

Der Transformator

Der Transformator - Gliederung

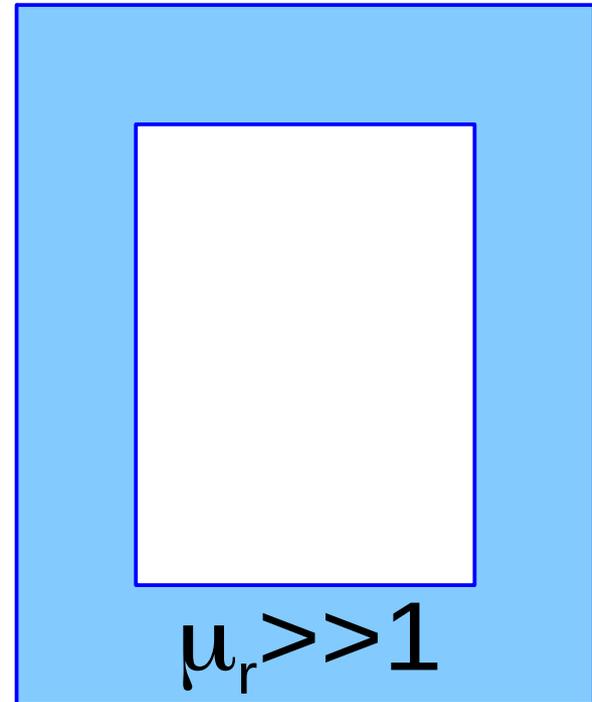
- Aufgaben
- Bestandteile eines Transformators
- Funktionsweise
- Der ideale Transformator
- Der reale Transformator
- Bauformen

Der Transformator - Aufgaben

- Transformieren von Spannungen
- Leistungsübertragung zwischen galvanisch getrennten Netzwerken
- Stromwandler

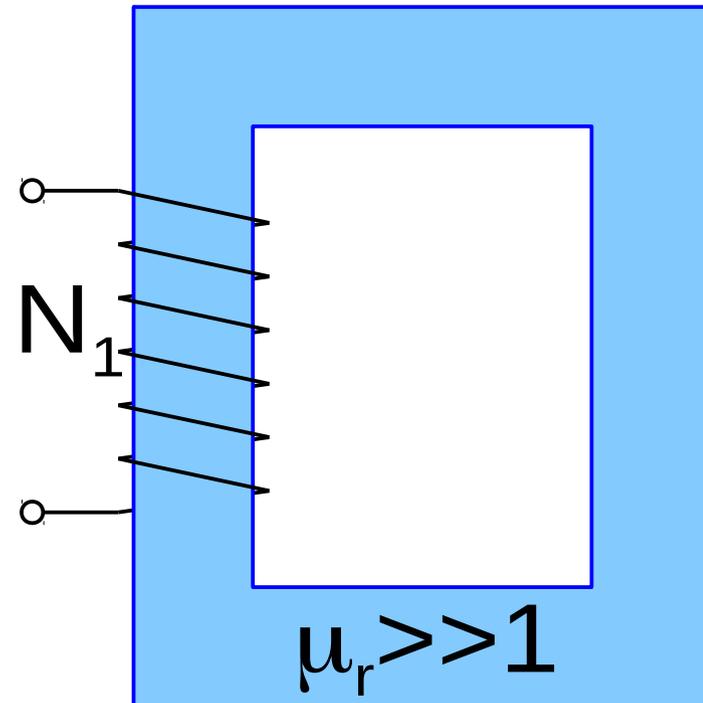
Der Transformator - Bestandteile

- hochpermeabler
Kern ($\mu_r \gg 1$)



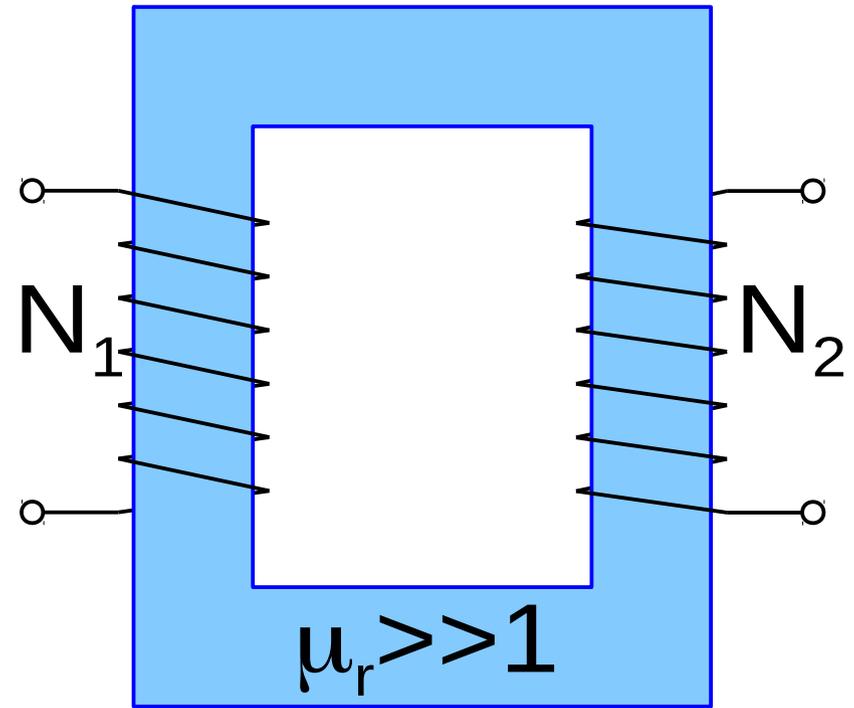
Der Transformator - Bestandteile

- hochpermeabler
Kern ($\mu_r \gg 1$)
- Primärwicklung N_1



Der Transformator - Bestandteile

- hochpermeabler Kern ($\mu_r \gg 1$)
- Primärwicklung N_1
- Sekundärwicklung N_2



Der Transformator – Funktionsweise

Spannungstransformation

- Wechselspannung an Primärseite
- wechselnder magnetischer Fluss
- Wechselspannung an Sekundärseite

Der Transformator – Funktionsweise

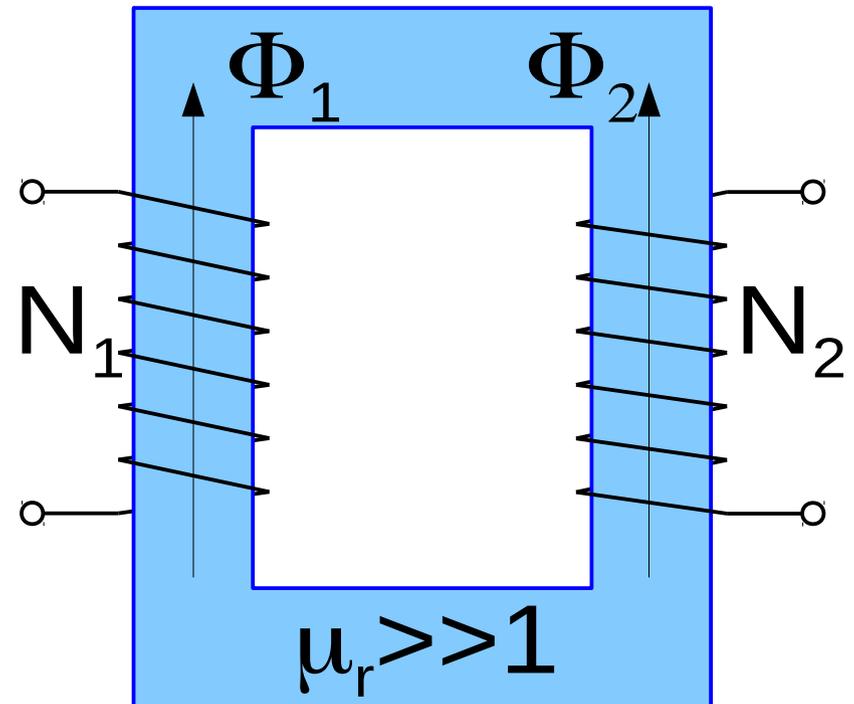
Stromtransformation

- Wechselstrom auf Sekundärseite
- wechselnder magnetischer Fluss
- bewirkt Wechselstrom auf Primärseite

Der Transformator – Funktionsweise

Der Kern

- Führung des magnetischen Flusses
- geringes Streufeld außerhalb des Kerns

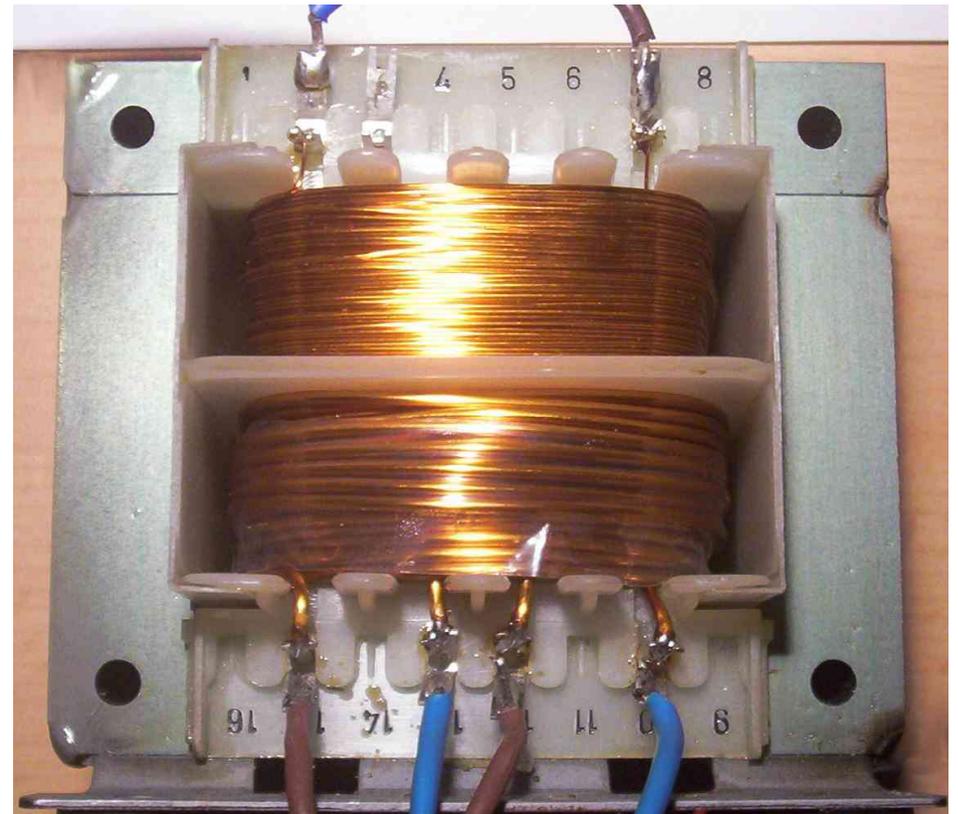


Der Transformator – Funktionsweise

Die Wicklung

→ Stromleitung

→ geringer
ohmscher
Widerstand



Trafo-Wicklungen
(Quelle: [wikimedia.org](https://commons.wikimedia.org/))

Der Transformator – der ideale Transformator

Forderungen

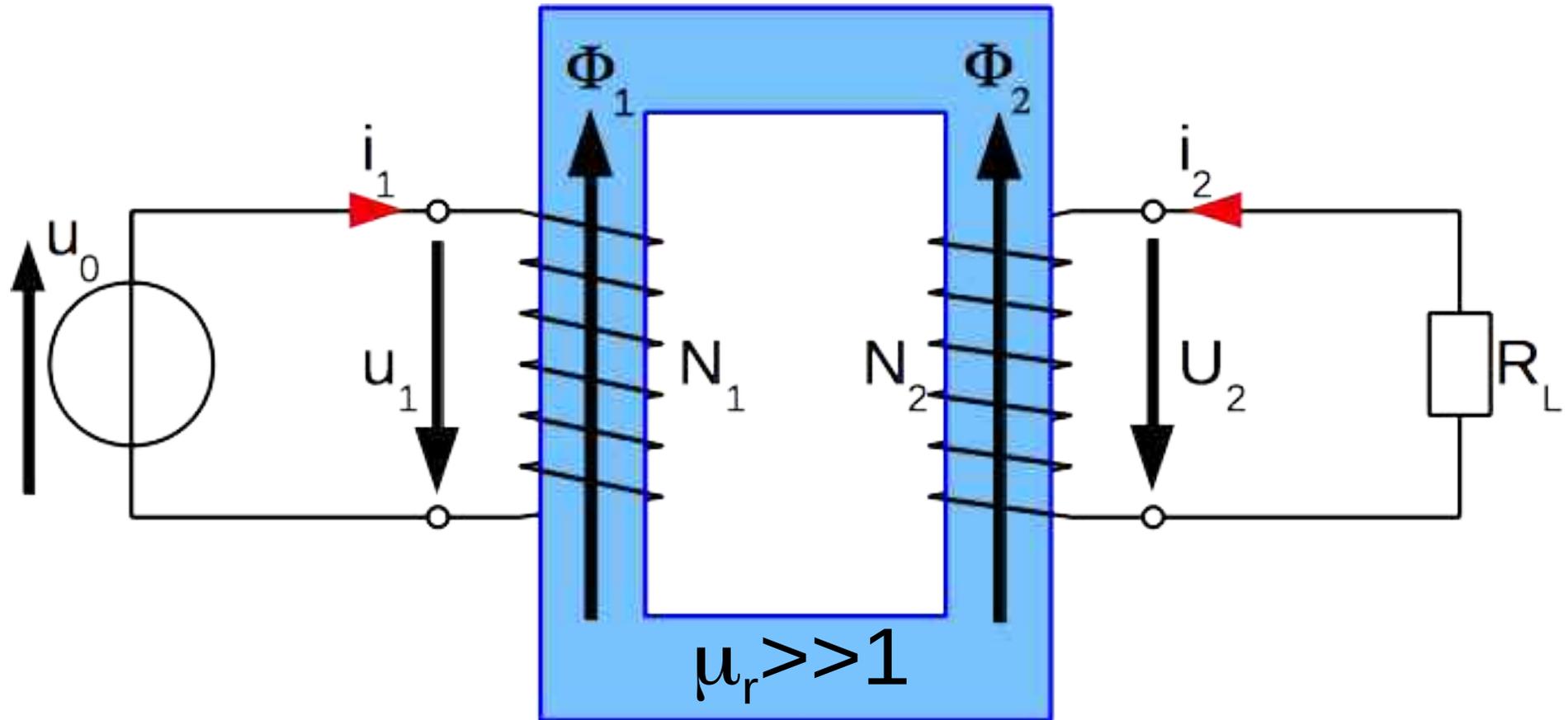
1) sehr kleine Streuung

2) sehr kleine Wicklungswiderstände

3) sehr kleiner magnetischer Widerstand

$$(\mu_r \rightarrow \infty)$$

Der Transformator – der ideale Transformator



Der Transformator – der ideale Transformator

Induktion bei einer Spule mit N Windungen:

$$U = \frac{d}{dt} \Phi_{ges} = N \cdot \Phi_W$$

also ergibt sich für

$$u_1 = N_1 \cdot \frac{d}{dt} (\Phi_1 - \Phi_2) \text{ und } u_2 = N_2 \cdot \frac{d}{dt} (\Phi_2 - \Phi_1)$$

$$\text{und somit: } \frac{u_1}{u_2} = \pm \frac{N_1}{N_2}$$

Der Transformator – der ideale Transformator

Durchflutung einer Spule (Windungszahl N):

$$\Theta = N \cdot i$$

also ergibt sich für die beiden Spulen

$$\Theta = \Theta_1 - \Theta_2 = N_1 i_1 - N_2 i_2$$

andererseits ergibt sich aus der Maschenregel

$$\Theta = \sum_{\text{Masche}} R_m \Phi = \frac{l}{\mu A} \Phi = 0 \text{ für } \mu \rightarrow \infty$$

$$\text{und somit: } \frac{i_1}{i_2} = \pm \frac{N_2}{N_1}$$

Der Transformator – der ideale Transformator

Für die Leistung erhält man:

$$P_1 = u_1 \cdot i_1 \text{ sowie } P_2 = u_2 \cdot i_2$$

mit $u_1 = \frac{N_1}{N_2} u_2$ und $i_1 = \frac{N_2}{N_1} i_2$ ergibt sich:

$$P_1 = u_1 \cdot i_1 = \frac{N_1}{N_2} u_2 \cdot \frac{N_2}{N_1} i_2 = u_2 \cdot i_2 = P_2$$

Der Transformator – der ideale Transformator

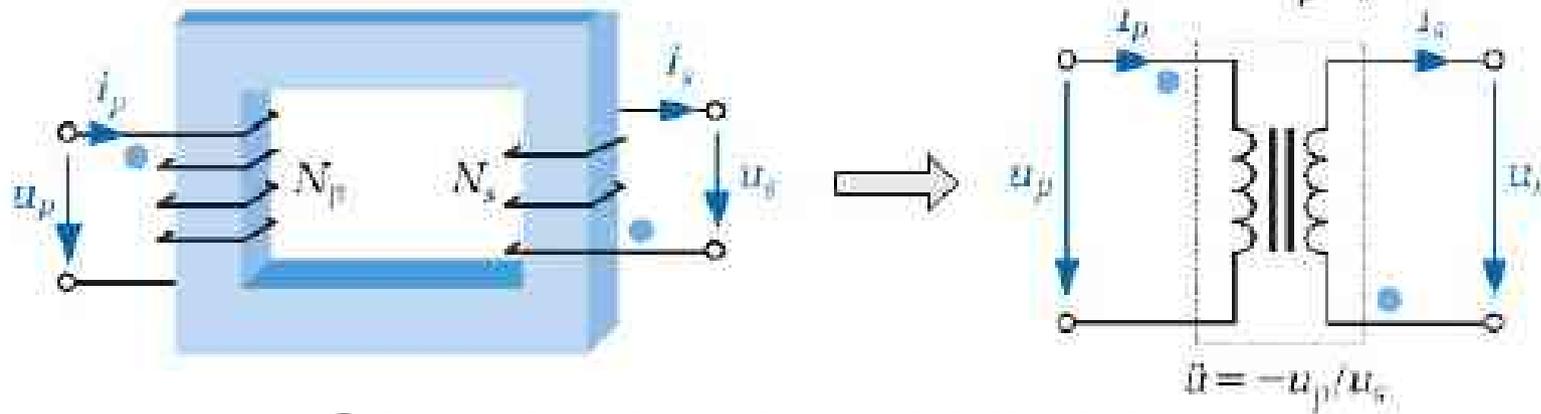
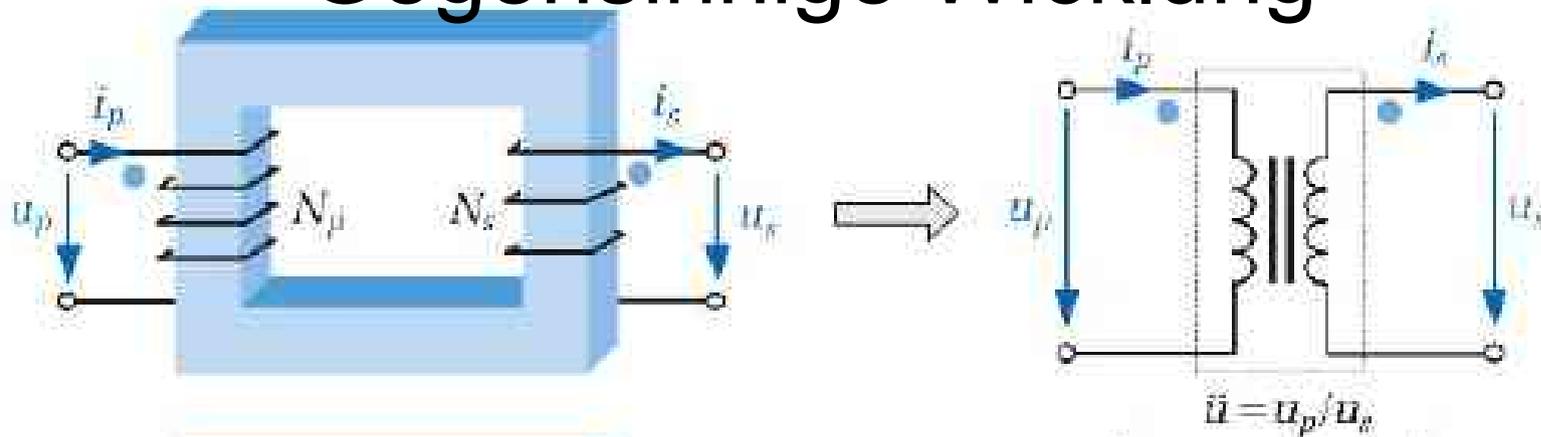
- Spannung im gleichen Verhältnis wie die Windungszahlen
- Strom im umgekehrten Verhältnis wie die Windungszahlen
- zugeführte Leistung gleich abgegebene Leistung

Der Transformator – der ideale Transformator

- „dreidimensionale Darstellung unpraktisch“
- Problem: Wicklungssinn entscheidet über Strom- und Spannungsrichtung
- Markierung des Wicklungssinns durch Punkte

Der Transformator – der ideale Transformator

Gegensinnige Wicklung

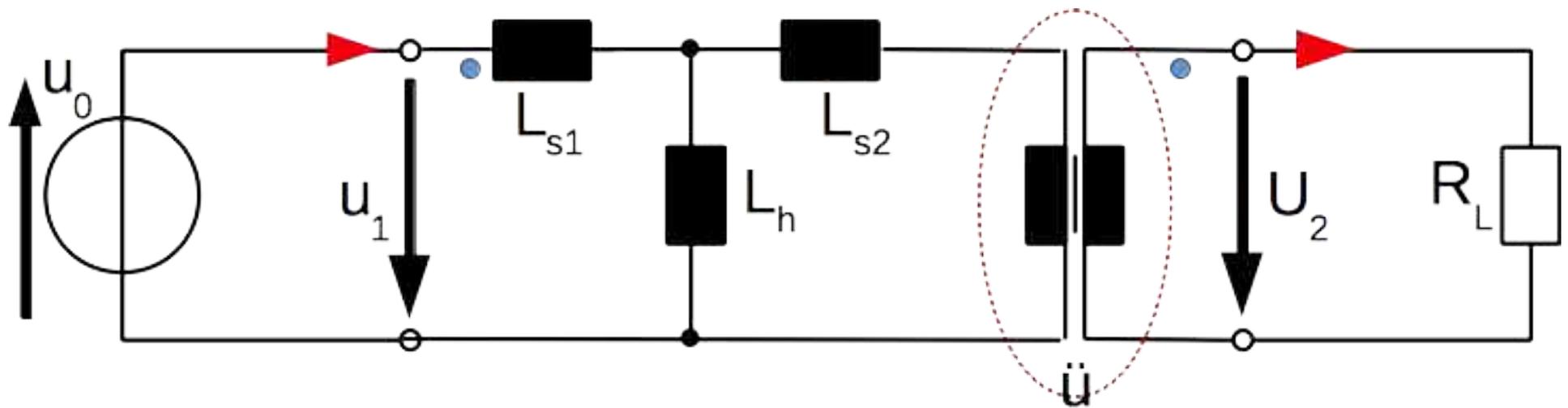


Gleichsinnige Wicklung

Der Transformator – der reale Transformator

- Ausgangspunkt: idealer Transformator
- 1. Schritt: Streuverluste einfügen, also
 - primärseitige Streuinduktivität L_{s1}
 - sekundärseitige Streuinduktivität L_{s2}
 - Hauptinduktivität L_h

Der Transformator – der reale Transformator

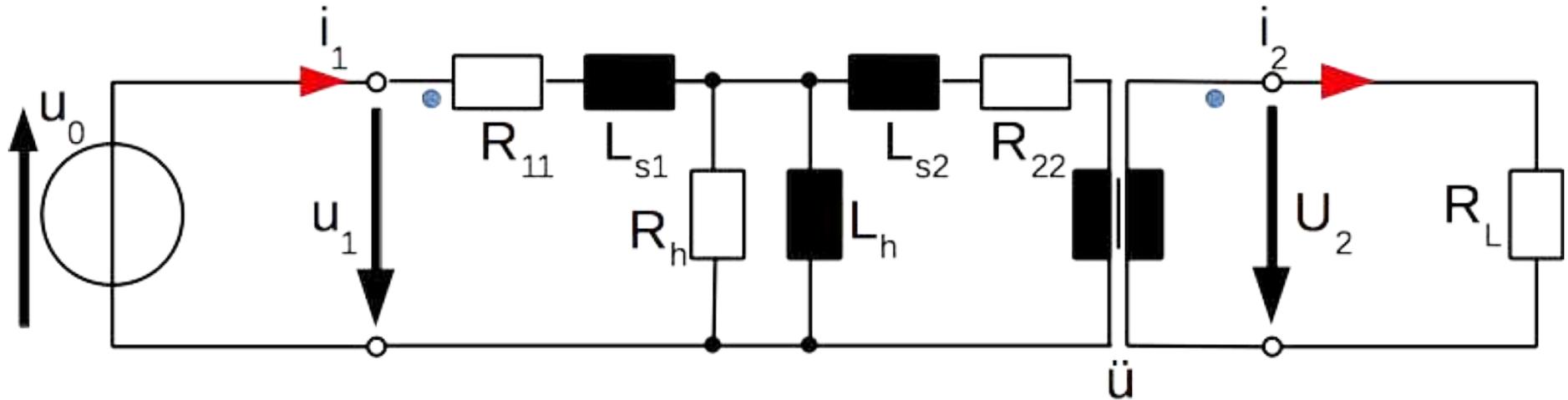


$$L_{s1} = L_{11} - \ddot{u}M, L_{s2} = \ddot{u}^2 L_{22} - \ddot{u}M, L_h = \ddot{u}M$$

Der Transformator – der reale Transformator

- Ausgangspunkt: idealer Transformator
- 2. Schritt: Widerstände einfügen, also
 - Ohmsche Widerstände der Wicklungen R_{11} und R_{22}
 - Verluste im Kern R_h

Der Transformator – der reale Transformator

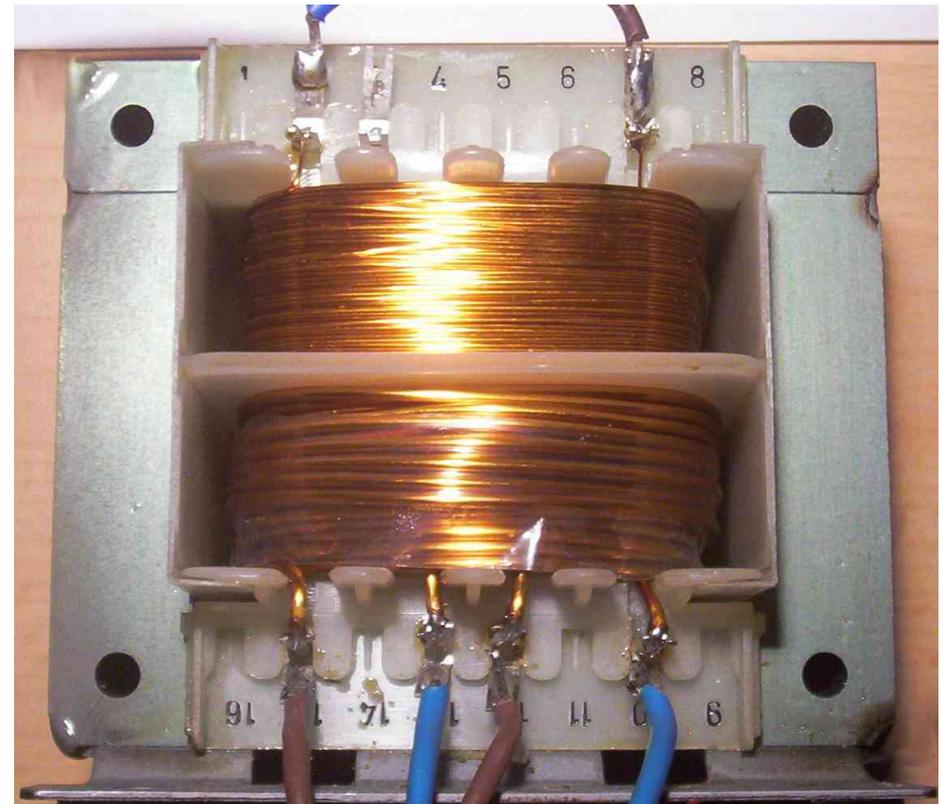


$$L_{s1} = L_{11} - \ddot{u}M, L_{s2} = \ddot{u}^2 L_{22} - \ddot{u}M, L_h = \ddot{u}M$$

Der Transformator – Bauformen

Rechtecktransformator

- einfache Wicklungstechnik
- einfachere und sicherere galvanische Trennung
- keine hohen Einschaltströme

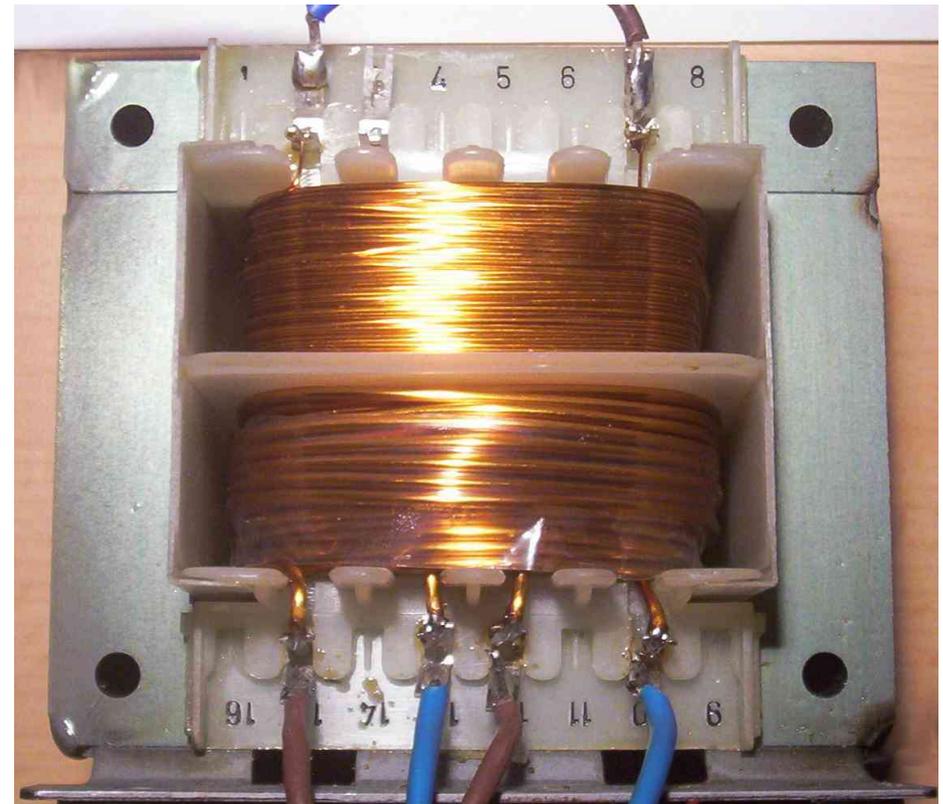


Trafo-Wicklungen
(Quelle: [wikimedia.org](https://www.wikimedia.org))

Der Transformator – Bauformen

Rechtecktransformator

- konstruktions-
bedingter Luftspalt
- höhere Streuverluste
und höherer Leerlauf-
strom
- hohes Gewicht



Trafo-Wicklungen
(Quelle: wikimedia.org)

Der Transformator – Bauformen

Ringkerntransformator

- geringer magnetischer Streufluss
- kein Luftspalt → magnetischer Widerstand minimiert
- kleiner Leerlaufstrom



Ringkerntransformator
(Quelle: wikimedia.org)

Der Transformator – Bauformen

Ringkerntransformator

- aufwendigere Wickeltechnik
- verursachen hohe Einschaltströme (bis zum 80-fachen des Nennstromes)

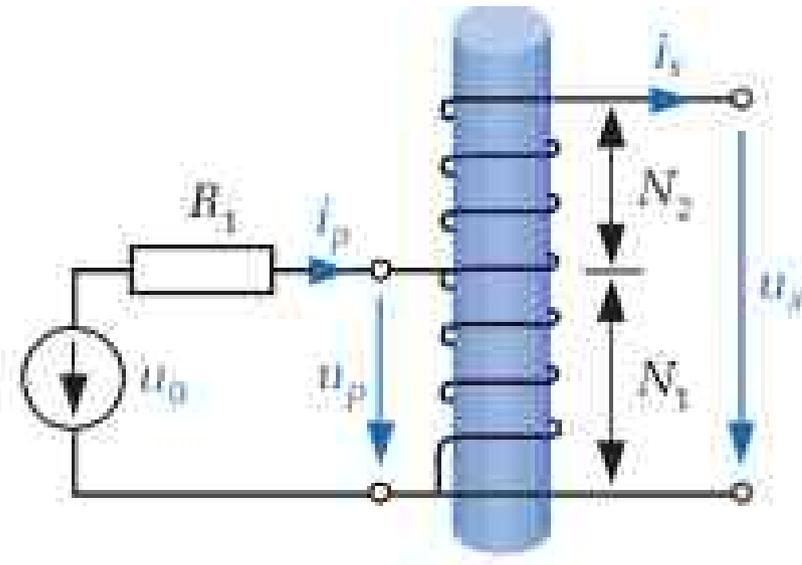


Ringkerntransformator
(Quelle: wikimedia.org)

Der Transformator – Bauformen

Spartransformator

- rezudierter
Herstellungsaufwand
- nur eine Wicklung mit
einer Anzapfung
- keine galvanische
Trennung



Spartransformator
(Quelle:Albach, S.302)