

# Elektrotechnik I

## Übung 1



- **Wer bin ich?**
- René Zurbrügg
- E-Mail: [zrene@student.ethz.ch](mailto:zrene@student.ethz.ch)
- Webseite: [www.n.ethz.ch/~zrene](http://www.n.ethz.ch/~zrene)
- Alle offiziellen Unterlagen zu finden auf dem Moodle
  - Multiple-Choice Quiz
  - Forum für Fragen
  - Videoaufzeichnung

## • Übungsplan

Nr.	Inhalt der Übung	Besprechung
U-01	Serien- und Parallelschaltungen	27.02.
U-02	Spannungs-/Stromteiler & Reale Spannungsquelle	06.03.
U-03	Stern-/Dreieckumwandlung & Leistungsanpassung	13.03.
U-04	Superposition, Thévenin & Norton Theorem	20.03.
U-05	Maschenstrom- & Knotenpotenzialverfahren	27.03.
U-06	Einfache Netzwerke mit Kapazitäten	10.04.
U-07	Einfache Netzwerke mit Induktivitäten	24.04.
U-08	Schaltungen mit reaktiven Elementen	15.05.
U-09	Komplexe Wechselstromrechnung	22.05.
U-10	Leistung an komplexer Last & Schwingkreise	29.05.

- Keine Abgabe, Lösungen zu finden auf Moodle
- Nachbesprechung nur auf Nachfrage
  - Bitte rechtzeitig per Mail bei mir melden!

Ablauf erste Stunde (16-17 Uhr):

1. Zusammenfassung der relevanten Theorie
2. Beispielaufgaben
3. Zeit für individuelle Fragen

Die zweite Stunde ist nicht mehr durch mich betreut. Der Raum steht für individuelles Lernen zur Verfügung.

## Prüfung

Zweigeteilte Prüfung:

- Aufgaben wie in den Übungsserien
  - Zusätzliches Übungsmaterial auf Moodle (Zusatzaufgaben unter Hinweise zur Prüfung)
- Multiple-Choice Aufgaben
  - Machen einen beachtlichen Teil der Prüfung aus!
  - Zu jeder Übungsserie ein Multiple-Choice Quiz auf Moodle
  - Empfehlung: Multiple-Choice Quiz während dem Semester schon lösen und fragen im Forum oder hier in der Übungsstunde stellen!
- Taschenrechner erlaubt gemäss Liste auf Moodle
- Nur die offizielle Zusammenfassung erlaubt
  - Daher am besten schon jetzt ausdrucken und verwenden!

## Simulationsaufgaben

- Kurze Einführung: [www.youtube.com/watch?v=EZ5ieLRzB6E](https://www.youtube.com/watch?v=EZ5ieLRzB6E)



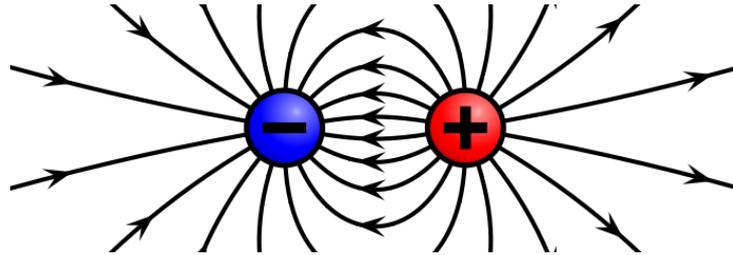
## Inhalt der Vorlesung

1. Grundlegende Bauteile und Rechenregeln
  - Widerstände, Strom- und Spannungsquellen
  - Parallel- und Serienschaltungen, Maschen- und Knotenregeln
2. Weitere passive Bauteile
  - Kondensatoren und Netzwerke davon
  - Induktivitäten und Netzwerke davon
3. Transiente Vorgänge
  - Laden und Entladen von Kapazitäten, Auf- und Entmagnetisieren von Induktivitäten
4. Schwingende Schaltungen und Wechselstrom
  - Resonanzfrequenzen, Impedanzen, Scheinleistung, ...

Theorie

Übung 1

## Grundbegriffe



### Spannung

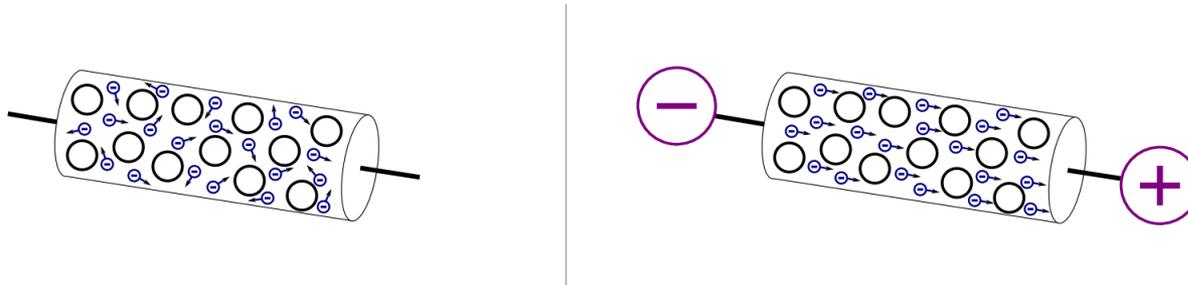
$$[U] = \text{V}$$

Zwischen zwei unterschiedlich geladenen Punkten entsteht ein elektrisches Feld. Ein Elektron würde sich in Richtung der Feldlinien dieses Feldes bewegen. Die Spannung ist

$$U_{AB} = \int_A^B E(x) dx \quad F = q \cdot E$$

= Kraft, die auf ein Elektron wirkt

- **Grundbegriffe**



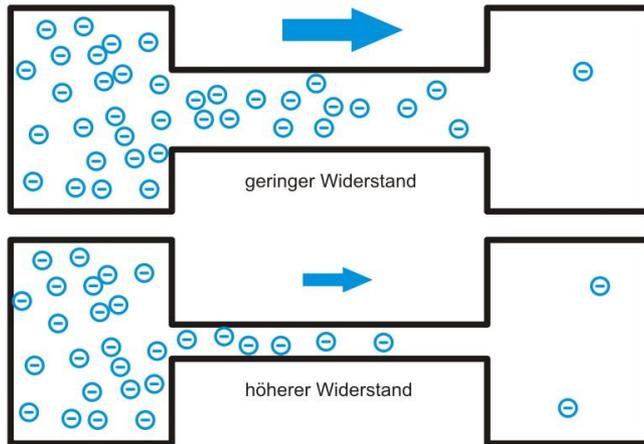
**Strom** Durch Anlegen einer Spannung über ein Stück Metall erfahren die enthaltenen freien Elektronen eine Kraft, wodurch sie sich in eine bestimmte Richtung bewegen. Die Anzahl Elektronen, welche eine Fläche pro Zeitintervall durchdringen, nennt man die Stromstärke.

$$[I] = \text{A}$$

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

= Anzahl und Geschwindigkeit der Elektronen

## Grundbegriffe



### Ohm'scher Widerstand

$$[R] = \Omega$$

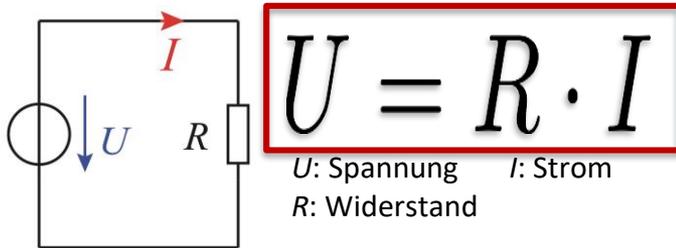
Ein Bauteil, welches immer den selben Widerstand hat, unabhängig vom Strom, welcher durch ihn hindurch fließt.

### Widerstand

Gibt an, wie frei sich die Ladungsträger bewegen können. Ein höherer Widerstand führt zu einem reduzierten Strom.

## BASICS

### Ohmsches Gesetz



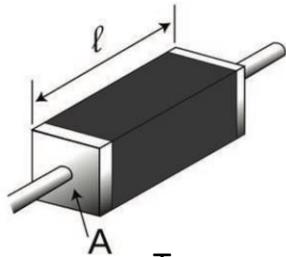
### Leistung $P$

$$P = U \cdot I$$

kombiniert mit dem Ohmschen Gesetz ergibt sich:

$$P = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R} \quad [\text{W}]$$

### Spezifischer Widerstand $\rho$



$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Temperaturabhängig:

$$\rho(T) = \rho(T_0) \cdot [1 + \alpha \cdot (T - T_0)]$$

$\alpha$ : Widerstandstemperaturkoeffizient

### Elektrischer Leitwert $G = 1/R$ [S]

(Kehrwert des Widerstands)

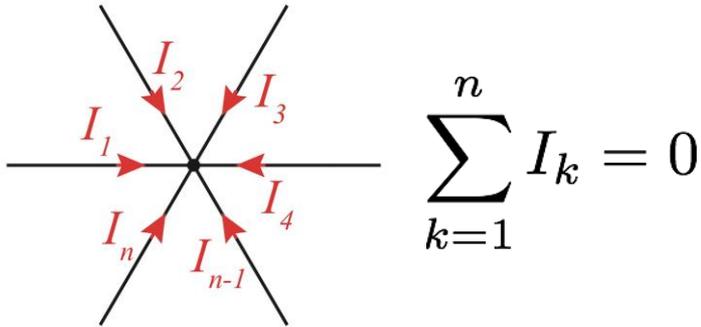
### Stromdichte $J = \frac{I}{A}$ [A/m<sup>2</sup>]

$I$ : Strom  
 $A$ : Fläche

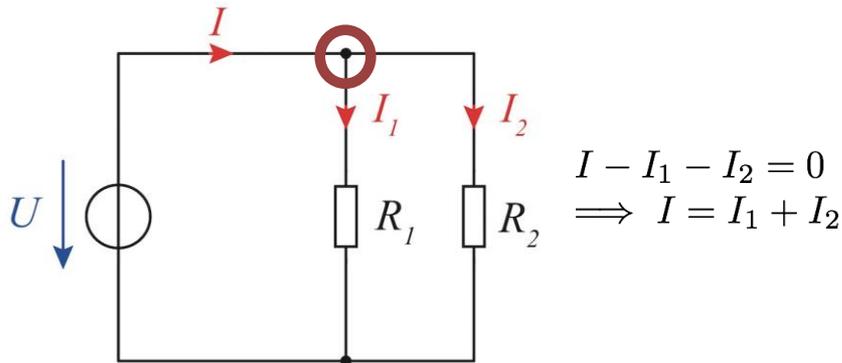
### Leitfähigkeit $\kappa = 1/\rho$

# KNOTENGLEICHUNG

„zufließende Ströme in einen Knoten = abfließende Ströme aus dem Knoten“



Beispiel



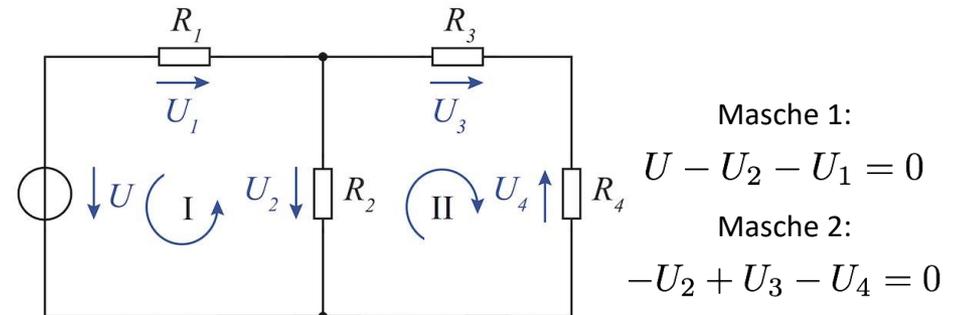
# MASCHENGLEICHUNG

„alle Spannungen in einer geschlossenen Masche addieren sich zu Null“

Vorgehen

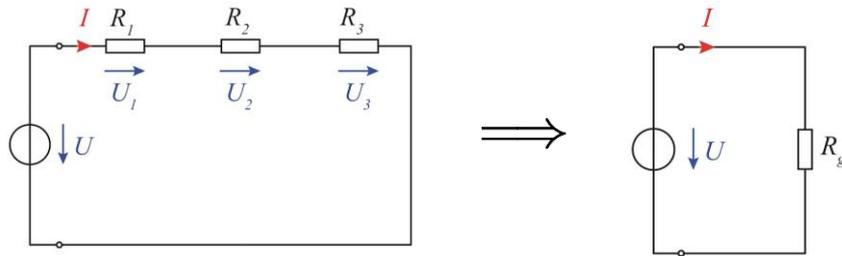
1. Umlaufsinn in der Masche definieren  $\rightarrow \cup$  oder  $\cup$
2. Alle Spannungspfeile in Richtung des Umlaufs addieren, alle Pfeile in die entgegengesetzte Richtung subtrahieren
3. Alles gleich Null setzen

Beispiel



# REIHENSCHALTUNG

„gleicher Strom durch alle Widerstände“

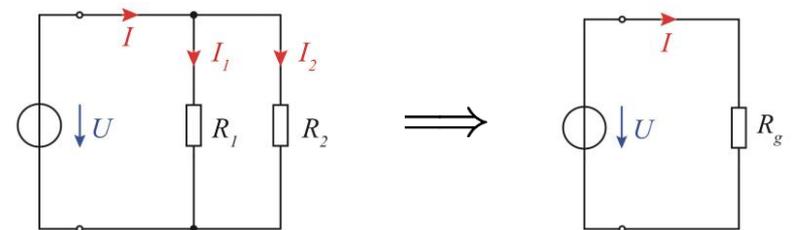


$$R_g = \sum_{k=1}^n R_k$$

# PARALLELSCHALTUNG

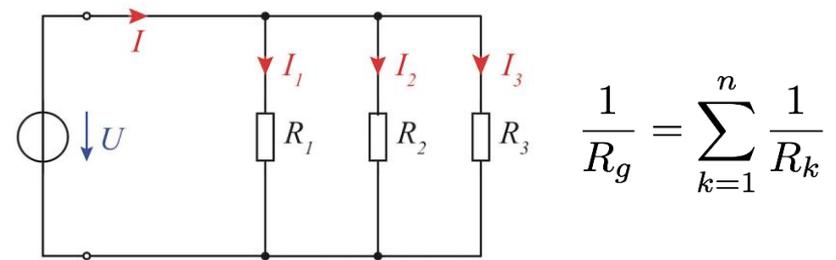
„gleiche Spannung über allen Widerständen“

Spezialfall 2 Widerstände



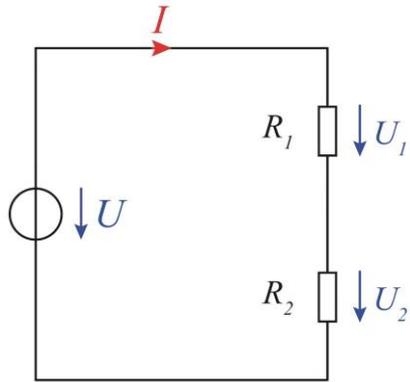
$$R_g = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Allgemein



## SPANNUNGSTEILER

„gleicher Strom durch alle Widerstände“  
„Wie viel Spannung fällt pro Widerstand ab?“

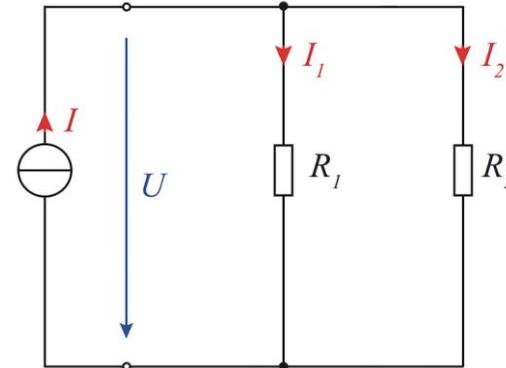


$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U$$

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U$$

## STROMTEILER

„gleiche Spannung über allen Widerständen“  
„Wie viel Strom fließt durch jeden Widerstand?“



$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I$$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I$$

## Offizielle Zusammenfassung

Alle Formeln, welche benötigt werden, sind auf der offiziellen Zusammenfassung auf der ersten Seite zu finden.

### Widerstände

Ohmsches Gesetz  $R = \frac{U}{I} \Leftrightarrow U = RI \Leftrightarrow I = \frac{U}{R}$

Elektrischer Leitwert  $G = \frac{1}{R} \text{ [S]}$

Widerstand eines Leiters  $R = \rho \frac{l}{A} \text{ [\Omega]}$

Spezifischer Widerstand nach Temperatur  $\rho = \rho(T_0) [1 + \alpha(T - T_0)] \text{ [\Omega m]}$

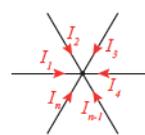
Leitfähigkeit  $\kappa = \frac{1}{\rho} \text{ [S/m]}$

Stromdichte  $J = \frac{I}{A} \text{ [A/m}^2\text{]}$

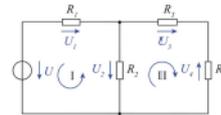
### Knotengleichung, Maschengleichung, Parallelschaltung, Serienschaltung

Knotengleichung  $\sum_{k=1}^N I_k = 0$

Maschengleichung  $\sum_{k=1}^N U_k = 0$



$$I_1 + I_2 + \dots + I_n = 0$$



I:  $U - U_2 - U_1 = 0$

II:  $-U_2 + U_3 - U_4 = 0$

Serienschaltung  $R_{\text{gesamt}} = R_1 + R_2 + \dots + R_N$

Parallelschaltung  $\frac{1}{R_{\text{gesamt}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}$

$$G_{\text{gesamt}} = G_1 + G_2 + \dots + G_N$$

Parallelschaltung mit zwei Widerständen  $R_{\text{gesamt}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

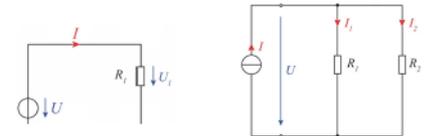
### Spannungsteiler, Stromteiler

Spannungsteiler  $U_k = \frac{R_k}{R_{\text{gesamt}}}$

Spannungsteiler mit zwei Widerständen  $U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

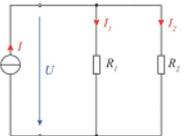
Stromteiler  $I_k = \frac{I}{R_k (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N})}$

Stromteiler mit zwei Widerständen  $I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}$



$$U_1 = U \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$U_2 = U \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

### Leistung

Energie  $E = Pt \text{ [J]}$

Leistung am Widerstand  $P = UI = \frac{U^2}{R} = RI^2 \text{ [W]}$

Leistungsanpassung (Arbeitspunkt mit bester Effizienz)  $R_a = R_i$

Effizienz  $\eta = \frac{P_{\text{Nutz}}}{P_{\text{Verlust}} + P_{\text{Nutz}}}$

# Elektrotechnik I, Übung 1

Der Schalter MB3 sei verbunden, die beiden anderen sind getrennt. Rechts in der Schaltung ist das Ersatzschaltbild eines Spannungsmessgeräts  $U_{MW}$  mit Innenwiderstand  $R_{mww}$  gezeichnet. Die Eingangsspannung betrage  $U_e = 1 \text{ kV}$ . Wie lange muss der Widerstand  $R_{mww}$  gewählt werden, wenn das Messgerät dann genau  $10 \text{ V}$  anzeigen soll? Der Querschnitt sei gegeben mit  $A = 0.25 \text{ mm}^2$  und  $\rho = 15000 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ .

Welche Verlustleistung entsteht am Innenwiderstand des Messgeräts?

