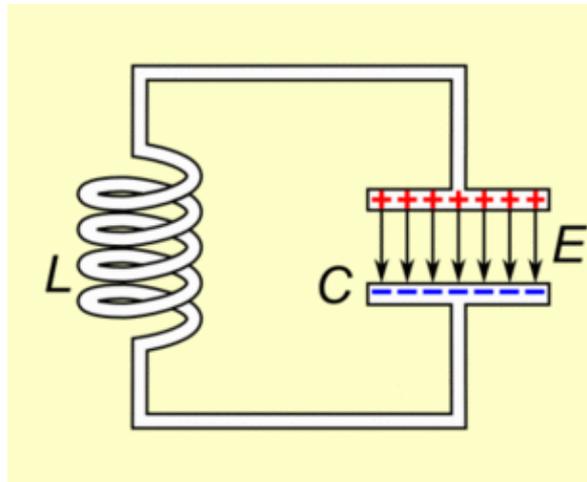


Energiebilanz in einem LC-Schwingkreis

*Energie des
magnetischen
Feldes*



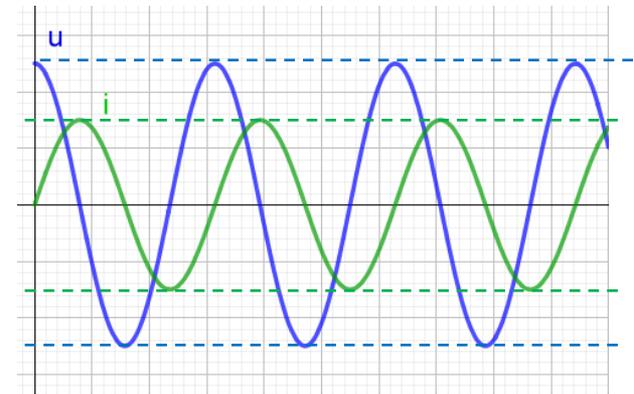
*Energie des
elektrischen
Feldes*

Im Schwingkreis wird **elektrische Energie** des Kondensators periodisch in **magnetische Feldenergie** der Spule umgewandelt.

$$E_{el} \longleftrightarrow E_{mag}$$

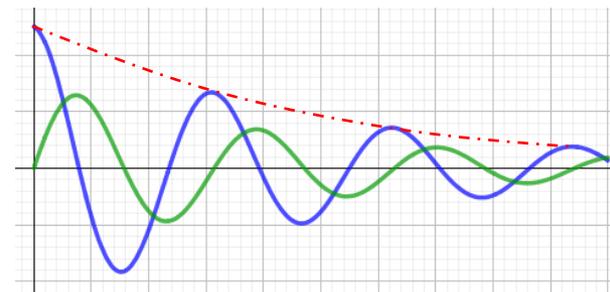
Ohne Energieverluste (idealer SK) entsteht eine ungedämpfte elektromagnetische Schwingung mit konstanter Amplitude.

$$E_{el} + E_{mag} = \textit{konstant}$$



Bei einmaliger Energiezufuhr treten in einem realen Schwingkreis Energieverluste auf.

- ohmscher Widerstand (Stromwärme)
- Magnetfeldverluste (Abstrahlung)
- Erwärmung im Dielektrikum
- Induktion im Eisenkern (Wirbelströme)



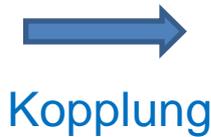
Es entsteht eine gedämpfte Schwingung mit **exponentiell** abnehmender Amplitude.

Erzeugung ungedämpfter elektromagnetischer Schwingungen ?

→ Ausgleich der Energieverluste

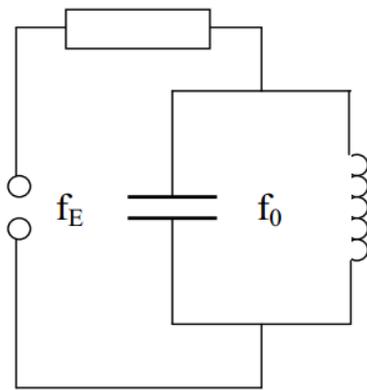
→ periodische Energiezufuhr

Erregerschwingung mit
Erregerfrequenz f_E

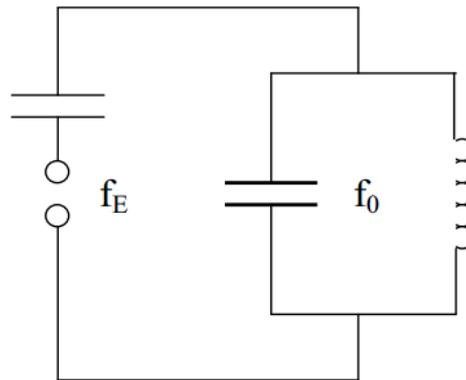


Schwingkreis mit
Eigenfrequenz f_0

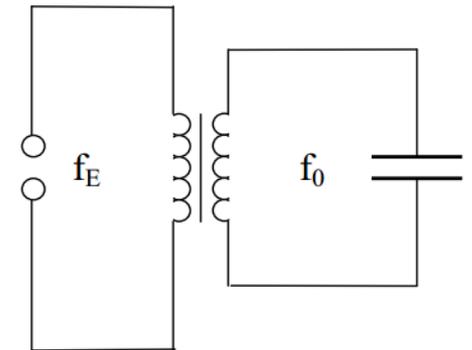
a) direkte Kopplung



b) kapazitive Kopplung

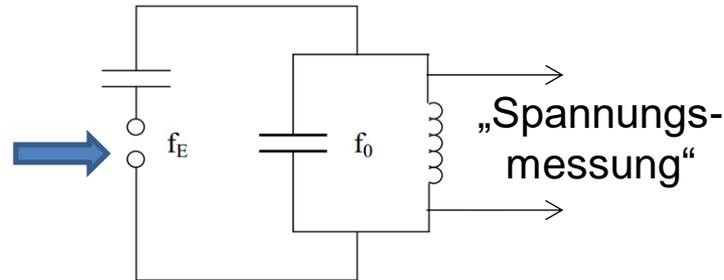


c) induktive Kopplung

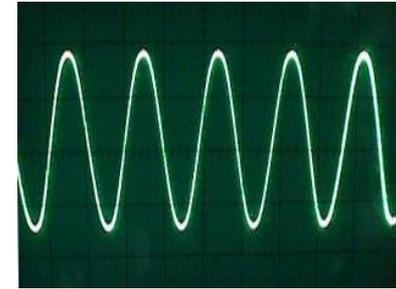


experimentelle Untersuchung:

UVG
(periodische
Energiezufuhr mit
der Frequenz f_E)



Oszillograf

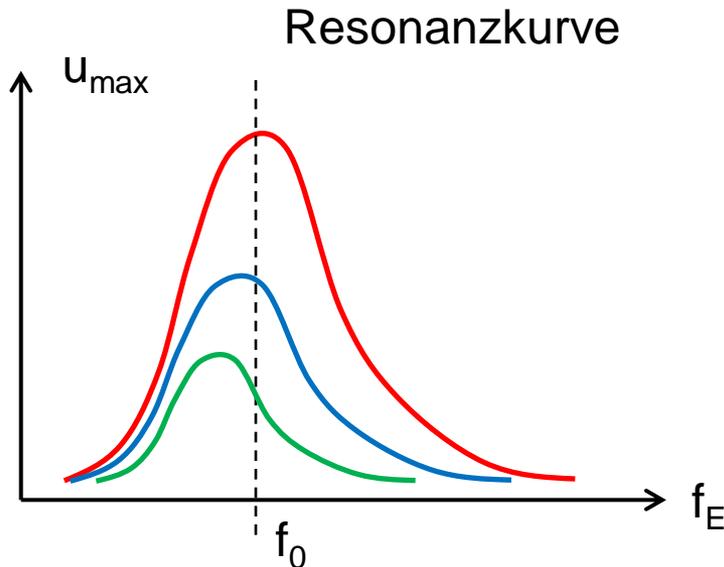


Beobachtung:

- Bei der Änderung von f_E ändert sich auch die Frequenz im Schwingkreis.
 - Es entsteht eine erzwungene Schwingung mit der Frequenz f_E .
 - Die Amplitude der erzwungenen Schwingung ändert sich.
 - Bei einer bestimmten Frequenz f_E ist die Amplitude (Spannung) im Schwingkreis am größten.

Stimmen Erregerfrequenz f_E und Eigenfrequenz f_0 des Schwingkreises überein, so liegt **Resonanz** vor.

Im Resonanzfall ist die Amplitude der Spannung (und damit die Energie) im Schwingkreis am größten.



Die maximale Amplitude im Resonanzfall wird durch die Dämpfung des Schwingkreises bestimmt

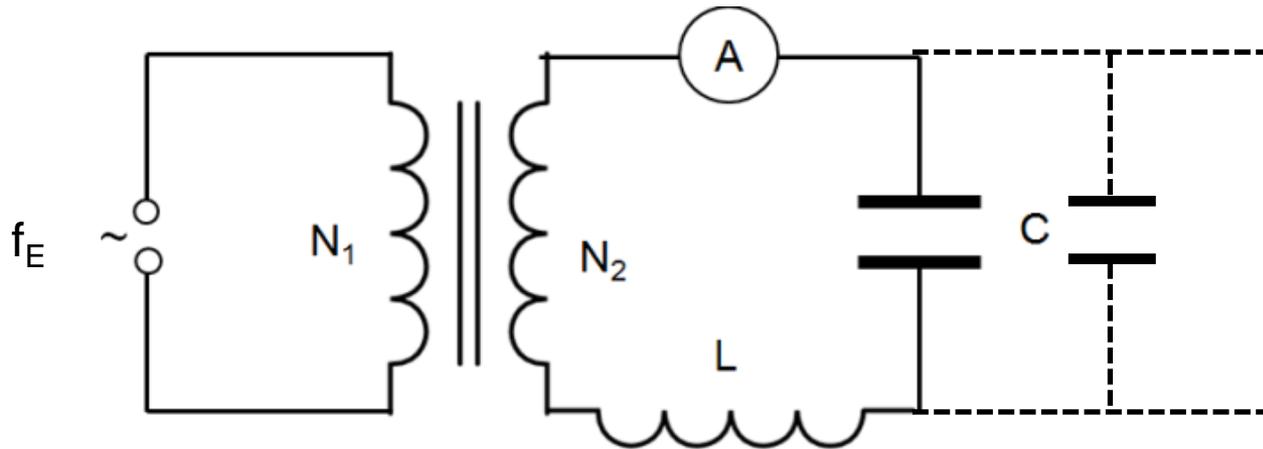
** Bei starken Dämpfungen verschiebt sich das Spannungsmaximum zu kleineren Frequenzen.*

Anwendung/Bedeutung:

- Bestimmung der Eigenfrequenz eines Schwingkreises
- Bestimmung von C bzw. L bei bekannter Eigenfrequenz

Schülerexperiment:

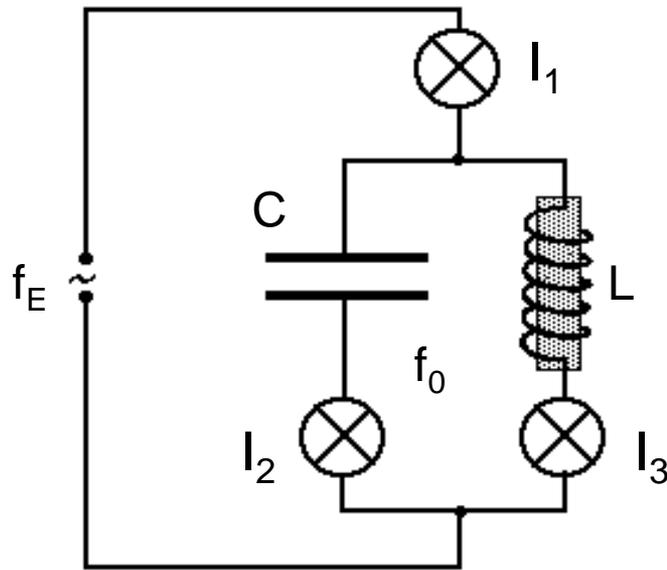
Bestimmen Sie aus der Resonanzkurve eines Schwingkreises die Induktivität der Spule im Schwingkreis.



Erregerfrequenz $f_E = 50\text{Hz}$ (Wechselstrom)

Resonanzkurve durch Parallelschaltung von Kondensatoren ...

Stromstärke bei erzwungener Schwingung:



technischer Wechselstrom

$$f_E = \text{konstant} = 50\text{Hz}$$

Die Glühlampen veranschaulichen die Stromstärke am Schwingkreis

I_1 ... Erregerstromstärke

I_2 ... Kondensatorstromstärke

I_3 ... Spulenstromstärke

→ Die Eigenfrequenz f_0 des Schwingkreises wird nun durch Verschieben des Eisenkerns verändert.

Beobachtung:

$f_E \neq f_0$ $I_2 \neq I_3$; I_1 ist sehr groß

$f_E = f_0$ $I_2 = I_3$ sehr groß; I_1 ist klein

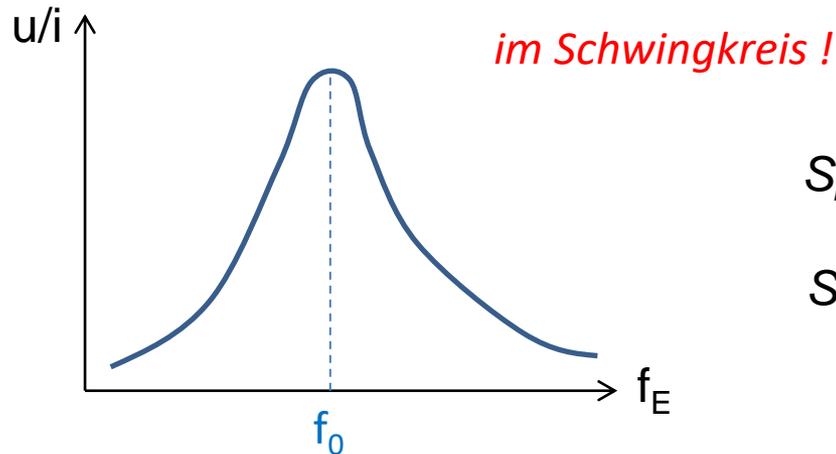
Resonanzfall !

Im Resonanzfall ($f_E = f_0$) fließt im Schwingkreis eine maximale Stromstärke.

Die Erregerstromstärke (Energiezufuhr) ist minimal.

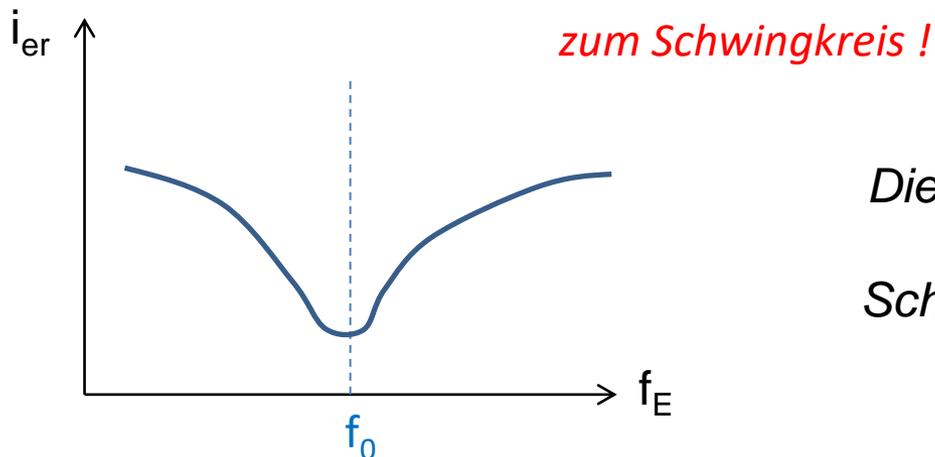
Resonanzkurven:

Im Resonanzfall einer erzwungenen Schwingung findet im Schwingkreis eine maximale Energieumwandlung statt.



Spannung und Stromstärke
im
Schwingkreis sind maximal

Im Resonanzfall ist die von außen zugeführte (notwendige) Energie am kleinsten.



Die Erregerstromstärke
zum
Schwingkreis ist minimal