

Grundlagen der medizinischen Biophysik

8. Vorlesung 04. 10. 2019

Magnetismus und elektromagnetische Induktion



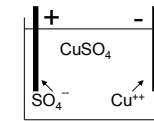
1

Wirkungen des elektrischen Stromes

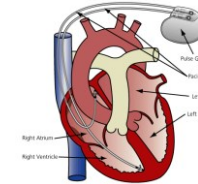
- Wärmewirkung
- chemische Wirkung
- biologische Wirkung



Behandlung mit Kondensatorplatten - hochfrequenter Wechselstrom

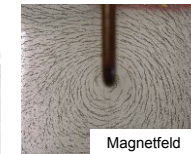


Elektrolyse - Gleichstrom



Herzschrittmacher - Stromimpulse

- magnetische Wirkung



Magnetfeld

2

Magnete

Grundsätzlich gibt es zwei Ursachen des Magnetismus:

- Permanente Magnete (z.B. natürlich magnetisierte Steine)
- Elektromagnete (durch bewegte Ladungsträger verursachte Magnetfelder)

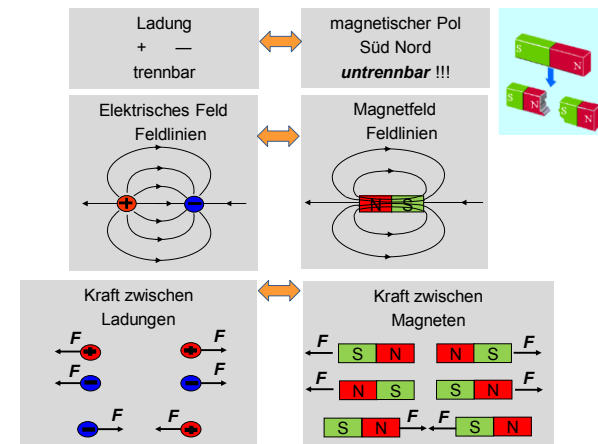


Magnetisches Moment

- Das magnetische Moment (m oder μ) beschreibt die Stärke eines Magneten
- Elektronen, Protonen und Neutronen innerhalb eines Atoms/Atomkerns besitzen ein magnetisches Moment, sie können als winzige Magnete betrachtet werden
- Magnete üben Kräfte aufeinander aus, die nicht durch andere Wechselwirkungen erklärbar sind: magnetische Wechselwirkung

3

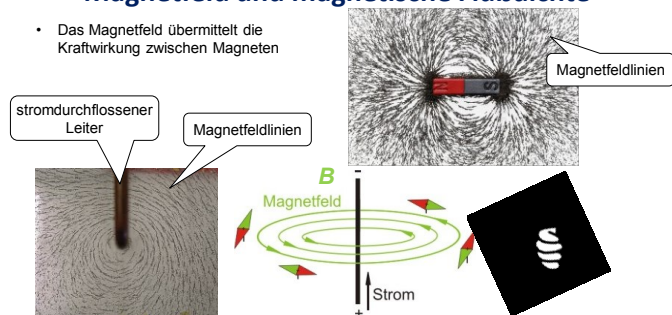
Elektrische vs. magnetische Wechselwirkung



4

Magnetfeld und magnetische Flußdichte

- Das Magnetfeld übermitteln die Kraftwirkung zwischen Magneten



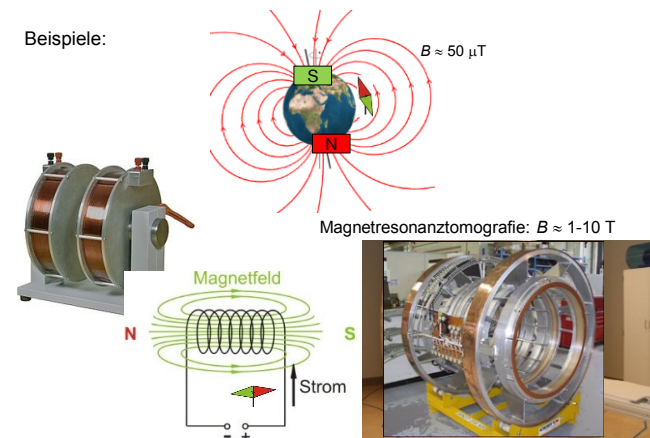
- Richtung der Feldlinien: Rechte-Hand-Regel (Schraubenzieher Regel)
- Je größer ist die Stromstärke, desto stärker wird das Magnetfeld

Magnetische Flussdichte (B), SI-Einheit: Tesla (T)

- Die magnetische Flussdichte B gibt die Stärke eines Magnetfeldes an

5

Beispiele:



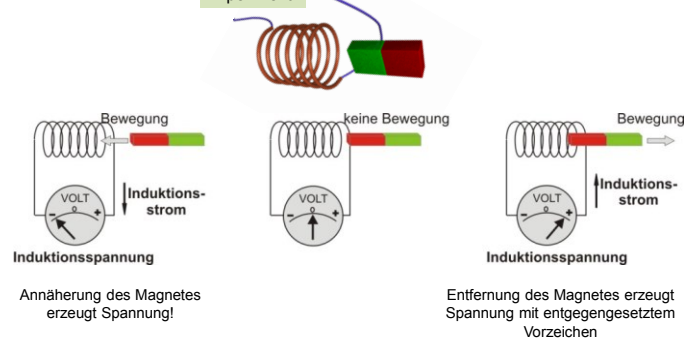
Elektrischer Strom, bewegte el. Ladungen erzeugen Magnetfeld

6

Magnetische Induktion

Bewegte elektrische Ladungen erzeugen Magnetfeld. → Können bewegte Magnete elektrisches Feld erzeugen und dadurch elektrische Ladungen bewegen? (Faraday)

Experiment:



7

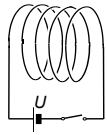


Sich ändernde Magnetfelder erzeugen elektrisches Feld

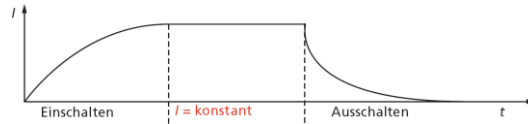
- Je schneller und je stärker sich das Magnetfeld ändert, desto größer ist die induzierte Spannung
- Der Induktionsstrom ist stets so gerichtet, dass er seiner Ursache entgegenwirkt (Lenz'sche Regel)

8

Selbstinduktion

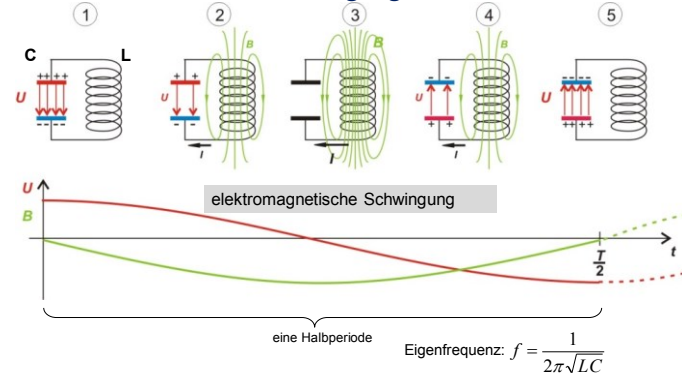


- Magnetische Induktion in der selben Spule, die das Magnetfeld erzeugt (Feldspule = Induktionsspule)
- Typisch beim Ein- und Ausschalten
- Diese Eigenschaft einer Spule hängt von den Eigenschaften der Spule (Windungszahl, ...) und wird Induktivität (L) genannt



9

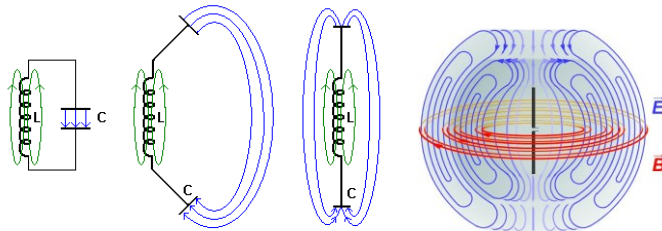
Schwingkreis (LC-Kreis) – elektromagnetische Schwingungen



- Im Idealfall (Energieverluste ausgeschlossen) wird die Schwingung ungedämpft und sinusförmig
- In der Wirklichkeit muss man Energie zuführen die konstante Amplitude aufrechtzuerhalten

10

Elektromagnetische Welle

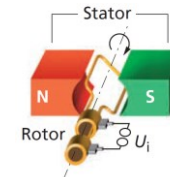


der geschlossene Schwingkreis wird zum offenen Schwingkreis

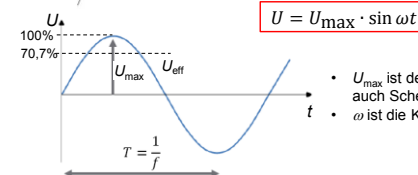
- Wellen aus gekoppelten elektrischen und magnetischen Feldern
- Das elektromagnetische Feld ist das schwingungsfähige Medium, sodass sich diese Wellen auch im Vakuum ausbreiten können
- Beschreiben Transversalwellen (die somit polarisiert werden können)
- Alle elektromagnetischen Wellen breiten sich im Vakuum mit derselben Geschwindigkeit, der Lichtgeschwindigkeit aus: $c = 299\,792\,458 \text{ m/s} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
- Wellenlängenbereiche: Radiowellen, Mikrowellen, Licht, Röntgenstrahlung Gamma-Strahlung

11

Wechselstrom



- Die Leiterschleife wird gedreht → Induktionsspannung (U_i) erscheint beim Ausgang der Leiterschleife



$$U = U_{\max} \cdot \sin \omega t$$

- U_{\max} ist der Maximalwert (= Amplitude) und wird auch Scheitelwert genannt
- ω ist die Kreisfrequenz: $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$

$$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$$

- Die Wärmewirkung von der Wechselspannung U ist gleich der Wärmewirkung der Gleichspannung U_{eff} .

12