

# Kleiner Grundkurs: Elektrische Messungen und Schaltungen

Folgend werden die hier aufgegriffenen Themen in dem Umfang und in der Tiefe dargestellt, wie es für das Arbeiten mit dem Multimeter im Rahmen von Experimento nötig ist.

## 1 Messen mit dem Digitalmultimeter

Dieses Kapitel gibt Hinweise und Tipps zum Umgang mit dem Digitalmultimeter. Es ist keine offizielle Bedienungsanleitung, diese ist im Zweifelsfall zu berücksichtigen.

### 1.1 Sicherheitshinweise

Das Digitalmultimeter darf nur derart eingesetzt werden, wie es den Anweisungen der Lehrkraft bzw. der Versuchsanleitung entspricht. Das Nichtbeachten der Anweisungen kann zu Schäden am Gerät oder zu gesundheitlichen Schäden führen. Im Einzelnen sind folgende Sicherheitshinweise zu beachten:

- Schütze das Gerät vor Feuchtigkeit, Spritzwasser und Hitzeinwirkung und benutze es nur in sauberen und trockenen Räumen.
- Lasse das Digitalmultimeter nicht fallen und setze es keinem starken mechanischen Druck aus.
- Öffne das Digitalmultimeter niemals eigenmächtig, ohne Anweisung durch die Lehrkraft.
- Spannungsmessung: Mit dem Digitalmultimeter und Messkabelset, dürfen **nur Kleinspannungen bis 25 Volt** gemessen werden.
- Strommessung: Im 200-mA- und im 10-A-Bereich dürfen jeweils keine höheren Ströme gemessen werden.

### 1.2 Was ist was beim Digitalmultimeter?

- 1 Display LCD zur Anzeige der Messwerte.
- 2 Drehschalter: Ein/Aus und Wahl der Messart und des Messbereichs.
- 3 Eingangsbuchse für Stromstärke 10 A (größer 200 mA).
- 4 Anschlussbuchse für V (Spannung),  $\Omega$  (Widerstand), A (Stromstärke bis 200 mA) entspricht **Pluspol** (Anschluss **rotes** Messkabel).
- 5 COM („Common“): Allgemeine Anschlussbuchse entspricht **Minuspol** (Anschluss **schwarzes** Messkabel).

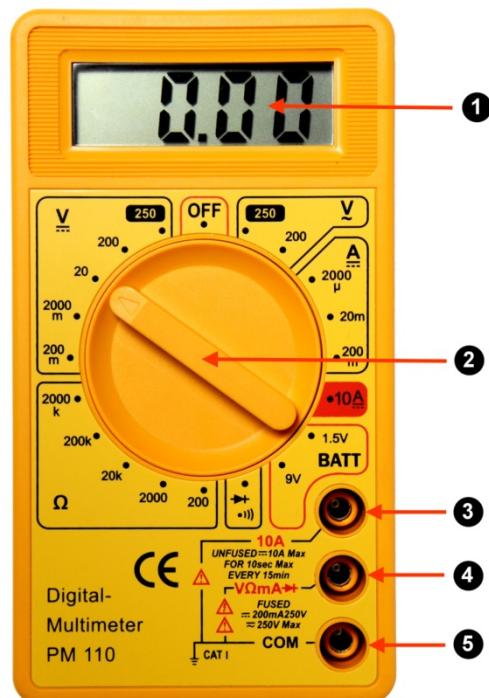


Abb. 1: Digitalmultimeter PM110.

### 1.3 Einlegen der Batterie

- Vor Erstinbetriebnahme muss die Batterie eingelegt werden.
- Bei Öffnen der Geräterückwand mit einem Kreuzschlitzschraubendreher darf nichts an das Gerät angeschlossen sein. Der Drehschalter sollte auf „OFF“ stehen.
- Beim Wiederverschließen der Rückwand ist darauf zu achten, dass sich das Batterieanschlusskabel nicht verklemmt. In diesem Fall nicht mit Gewalt verschrauben, sondern erst das Batteriekabel gut unter der Batterie verstauen (siehe Abb. 2, b).

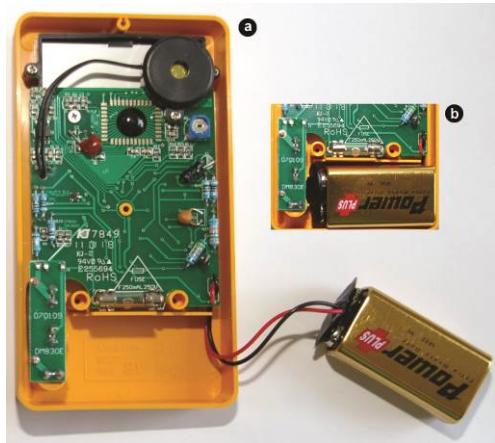


Abb. 2: Einlegen der Batterie.

### 1.4 Ein- und Ausschalten des Geräts

Zum Einschalten den Drehschalter aus der Position „OFF“ in die gewünschte Messfunktion drehen. Zum Ausschalten wieder auf „OFF“ drehen. **Schalte** das Gerät nach Gebrauch **immer sofort wieder aus**, sonst wird die Batterie des Digitalmultimeters unnötig verbraucht.

### 1.5 Auswahl der Messart bzw. Messfunktion

Folgende elektrischen Größen können gemessen werden (siehe Abb. 3):

- a) Gleichspannung, eingestellt auf Bereich 20 V
- b) Wechselspannung, eingestellt auf Bereich 200 V
- c) Gleichstrom (bis 200 mA), eingestellt auf Bereich 200 mA
- d) Gleichstrom (bis 10 A)
- e) Widerstand, eingestellt auf Bereich 2.000 Ohm. Das Display zeigt „1“ an, wenn der Widerstand größer ist als der eingestellte Messbereich.

Erläuterungen zu den Messfunktionen „Diodenprüfung/Durchgangsprüfung“ und „Batterietest“ findest du, falls nötig, in der originalen Geräteanleitung.

#### Achtung bei Umschalten der Messfunktion:

Wenn du von einer Funktion zur anderen umschaltest, z. B. von „Widerstandsmessung“ nach „Gleichspannungsmessung“, musst du **immer zuerst die Messkabel vom Messobjekt entfernen!** Das Gerät oder das Messobjekt könnte sonst Schaden nehmen. Nur wenn du z. B. direkt von „Gleichspannung“ über „OFF“ nach „Gleichstrom“ umschaltest kann nichts passieren.



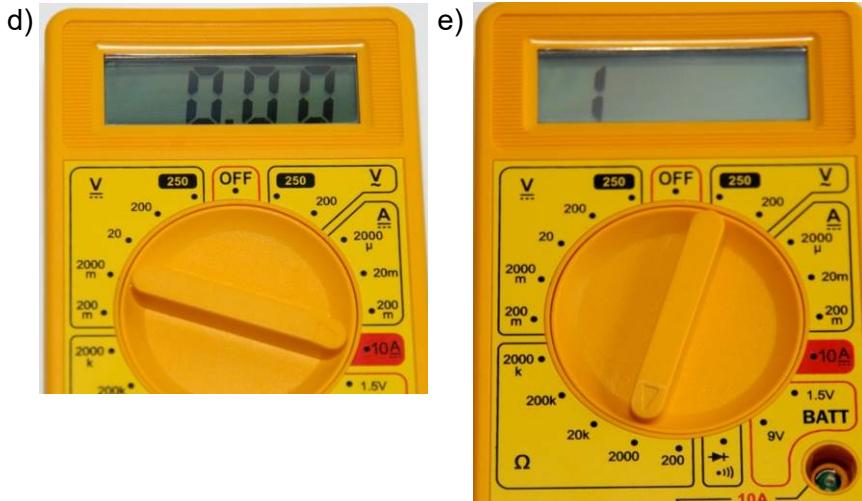


Abb. 3: Einstellen der Messfunktionen.

## 1.6 Korrekter Anschluss der Messkabel

### 1.6.1 Die Regel lautet: Schwarz immer an COM!

- Die **COM-Buchse** ist Anschluss-Buchse für das **schwarze** Testkabel.  
Verbinde es stets mit dem **Minuspol** des Messkreises!
- Die Buchse mit der Aufschrift „**V Ω mA**“ ist die Eingangs-Buchse für das **rote** Testkabel für alle Spannungs-, Widerstands- und Strommessungen (außer 10 A).  
Verbinde es stets mit dem **Pluspol** des Messkreises!
- Die Buchse mit der Aufschrift „**10A**“ ist die Eingangs-Buchse für das rote Testkabel für die Messung von hohen Strömen. Verbinde es stets mit dem **Pluspol** des Messkreises!



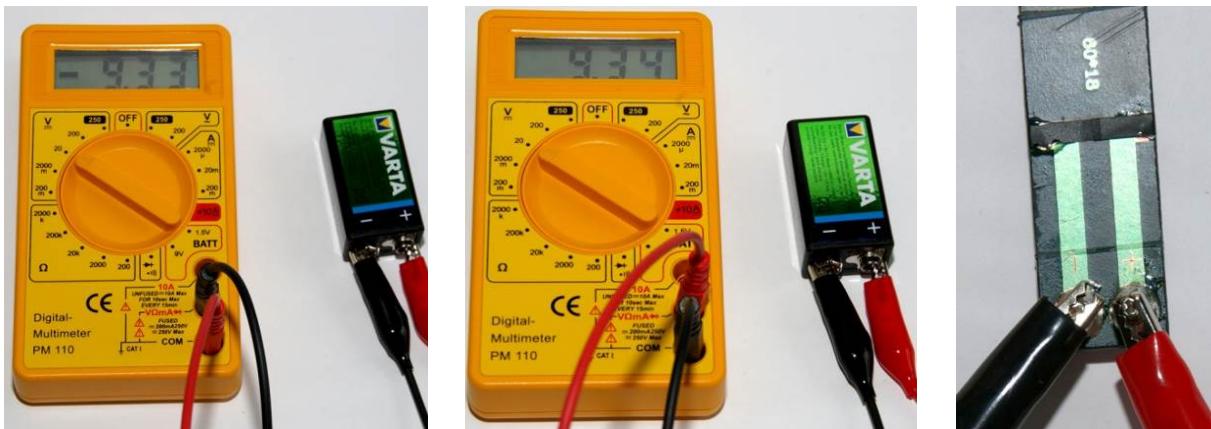
Abb. 4: Richtiger Anschluss der Messkabel an das Digitalmultimeter.

Hier noch einmal die Regeln im Überblick:

Buchse	Kabel	Polung
COM	Schwarz	Minus
<b>V Ω mA</b>	Rot	Plus
10A	Rot	Plus

## 1.6.2 Überprüfung auf richtigen Anschluss

Teste selbst mit einer Batterie, einem Akku oder einer Solarzelle ob diese Regeln stimmen! Stelle die Messfunktion auf Gleichspannung und wähle den Bereich 20 Volt bei Verwendung eines 9-Volt-Akkus. Schließe die Messkabel am Digitalmultimeter korrekt an (Schwarz an „COM“, Rot an „V  $\Omega$  mA“). Schließe nun das rote Messkabel an den Minuspol und das schwarze an den Pluspol des Akkus an. Es wird eine Negative Spannung angezeigt. Schließe nun das Schwarze Kabel an den Minuspol und das rote an den Pluspol des Akkus an. Jetzt wird eine positive Spannung angezeigt. Auch wenn man den positiven Pol einer Solarzelle an das rote Kabel und den negativen an das schwarze Kabel anschließt, wird eine positive Spannung angezeigt.



a) Der Anschluss der Messkabel am Digitalmultimeter ist inkorrekt. Es wird eine negative Spannung angezeigt.

b) Der Anschluss der Messkabel an Digitalmultimeter und Akku ist korrekt. Es wird eine positive Spannung angezeigt.

c) Der Anschluss an diese Solarzelle mit markiertem Plus- und Minuspol ist korrekt.

Abb. 5: Anschluss der Messkabel am Digitalmultimeter.

## 1.7 Welchen Messbereich soll man wählen?

Wenn die Höhe der zu messenden Größe unbekannt ist, wähle **zunächst immer den höchsten Messbereich**. Also bei Gleichspannung z. B. 250 Volt. Regle dann den Messbereich von oben nach unten und taste dich so an die Größe des Messwerts heran. Die optimale Einstellung erkennst du an der **höchsten Auflösung des Messwerts**. Sie ist bei einem 9-Volt-Akku bei Einstellung 250 Volt (Abb. 6, a) am schlechtesten, bei 200 Volt (Abb. 6, b) schon besser und bei 20 Volt (Abb. 6, c) am besten. Die Einstellung auf 2000 mV bzw. 2 Volt (Abb. 6, d) ist bei einem 9-Volt-Akku völlig ungeeignet. Die Anzeige „1“ signalisiert „Overflow“ („Überlauf“ bzw. Überlastung). Mit dieser Methode – Einstellung beginnend mit dem höchsten Wert – stellst du überdies sicher, dass die Sicherung des Geräts nicht durchbrennt.

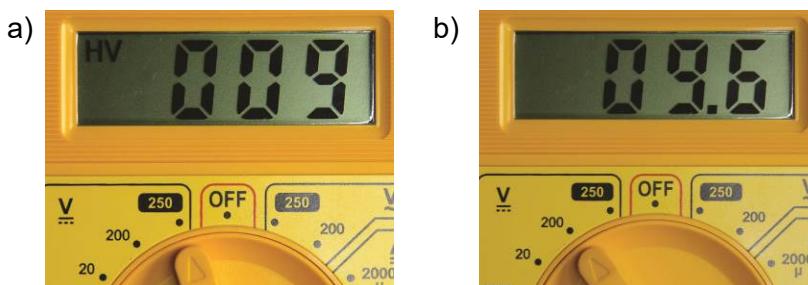
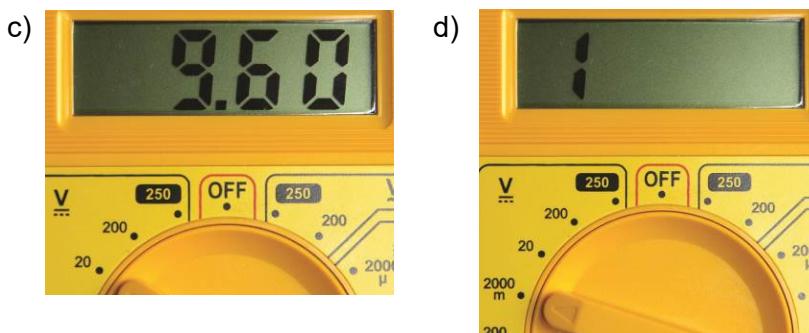


Abb. 6: Optimale Wahl des Messbereichs am Beispiel eines 9-Volt-Akkus.



## 1.8 Bestimmung der unbekannten Polung von Strom- bzw. Spannungsquellen

Die in Abschnitt 1.6 erläuterten Regeln für den korrekten Anschluss von Messkabeln an Digitalmultimeter und Messobjekt erscheinen willkürlich. Könnte man es nicht genauso gut anders herum definieren?

Nein, denn unter Einhaltung dieser Regeln können wir die Polung von Strom- und Spannungsquellen bestimmen, wenn diese noch unbekannt ist.

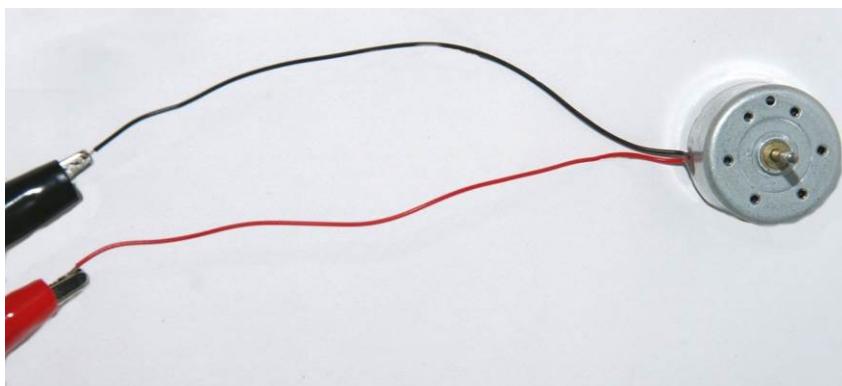


Abb. 7: Wir wollen den Elektromotor als Generator im Rechtslauf (im Uhrzeigersinn) verwenden. Wir überprüfen dazu, ob er im Rechtslauf bei diesem Anschluss positive Spannung liefert.

Die Kenntnis der Polung von Strom- und Spannungsquellen ist sehr wichtig, denn viele elektrische Bauteile funktionieren nicht, wenn sie falsch gepolt angeschlossen werden. LEDs z. B. leuchten bei falscher Polung nicht, Akkus und Elektrolytkondensatoren werden bei falscher Polung nicht aufgeladen oder sogar zerstört.

Wollen wir zum Beispiel einen Elektromotor als Generator verwenden, um damit einen Elektrolytkondensator oder eine elektrochemische Zelle aufzuladen, müssen wir wissen, welcher Anschlussdraht der positive bzw. der negative Pol ist. Würde in unserem Beispiel (Abb. 7) bei Rechtslauf das Multimeter eine positive Spannung anzeigen, wüssten wir: Der rote Anschlussdraht des Motors ist bei dieser Laufrichtung der Pluspol.

## 2 Schaltkreise für einfache elektrische Messungen

Das Thema wird nur so weit und tief dargestellt, wie es für das Arbeiten mit dem Multimeter im Rahmen von Experimento nötig ist.

### 2.1 Messung der Spannung in einem Schaltkreis

Generell gilt: Das Messgerät wird immer **parallel zur Spannungsquelle** bzw. zum Messobjekt angeschlossen. Rotes Kabel an den Pluspol und schwarzes an den Minuspol des Messobjekts.

#### 2.1.1 Messung der Leerlaufspannung einer Stromquelle

Das Messgerät ist in diesem Fall der einzige Verbraucher. Der Innenwiderstand des Messgeräts, also der Lastwiderstand, ist bei der Spannungsmessung extrem hoch (bei Digitalmultimetern bis zu 20 MΩ).

Der Innenwiderstand der Spannungsquelle (in unserem Beispiel Batterie oder Akku) ist also extrem klein im Vergleich zum Lastwiderstand. Deshalb fließt im Stromkreis über das Digitalmultimeter praktisch kein Laststrom („Leerlauf“). An der unbelasteten Spannungsquelle misst man also die Leerlaufspannung.

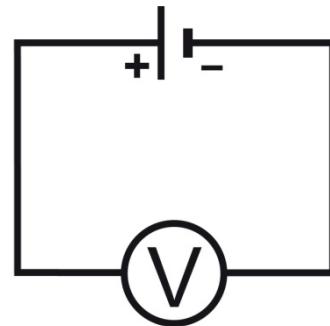


Abb. 8: Schaltplan für die Messung der Leerlaufspannung.

#### 2.1.2 Messung der Spannung unter Last

Hier fließt im Stromkreis über den Verbraucher (in unserem Beispiel Glühlampe) ein Laststrom. Die gemessene Spannung ist kleiner als die Leerlaufspannung. Je nachdem wie klein der Innenwiderstand der Spannungsquelle im Vergleich zum Lastwiderstand ist, wird der Spannungsabfall im Vergleich zur Leerlaufspannung kleiner oder größer sein.

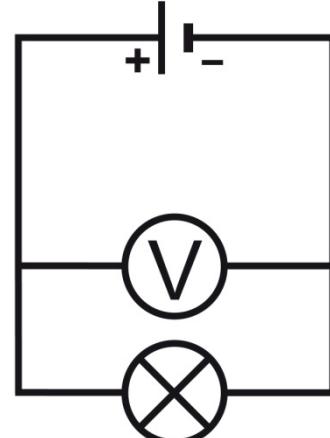


Abb. 9: Schaltplan für die Spannungsmessung in einem Stromkreis mit Verbraucher.

### 2.1.3 Messung der Spannung in verzweigten Netzwerken

Befinden sich in einem Stromkreis mehrere hintereinander geschaltete „Verbraucher“ (Reihen- bzw. Serienschaltung), teilt sich die Spannung auf. Die Spannung kann als Gesamtspannung (hier  $V_1$ ) parallel zur Spannungsquelle und als Teilspannung an jedem Lastwiderstand (hier  $V_2, V_3, V_4$ ) gemessen werden.

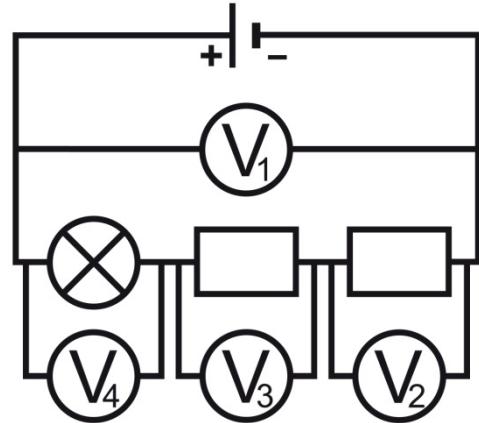


Abb. 10: Schaltplan für die Spannungsmessung in einem Stromkreis mit mehreren Verbrauchern.

### 2.2 Messung der Stromstärke in einem Schaltkreis

Generell gilt: Das Messgerät wird immer **seriell zum Verbraucher bzw. zum Messobjekt** angegeschlossen. Rotes Kabel an den Pluspol und schwarzes an den Minuspol des Messobjekts.

#### 2.2.1 Messung des Kurzschlussstroms einer Stromquelle

Das Digitalmultimeter hat bei der Strommessung nur einen extrem geringen Widerstand, der Lastwiderstand ist also extrem klein. Das Messgerät ist in diesem Fall der einzige Verbraucher. Der Innenwiderstand der Stromquelle (in unserem Beispiel Batterie oder Akku) ist also relativ groß im Verhältnis zum Lastwiderstand. Deshalb wirkt der Anschluss des Digitalmultimeters praktisch wie ein Kurzschluss. Die Stromstärke ist meist größer als beim Stromfluss durch einen normalen Verbraucher.

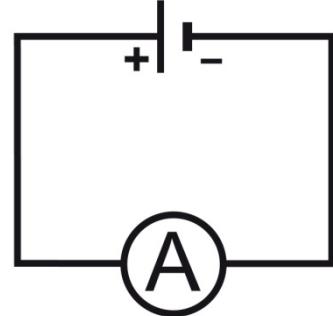


Abb. 11: Schaltplan für die Messung des Kurzschlussstroms.

**Warnung:** Der Kurzschlussstrom darf nie bei Akkus und Batterien gemessen werden, da dies zur Zerstörung der Akkus und Batterien und des Messgeräts führen kann. Deshalb darf der Ladungszustand eines Akkus oder einer Batterie nur über eine Spannungsmessung und nicht über eine Strommessung bestimmt werden.

## 2.2.2 Messung des Stromflusses durch einen „Verbraucher“

Will man den Stromfluss durch einen Verbraucher messen, ist das Messgerät in Serie mit dem Messobjekt zu schalten.

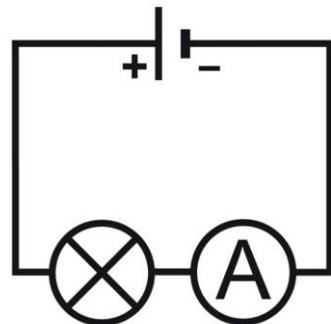


Abb. 12: Schaltplan für die Strommessung in einem Stromkreis mit Verbraucher.

## 2.2.3 Messung des Stromflusses in verzweigten Schaltungen

Will man den Stromfluss durch mehrere Verbraucher messen, ist das Messgerät in Serie mit jedem parallel zur Stromquelle geschalteten Messobjekt zu schalten. Denn durch die fließt unterschiedlicher Strom (in unserem Beispiel  $I_1$ ,  $I_2$  und  $I_3$ ). Durch seriell geschaltete Messobjekte (in unserem Beispiel die beiden Glühlampen) fließt derselbe Strom (bei uns  $I_3$ ), es reicht also ein gemeinsames Messgerät. Der Gesamtstrom ergibt sich übrigens aus der Summe über  $I_1$ ,  $I_2$  und  $I_3$ .

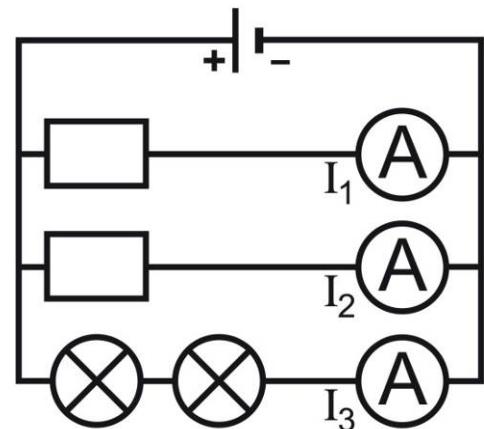


Abb. 13: Schaltplan für die Strommessung in einem Stromkreis mit mehreren Verbrauchern.

## 2.3 Messung von Widerständen

### 2.3.1 Direkte Messung des Widerstands

Generell gilt: Das Messgerät wird parallel zum Widerstand angeschlossen.

Zur Ermittlung des Widerstands legt das Digitalmultimeter eine Spannung an den Widerstand an und misst den durchfließenden Strom. Aus  $U/I$  errechnet das Messgerät dann automatisch den Widerstand und zeigt ihn an.

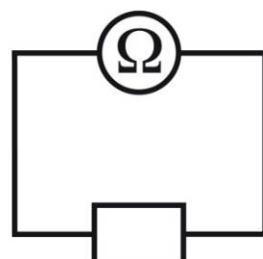


Abb. 14: Schaltplan für die Messung eines einzelnen Widerstands.

**Achtung:** Einzelne Widerstände sollte man nie in bereits fertig aufgebauten komplexen Schaltungen messen. Liegen in dieser komplexen Schaltung nämlich noch irgendwo Spannungen an (z. B. durch noch nicht entladene Kondensatoren), kann es zu Fehlmessungen oder gar Schäden am Messgerät kommen. Aber auch aus einem anderen Grund empfiehlt sich die Widerstandsmessung in komplexen Schaltungen nicht. Sind nämlich andere Widerstände zum zu vermessenden Widerstand parallel geschaltet, misst man nicht mehr den einzelnen Widerstand, sondern den Widerstandswert der Kombination mehrerer Widerstände.

### 2.3.2 Indirekte Bestimmung des Widerstands aus Spannung und Strom

Zur Ermittlung des Widerstands schließt man den Widerstand an eine Spannungsquelle (hier Akku oder Batterie) an und misst die angelegte Spannung und den durch den Widerstand fließenden Strom. Aus  $U/I$  errechnet man dann den Widerstand.

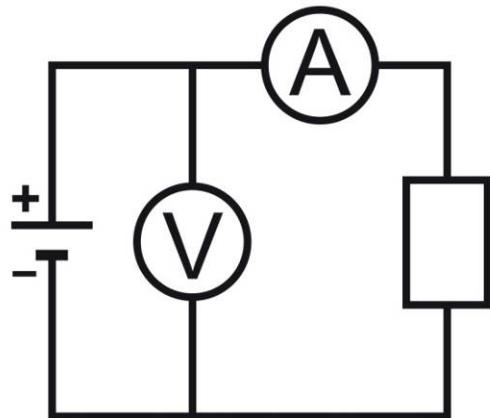


Abb. 15: Schaltplan für die indirekte Widerstandsmessung über Strom- und Spannungsmessung.

### 3 Vermeidung von Kurzschlägen beim Aufbau von Schaltungen

Die Verkabelung mit Krokodilklemmen geht zwar besonders schnell, ist aber störanfällig. Es muss also unbedingt äußerst sorgfältig gearbeitet werden.

**Achtung Kurzschlussgefahr:** Liegen die Anschlusspunkte nah beieinander wie z. B. bei der Solarzelle, muss darauf geachtet werden, dass sich die Krokodilklemmen der beiden Anschlusskabel nicht berühren.



Abb. 16: Falsch: Die Krokodilklemmen berühren sich, es kommt zum Kurzschluss.

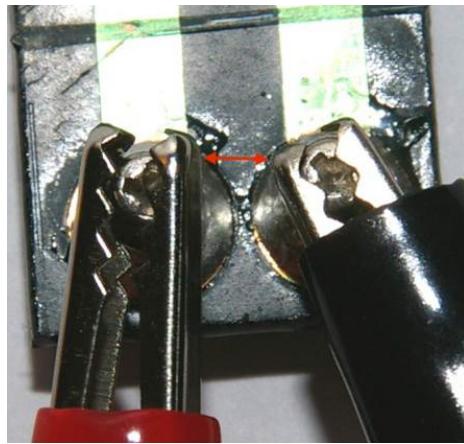


Abb. 17: Richtig, sicherer Abstand: Die Krokodilklemmen können sich auch bei Bewegung der Kabel nicht berühren.

**Saubere Verkabelung an Parallelschaltung:** Werden zu viele Krokodilklemmen auf einen Anschlusspunkt gesetzt (z. B. an Solarzellen), kommt es fast sicher zu Kurzschluss oder Wackelkontakt. Hier empfiehlt es sich, jede Solarzelle separat an ein Kabelpaar anzuschließen und die Parallelschaltung über Kreuzungspunkte der anderen Kabelenden vorzunehmen.

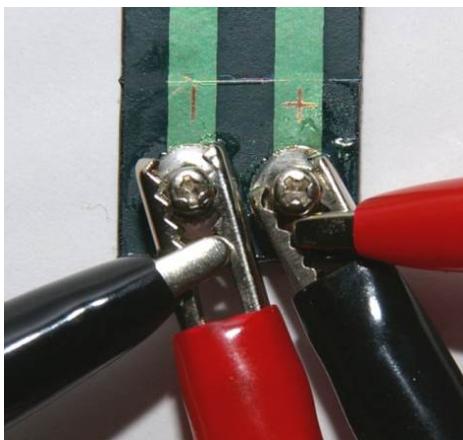


Abb. 18: Falsch: Zu viele Klemmen an einem Geräteanschlusspunkt.

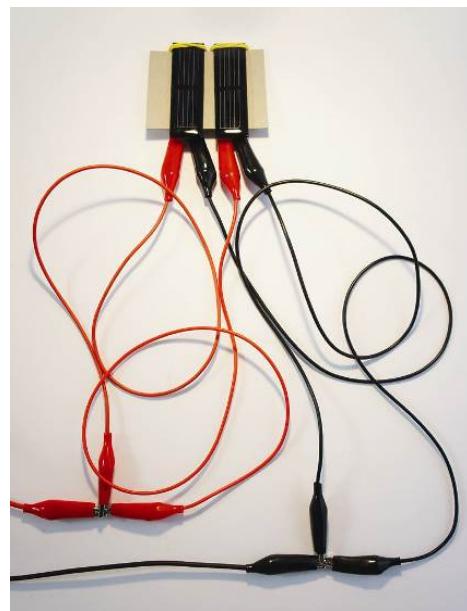


Abb. 19: Richtig: Sichere Verkabelung bei paralleler Schaltung. Die zwei Solarzellen werden über Kreuzungspunkt der Kabel parallel angeschlossen.

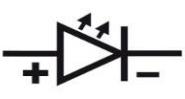
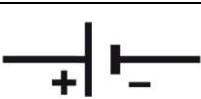
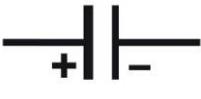
## 4 Umgang mit Batterien und Akkus

Akkus sollten sofort nach Gebrauch wieder aufgeladen werden. Das empfiehlt sich auch nach längerem Nichtgebrauch.

Batterien und Akkus dürfen niemals kurzgeschlossen werden. Bei Kurzschluss fließt kurzzeitig ein Strom von mehreren Ampere (bei Alkalimangan Mignonbatterien z. B. bis zu 80 A). Bestenfalls kommt es dadurch zu Tiefentladung und Zerstörung der Batterie bzw. des Akkus. Schlimmstenfalls kommt es zu Explosion und Brand. Auch ein Erhitzen des Akkus kann zur Explosion führen. Batterien und Akkus dürfen nicht in den normalen Hausmüll entsorgt werden, sondern müssen dem Recycling zugeführt werden.

## 5 Anhang: Schalsymbole

Um Schaltungen „lesen“ zu können, musst du die wichtigsten Schalsymbole kennen.

Gerät	Schalsymbol	Besondere Hinweise
Voltmeter, Spannungsmessung		Das Digitalmultimeter wird zum Voltmeter durch Einschalten der Messfunktionen Gleich- oder Wechselspannung.
Amperemeter, Messung der Stromstärke		Das Digitalmultimeter wird zum Amperemeter durch Einschalten der Messfunktionen Gleich-/Wechselstrom Milliampere bzw. Ampere.
Leuchtdiode		Kurzes Beinchen = Minuspol Langes Beinchen = Pluspol
Motor		Beim Motor wird der Pluspol meist so definiert, dass beim Anlegen von Gleichspannung der Motor im Uhrzeigersinn läuft.
Solarzelle		Die Solarzelle hat als flächiges Bauelement ein eigenes Schalsymbol, das anders ist als das der Photodiode. Nicht verwechseln!
Akku, Batterie		Keine
Widerstand		Keine
Potentiometer		Variabler Widerstand, durch einen verschiebbaren Schleifkontakt kann der Widerstand eingestellt werden.
Kondensator		Kondensator kleiner Kapazität, hier spielt die Polung keine Rolle.
Elektrolytkondensator		Bei Kondensatoren großer Kapazität werden Elektrolyte eingesetzt. Deshalb spielt die Polung eine Rolle. Sie können durch falsche Polung zerstört werden.
Glühlampe		Keine