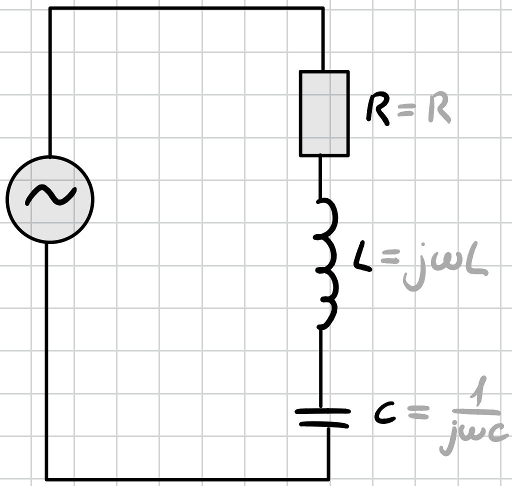
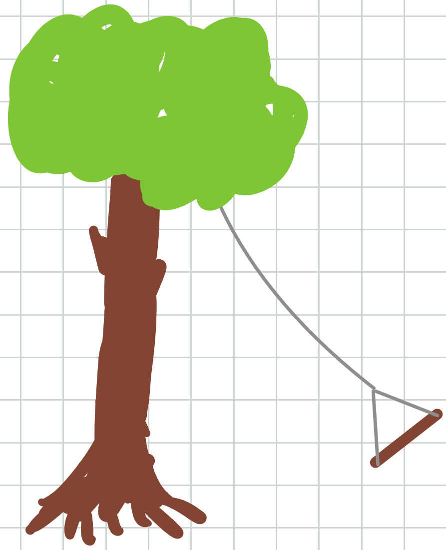
Übung 3

am 7.3.2025

Rares Sahleanu

Der Serienschwingkreis





Analogie: Schaukel

$$\left\{ \begin{array}{lcl} \text{Widerstand} & \hat{=} & \text{Reibung} \\ \text{Induktivität} & \hat{=} & \text{Geschwindigkeit} \\ \text{Kapazität} & \hat{=} & \text{Höhe} \end{array} \right.$$

Wichtig vorab: Wie kapazitiv ein Kondensator ist $\hat{=} \frac{1}{\omega C} \cdot \frac{1}{j}$

Wie induktiv eine Induktivität ist $\hat{=} \omega L \; j$

Die Gesamtimpedanz $= R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$

Es ist theoretisch möglich den imag. Teil $= 0$ zu kriegen

Aber wieso wollen wir den Imaginär-teil $= 0$?

"Strom und Spannung sind einander gegenüber um $|Z|$ skaliert!"

&

$$|Z|^2 = R^2 + \overbrace{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}^{=0}{}^2$$

⇒ Gesamtwiderstand ist min → Spannung bzw. Strom minimal

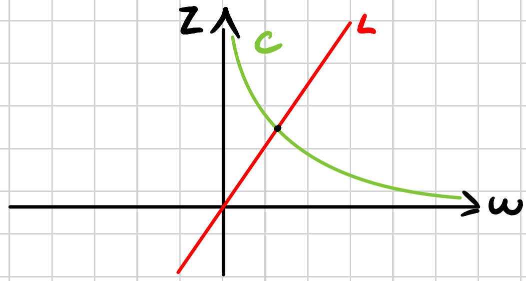
→ Reaktive Bauteile tauschen Energie unteinander auf $\hat{=}$ "Resonanz"

Jetzt wissen wir wieso wir den Blindwiderstand $= 0$ wollen, aber wann passiert das?

$$\operatorname{Im}(\underline{Z}) = \omega L - \frac{1}{\omega C} \overset{!}{=} 0$$

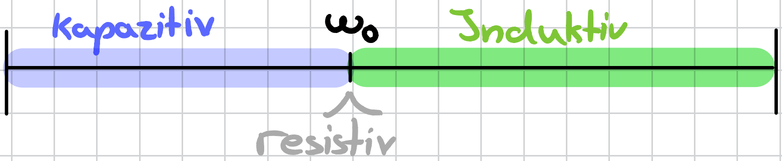
$$\Rightarrow \quad \omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\Rightarrow \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0$$

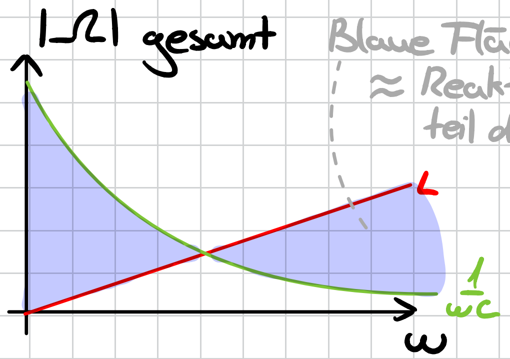


Was passiert unter / drüber der Resonanzfrequenz?

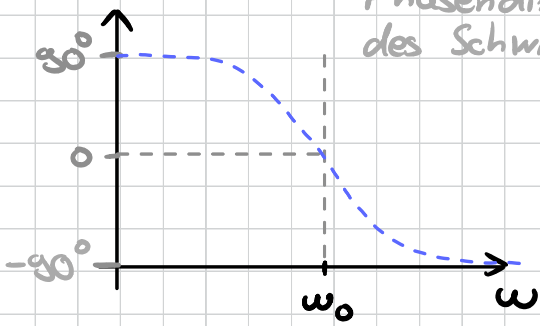
$\Rightarrow$



Allgemeines Verhalten eines Schwingkreises

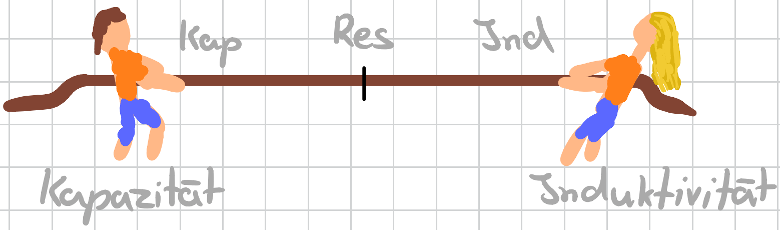


Blaue Fläche ≈ Reaktiver Anteil des Kreises



Phasendifferenz des Schwingkreises

wird schwächer mit zunehmender Frequenz



Wird stärker mit zunehmender Frequenz

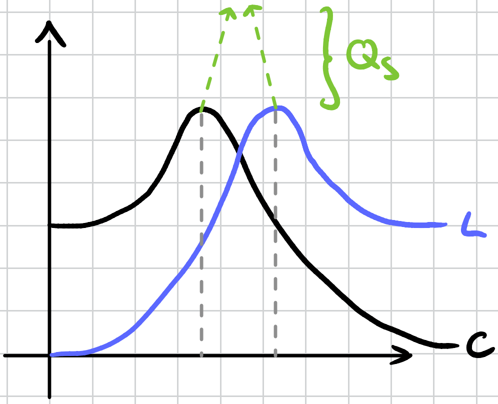
Also nochmal kurz: Ist die Frequenz zu hoch, so ist das Netzwerk eher induktiv

Ist die Frequenz zu niedrig, so ist das Netzwerk eher kapazitiv

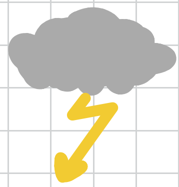
Irgendwo dazwischen ist es weder-noch und da ist es, wenn überhaupt rein ohmisch

Jetzt wissen wir wieso wir den Widerstand =0 wollen und wann das passiert, aber was bringt es uns jetzt?

Spannung!



Spannungen erreichen nicht ihren peak bei der selben Frequenz wenn der Kreis gedämpft



⇒ Aber zumindest wird Spannung überhöht!

Die maximal mögliche Spannungsamplitude an den verschiedenen Bauteilen beträgt

$$\hat{u}_R = u$$

$$\hat{u}_L = \hat{u}\,\frac{\sqrt{L}}{R\sqrt{C}} = \hat{u}\,Q_s \quad \text{mit} \quad Q_s = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

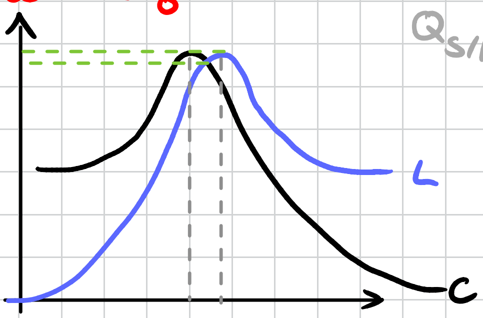
$$\hat{u}_C = \bar{u}\,\frac{\sqrt{L}}{R\sqrt{C}} = \hat{u}\,Q_s = \frac{1}{d_s}$$

Wichtig: Das sind die möglichen Spannungsspitzen aber wir wissen immernoch nicht was bei ω_0 passiert

Gute Annäherung:

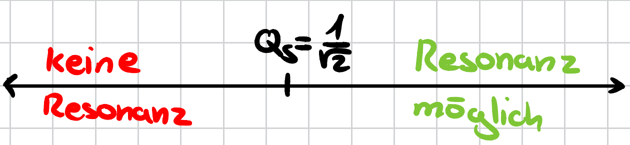
Für $Q_s > 4$ gilt bei $\omega = \omega_0$:

$$\left.\begin{aligned} \hat{u}_R &= \hat{u} \\ \hat{u}_L &\approx \hat{u}\,Q_s \\ \hat{u}_C &\approx \hat{u}\,Q_s \end{aligned}\right\}$$



$Q_{s/p}$ gibt heuristisch an wie gut ein Schwingkreis oszilieren kann

Ebenfalls



Analogie: Pendel im Wasser

Der Parallelschwingkreis

Beim Parallelschwingkreis ist alles gleich nur dass es hier zur Stromüberhöhung kommt:

1. $$Q_p = R\sqrt{\frac{C}{L}}$$
2. Maximale Stromamplituden: $\hat{i}_C = \hat{i}_L = Q_p \hat{i}$
3. Im Resonanzfall ist $\mathrm{Im}(\underline{Z}) = 0$
4. $Q_p > 4 \Rightarrow$ Im Resonanzfall $\hat{i}_C = \hat{i}_L = Q_p \hat{i}$

- Definitionen für später und Klausur-relevantes

  + Grenzfrequenz(-en) ω_i sind definiert als die Frequenzen wo:

    I $\quad \varphi = \pm 45°$

    II $\quad |Z| = \mathrm{Re}(\underline{Z})\sqrt{2}$

    III $\quad \omega_i \approx \omega_0 \left(\pm \frac{1}{2Q} + \sqrt{1 + \frac{1}{4Q^2}}\right)$

  + Die Bandbreite $B = \frac{1}{2\pi}(\omega_2 - \omega_1) = f_2 - f_1 = \frac{f_0}{Q}$

  + Resonanz trifft ein bei:
    - $\varphi = 0°$
    - $\mathrm{Im}\{\underline{Z}\} = 0$