

Einleitung

Spannung & Strom

Die Begriffe „Spannung“ und „Strom“ findet man in nahezu allen Bereichen der Elektrotechnik. In dieser sehr kurz gehaltenen Einführung wird am **Beispiel einer Batterie** die Begriffe der **Spannung** und des **Stromes** erläutert und darauf eingegangen, unter welchen grundsätzlichen Voraussetzungen diese gemessen werden können.

Jede Batterie hat (mindestens) zwei Anschlüsse, auch **Pole** genannt, zwischen denen durch eine chemische Reaktion eine elektrische **Potentialdifferenz** erzeugt wird, die als **elektrische Spannung** (Einheit: **Volt**) an den Anschlüssen zur Verfügung steht. Analog können wir die Spannung mit der Potentialdifferenz zweier Punkte einer Wassersäule vergleichen.



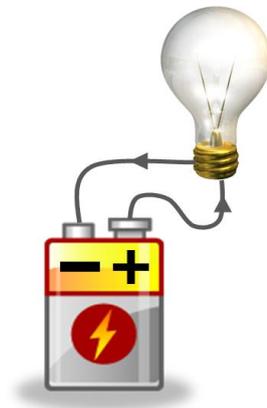
Wie kann man Spannung messen?

- Wesentlich ist, dass eine Spannung immer nur **zwischen zwei Punkten** bestehen beziehungsweise gemessen werden kann.
- Dazu verwendet man ein **Voltmeter**.
- Sollten Sie aufgefordert werden, die Spannung an einem bestimmten Punkt zu messen, müssten Sie eigentlich fragen „relativ zu welchem Punkt?“.



In der Praxis ist es oft so, dass bei einem konkreten Schaltungsaufbau eine „**Masse**“ definiert ist, welche ein **Bezugspotential** für die gesamte oder auch nur Teile der Schaltung darstellt. Somit ist mit der Formulierung „...die Spannung an einem Punkt...“ die Spannung zwischen diesem Punkt und der Masse gemeint.

Elektrischer Strom (Einheit: **Ampere**) kann immer **nur innerhalb elektrischer Leiter** (hauptsächlich Metallen) fließen. Im Gegensatz zu diesen ist in Isolatoren (Luft, Kunststoff, Glas, ...) keine Stromleitung möglich. Aus einer Batterie fließt erst dann ein Strom, wenn der Stromkreis geschlossen wurde (vorzugsweise mit einer **elektrische Last** wie z.B. mit einer Lampe). Die Spannung der Batterie treibt den Strom aus dem Pluspol der Batterie, dieser läuft durch das Kabel zur Lampe, durchquert diese und kommt durch das zweite Kabel wieder in die Batterie zurück. Wesentlich dabei ist, dass der Strom in jedem Teilstück der Strecke **gleich groß** ist. Hier bietet sich wieder die Analogie zur Wassersäule an. Die Menge des abfließenden Wassers entspricht dem elektrischen Strom.



Wie kann man Strom messen?

- Bei der Strommessung interessiert man sich für den Strom, der **durch** eine Leitung fließt.
- Im Gegensatz zur Spannungsmessung wird der **Strom an einer konkreten Stelle gemessen**.
- Zur eigentlichen Messung muss die Leitung aufgetrennt und ein Strommessgerät (**Amperemeter**) in die Unterbrechungsstelle eingefügt werden, damit der Strom, welcher nun auch durch das Messgerät fließt, von diesem erfasst und angezeigt werden kann.



(Achtung: Vor Umbau der Schaltung Versorgung abschalten!)

Messgeräte für Spannung und Strom

Eine allgemeine **Anforderung an ein Messgerät** ist, dass es während der Messung die Schaltung und somit das **Messergebnis möglichst wenig beeinflusst**.

Unterschied zwischen Voltmeter und Amperemeter?



Die Spannung wird zwischen zwei Punkten gemessen – zum Beispiel an den Polen einer Batterie. Ist keine Last angeschlossen, so erwartet man als Ergebnis der Messung die „**Leerlaufspannung**“, also jene Spannung, bei der die Batterie unbelastet ist und somit kein Strom aus der Batterie fließt – es darf also auch kein (beziehungsweise nur ein vernachlässigbar kleiner) Strom durch das Messgerät fließen! **Ein Spannungsmessgerät soll also einen möglichst guten Leerlauf darstellen.**



Bei der Strommessung wird eine bestehende Leitung aufgetrennt und dort das Strommessgerät eingefügt. Damit die Schaltung weiterhin dieselbe Funktion erfüllt, muss gewährleistet sein, dass der Strom nun ungehindert durch das Messgerät fließen kann. **Ein Strommessgerät soll also einen möglichst guten Kurzschluss darstellen.**



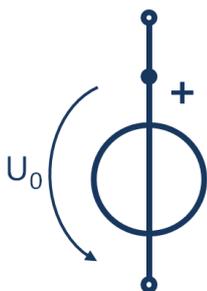
WICHTIG: Versuchen Sie **niemals** den Strom „zwischen zwei Punkten“, zum Beispiel den Polen einer Batterie, zu messen. Dies kann zur Zerstörung des Messgerätes führen, da wie oben erwähnt das Amperemeter einen Kurzschluss darstellt.

Ideale Spannungs- und Stromquellen

Die **Spannung einer Batterie sinkt mit steigender Last**, d.h. mit steigender Stromaufnahme. Der unbelastete Fall, die Leerlaufspannung, liegt dann vor, wenn keine Verbindung zwischen den beiden Polen besteht. So misst man zum Beispiel an einer 9V-Blockbatterie eine Leerlaufspannung von 9.4V und nach Einbau in ein Gerät im Betrieb nur noch z.B. 8.9V.

Dies unterscheidet eine Batterie von einer **idealen Spannungsquelle**: Bei dieser liegt **immer** und **unabhängig von der Last die gleiche Spannung** an. In der realen Welt gibt es zwar keine idealen Spannungsquellen. Diese Modelle realer Spannungsquellen haben den Vorteil, einerseits leicht berechenbar zu sein und trotzdem, zumindest im geforderten Bereich, die Eigenschaften realer Spannungsquellen nachzubilden.

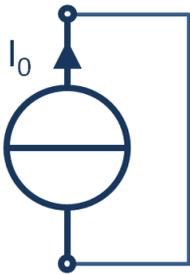
Eine ideale Spannungsquelle wird durch folgendes **Schaltbild** dargestellt:



Wie eine Batterie besitzt auch eine ideale Spannungsquelle zwei Pole, zwischen denen, **unabhängig** von der Belastung der Quelle, **immer** die Spannung U_0 anliegt. Der Strom ergibt sich als Reaktion der Schaltung auf die Spannung.

Der positive Anschluss ist durch ein „+“ oder durch einen Punkt markiert.

Das Netzteil, das Sie für Ihre Übung verwenden verhält sich innerhalb bestimmter Grenzen wie eine ideale Spannungsquelle, aus diesem Grund können Sie sie auch wie eine solche behandeln.



Eine **ideale Stromquelle** liefert im Gegensatz zur Spannungsquelle **einen konstanten Strom**. Wie schon oben erwähnt, kann Strom nur in Leitungen fließen. Besteht keine Verbindung zwischen den beiden Polen, so kann auch kein Strom fließen. Dies entspricht einer ungültigen Beschaltung der Stromquelle. Sind die beiden Pole aber direkt miteinander verbunden, so kann der Strom der Stromquelle fließen – es liegt der unbelastete Zustand der Stromquelle vor.

Links finden Sie das **Schaltbild der Stromquelle**.

Während der Strom, der durch eine ideale Stromquelle fließt, unabhängig von der externen Beschaltung genau definiert ist (**immer I_0**), ergibt sich die Spannung der Quelle erst als unmittelbare Reaktion der Schaltung auf den von ihr eingprägten Strom.

Interessant ist ein Vergleich zwischen idealen Strom- und Spannungsquellen: Während eine Spannungsquelle eine fixe Spannung zur Verfügung stellt und sich der Strom je nach Bedarf einstellt, bietet die Stromquelle einen fixen Strom an, während sich ihre Spannung je nach Bedarf ändert. Die folgende Tabelle zeigt die Dualität zwischen idealen Spannungs- und Stromquellen:

Art	fix ist	variabel ist	unbelastet im	Vorsicht bei
Spannungsquelle	Spannung	Strom	Leerlauf	Kurzschluss
Stromquelle	Strom	Spannung	Kurzschluss	Leerlauf

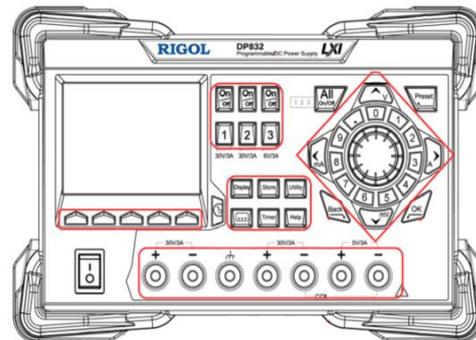
Während der Übung werden Sie sowohl Spannungs- als auch Stromquellen verwenden.



Spannungs- und Strommessung

Verwendete Geräte:

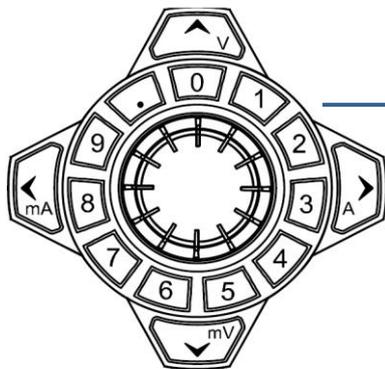
Vielfachmessgerät NEUMANN 9140
Labornetzteil RIGOL DP832



RIGOL Labornetzteil:



Geräteausgänge: 1, 3, und 4 sind die einzelnen Ausgangskanäle. 2 ist der Erdungsanschluss der auch mit dem Gehäuse des Geräts verbunden ist.



Parametereingabe. Über diese Tasten und dem Drehknopf werden die gewünschten Werte und Einheiten eingestellt. Des weiteren kann auch mit den Menütasten unter dem Bildschirm zwischen Strom- und Spannungswerten gewählt werden.

Ausgangskanalnummer
Werte des Ausgangs
Eingestellte Werte
Auswahl der Einstellungen von Spannung oder Strom

1	30V 3A	On CV	2	30V 3A	On CV	3	5V 3A	On CV
30.00 ^V			30.00 ^V			5.00 ^V		
0.00 ^A			0.00 ^A			0.00 ^A		
00.000 ^W			00.000 ^W			00.000 ^W		
Set	Limit		Set	Limit		Set	Limit	
30.00 ^V	33.00 ^V		30.00 ^V	33.00 ^V		5.00 ^V	5.50 ^V	
3.000 ^A	3.300 ^A		3.000 ^A	3.300 ^A		3.000 ^A	3.300 ^A	
Voltage	Current		OVP Off	OCV Off		Track Off		

Unter Set können die gewünschten Ausgangsparameter eingestellt werden. Wird derjenige Ausgangskanal eingeschaltet wird dieser Wert auf den Ausgang übernommen (abhängig von der jeweiligen Belastung).



Lassen Sie Ihre Einstellungen von einem Betreuer prüfen bevor Sie einen Ausgang das erste Mal einschalten.

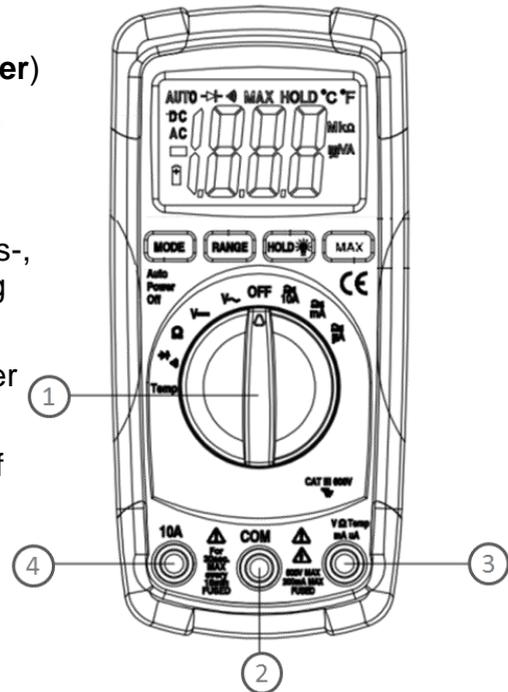
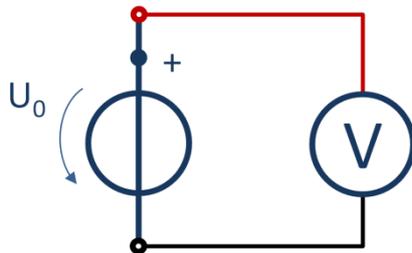
Spannungsmessung

Vorbereitung:

Anschließen des NEUMANN 9140 (**Bananenstecker**)

1. Ein **Schwarzes Kabel** von Netzteil Kanal 1 (-) an COM (**2** – Masse) anschließen.
2. Ein **Rotes Kabel** von Netzteil Kanal 1(+) an „V Ω Temp mA μA“ (**3** - Eingang für Spannungs-, Widerstands-, Temperatur- und Strommessung in den mA- und μA-Bereichen)
3. Einschalten des NEUMANN 9140: Drehschalter (**2**) auf V== (für Gleichspannungsmessung)
4. Einschalten der Versorgungsspannung (On/Off Taste)

Schaltbild:



Messen Sie die Spannung mit dem NEUMANN 9140 Digitalmultimeter. Dieses Gerät hat eine "Auto-Ranging" Funktion, die beim Einschalten aktiviert wird. Das bedeutet, dass Sie lediglich die Art der zu messenden Größe mit dem Drehschalter einstellen müssen (in diesem Fall "V=="). Der Messbereich wird daraufhin vom Messgerät selbst ermittelt und eingestellt.

U_0 mit Digitalmultimeter: _____

Bei der Messung mit digitalen Messgeräten ist Vorsicht geboten. Scheinbar wird der Messwert mit einer Genauigkeit von $3\frac{1}{2}$ Stellen (3 ganze Stellen, höchstwertige Stelle 4 zeigt maximal „1“ an) angegeben. In Wirklichkeit verhält es sich jedoch so, dass zwar eine Änderung des Signals eine Änderung der Anzeige bewirkt (= **AUFLÖSUNG**), dieser Wert jedoch nicht den exakten Wert der Messgröße darstellt. Die Auflösung beschreibt die kleinste am Messgerät ablesbare Änderung für einen bestimmten Messbereich, das heißt die **Wertigkeit** der kleinsten angezeigten Stelle. z.B.: Bei einer Anzeige von „**12.3V**“ ist die Wertigkeit der kleinsten angezeigten Stelle 0.1, die Auflösung der Messung beträgt also 0.1V.

Bestimmen Sie die Auflösung Ihrer Messung:

Auflösung: _____



Tatsächlich ist es, vor allem bei kostengünstigeren Digitalmultimetern, der Fall, dass die Auflösung wesentlich höher als die Genauigkeit ist.

Bei dem verwendeten Gerät ist die Genauigkeit laut Hersteller wie folgt angegeben:

Die maximale Abweichung der Anzeige vom tatsächlichen Messwert beträgt:

$\pm (1\% \text{ des abgelesenen Wertes} + 2x \text{ die Wertigkeit der kleinsten angezeigten Stelle})$ im 2,000 V-, 20,00 V- und 200,0 V-Bereich,

$\pm (0,5\% \text{ des abgelesenen Wertes} + 2x \text{ die Wertigkeit der kleinsten angezeigten Stelle})$ im 200,0 mV-Bereich.



Berechnen Sie den laut Herstellerangaben, maximalen Messfehler für Ihre Messung und vergleichen Sie diesen mit der Auflösung:

Messfehler: \pm _____

Demnach kann die gemessene Spannung also zwischen

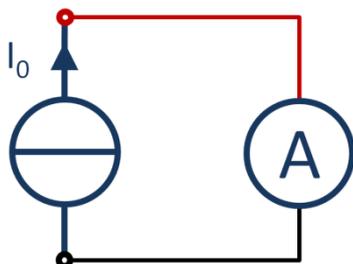
_____ V und _____ V liegen.

Strommessung

Vorbereitung:

1. Schalten Sie am Netzteil Kanal 1 aus. Lösen Sie die Verbindungen zwischen Netzteil und Vielfachmessgerät.
2. Verwenden Sie nun **Kanal 2** Ihres Netzteils.
3. Anschließen des NEUMANN 9140: Schwarzes Kabel zwischen Kanal 2 (-) und COM (Masse), Rotes Kabel zwischen Kanal 2 (+) und den Stromeingang „V Ω Temp mA μ A“.
4. Einschalten des NEUMANN 9140: Drehschalter auf A== (Gleichstrommessung)
5. Einschalten der Versorgung (On/Off Taste).

Schaltbild:



Die gemessene Stromstärke ist: _____

Die Auflösung beträgt: _____

Bei dem verwendeten Gerät ist die Genauigkeit wie folgt angegeben:

Max. Abweichung vom tatsächlichen Messwert beträgt laut Hersteller (Datenblatt):

\pm (1.5% des abgelesenen Wertes + 3x die Wertigkeit der kleinsten angezeigten Stelle)

im 2000 μ A-, 20,00 mA- und 200,0 mA-Bereich,

\pm (1% des abgelesenen Wertes + 3x die Wertigkeit der kleinsten angezeigten Stelle)

im 200,0 μ A-Bereich.



Berechnen Sie den laut Herstellerangaben, **maximalen Messfehler** für Ihre Messung und vergleichen Sie diesen mit der Auflösung:

Messfehler: \pm _____

Demnach kann der gemessene Strom also zwischen

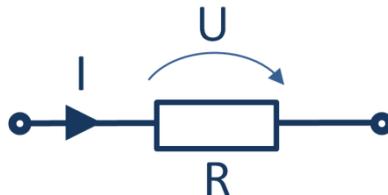
_____ mA und _____ mA liegen.

Das Ohmsche Gesetz

Ein **Widerstand** wird in seiner Funktion als elektrisches Bauelement durch das Ohmsche Gesetz beschrieben:

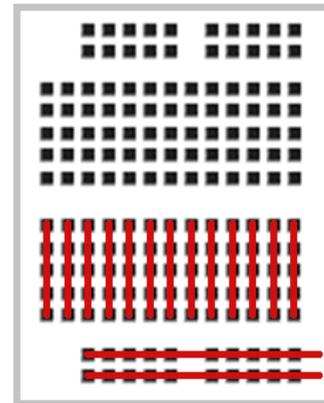
$$U = R \cdot I$$

Hierbei bezeichnet **R** den **Wert des Widerstandes in Ohm (Ω)**, **I** den **durch den Widerstand fließenden Strom** und **U** die **am Widerstand anliegende Spannung**. Wird also ein Strom **I** vorgegeben, so ergibt sich eine Spannung am Widerstand entsprechend dem Produkt des Stromes **I** und dem Wert des Widerstandes **R**.



Das ohmsche Gesetz lässt sich aber natürlich auch umgekehrt betrachten: Liegt eine Spannung **U** am Widerstand, so fließt durch den Widerstand der Strom **I**, welcher sich zu $I = \frac{U}{R}$ errechnet.

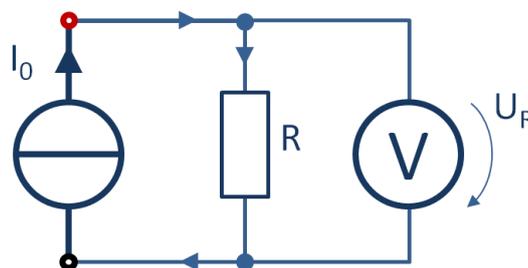
WICHTIG: Wenn ein Widerstand mit $1k\Omega$ gegeben ist, muss bei der Berechnung mit dem Taschenrechner der Wert „1000“ eingesetzt werden, ebenso wie statt 10mA der Wert „0.01“. Des Öfteren sind auch Angaben wie z.B.: 4k7 vorzufinden (entspricht dem Wert 4700Ω).



Steckbrett: Zum schnellen Aufbau von Schaltungen eignen sich Steckbretter. Die Grafik rechts gibt eine Auskunft über die Verbindung der einzelnen Löcher.



Bauen Sie am Steckbrett folgende Schaltung auf:



Wählen Sie für **R** zwei verschiedene Widerstände im Bereich zwischen 10Ω und 800Ω . Ein Widerstandssortiment und eine Farbtabelle für deren Wert finden Sie auf Ihrem Arbeitsplatz.

Übung 1: Spannungs- und Strommessung

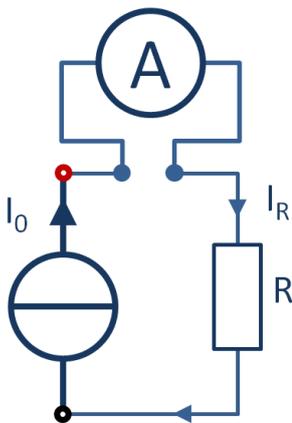
9/16

Tragen Sie in der folgenden Tabelle den Wert des ausgesuchten Widerstandes und den eingprägten Strom I_0 ein. Berechnen Sie daraus die Spannung U_R am Widerstand und überprüfen Sie diese mittels des Messgerätes.

R [Ω]	I_0 [A]	$U_{R,berechnet}$ [V]	$U_{R,gemessen}$ [V]



Messen Sie nun den Strom der durch den Widerstand R fließt.



Wie in der Einleitung besprochen fließt der Strom I_N den Leitungen. Um den Strom zu messen muss dieser Strom durch das Messgerät fließen. Dazu wird der Stromkreis aufgetrennt und das Messgerät I_N den Stromkreis geschaltet (siehe Bild links).

Es spielt keine Rolle an welcher Stelle das Messgerät in den Stromkreis geschaltet wird, da der gesamte Kreis vom gleichen Strom I_0 durchflossen wird und so auch das Multimeter den Strom $I_R=I_0$ misst.

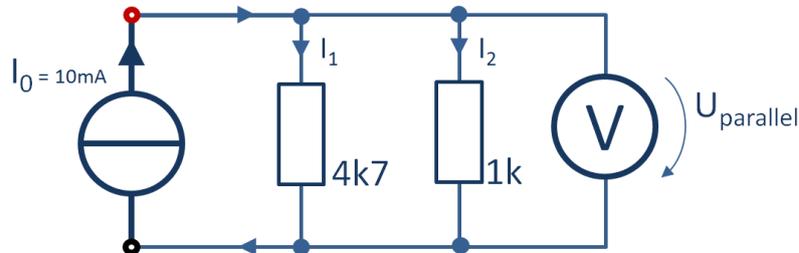
WICHTIG: Eine Strommessung erfordert nahezu immer einen Umbau der Schaltung!

Fügen Sie nun für R einen Widerstand vom Wert 4k7 (4700 Ω) ein und messen Sie den Strom I_0 und die Spannung U_0 . Vergleichen Sie die gemessenen Werte mit den Angaben der Stromquelle. Was fällt Ihnen auf?

Grundsaltungen in passiven Netzwerken

Parallelschaltung (Stromteiler)

Prägt man (zum Beispiel mit einer Stromquelle) einen Strom I_0 in die **Parallelschaltung zweier Widerstände** ein, so stellt sich die Frage, **wie sich** dieser **Strom** zwischen den beiden Widerständen **aufteilt**.



Aufgrund der Parallelschaltung der beiden Widerstände liegt an beiden die gleiche Spannung an, welche mittels des ohmschen Gesetzes berechnet werden kann:

$$U_{\text{parallel}} = R_1 \cdot I_1 = R_2 \cdot I_2$$

Hier kann sofort das Stromaufteilungsverhältnis erkannt werden:

$$R_1 \cdot I_1 = R_2 \cdot I_2 \text{ beziehungsweise } \frac{R_1}{R_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Das Aufteilungsverhältnis der Ströme auf die beiden Pfade ist also umgekehrt proportional zum Verhältnis der Werte der Widerstände. Mit Worten kann dies so erklärt werden, dass der Strom den „einfacheren“, also den Weg des „geringeren Widerstandes“, vorzieht. Aus diesem Grund fließt mehr Strom über den kleineren Widerstand und weniger über den größeren.



Bauen Sie die oben gezeigte Schaltung am Steckbrett auf und **messen** Sie den **Strom I_1** . **Berechnen** Sie dann mittels des oben berechneten Stromaufteilungsverhältnisses und der Kenntnis der Widerstände R_1 und R_2 den **Strom I_2** . Verifizieren Sie diesen Wert durch Messung des Stromes durch den Widerstand R_2 .

I_1	R_1	R_2	Formel für I_2	$I_{2,\text{berechnet}}$	$I_{2,\text{gemessen}}$

Messen Sie weiter den **Gesamtstrom I_0** und die Spannung U_{parallel} an den Widerständen

I_0	U_{parallel}



Wie schon oben erwähnt teilt sich der Strom I_0 auf die Teilströme I_1 und I_2 auf, es gilt also $I_0 = I_1 + I_2$. Die Ströme I_1 und I_2 lassen sich entsprechend dem ohmschen

Gesetz als $I_1 = \frac{U_{\text{parallel}}}{R_1}$ und $I_2 = \frac{U_{\text{parallel}}}{R_2}$ anschreiben.

$$\text{Es gilt also } I_0 = I_1 + I_2 = \frac{U_{\text{parallel}}}{R_1} + \frac{U_{\text{parallel}}}{R_2} = U_{\text{parallel}} \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right).$$

Übung 1: Spannungs- und Strommessung

11/16

Ein Vergleich mit der Formel $I_0 = U_{\text{parallel}} \cdot \frac{1}{R_{\text{parallel}}}$ (einfache Umwandlung des ohmschen Gesetzes) führt zur Formel des **Gesamtwiderstandes von parallelgeschalteten Widerständen**:

$$\frac{1}{R_{\text{parallel}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Betrachtet man die **Parallelschaltung** der Widerstände R_1 und R_2 , so **verhält sie sich wie ein einziger Widerstand** mit dem Wert R_{parallel} . Der **Kehrwert des Gesamtwiderstandes** verhält sich wie die **Summe der Kehrwerte der parallelgeschalteten Widerständen**.



Berechnen Sie im Folgenden den Gesamtwiderstand R_{parallel} aus R_1 und R_2 , sowie mittels des ohmschen Gesetzes aus I_0 und U_{parallel} (wurden bereits gemessen).

R_1	R_2	$R_{\text{parallel},R1,R2}$	I_0	U_{parallel}	$R_{\text{parallel},I0,U0}$



Die **Stromteilerregel** beschreibt den Zusammenhang zwischen dem Gesamtstrom I_0 und einem Teilstrom (z.B. I_1).

Wie schon gezeigt berechnet sich die Gesamtspannung U_{parallel} zu

$$U_{\text{parallel}} = I_0 \cdot R_{\text{parallel}} = I_1 \cdot R_1$$

Das Verhältnis zwischen den Teilstrom I_1 und Gesamtstrom I_0 berechnet sich also zu

$$\frac{I_1}{I_0} = \frac{R_{\text{parallel}}}{R_1}$$



Verifizieren Sie diesen Zusammenhang mit den schon gemessen bzw. gerechneten Werten:

I_1	I_0	I_1/I_0	R_{parallel}	R_1	R_{parallel}/R_1

Wie groß ist der Gesamtwiderstand der Parallelschaltung *zweier gleich großer Widerstände* R und wie ist das Verhältnis eines Teilstromes zum Gesamtstrom?

$$R_{\text{parallel}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

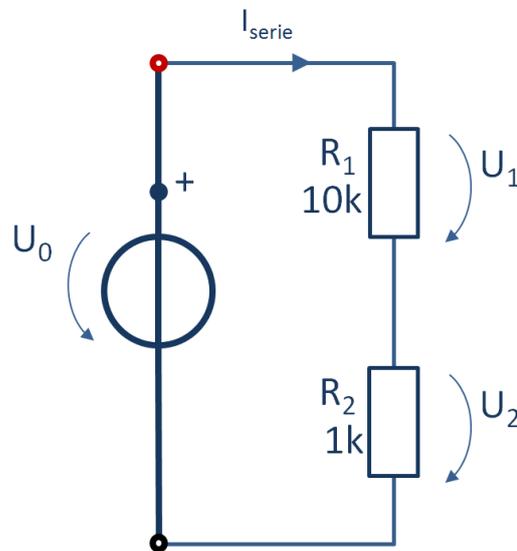
$$\frac{I_1}{I_0} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Kann der Gesamtwiderstand zweier parallel geschalteter Widerstände größer sein als einer der beiden Widerstände?

Serienschaltung (Spannungsteiler)



Bauen Sie folgende Schaltung auf:



Die Widerstände R_1 und R_2 werden von demselben Strom I_{serie} durchflossen. Dieser lässt sich laut dem ohmschen Gesetz wie folgt ausdrücken:

$$I_{\text{serie}} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$$

Aus dieser Formel kann sofort das Verhältnis der Spannung an den beiden Widerständen erkannt werden:

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} \quad \text{beziehungsweise} \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Messen Sie die Spannungen U_1 und U_2 und vergleichen Sie die Verhältnisse der Spannungen und Widerstände miteinander.

U_1	U_2	U_1/U_2	R_1	R_2	R_1/R_2

Die Gesamtspannung U_0 setzt sich aus den Teilspannungen U_1 und U_2 zusammen. Die Spannungen U_1 und U_2 lassen sich mittels des ohmschen Gesetzes aus I_{serie} sowie den Widerständen R_1 und R_2 berechnen:

$$U_0 = U_1 + U_2 = R_1 \cdot I_{\text{serie}} + R_2 \cdot I_{\text{serie}} = (R_1 + R_2) \cdot I_{\text{serie}}$$

Ersetzt man die beiden Widerstände R_1 und R_2 durch einen Gesamtwiderstand R_{serie} , so zeigt ein Vergleich der obigen Gleichung mit $U_0 = R_{\text{serie}} \cdot I_{\text{serie}}$, dass sich der **Gesamtwiderstand** zu

$$R_{\text{serie}} = R_1 + R_2,$$

also die **Summe der beiden Teilwiderstände** ergibt.



Messen Sie U_0 und I_{serie} und berechnen Sie daraus mittels des Ohmschen Gesetzes den Gesamtwiderstand R_{serie} und vergleichen Sie diesen Wert mit der Berechnung aus den beiden Teilwiderständen.

U_0	I_{serie}	R_{serie,U_0,I_0}	R_1	R_2	R_{serie,R_1,R_2}



Drückt man den Strom I_{serie} mittels der Gesamtspannung U_0 und des Gesamtwiderstandes R_{serie} , sowie mit einer Teilspannung und dem dazugehörigen Widerstand zu

$$I_{\text{serie}} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} \text{ aus,}$$

so erhält man nach kurzer Umformung die **Spannungsteilerregel**

$$\frac{U_1}{U_0} = \frac{R_1}{R_{\text{serie}}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}.$$



Verifizieren Sie diesen Zusammenhang mit den schon gemessenen Werten:

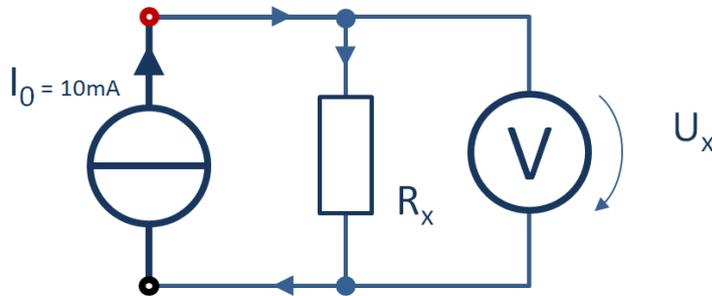
U_0	U_1	U_1/U_0	R_1	R_{serie}	R_1/R_{serie}

WIDERSTANDSMESSUNG

Lineares Ohmmeter



Bauen Sie folgende Schaltung auf:



Geben Sie eine Formel zur Berechnung des Widerstandes R_x an:

Wie groß darf der Widerstand R_x **maximal** werden, damit die Quellspannung U_x der Stromquelle **nicht über 8V** steigt?

$R_{x,max} =$ _____



Messen Sie den nächst kleineren Widerstand, der Ihnen zur Verfügung steht, sowie zwei Widerstände, die jeweils um den Faktor 10 kleiner sind (falls der gewünschte Widerstand nicht zur Verfügung steht, verwenden Sie einen, dessen Wert möglichst nahe dem gewünschten Wert liegt), und tragen Sie Ihre Rechen- und Messergebnisse in nachfolgende Tabelle ein.

Verwenden Sie für Ihre Rechnung den Strom I_0 , den Sie bei der Strommessung ermittelt haben.

R_x laut Angabe	U_x berechnet	U_x gemessen	R_x berechnet

Direkte Widerstandsmessung mit einem Multimeter



Widerstände werden gemessen, indem eine bekannte Spannung angelegt oder ein bekannter Strom eingeprägt und gleichzeitig der Strom bzw. die Spannung gemessen wird. Es darf auf keinen Fall ein zusätzlicher Strom von einer anderen Quelle durch den Widerstand fließen

Widerstände in einer Schaltung müssen meistens ausgebaut werden, damit man sie messen kann!

Viele Multimetern ermöglichen auch eine direkte Widerstandsmessung. Die verwendeten Schaltungen sind etwas komplizierter als die oben gezeigte, das Messprinzip ist jedoch das gleiche.



Vermessen Sie nun die Widerstände nun direkt mittels Multimeter (Drehschalter auf Ω stellen):

Rx laut Angabe			
Rx gemessen			

Die Fehlerangaben des Multimeters NEUMANN 9140 für direkte Widerstandsmessung lauten wie folgt:

Messbereich Ω (autoranging)	Genauigkeit
200,0 Ω	$\pm(1,2\% + 4x \text{ Wertigkeit der kleinsten angezeigten Stelle})$
2,000 k Ω	$\pm(1\% + 2x \text{ Wertigkeit der kleinsten angezeigten Stelle})$
20,00 k Ω , 200,0 k Ω , 2,000 M Ω	$\pm(1,2\% + 2x \text{ Wertigkeit der kleinsten angezeigten Stelle})$
20,00 M Ω	$\pm(2\% + 3x \text{ Wertigkeit der kleinsten angezeigten Stelle})$

Überprüfen Sie, ob die Herstellerangaben des Widerstandswerts in Verbindung mit der zugehörigen Toleranzangabe mit dem vom Multimeter gemessenen Widerstandswert in Verbindung mit der Genauigkeitangabe des Multimeters kompatibel sind, d.h. ob sich die entsprechende Wertebereiche überlappen.



Wertebereich des Widerstandes: Widerstandswert: _____ Toleranz: _____
Wertebereich: _____

Wertebereich des angezeigten Messwertes: Gem. Widerstandswert: _____

Genauigkeit des Messwertes: _____ Wertebereich: _____

Sind die beiden Wertebereiche überlappend?

SYMETRISCHE SPANNUNGSVERSORGUNG

Negative Spannungen

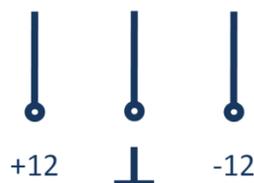
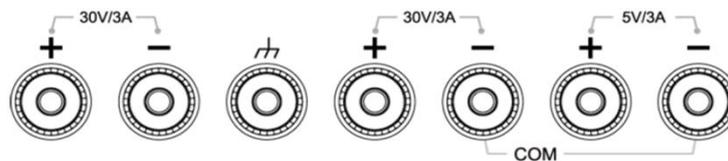
Des Öfteren ist es erforderlich eine Schaltung sowohl mit positiver als auch mit negativer Spannung zu versorgen (z.B.: es wird eine bipolare Versorgung von +12V, Masse und -12V gefordert).



Ihnen steht dafür ein Labornetzteil wie das RIGOL DP832 zur Verfügung. Versuchen Sie nun, unter Einsatz des heute angeeigneten Wissens, eine symmetrische Spannungsversorgung mit +/-12V aufzubauen.

Verwenden Sie dazu Kanal 1 und 2 Ihres Labornetzteils und überprüfen Sie Ihren Aufbau mit einem Multimeter.

Zeichnen Sie zunächst die Zusammenschaltung Ihrer Ausgänge ein.



Zeichnen Sie nun die Schaltung unter Verwendung idealer Spannungsquellen auf.