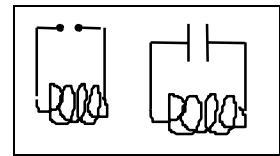


## Hochfrequente Schwingungen - Hertz-Dipol

### Versuchsaufbau zu den erzwungenen Schwingungen:

Ein Sinusgenerator erzeugt in einer Spule ein sinusförmiges B-Feld, was in der Spule im Schwingkreis eine sinusförmige Wechselspannung induziert: also dort eine Schwingung induziert (*induktive Kopplung über das Magnetfeld*).



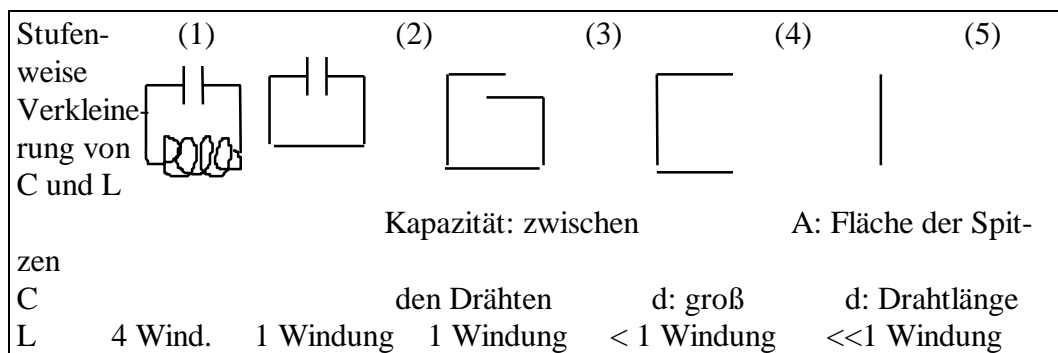
Bei der Resonanzfrequenz  $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  schwingt der Schwingkreis optimal.

### Hochfrequenter Schwingkreis

Um die Resonanzfrequenz zu erhöhen, müssen Kapazität  $C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$  und Induktivität  $L = \mu_0 \frac{n}{l} A$  deutlich verringert werden:

- $L = 630H; C = 40\mu F \Rightarrow f = 1Hz$
- $L = 630mH; C = 40nF \Rightarrow f = 1kHz$
- $L = 630\mu H; C = 40pF \Rightarrow f = 1MHz$

Dies erreichen wir durch eine immer geringere Fläche und einen größeren Abstand beim Kondensator und immer weniger Windungen bei der Spule:

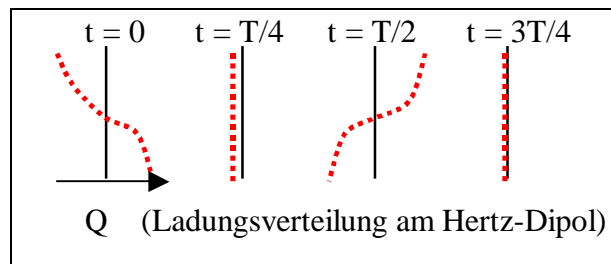


Der „extreme“ Schwingkreis besteht somit nur noch aus einem geraden Drahtstück: der **Hertz-Dipol!** (*nach Heinrich Hertz, Ende des 19. Jhdt., Karlsruhe*)

### Der Hertz-Dipol

*Experiment:* Ein Hertz-Dipol (veränderliche Länge) mit einem Lämpchen in der Mitte wird in die Nähe eines Hochfrequenzgenerators gebracht. Wird die Länge verstellt, so gibt es eine Einstellung, bei der das Lämpchen maximale Helligkeit zeigt: Resonanz - ein Schwingkreis!

*Deutung:* An den Spitzen des Dipols entstehen im Wechsel Plus- und Minuspole. Dies führt zu einem Strom, der ein Magnetfeld erzeugt. Die Restinduktivität hält den Strom auch nach dem Ladungsausgleich aufrecht, bis die Spitzen entgegengesetzt geladen sind. Und dann geht es umgekehrt weiter ...



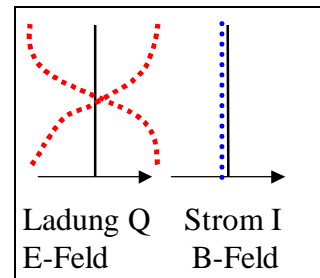
- An den Spitzen sind die Ladungskonzentrationen somit zu den entsprechenden Zeitpunkten  $t = 0, T/2, T, \dots$  maximal.

Dort ist somit auch das E-Feld maximal.

Zur gleichen Zeit ist Richtung Stabmitte ein geringeres E-Feld.

Zu diesen Zeitpunkten fließt kein Strom,

und somit gibt es auch kein B-Feld.



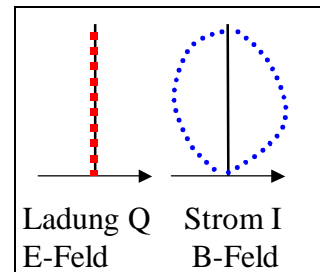
- In der Stabmitte ist die Stromstärke zu den Zeitpunkten  $t = T/4, 3T/4, \dots$  maximal.

Dort ist somit auch das ringförmige B-Feld maximal.

Weiter außen ist das B-Feld schwächer.

Zu diesem Zeitpunkt ist die Ladung ausgeglichen

und es gibt somit kein E-Feld



Wenn wir uns nur auf die Felder beschränken, lässt sich sagen:

- $t = 0$ : E-Feld maximal, B-Feld = 0;
- $0 < t < T/4$ : E-Feld treibt die Ladungen an, der Strom steigt: B-Feld steigt ( $\dot{B} > 0$ ). Ein veränderliches B-Feld induziert ein elektrisches Wirbelfeld, das seiner Ursache - den immer stärker nach unten fließenden Elektronen - entgegenwirkt und so den Anstieg abbremst
- $t = T/4$ : E-Feld = 0 (da Ladungsausgleich); B-Feld maximal (da Strom maximal).
- $T/4 < t < T/2$ : Ohne E-Feld sinkt die Stromstärke und somit das B-Feld ( $\dot{B} < 0$ ), wodurch ein elektrisches Wirbelfeld erzeugt wird, das seiner Ursache - dem Rückgang des Stroms - entgegenwirkt und so die Elektronen weiter nach unten treibt: das E-Feld steigt wieder. ... und dann wieder rückwärts ... und dann immer weiter ...

## Die elektromagnetische Welle

Die grundlegende Frage lautet: Breiten sich diese elektromagnetischen Schwingungen in den Raum außerhalb der direkten Umgebung des Hertz-Dipols aus?

Faradays Entdeckungen führten für ihn auf folgendes Analogon:

*Wie eine Schallwelle in der Luft breiten sich die elektrischen und magnetischen Felder aus: die elektromagnetische Welle.*

Experimentelle Untersuchungen ergeben:

- Analogie Nr. 1: Endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit
- Analogie Nr. 2: Reflexion
- Analogie Nr. 3: Interferenz
- Analogie Nr. 4: Stehende Wellen (damit lässt sich die Wellenlänge bestimmen und über  $c = \lambda \cdot f$  die Ausbreitungsgeschwindigkeit bestimmen)