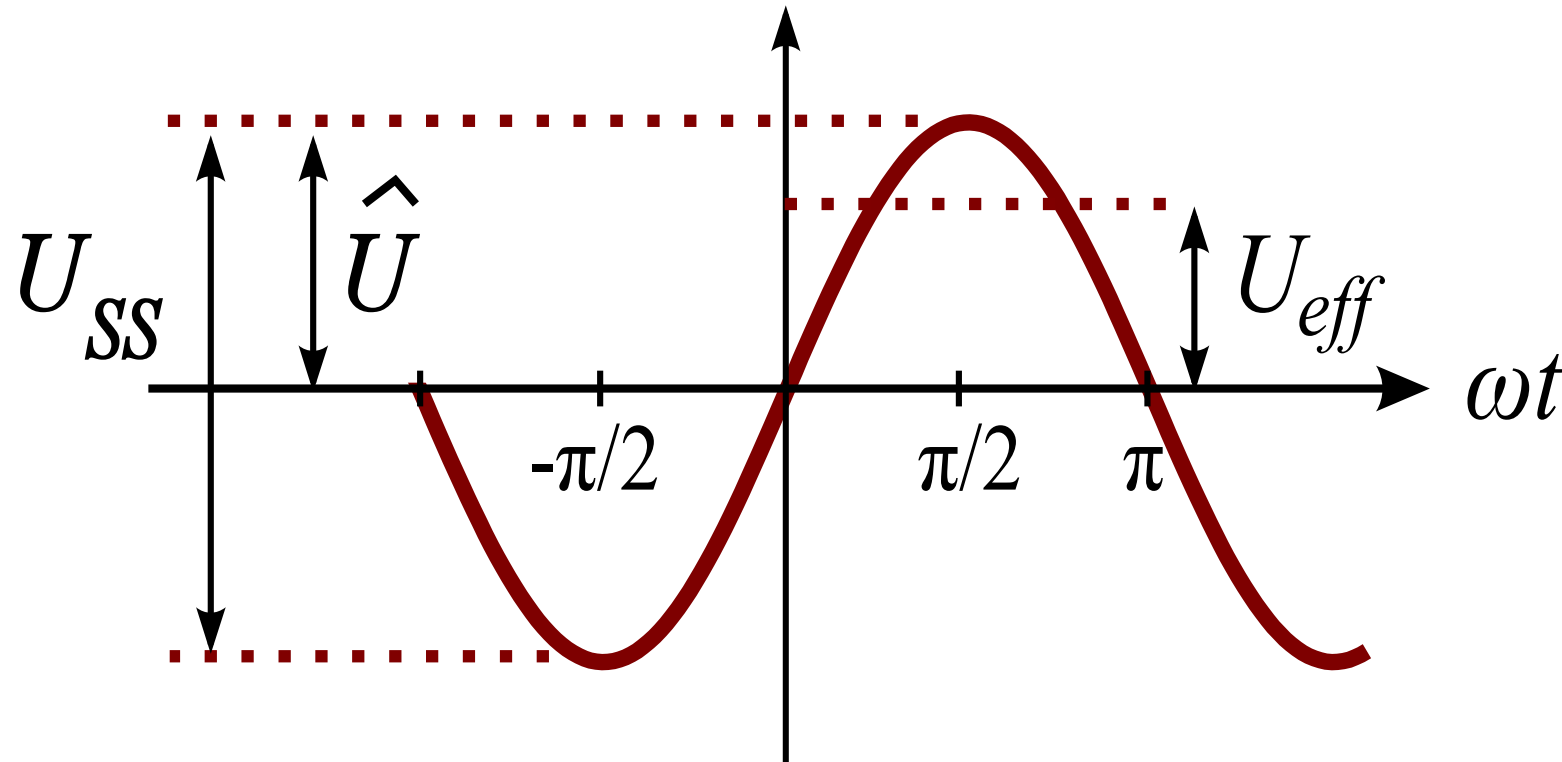
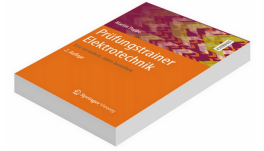


# Wechselstromnetze

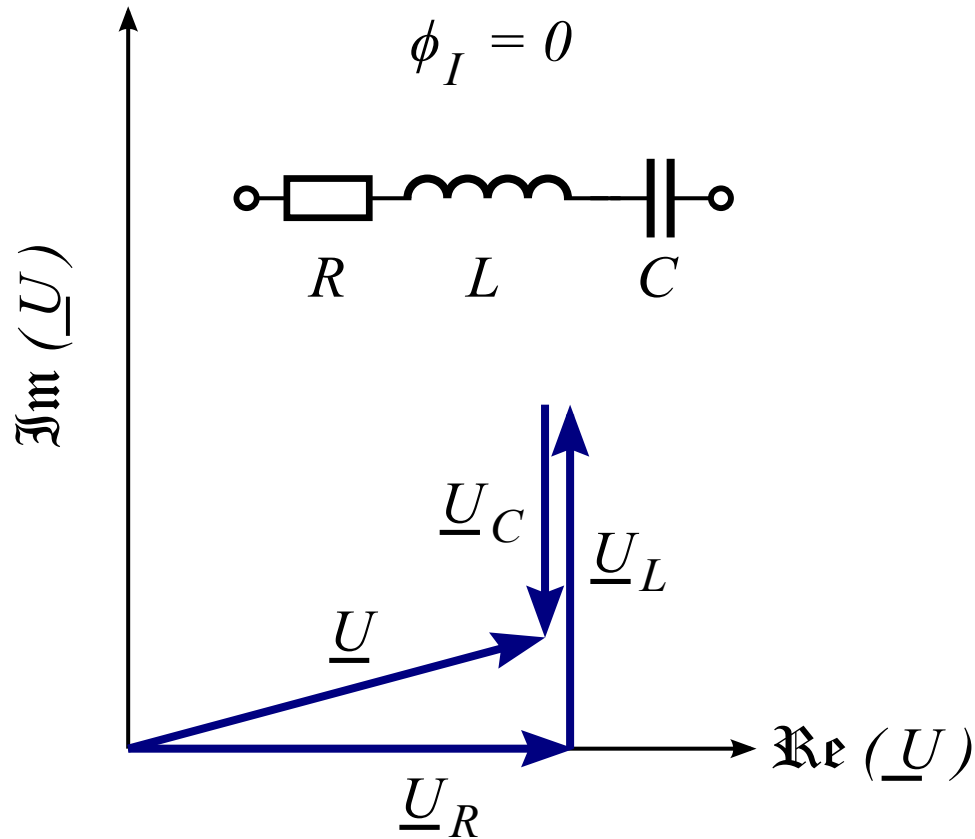


# Wechselspannungsgrößen



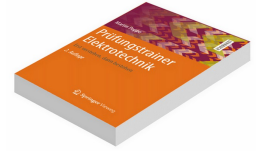
Die Stärken harmonisch verlaufender Spannungen können auf mehrere Arten angegeben werden

# Zeigerdiagramm: Reihenschwingkreis



Addition von Spannungen  
in einem Zeigerdiagramm

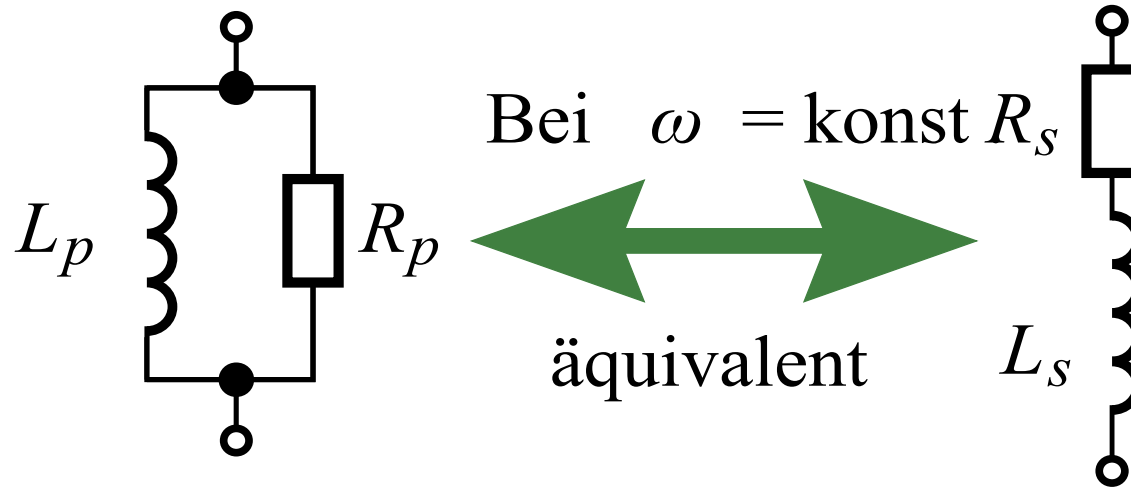
# Zusammenfassen von Zweipolen



Beispiel für das Zusammenfassen mehrerer Bauteile:  
Bei nur zwei äußeren Anschlüssen können diese zu einem  
einzigem zusammengefasst werden.



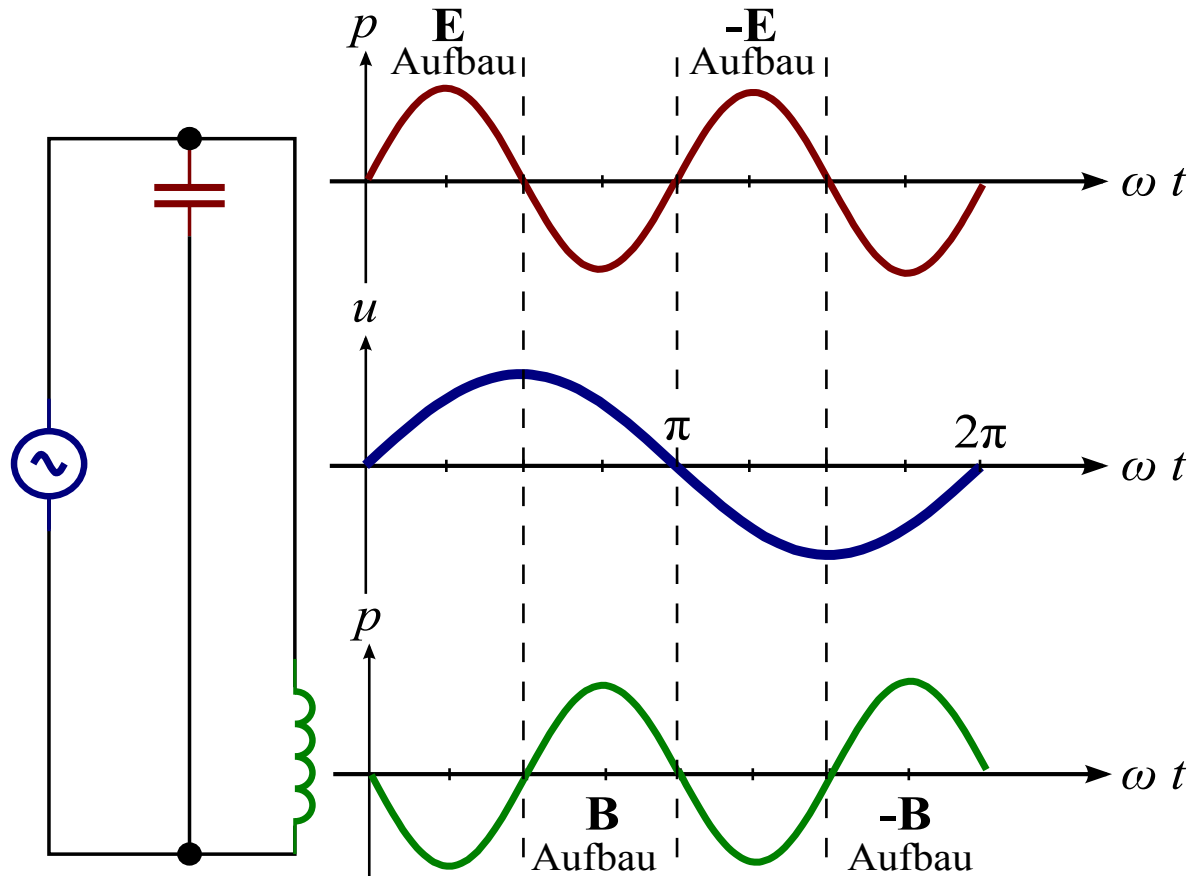
# Parallelersatzschaltung



Ersatz einer Parallelschaltung durch eine Reihenschaltung und umgekehrt



# Leistung an Bauelementen



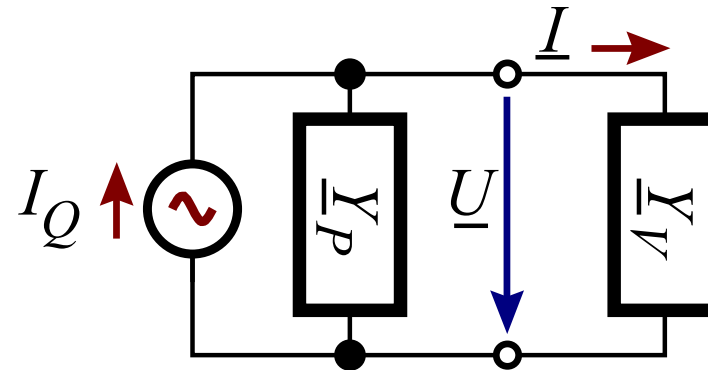
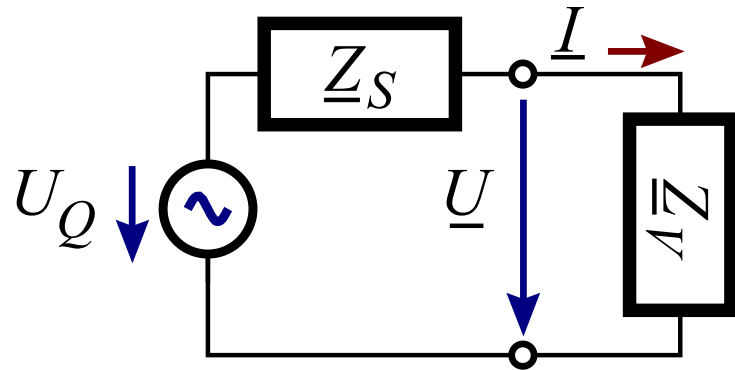
Momentane Leistungen von Kondensator (oben) und Spule (unten) bei der Speisung durch eine Spannungsquelle (Mitte).

Bei  $p > 0$  werden auf Kosten des Netzes Felder aufgebaut.

Bei  $p < 0$  wirken die Bauteile wie Generatoren



# Anpassung

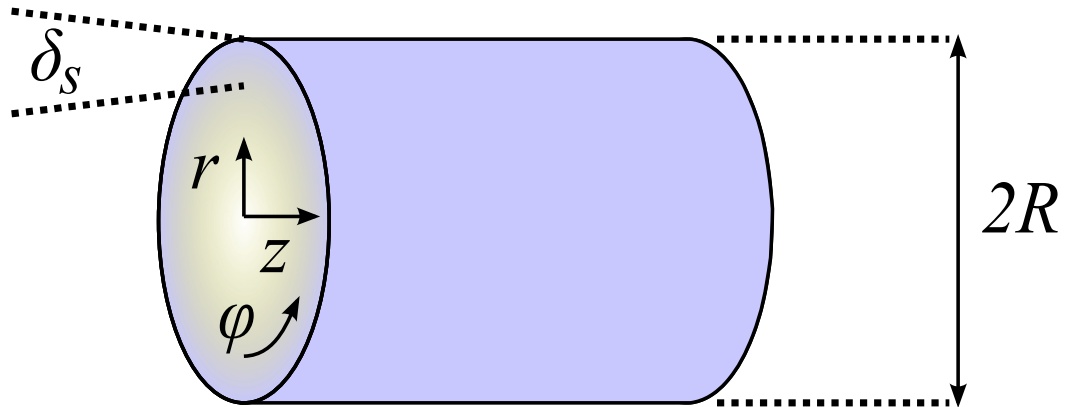
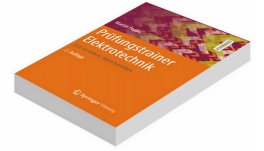


$$\underline{Z}_V = \underline{Z}_S^* \quad (\text{Spannungsquelle})$$

$$\underline{Y}_V = \underline{Y}_S^* \quad (\text{Stromquelle}).$$

Anpassung bei Spannungsquellen (links) und bei Stromquellen (rechts): Die hier gezeigten Ersatzschaltbilder führen zusammen mit der Forderung einer maximalen Wirkleistung im Verbraucher auf die obigen Gleichungen

# Stromverdrängung

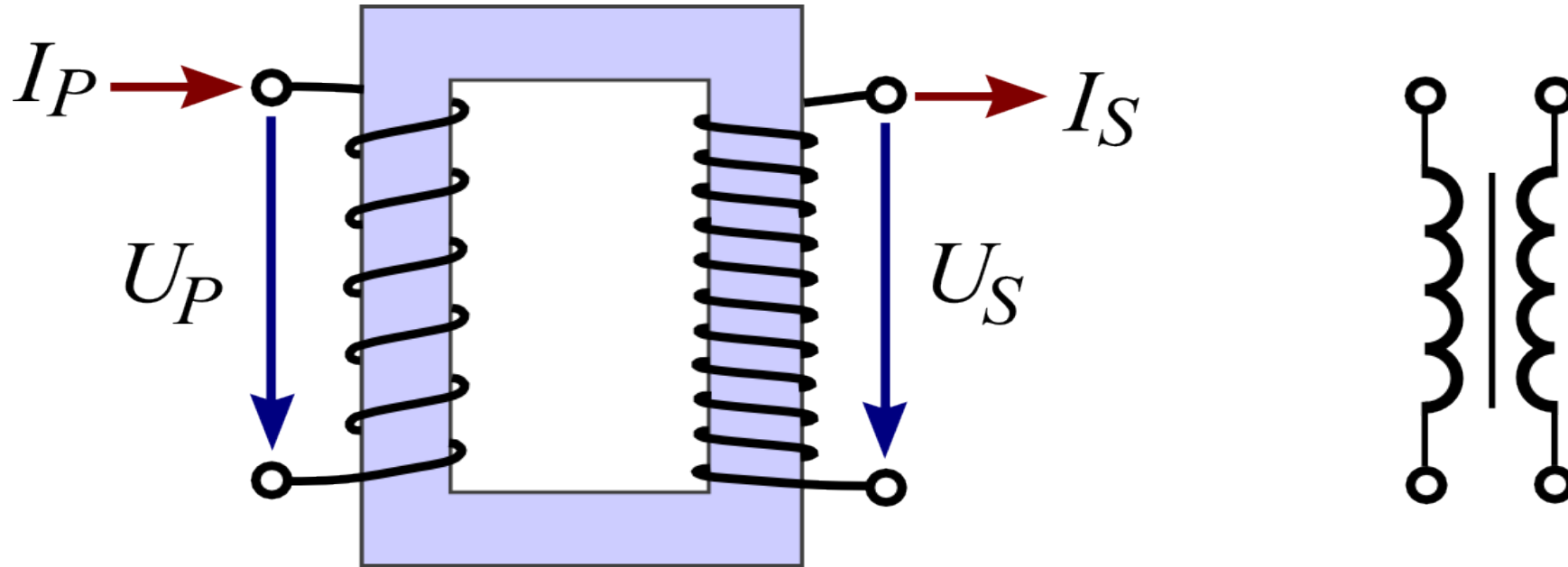


Prinzipskizze zur  
Stromverdrängung  
(skin effect)  
Der größte Teil des  
Stromes fließt  
nahe der Oberfläche  
bis zu einer  
Eindringtiefe  $\delta_s$





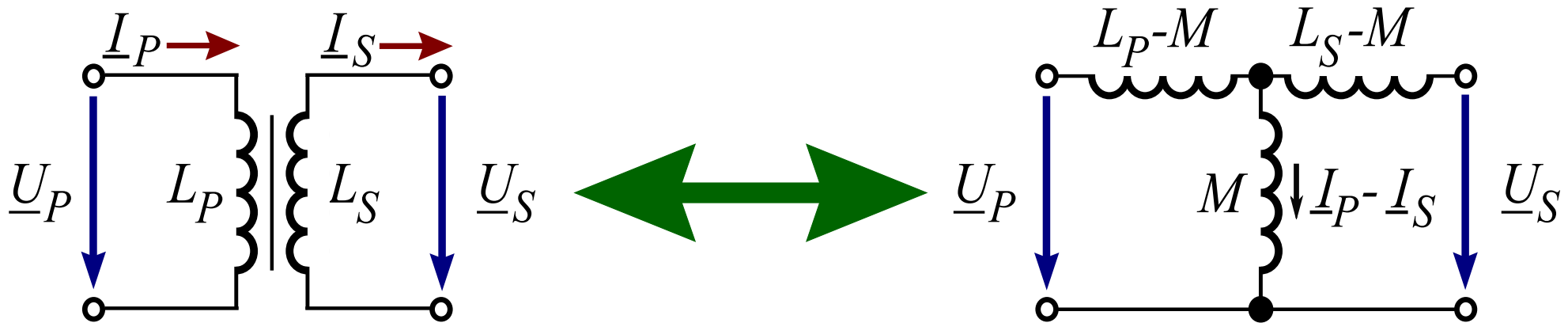
# Transformator



Das Prinzip des Transformators und sein Schaltsymbol: Durch den harmonisch oszillierenden Strom entsteht im (blau gezeichneten) Eisenkern ein oszillierendes Magnetfeld. Dessen Änderungen induzieren auf der Sekundärseite eine Spannung

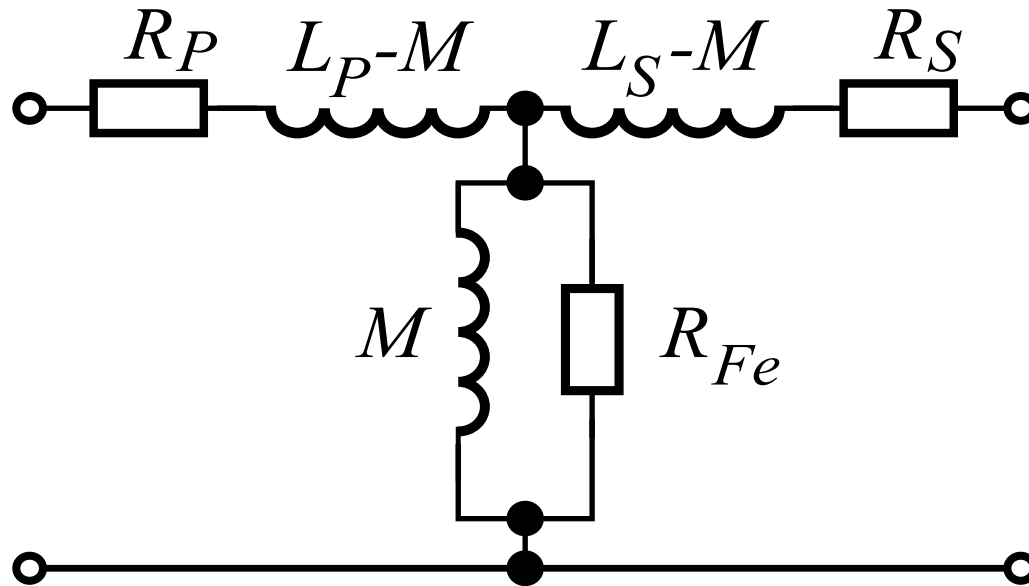
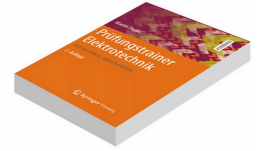


# Verlustloser Transformator

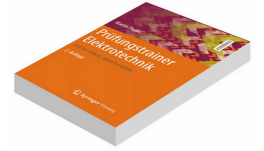


Der verlustlose Transformator und sein Ersatzschaltbild:  
Dieser Transformator verhält sich (bis auf die Potenzialtrennung) im Wechselstromkreis wie die rechts gezeichnete Schaltung

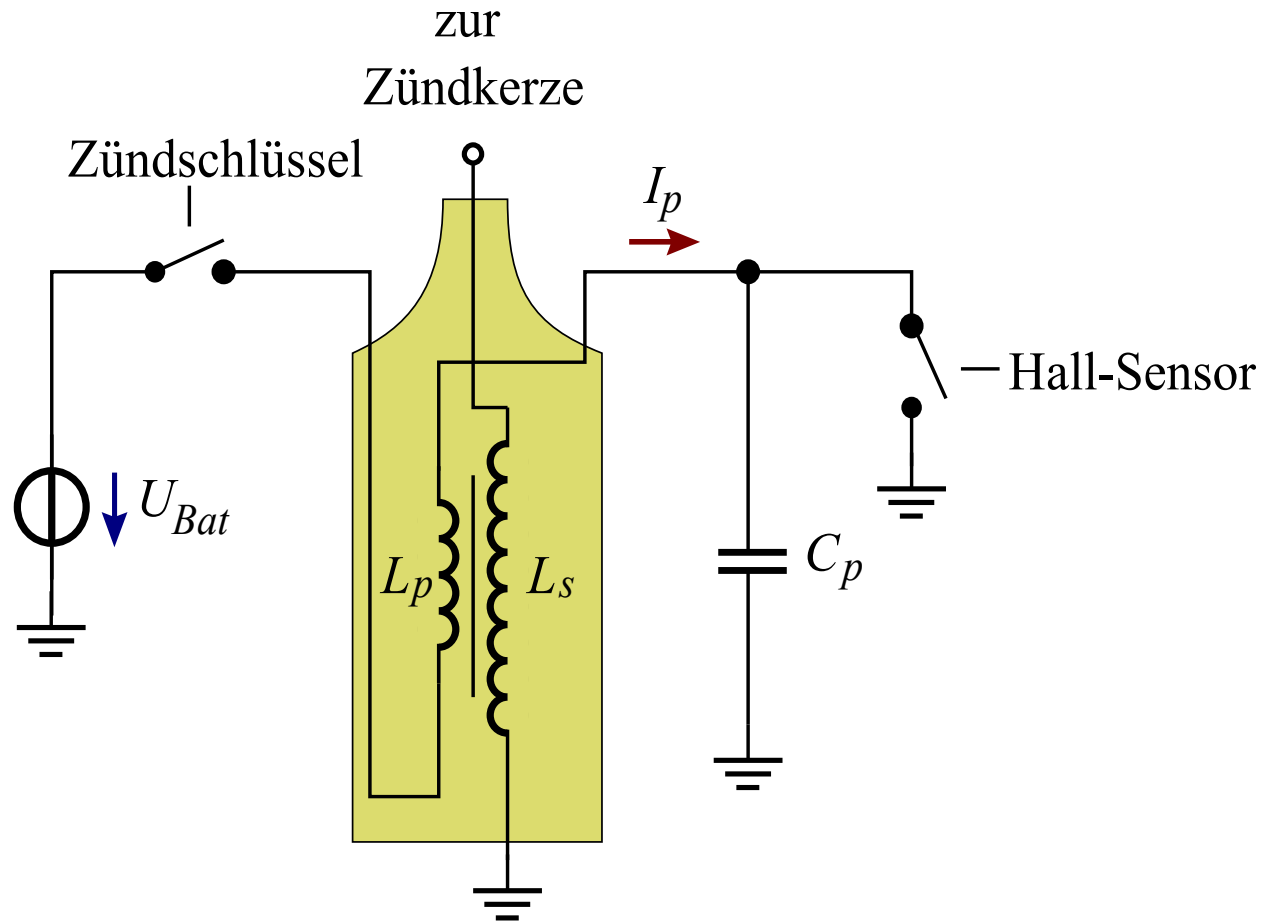
# Realer Transformator



Modell eines realen Transformators. Es beinhaltet die Leitungswiderstände und Eisenverluste. Streufelder sind in diesem Bild nicht berücksichtigt



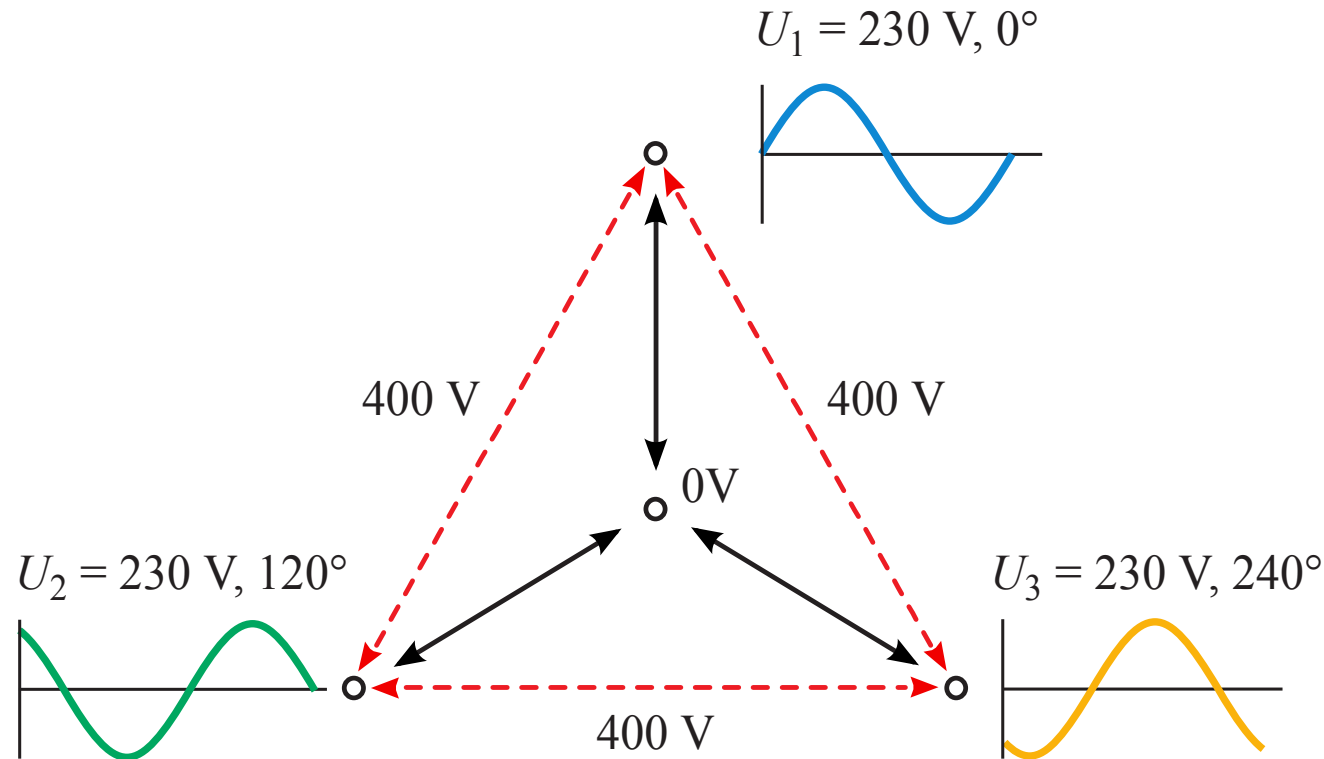
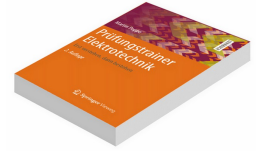
# Zündtransformator



Prinzipskizze eines  
Zündtransformators:

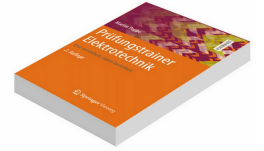
Der Hall-Sensor signalisiert den zur Zündung passenden Winkel der Kurbelwelle. Der mit ihm verbundene Schalter ist in der Regel ein Leistungstransistor. Die Zünderze wird parallel zur Induktivität  $L_s$  geschlossen.

# Drei Phasen Wechselspannung

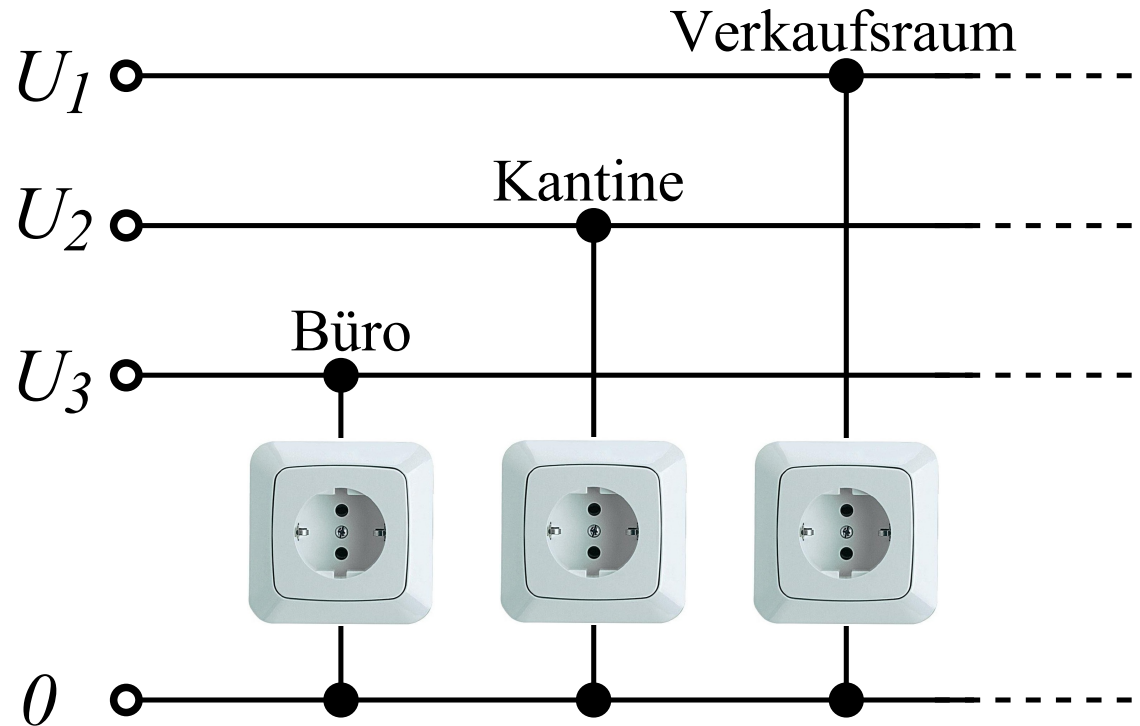


Typisches Drei-Phasen-Wechselstrom System mit jeweils um  $120^\circ$  versetzten Spannungen:

Jede Phase hat gegenüber dem Nulleiter die effektive von Spannung  $230 \text{ V}$  und gegenüber dem Nachbarn  $400 \text{ V}$ .



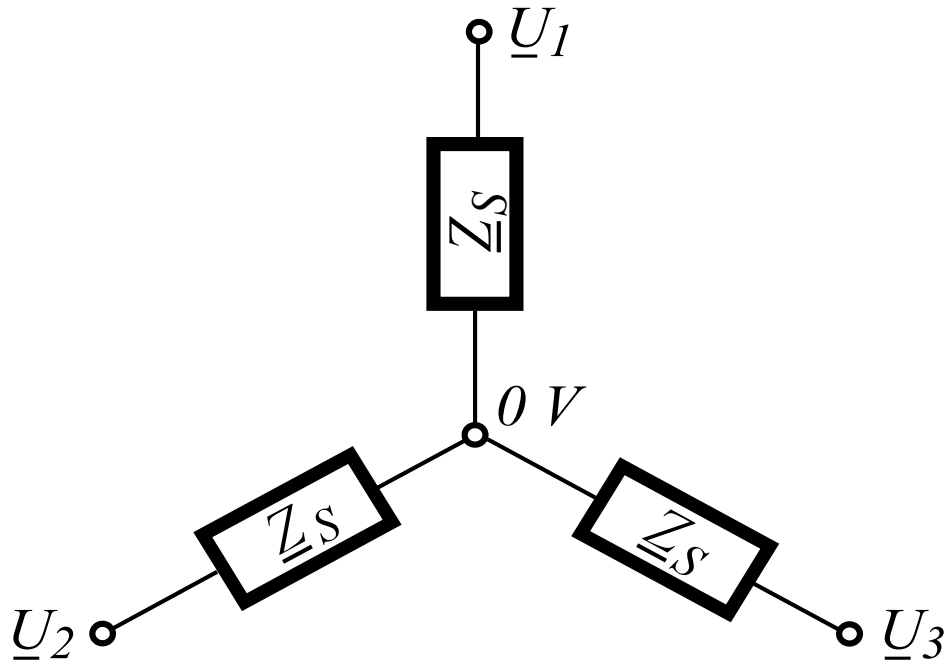
# Hausanschluss



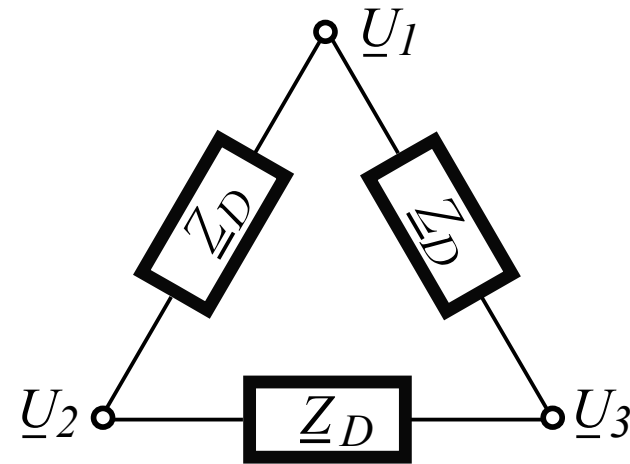
Prinzipiskizze einer Haus-Energieversorgung: Dass in der Regel drei Phasen der Versorgung dienen, fällt meist nicht auf, da pro Zimmer nur eine Phase angeschlossen ist



# Stern und Dreieck

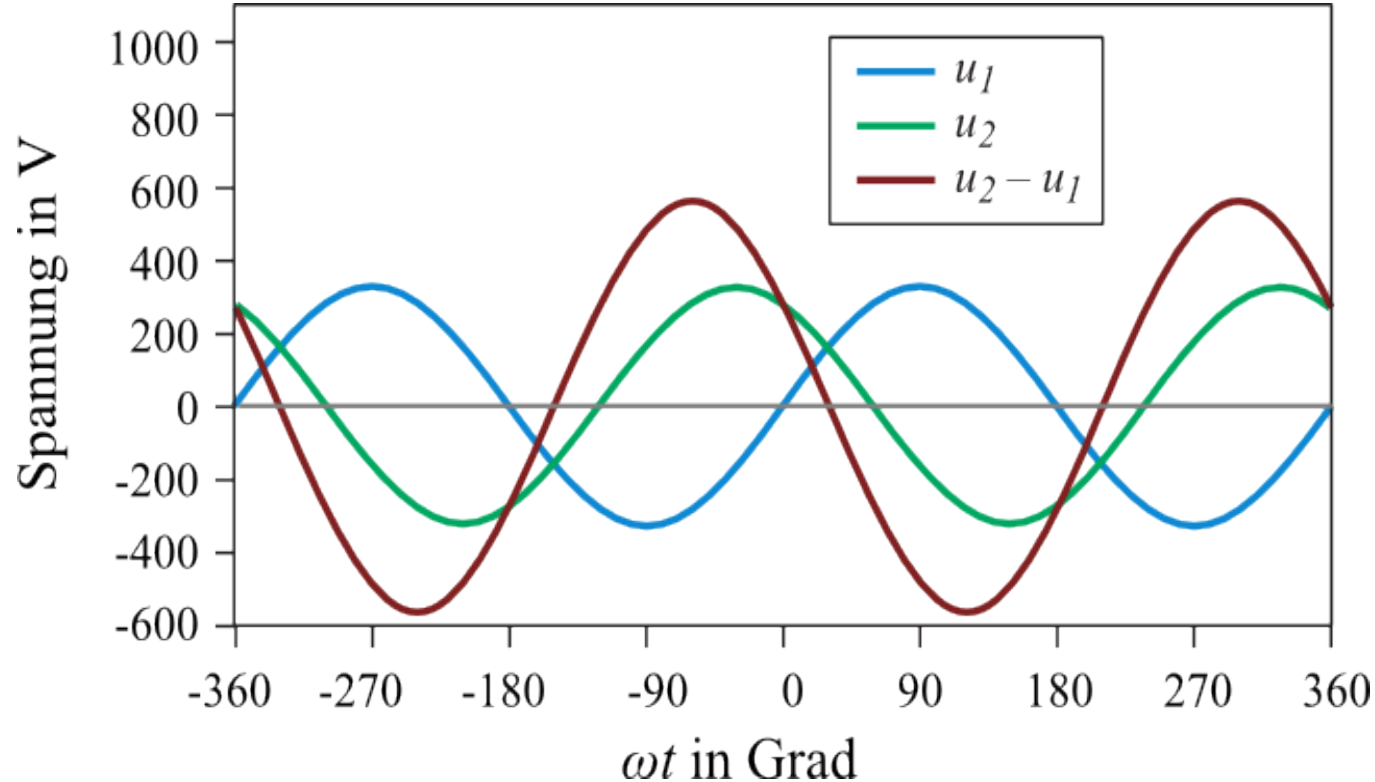


Sternschaltung: Es gibt keine direkten Verbindungen zwischen den Phasen. Sind, wie hier gezeigt, die Impedanzen gleich, führt der Nulleiter keinen Strom



Dreieckschaltung: Es gibt keine Verbindung zum Nulleiter

# Spannung in der Dreieckschaltung



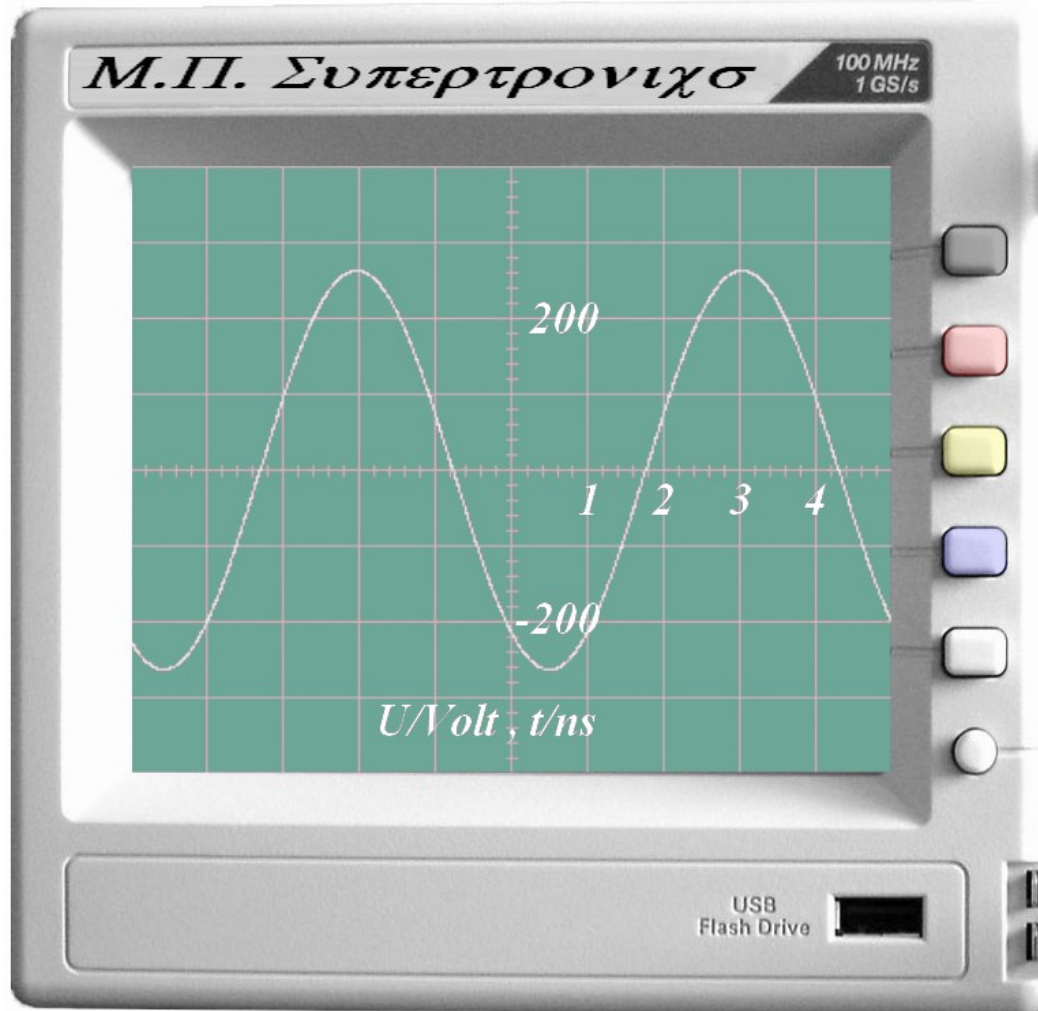
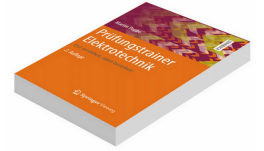
Spannungsverläufe in einem Drei-Phasen-Wechselstrom-Netz:

Die Spannungsdifferenz zwischen zwei um  $120^\circ$  verschobenen Phasen ist um Wurel-aus-drei erhöht und um  $30^\circ$  neben der einen Phase.

Hier ist die Amplitude der Einzelphasen 325 V



# Parameterbestimmung

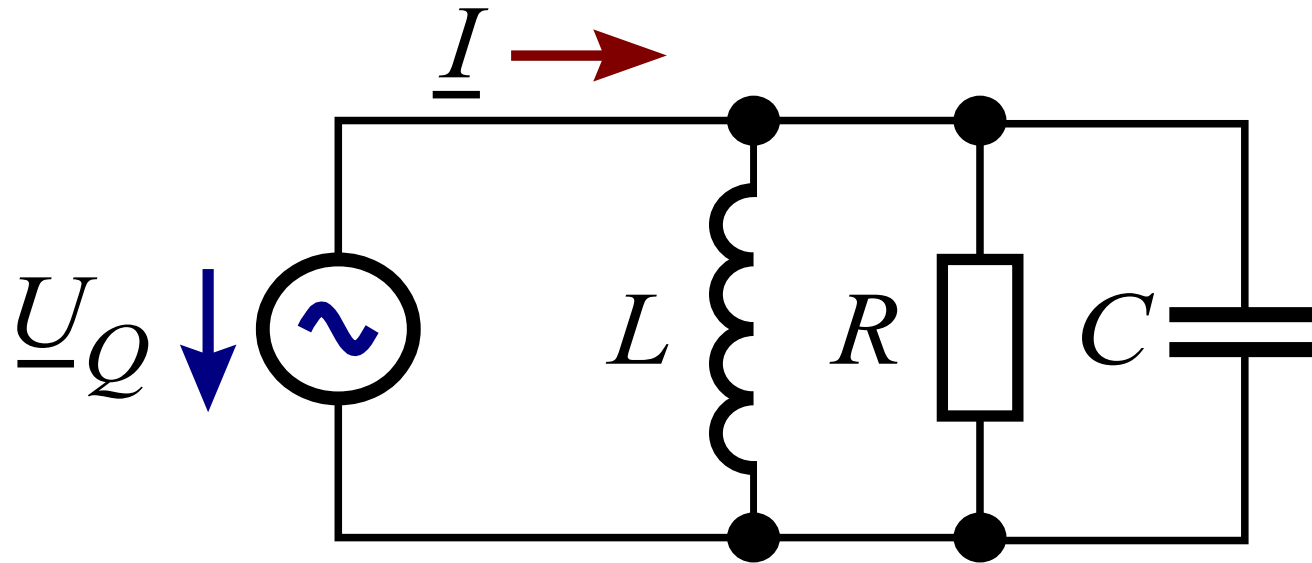


Aufgabe:  
Zeitlicher Spannungsverlauf an einem Oszilloskop. Könnte hier die Netzspannung in einem europäischen Land dargestellt sein?

Bitte bestimmen Sie zur Beantwortung die Spitze-Spitze-Spannung, den Scheitelwert der Spannung, die effektive Spannung, die Frequenz und die Phase.



# Zeigerdiagramm



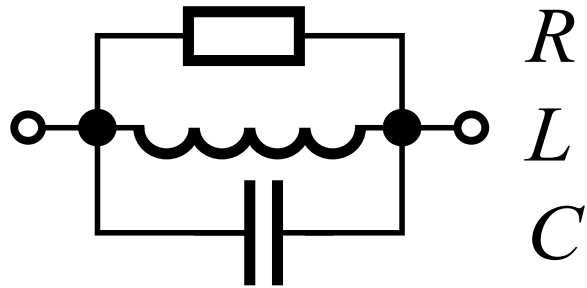
Aufgabe:

Von einer Wechselspannungsquelle gespeiste Parallelschaltung aus Spule, Widerstand und Kondensator. Wie sieht das dazu gehörige Zeigerdiagramm aus?



# Zeigerdiagramm

$$\phi_U = 0$$

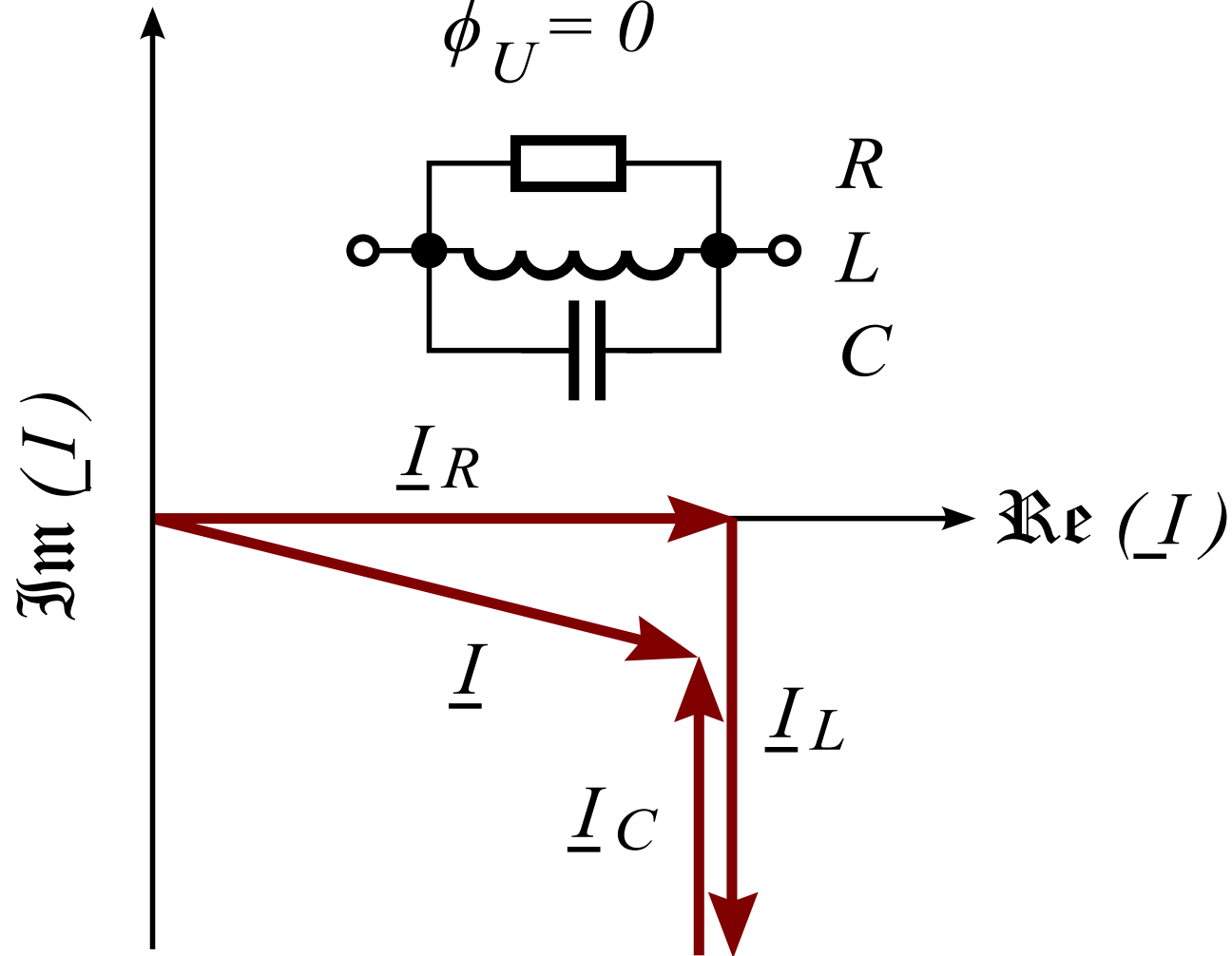


$R$

$L$

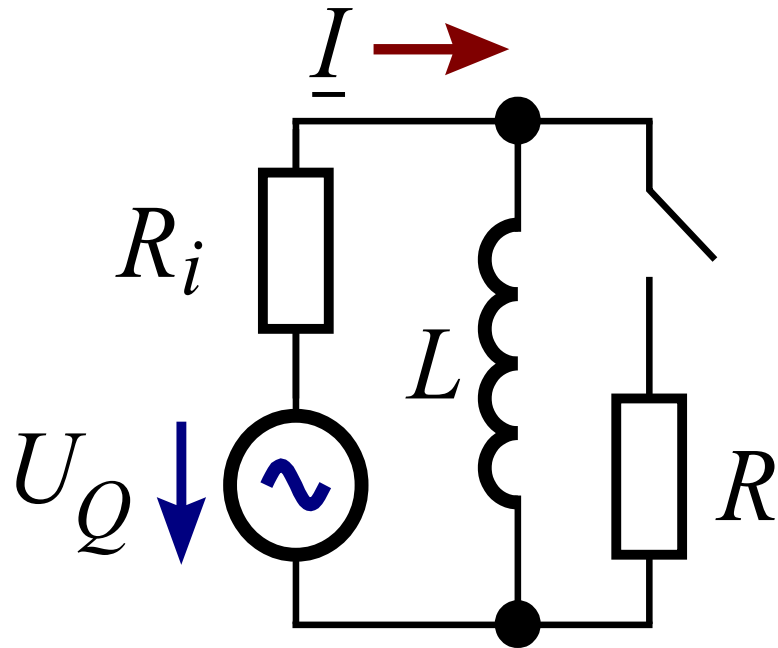
$C$

Lösung:  
Addition von Strömen  
einer R,L,C-  
Parallelschaltung in  
einem Zeigerdiagramm





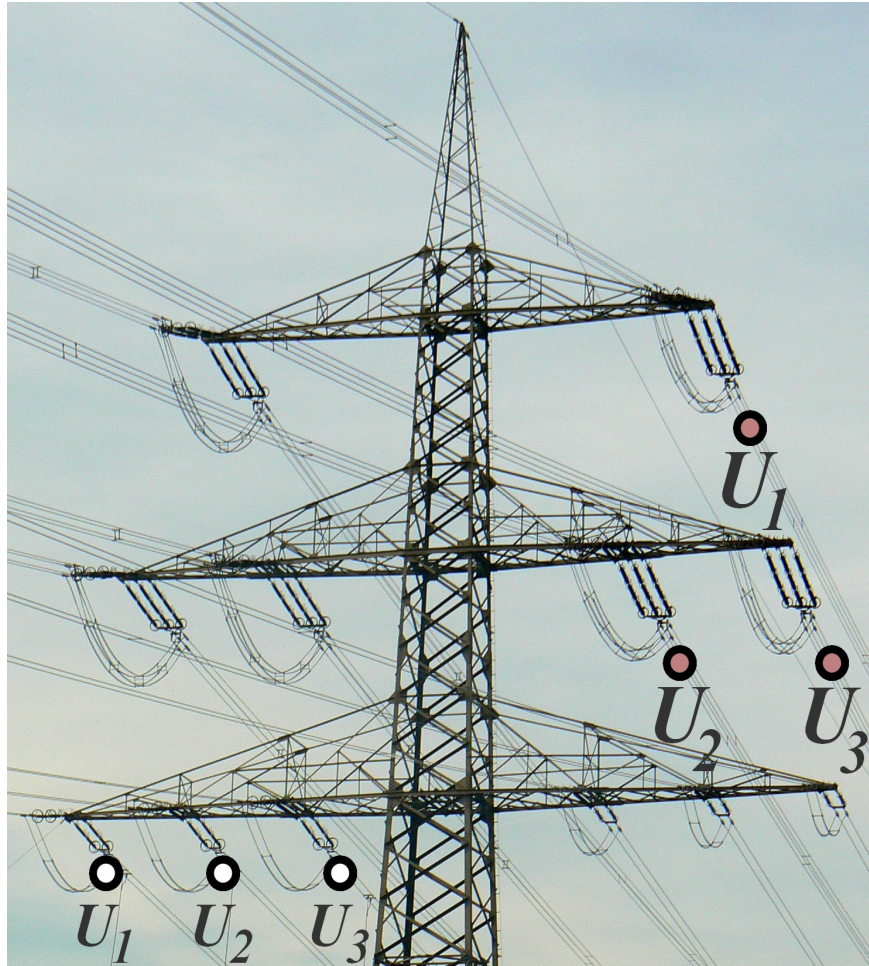
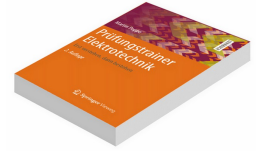
# Paradox-Schaltung



Aufgabe:  
Schaltung mit paradoxen  
Eigenschaften.

Können die Bauteile so  
gewählt werden, dass  
sich die Gesamt-  
Stromstärke beim  
Schließen des Schalters  
nicht ändert?

# Überlandleitungen



Aufgabe:

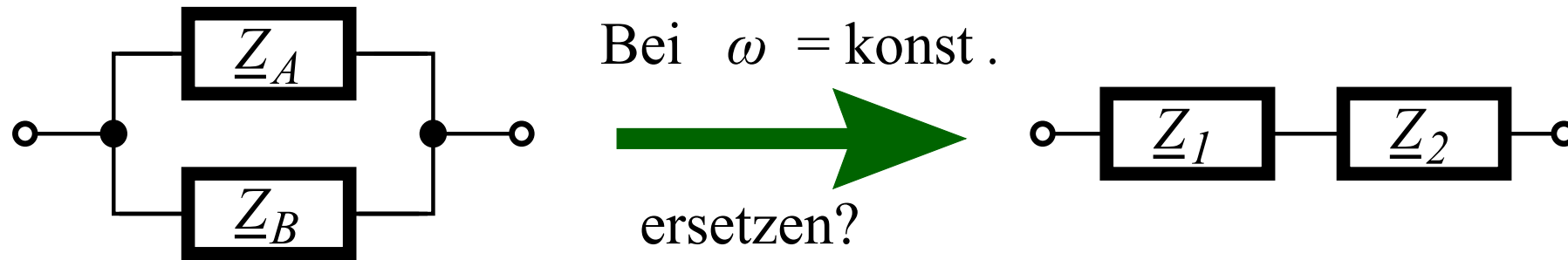
Wenn es sich um eine so genannte 230 kV Übertragung handelt:

Welche Spannungen treten zwischen den Leitungen höchstens auf? Und welche Spannung tritt höchstens zwischen dem Mast und den Leitungen auf?

Wie groß ist Strom durch jede der Leitungen bei einer übertragenen Leistung von 100 MVA?



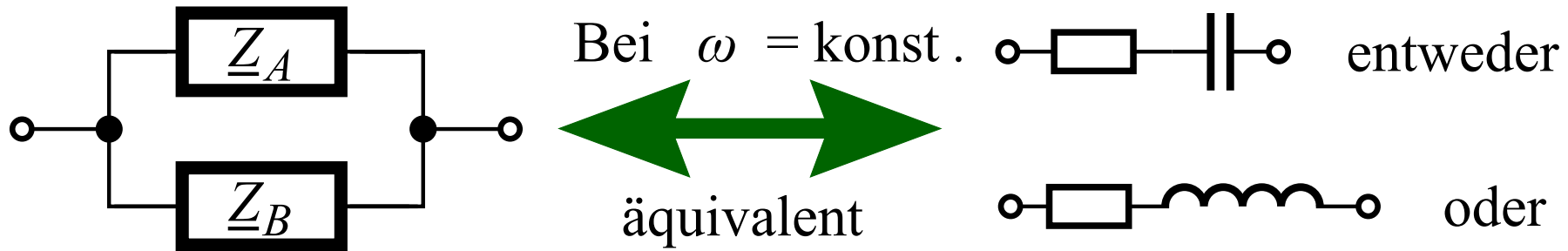
# Parallel-Ersatz: immer?



Aufgabe:

Kann man (bei fester Frequenz) zu jeder Parallelschaltung eine äquivalente Reihenschaltung finden?

# Verallgemeinerung der Ersatzschaltungen



Lösung:

Man kann. Und man kommt mit zwei Bauteilen aus.