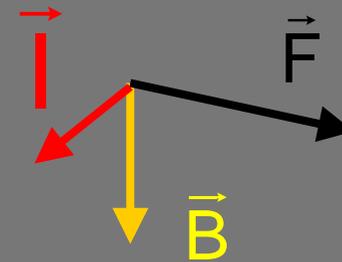
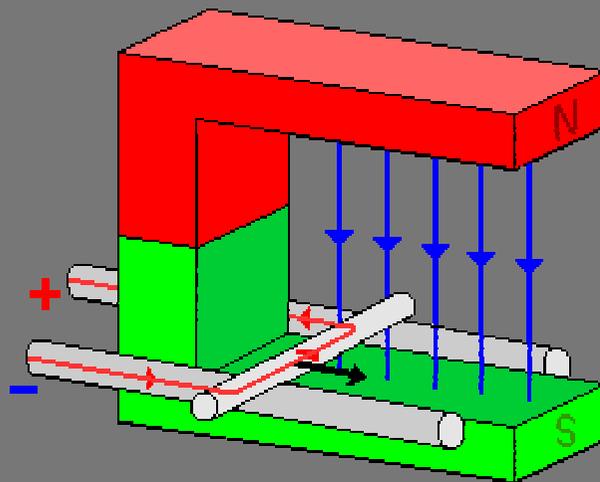
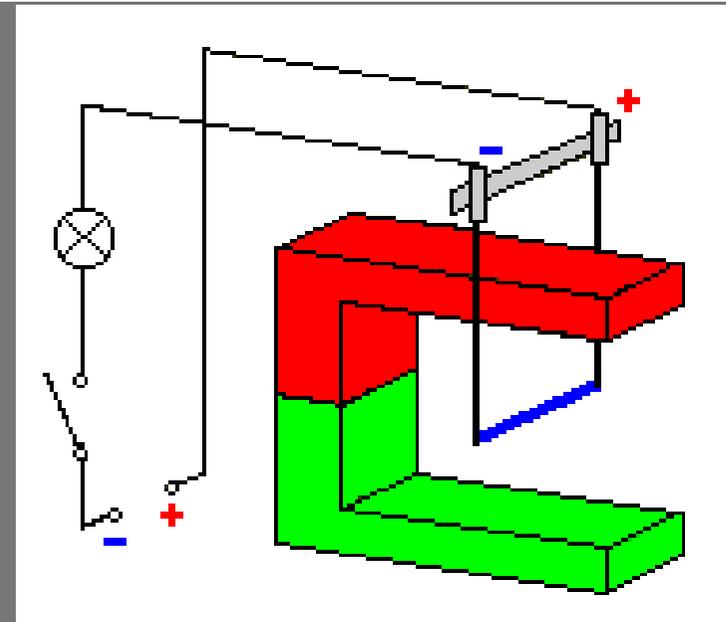
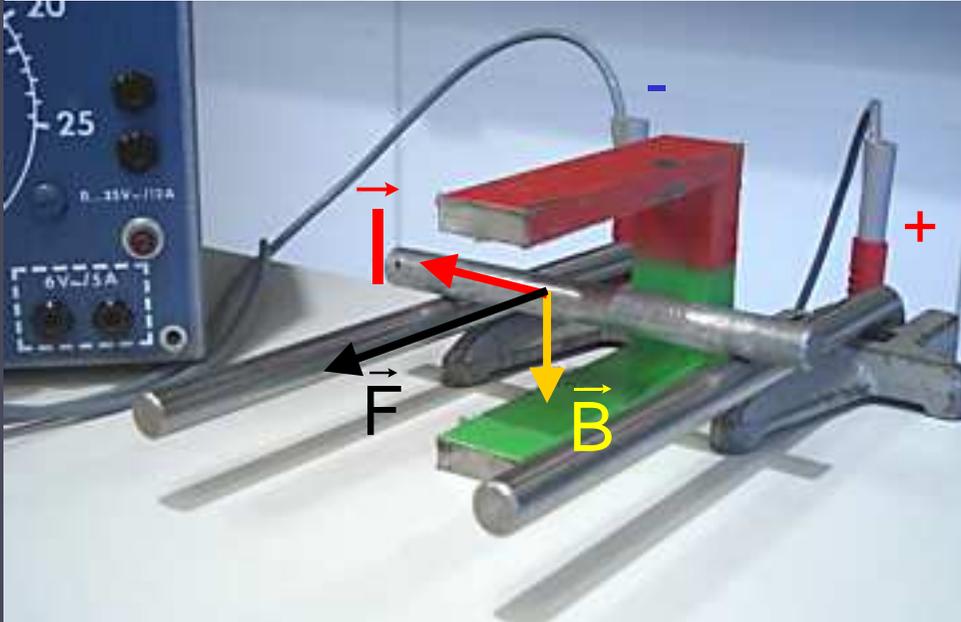


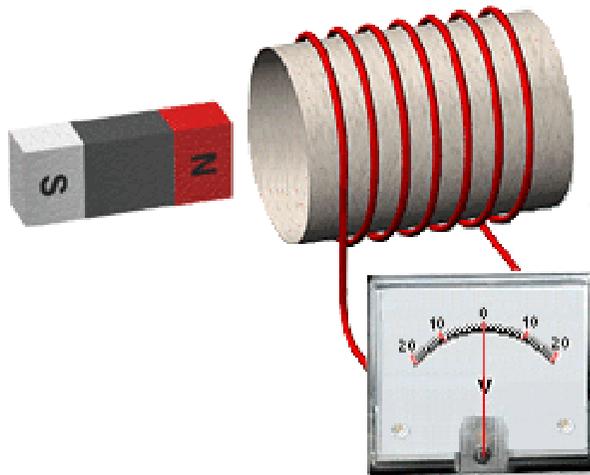
Die Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter



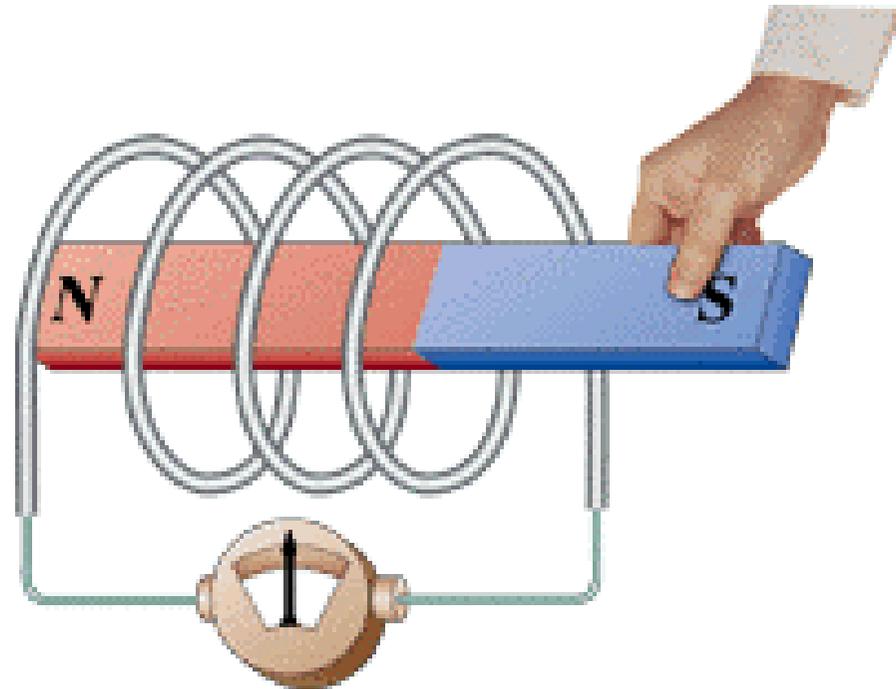
Grundversuch 1 zur Induktion

Lat: inductio -Einführung

Faradays Law of Induction



Kieran Mckenzie

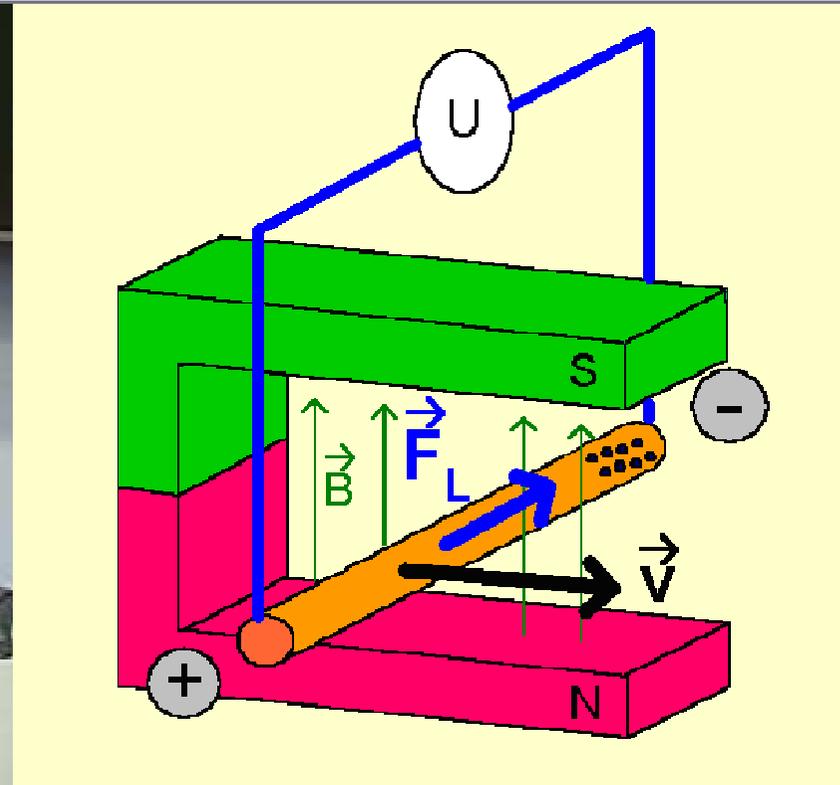
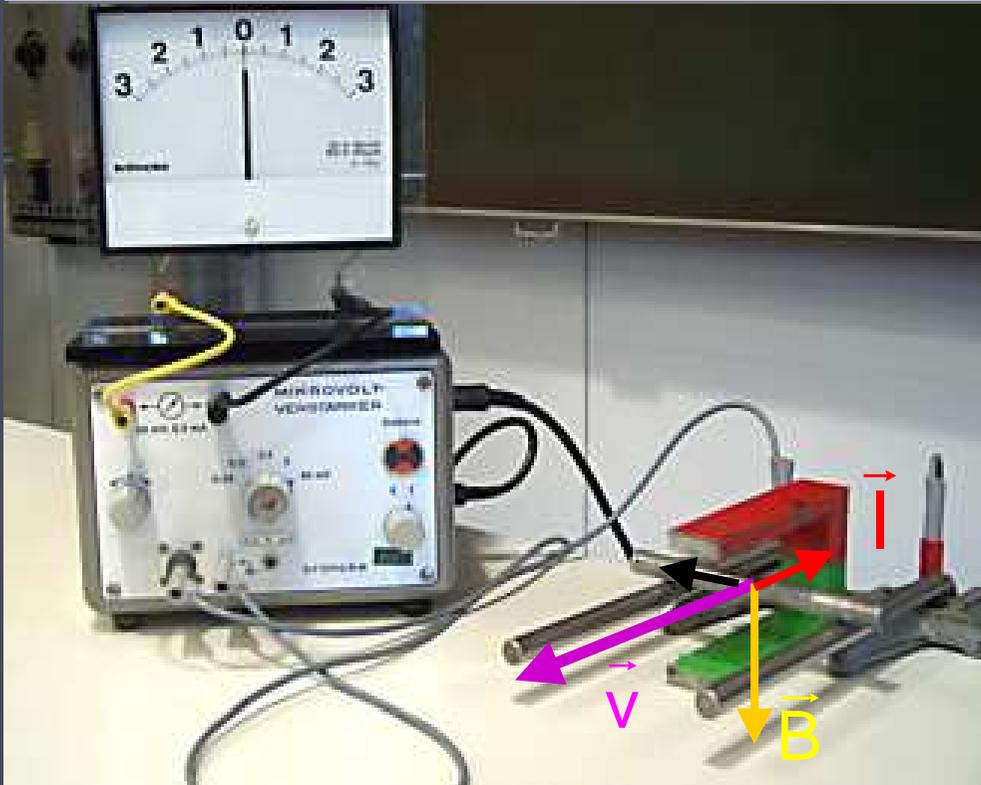


Bewegt man einen Magneten (ein Magnetfeld) relativ zu einer Spule (zu einem Leiter), dann wird an den Enden der Spule (des Leiters) eine Spannung erzeugt (induziert)!

Grundversuch 2 zur Induktion

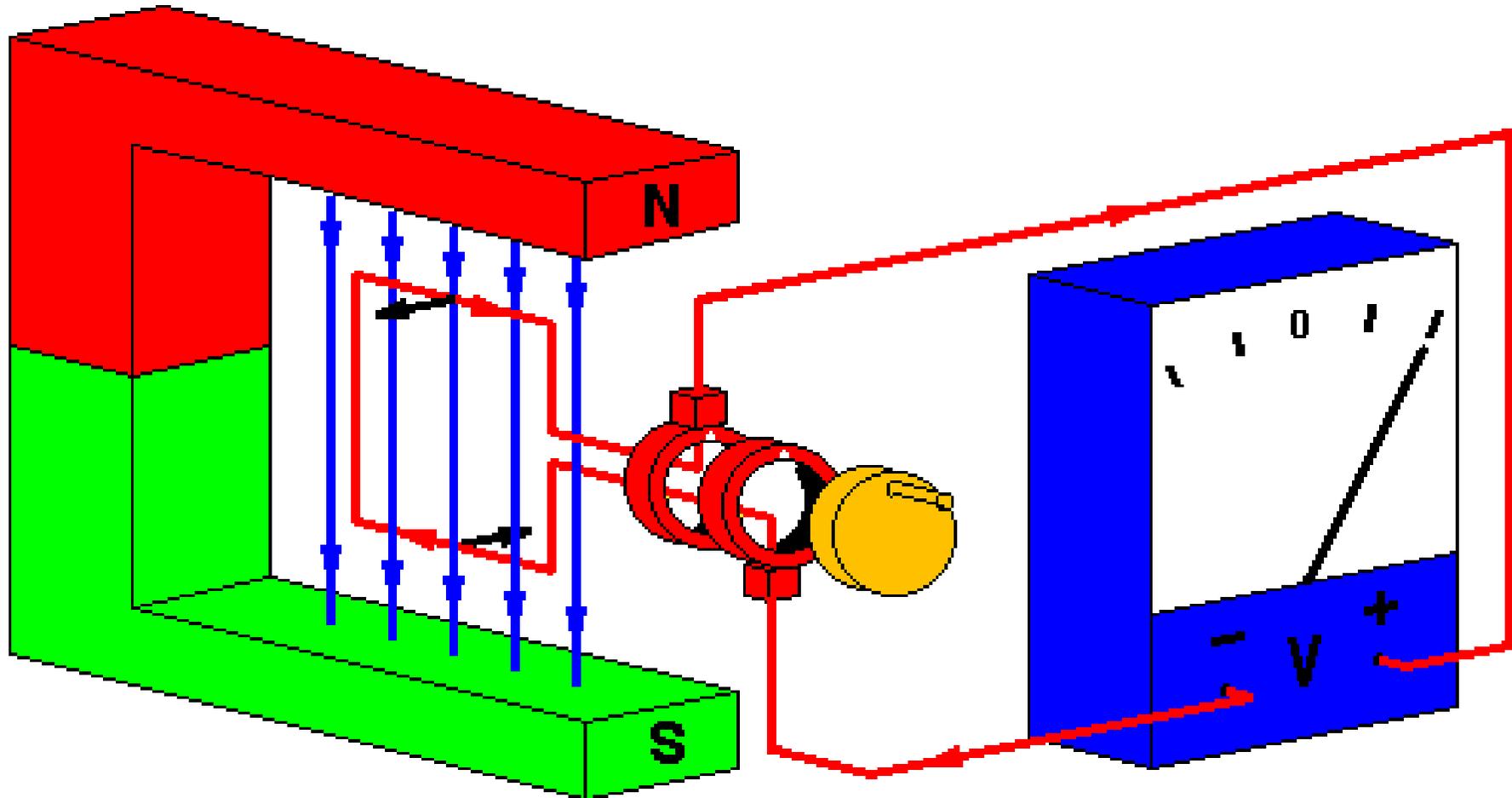
lat: inductio -Einführung

Bewegt man einen Leiter relativ zu einem Magnetfeld, dann wird an den Enden des Leiters eine Spannung induziert!



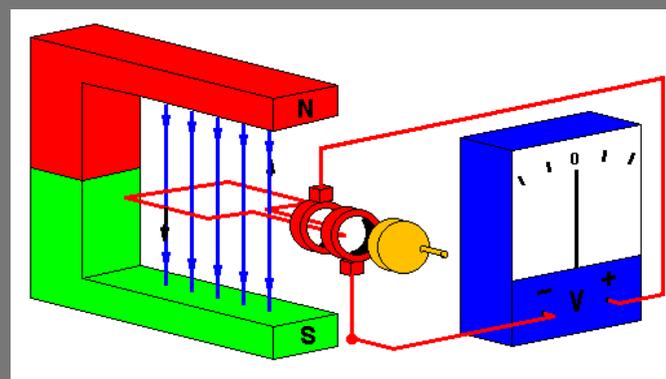
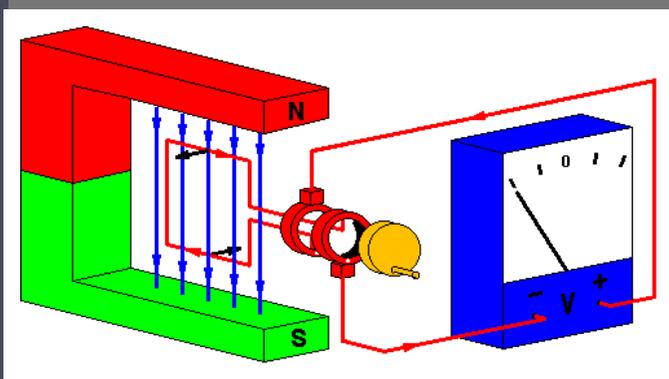
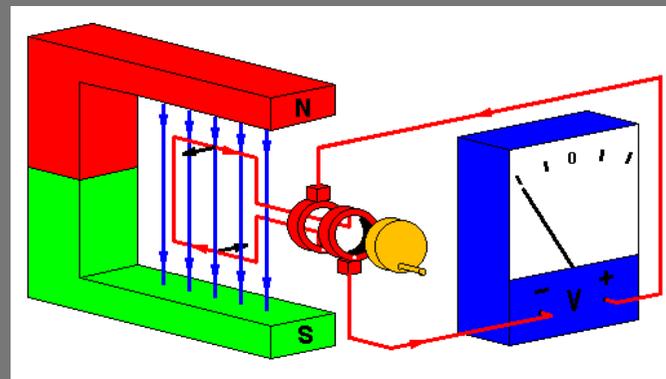
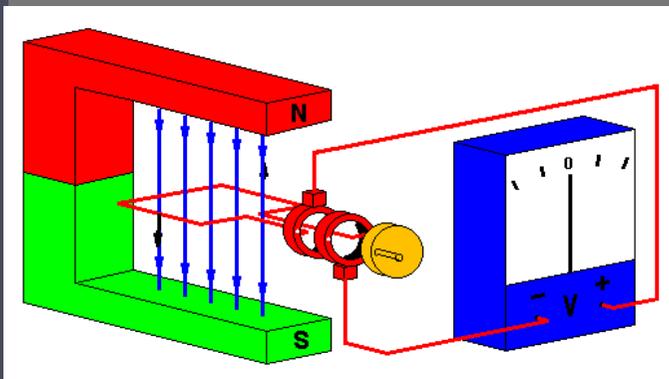
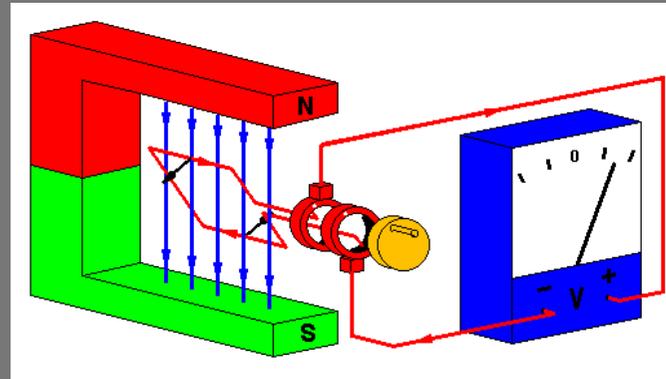
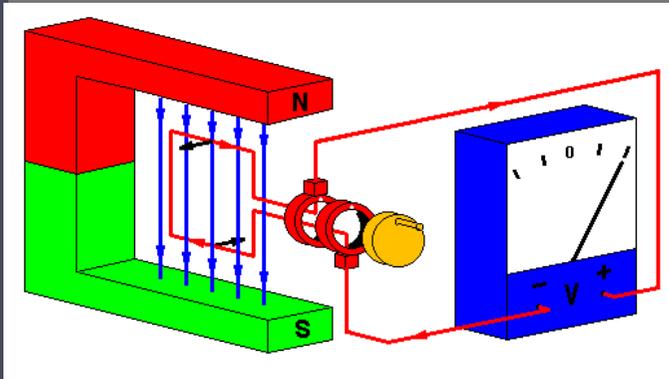


Der Generator

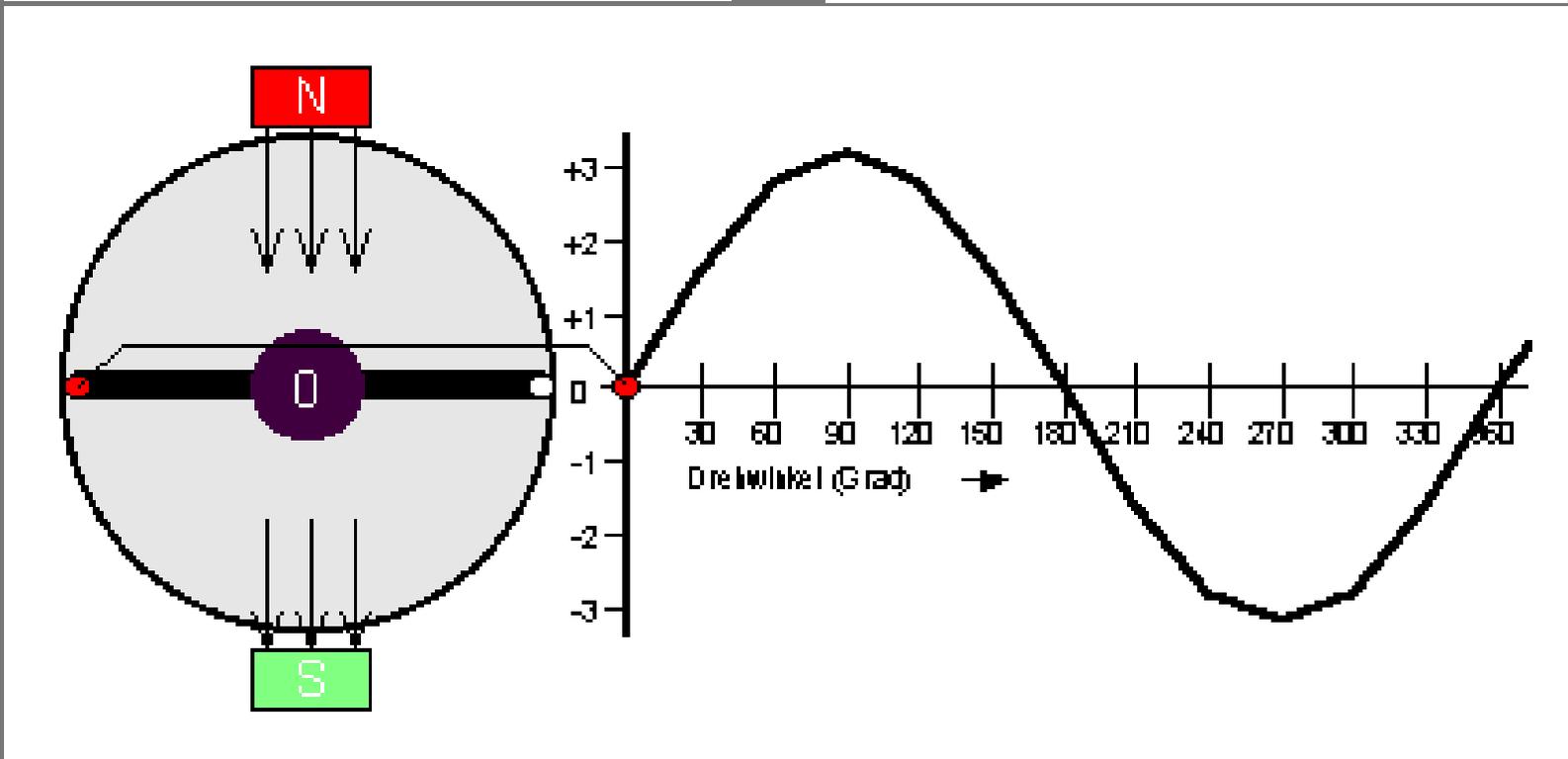
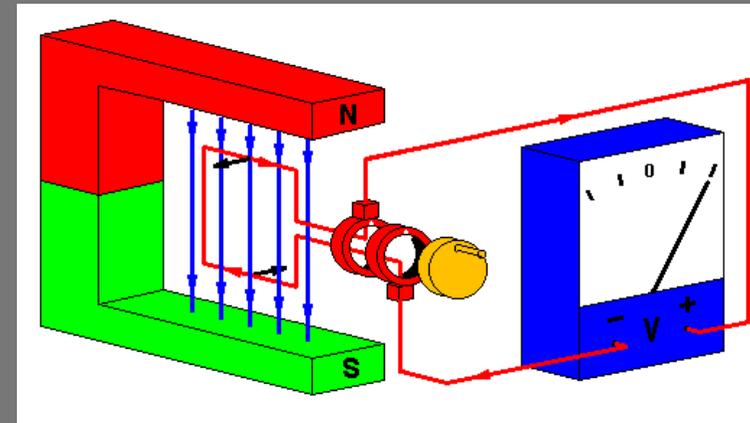
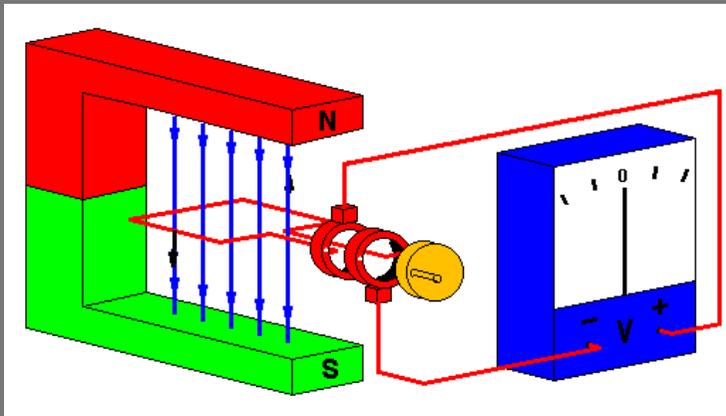




Der Generator

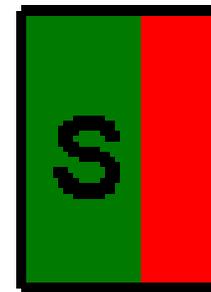


Die sinusförmige Wechselspannung



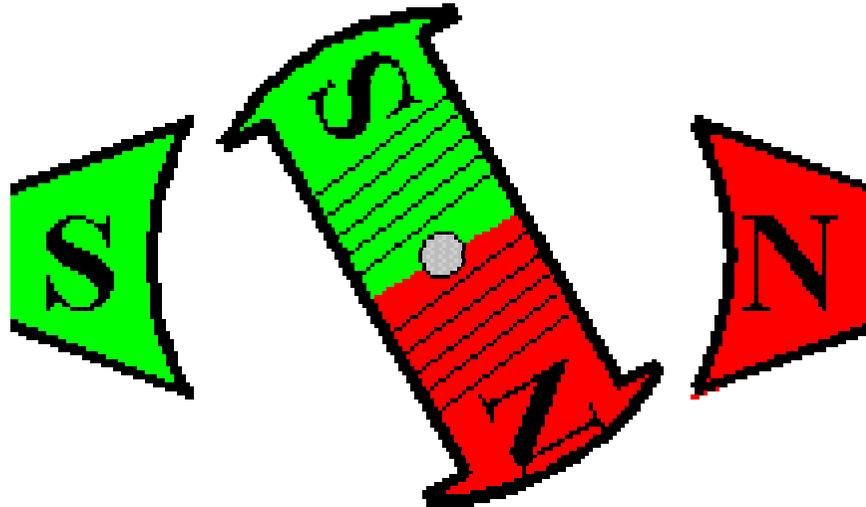


Die Idee zum Elektromotor 1





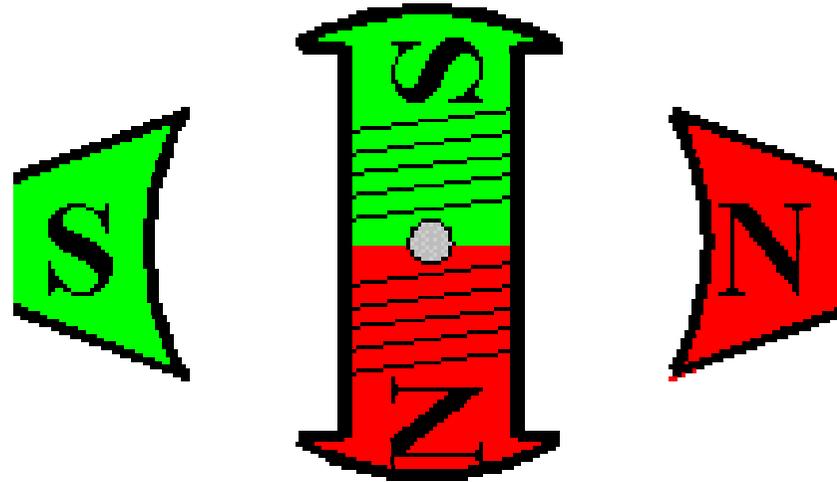
Die Idee zum Elektromotor 2



Statt der Kompassnadel bauen wir eine drehbar gelagerte stromdurchflossene Spule (also einen Elektromagneten) ein.

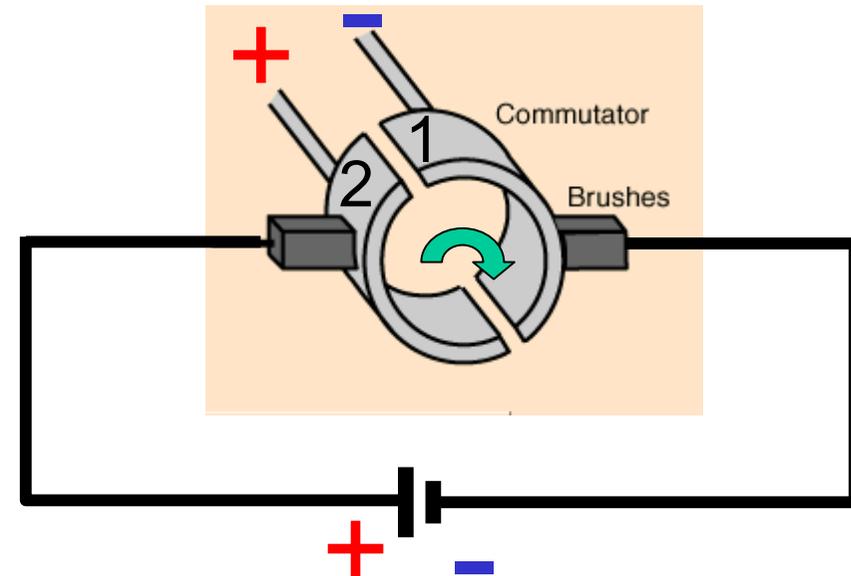
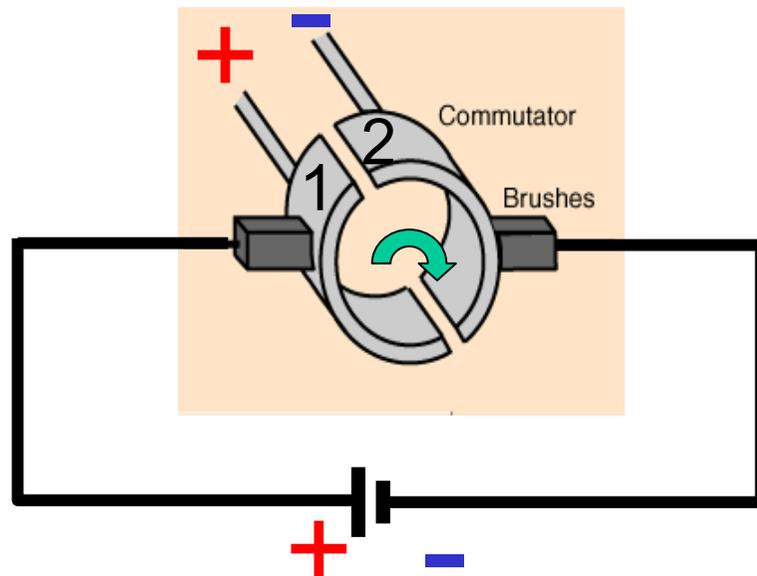


Die Idee zum Elektromotor 3



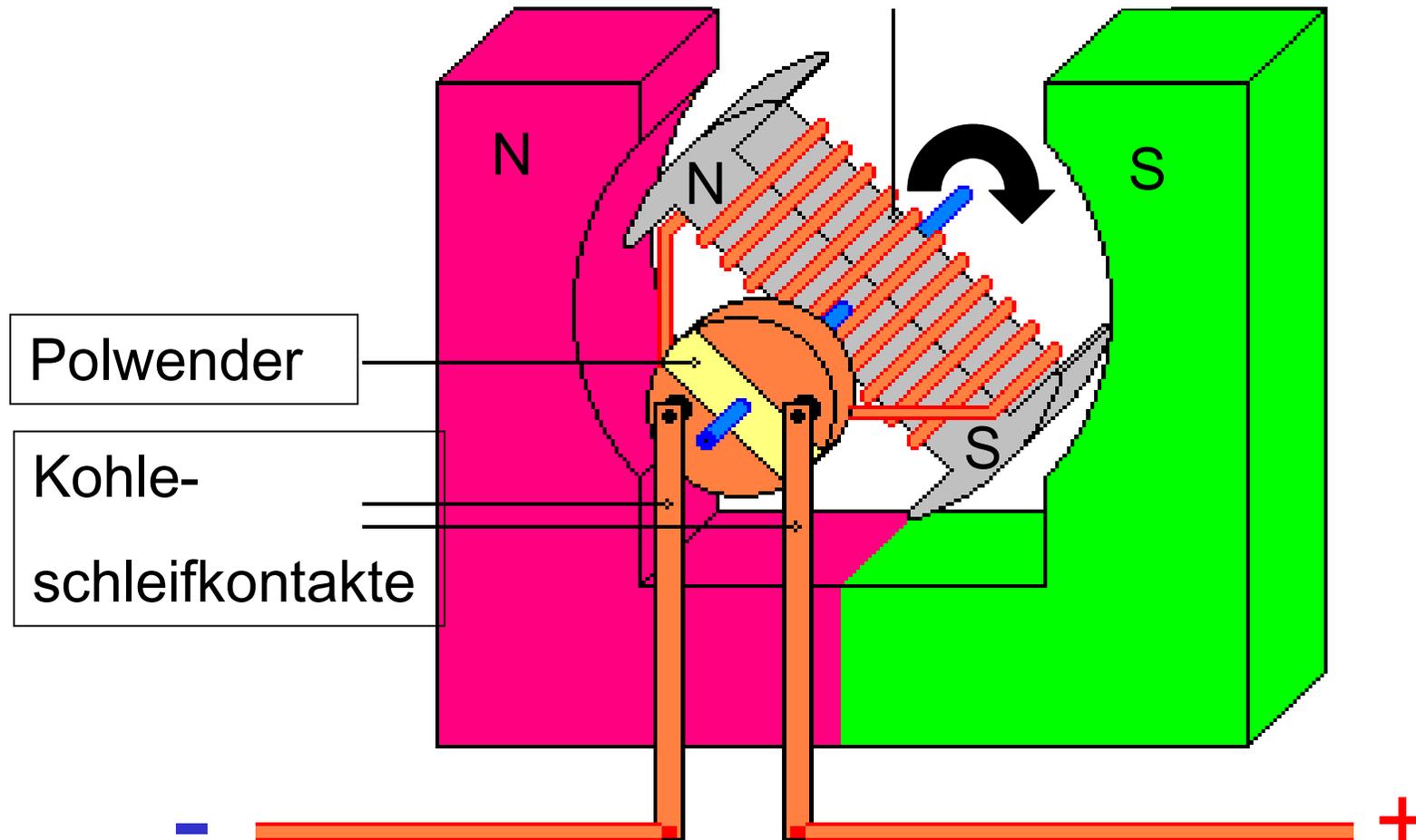
Jetzt lassen wir den Strom mit abwechselnder Richtung durch die Spule fließen.

Die Idee zum Elektromotor 4 (Der Polwender)



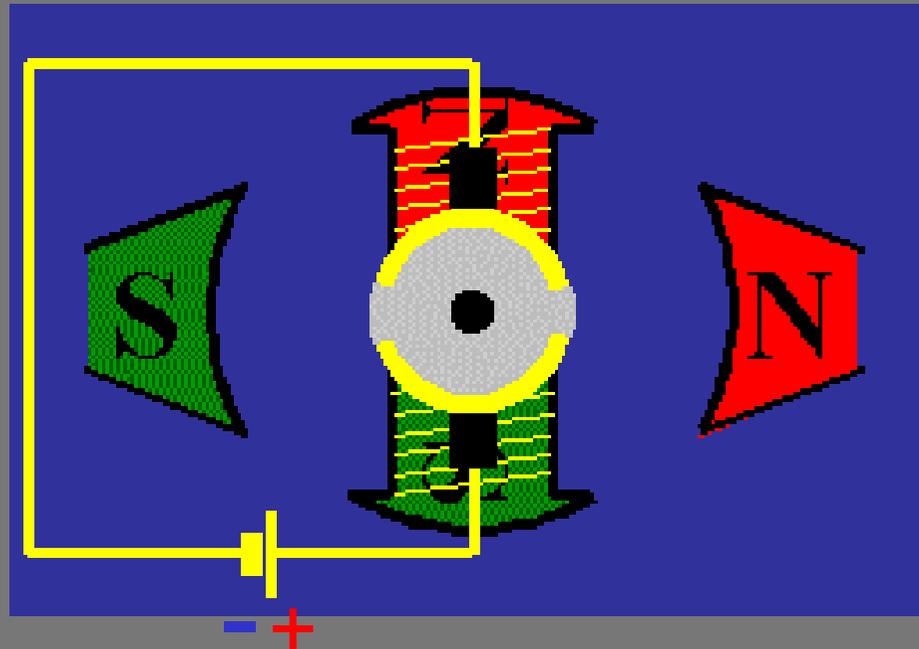
Der Gleichstromelektromotor

Anker (Spule mit Kern)



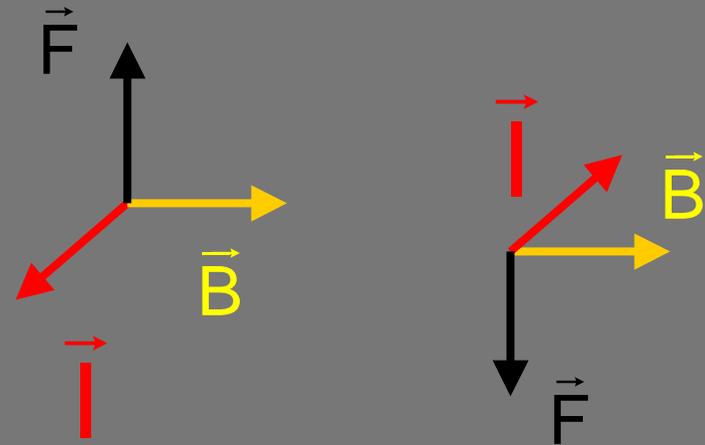
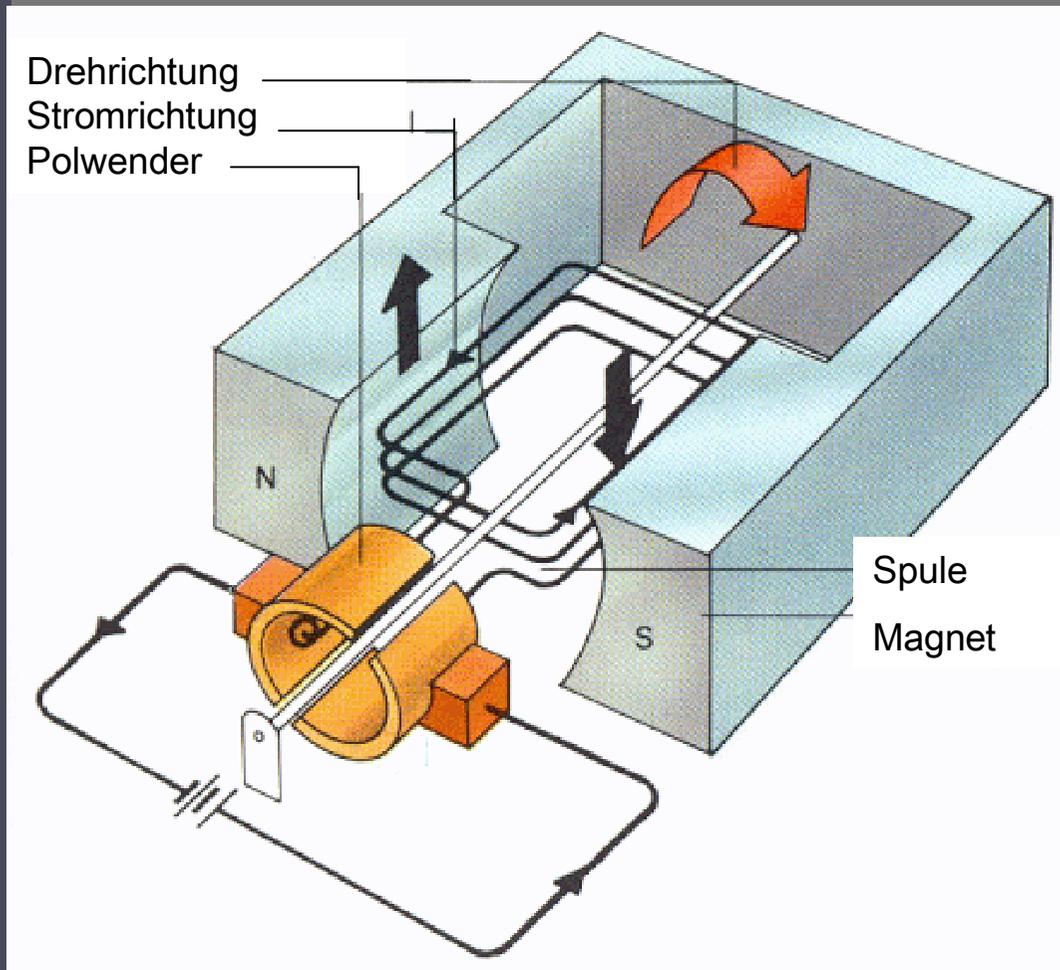


Gleichstromelektromotor



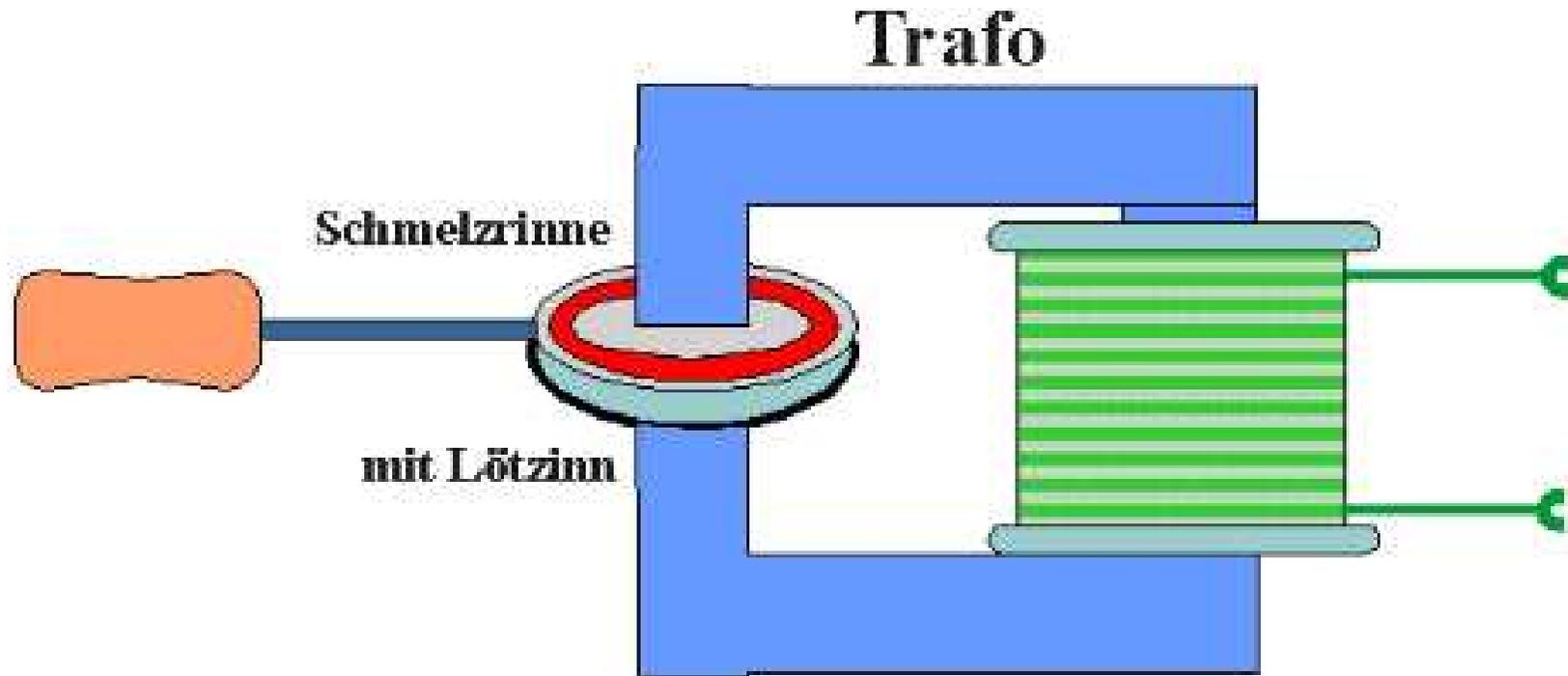
Durch den Polwender wird die Stromrichtung in der rotierenden Spule immer so gewählt, dass die Pole des Spulenmagnetfelds „richtig“ entstehen. Der Motor läuft in diesem Fall links herum.

Gleichstromelektromotor

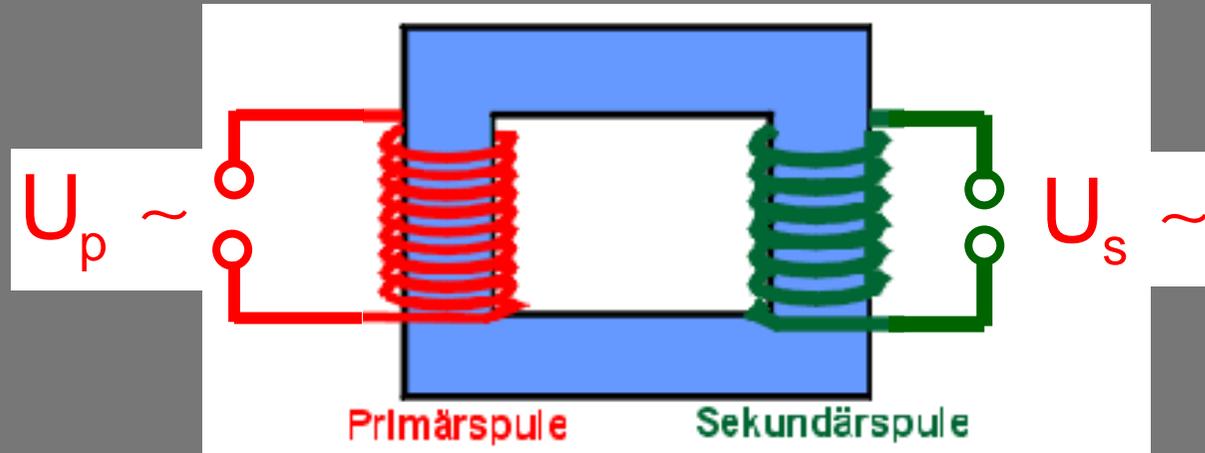




Der Transformator



Der Transformator



I-Kern (Joch)

Primärspule



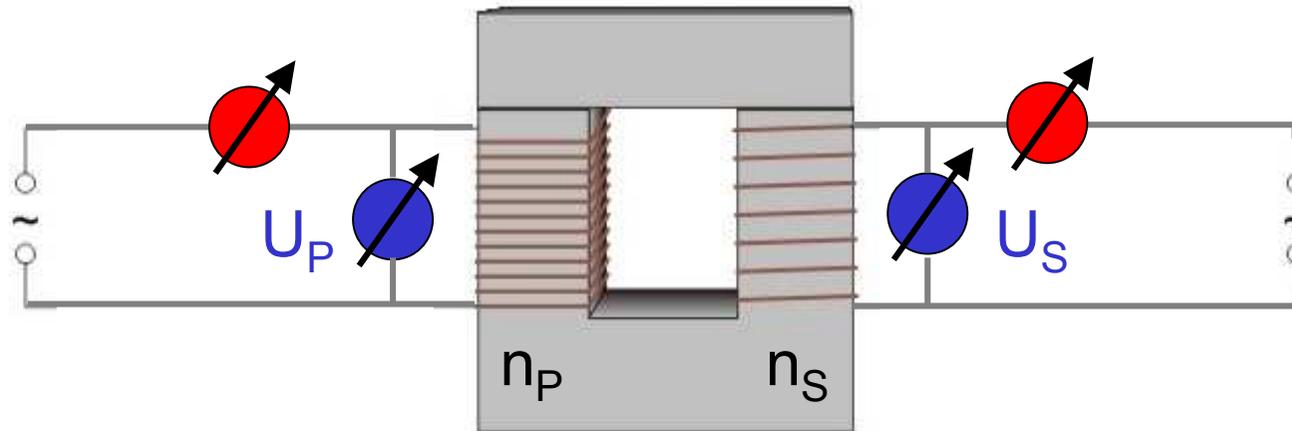
U-Kern



Sekundärspule

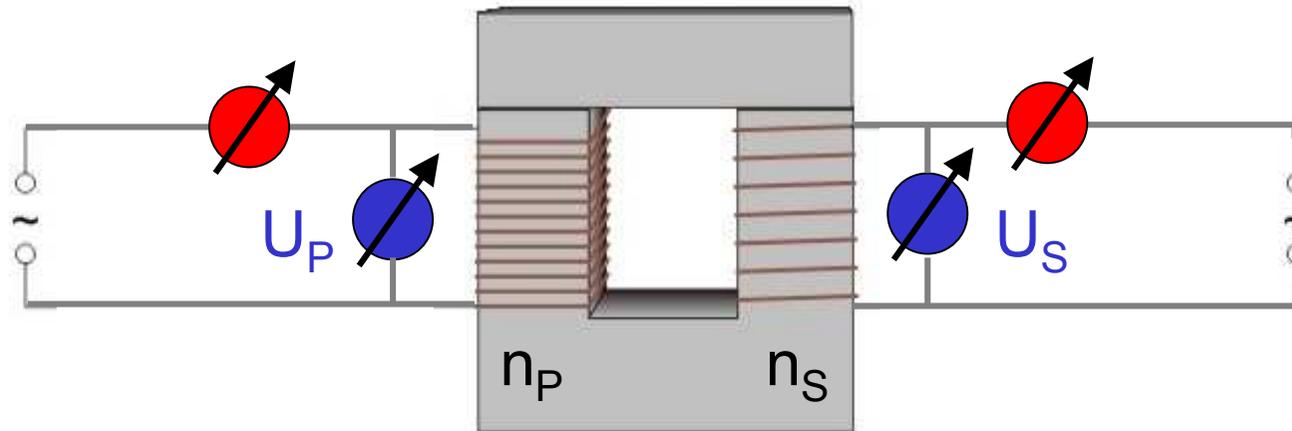


Der unbelastete Transformator



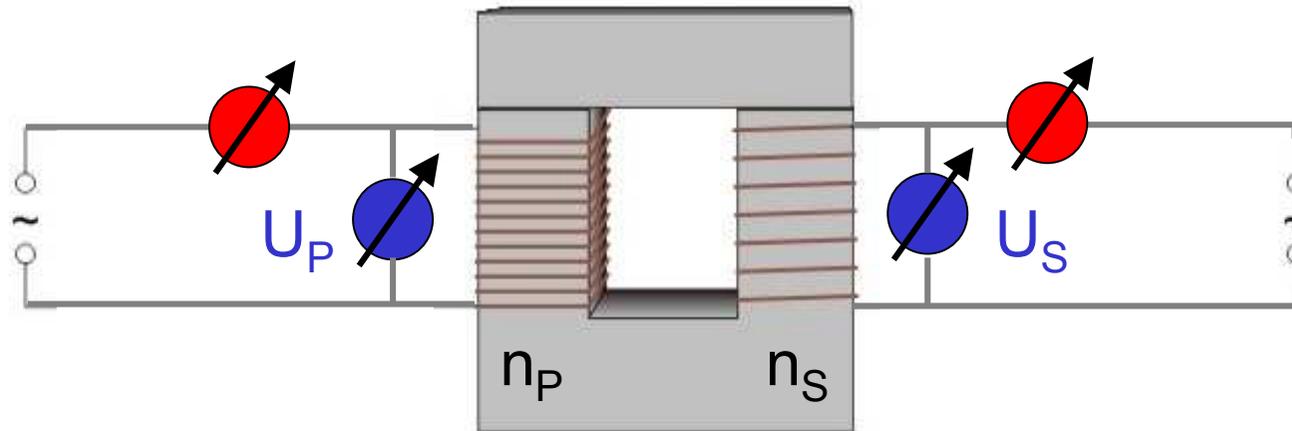
Primärseite		Sekundärseite	
n_P	U_P [V]	n_S	U_S [V]
300	6	300	6
300	6	600	12
300	6	1200	24
75	6	1200	96
75	25	10000	3333 !

Der unbelastete Transformator



Primärseite		Sekundärseite	
n_P	U_P [V]	n_S	U_S [V]
300	100	300	100
600	100	300	50
1200	100	300	25
10000	100	1200	12
75	150	1	2

Der unbelastete Transformator



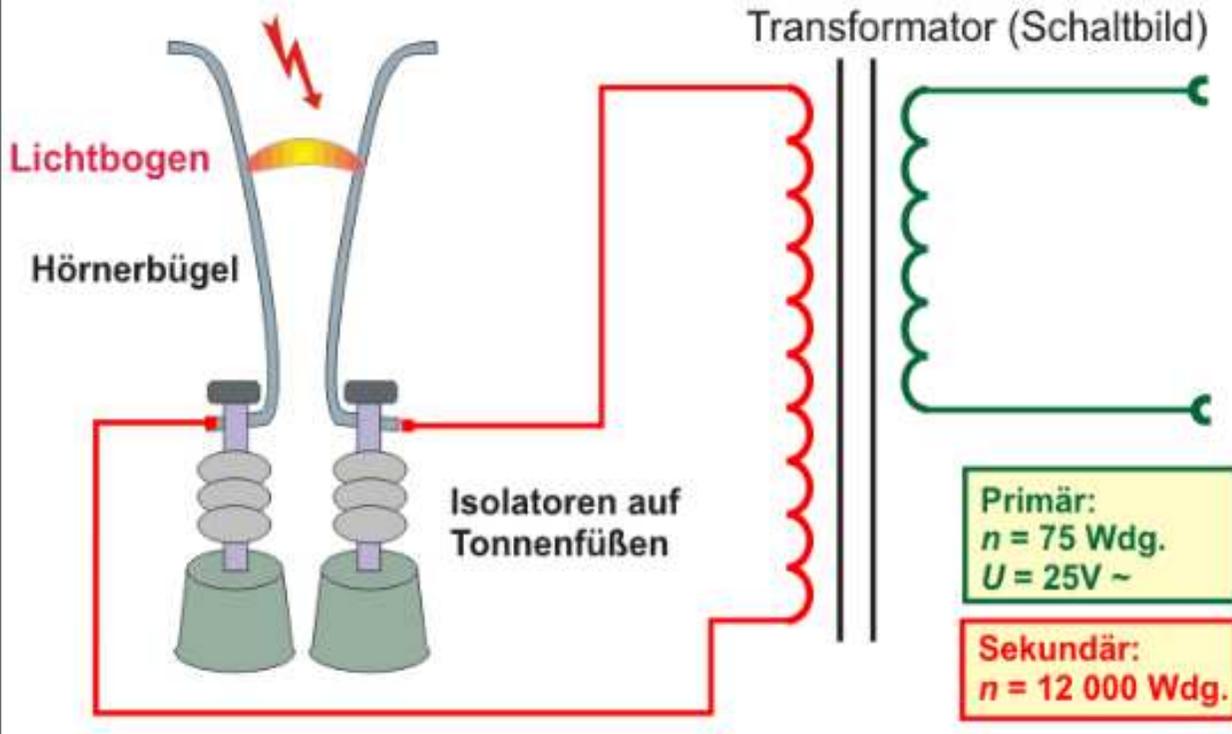
Spannungsverhältnisse am unbelasteten Transformator

$$\frac{U_S}{U_P} = \frac{n_S}{n_P}$$

$$\frac{\text{Spannung}_S}{\text{Spannung}_P} = \frac{\text{Windungszahl}_S}{\text{Windungszahl}_P}$$

Der Transformator

V1 Hochspannungs-Trafo:



$$\frac{U_S}{U_P} = \frac{n_S}{n_P}$$

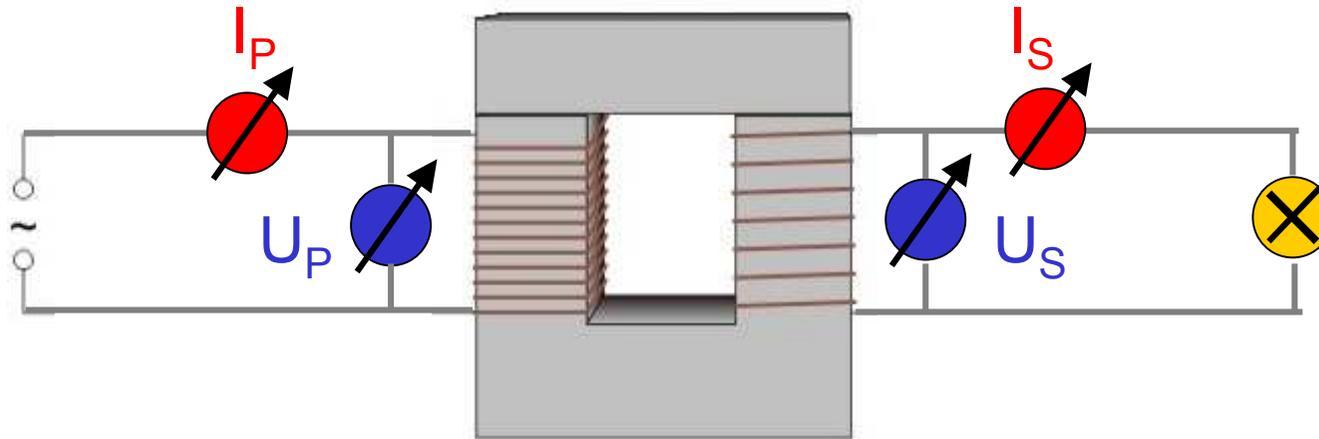
$$\frac{U_S}{25} = \frac{12000}{75}$$

$$\Rightarrow U_S = 4000V$$

Hochspannungstrafo:

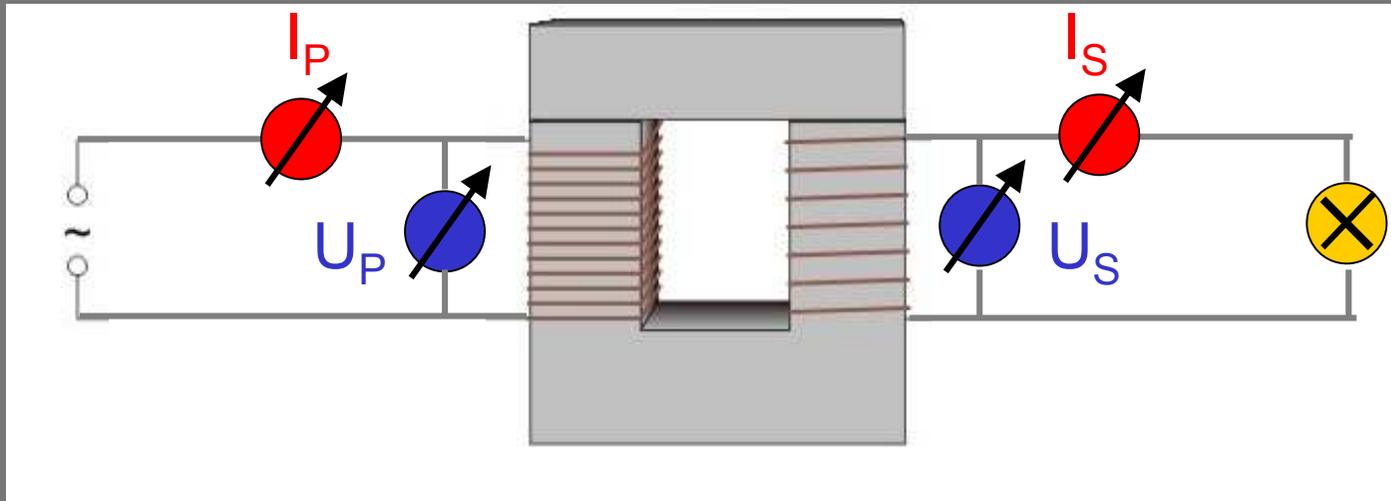
Verhältnismäßig große Sekundärwindungszahl. Macht aus geringer Spannung eine sehr große Spannung.

Ströme am belasteten Transformator



Primärseite		Sekundärseite	
n_P	I_P [A]	n_S	I_S [A]
300	0,1	300	0,1
600	0,1	300	0,2
1200	0,1	300	0,4
75	25	8	234
75	25	1	1875

Ströme am belasteten Transformator

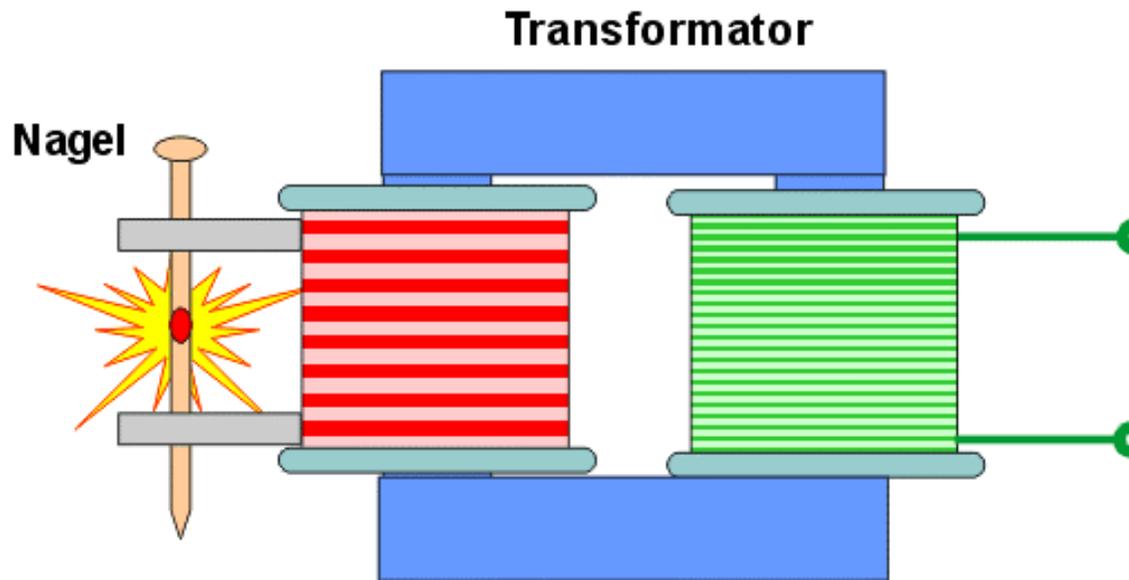


$$\frac{I_P}{I_S} = \frac{n_S}{n_P}$$

$$\frac{\text{Stromstärke}_P}{\text{Stromstärke}_S} = \frac{\text{Windungszahl}_S}{\text{Windungszahl}_P}$$

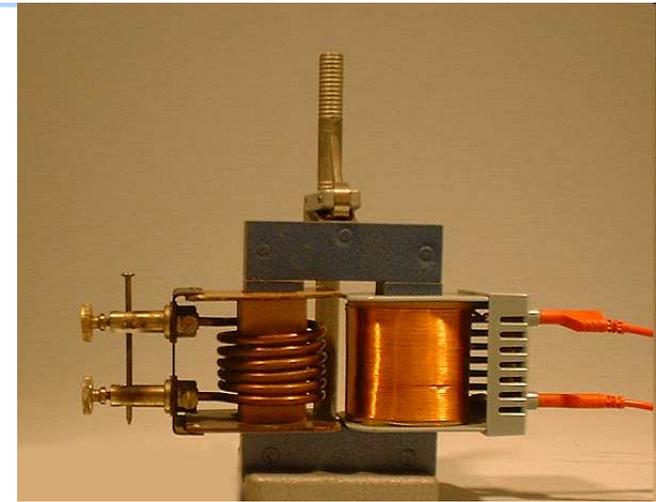
Hochstrom-Transformator

V2 Hochstrom-Trafo:



Sekundärspule:
n = 8 Wdg.

Primärspule:
n = 75 Wdg.
J = 20A ~



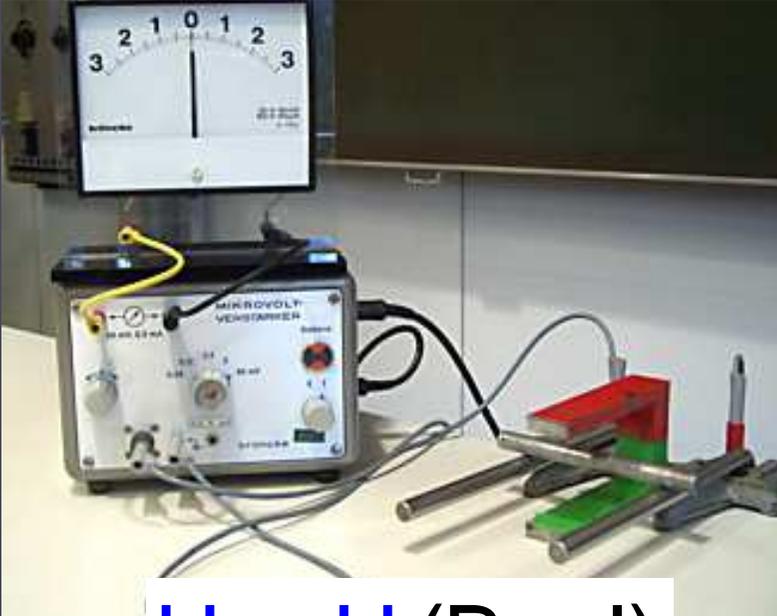
Hochstromtrafo:

kleine Sekundärwindungszahl.
Macht aus einer geringen Stromstärke eine sehr große Stromstärke.

$$\frac{I_P}{I_S} = \frac{n_s}{n_p}$$

$$I_S = \frac{I_P \cdot n_P}{n_s} = \frac{20A \cdot 75}{8} = 188A$$

Das Induktionsgesetz



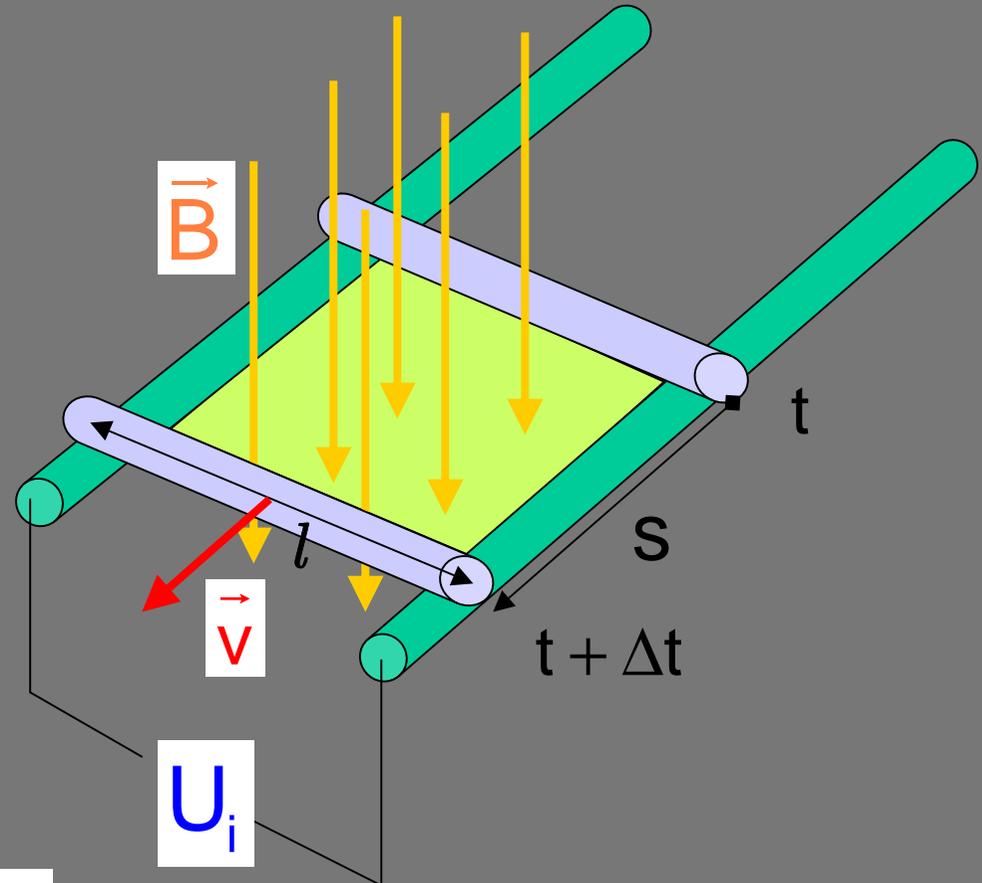
$$U_i = U_i(B, v, l)$$

Vermutung:

$$U_i \sim B$$

$$U_i \sim v$$

$$U_i \sim l$$



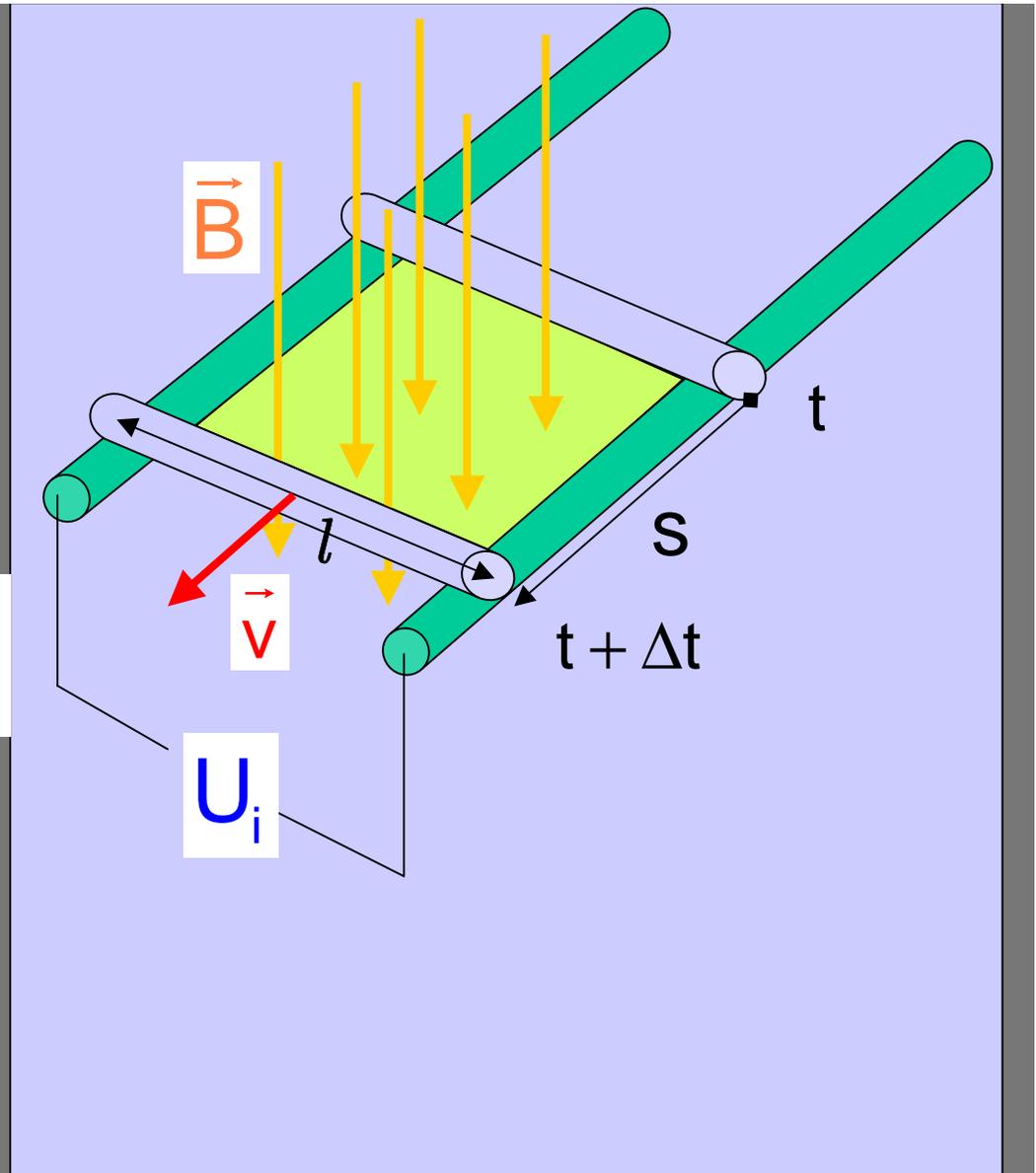
Das Induktionsgesetz

$$U_i \sim B \quad U_i \sim v \quad U_i \sim l$$

$$U_i \sim B \cdot v \cdot l$$

$$U_i = B \cdot v \cdot l$$

$$[U_i] = 1 \frac{\text{N}}{\text{Am}} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \text{m} = 1 \frac{\text{Nm}}{\text{As}} = 1\text{V}$$



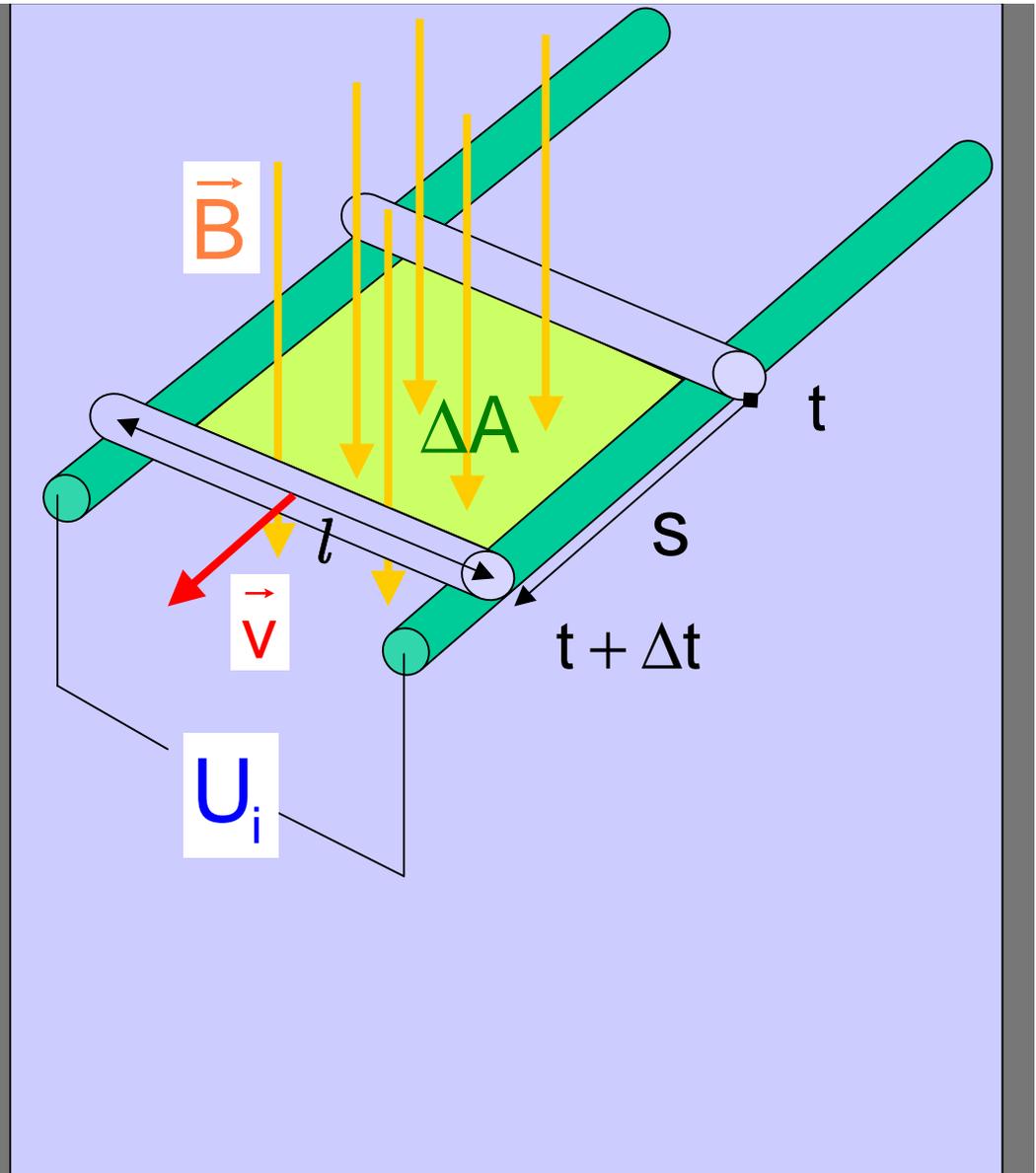
Das Induktionsgesetz

$$U_i = B \cdot v \cdot l$$

$$= B \cdot \frac{\Delta s}{\Delta t} \cdot l$$

$$= B \cdot \frac{\Delta s \cdot l}{\Delta t}$$

$$= B \cdot \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

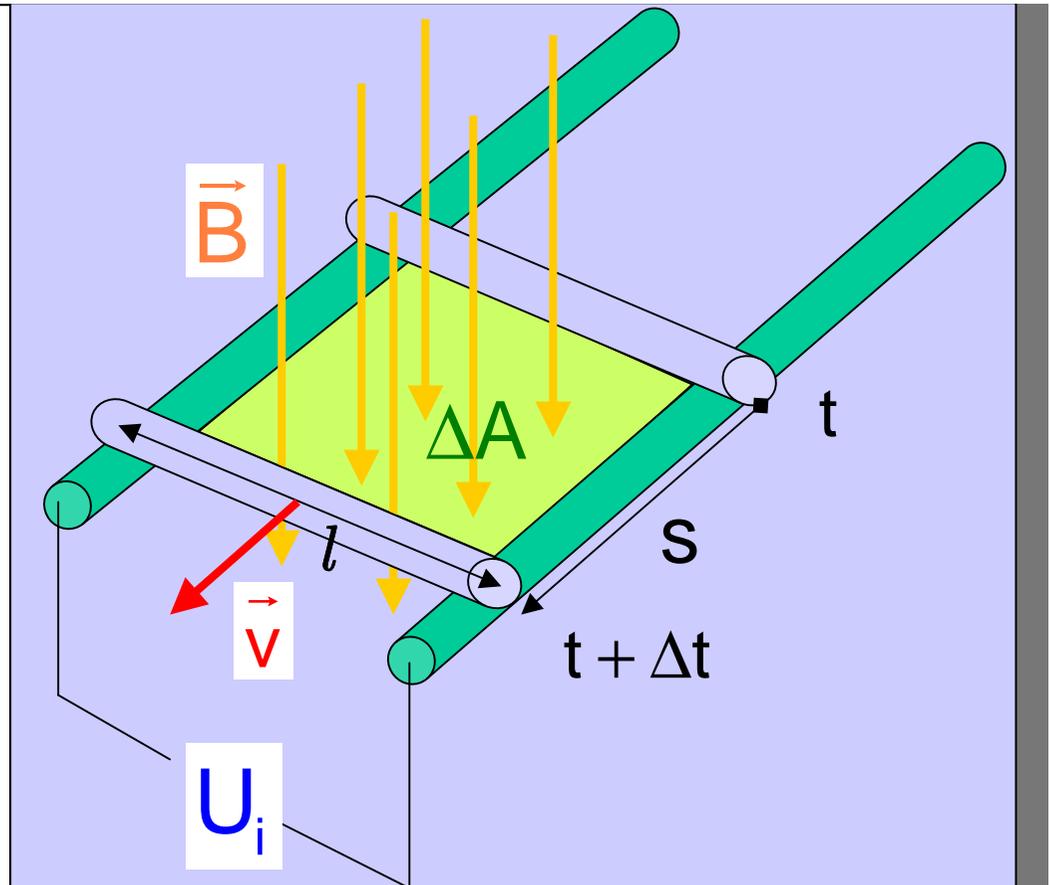


Das Induktionsgesetz

$$U_i = B \cdot \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

Für die momentane Induktionsspannung gilt damit:

$$U_i(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(B \cdot \frac{\Delta A}{\Delta t} \right) \\ = B \cdot \dot{A}(t)$$

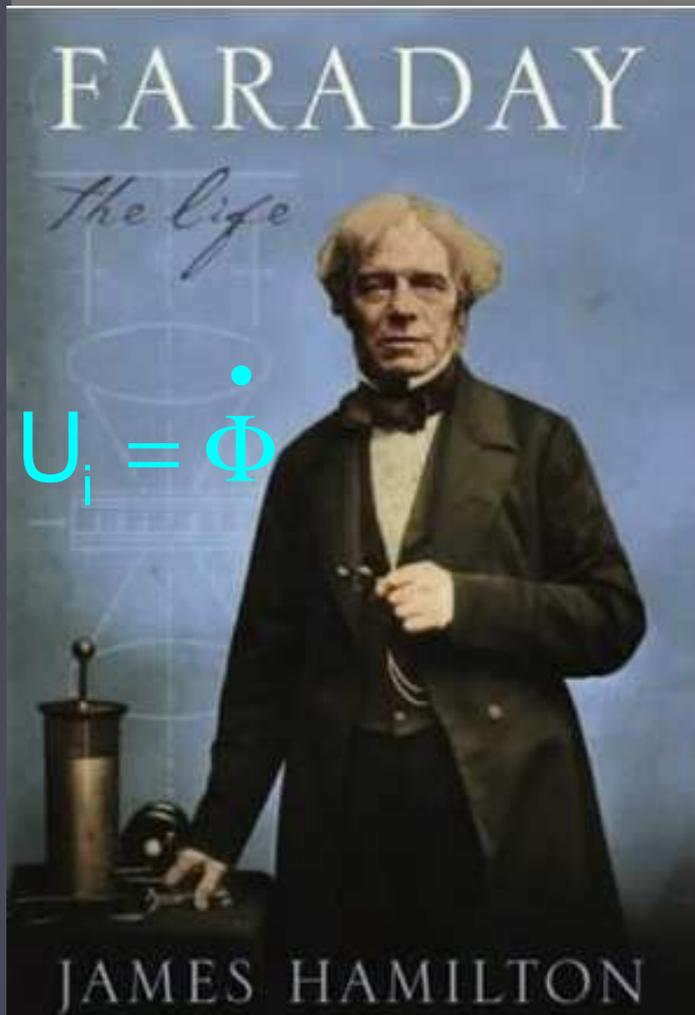


Das Produkt $\Phi = B \cdot A$ heißt **Magnetischer Fluß**

$B = \frac{\Phi}{A}$ wird deswegen oft als **Magnetische Flußdichte** bezeichnet



Das Faradaysche Induktionsgesetz

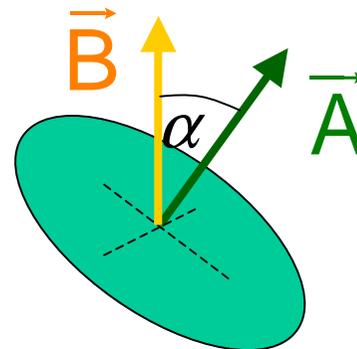


$$U_i = \dot{\Phi}$$

1791-1867

In einer Leiterschleife mit einer Windung wird eine Spannung induziert, wenn sich der magnetische Fluss in dieser Schleife **verändert**.

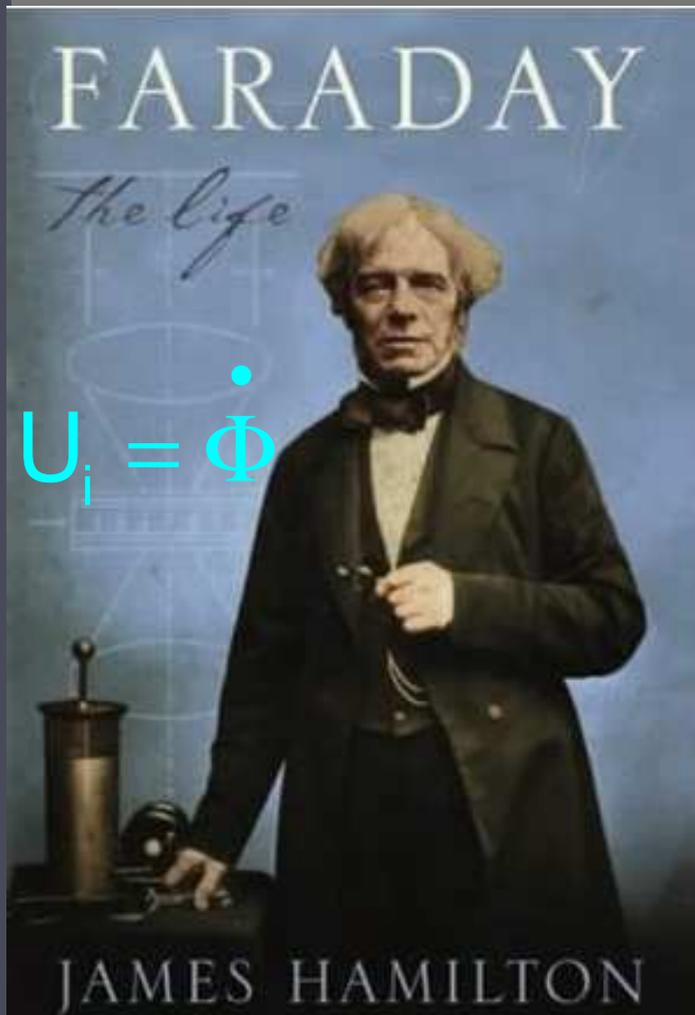
$$U_i = \dot{\Phi} \quad \Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = B \cdot A \cdot \cos \alpha$$



Der Flächenvektor \vec{A} steht senkrecht auf der Fläche und hat einen Betrag der gerade dem Flächeninhalt von A entspricht.



Das Faradaysche Induktionsgesetz



$$U_i = \dot{\Phi}$$

1791-1867

In einer Spule mit n Windungen wird eine Spannung induziert, wenn sich der magnetische Fluss in der Spule verändert.

$$U_i = -n \cdot \dot{\Phi} \quad \Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = B \cdot A \cdot \cos \alpha$$

Hängt auch B von der Zeit ab, dann gilt:

$$\dot{\Phi} = \left(\vec{B} \cdot \vec{A} \right) \dot{} = \dot{B} \cdot A + B \cdot \dot{A}$$

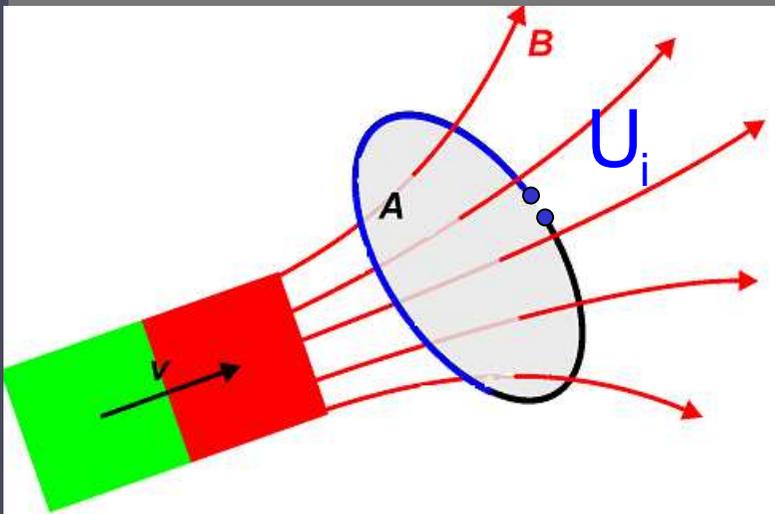
$$U_i = -n \cdot (\dot{B} \cdot A + B \cdot \dot{A})$$



Das Faradaysche Induktionsgesetz

In einer Leiterschleife mit 1 Windung wird eine Spannung induziert, wenn sich der magnetische Fluss in dieser Schleife **verändert**.

$$U_i = \dot{\Phi} \quad \Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = B \cdot A \cdot \cos \alpha$$



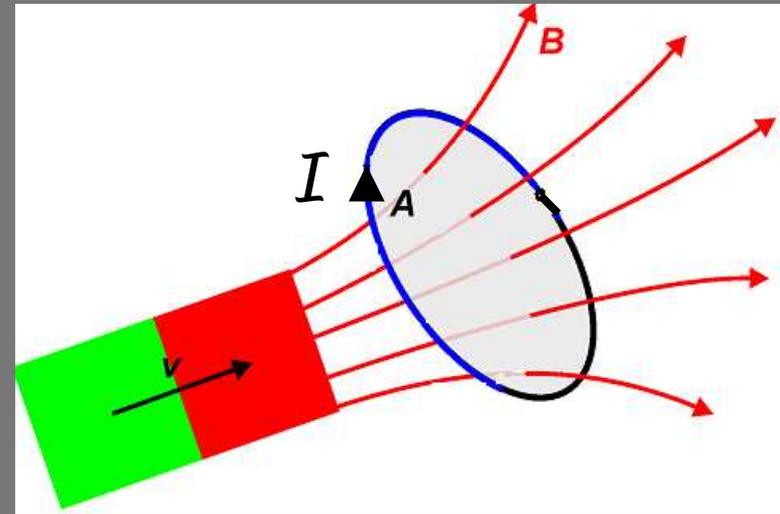
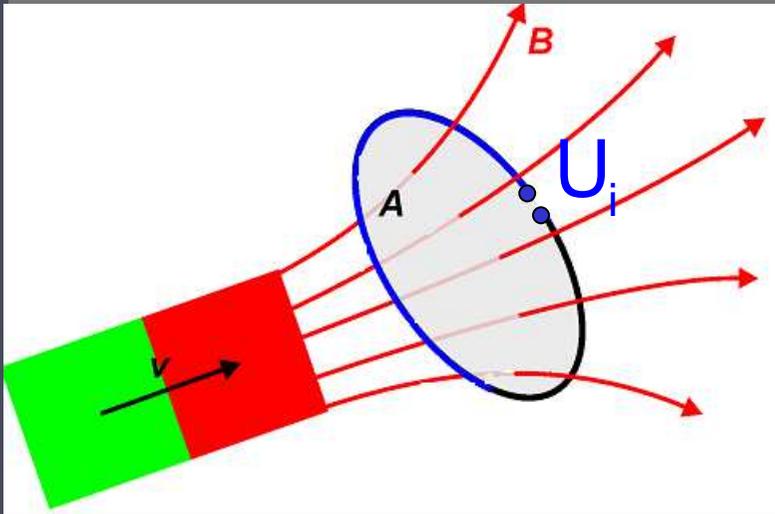
Durch die Bewegung des Magneten ändert sich der Fluss in der Leiterschleife mit der Fläche A.

D.h. an den Enden entsteht eine Induktionsspannung U_i

Wie ist diese Spannung gepolt?

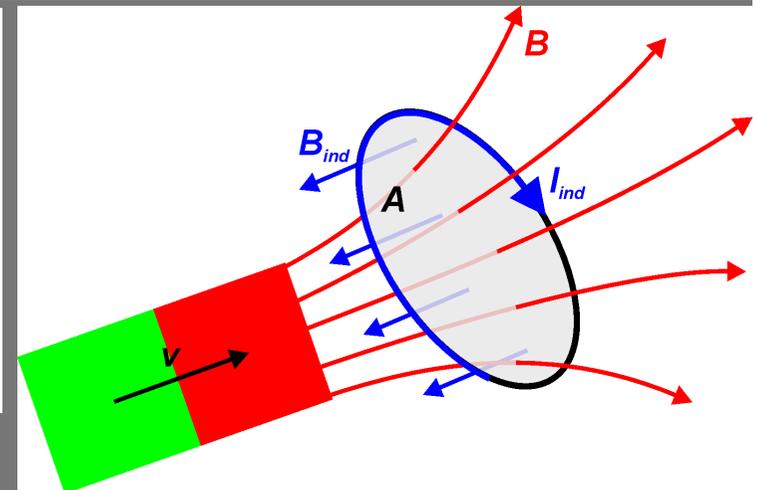


Induktionsgesetz - Lenzsche Regel



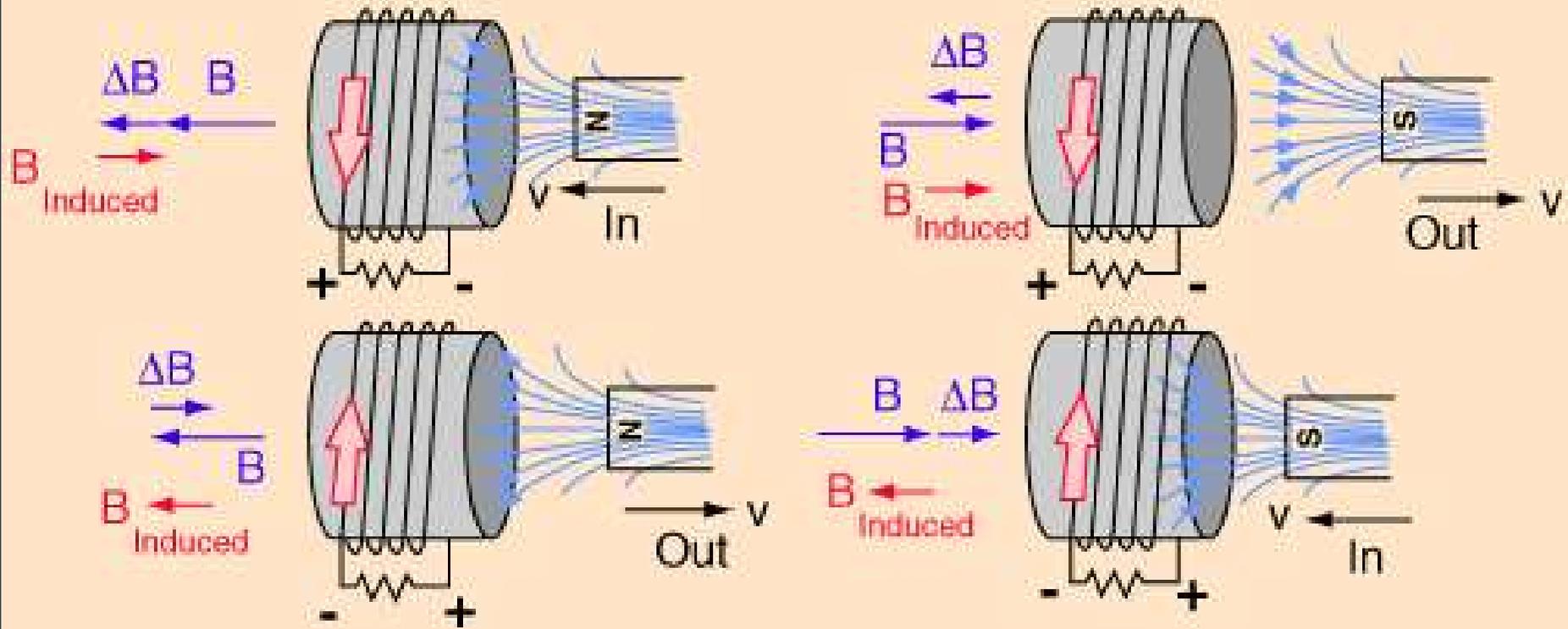
Verbinde ich die beiden Enden der Leiterschleife, dann fließt in der Leiterschleife ein Strom I .

Dieser Strom muss nun so gerichtet sein, dass das von ihm erzeugte Magnetfeld dem die Induktion erzeugenden Magnetfeld entgegengerichtet ist.

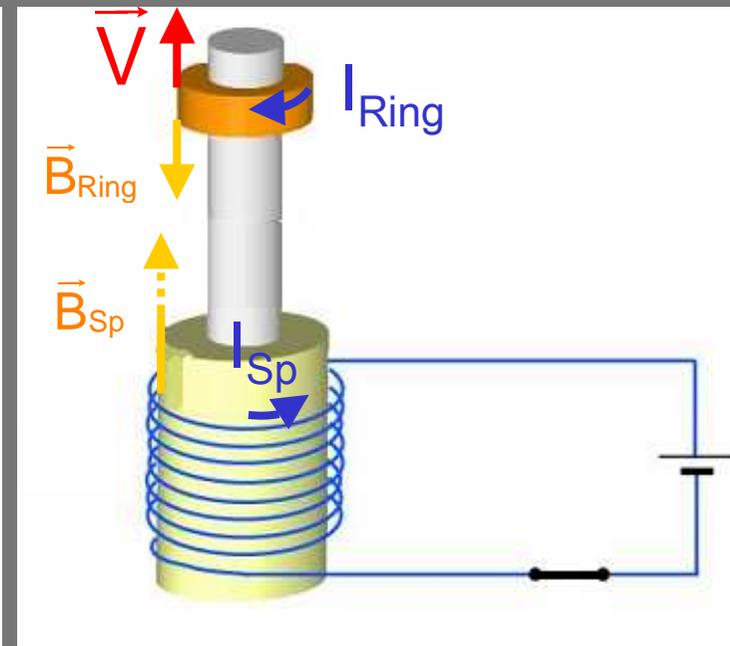
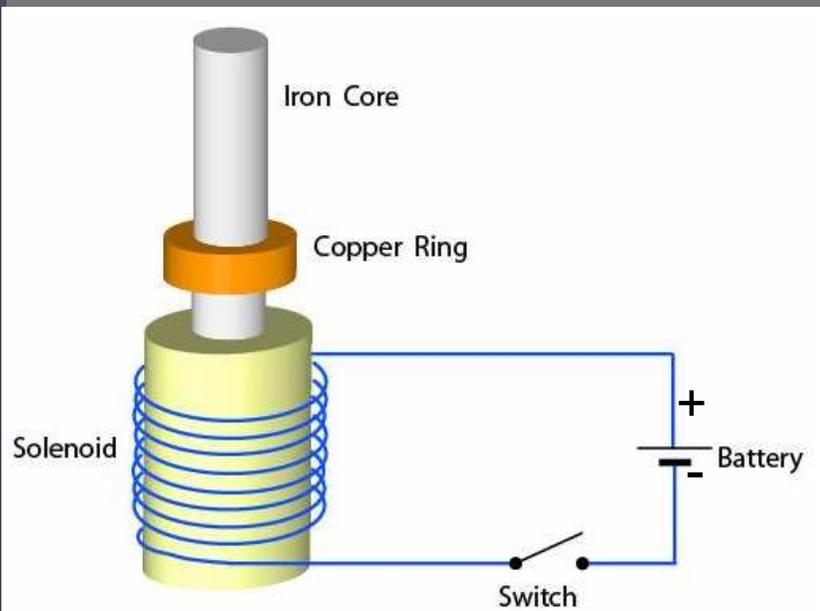




Induktionsgesetz - Lenzsche Regel



Versuch zur Lenzschen Regel

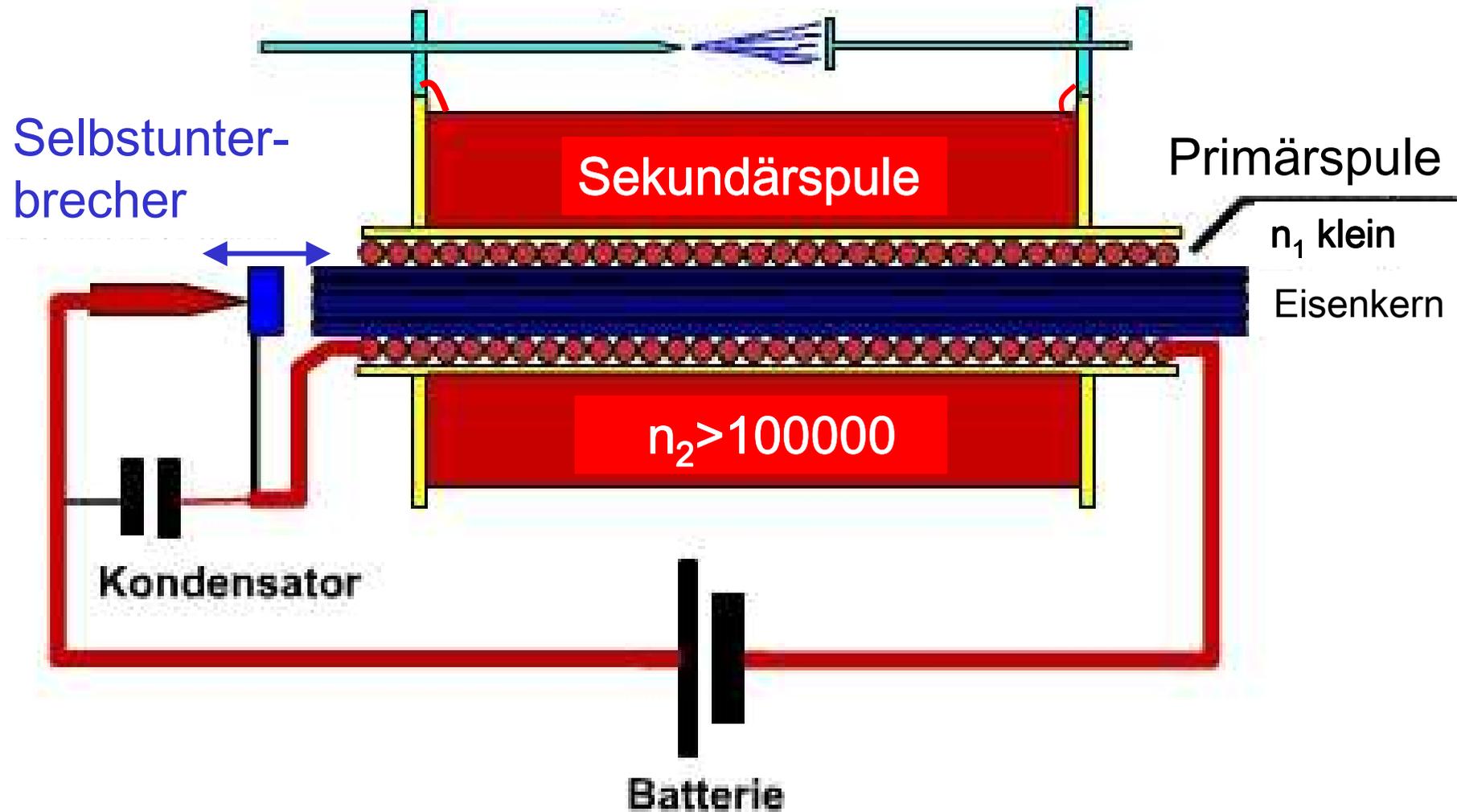


Lenz'sche Regel:

Eine induzierter Strom erzeugt immer ein Magnetfeld, das dem flusserzeugenden Magnetfeld entgegen gerichtet ist.



Der Funkeninduktor



Die Selbstinduktion

Einschaltvorgang:

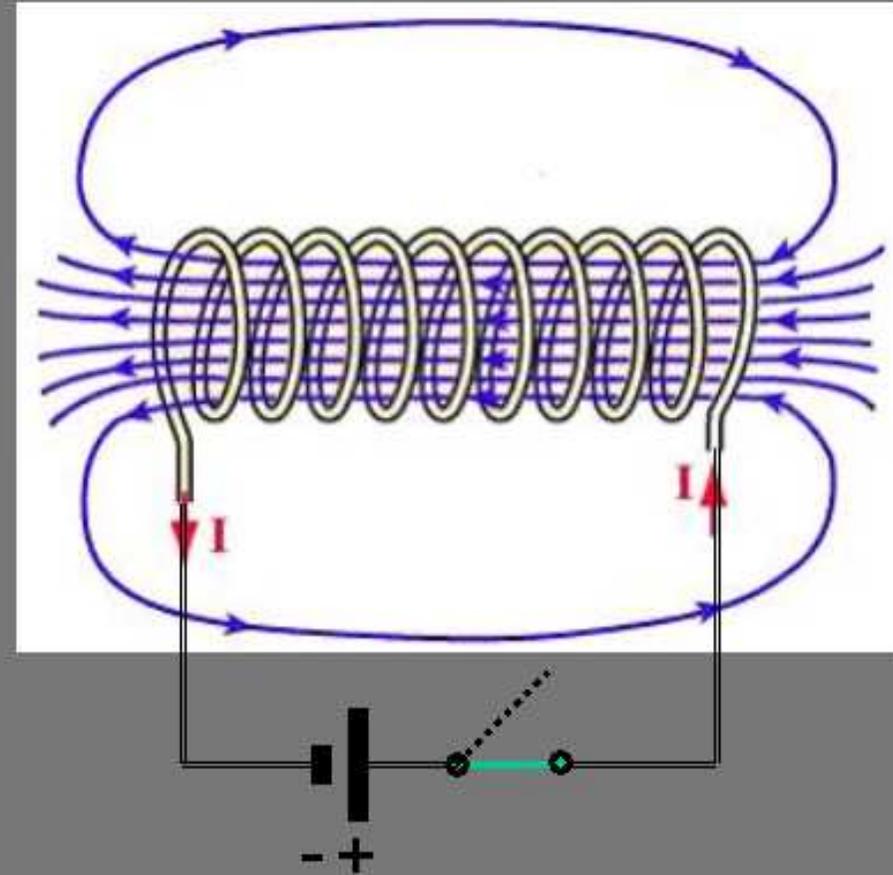
I und damit B ändern sich sehr schnell.

\dot{I} und damit \dot{B} sind stark positiv.

$$U_i = -n \cdot (\dot{B} \cdot A + B \cdot \dot{A})$$

$$= -n \cdot (\mu_0 \cdot n \cdot \frac{\dot{I}}{l}) \cdot A$$

$$= -(n^2 \cdot \mu_0 \cdot \frac{A}{l}) \cdot \dot{I}$$



$$B = \mu_0 \cdot n \cdot \frac{I}{l}$$

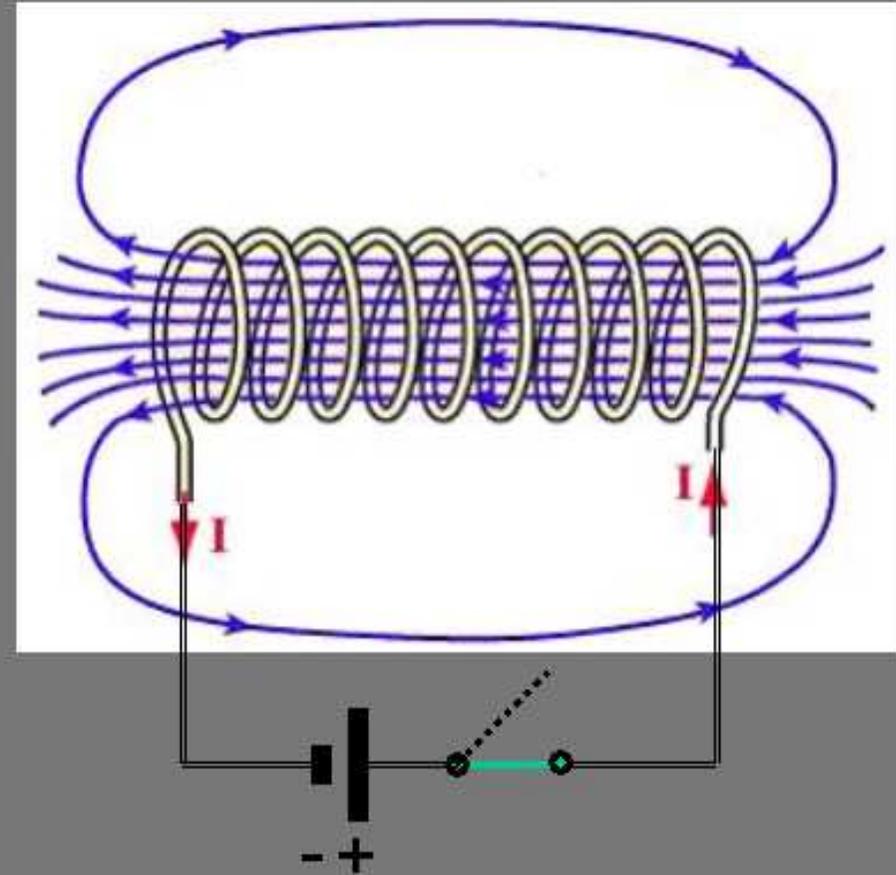
Die Selbstinduktion

$$U_i = -n \cdot (\dot{B} \cdot A + B \cdot \dot{A})$$

$$= -n \cdot (\mu_0 \cdot n \cdot \frac{\dot{I}}{l}) \cdot A$$

$$= -(n^2 \cdot \mu_0 \cdot \frac{A}{l}) \cdot \dot{I}$$

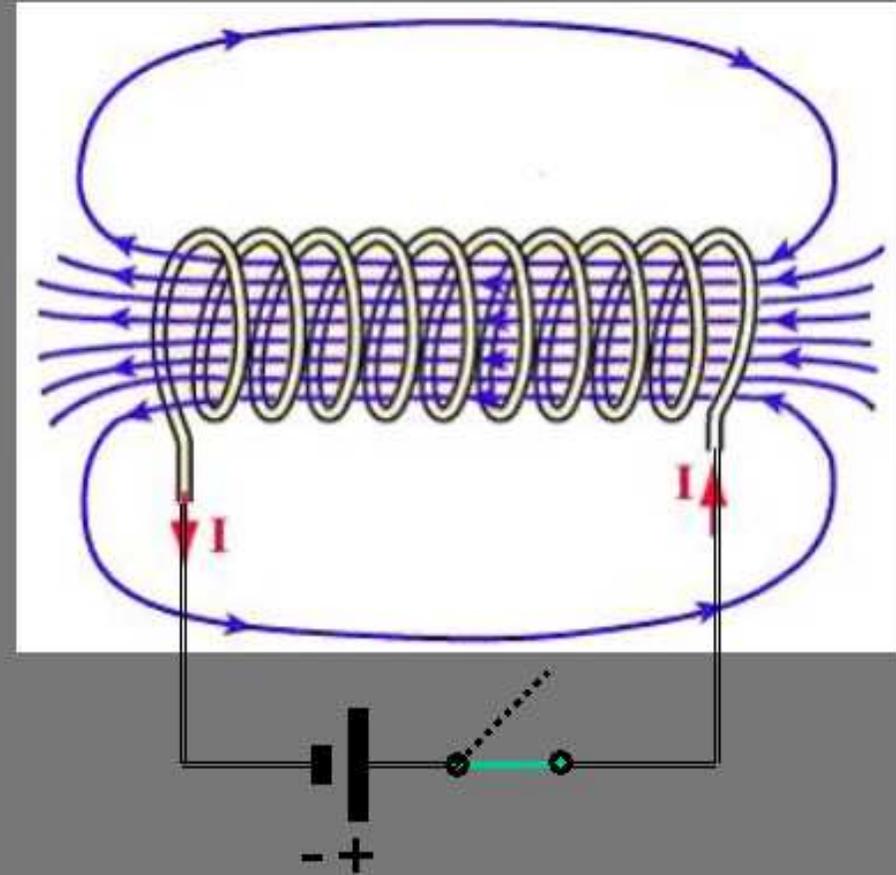
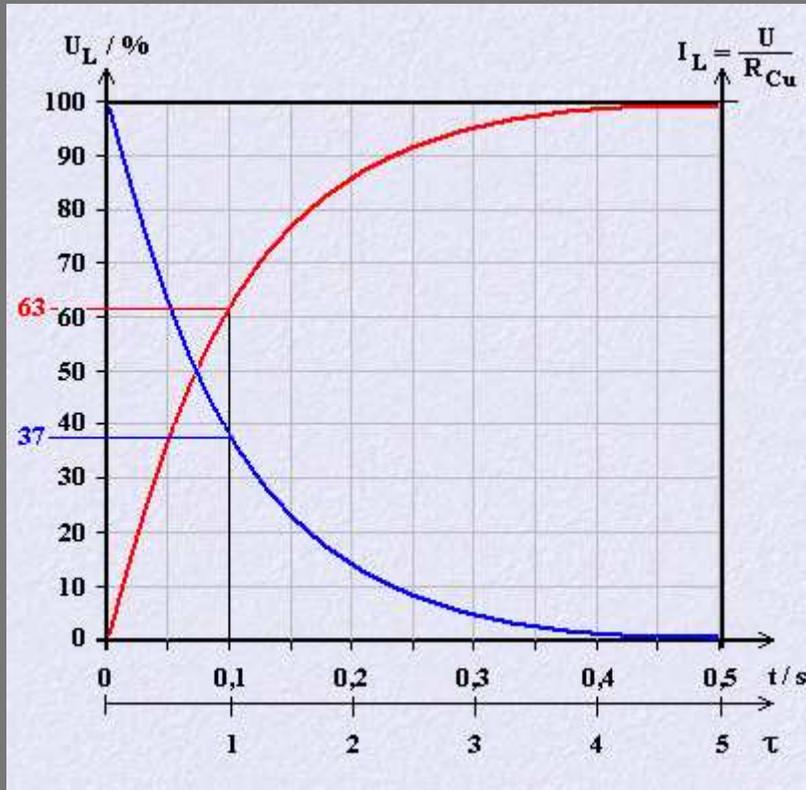
$$= -L \cdot \dot{I}$$



$$U_i = -L \cdot \dot{I} \quad [L] = 1 \quad \text{---} = 1\text{H} \quad \text{"Henry"}$$

$$B = \mu_0 \cdot n \cdot \frac{I}{l}$$

Die Selbstinduktion



$$B = \mu_0 \cdot n \cdot \frac{I}{l}$$

Die Selbstinduktion

