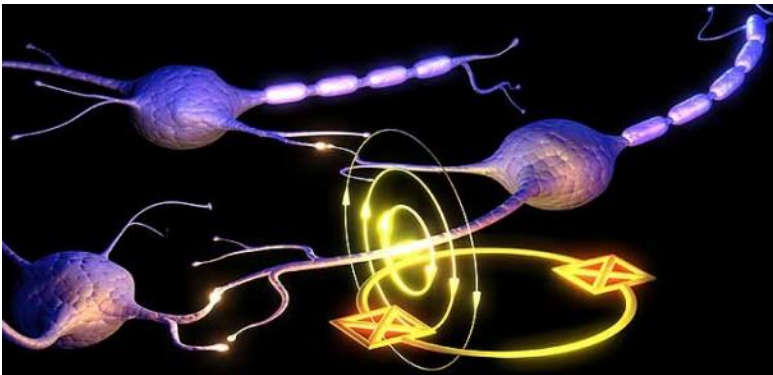


Grundlagen der medizinischen Biophysik

8. Vorlesung 28. 09. 2023

Magnetismus und elektromagnetische Induktion



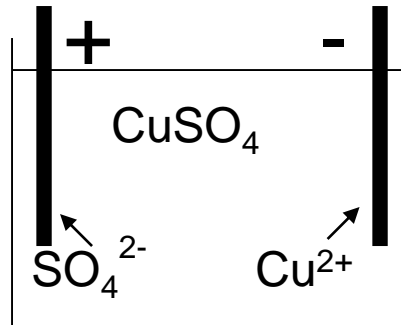
Wirkungen des elektrischen Stromes

- **Wärmewirkung**



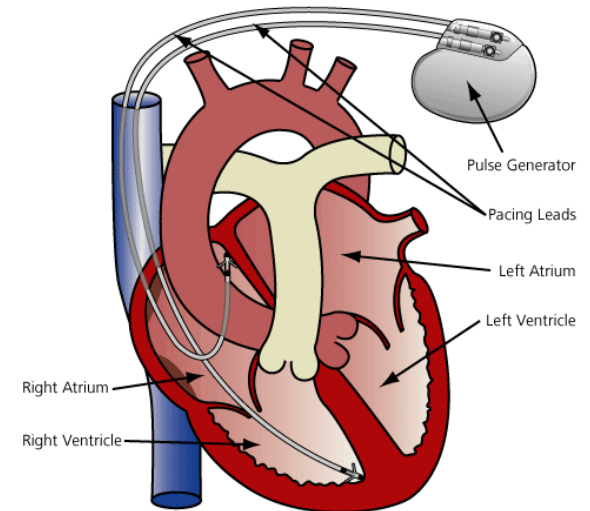
Behandlung mit
Kondensatorplatten
- hochfrequenter
Wechselstrom

- **chemische Wirkung**

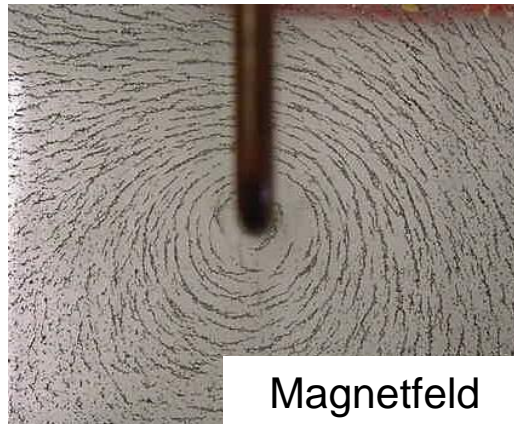


Elektrolyse -
Gleichstrom

- **biologische Wirkung**



- **magnetische Wirkung**



Herzschrittmacher -
Stromimpulse

Magnete

Grundsätzlich gibt es zwei Ursachen des Magnetismus:

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



Magnetisches Moment

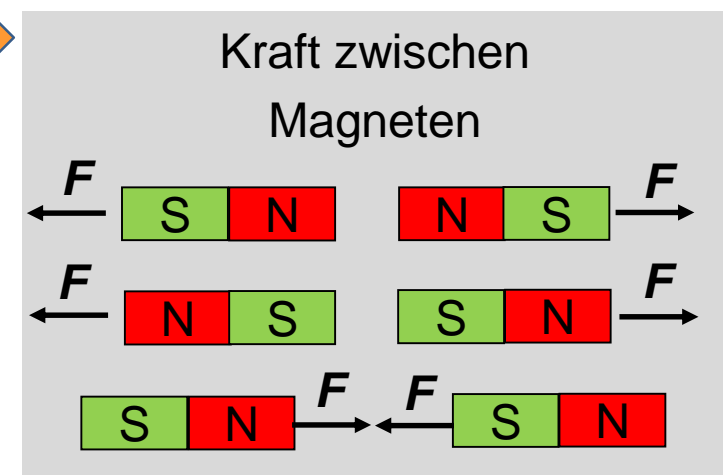
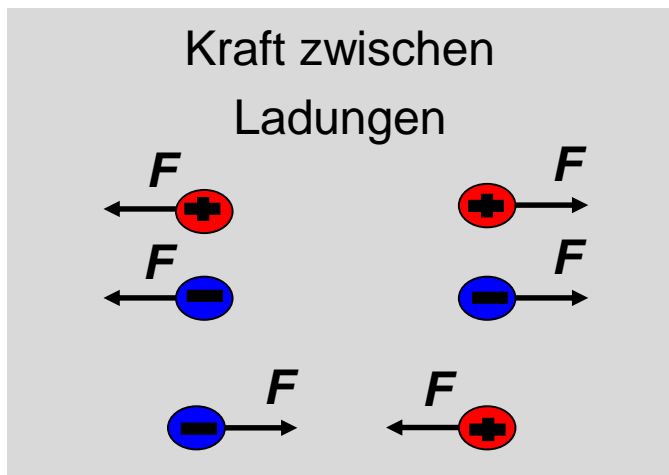
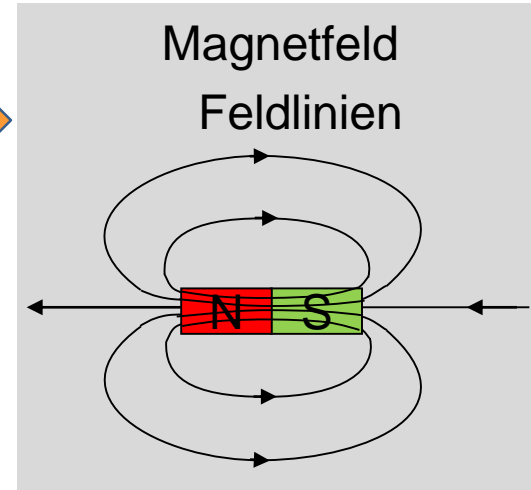
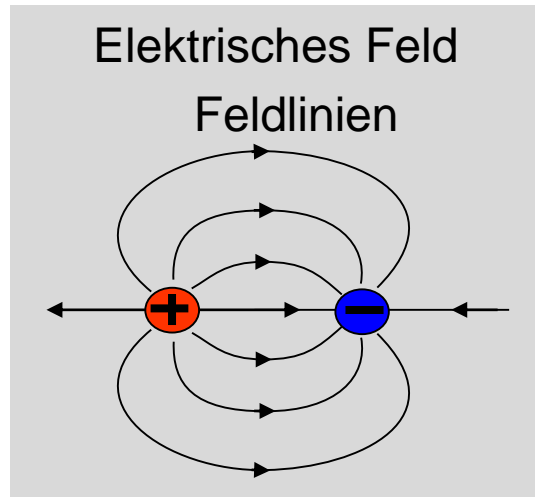
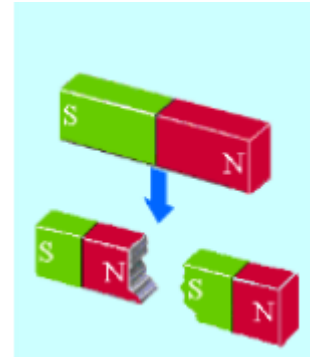
- **Das magnetische Moment (m oder μ) beschreibt die Stärke eines Magneten**
- Elektronen, Protonen und Neutronen innerhalb eines Atoms/Atomkerns besitzen ein magnetisches Moment, sie können als winzige Magnete betrachtet werden
- Magnete üben Kräfte aufeinander aus, die nicht durch andere Wechselwirkungen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

Elektrische vs. magnetische Wechselwirkung

Ladung
+ -
trennbar

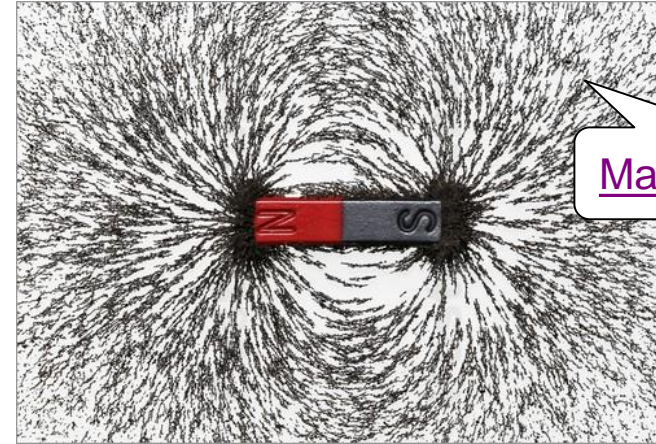


magnetischer Pol
Süd Nord
untrennbar !!!



Magnetfeld und magnetische Flussdichte

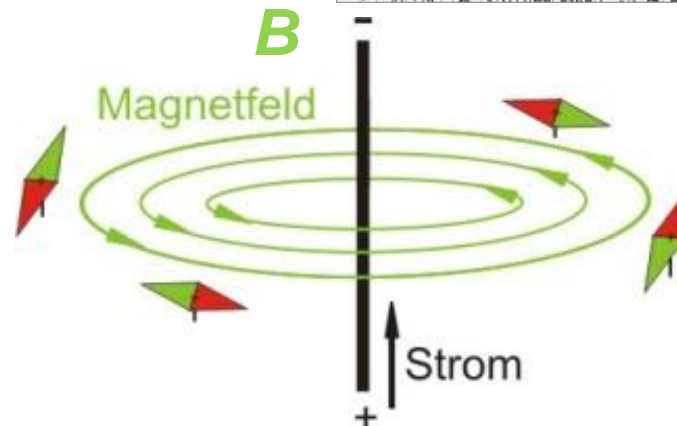
- Das Magnetfeld übermittelt die Kraftwirkung zwischen Magneten



Magnetfeldlinien

stromdurchflossener
Leiter

Magnetfeldlinien

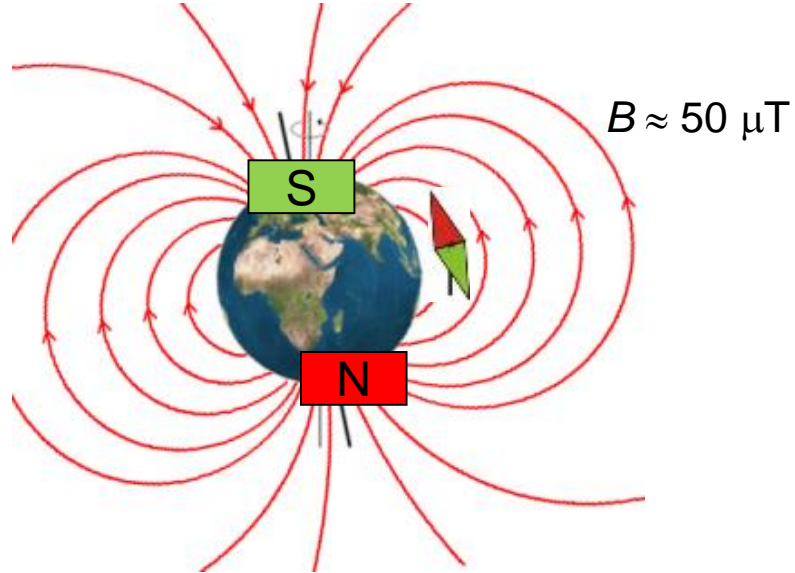


- Richtung der Feldlinien: **Rechte-Hand-Regel** (Schraubenzieher Regel)
- Je größer ist die Stromstärke, desto stärker wird das Magnetfeld

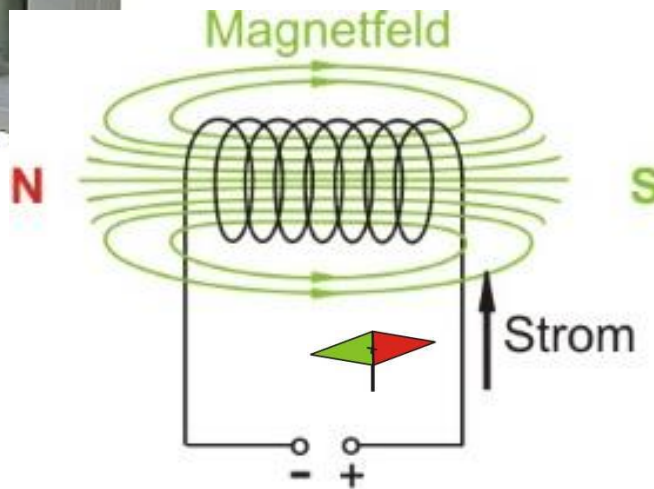
Magnetische Flussdichte (B), SI-Einheit: Tesla (T)

- Die magnetische Flussdichte B gibt die Stärke eines MagnetFELDES an

Beispiele:



Magnetresonanztomografie: $B \approx 1\text{-}10 \text{ T}$



Elektrischer Strom, bewegte elektrische Ladungen erzeugen Magnetfeld

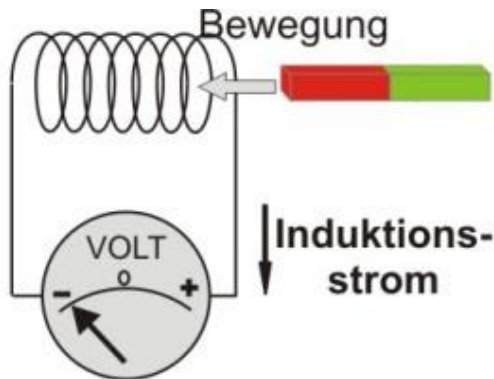
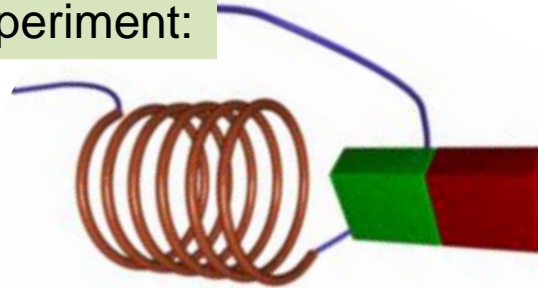
Magnetische Induktion

Bewegte elektrische Ladungen erzeugen Magnetfeld.



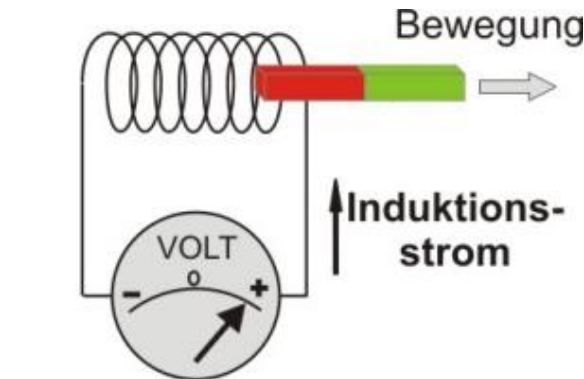
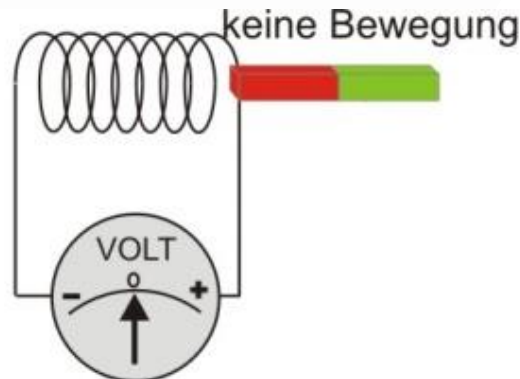
Können bewegte Magnete elektrisches Feld erzeugen und dadurch elektrische Ladungen bewegen? (Faraday)

Experiment:



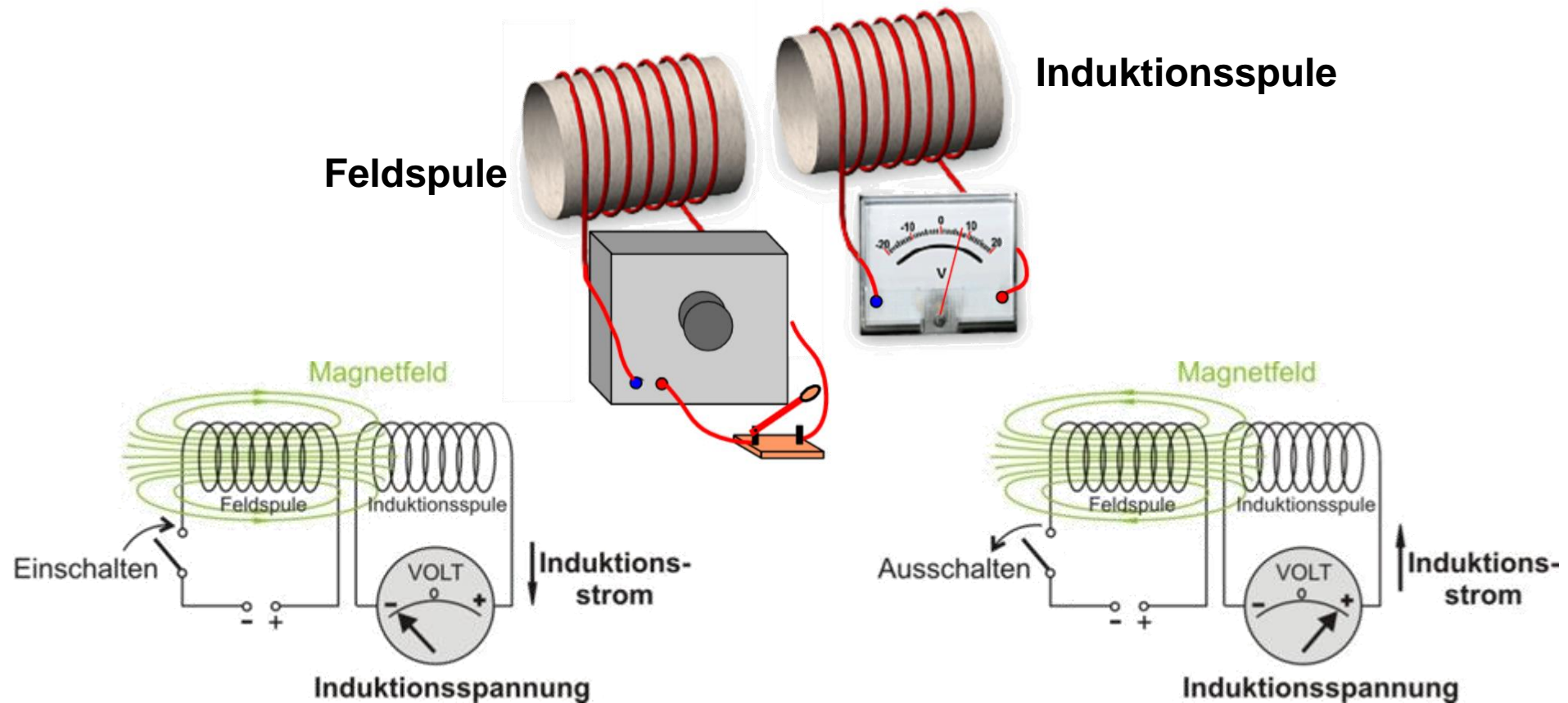
Induktionsspannung

Annäherung des Magnetes erzeugt Spannung!



Induktionsspannung

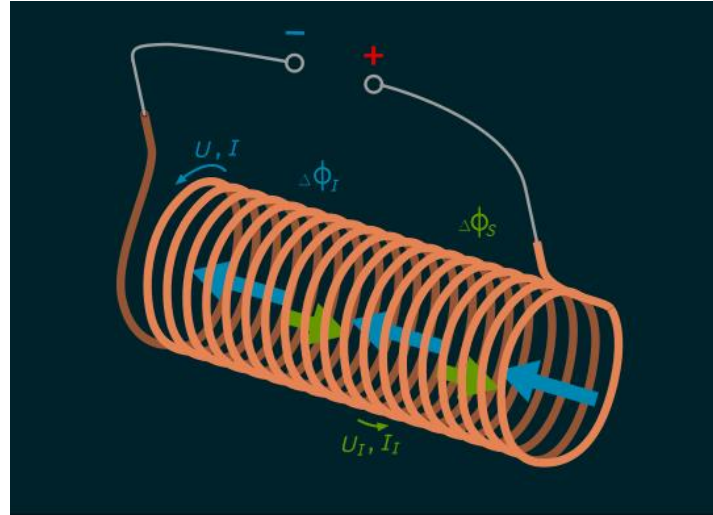
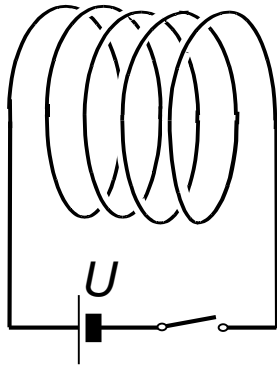
Entfernung des Magnetes erzeugt Spannung mit entgegengesetztem Vorzeichen



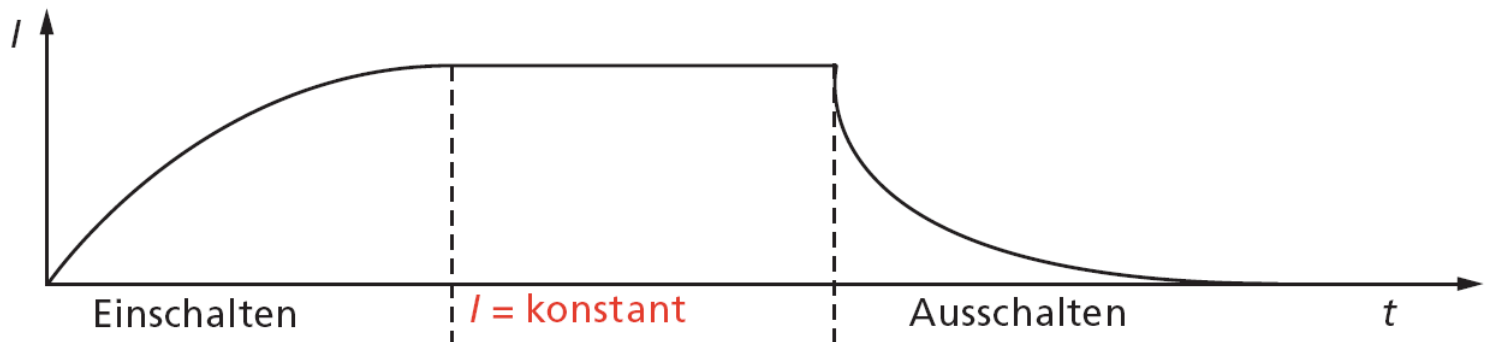
Sich ändernde Magnetfelder erzeugen elektrisches Feld

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

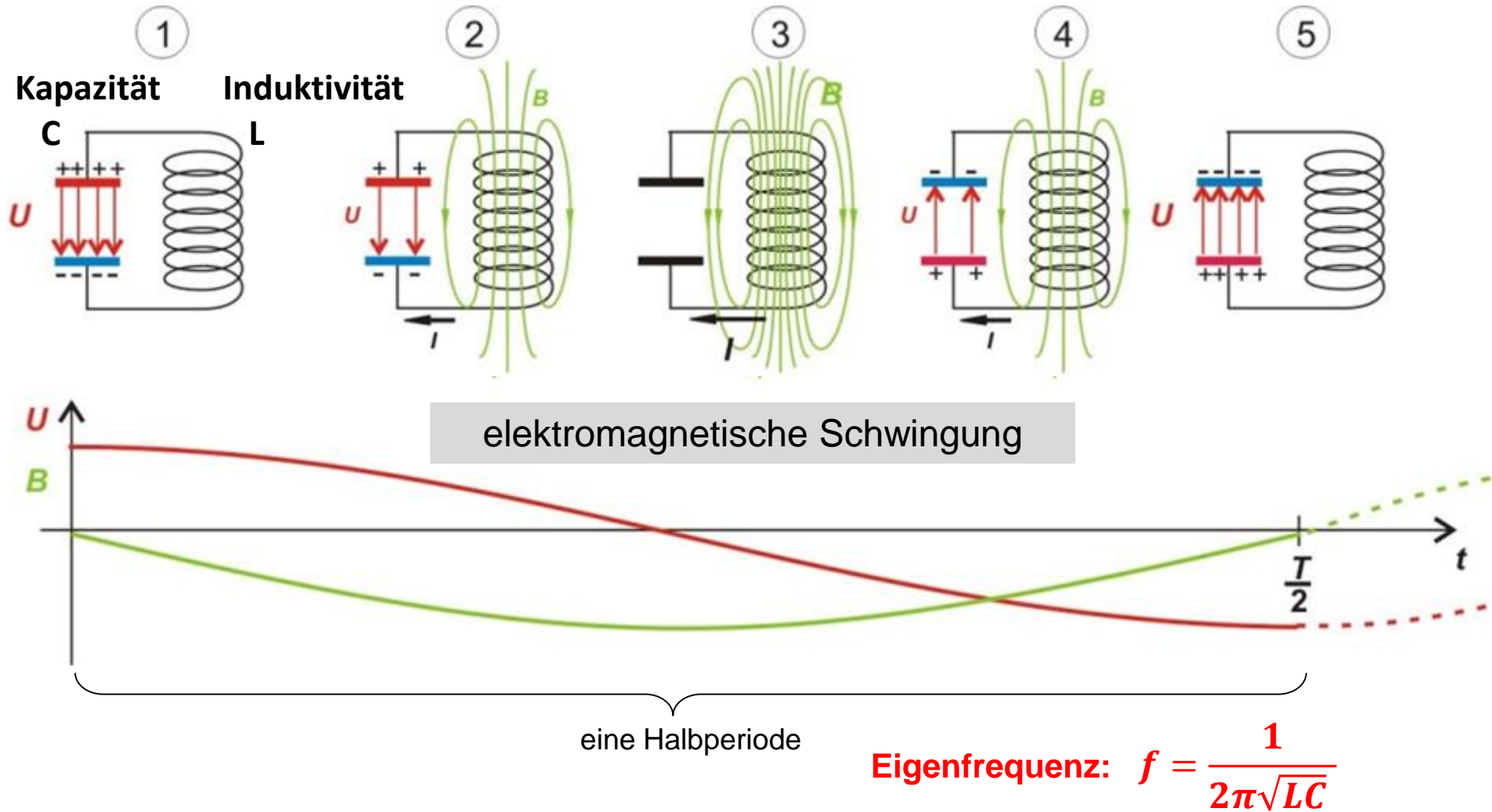
Selbstinduktion



- **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

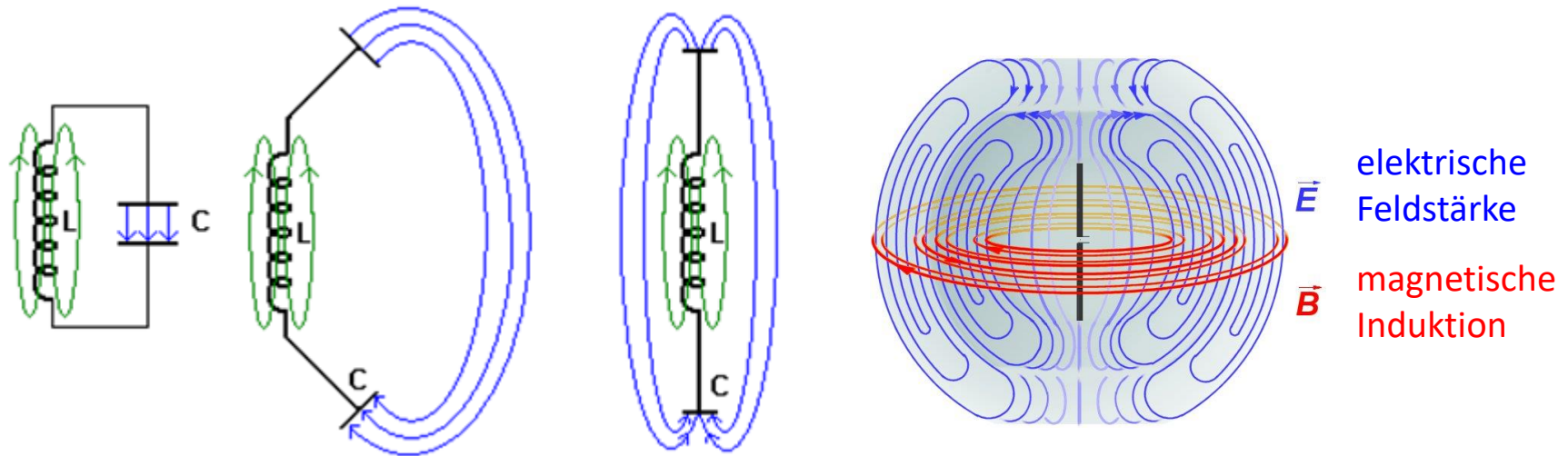


Schwingkreis (LC-Kreis) – elektromagnetische Schwingungen

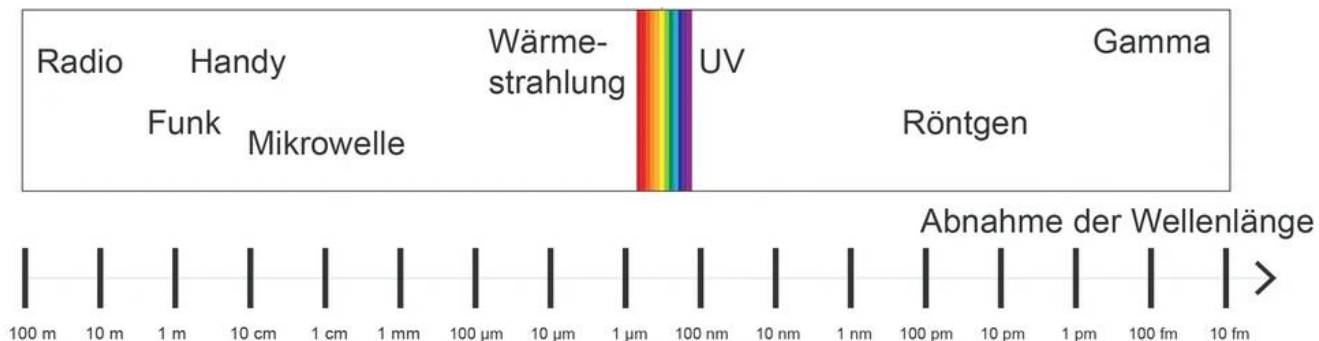


- Im Idealfall (Energieverluste ausgeschlossen) wird die Schwingung ungedämpft und sinusförmig
- In der Wirklichkeit muss man Energie zuführen die konstante Amplitude aufrechtzuerhalten

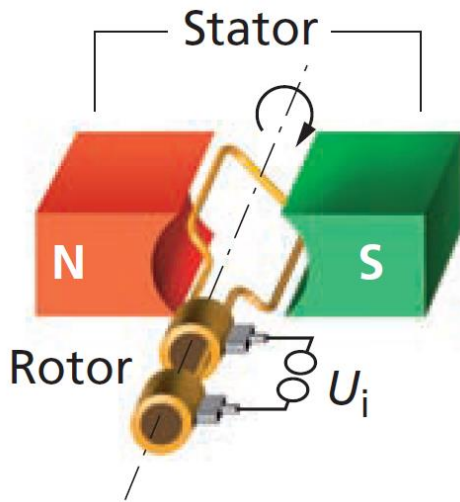
Elektromagnetische Welle



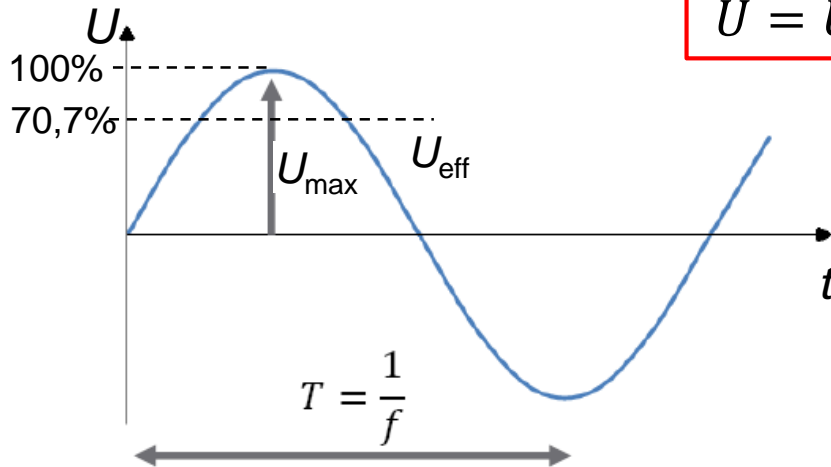
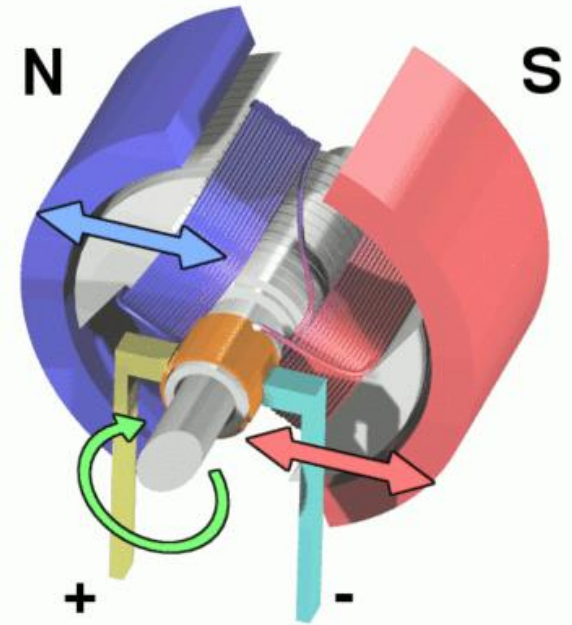
- **Wellen** aus gekoppelten **elektrischen** und **magnetischen** Feldern
- Das elektromagnetische Feld ist das schwingungsfähige Medium, sodass sich diese Wellen **auch im Vakuum** ausbreiten können
- Beschreiben **Transversalwellen** (die somit **polarisiert werden können**)
- Alle elektromagnetischen 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



Wechselstrom



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



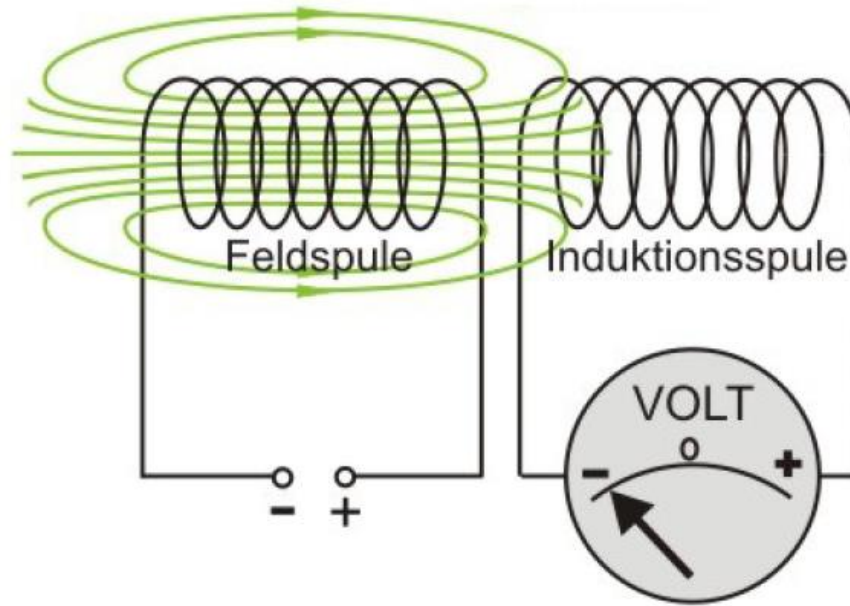
$$U = U_{\max} \cdot \sin \omega t$$

- 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} .

Übung



1.

2.

3.

4.

5. In welchem von den folgenden Fällen wird in der Induktionsspule keine elektrische Spannung induziert?
- a) In der Feldspule fließt ein konstanter Strom, während sich die Feldspule auf die Induktionsspule zu bewegt.
 - b) In der Feldspule fließt ein konstanter Strom, während sich die Induktionsspule auf die Feldspule zu bewegt.
 - c) In der Feldspule fließt ein zunehmend stärkerer Strom, während sich weder die Feldspule noch die Induktionsspule bewegen.
 - d) In der Feldspule fließt ein konstanter Strom, während sich weder die Feldspule noch die Induktionsspule bewegen.

Viel Erfolg zur Grundklausur!

