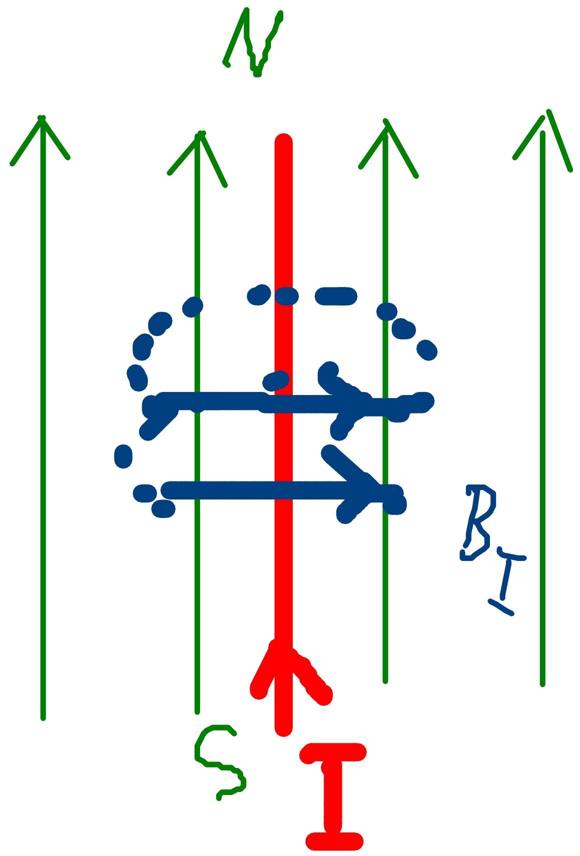
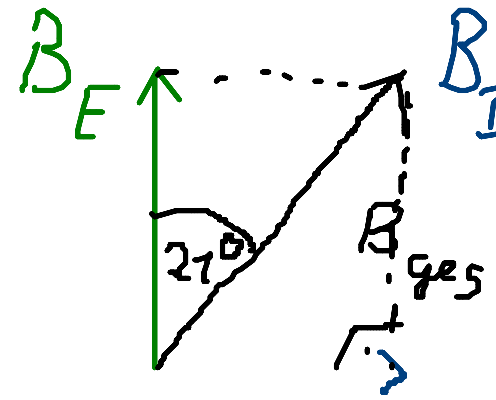
Anwendungen des Ampereschen Gesetzes



B_E = Erdm. - F.



B_I = Mag von I

B_I

$$B_I = \mu_0 \frac{3{,}5\,A}{2\pi\, 0{,}18\, m}$$

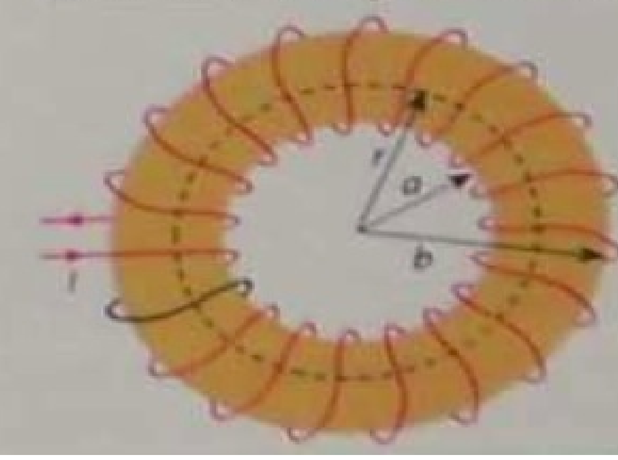
$$\tan 21^\circ = \frac{B_I}{B_E} \Rightarrow B_E = \frac{B_I}{\tan 21^\circ}$$

$$= 1{,}01 \cdot 10^{-5}\, T$$

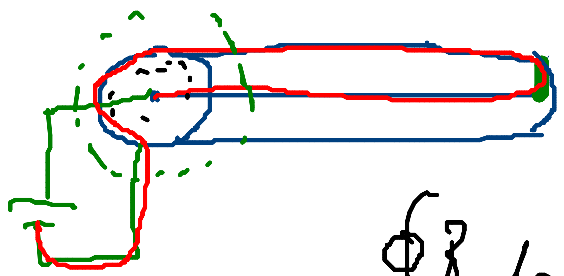
$$= 10\, \mu T$$

Aufgaben

1. Ein langer gerader Draht ist horizontal in Richtung des Erdfeldes gespannt. Über dem Draht ist in $r = 18$ cm Abstand eine Kompassnadel aufgestellt. Fließt ein Strom der Stärke $I = 3{,}5$ A durch den Draht, wird die Nadel um $\alpha = 21^\circ$ aus der magnetischen Nord-Süd-Richtung abgelenkt. Ermitteln Sie den Betrag der Horizontalkomponente B_{hor} des magnetischen Erdfeldes. $= B_E$
2. Ein gerades Koaxialkabel besteht aus einem Innenleiter und einer konzentrischen zylindrischen Abschirmung mit dem Radius R. Innenkabel und Abschirmung seien an einem Ende miteinander verbunden, am anderen Ende an eine Spannungsquelle angeschlossen. Bestimmen Sie die Feldstärke B im Raum zwischen **a)** Abschirmung und Innenkabel und **b)** außerhalb der Abschirmung.
3. Wird eine lange, bewegliche Spule mit ihren Endflächen zusammengefügt, entsteht eine Ringspule, ein sogenanntes *Toroid*. Leiten Sie mit dem Durchflutungsgesetz eine Formel zur Berechnung der magnetischen Feldstärke B in einer Ringspule mit n Windungen her. Zeigen Sie, dass außerhalb der Spule die Feldstärke null ist.



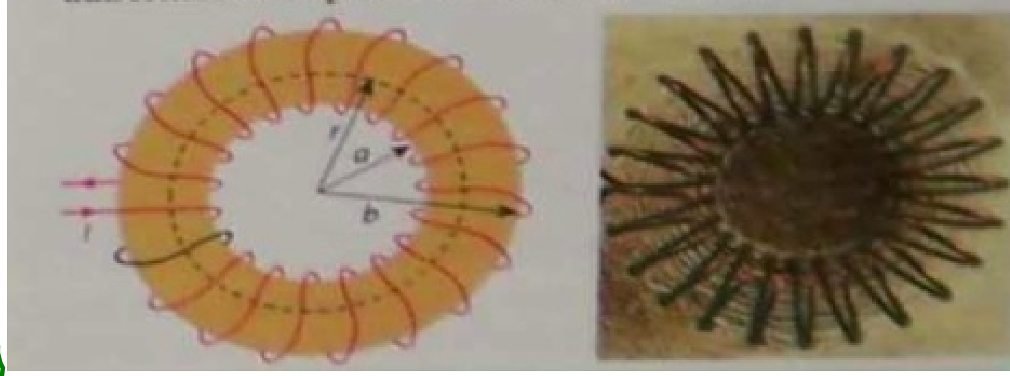
2)



$$\oint B\, ds = \mu_0\, I$$

$$\Rightarrow B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2\pi r}$$

2. Ein gerades Koaxialkabel besteht aus einem Innenleiter und einer konzentrischen zylindrischen Abschirmung mit dem Radius *R*. Innenkabel und Abschirmung seien an einem Ende miteinander verbunden, am anderen Ende an eine Spannungsquelle angeschlossen. Bestimmen Sie die Feldstärke *B* im Raum zwischen **a)** Abschirmung und Innenkabel und **b)** außerhalb der Abschirmung.
3. Wird eine lange, bewegliche Spule mit ihren Endflächen zusammengefügt, entsteht eine Ringspule, ein sogenanntes *Toroid*. Leiten Sie mit dem Durchflutungsgesetz eine Formel zur Berechnung der magnetischen Feldstärke *B* in einer Ringspule mit *n* Windungen her. Zeigen Sie, dass außerhalb der Spule die Feldstärke null ist.

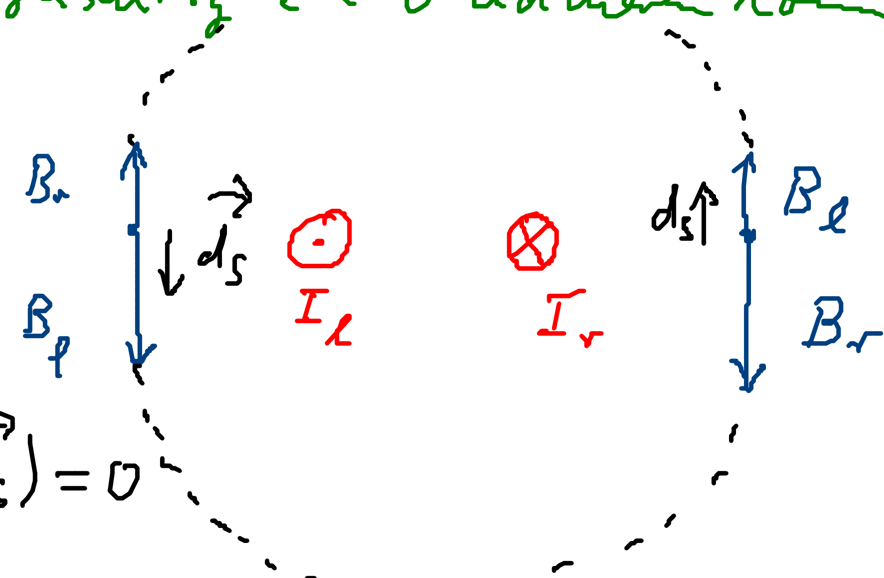


$$\oint B\, ds = \mu_0 \left(I_{hin} - I_{rück}\right)$$
$$= 0 \qquad \text{(sind gleich, nur entgegengerichtet)}$$

$\Rightarrow$ B überall 0 sein muss, denn im Unterschied zu 2 parall Drähte gibt es aufgrund der Symmetrie keine Beiträge $\vec{B} \cdot \vec{ds}$, die sich gegenseitig zu 0 addieren können.

2 Drähte

(⊙/⊗ = Stromricht.)



$\sphericalangle(\vec{B}, \vec{ds}) = 0$

$\Rightarrow \vec{B} \cdot \vec{ds} > 0$

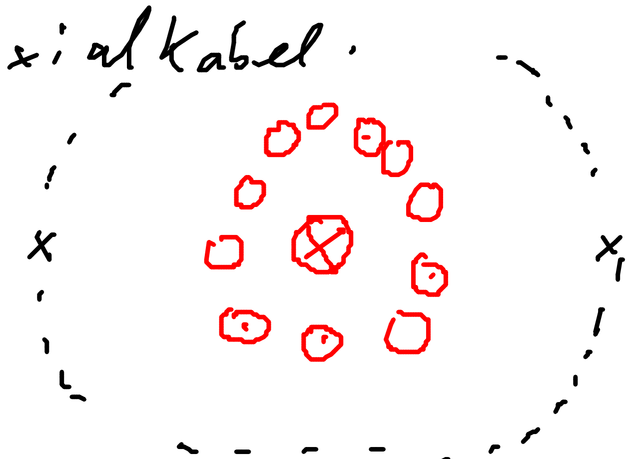
wird in einer Richtg. durchlaufen

$\sphericalangle(\vec{B}, \vec{ds}) = 180°$

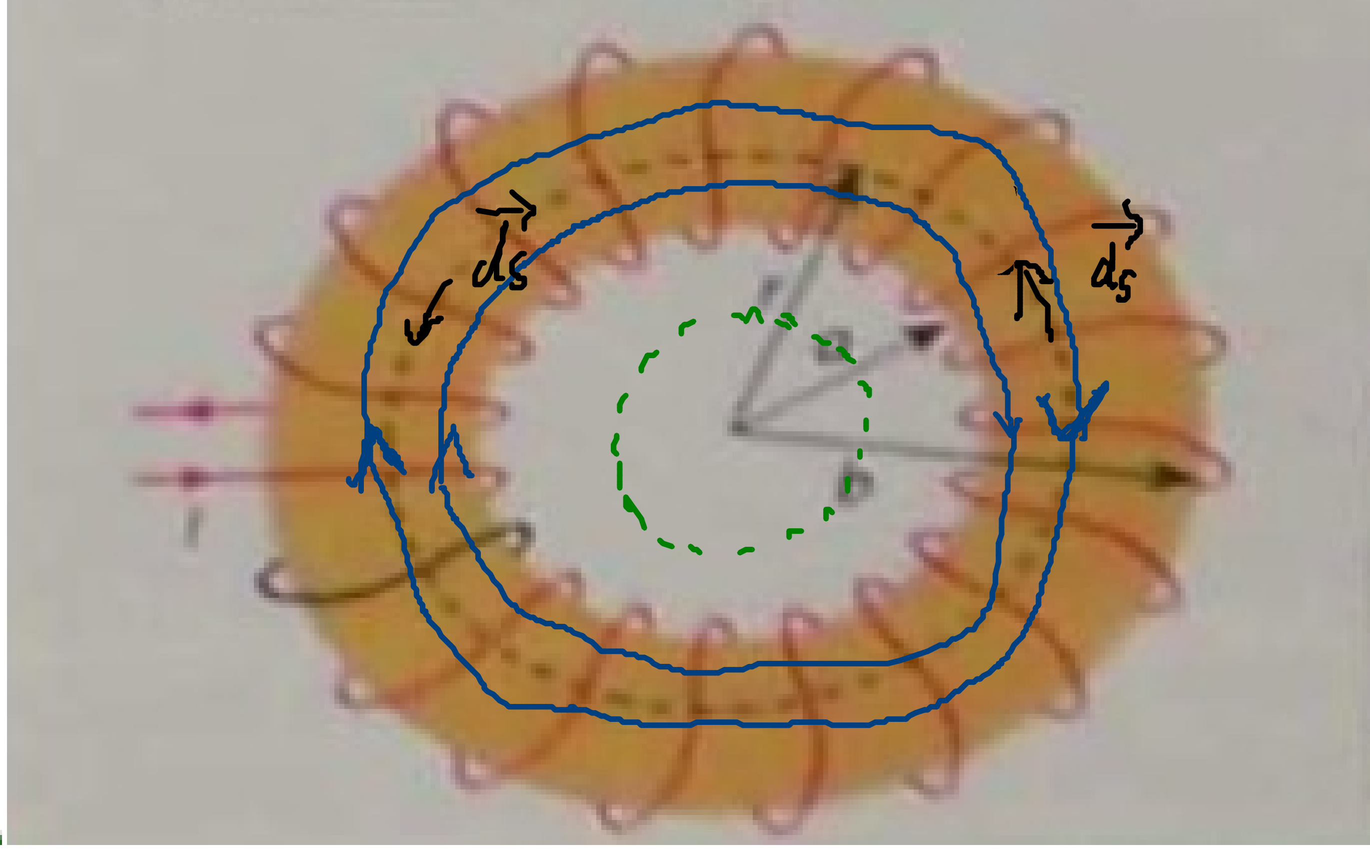
$\Rightarrow \vec{B} \cdot \vec{ds} < 0$

$\Rightarrow \oint \vec{B} \cdot \vec{ds} = 0$, ohne dass B überall 0 ist

im Gegensatz dazu das Koaxialkabel.



3. Wird eine lange, bewegliche Spule mit ihren Endflächen zusammengefügt, entsteht eine Ringspule, ein sogenanntes *Toroid*. Leiten Sie mit dem Durchflutungsgesetz eine Formel zur Berechnung der magnetischen Feldstärke B in einer Ringspule mit n Windungen her. Zeigen Sie, dass außerhalb der Spule die Feldstärke null ist.



$$\oint \vec{B}\cdot\vec{ds} = -B\,2\pi r = \mu_0\, I_{ges} = n\,I \Rightarrow B = -\mu_0 \frac{nI}{2\pi r}$$

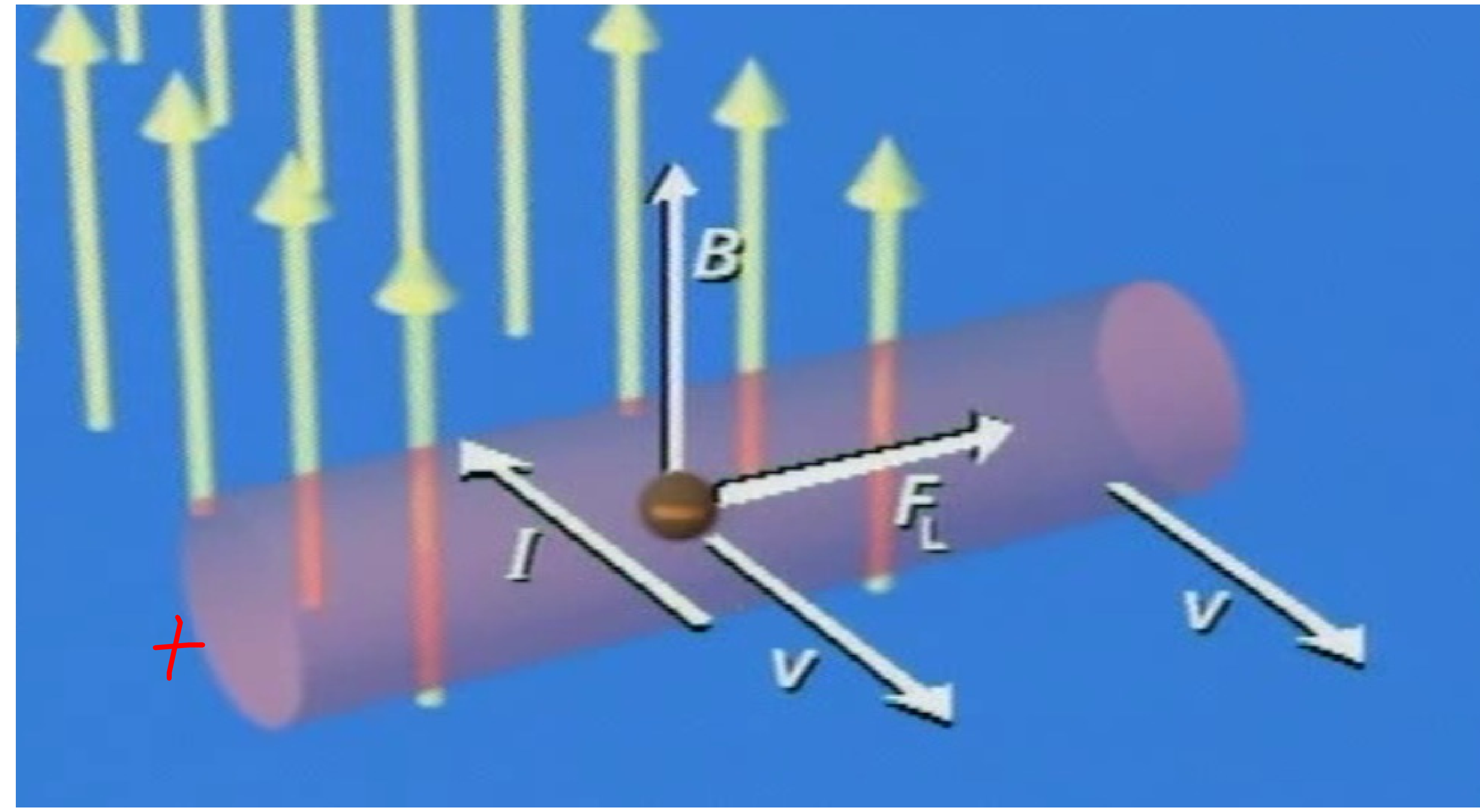
auf (also $r < a$) · $I_{ges} = 0 \Rightarrow B_{innen} = 0$

und außen. $I_{ges} = n \cdot I_0 - n\,I_0 = 0 \Rightarrow B_{außen} = 0$

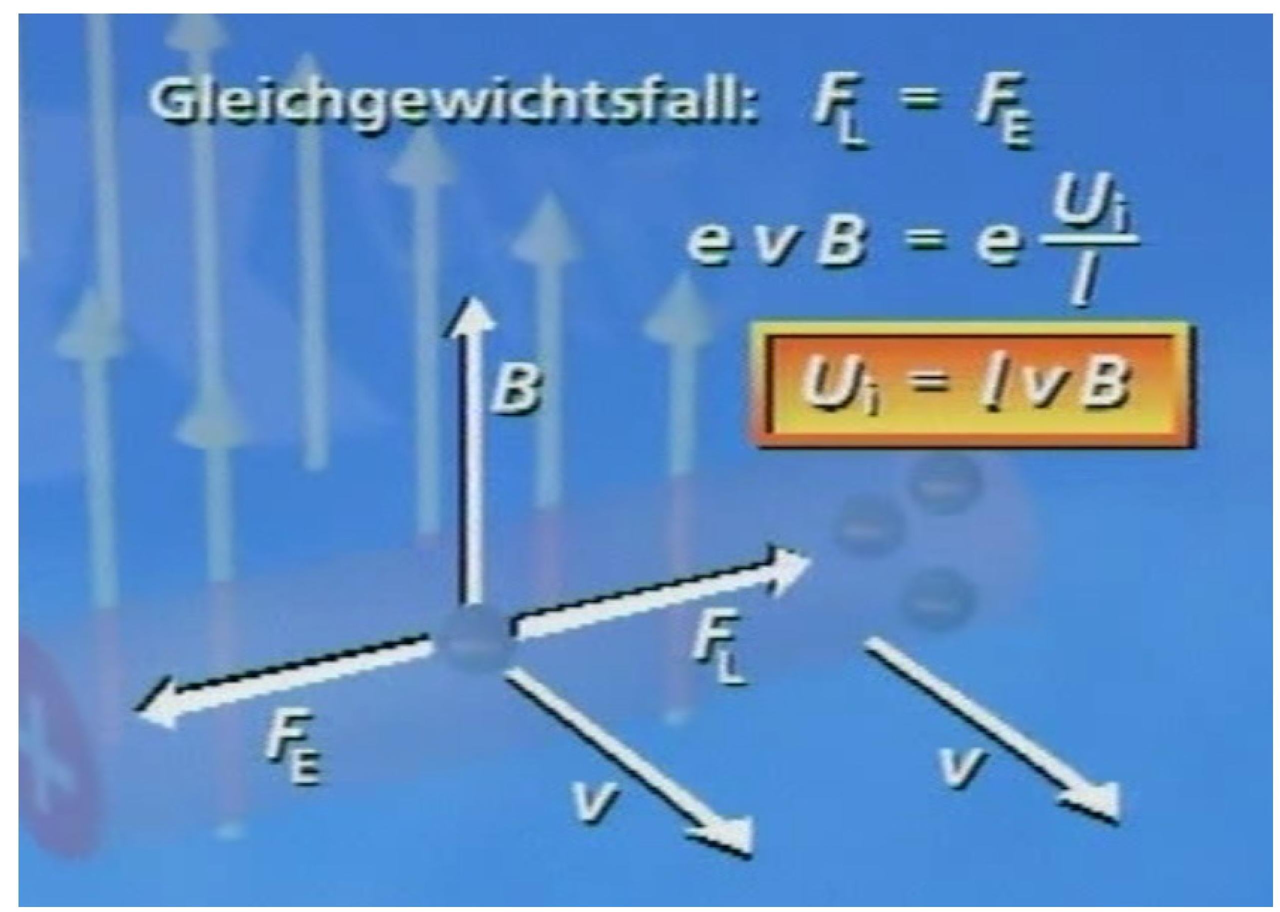
Anwendung: Ringkerntrafos

Elektromagnetische Induktion

Wenn sich ein Leiter durch ein B-Feld bewegt, erfahren die in ihm enthaltenen Elektronen eine Kraft und werden dadurch (im Bsp. nach rechts) gedrängt.



Dadurch entsteht eine (Induktions-) Spannung.
Sie lässt sich berechnen, indem man überlegt, dass sich irgendwann ein Gleichgewicht einstellt zw. elektrischer und Lorentzkraft.

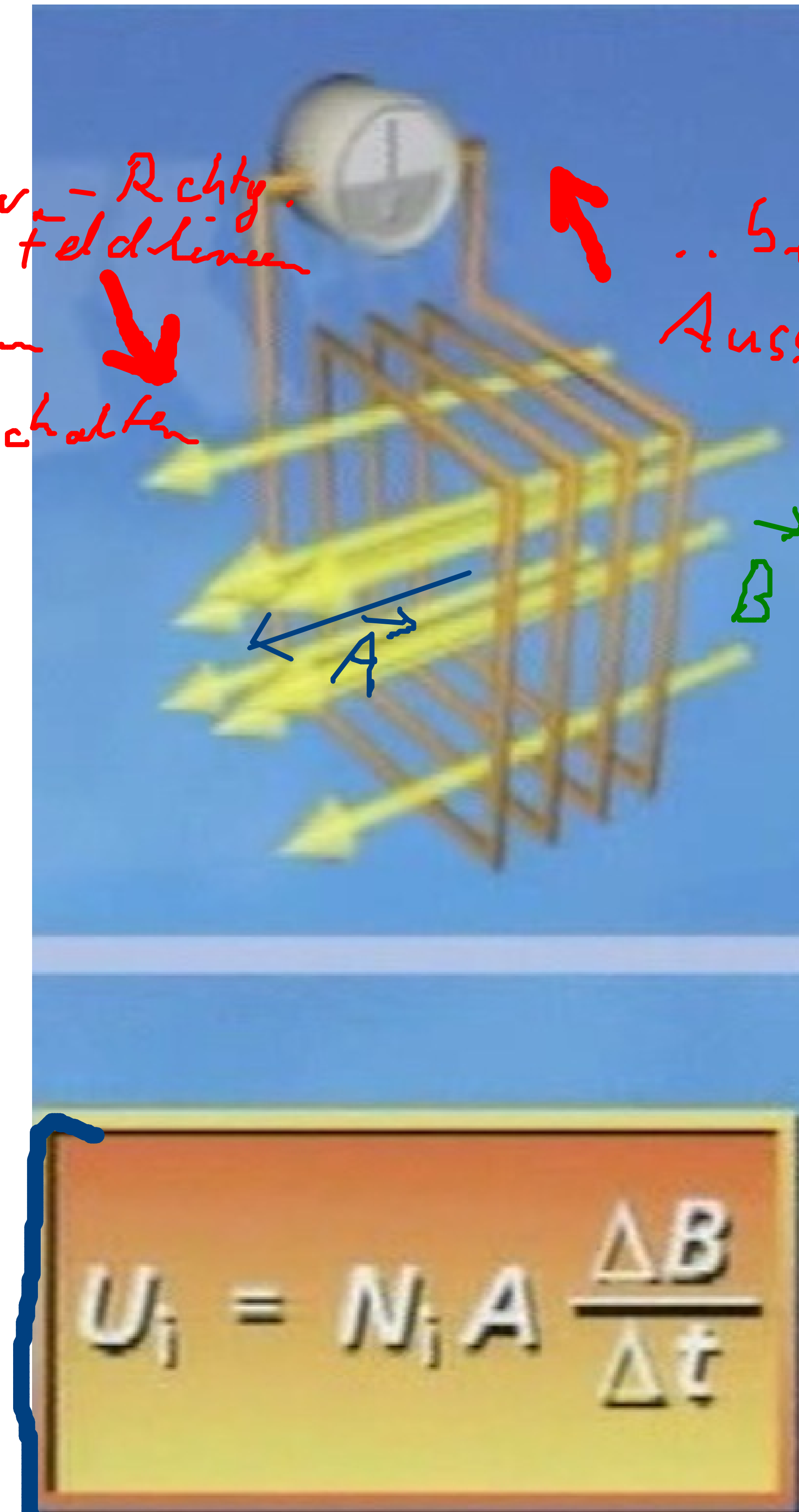


Elektromagnetische Induktion
mit ruhenden Leitern und Spulen

Entscheidend ist die Relativgeschwindigkeit zwischen Leiterstücken und Magnetfeldlinien!

Dazu kann sich eine Ind.-Spule aus einem konstanten Magnetfeld herausbewegen oder drehen
oder eine feste Induktionsspule in einem veränderlichen B-Feld befinden.

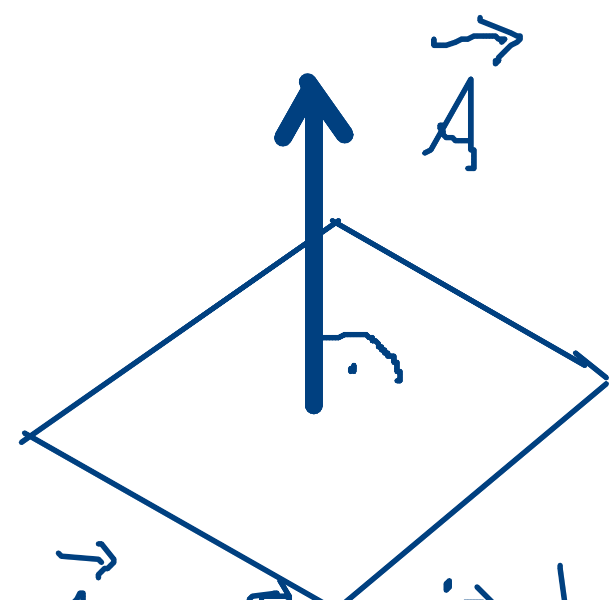
Alle diese Fälle lassen sich mathematisch kurz und elegant beschreiben, indem man die neue Größe "magnetischer Fluss" einführt und der Fläche einen Vektor zuordnet:



oder $U_{ind} = n \cdot B \frac{\Delta A}{\Delta t}$

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A}$$

$$\boxed{U_{ind} = -n \cdot \dot{\Phi}}$$



$$= -n \frac{d}{dt} (\vec{B} \cdot \vec{A}) = -n (\dot{\vec{B}} \cdot \vec{A} + \vec{B} \cdot \dot{\vec{A}})$$

$$\vec a \cdot \vec b = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z = |\vec a|\,|\vec b| \cos\angle(\vec a, \vec b)$$

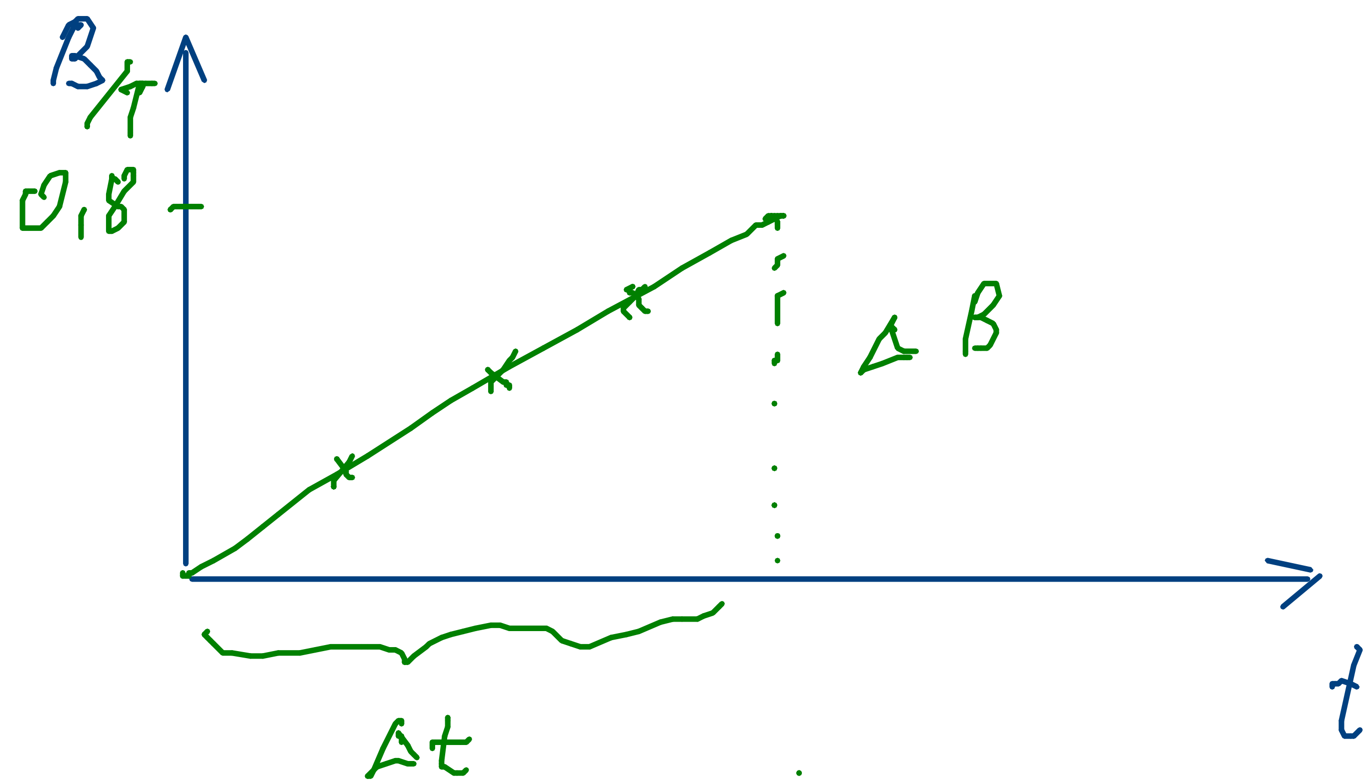
Skalarprodukt

$$W = \vec F \cdot \vec s$$

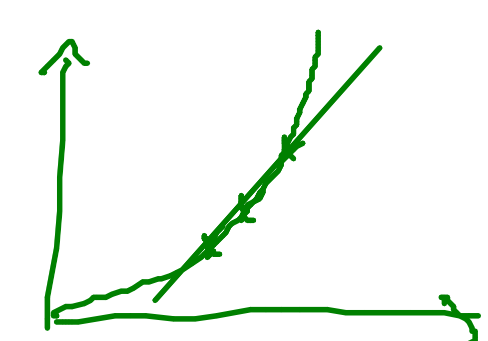
$$\left[\ \vec M = \vec r \times \vec F\ \right]$$

---

1)



für alle t: $\dot B = \frac{dB}{dt} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t}$



$$U_{ind} = -n\dot\Phi \overset{hier}{=} -n \cdot A \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = -10 \cdot 0{,}18\,m^2 \cdot \frac{0{,}8\,T - 0\,T}{4\,s - 0\,s} = -0{,}36\,V$$

$$\vec B \cdot \vec A = B \cdot A$$

$$A = \text{konst.} = 0{,}6 \cdot 0{,}3\ m^2$$

<-- 26.2.2013