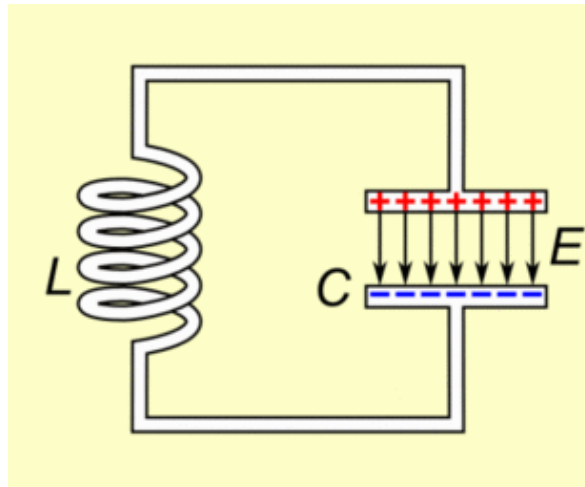


# Energiebilanz in einem LC-Schwingkreis

*Energie des  
magnetischen  
Feldes*



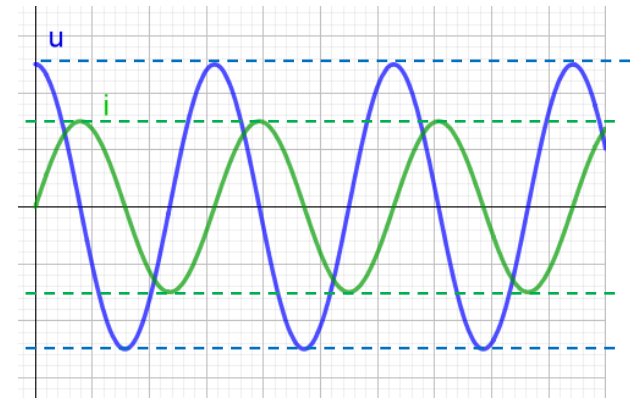
*Energie des  
elektrischen  
Feldes*

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

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

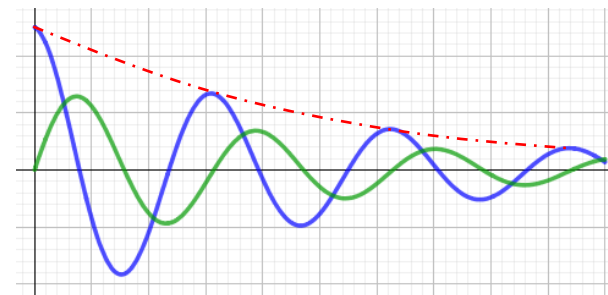
Ohne Energieverluste (idealer SK) entsteht eine ungedämpfte elektromagnetische Schwingung mit konstanter Amplitude.

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



Bei einmaliger Energiezufuhr treten in einem realen Schwingkreis Energieverluste auf.

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



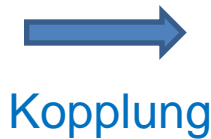
Es entsteht eine gedämpfte Schwingung mit **exponentiell** abnehmender Amplitude.

# Erzeugung ungedämpfter elektromagnetischer Schwingungen ?

→ Ausgleich der Energieverluste

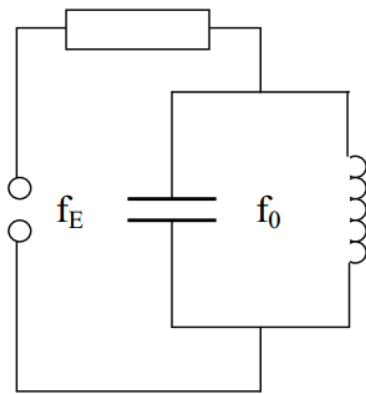
→ periodische Energiezufuhr

Erregerschwingung mit  
Erregerfrequenz  $f_E$

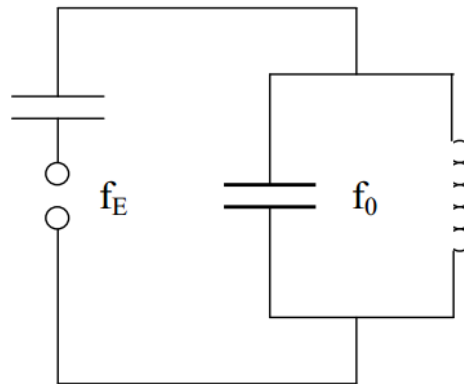


Schwingkreis mit  
Eigenfrequenz  $f_0$

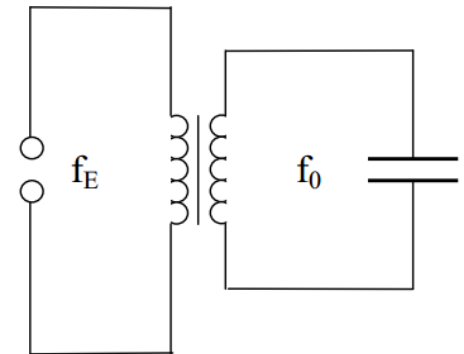
a) direkte Kopplung



b) kapazitive Kopplung

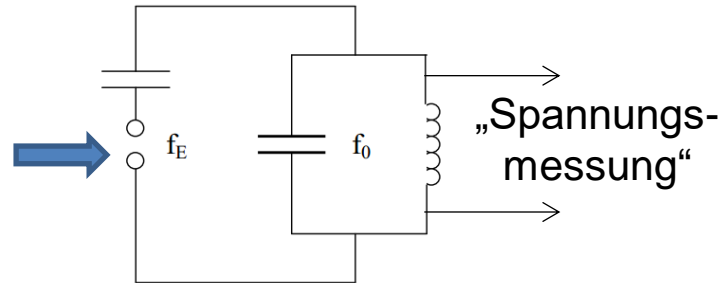


c) induktive Kopplung

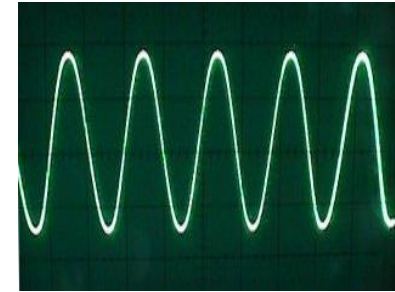


## experimentelle Untersuchung:

UVG  
(periodische  
Energiezufuhr mit  
der Frequenz  $f_E$ )



Oszillograf

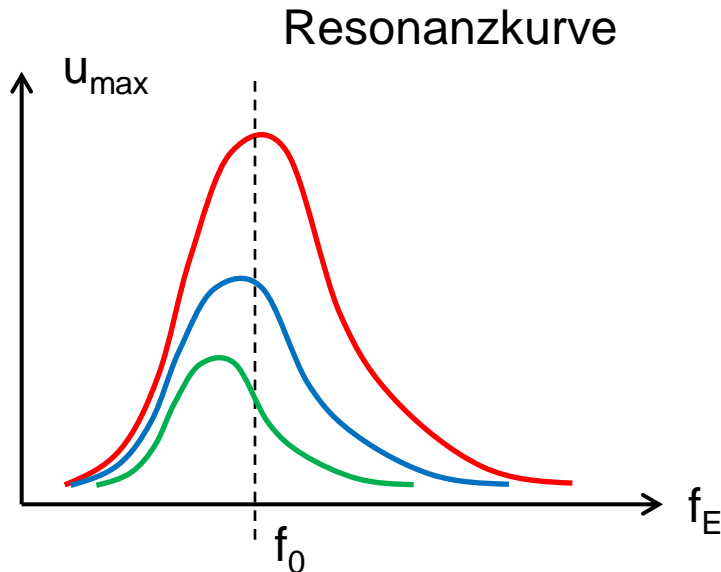


## Beobachtung:

- 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

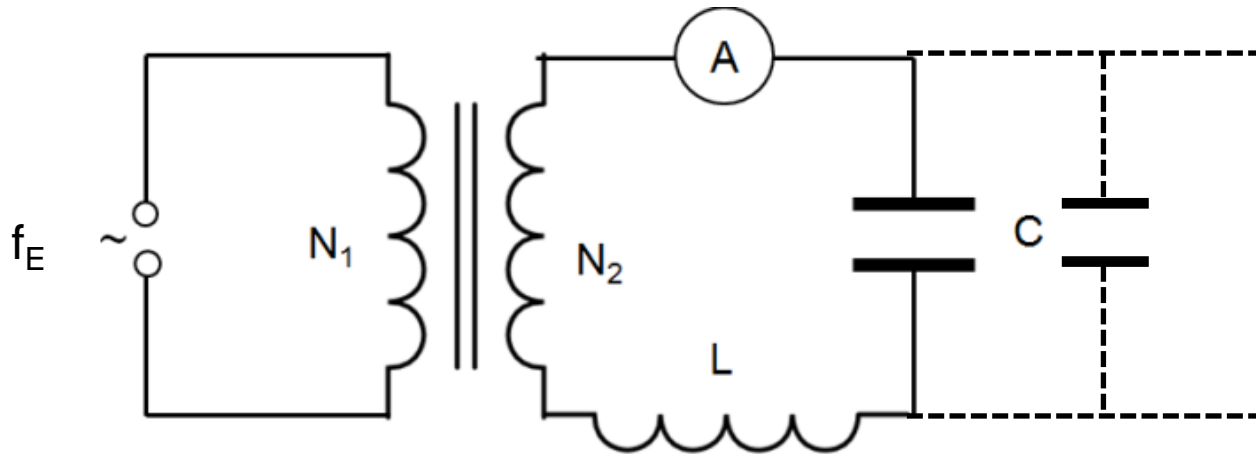
*\* Bei starken Dämpfungen verschiebt sich das Spannungsmaximum zu kleineren Frequenzen.*

Anwendung/Bedeutung:

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

## Schülerexperiment:

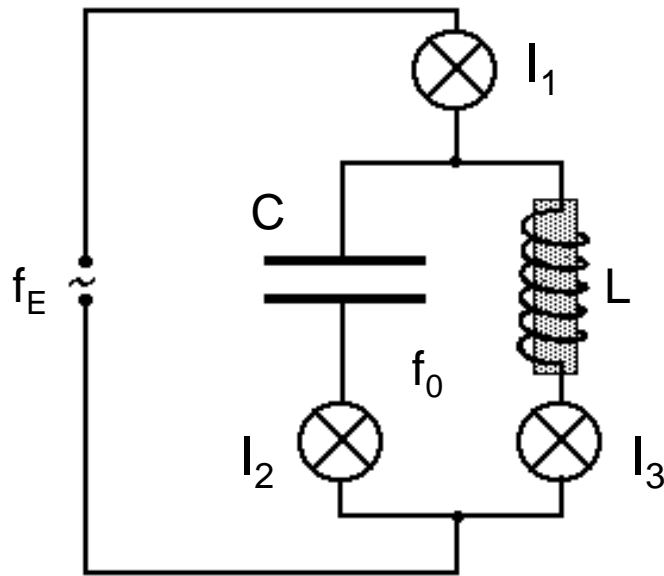
Bestimmen Sie aus der Resonanzkurve eines Schwingkreises die Induktivität der Spule im Schwingkreis.



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

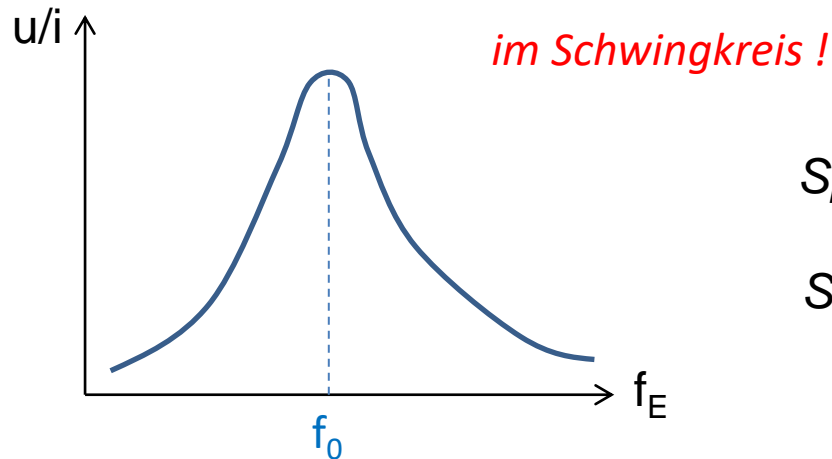
**Resonanzfall !**

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

Die Erregerstromstärke (Energiezufuhr) ist minimal.

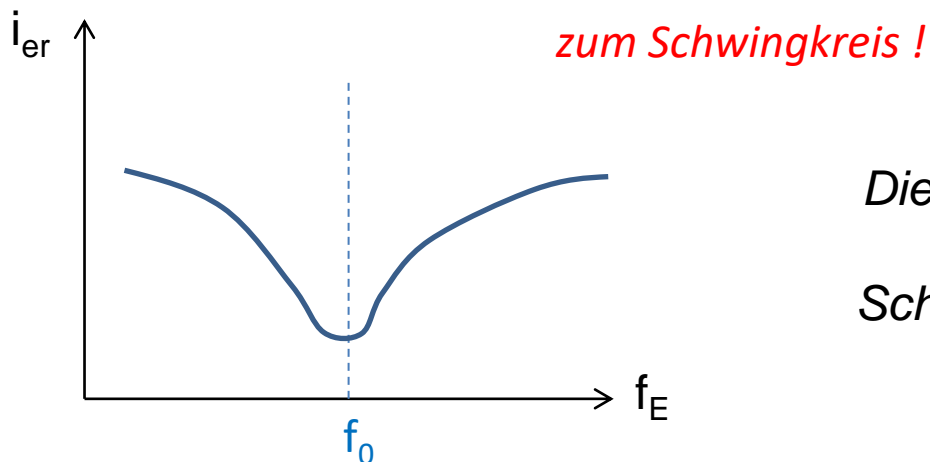
## Resonanzkurven:

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