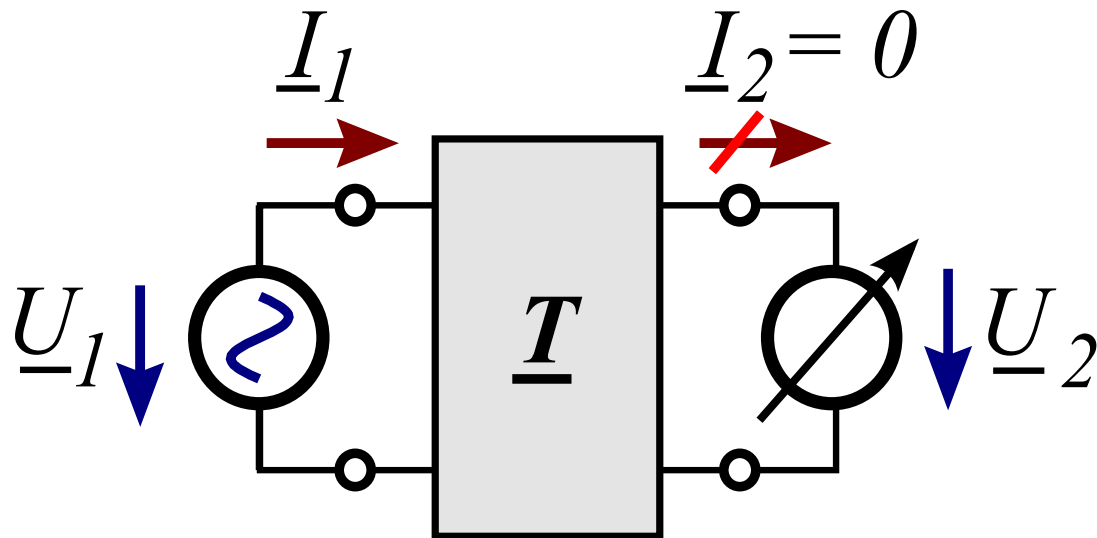
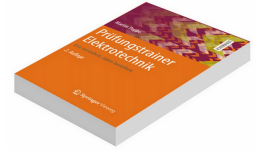
# Parallel-Ersatzkreis



Konstruktion des Parallel-Ersatz-Schwingkreises:

Je enger der betrachtete Frequenzbereich, desto ähnlicher sind die beiden Kreise

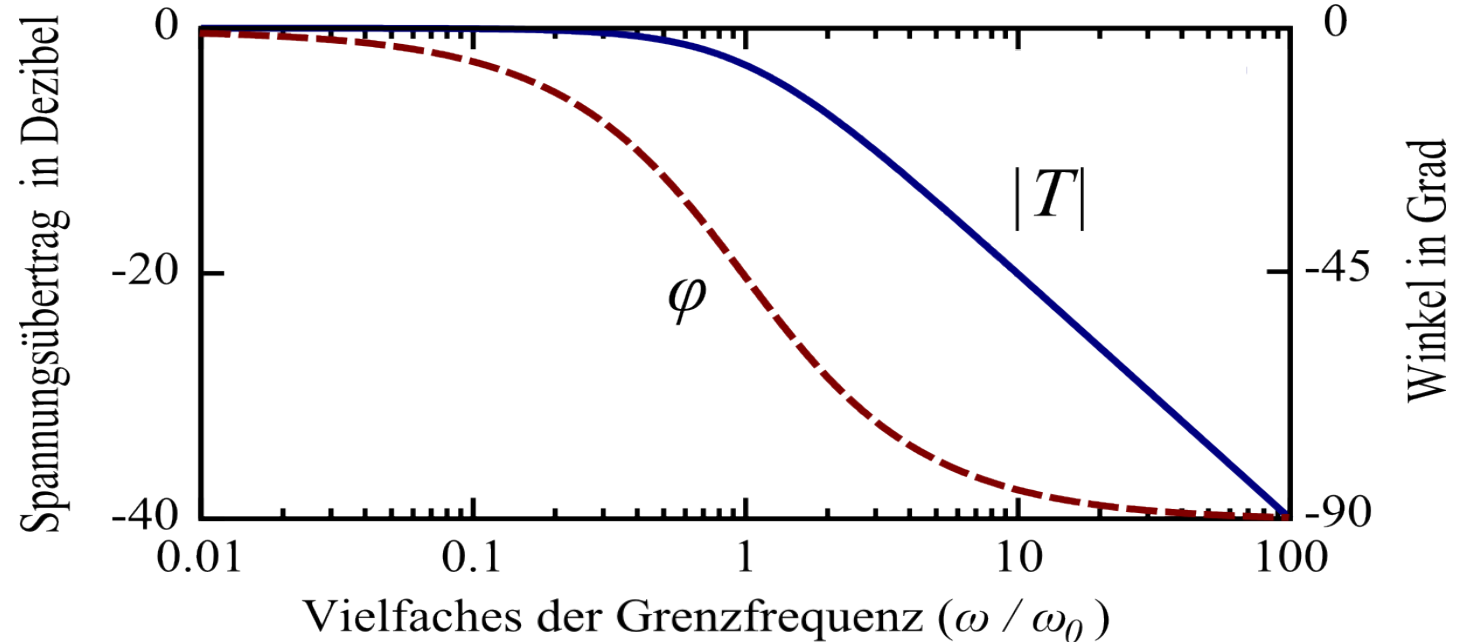
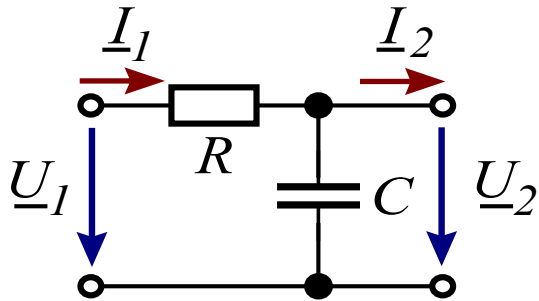
# Übertragungsfunktion



Randbedingungen bei der Berechnung einer Übertragungsfunktion. Die Übertragungsfunktion  $\underline{T}$  beschreibt eine unbelastete Schaltung an einer idealen Wechselspannungsquelle



# RC Tiefpass

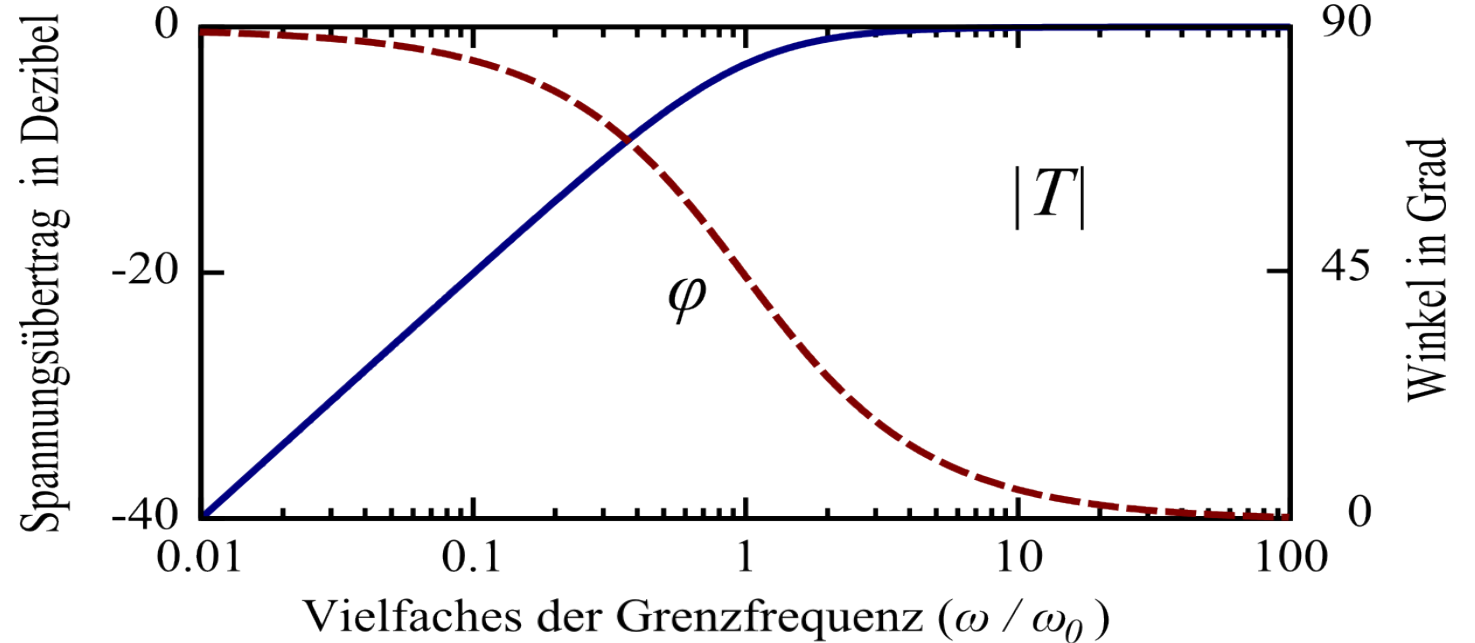
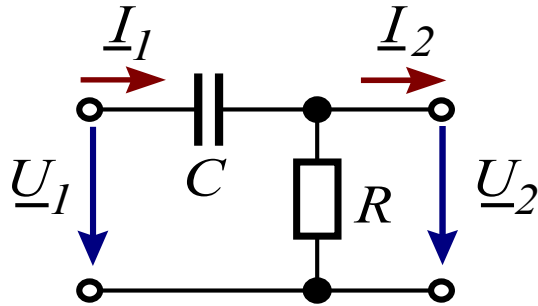


## RC-Tiefpass und dessen Bode-Diagramm

Widerstand und Kondensator ergeben zusammen die hier gezeigte, einfachste Variante. Bei der Grenzfrequenz ist die Phase  $\phi = -45^\circ$  und der Betrag geht von einem flachen in einen mit  $-20$  dB pro Frequenzdekade linear abfallenden Verlauf über



# RC Hochpass

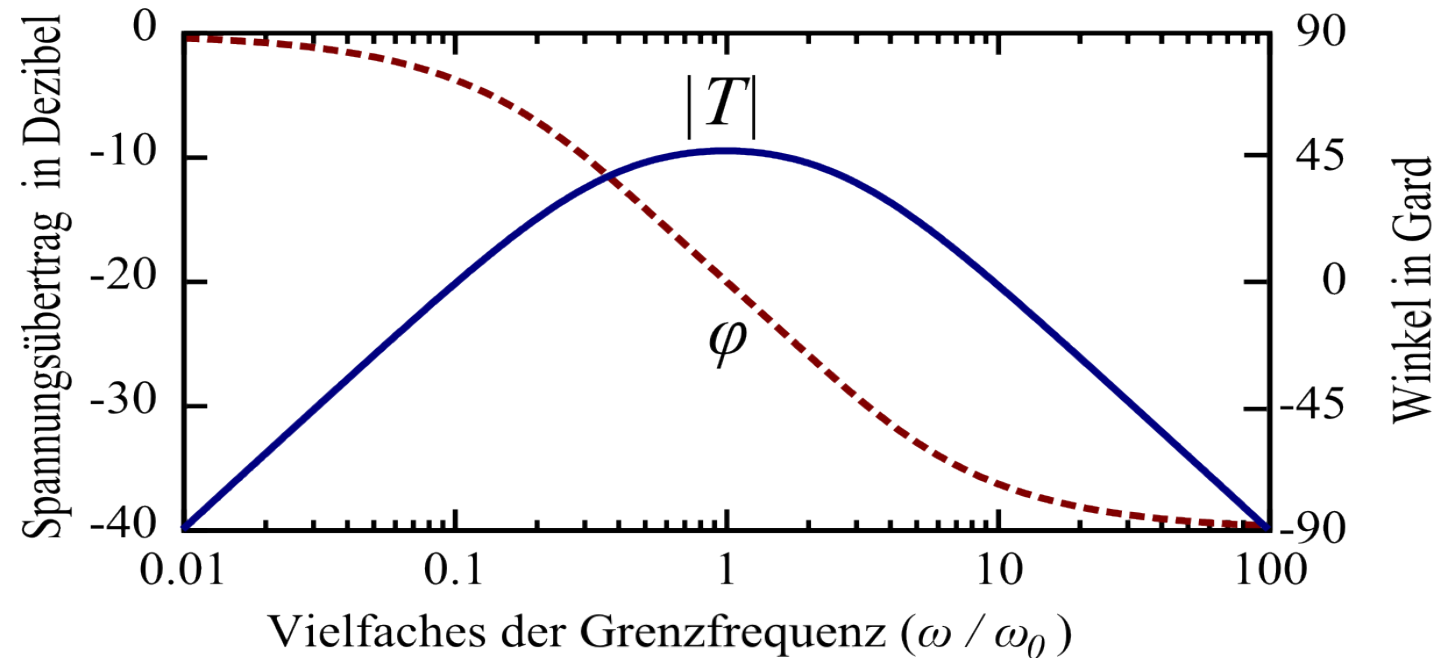
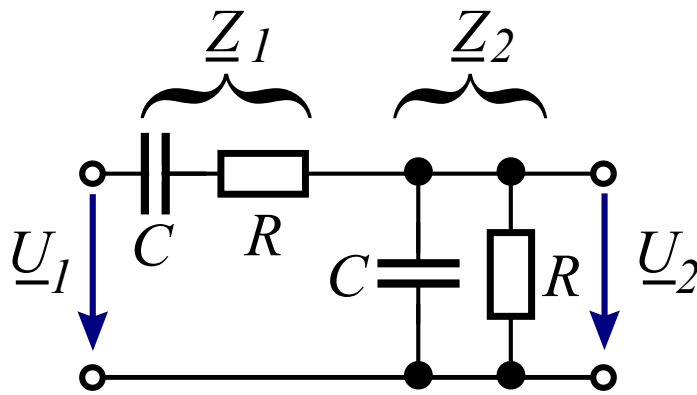


RC-Hochpass.

Der einfachste Hochpass besteht aus einem Kondensator und einem Widerstand



# Bandpass: Wien-Brücke



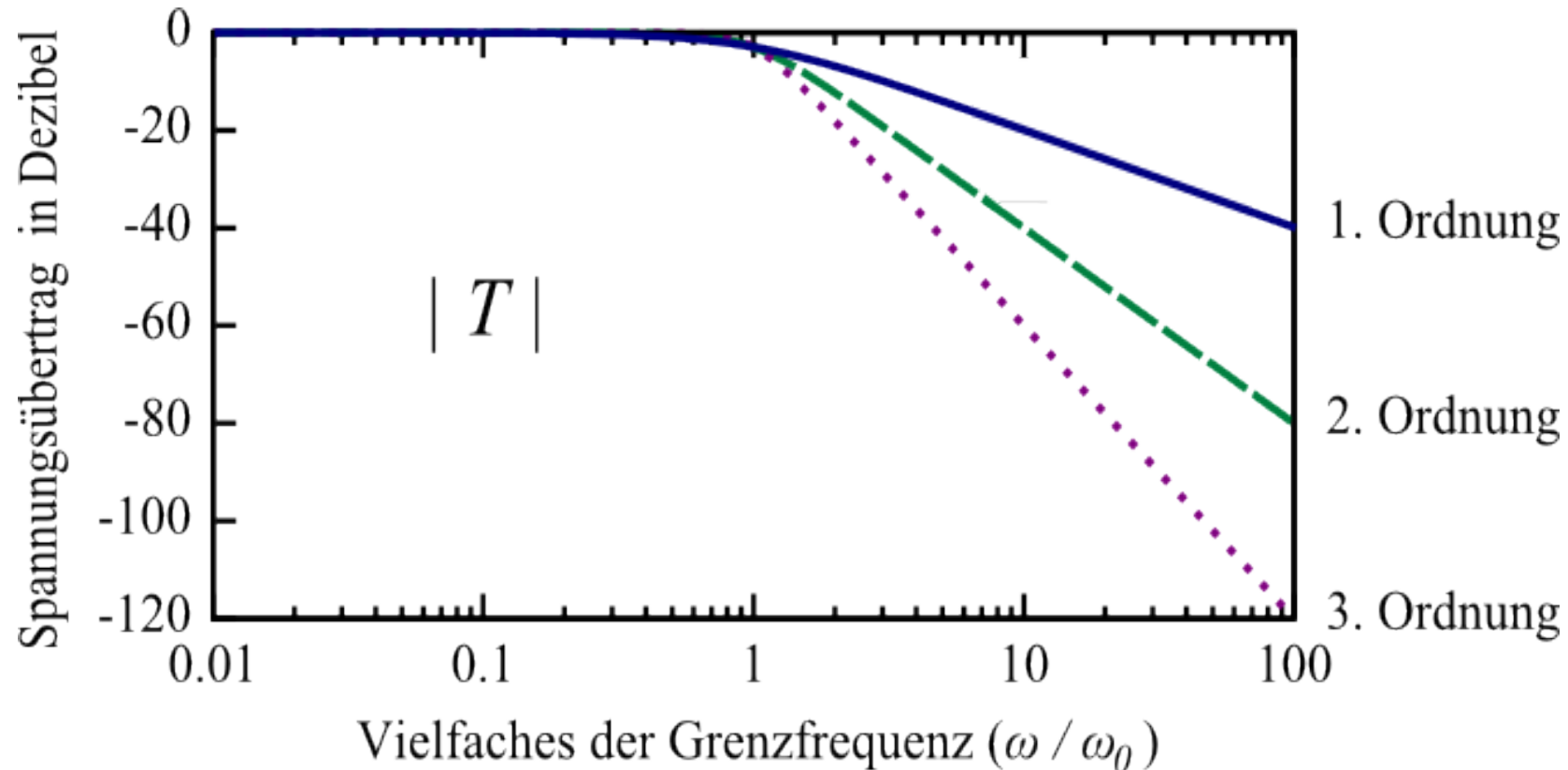
Wien-Brücke. Sie ist Beispiel für einen einfachen RC-Bandpass.

Er interpoliert sowohl hinsichtlich des Betrags als auch hinsichtlich der Phase zwischen einem Hochpass (links) und einem Tiefpass (rechts)





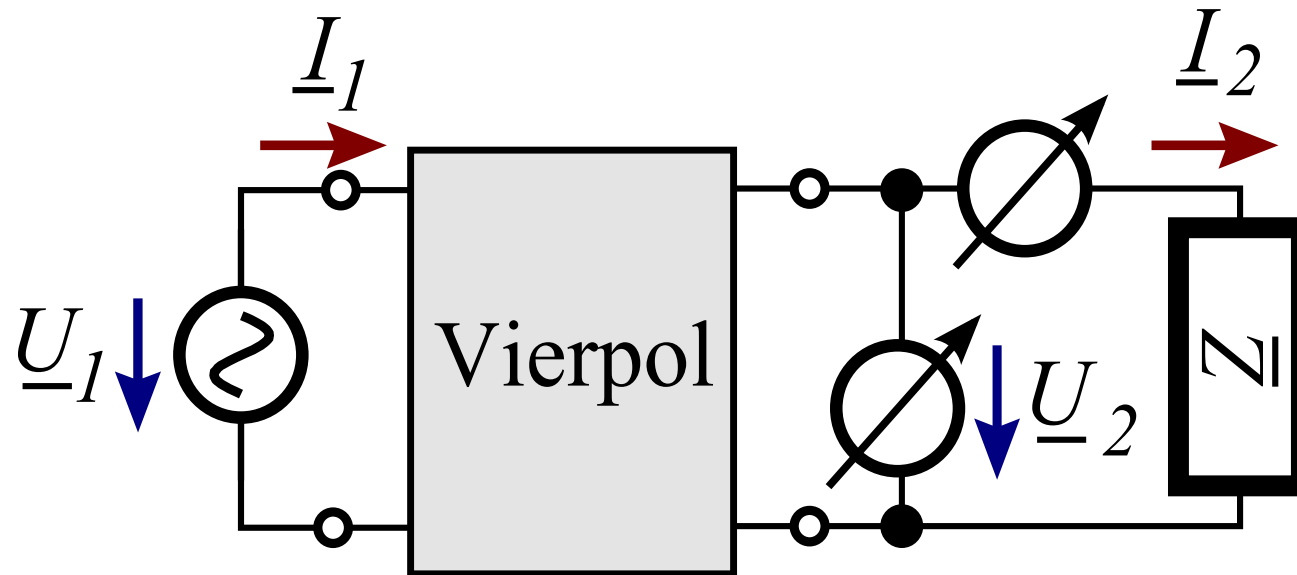
# Potenzfilter



Spannungsübertrag für drei Potenzfilter. Alle Kurven gehen durch den Punkt  $(\omega / \omega_0, T) = (1, -3 \text{ dB})$ . Andere Typen von Tiefpass-Filtern sehen an den  $\omega / \omega_0$ -Rändern bei gleicher Ordnung gleich aus.



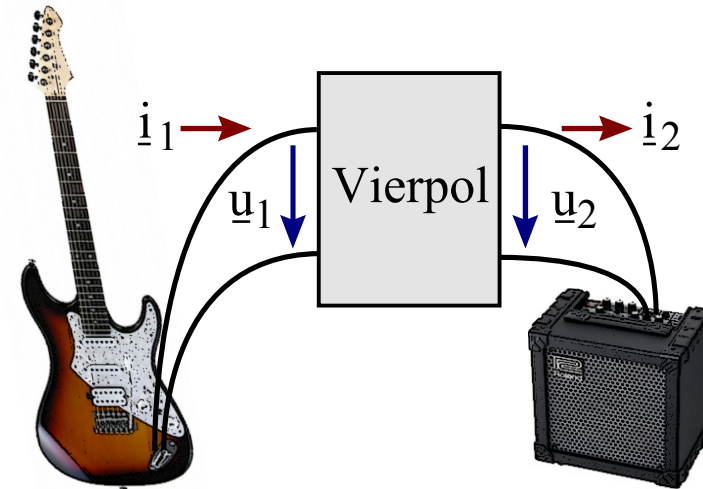
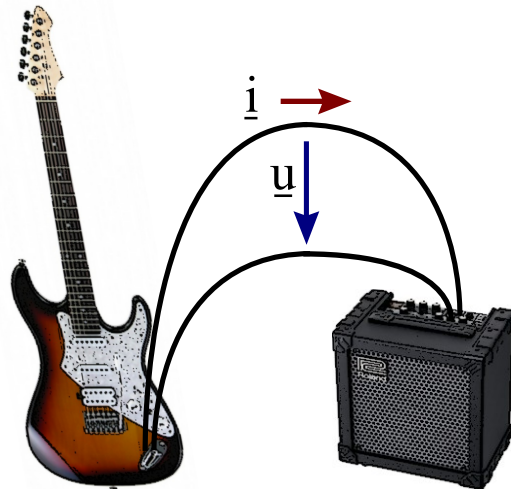
# Vierpole



Die von außen sichtbaren komplexen Amplituden an einem Vierpol.

Diese hängen von der Last  $Z$  ab.

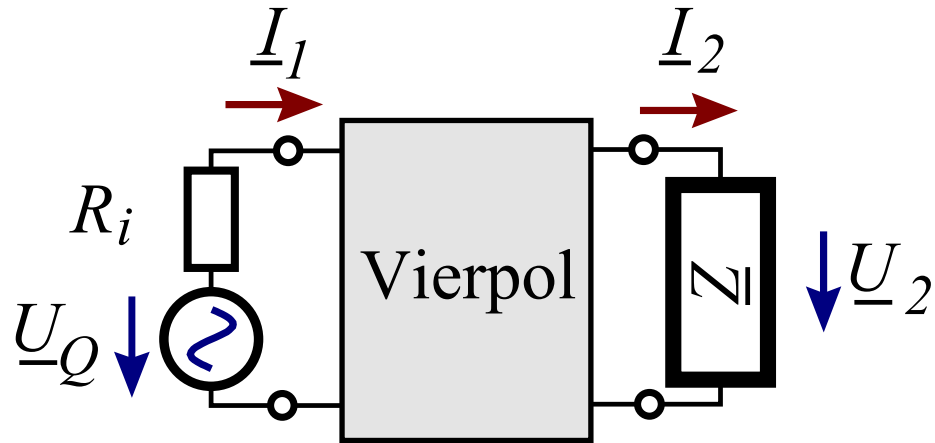
# Vierpolanwendung



Beispielschaltung vor und nach dem Einbau eines Vierpols: ein Verstärker mit Zusatzlautsprecher. Hier könnte der Vierpol für ein Verzerrpedal stehen.



# Vierpol im Gesamtsystem

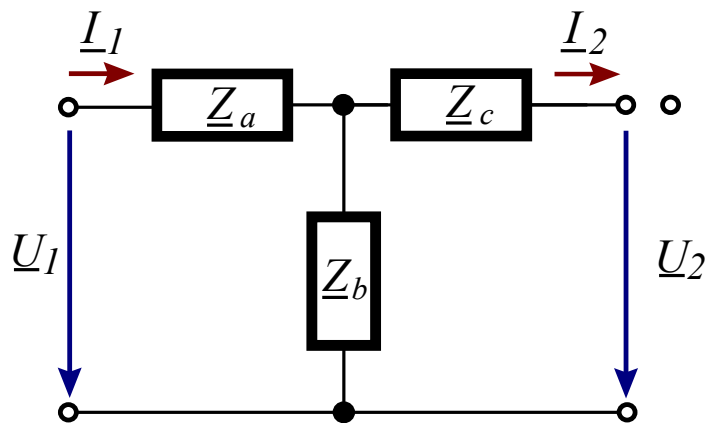


$$\begin{pmatrix} \underline{u}_0 - R_I \cdot \underline{i}_1 \\ \underline{i}_1 \end{pmatrix} = \underline{A} \cdot \begin{pmatrix} \underline{Z}_L \cdot \underline{i}_2 \\ \underline{i}_2 \end{pmatrix}$$

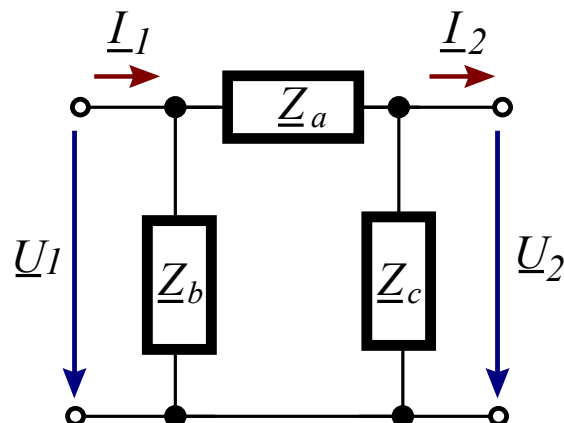
Beschreibung eines Gesamtsystems aus Quelle, Vierpol und Last. In diesem Fall ist der Versorger eine Spannungsquelle und der Verbraucher ein Lautsprecher



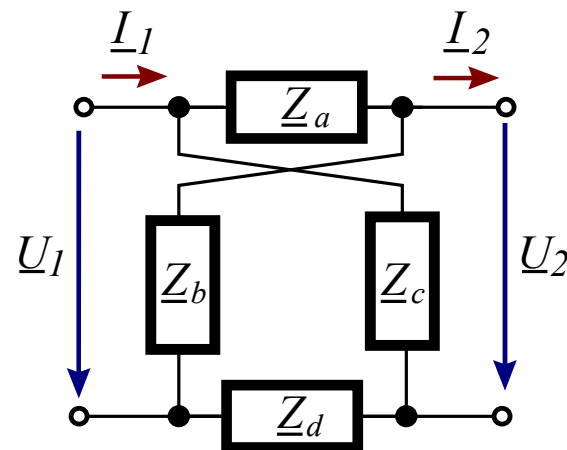
# Vierpol-Typen



**T**



**II**

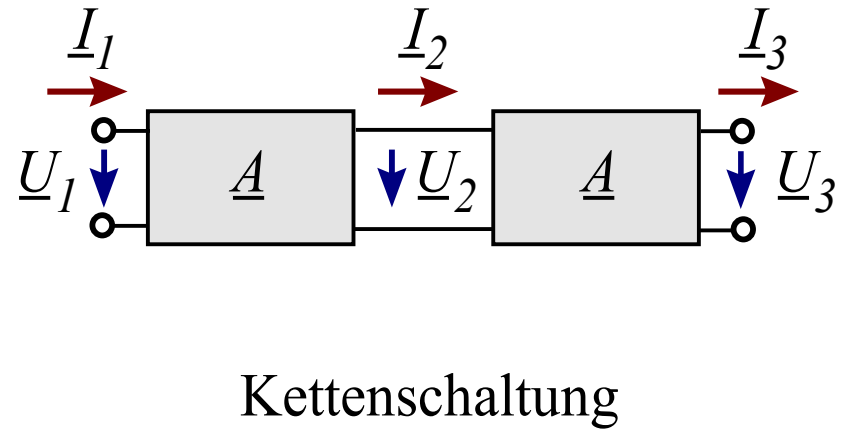
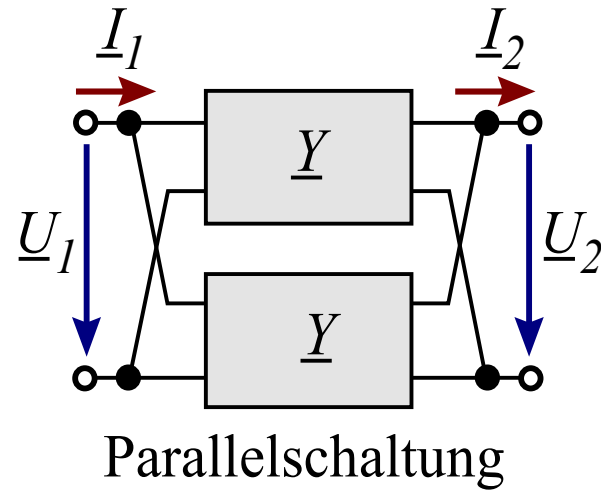
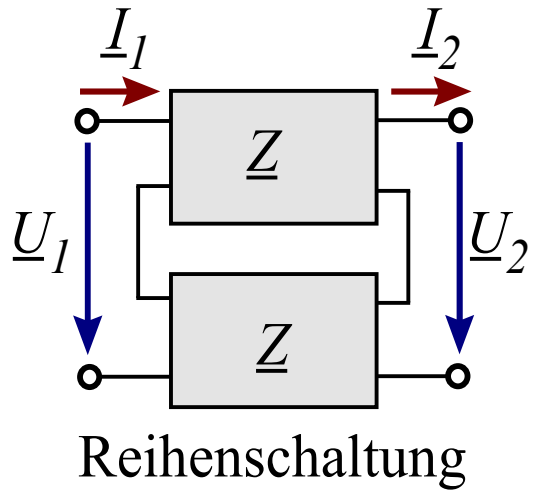


**X**

Elementare Vierpoltypen: Wer den Namen kennt, kennt die Struktur



# Matrizen-Auswahl



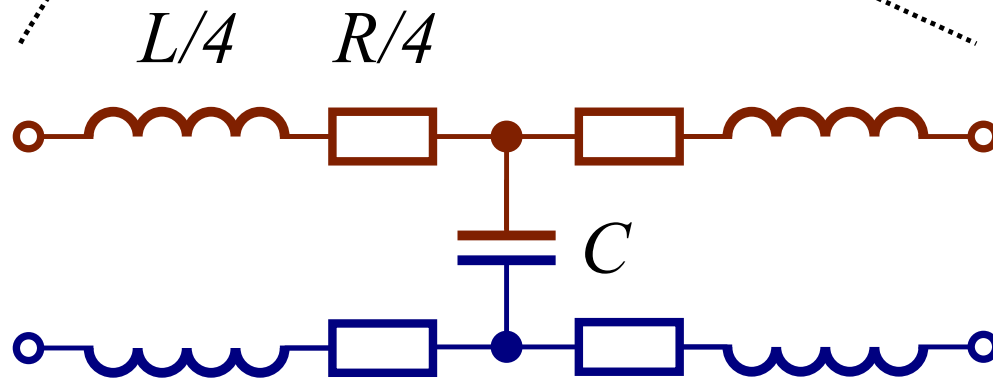
Kombinationen von Vierpolen und die jeweils am leichtesten zu rechnenden Matrizen



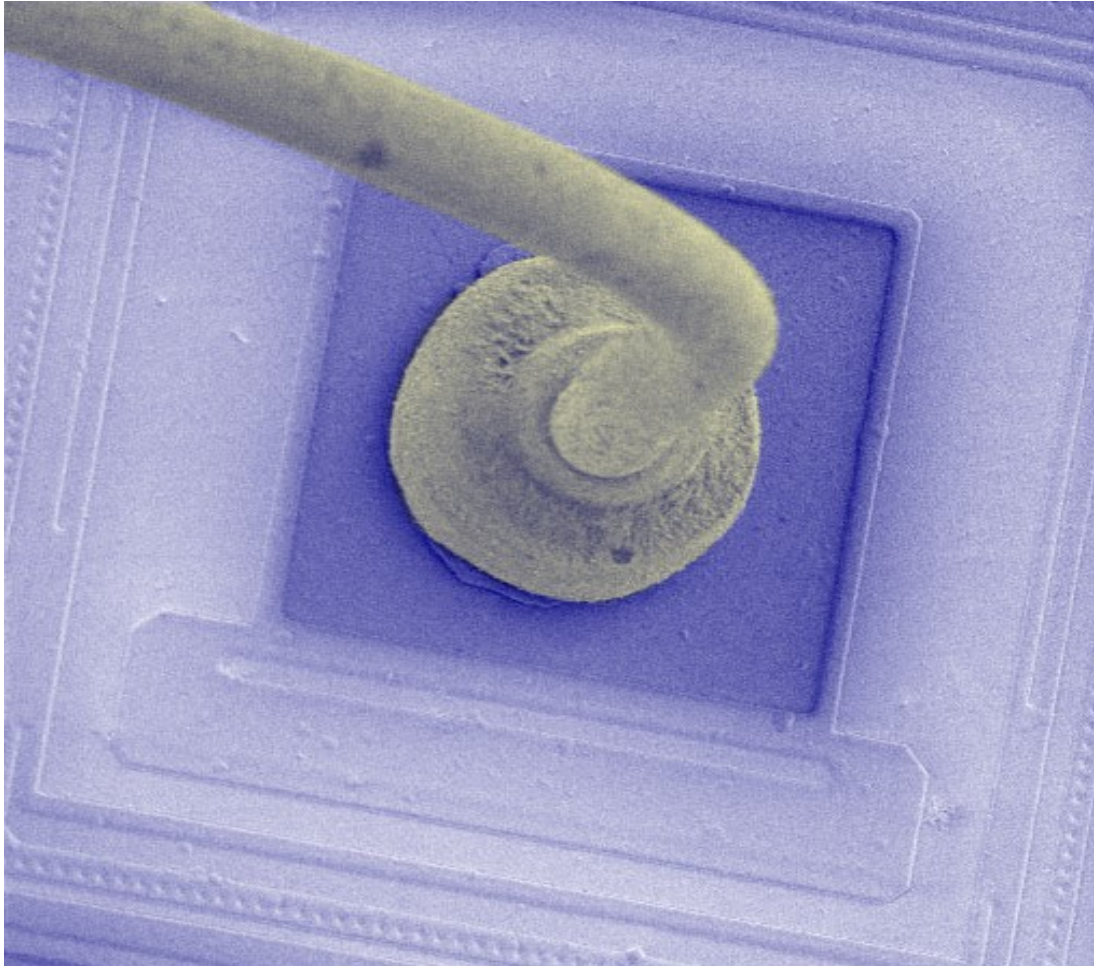
# Leitungsvierpol



Modellierung eines  
infinitesimal langen  
Zweidraht-  
Leitungstückchens  
als symmetrischer  
RLC Vierpol.



# Bondverbindung als Schwingkreis



Aufgabe:  
Raster-Elektronenmikroskop-  
Aufnahme einer Chip-  
Kontaktierung.

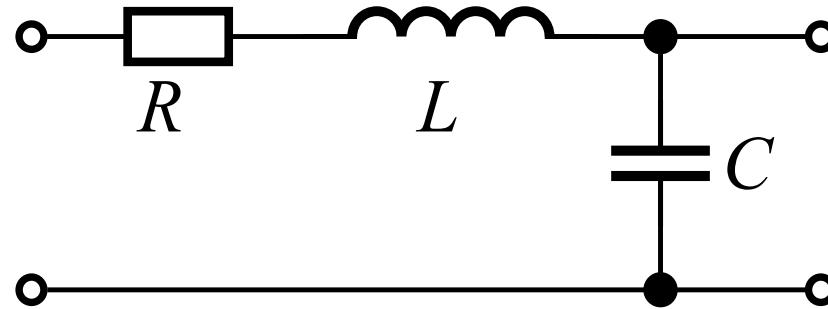
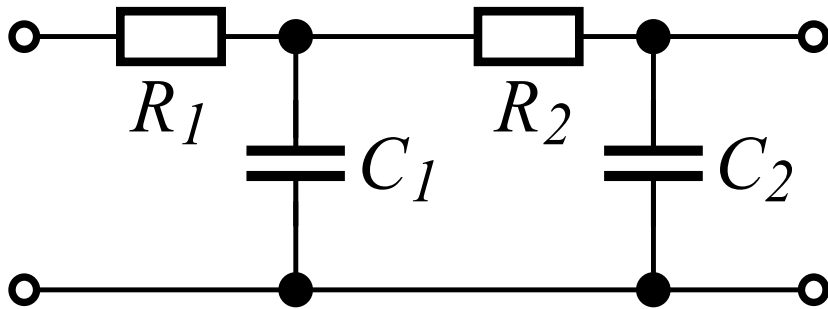
Man erkennt den  
gekrümmten Bonddraht,  
seinen durch Anschmelzen  
entstandenen Fuß  
und (quadratisch) die  
darunter liegende  
Kontaktierungsfläche.  
(Photo:SEM Lab)

Zusammen bilden sie einen  
Reihenschwingkreis





# Wer wird Butterworth?

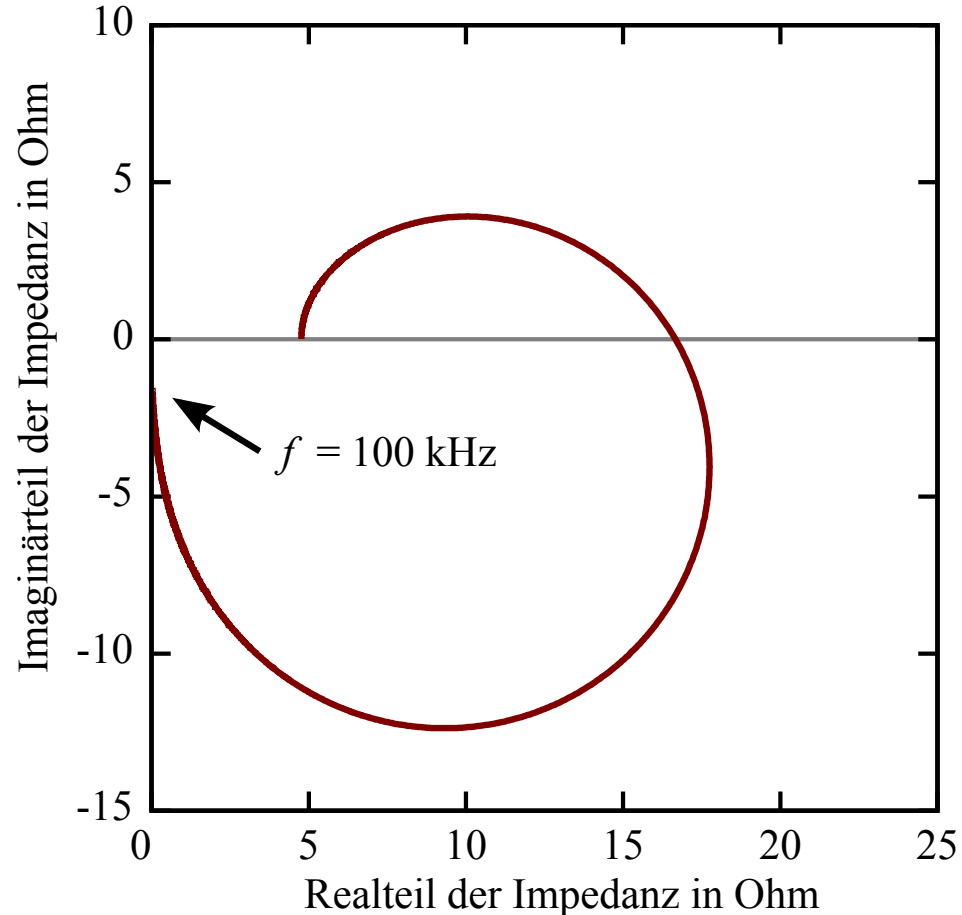


Aufgabe:

Zwei Tiefpässe zweiter Ordnung, links ein reiner RC-Pass, rechts die RLC-Variante  
Aus welchem kann ein Butterworth- (Potenz-) Filter werden?



# Ortskurve Parallelschwingkreis



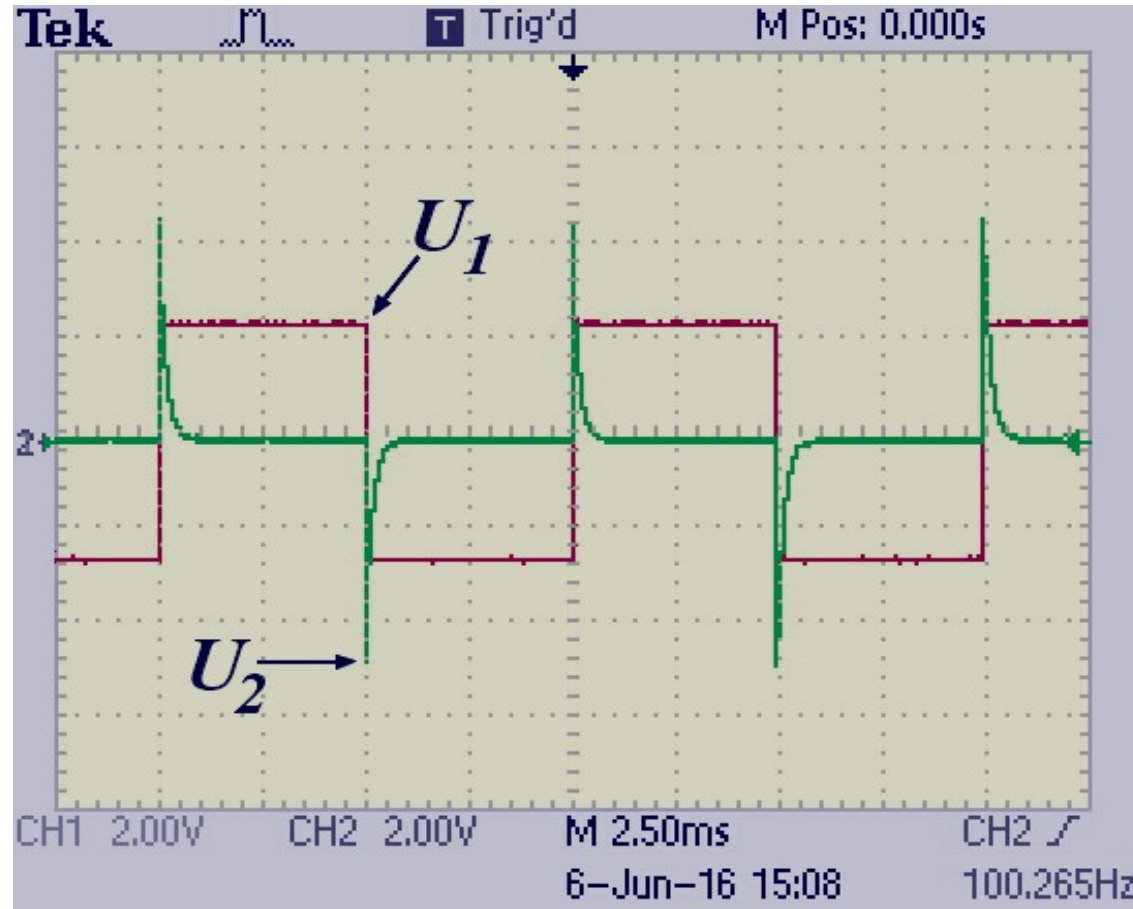
Aufgabe:  
Ortskurve eines  
Parallelschwingkreises mit nicht  
zu vernachlässigendem  
Spulenwiderstand

Die Güte der Spule beträgt bei  
einer Frequenz von  $f = 16 \text{ kHz}$   
 $Q_{\text{Spule}} = 2$ . Die übrigen Bauteile  
sind fast ideal. Bei einer  
Frequenz von  $f = 100 \text{ kHz}$   
beträgt die Gesamtimpedanz ca.  
 $|Z| = 1,6 \Omega$ .

Bitte schätzen Sie die Werte für  
 $R_L$ ,  $L$  und  $C$  ab.



# Hochpass Sprungantwort



Lösung:  
So reagiert der Hochpass

Messungen der Ein- und Ausgangsspannungen an einem RC-Hochpass. Speist man diesen mit einem Rechtecksignal (rot), so kann er Nadelimpulse (grün) liefern.