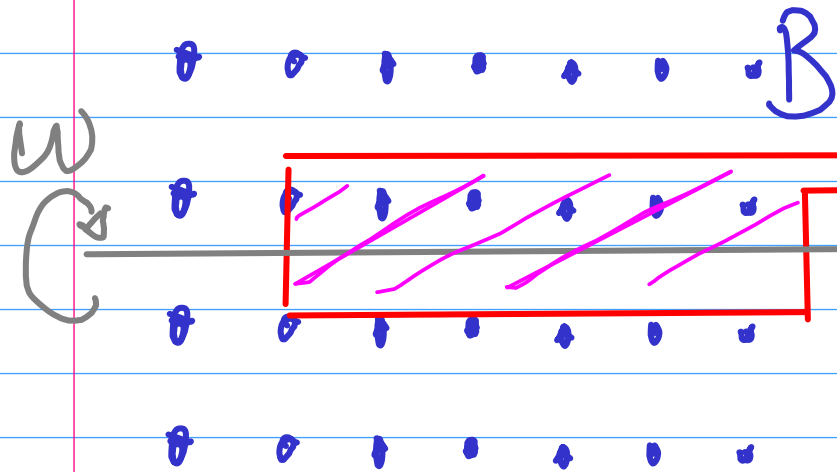


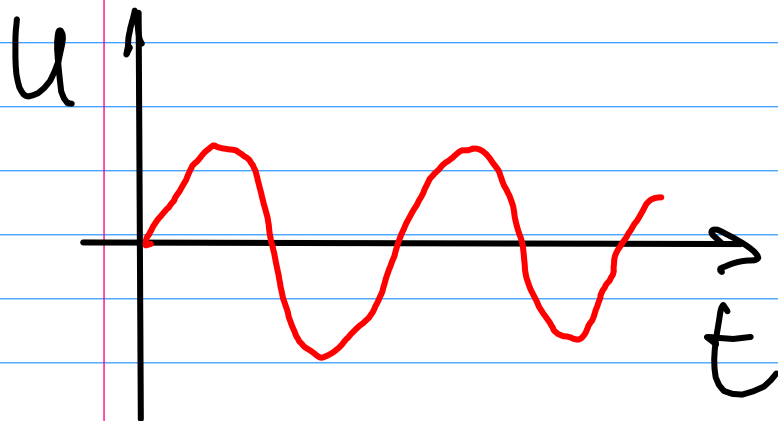


$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A}(t)$$

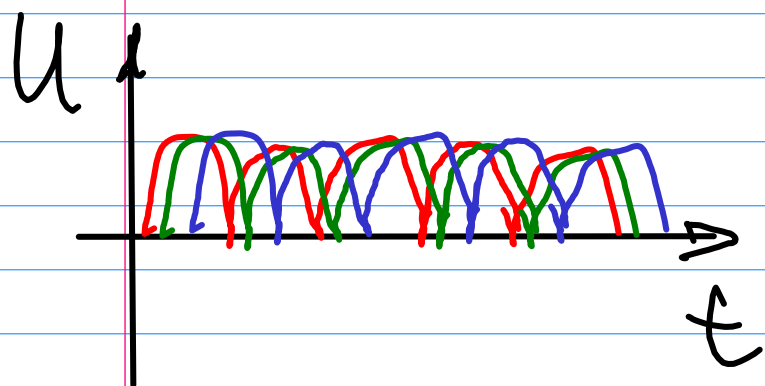
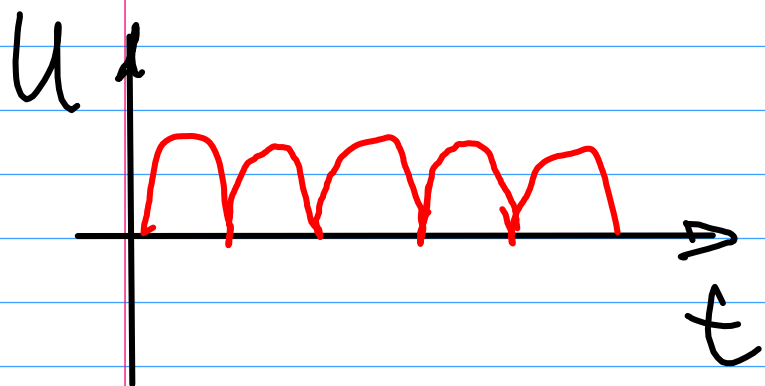
$$\sim \sin(\omega t)$$

$$\Phi = BA \sin(\varphi(t))$$

$$\varphi(t) = \omega \cdot t$$



$$U = -\dot{\Phi} = BA \cos(\omega t) \omega$$



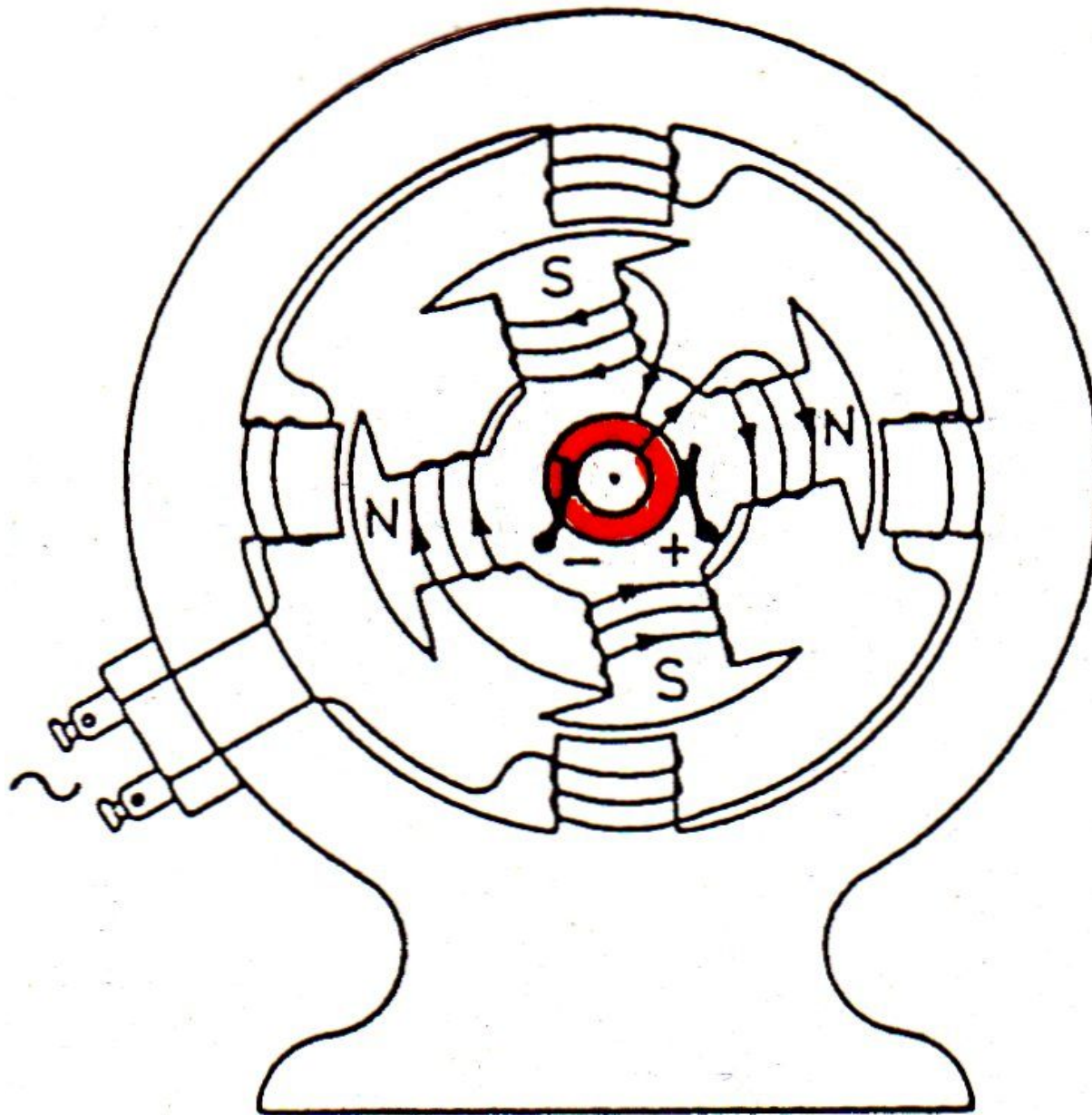


Abb. 365 Querschnitt durch einen vierpoligen Wechselstromgenerator

US



D



Induktivität

ΔI in Spule 1 $\rightarrow \Delta \Phi$ in 2 $\rightarrow U_{\text{ind}}$

$$\rightarrow U_2 = -L_{12} \dot{I}_1$$

$$U_1 = -L_{21} \dot{I}_2$$

$L_{12} = L_{21}$ Gegen-
induktivitäten

Nur Spule 1: $\Delta I_1 \rightarrow \Delta \Phi_1$

$\rightarrow U_{\text{ind}}$ (nach Lenz) Selbstinduktion

"Trägheit" gegen Stromänderung

$$U_{\text{ind}} = -L \dot{i}_1$$

L Induktivität
 $[L] = \text{Henry} = \frac{\text{Vs}}{\text{A}}$

$$C = \frac{q}{U}$$

$$L = - \frac{U_{\text{ind}}}{\dot{i}_1}$$

Induktivität einer langen Spule

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad U_{\text{ind}} &= -N \dot{\Phi}_M = -\frac{d}{dt}(N \Phi_M) \\ \textcircled{2} \quad L &= -\frac{U_{\text{ind}}}{i} \Rightarrow U_{\text{ind}} = -L \dot{i} = -\frac{d}{dt}(L i) \end{aligned} \quad \Bigg\}$$

$$-\frac{d}{dt}(N \Phi_M) = -\frac{d}{dt}(L i)$$

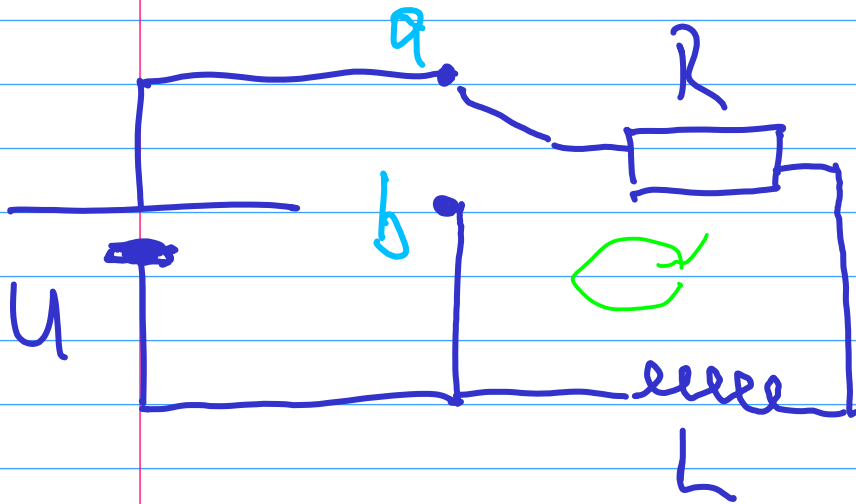
$$N \Phi_M = L i \Rightarrow L = N \frac{\Phi_M}{i} \quad \parallel$$

$$N \Phi_M = N B A = l \frac{N}{l} B A \quad B = \mu_0 \frac{N}{l} i$$

$$N \Phi_M = \mu_0 \left(\frac{N}{l}\right)^2 l i A \Rightarrow L = \mu_0 \left(\frac{N}{l}\right)^2 l A$$

RL-Glied

$$I = \frac{U}{R}$$



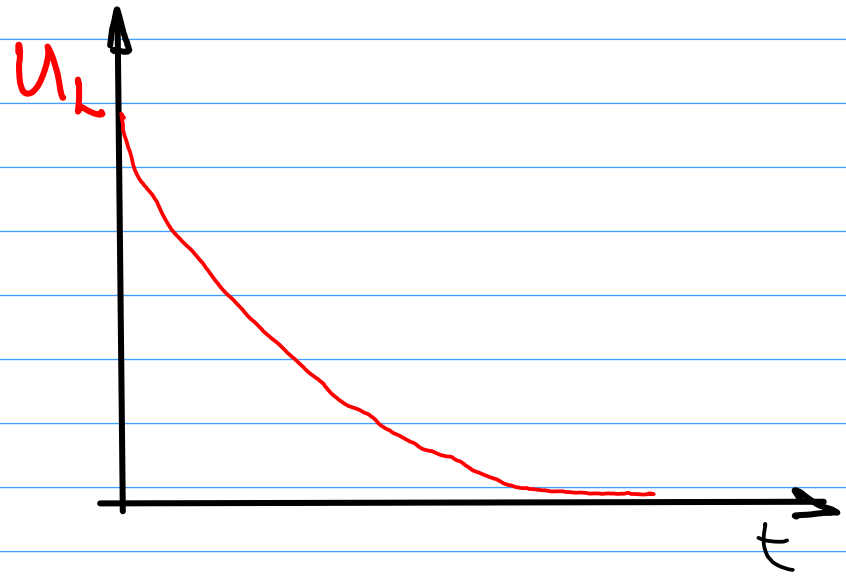
Ⓐ Maschenregel

$$U - IR - Li = 0$$

$$\Rightarrow U = Li + RI$$

$$\text{Lösung: } I = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

$$\tau = \frac{L}{R}$$



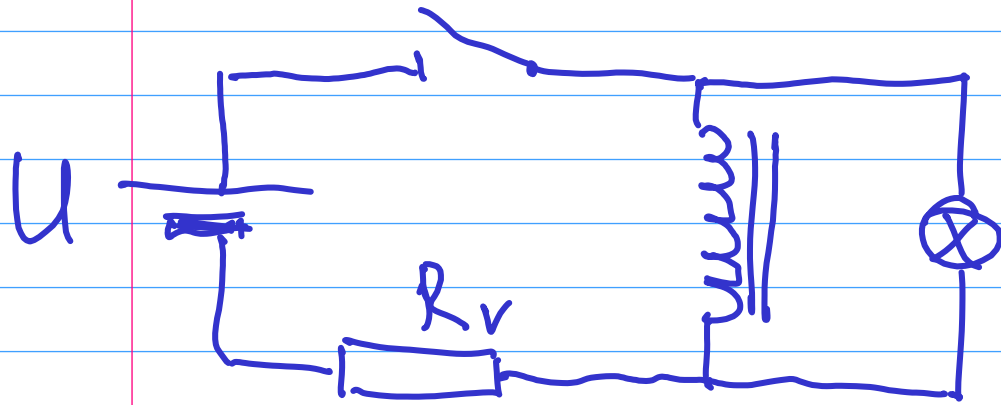
Schalter (a) $\rightarrow$ (b)

$I \rightarrow 0$ ("langsam")

$$\text{Masche: } L\dot{I} + IR = 0 \Rightarrow I = \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{\tau_L}}$$

Neues Programm:
Xournal++

Versuch "Blitzlampe"



Beobachtungen:

"Ein": Lampe glimmt
langsam auf,
stagniert

"Aus": Heller Blitz, dann dunkel
(aber nicht für immer!)

Dimensionierung: $R_{\text{Lampe}} \gg R_v \gg R_{\text{Spule}}$

Einschalten: Induktion verhindert
plötzliches Ansteigen der
Helligkeit

stationär: $I_0 \approx \frac{U}{R_v}$

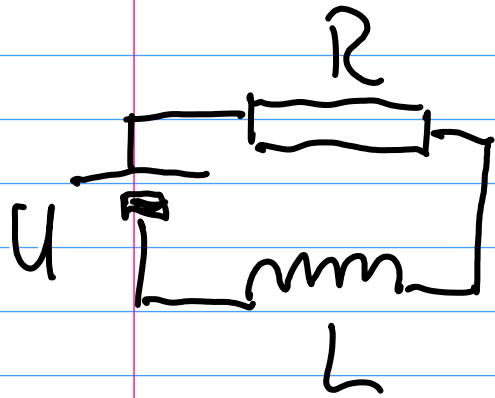
Ausschalten: $I = I_0 \exp\left(-t \frac{R_{\text{lampe}}}{L}\right)$

$$U_{\text{spule}} = U_{\text{lampe}} = -L \dot{I}$$

$$= \cancel{+L} \frac{U}{R_v} \left(\cancel{+} \frac{R_{\text{lampe}}}{L} \right) \exp\left(-t \frac{R_{\text{lampe}}}{L}\right)$$

$$= \left(\frac{R_{\text{lampe}}}{R_v} \right) U \exp\left(-t \frac{R_{\text{lampe}}}{L}\right)$$

Energieinhalt des B-Felds



Maschenregel $\Rightarrow$

$$U = L \dot{I} + IR \quad | \cdot I$$

$$\Rightarrow \underbrace{UI}_{\text{Leistung der Batterie}} = \underbrace{L I \dot{I}}_{\text{Leistung des B-Felds}} + \underbrace{I^2 R}_{\text{Wärmeleistung an R}}$$

Leistung der
Batterie

Leistung
des B-Felds

Wärmeleistung
an R

$$\frac{dW_B}{dt} = L I \frac{dI}{dt} \Rightarrow dW_B = L I dI \quad W_E = \frac{1}{2} \frac{1}{c} Q^2$$

$$\int_0^{W_B} d\tilde{W}_B = \int_0^I L \tilde{I} d\tilde{I} \Rightarrow \boxed{W_B = \frac{1}{2} L I^2}$$

Für lange Spule: $L = \mu_0 n^2 l A$

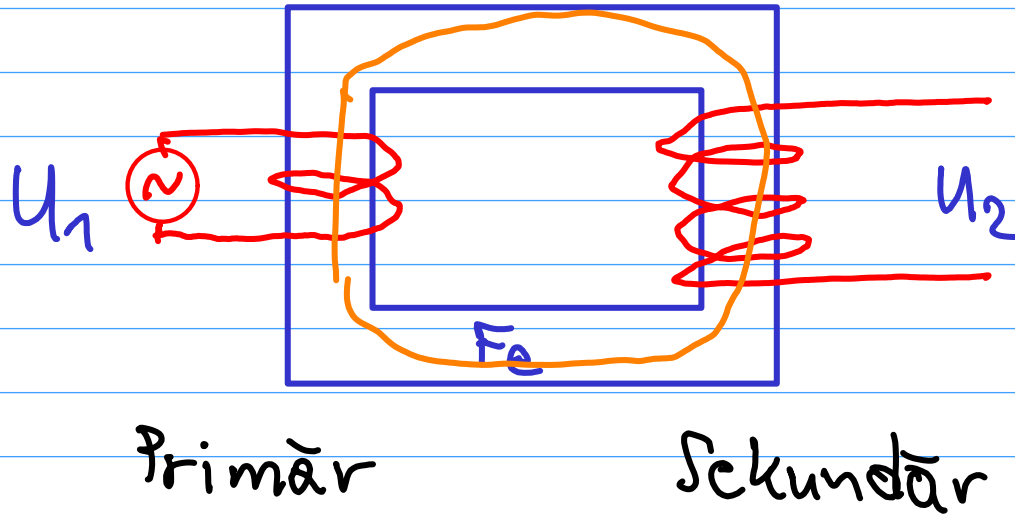
$$B = \mu_0 I n \Rightarrow I = \frac{B}{\mu_0 n}$$

$$\Rightarrow \frac{W_B}{A l} = \underbrace{u_B = \frac{1}{2} \frac{1}{\mu_0} B^2}_{\uparrow}$$

Energiedichte

$$u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

Transformator (unbelastet)



$$U_1 = U_{\text{ind}} = -N_1 \dot{\Phi}$$

$$U_2 = -N_2 \dot{\Phi} = \frac{N_2}{N_1} U_1 \Rightarrow$$

$$\boxed{\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}}$$

E-Statik:

$$U = V(\vec{r}_2) - V(\vec{r}_1)$$

$$= \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{E} d\vec{r}$$

Potentialdifferenz

ist wegunabhängig

$$\oint \vec{E} d\vec{r} = 0$$

E-Dynamik:

$$\dot{\Phi}_M \neq 0$$

$$\int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{E} d\vec{r}$$

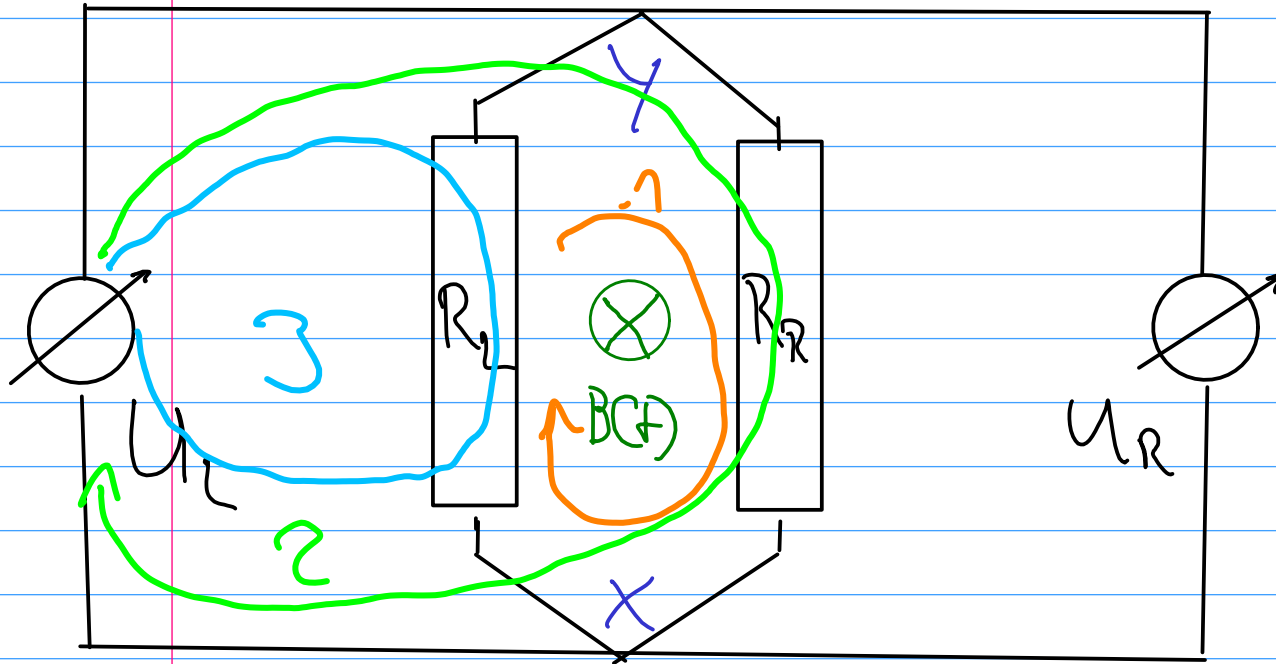
nicht wegunabhängig

$$\Rightarrow \cancel{V(\vec{r})}$$

das ist keine mathem.
Haarspalterei

→ E-dyn. Paradoxon

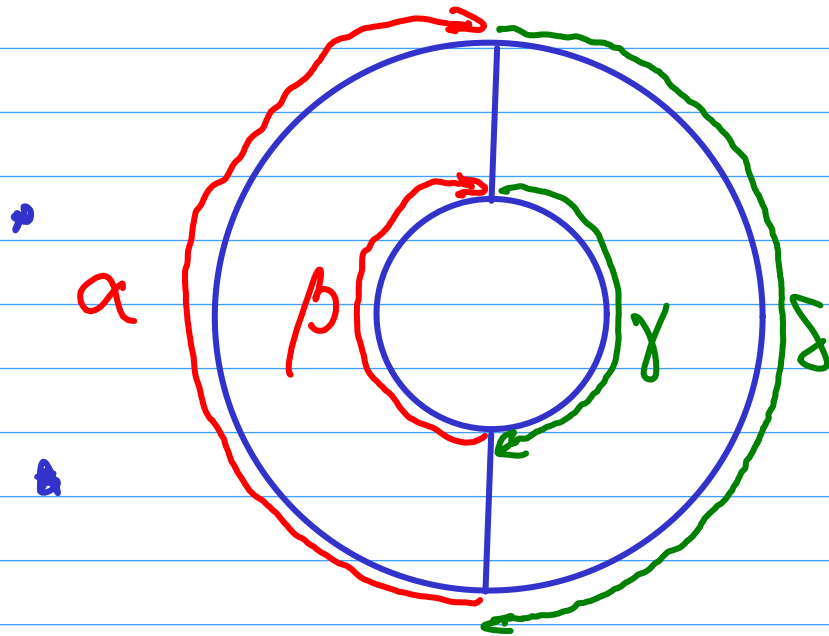
Elektrodyn. Paradoxon



$$\frac{U_L}{U_R} = - \frac{R_L}{R_R}$$

$$B(t) \rightarrow \quad 1: -\dot{\Phi} \quad 2: -\dot{\Phi} \quad 3: 0$$

$$\text{In Masche 1: } I = \frac{U_{\text{ind}}}{R_L + R_R}$$



$$U_{\text{ind}} = \int \vec{E} d\vec{s}$$

$$\int_a^b \vec{E} d\vec{s} \sim \Delta(a, b)$$

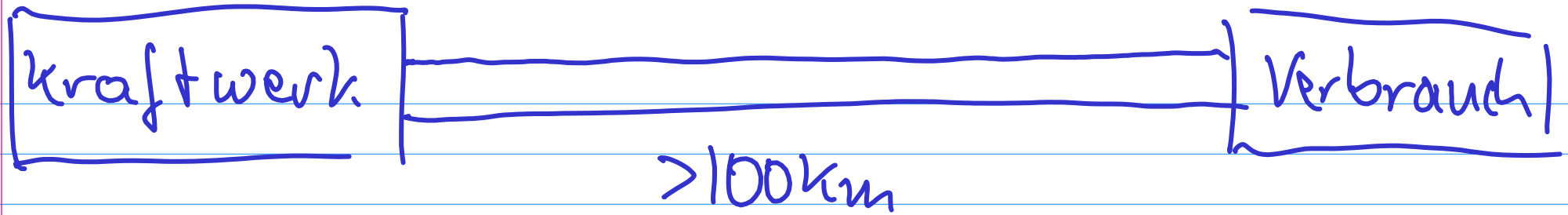
$$\int_{\alpha} \vec{E} d\vec{s} = \frac{1}{2} U_{\text{ind}} = \int_{\delta} \vec{E} d\vec{s}$$

$$\int_{\beta} \vec{E} d\vec{s} = \frac{1}{2} U_{\text{ind}} = \int_{\gamma} \vec{E} d\vec{s}$$

Weg von linkem Messgerät zu linkem Messgerät

$$\frac{1}{2} U_{\text{ind}} - \frac{1}{2} U_{\text{ind}} + R_L I = U_L \quad (\text{Masche 3})$$

$$U_L = R_L I \quad / \quad U_R = R_R I$$



$$P_R = I^2 R$$

$$P = UI \Rightarrow \text{gro\ss e } U$$



Wechselstrom $\rightarrow$ Leitung umladen



