

# Transformatoren

Eine kurze Einführung für das Projektlabor  
SoSe 2012 an der TU Berlin

von Pawel Korneluk



# Gliederung

- 1. Verwendungsgebiete und Aufbau
- 2. Funktionsweise – idealer – realer Trafo -  
praktische Dimensionierung
- 3. heutige Bauformen
- 4. Zusammenfassung
- 5. Quellen

# 1. Verwendungsgebiete und Aufbau

- Verwendungsgebiete
  - Energietechnik
  - Elektrogeräte
  - Signalübertragung
- In der Energietechnik:
  - Teil der Kraftwerke (Transformation auf 220kV/380kV)
  - Anschließend durch Transformatorstation
  - Stromwandler
  - Phasenschiebetransformator

# 1. Verwendungsgebiete und Aufbau

- Verwendungsgebiete

- In Elektrogeräten:
  - Netzteile
  - Spielzeug(Sicherheits-  
trafos)
    - Kleine Spannungen
    - Kurzschlussfestigkeit
  - Fernsehgeräte
    - Zeilentransformator  
(Ablenkung, Bildröhre)

- In der Singalübertragung

- Unverfälschte  
Signaltransformation  
(Pulstransformatoren)
- Messtechnik  
(Impedanzwandlung)
- Audio-/Tontechnik

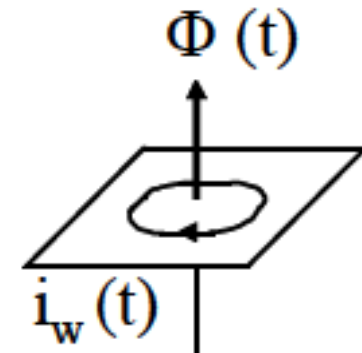
# 1. Verwendungsgebiete und Aufbau

## • Aufbau

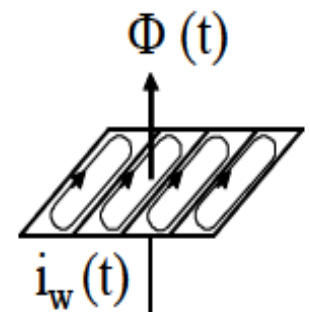
## • Materialien

- Kupfer(Kunstharzlack)
- Eisenbleche(Silizium-isoliert, bis zu 2 Tesla)
- Ferrite(hohe Permabilität, geringe Leitfähigkeit)

## • Anordnung



massiver  
Kern



geblechter  
Kern

## 2. Funktionsweise – idealer Trafo

$$\sigma = 0 \rightarrow \Phi_1 = \Phi_2 = \Phi_{12} \text{ Streuung}$$

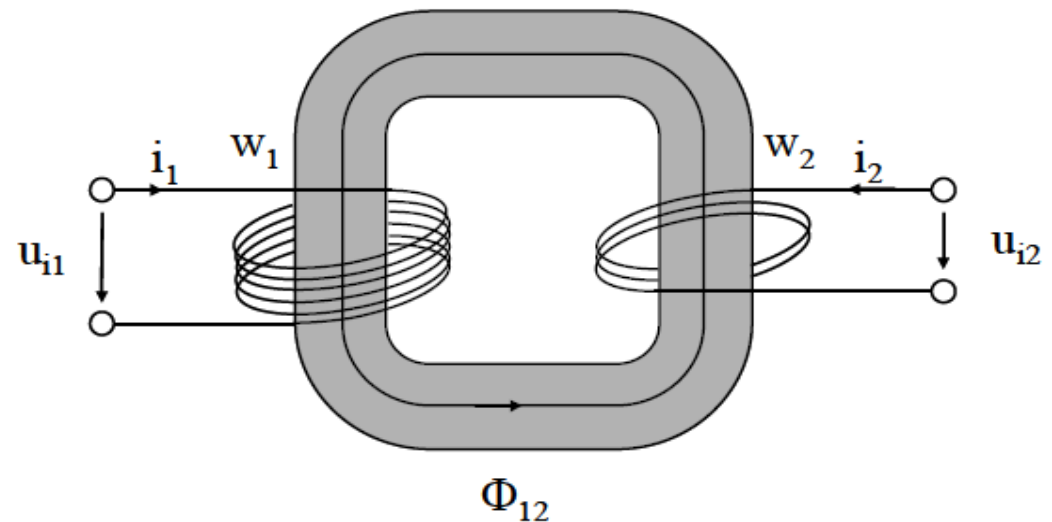
$$R_1 = R_2 = 0 \text{ Kupferwiderstand}$$

$$\mu_{FE} \rightarrow \infty L_1 = L_2 \rightarrow \infty, da L = \frac{w^2}{R_{mag}}$$

$$R_{mag} = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{l_{FE}}{A_{FE}} \left( R = \rho \cdot \frac{l}{A} \right)$$

$$|p_1| = |p_2| \rightarrow \frac{i_1}{i_2} = \frac{u_2}{u_1} = \frac{w_2}{w_1} \rightarrow \eta = 1$$

$$u_{i1} = w_1 \cdot \frac{d\Phi_1}{dt}, u_{i2} = w_2 \cdot \frac{d\Phi_2}{dt}$$



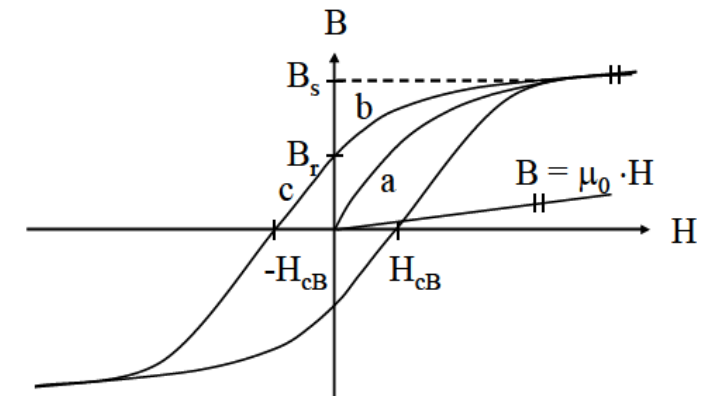
## 2. Funktionsweise – realer Trafo

$\mu_{FE}$  ist endlich

$$L_{1h} = \frac{w_1^2}{R_{mag12}} L_{2h} = \frac{w_2^2}{R_{mag12}} \text{Hauptinduktivitäten}$$

$$L_{12} = \sqrt{L_{1h} \cdot L_{2h}} = \frac{w_1 \cdot w_2}{R_{mag12}} \text{Koppelinduktivität}$$

$$\Phi_{12} = \frac{w_1 \cdot i_1 + w_2 \cdot i_2}{R_{mag12}} = L_{12} \cdot \left( \frac{i_1}{w_2} + \frac{i_2}{w_1} \right)$$



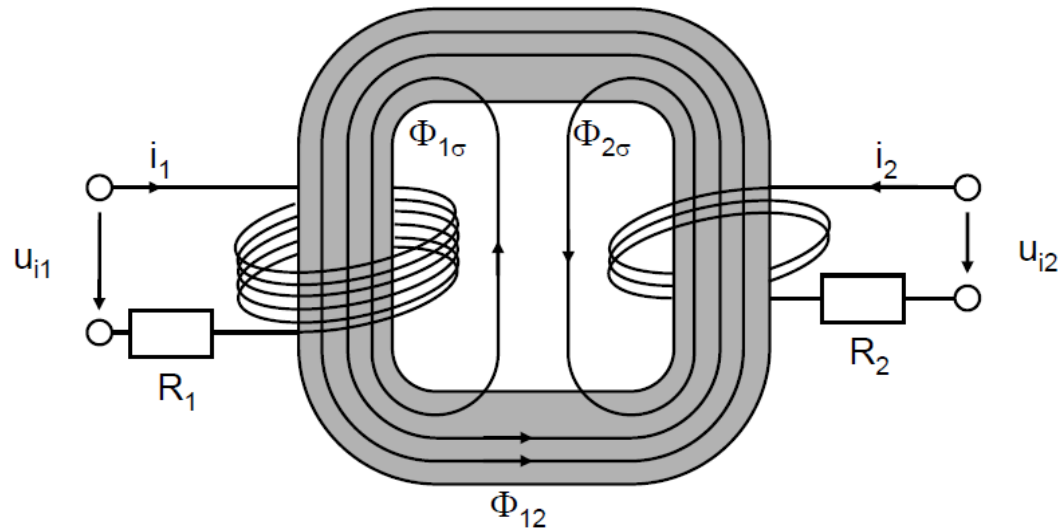
a: Hystereseschleife  $B = f(H)$

$$\text{Hystereseverluste: } w_{hys} = \frac{W_{hys}}{V} = \int_{-B_s}^{B_s} H \cdot dB - \int_{B_s}^{-B_s} H \cdot dB$$

## 2. Funktionsweise – realer Trafo

$$\Phi_{1\sigma} = \frac{w_1 \cdot i_1}{R_{mag1\sigma}}, \Phi_{2\sigma} = \frac{w_2 \cdot i_2}{R_{mag2\sigma}} \text{ mit } L_{1\sigma} = \frac{w_1^2}{R_{mag1\sigma}}, L_{2\sigma} = \frac{w_2^2}{R_{mag2\sigma}}$$

$$u_1 = R_1 \cdot i_1 + \frac{d\Psi_1}{dt} = R_1 \cdot i_1 + \frac{dw_1 \cdot (\Phi_{1\sigma} + \Phi_{12})}{dt}$$





# 2. Funktionsweise – praktische Dimensionierung

- Spannung:

$$\begin{aligned} \Phi &= B \cdot A_{FE} \\ U &= \frac{dB}{dt} \cdot w \cdot A_{FE}, \text{ mit } \frac{dB}{dt} = \omega \cdot B \\ B &= \mu \cdot w \cdot \frac{I}{l_{FE}} \\ U_{eff} &= \sqrt{2} \cdot \pi \cdot f \cdot B \cdot A_{FE} \cdot w \\ \text{Transformatorhauptgleichung} &\left( U_{eff} = \mu \cdot w^2 \cdot \omega \cdot A_{FE} \cdot \frac{I}{l_{FE}} \right) \end{aligned}$$

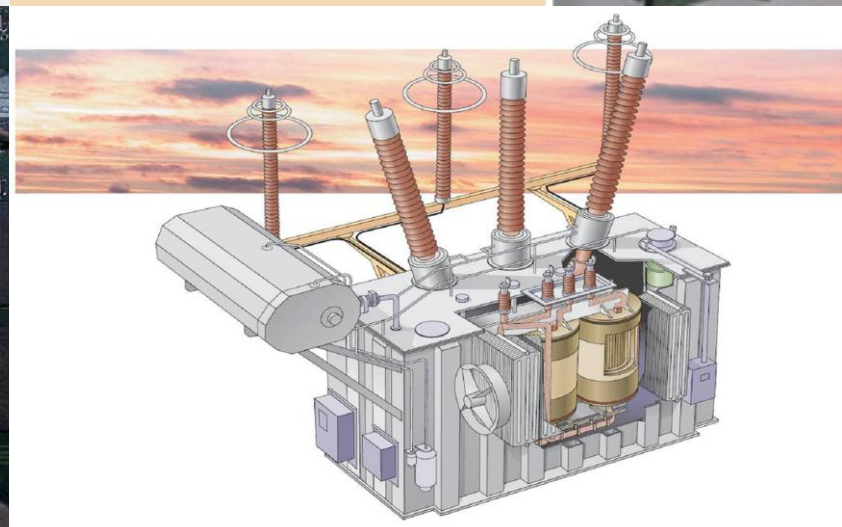
- Strom:

$$I = A_{CU} \cdot \frac{J}{w} \text{ (Strom umgekehrt proportional zur Windungszahl)}$$

- Induktivität:

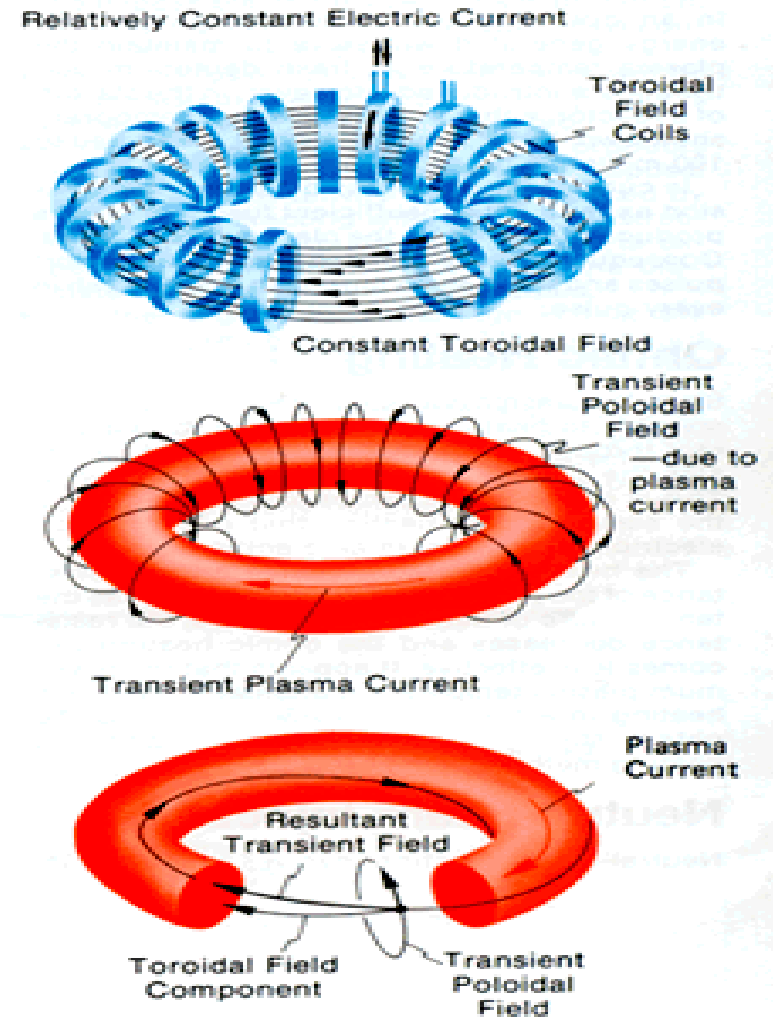
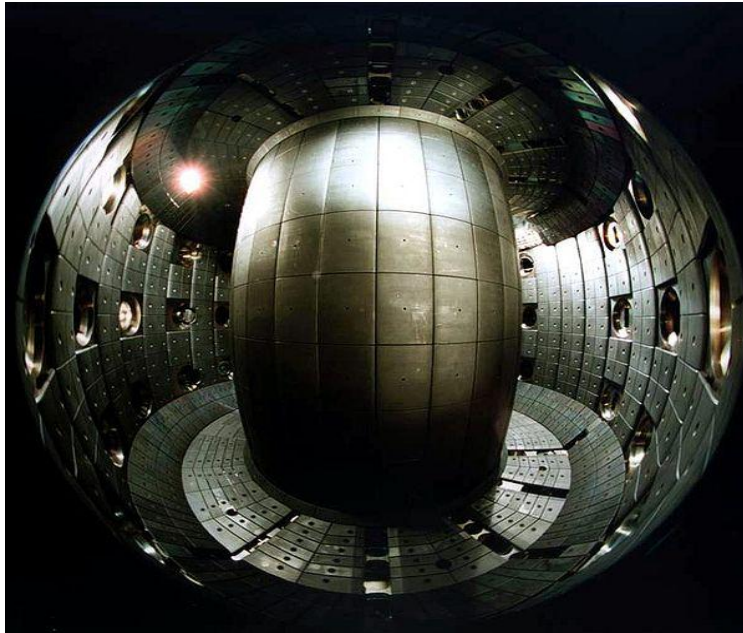
$$L_x = \frac{w_x^2 \cdot A_{FE} \cdot \mu}{l_{FE}} [\mu] = \frac{V_S}{A m}, [L] = \frac{V_S}{A} = H, \frac{L_1}{L_2} = \frac{w_1^2}{w_2^2}$$

# 3. heutige Bauformen



# 3. heutige Bauformen

- Heutige Forschung:
  - Kernfusionskraftwerke
  - Tokamak(Trafoprinzip)



# 4. Zusammenfassung

• Transformatoren spielen eine große Rolle in vielen Anwendungsgebieten

– Energietechnik

– Elektrogeräte

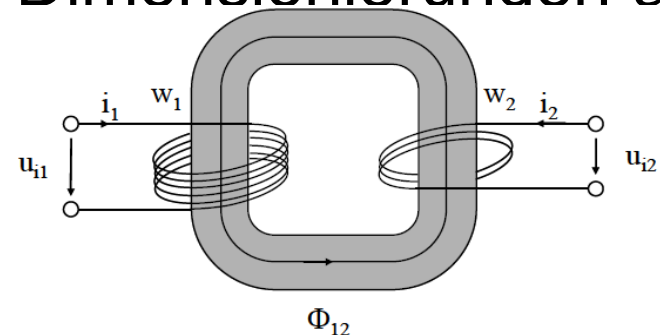
– Signalübertragung

• Wichtige Materialien: Kupfer, Eisen, Ferrite

• Für unser Projekt reichen praktische Dimensionierungen aus:

$$U_{eff} = \sqrt{2} \cdot \pi \cdot f \cdot B \cdot A_{FE} \cdot w$$

*Transformatorhauptgleichung*



# 5. Quellen

- Folie 5: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Trafo-innenleben.jpg&filetimestamp=20100621182855>(Trafoinnenleben)(01.05.2012)
- massiver Kern & geblechter Kern: Skript Elektrische Energiesysteme SoSe 2009, Prof. Schäfer, Kapitel 4 Seite 5
- Folie 6: idealer Trafo: Skript Elektrische Energiesysteme SoSe 2009, Prof. Schäfer, Kapitel 4 Seite 1
- Folie 7: Hysteresekurve: Skript Elektrische Energiesysteme SoSe 2009, Prof. Schäfer, Kapitel 1 Seite 6
- Folie 8: realer Trafo: Folien zum Skript Elektrische Energiesysteme SoSe 2009, Prof. Schäfer, Kapitel 4 Seite 12
- Folie 10:[http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Impulstransformatoren\\_TG110\\_t.jpg&filetimestamp=20091002133233](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Impulstransformatoren_TG110_t.jpg&filetimestamp=20091002133233)  
Pulstransformator(01.05.2012)
- [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Steckernetzteile\\_im\\_Vergleich.jpg&filetimestamp=20071022193834](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Steckernetzteile_im_Vergleich.jpg&filetimestamp=20071022193834)  
Schaltnetzteil(01.05.2012)
- <http://www.dibalog.de/produkte/energietechnik/giessharz-oel-transformatoren.html>(ÖlTrafo : 400kVA Giesshartz: 400kVA – 10MVA)(1.5.2012)
- Skript Elektrische Energiesysteme SoSe 2009, Prof. Schäfer, Kapitel 4 Seite 13 (1GVA – Öltrafo )
- Folie 11: [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Tokamak\\_fields\\_lg.png&filetimestamp=20051011225735](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Tokamak_fields_lg.png&filetimestamp=20051011225735) (Ablauf Schema)
- [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Tcv\\_int.jpg&filetimestamp=20061002155909](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Tcv_int.jpg&filetimestamp=20061002155909)(Tokamak 1,4m höhe 0,8m radius, 01.05.2012)