

## Zusammenfassung vom 31.05.2010

### VI Induktion und Induktivität

**Faraday-Gesetz:** 
$$U_{\text{ind}} = \oint_{s_A} \vec{E} \cdot d\vec{s} = - \frac{d\Phi_m}{dt} = - \frac{d}{dt} \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A}$$
 *gilt allgemein, sowohl für  $\vec{B}(t)$  als auch für  $A(t)$*

*Minuszeichen = Lenz'sche Regel*

*Achtung: Die Integralgleichung liefert nur für einfache Integrationswege richtige Resultate!*

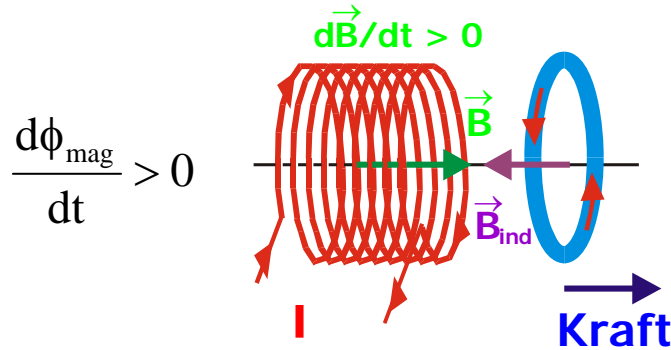
**Faraday-Gesetz:** 
$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$
 *differentielle Form*  
(differentielle unvollständige Form)

*Achtung: beschreibt keine Induktionsphänomene durch zeitlich ändernde Flächen*

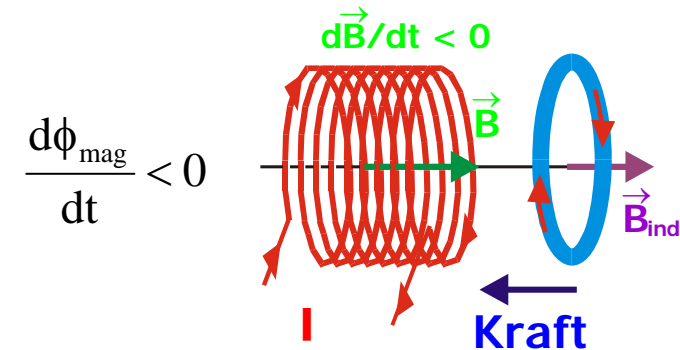
**induziertes elektrisches Feld bei Bewegung im Magnetfeld:** 
$$\vec{E} = \vec{v} \times \vec{B}$$
 *folgt aus Lorentz-Kraft*

*Achtung: Es werden beide Gleichungen benötigt, um alle Induktionsphänomene zu beschreiben!*

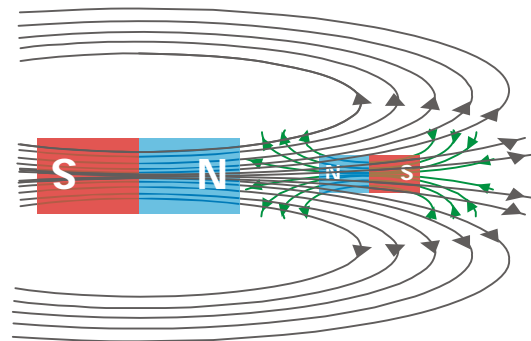
**Lenz'sche Regel:** Die Induktionsspannung und der dadurch hervorgerufene Induktionsstrom sind so gerichtet, dass sie ihrer Ursache entgegenwirken



durch Induktion erzeugtes Magnetfeld  $\vec{B}_{\text{ind}}$  schwächt den magnetischen Fluss

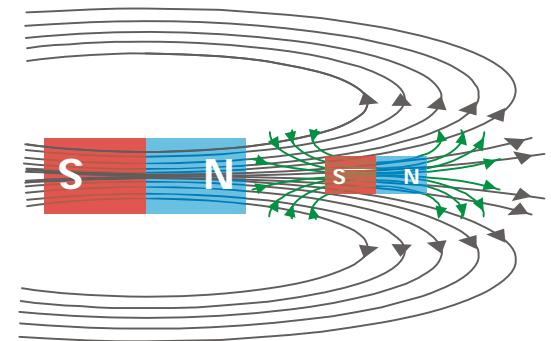


durch Induktion erzeugtes Magnetfeld  $\vec{B}_{\text{ind}}$  verstärkt den magnetischen Fluss



Feldschwächung = Abstoßung

Analogie mit Permanentmagneten



Feldverstärkung = Anziehung

**Wirbelströme:** Im Innern von Leitern können durch Induktion lokal makroskopische Kreisströme auftreten. Wegen der Lenz'schen Regel hemmen diese Wirbelströme die sie erzeugende Bewegung.

Anwendung als Bremse, Dämpfung in Spuleninstrumenten oder Waagen, etc.

**Generator:**  $\int_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = \vec{B} \cdot \vec{A} = B A \cos \varphi = B A \cos(\omega t)$   $A = \text{Fläche der Spule}$   
 $\varphi = \omega t = \text{Winkel zwischen } \vec{B} \text{ und } \vec{A}$

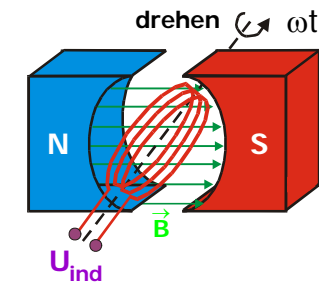
$$U_{\text{ind}} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{d}{dt} [N B A \cos(\omega t)]$$

durch Drehung induzierte Wechselspannung

$N = \text{Anzahl Wicklungen}$

$$U_{\text{ind}} = U_{\text{max}} \sin(\omega t) \quad U_{\text{max}} = \omega N B A$$

proportional zu  $\omega!$



**Elektromotor:** Umkehrung des Generator-Prinzips

**Verständnisfragen:** Betrachte homogenes und konstantes Magnetfeld. Eine Leiterschleife werde parallel zum Magnetfeld bewegt. Gibt es eine Induktionsspannung?

Betrachte ein vollständig in einer langen Röhre eingeschlossenes Magnetfeld  $B$ . Eine Leiterschleife liege außen um diese Röhre herum so, dass kein Magnetfeld den Leiter durchdringt, aber das gesamte Magnetfeld eingeschlossen ist. Gibt es eine Induktionsspannung, wenn (a) nur die Röhre bewegt wird (mit  $B = \text{const}$ ) oder (b) das Magnetfeld in der ortsfesten Röhre sich zeitlich ändert?