

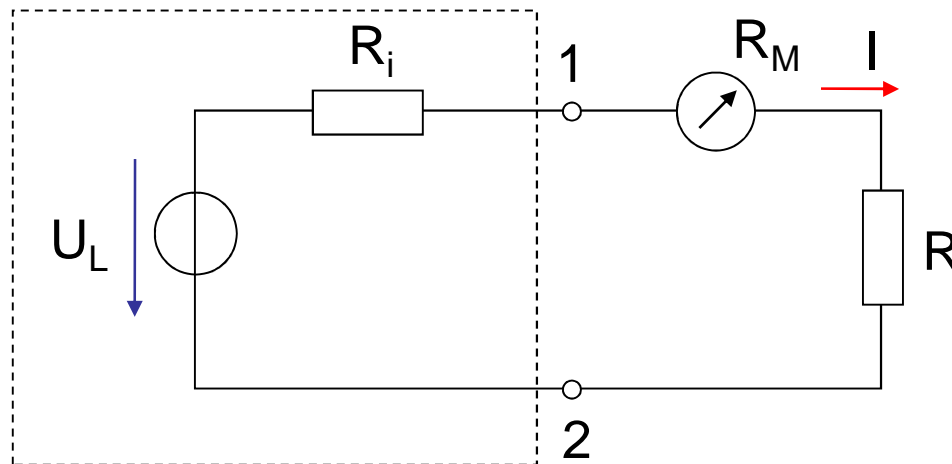
8 Messung von Strom und Spannung

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



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

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

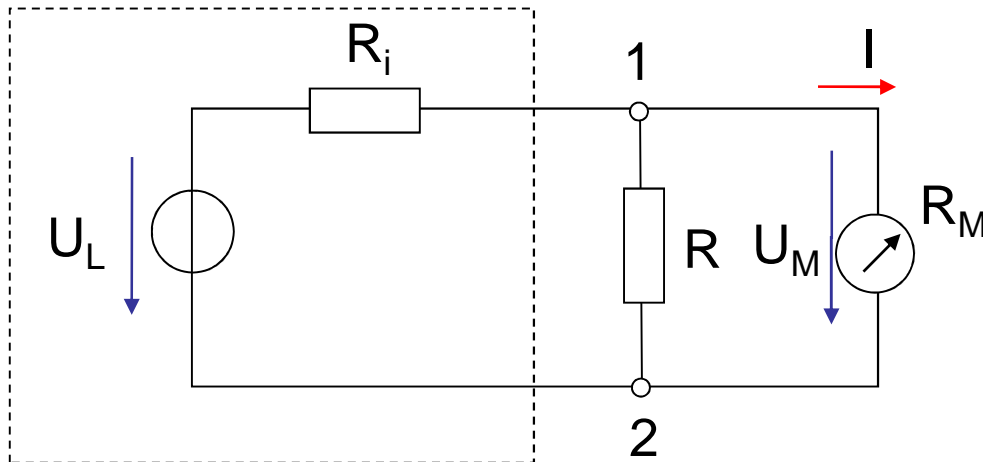
Messabweichung:

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

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

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

$$U_M = IR_M$$

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

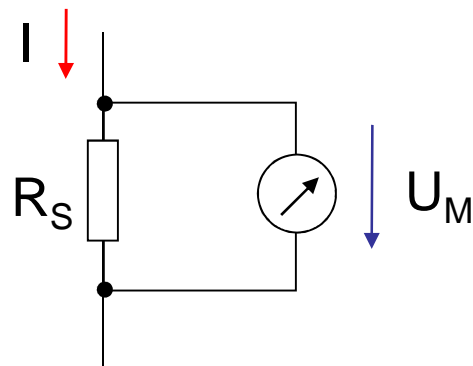
→ Bestimmung des Quellen-Innenwiderstands:

- 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)

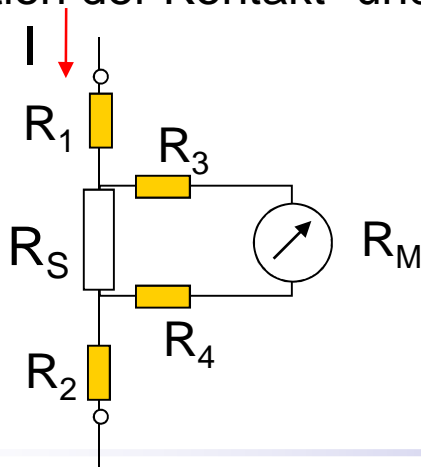
Messziel: Bestimmung eines Stroms durch Messung einer Spannung
Anwendung: Messung sehr großer Ströme



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

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

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

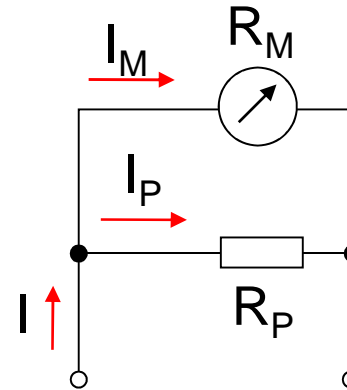
$$I = I_P + I_M$$

$$U_M = U_P$$

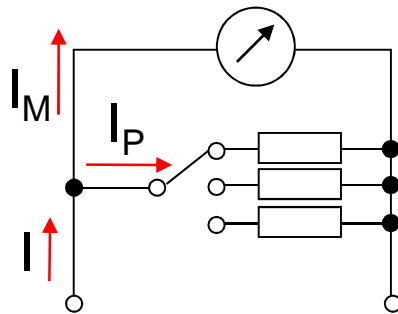
$$R_M I_M = R_P I_P = R_P (I - I_M)$$

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

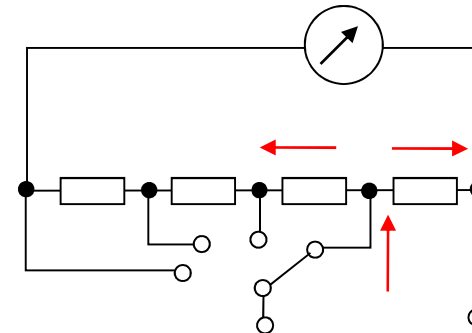
I → erweiterter Strom-Messbereich



Schaltung zur Kompensation der Schaltkontaktwiderstände



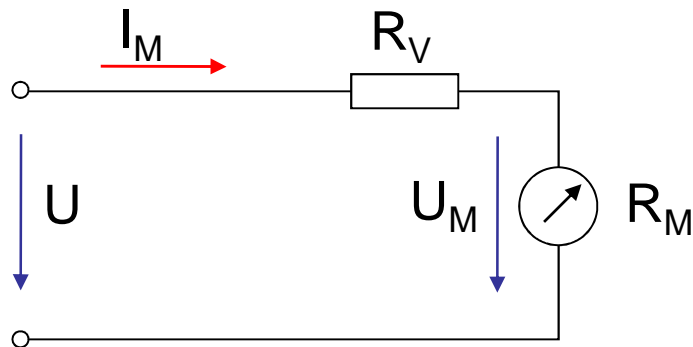
unkompensiert



kompensiert

Messbereichsmanagement

Umschaltbare Spannungsbereiche



Vorwiderstand zur Spannungsteilung

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

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

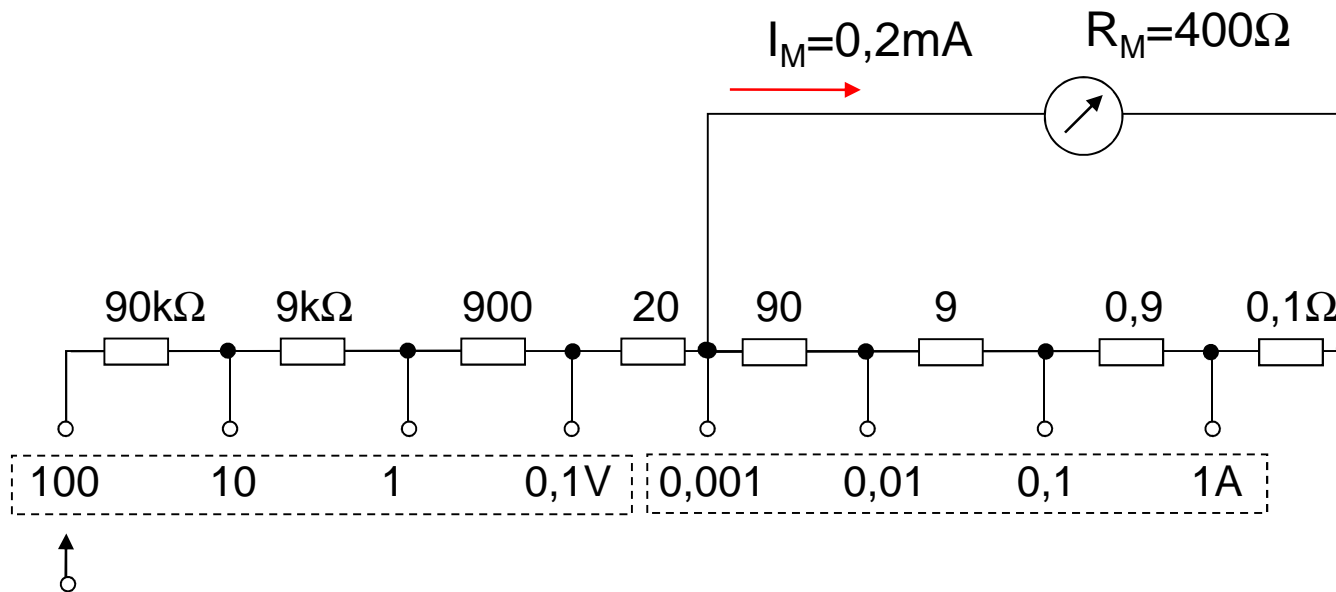
$U \rightarrow$ erweiterter Spannungs-Messbereich

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

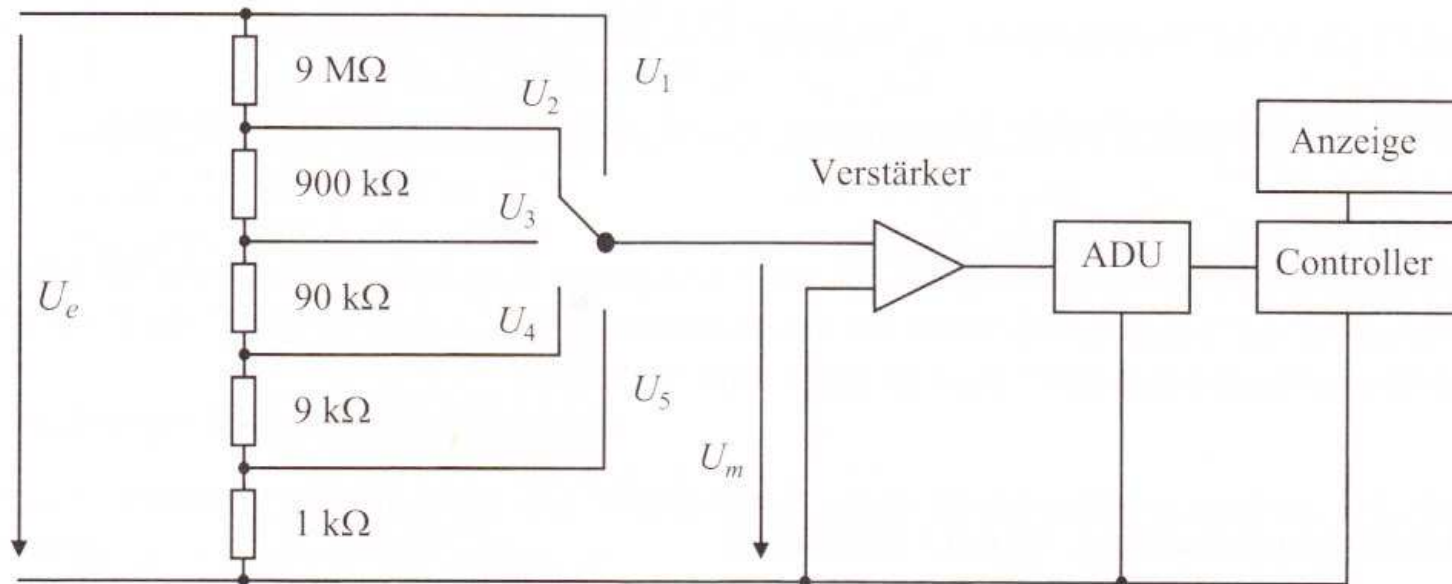
$$R_i = R_V + R_M = R_M \left(\frac{U}{U_{max}} \right)$$

Messbereichsmanagement

Strom-Spannung-Mehrfachumschaltung



Messbereichsmanagement bei DVM

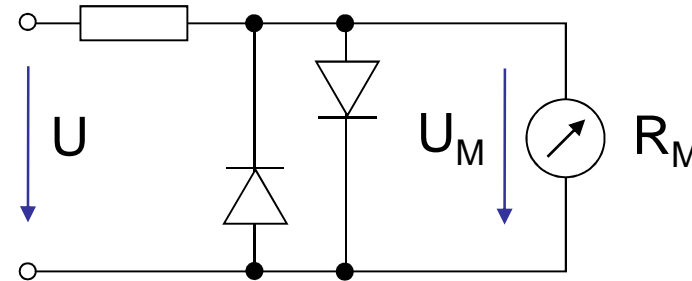
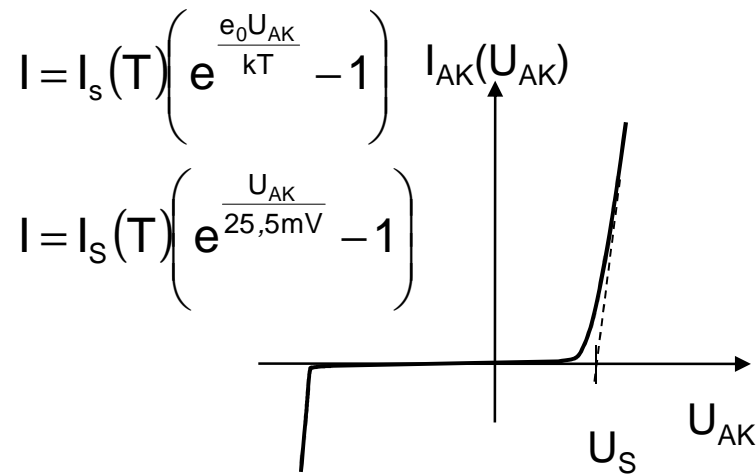
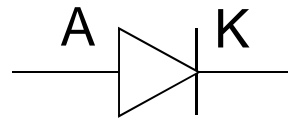


- Verstärker → hochohmiger Eingang ($\gg 1\text{M}\Omega$)
- keine Anpassung an Innenwiderstand nötig
- Eingangswiderstand unabhängig vom Messbereich

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