

# 8 Messung von Strom und Spannung

---

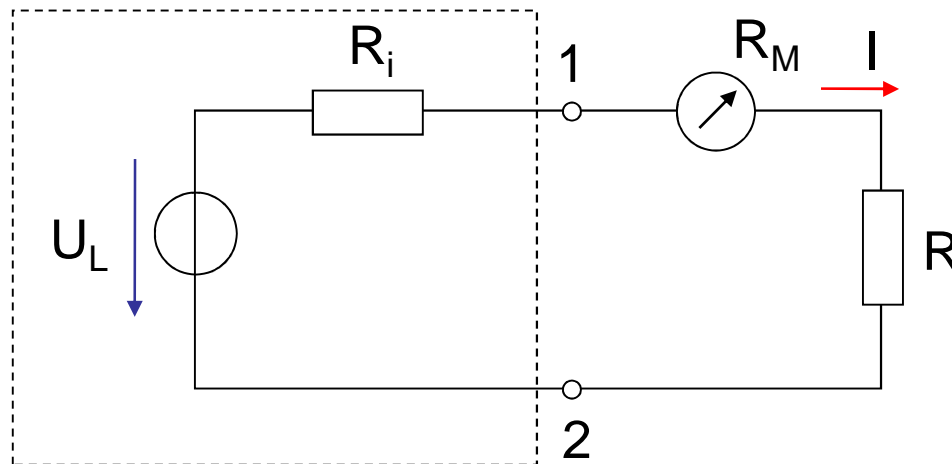
Teil 1: Gleichspannung und -strom

# Überblick

---

- Gleichstrom- und Gleichspannungsmessung
    - Grundsaltungen
    - Schaltungen zum Management des Messbereichs
    - Überlastschutz
  - Wechselstrom- und Wechselspannungsmessung
    - Beschreibung der Wechselgrößen
    - Messschaltungen
    - Messwandler
  - Multimeter
- } Teil 1

# Grundschialtung Strommessung



$$I_R = \frac{U_L}{R_i + R} \quad \text{ohne Messgerät}$$
$$I_M = \frac{U_L}{R_i + R + R_M}$$

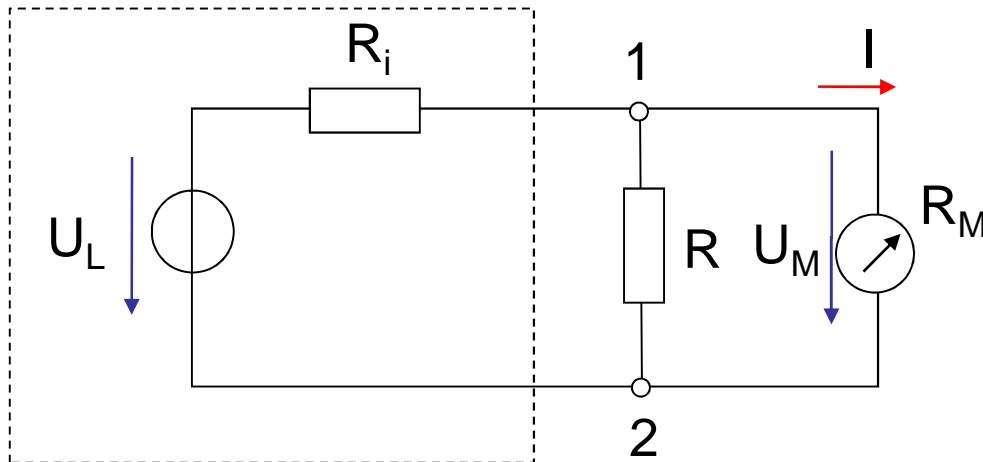
Messabweichung:

$$e = -I_R \frac{R_M}{R_i + R + R_M}$$

Relative Messabweichung: 
$$e_{\text{rel}} = \frac{e}{I_R} = -\frac{R_M}{R_i + R + R_M}$$

→ Ströme müssen niederohmig ( $R_M \rightarrow 0$ ) gemessen werden

# Grundschialtung Spannungsmessung



$$IR_i + IR_M - U_L = 0 \quad \text{Maschenregel (ohne R)}$$

$$U_M = U_L - IR_i$$

Relative Messungsgenauigkeit

$$e_{\text{rel}} = -\frac{R \parallel R_i}{R_M + R \parallel R_i}$$

→ Spannungen müssen hochohmig ( $R_M \rightarrow M\Omega$ ) gemessen werden

# Bestimmung Innenwiderstand einer Quelle

---

Strommessung

$$I_K = \frac{U_L}{R_i}, \text{ für } R = 0$$

$$I_M = \frac{U_L}{R_i + R_M}$$

$$\frac{I_M}{I_K} = \frac{U_L R_i}{U_L (R_i + R_M)} = \frac{1}{1 + \frac{R_M}{R_i}}$$

Spannungsmessung

$$U_L = I(R_i + R_M), \text{ für } R = \infty$$

$$U_M = IR_M$$

$$\frac{U_M}{U_L} = \frac{IR_M}{I(R_i + R_M)} = \frac{1}{1 + \frac{R_i}{R_M}}$$

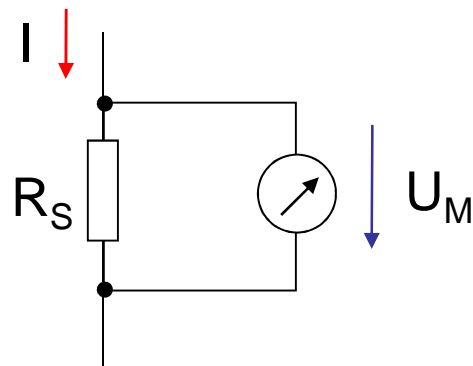
→ Bestimmung des Quellen-Innenwiderstands:

- Messung der Leerlaufspannung und des Kurzschlussstroms (theoret.)
- Messung des Quellenstroms  $I$  als Funktion v.  $R_M^*$
- Messung der Quellenspannung  $U$  als Funktion v.  $R_M^*$

\* Veränderung durch Reihenschaltung eines Widerstands

# Strommessung mittels Stromfühler (shunt)

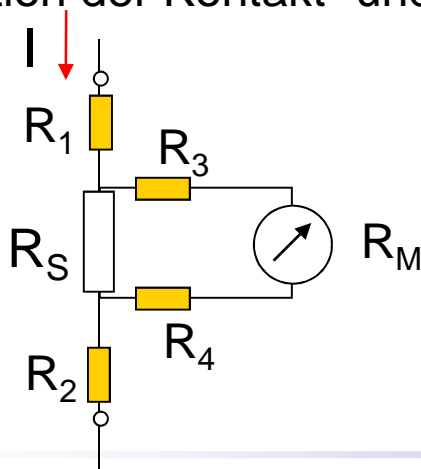
Messziel: Bestimmung eines Stroms durch Messung einer Spannung  
 Anwendung: Messung sehr großer Ströme



$$I = \frac{U_M}{R_S}$$

$$R_S = 10^{-2} \dots 10^{-3} \Omega \ll R_M$$

Kompensation der Kontakt- und Übergangswiderstände durch Vierleitertechnik



$U_{R_1}, U_{R_2}$  werden nicht erfasst

$$R_3, R_4 \ll R_M \rightarrow U_M = U_{R_S}$$

$$\longrightarrow I = \frac{U_M}{R_S}$$

# Messbereichsmanagement

## Umschaltbare Strombereiche

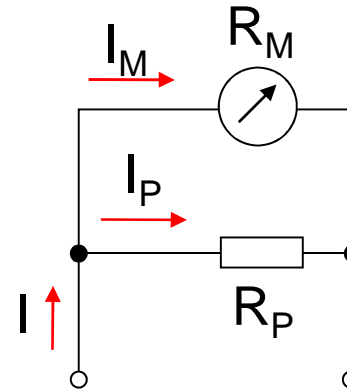
$$I = I_P + I_M$$

$$U_M = U_P$$

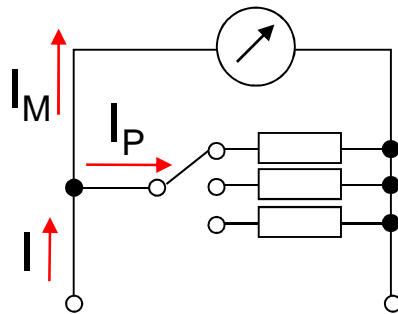
$$R_M I_M = R_P I_P = R_P (I - I_M)$$

$$R_P = R_M \frac{I_{MAX}}{I - I_{MAX}}$$

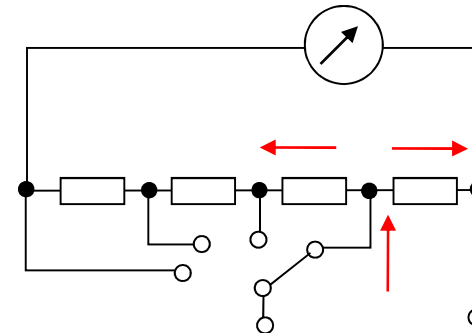
I → erweiterter Strom-Messbereich



## Schaltung zur Kompensation der Schaltkontaktwiderstände



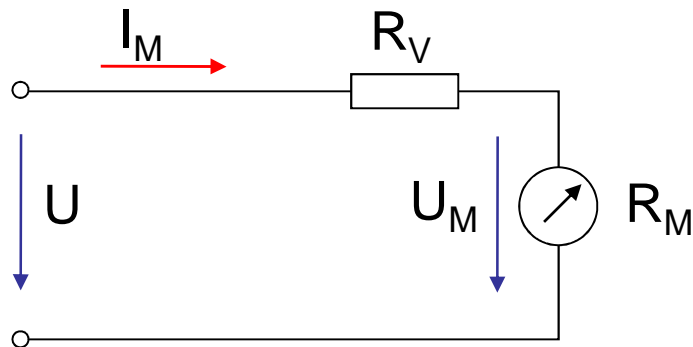
unkompensiert



kompensiert

# Messbereichsmanagement

## Umschaltbare Spannungsbereiche



Vorwiderstand zur Spannungsteilung

$$\frac{U_{max}}{U} = \frac{R_M}{R_V + R_M}$$

$$R_V = R_M \left( \frac{U - U_{max}}{U_{max}} \right)$$

$U \rightarrow$  erweiterter Spannungs-Messbereich

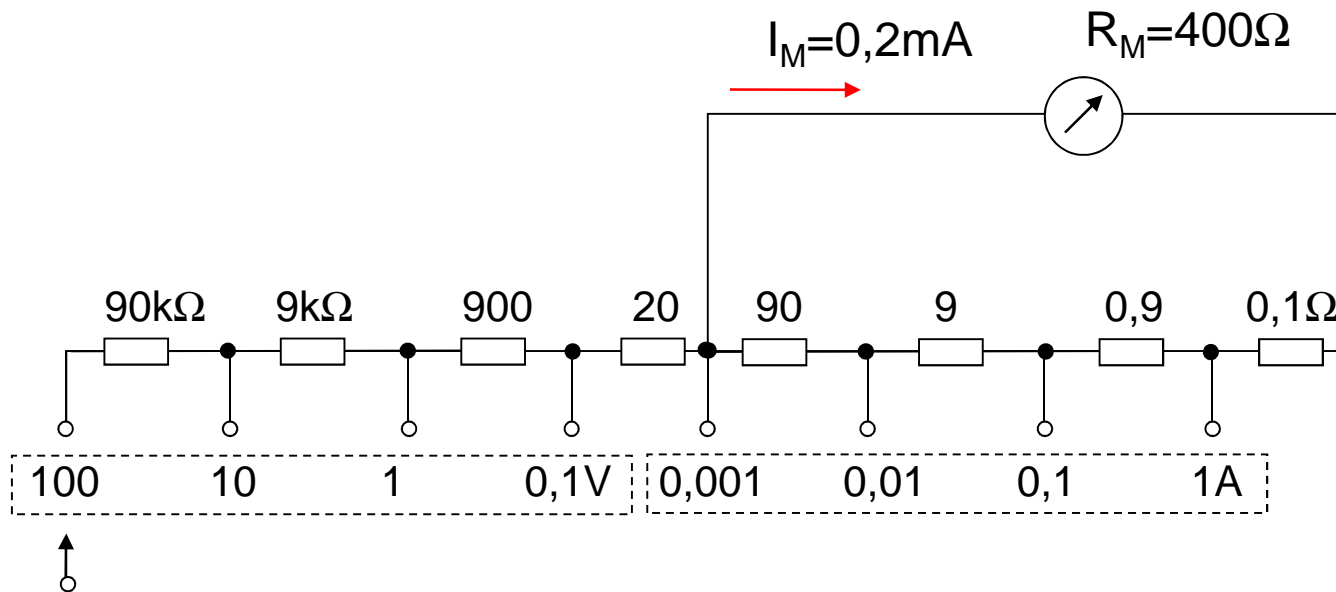
Innenwiderstand des Messsystems  
(Angabe in  $k\Omega/V$ , bezogen auf Skalenendwert)

$$R_i = R_V + R_M = R_M \left( \frac{U}{U_{max}} \right)$$

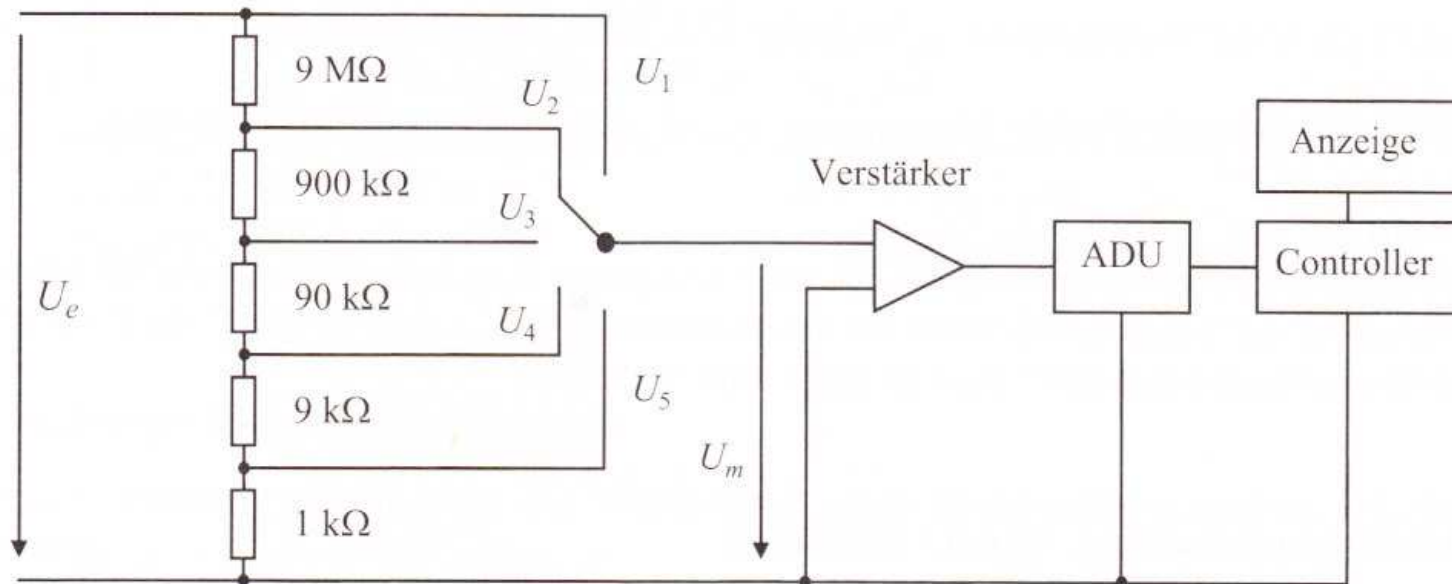


# Messbereichsmanagement

## Strom-Spannung-Mehrfachumschaltung



# Messbereichsmanagement bei DVM

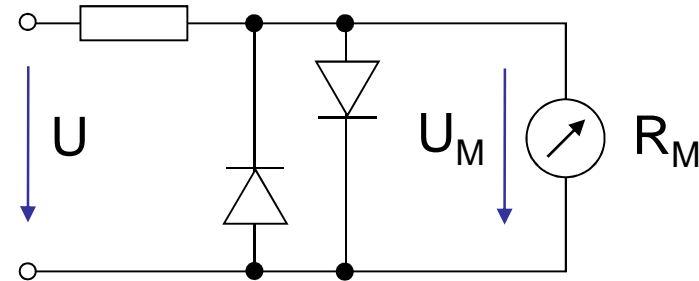
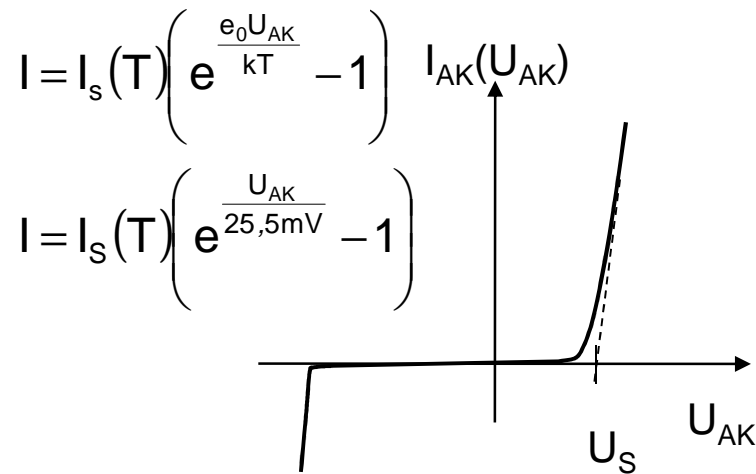
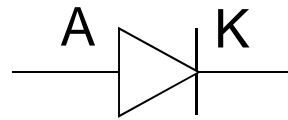


Verstärker → hochohmiger Eingang ( $\gg 1\text{M}\Omega$ )  
→ keine Anpassung an Innenwiderstand nötig  
→ Eingangswiderstand unabhängig vom Messbereich

# Überlastschutz

Ziel: Schutz des Messwerks vor Überspannung

Halbleiterdiode



Spannungsbegrenzung:

$$|U_M| \leq U_S$$

# Lernziele Kapitel 2

---

- Gleichstrom- und Gleichspannungsmessung
  - Grundsaltungen
  - Schaltungen zum Management des Messbereichs
  - Überlastschutz