

Physikalische Grundlagen der Meßtechnik

Teil 4

Strom- und Spannungsmessung

- Das Ohm'sche Gesetz
- Reihenschaltung und Parallelschaltung von Widerständen
- Elektrische Meßinstrumente
- Kirchhoff'sche Regeln
- Widerstandsbestimmung aus Strom und Spannung
- Beispiel 1: Spannungsteiler
- Beispiel 2: Messung von Widerständen

• Literatur:

- Wolfgang Hellenthal: *Physik für Mediziner und Biologen*, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart 2002
- Trautwein, Kreibig, Oberhauser, Hüttermann: *Physik für Mediziner, Biologen und Pharmazeuten*, Walter de Gruyter Berlin 2000



Web-Link

<http://www.sbg.ac.at/bio/people/musso/physikalische-messtechnik-ge.htm>

Physikalische Grundlagen der Meßtechnik

Das Ohm'sche Gesetz

Fließt durch einen Körper (Widerstand) ein **Strom I** und liegt an diesem Körper eine **Spannung U** , so besitzt er den **elektrischen Widerstand R**

$$R = U / I$$

Den Zusammenhang zwischen Stromstärke, Spannung und Widerstand bezeichnet man als **das Ohmsche Gesetz**, wenn R konstant ist.

Siehe **Hellenthal S. 152-153**, **Trautwein S. 160 – 161**

Siehe  <http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/ohmslaw/> bzw.
<http://www.elektronik-kompodium.de/sites/grd/index.htm#2>

Bei einem Körper mit konstanter Querschnittsfläche A ist der Widerstand dieses Körpers proportional zu seiner Länge l und umgekehrt proportional zu A . Der Proportionalitätsfaktor bezeichnet man als **spezifischen Widerstand ρ** , und ist eine Materialkonstante

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

Siehe **Hellenthal S. 162-163**, **Trautwein S. 159 – 160**

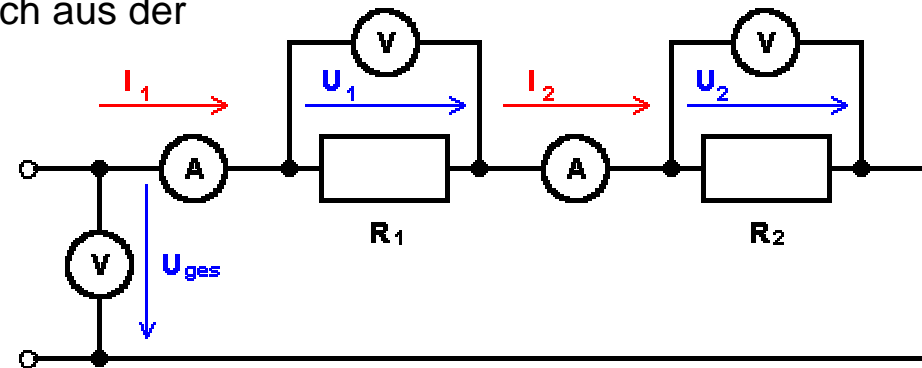
Physikalische Grundlagen der Meßtechnik

Reihenschaltung und Parallelschaltung von Widerständen

Reihenschaltung: der Gesamtwiderstand R_{ges} ergibt sich aus der Summe der einzelnen Widerstände R_i

$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + \dots$$

Siehe **Hellenthal S. 154**, **Trautwein S. 163**, siehe auch
 <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/slt/0110191.htm>

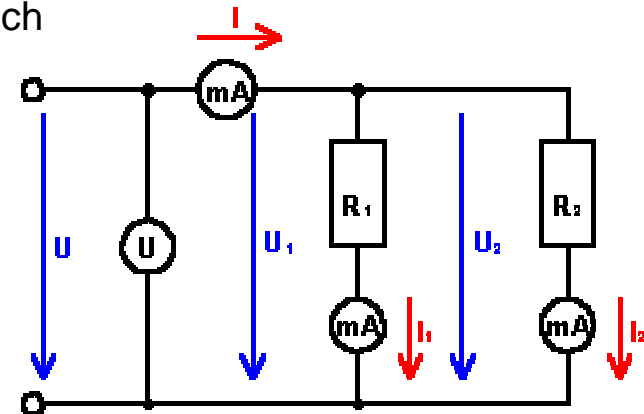


Bei der Reihenschaltung mehrerer Widerstände ist der Gesamtwiderstand immer *größer* als jeder Einzelwiderstand.

Parallelschaltung: der reziproke Gesamtwiderstand $1/R_{\text{ges}}$ ergibt sich aus der Summe der einzelnen reziproken Widerstände $1/R_i$

$$1/R_{\text{ges}} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots$$

Siehe **Hellenthal S. 154**, **Trautwein S. 164**, siehe auch
 <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/slt/0110192.htm>



Bei der Parallelschaltung ist der Gesamtwiderstand stets *kleiner* als der kleinste Widerstand.

Physikalische Grundlagen der Meßtechnik

Elektrische Meßinstrumente

Die Stromstärke mißt man mit **Amperemetern**, die Spannung mit **Voltmetern**.

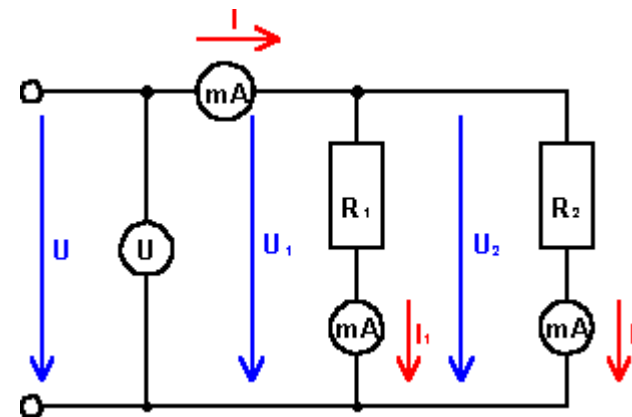
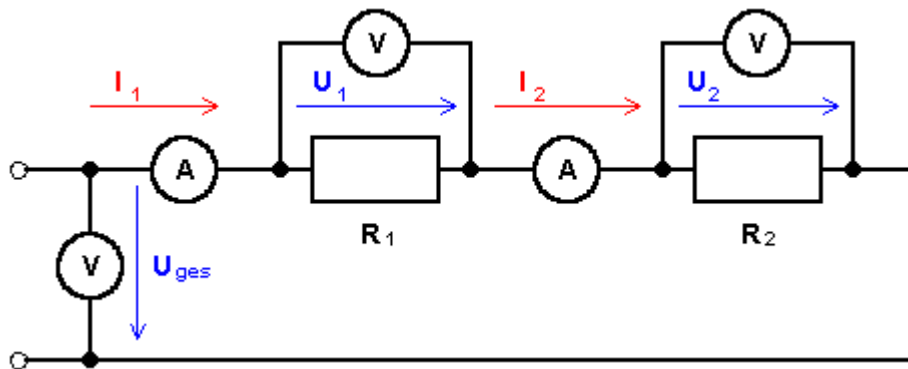
- Stromstärke und Spannung werden durch das Ohm'sche Gesetz verknüpft, daher ist die Messung von Stromstärke und Spannung mit dem gleichen Instrument möglich. Voltmeter sind umgezeichnete Amperemeter. Siehe auch **Hellenthal S. 194-195**, **Trautwein S. 220-223**.

Durch den Meßvorgang soll **die zu messende Größe möglichst wenig beeinflusst** werden, daher muß ein **Amperemeter** einen **kleinen** und ein **Voltmeter** einen **großen** Innenwiderstand haben.

- Der **Innenwiderstand** ist der elektrische Widerstand zwischen den Anschlußklemmen des Instrumentes (siehe auch **Hellenthal S. 158-159**, **Trautwein S. 224**).

Um die Spannung an einem Bauelement zu wissen, muß das **Voltmeter parallel** zu dem zu messenden Bauelement geschaltet werden.

Um den Strom an einem Bauelement zu wissen, muß das **Amperemeter in Reihe (oder in Serie)** mit dem zu messenden Bauelement geschaltet werden. Siehe **Trautwein S. 223-224**.



Messen elektrischer Größen siehe auch  <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/mes/0210071.htm>

Physikalische Grundlagen der Meßtechnik

Kirchhoff'sche Regeln

Erste Kirchhoffsche Regel (Knotenregel):

Bei der Parallelschaltung von elektrischen Bauelementen (z.B. Widerstände) ergeben sich Verzweigungspunkte, sogenannte **Knotenpunkte**, des elektrischen Stromes:

- In jedem Knotenpunkt ist die Summe der zu fließenden Ströme gleich der Summe der abfließenden Ströme.

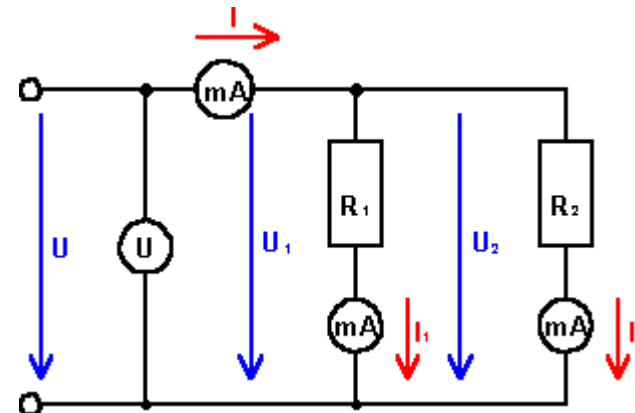
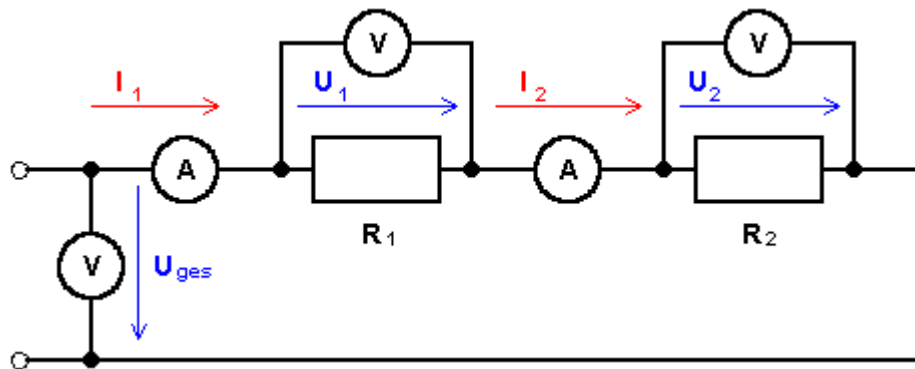
Zweite Kirchhoffsche Regel (Maschenregel):

In einem geschlossenem Stromkreis (**Masche**) stellt sich eine bestimmte Spannungsverteilung ein. Die Teilspannungen addieren sich in ihrer Gesamtwirkung.

- In jedem geschlossenem Stromkreis ist die Summe der Quellenspannungen gleich der Summe aller Spannungsabfälle.

Siehe auch **Hellenthal S. 155**, **Trautwein S. 163-164**,

 <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/slt/0110191.htm>



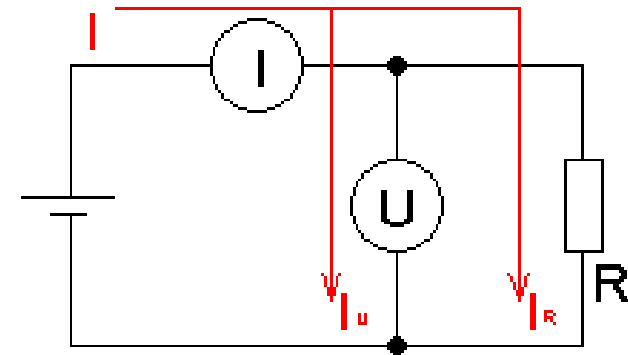
Physikalische Grundlagen der Meßtechnik

Widerstandsbestimmung $R = U / I$ aus Strom I und Spannung U

Spannungsrichtige Schaltung (Stromfehlerschaltung)

Anwendung der Knotenregel: Bei der Parallelschaltung von Widerständen ergeben sich Verzweigungspunkte, sogenannte Knotenpunkte, des elektrischen Stromes: *In jedem Knotenpunkt ist die Summe der zu fließenden Ströme gleich der Summe der abfließenden Ströme.*

- Spannung U richtig gemessen
- Strom $I = I_U + I_R$ zu groß gemessen, bedingt durch den Strom $I_U = U / R_V$ durch das Voltmeter mit Innenwiderstand R_V

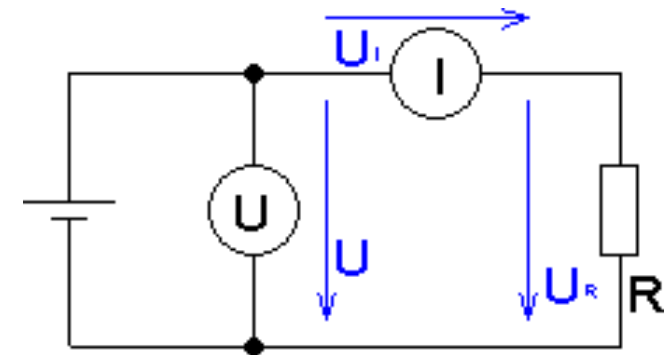


Stromrichtige Schaltung (Spannungsfehlerschaltung):

Anwendung der Maschenregel: In einem geschlossenem Stromkreis (Masche) stellt sich eine bestimmte Spannungsverteilung ein. Die Teilspannungen addieren sich in ihrer Gesamtwirkung.

In jedem geschlossenem Stromkreis ist die Summe der Quellenspannungen gleich der Summe aller Spannungsabfälle.

- Strom I richtig gemessen,
- Spannung $U = U_I + U_R$ zu groß gemessen, bedingt durch den Spannungsabfall $U_I = I R_A$ am Amperemeter mit Innenwiderstand R_A



Siehe auch **Hellenthal S. 157**, **Trautwein S. 224-225**

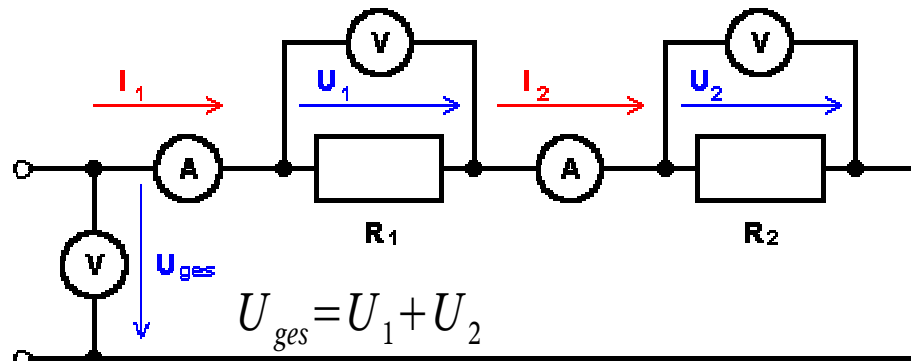
 <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/mes/0306091.htm>

Physikalische Grundlagen der Meßtechnik

Beispiel 1: Reihenschaltung von Widerständen, Spannungsteiler

siehe **Hellenthal S. 160-161**, **Trautwein S. 163**

$$U_1 = I_{ges} R_1 = U_{ges} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad U_2 = I_{ges} R_2 = U_{ges} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



$$I_{ges} = I_1 = I_2 = U_{ges} / R_{ges}$$

$$R_{ges} = R_1 + R_2$$



Rastersteckplatte

Widerstände



Multimeter, siehe auch

<http://www.elektronik-kompodium.de/sites/mes/0211231.htm>

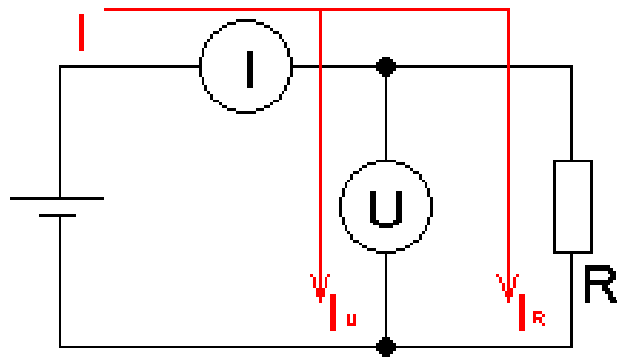
Zu messen: U_1 , U_2 , U_{ges} , I_{ges} ;

wie groß ist der Gerätefehler und der Ablesfehler? (siehe **Hellenthal S. 194**, **Trautwein S. 223**)

Physikalische Grundlagen der Meßtechnik

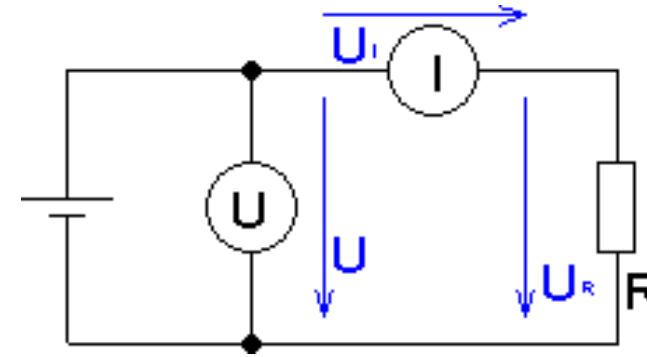
Beispiel 2: Messung von Widerständen

http://www.sbg.ac.at/bio/people/musso/lehre/ue-biophysik-beschreibung/widerstaende_2003.pdf



Spannungsrichtige Schaltung

$$R = \frac{U}{I - I_U} = \frac{U}{I - U/R_U}$$

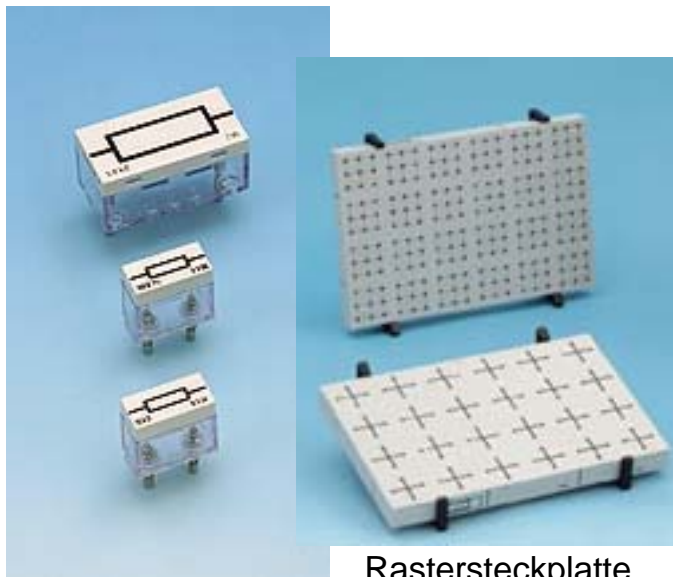


Stromrichtige Schaltung

$$R = \frac{U - U_I}{I} = \frac{U - I R_I}{I}$$

Siehe auch **Hellenthal S. 157**, **Trautwein S. 224-225**

 <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/mes/0306091.htm>



Widerstände

Rastersteckplatte



Multimeter
als Voltmeter



Multimeter
als Amperemeter