

Transformatoren

Allgemein und in Schaltnetzteilen

Gliederung

- (1) Aufbau und Funktionsweise
- (2) Ersatzschaltbilder
- (3) Anwendungsmöglichkeiten
- (4) Transformatoren in Schaltnetzteilen

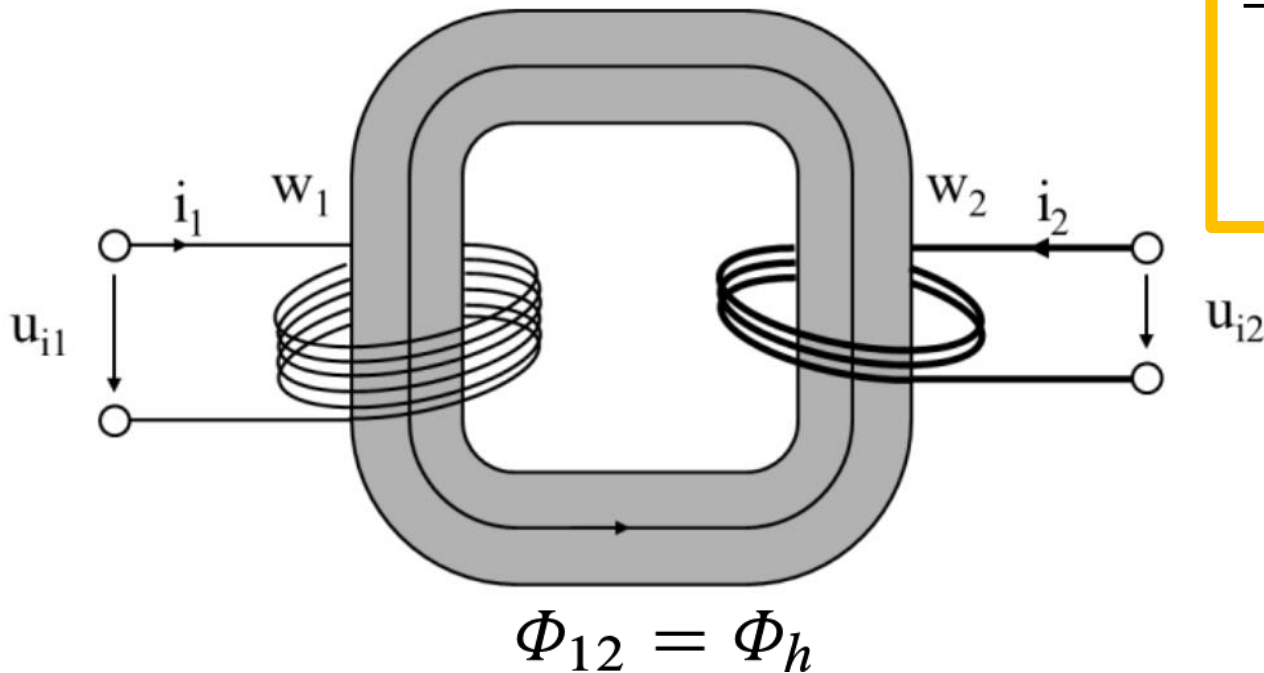
(1) Aufbau und Funktionsweise

(1.1) Idealer Transformator

(1.2) Transformator mit Streufluss

(1) Aufbau und Funktionsweise

(1.1) Idealer Transformator



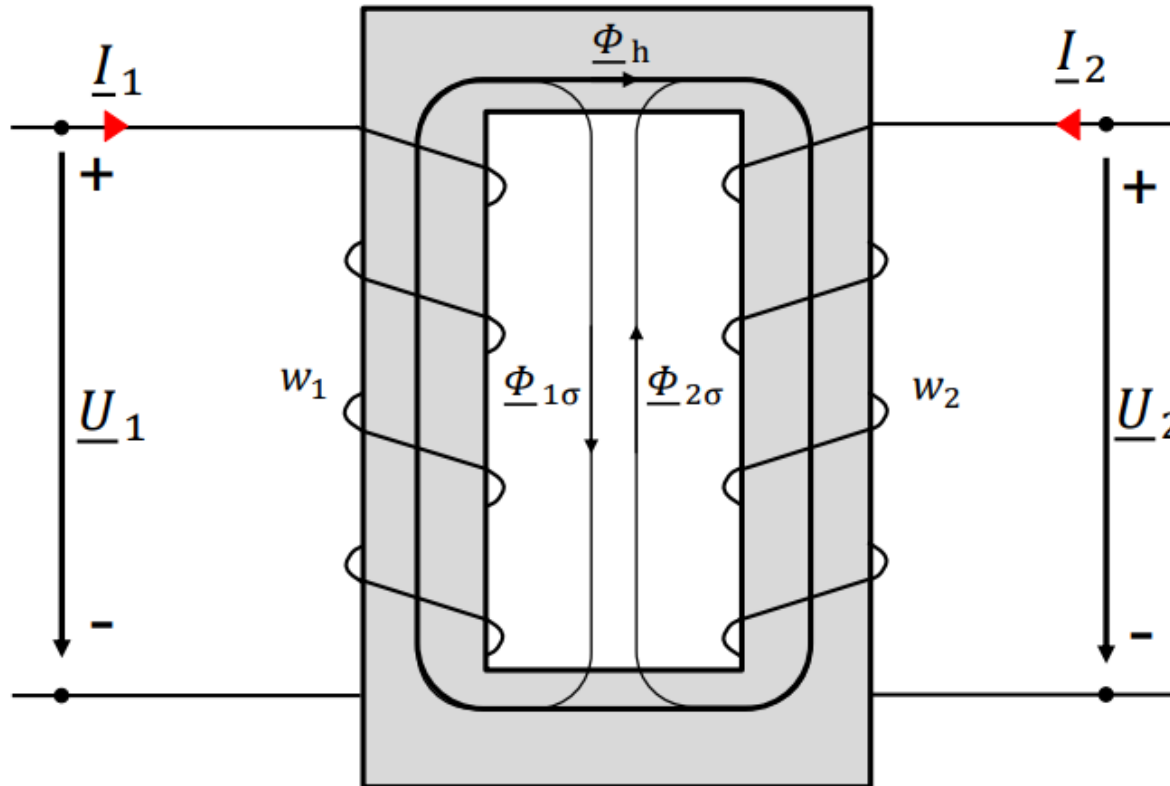
Übertragungsverhältnis

$$\ddot{u} = \frac{w_1}{w_2} = \frac{u_{i1}}{u_{i2}}$$

Quelle: [Abb.1] aus *Elektrische Energiesysteme*

(1) Aufbau und Funktionsweise

(1.2) Transformator mit Streufluss

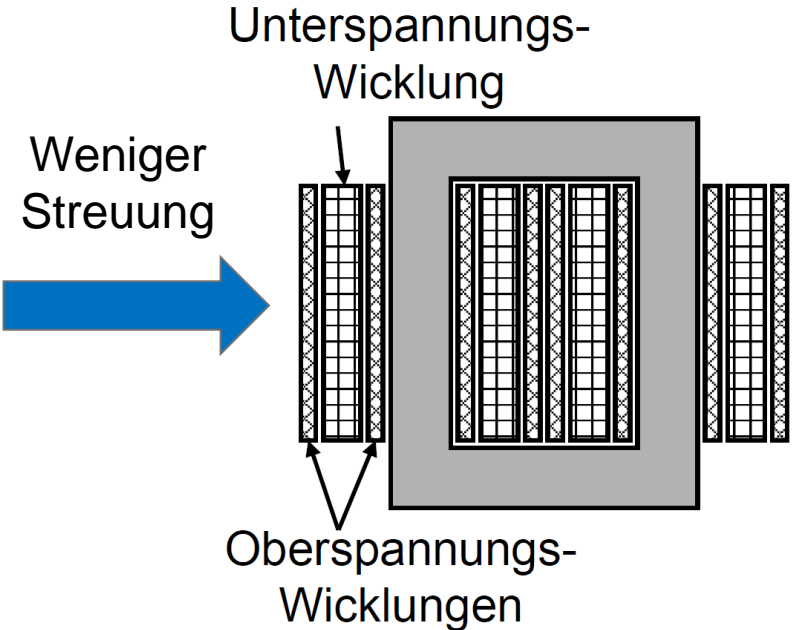


Quelle: [Abb.2] aus Netze der
elektrischen Energieversorgung

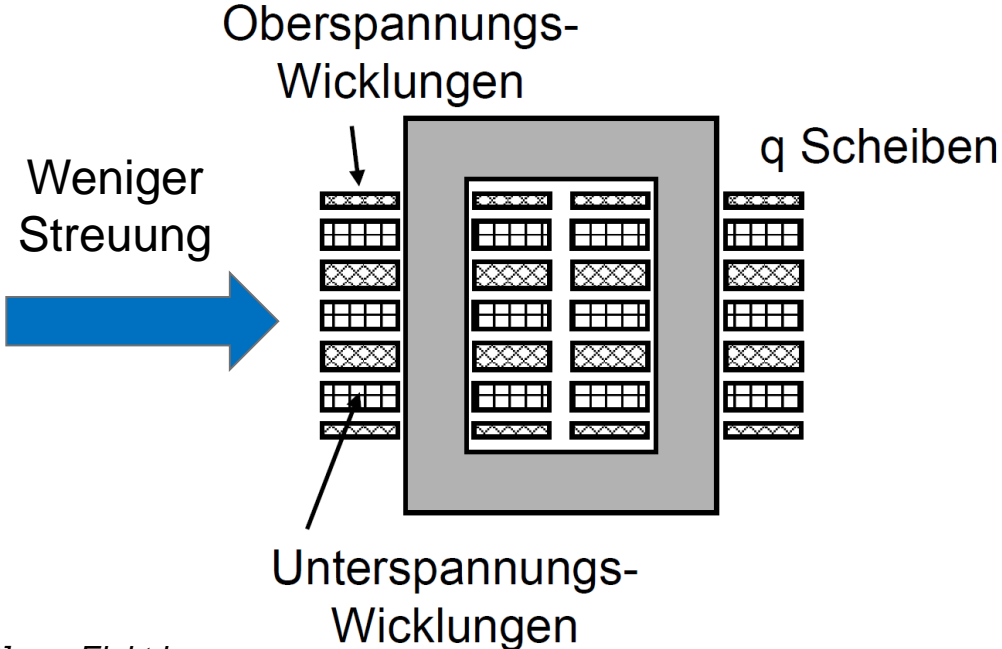
(1) Aufbau und Funktionsweise

(1.2) Transformator mit Streufluss

Doppelzylinderwicklung



Scheibenwicklung



Quelle: [Abb.8] aus Elektrisc...
Maschinen I

(2) Ersatzschaltbilder

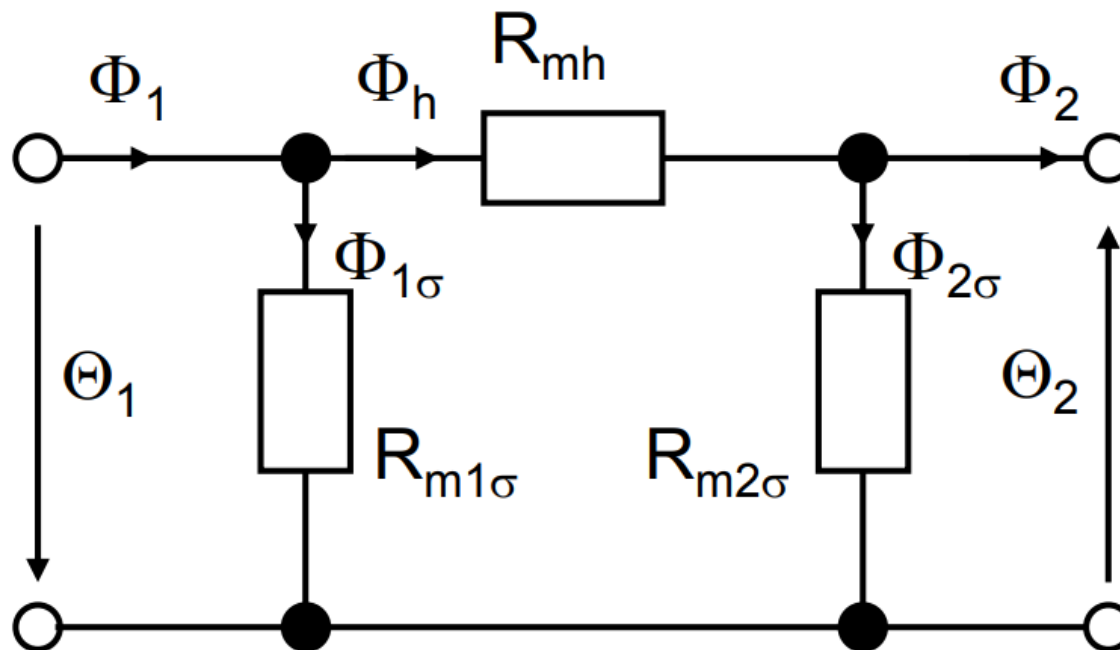
(2.1) Magnetisches Ersatzschaltbild

(2.2) Elektrisches Ersatzschaltbild

(2.3) Messungen der Parameter

(2) Ersatzschaltbilder

(2.1) Magnetisches Ersatzschaltbild



Quelle: [Abb.3] aus *Elektrische Maschinen I*

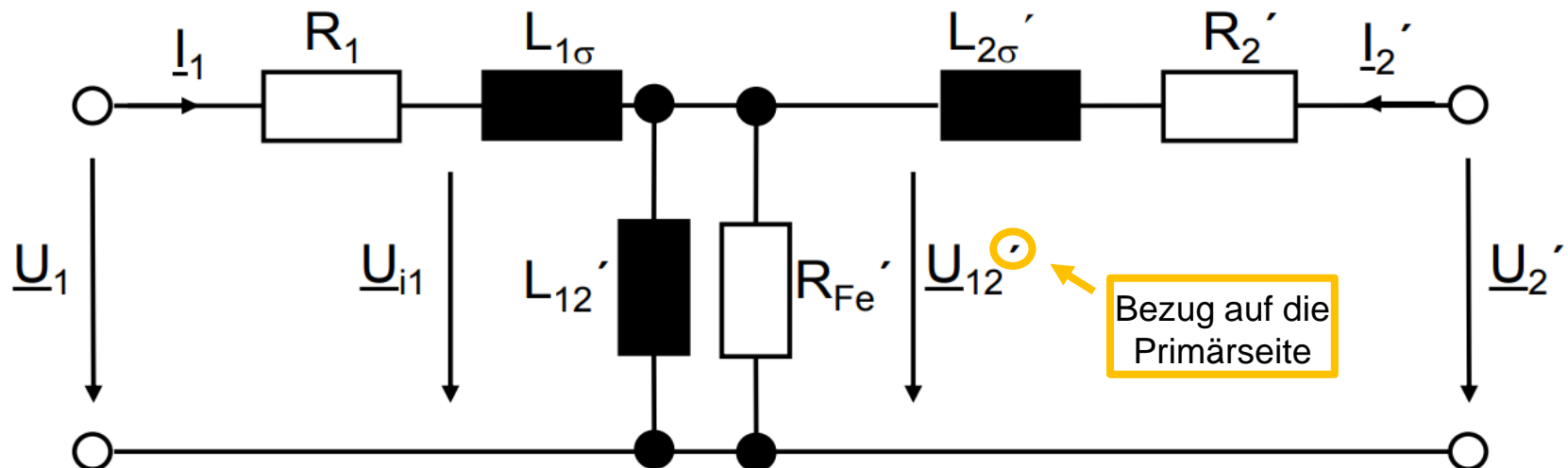
(2) Ersatzschaltbilder

(2.2) Elektrisches Ersatzschaltbild

- Wicklungswiderstände: R_1, R_2
- Streuinduktivitäten: $L_{1\sigma}, L_{2\sigma}$
- Eisenverluste: R_{Fe}

Magnetisches \leftrightarrow Elektrisches

Reihenschaltung \leftrightarrow Parallelschaltung
Knoten \leftrightarrow Maschen



Quelle: [Abb.4] aus Elektrische
Maschinen I

(2) Ersatzschaltbilder

(2.3) Messungen der Parameter

Bestimmung der ESB-Parameter

- Wicklungswiderstände über eine DC-Messung
- Induktivitäten über eine Kurzschluss- und eine Leerlauf-Messung
 - Windungszahlen nicht messbar
 - Übertragungsverhältnis kann nicht bestimmt werden
- Spezielle Ersatzschaltbilder, um dies zu umgehen
- Dabei Vernachlässigung bestimmter ESB-Bauteile (abhängig von der jeweiligen Anwendung)

(3) Anwendungsmöglichkeiten

(3.1) In der Energietechnik

(3.2) Für Elektrogeräte

(3) Anwendungsmöglichkeiten

(3.1) In der Energietechnik

- Im Energieversorgungsnetz zum Erreichen verschiedenen Spannungsebenen
- Einsatz als Drehstromtransformatoren
- Teilweise auch als Stelltransformatoren



Quelle: [Abb.5] von a-eberle

(3) Anwendungsmöglichkeiten

(3.2) Für Elektrogeräte

- Einsatz in Netzteilen
- Verringerung der 230 V Netzspannung für die Verbraucher
- Konventionell: Betrieb mit der Netzfrequenz (50 Hz) → große Bauform und hohe Masse
- Schaltnetzteil: Betrieb bei stark erhöhter Frequenz



Quelle: [Abb.6] von Lucky-Kitty

(4) Transformatoren in Schaltnetzteilen

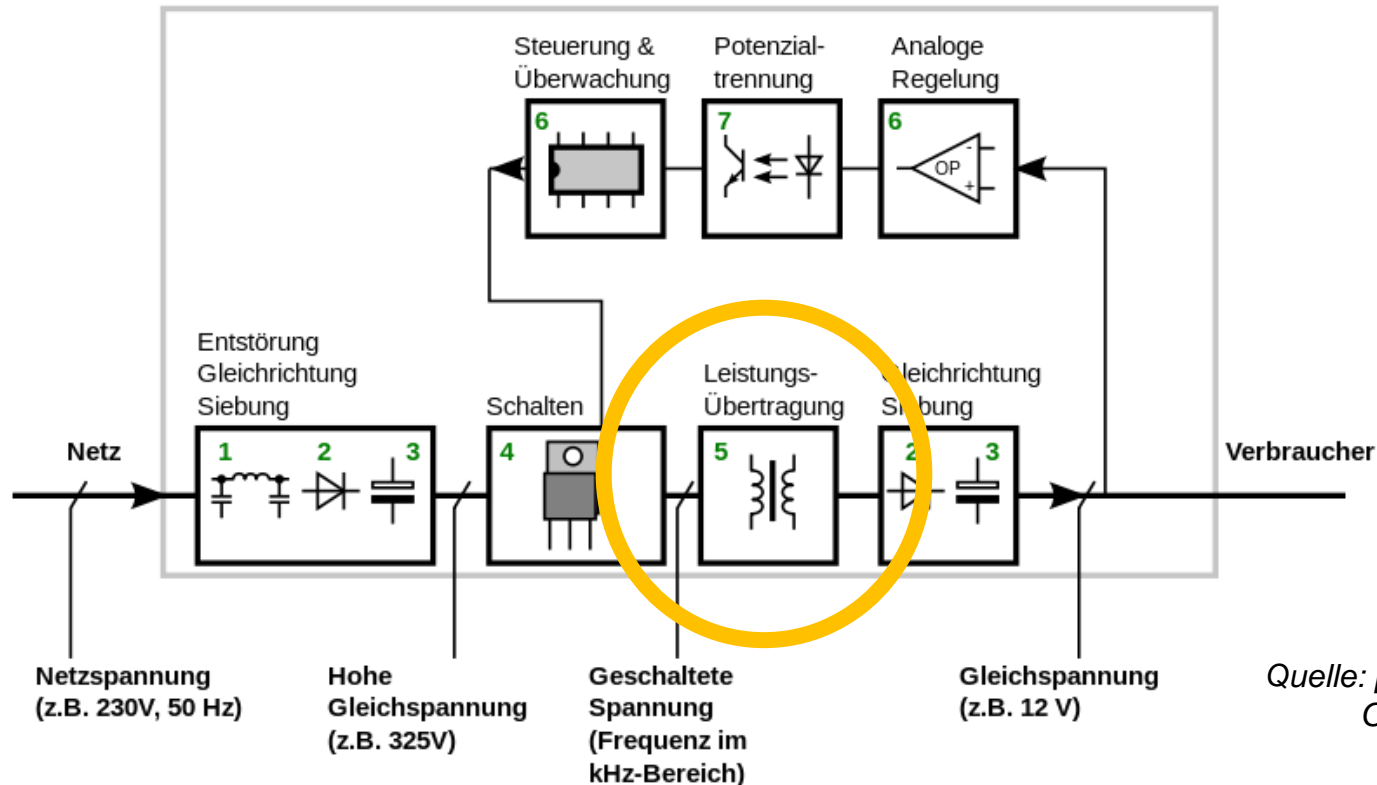
(4.1) Blockschaltbild eines Schaltnetzteils

(4.2) Vorteile von Schaltnetzteile

(4.3) Anforderungen an den Transformator

(4) Transformatoren in Schaltnetzteilen

(4.1) Blockschaltbild eines Schaltnetzteils



Quelle: [Abb.7] aus Wikimedia Commons, 2008

Legende:

- 1 = Netzfilter (z.B. Drosselspule, X- und Y-Kondensatoren)
- 2 = Gleichrichter (z.B. Brückengleichrichter oder einzelne Dioden)
- 3 = Glättungskondensator
- 4 = Leistungstransistor (z.B. starker MOSFET)
- 5 = Übertrager ("Trafo")

- 6 = Steuerelektronik
- 7 = Optokoppler

(4) Transformatoren in Schaltnetzteilen

(4.2) Vorteile von Schaltnetzteilen

- Hohe Leistungsdichte (Leistung im Verhältnis zur Größe)
- Allgemein höherer Wirkungsgrad als konventionelle Netzteile

Ausnutzung hoher Frequenzen

- Höhere Bauleistung des Transformators, da die übertragene Bemessungsleistung $S_N \sim f$
- niedrigerer Materialaufwand und geringere Masse

(4) Transformatoren in Schaltnetzteilen

(4.3) Anforderungen an den Transformator

Beispiel: Übertragung von 4000 W

mit **50 Hz** → Gewicht von rund **25 kg**

mit **125 kHz** → Gewicht von rund **470 g**

Nachteil: Rückwirkung auf das Netz
durch sehr hohe Frequenzen

(4) Transformatoren in Schaltnetzteilen

(4.3) Anforderungen an den Transformator

Problem:

durch hohe Frequenzen starke Wirbelstromverluste im Eisen
→ Selbst sehr dünne Bleche reichen nicht aus

Verwendung eines Ferritkerns (Eisenpulver ist auch möglich)

→ Hohe Permeabilität

→ Geringe elektrische Leitfähigkeit

→ Sehr variable Einsatzmöglichkeiten

(Material wird bei der Herstellung in Formen gepresst)

(4) Transformatoren in Schaltnetzteilen

- Galvanische Trennung vom Netz
 - Nutzung eines Ferritkerns
 - Betrieb bei sehr hohen Frequenzen ($f \gg 50 \text{ Hz}$)
- Kleinere Dimensionen bei gleicher Leistung

Vielen Dank für eure Aufmerksamkeit!

Gibt es noch Fragen?

Quellen

- [1] Ulrich Schlienz: *Schaltnetzteile und ihre Peripherie. Dimensionierung, Einsatz, EMV*. Vieweg + Teubner, 2009, ISBN 978-3-8348-0613-0.
- [2] Uwe Schäfer, Kai Strunz: Vorlesungen zu *Elektrische Energiesysteme, Elektrische Maschinen I* und *Netze der elektrischen Energieversorgung* an der TU Berlin.

Abbildungen

[Abb.1] Uwe Schäfer: Vorlesungsskript zum Thema ‚Transformator‘ in *Elektrische Energiesysteme* (Seite 2) an der TU Berlin.

[Abb.2] Kai Strunz, Christian Gornig: Vorlesungsfolien zum Thema ‚Transformator‘ in *Netze der elektrischen Energieversorgung* (Seite 7) an der TU Berlin.

[Abb.3] Uwe Schäfer: Vorlesungsfolien zum Thema ‚Transformator‘ in *Elektrische Maschinen I* (Seite 8) an der TU Berlin.

[Abb.4] Uwe Schäfer: Vorlesungsfolien zum Thema ‚Transformator‘ in *Elektrische Maschinen I* (Seite 27) an der TU Berlin.

[Abb.5] a-eberle (https://www.a-eberle.de/sites/default/files/sr_k_tmm.jpg)

[Abb.6] Lucky-Kitty (<https://www.lucky-kitty.com/item/images/166/2000x2000/lucky-kitty-netzteil.jpg>)

[Abb.7] Wikimedia Commons (Creative Commons License), 2008
(<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/Schaltnetzteil.svg>)

[Abb.8] Uwe Schäfer: Vorlesungsfolien zum Thema ‚Transformator‘ in *Elektrische Maschinen I* (Seite 78f) an der TU Berlin.