



Das Ohmsche Gesetz



Von TryEngineering - www.tryengineering.org

Klicken Sie hier, um Ihr Feedback zu dieser Unterrichtseinheit abzugeben.

Im Mittelpunkt dieser Lektion

In dieser Lektion wird das Ohmsche Gesetz mithilfe digitaler Multimeter demonstriert. Es wird zu interessanten, praktischen Aktivitäten angeregt, die das Ohmsche Gesetz demonstrieren. Die Lehrer bzw. Lehrerinnen verwenden digitale Multimeter zum Erfassen von Daten, die grafisch dargestellt werden, um zu zeigen, dass Spannung und Strom für gewöhnliche Widerstände durch lineare Funktionen und für Glühlampen durch Potenzfunktionen miteinander verbunden sind.

Zusammenfassung dieser Lektion

Es wird zu interessanten, praktischen Aktivitäten angeregt, die das Ohmsche Gesetz ($E = I \times R$) demonstrieren. Die Lehrer bzw. Lehrerinnen verwenden digitale Multimeter zum Erfassen von Daten, die grafisch dargestellt werden, um zu zeigen, dass Spannung und Strom für gewöhnliche Widerstände durch lineare Funktionen und für Glühlampen durch Potenzfunktionen miteinander verbunden sind.

Altersstufen

10-18.

Ziele

- ✦ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über das Ohmsche Gesetz lernen.
- ✦ Die Schüler und Schülerinnen sollen in der Lage sein, mit digitalen Multimetern Daten zu sammeln.
- ✦ Die Schüler und Schülerinnen sollen die Konzepte von Spannung und Strom untersuchen.

Erwartete Ergebnisse zum Vorteil der Lernenden

Als Ergebnis dieser Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen ein Verständnis der folgenden Konzepte entwickeln:

- ✦ Ohmsches Gesetz
- ✦ Beziehung zwischen Spannung, Strom und Widerstand in einem elektrischen Schaltkreis
- ✦ Messungen und grafische Darstellung von Daten
- ✦ Grundlagen der Verdrahtung und Konstruktion eines digitalen Multimeters zur Datenerfassung

Ohmsches Gesetz: Einführung

Was ist das Ohmsche Gesetz?

Das Ohmsche Gesetz ist eine mathematische Gleichung, die die Beziehung zwischen Spannung, Strom und Widerstand in elektrischen Schaltkreisen erklärt.

Sie ist wie folgt definiert:

$$U = I \times R$$

U = Spannung (Spannung ist der Unterschied des elektrischen Potentials zwischen beiden Punkten eines Drahtleiters. Die Spannung wird in Volt gemessen und stammt von verschiedenen Quellen, z. B. Wandsteckdosen und Batterien.)

I = Strom (Der Strom wird in A gemessen. Strom definiert sich als aufgeladene Partikel, die durch ein leitendes Material von der Spannungsquelle zu einer Masse fließen.)

R = Widerstand (Widerstand ist die hemmende Kraft, die ein fester Körper dem Fluss eines elektrischen Stroms entgegengesetzt. Der Widerstand wird in Ohm gemessen. Beispiele für Gegenstände, die einen Widerstand darstellen, sind Glühlampen und Kaffeemaschinen.)

Aktivitäten dieser Lektion

Die Aktivität besteht aus dem Gebrauch einer nominellen 6-Volt-Batterie (die aus vier in Reihe geschalteten nominellen 1,5-V-Trockenzellen besteht) zu folgenden Zwecken:

- ✦ Es soll Strom durch ein einfaches Schaltkreiselement gesendet werden; der durch das Element fließende Strom und die Spannung über dem Element soll gemessen werden, während die Zahl der Batterien im Batteriehalter zwischen eins und vier variiert wird.
- ✦ Es sollen Punkte auf der Kurve eingezeichnet werden, die die aufgezeichneten Spannungs- und Stromwerte widerspiegeln.
- ✦ Es soll eine „Best-Fit-Kurve“ durch die Datenpunkte für das getestete Element gezeichnet werden.
- ✦ Der Prozess soll für zwei oder drei verschiedene Widerstandskreiselemente wiederholt werden.
- ✦ Die Kurven sollen miteinander verglichen und es sollen Beobachtungen über die Eigenheiten der Kurven für jedes Element getroffen werden.

Es werden sechs Handouts für Lehrer bereitgestellt:

- ✦ Informationsblatt zum Ohmschen Gesetz
- ✦ Schrittweise Anleitung für den Unterrichtsplan
- ✦ Anhang 1: Vorschläge für die Materialbeschaffung
- ✦ Anhang 2: Montageanleitung für einen Durchgangsprüfer
- ✦ Anhang 3: Fotos und Diagramme alternativer Einzelzellen-Batteriehalter
- ✦ Anhang 4: Optionale Aktivität „Isolatoren und Leiter“

Zur Vorbereitung werden zwei Handouts für Schüler bereitgestellt:

- ✦ Informationsblatt zum Ohmschen Gesetz
- ✦ Schrittweise Verfahren

Ressourcen/Materialien

Siehe die beiliegenden Schülerarbeitsblätter und Ressourcendokumente für Lehrer.

Abstimmung auf Lehrpläne

Siehe das beiliegende Lehrplan-Abstimmungsblatt.

Weiterführende Websites

- ✦ TryEngineering (www.tryengineering.org)
- ✦ IEEE Virtual Museum (www.ieee-virtual-museum.org); in englischer Sprache.
- ✦ International Technology Education Association Standards for Technological Literacy (www.iteawww.org/TAA/PDFs/ListingofSTLContentStandards.pdf); in englischer Sprache.
- ✦ McREL Compendium of Standards and Benchmarks (www.mcrel.org/standards-benchmarks) Eine absuchbare Zusammenstellung inhaltsbezogener Standards für Lehrpläne vom Kindergarten bis zur 12. Klasse. In englischer Sprache.
- ✦ National Council of Teachers of Mathematics: Grundsätze und Standards für den Mathematikunterricht (www.nctm.org/standards); in englischer Sprache.
- ✦ Nationale Standards für die Wissenschaftsausbildung (www.nsta.org/standards); in englischer Sprache.
- ✦ Ohm's Law (www.ohmslaw.com); in englischer Sprache.

Literaturempfehlungen

- ✦ Tom Henry, *Ohm's Law, Electrical Math and Voltage Drop Calculations*. ISBN: 0945495269 (englisch)
- ✦ Bill Bryson, *Eine kurze Geschichte von fast allem*. Herausgeber: Broadway. ISBN: 0767908171

Optionale Schreibaktivität

- ✦ Nenne Beispiele für Widerstände aus dem eigenen Haus. Fertige eine Liste mit Beispielen für Gegenstände mit Widerständen an, die in einer Küche zu finden sind.

Quellen

Ralph D. Painter
Florida West Coast USA Section des IEEE
URL: <http://ewh.ieee.org/r3/floridawc>

Das Ohmsche Gesetz



Für Lehrer: Abstimmung auf Lehrpläne

Hinweis: Alle Unterrichtspläne dieser Serie sind mit den vom National Research Council veröffentlichten und von der National Science Teachers Association unterstützten *US National Science Education Standards* (Lernziele in den Naturwissenschaften) und darüber hinaus, sofern zutreffend, mit den *Standards for Technological Literacy* (Standards für technische Bildung) der International Technology Education Association oder den *Principles and Standards for School Mathematics* (Grundsätze und Standards für den Mathematikunterricht) des National Council of Teachers of Mathematics abgestimmt.

◆ National Science Education Standards, 5. bis 8. Klasse (10-14 Jahre)

INHALTSSTANDARD A: Wissenschaft als Erkundung

Als Ergebnis dieser Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen Folgendes entwickeln:

- ✦ Zur Durchführung einer wissenschaftlichen Erkundung notwendige Fähigkeiten
- ✦ Verständnis wissenschaftlicher Erkundungen

INHALTSSTANDARD B: Naturwissenschaft

Als Ergebnis ihrer Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen ein Verständnis des Folgenden entwickeln:

- ✦ Energieübertragung

◆ National Science Education Standards, 9. bis 12. Klasse (15-18 Jahre)

INHALTSSTANDARD A: Wissenschaft als Erkundung

Als Ergebnis dieser Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen Folgendes entwickeln:

- ✦ Zur Durchführung einer wissenschaftlichen Erkundung notwendige Fähigkeiten
- ✦ Verständnis wissenschaftlicher Erkundungen

INHALTSSTANDARD B: Naturwissenschaft

Als Ergebnis ihrer Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen ein Verständnis des Folgenden entwickeln:

- ✦ Wechselwirkung zwischen Energie und Materie

◆ Standards für technische Bildung - alle Altersstufen

Design

- ✦ Standard 10: Die Schüler und Schülerinnen müssen ein Verständnis der Funktion der Fehlersuche, der Forschung und Entwicklung, von Erfindungen und Innovationen und der Experimentierung bei der Problemlösung entwickeln.

Die geplante Welt

- ✦ Standard 16: Die Schüler und Schülerinnen müssen ein Verständnis von Energie- und Antriebstechnologien sowie die Fähigkeit zu deren Auswahl und Nutzung entwickeln.

◆ Grundsätze und Standards für den Mathematikunterricht (10-14 Jahre)

Mess-Standards

- Zur Bestimmung von Messwerten müssen angemessene Methoden, Werkzeuge und Formeln verwendet werden.

- ✦ Zur Auswahl angemessener Methoden zum Schätzen von Messwerten müssen die üblichen Bezugspunkte verwendet werden.

◆ Grundsätze und Standards für den Mathematikunterricht (14-18 Jahre)

Mess-Standards

- Die messbaren Attribute von Objekten und die Messeinheiten, -systeme und -verfahren müssen verstanden werden.

- ✦ Es müssen Entscheidungen über Messeinheiten und -skalen getroffen werden, die für Problemsituationen im Zusammenhang mit Messungen geeignet sind.
- Zur Bestimmung von Messwerten müssen angemessene Methoden, Werkzeuge und Formeln verwendet werden.
- ✦ Präzision, Genauigkeit und ungefähres Fehlermaß in Messsituationen müssen analysiert werden.
- ✦ Zur Überprüfung von Messwertberechnungen muss die Einheitenanalyse angewandt werden.

Das Ohmsche Gesetz



Für Lehrer: Ressourcen für Lehrer – Informationsblatt zum Ohmschen Gesetz

Was ist das Ohmsche Gesetz?

Das Ohmsche Gesetz ist eine mathematische Gleichung, die die Beziehung zwischen Spannung, Strom und Widerstand in elektrischen Schaltkreisen erklärt. Sie ist wie folgt definiert:

$$U = I \times R$$

U = Spannung (Spannung ist der Unterschied des elektrischen Potentials zwischen beiden Punkten eines Drahtleiters. Die Spannung wird in Volt gemessen und stammt von verschiedenen Quellen, z. B. Wandsteckdosen und Batterien.)

I = Strom (Der Strom wird in A gemessen. Strom definiert sich als aufgeladene Partikel, die durch ein leitendes Material von der Spannungsquelle zu einer Masse fließen.)

R = Widerstand (Widerstand ist die hemmende Kraft, die ein fester Körper dem Fluss eines elektrischen Stroms entgegensetzt. Der Widerstand wird in Ohm gemessen. Beispiele für Gegenstände, die einen Widerstand darstellen, sind Glühlampen und Kaffeemaschinen.)

Ein Widerstand ist das einfachste der drei passiven Schaltelemente.

Es gibt drei Elemente passiver Schaltkreise: den Kondensator, der Energie als elektrisches Feld speichert, den Induktor, der Energie als Magnetfeld speichert, und den Widerstand, der Energie abgibt, anstatt sie zu speichern. Bei dieser Übung geht es nur um den Widerstand, also das einfachste der drei Elemente passiver Schaltkreise. Es werden jedoch zwei Arten von Widerständen getestet: lineare Widerstände mit einem konstanten bzw. Festwiderstand, und die Glühlampe, die sich durch einen nicht linearen Widerstand auszeichnet, der je nach der durch die Glühlampe fließenden Stromstärke schwankt.

Im Notationssystem herrscht Tradition.

Der Buchstabe „R“ steht – abgeleitet vom englischen Wort *resistance* – für Widerstand. Der Gebrauch der Buchstaben „E“ für die Spannung und „I“ für den Strom leitet sich aus der Geschichte her. Das Formelzeichen „U“ ist aus dem Lateinischen abgeleitet (*urgere* = drängen, treiben, drücken) und steht für die „elektromotorische Kraft“. Dies ist der ursprüngliche Begriff für die Größe, die elektrische Ladungen durch einen Schaltkreis treibt. Heutzutage wird die elektromotorische Kraft generell als „Spannung“ bezeichnet, die entweder aus einer Quelle wie einer Batterie oder aus dem Potenzial herrührt, das über einem Widerstand entwickelt wird, durch den die Ladung hindurchfließt. In ähnlicher Weise wurde in den Anfangszeiten der Entwicklung der elektrischen Theorie die Größe der innerhalb eines bestimmten Zeitraums durch einen Schaltkreis fließenden Ladung als „Intensität“ bezeichnet, also eine Größe, die heutzutage generell „Strom“ oder „Stromstärke“ heißt und für gewöhnlich einfach mit „A“ (für Ampere) abgekürzt wird. Für unsere Zwecke hier bezeichnen wir die Größe „U“, die die Ladung durch den Widerstand treibt, als die „Spannung“, und die Größe „I“, also die Menge der innerhalb eines bestimmten Zeitraums durch den Widerstand fließenden Ladung, als den „Strom“. Das Ohmsche Gesetz definiert den Widerstand als das Verhältnis der Spannung über dem Element zu dem durch das Element fließenden Strom.

$$U = I R \quad \text{Ohmsches Gesetz}$$

$$R = U / I \quad \text{Definition des Widerstands nach dem Ohmschen Gesetz}$$

Das Ohmsche Gesetz

Das Ohmsche Gesetz

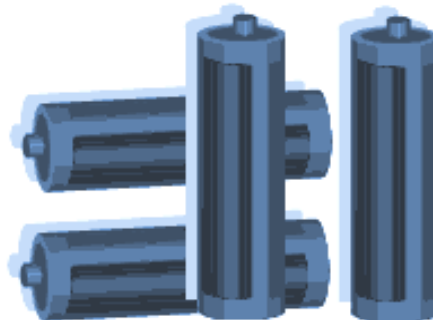


Für Lehrer: Ressourcen für Lehrer – Schrittweise Anleitung für den Unterrichtsplan

Beschreibung der Lektion

Die Aktivität besteht aus dem Gebrauch einer nominellen 6-Volt-Batterie (die aus vier in Reihe geschalteten nominellen 1,5-V-Trockenzellen besteht) zu folgenden Zwecken:

- ✦ Es soll Strom durch ein einfaches Schaltelement gesendet werden; der durch das Element fließende Strom und die Spannung über dem Element soll gemessen werden, während die Zahl der Batterien im Batteriehalter zwischen eins und vier variiert wird.
- ✦ Es sollen Punkte auf der Kurve eingezeichnet werden, die die aufgezeichneten Spannungs- und Stromwerte widerspiegeln.
- ✦ Es soll eine „Best-Fit-Kurve“ durch die Datenpunkte für das getestete Element gezeichnet werden.
- ✦ Der Prozess soll für zwei oder drei verschiedene Schaltelemente wiederholt werden.
- ✦ Die Kurven sollen miteinander verglichen und es sollen Beobachtungen über die Eigenheiten der Kurven für jedes Element getroffen werden.



Ausstattung

Drei gut funktionierende Schaltelemente sind ein 47-Ohm-Widerstand, ein 100-Ohm-Widerstand und eine Taschenlampen-Glühlampe (6,3 V Nennspannung, 150 mA). Zusammen mit der hier abgebildeten Ausrüstung wird ein Durchgangsprüfer verwendet, der aus einem Batteriehalter für vier Mignon (AA)-Batterien besteht, der mit einer Miniatur-Glühlampenschraubfassung in Serie geschaltet ist. Der frei liegende Draht vom Batteriehalter und der frei liegende Draht von der Lampenfassung werden auf zwei kleinen, flachen Messingverbindungsplatten abgeschlossen. Die auf Durchgang zu prüfenden Objekte werden zum Überbrücken des schmalen Spalts zwischen den Messingverbindungsplatten benutzt. Eine vollständige Anleitung für den Zusammenbau des Durchgangsprüfers befindet sich in Anhang 1.

Diese Aktivität funktioniert jedoch genauso gut mit Baby (C)- oder Mono (D)-Batterien in Batteriehaltern für vier Batterien oder nach Bedarf in Reihe geschalteten Einzelzellen-Batteriehaltern. Schaltpläne und Fotos einer alternativen Anordnung mit einzelnen Batteriehaltern sind in Anhang 2 zu sehen.

Obwohl diese Aktivität auch mit einem einzigen Messgerät durchgeführt werden kann, ist es am besten, wenn pro Arbeitsstation zwei Multimeter zur Verfügung stehen. Ein Multimeter misst auf einer 200-mA-Skala den durch das jeweils getestete Schaltelement fließenden Strom und ein zweites Multimeter misst auf einer 20-V-Skala den Spannungsabfall an dem getesteten Schaltelement. Hierzu eignet sich nahezu jedes Modell eines digitalen oder analogen Multimeters. Um alle Verbindungen herzustellen, werden drei oder vier kurze Abgreifklemmen-Prüfleitungen benötigt. Umfassende Details zur benötigten Ausrüstung und den geschätzten Kosten sind in Anhang 3 enthalten.

Für Lehrer: Schrittweise Anleitung für den Unterrichtsplan (Fortsetzung)

Erfassen der Daten und Einzeichnen der Kurven

Befolgen Sie die schrittweise Anleitung, die mit den Schüler-Handouts in Anhang 5 ausgeteilt wird, um die Daten zu sammeln und die U-I-Kurven für die Glühlampe und einen oder zwei Festwiderstände grafisch darzustellen. Abbildung 4 zeigt ein Kurven- und Datenblatt mit typischen von Schülern eingetragenen Daten für die Glühlampe und die Widerstände.

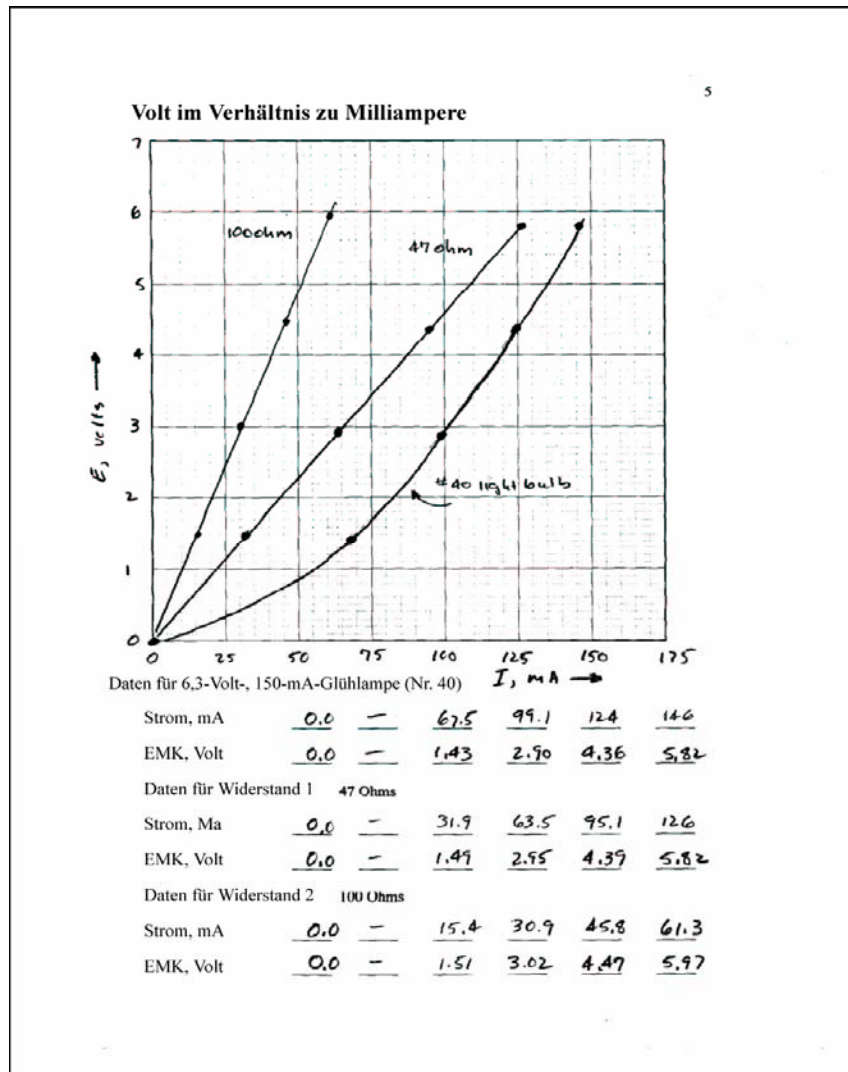


Abbildung 4

Nachdem die Schüler die Daten erfolgreich erfasst und die Kurven auf den Diagrammen eingezeichnet haben, können sie Beobachtungen über das Verhältnis zwischen den Spannungen über den Widerständen und den durch die Widerstände fließenden Strom anstellen. Fordern Sie die Schüler und Schülerinnen auf, die Entdeckungsaktivitäten auf den folgenden Seiten durchzuführen. Je nach Ihren Schülern und Schülerinnen können diese Entdeckungsaktivitäten entweder von diesen für sich oder als Gruppen- oder Klassenübung absolviert werden. Die Beispielswerte in der unten folgenden Entdeckungsübung entsprechen den typischen Schülerdaten aus Abbildung 4.

Für Lehrer: Schrittweise Anleitung für den Unterrichtsplan (Fortsetzung)

Entdeckung eines Beispiels für das Ohmsche Gesetz

1. Ziehen Sie bei $U = 5$ Volt eine waagerechte Linie auf dem Diagramm und dann senkrechte Linien von den Schnittstellen der waagerechten Linie und der Kurven für den 100-Ohm- und 47-Ohm-Widerstand nach unten (siehe Bild unten).

Tragen Sie die Milliampere-Werte für I_{100} und I_{47} unten in die Leerstellen ein und rechnen Sie diese Werte in Ampere um, indem Sie sie mit $1 \text{ A}/1000 \text{ mA}$ multiplizieren.

$$I_{100} = \underline{52} \text{ mA} \times (1 \text{ A} / 1000 \text{ mA}) = \underline{0,052} \text{ A}$$

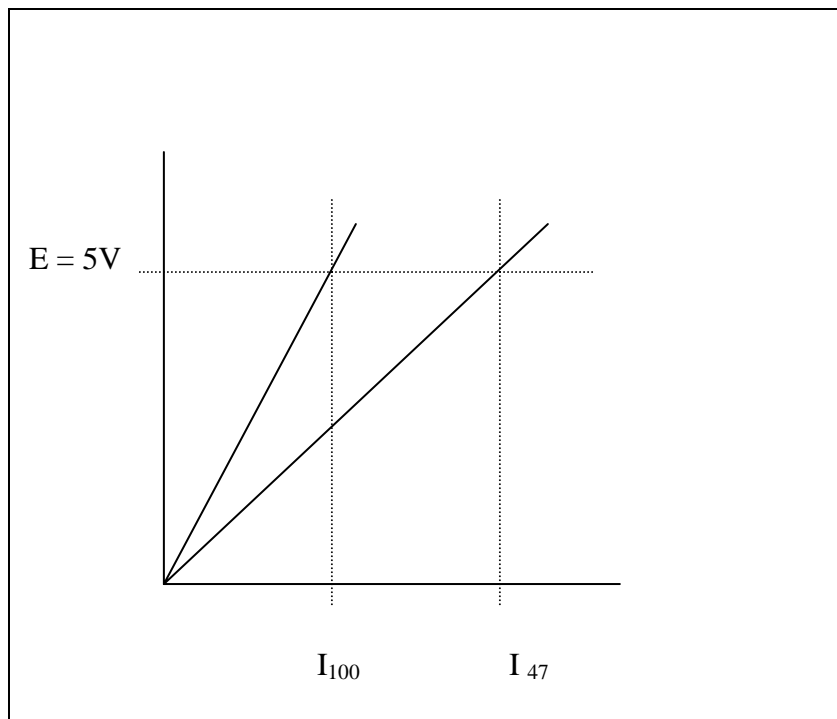
$$I_{47} = \underline{108} \text{ mA} \times (1 \text{ A} / 1000 \text{ mA}) = \underline{0,108} \text{ A}$$

2. Berechnen Sie dann ausgehend von den Amperewerten für I_{100} and I_{47} die Widerstände R_{100} und R_{47} .

$$R_{100} = 5 \text{ V} / I_{100} = 5 \text{ V} / 0,052 \text{ A} = \underline{96} \text{ Ohm}$$

$$R_{47} = 5 \text{ V} / I_{47} = 5 \text{ V} / 0,108 \text{ A} = \underline{46} \text{ Ohm.}$$

Wie lassen sich die oben in Frage 3 berechneten Werte für R_{100} and R_{47} mit den Nennwerten von 100 und 47 Ohm für die Widerstände vergleichen?



Für Lehrer: Schrittweise Anleitung für den Unterrichtsplan (Fortsetzung)

Offensichtlich ist der Widerstand eines Festwiderstandselements die Steigung der Linie, die das Verhältnis zwischen Spannung und Strom definiert. Dies lässt sich auch so formulieren, dass die Spannung über dem Widerstand proportional zu dem Strom ist, der durch den Widerstand fließt. Der Widerstand ist lediglich die Proportionalitätskonstante zwischen Spannung und Strom.

3. Schreiben von U-I-Gleichungen für die Festwiderstände.

Die Gleichungen der Linie auf den U-I-Kurven lassen sich durch Ersetzen der aus den obigen Daten abgeleiteten Werte für R_{100} and R_{47} schreiben.

Für den 100-Ohm-Widerstand

$$U = R_{100} I = (\underline{96} \text{ Ohm}) I$$

Und für den 47-Ohm-Widerstand

$$U = R_{47} I = (\underline{46} \text{ Ohm}) I$$

Setzen Sie in den obigen Gleichungen den Wert 0,050 (50 mA) ein und berechnen Sie die resultierenden Spannungen für den 100- und 47-Ohm Widerstand.

Für den 100-Ohm-Widerstand

$$E = R_{100} 0,050 \text{ A} = \underline{96} \text{ Ohm} \times 0,050 \text{ A} = \underline{4,8} \text{ Volt.}$$

Und ähnlich für den 47-Ohm-Widerstand

$$E = R_{47} 0,050 \text{ A} = \underline{46} \text{ Ohm} \times 0,050 \text{ A} = \underline{2,3} \text{ Volt.}$$

Zeichnen Sie diese beiden Punkte auf den Diagrammen ein, um zu bestätigen, dass die Punkte auf oder in unmittelbarer Nähe zu den Linien für den 100- und 47-Ohm-Widerstand liegen.

Geordnete Paare zur grafischen Darstellung:

100-Ohm-Widerstand-Datenpunkt: 50 mA, 4,8 V

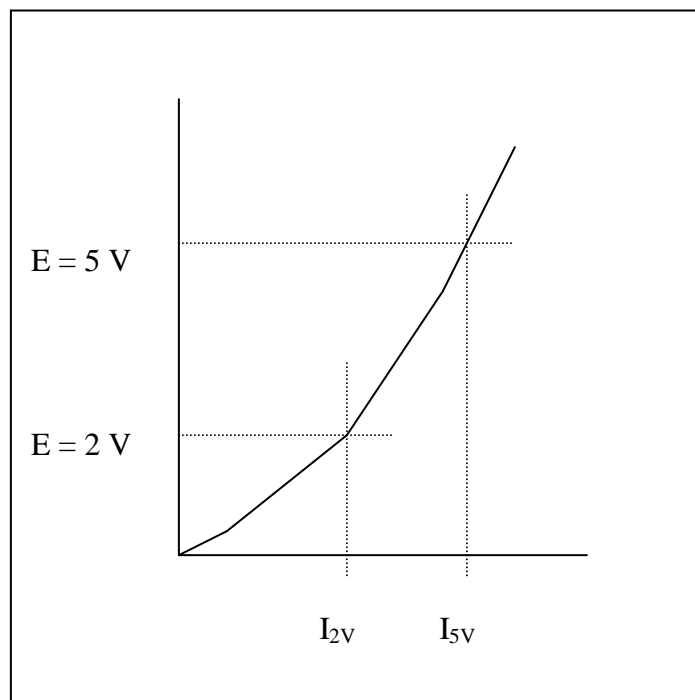
47-Ohm-Widerstand-Datenpunkt: 50 mA, 2,3 V

Für Lehrer: Schrittweise Anleitung für den Unterrichtsplan (Fortsetzung)

4. Schreiben einer U-I-Gleichung für die Glühlampe.

Jetzt wollen wir näher untersuchen, was es mit der Glühlampe auf sich hat. Wie wird der Widerstand für die Glühlampe angesichts der Tatsache definiert, dass die U-I-Kurve in diesem Fall keine gerade Linie ist? Der Widerstand für die Glühlampe wird genau wie bei den Festwiderständen als das Verhältnis der Spannung zum Strom definiert. Aus der folgenden Aktivität ist jedoch ersichtlich, dass der Widerstand jetzt kein Festwert mehr ist.

Die U-I-Kurve für die Glühlampe ist in dem unten folgenden Diagramm dargestellt. Zeichnen Sie zwei waagerechte Linien an den Punkten $U = 5\text{ V}$ und $U = 2\text{ V}$, die sich mit der Kurve schneiden, und zeichnen Sie zwei senkrechte Linien von den Schnittpunkten aus nach unten. Lesen Sie die Werte für I_{2V} und I_{5V} auf der mA-Skala ab.



Tragen Sie die Milliampere-Werte für I_{2V} und I_{5V} unten in die Leerstellen ein und rechnen Sie diese Werte in Ampere um, indem Sie sie mit $1\text{ A}/1000\text{ mA}$ multiplizieren.

$$I_{2V} = \underline{83} \text{ mA} \times (1\text{ A} / 1000\text{ mA}) = \underline{0,083} \text{ A}$$

$$I_{5V} = \underline{136} \text{ mA} \times (1\text{ A} / 1000\text{ mA}) = \underline{0,136} \text{ A}$$

Für Lehrer: Schrittweise Anleitung für den Unterrichtsplan (Fortsetzung)

Berechnen Sie dann ausgehend von den Amperewerten für I_{2V} and I_{5V} die Widerstände R_{2V} und R_{5V} .

$$R_{2V} = 2 \text{ V} / I_{2V} = 2 \text{ V} / 0,083 \text{ A} = \underline{\quad 24 \quad} \text{ Ohm.}$$

$$R_{5V} = 5 \text{ V} / I_{5V} = 5 \text{ V} / 0,136 \text{ A} = \underline{\quad 37 \quad} \text{ Ohm}$$

Die Werte für R_{2V} und R_{5V} sind deutlich voneinander unterschieden, was nicht überrascht, da die U-I-Kurve für die Glühlampe keine gerade Linie ist. Der Vorgang des Schreibens einer Gleichung, die das Verhältnis zwischen Spannung und Strom für die Glühlampe ausdrückt, ist etwas komplizierter, als lediglich der Tatsache Rechnung zu tragen, dass der Widerstand die Steigung der U-I-Kurve wie im Fall der Festwiderstände ist. Eine parabolische Gleichung der Art $U = k I^2$ kann aus einem beliebigen Datenpunkt hergeleitet werden. Generell durchschneidet die Kurve jedoch den Anfangspunkt sowie den Punkt, der zur Herleitung des Wertes von k verwendet wurde, aber andere Datenpunkte können sich in einem deutlichen Abstand von der Kurve befinden. Es können auch komplexere Polynomgleichungen hergeleitet werden, deren Kurve alle Datenpunkte durchschneidet; die dazu notwendigen mathematischen Berechnungen liegen jedoch außerhalb des Anspruchs dieser Aktivität.

In diesem Beispiel wird zur Berechnung des k -Wertes der Punkt 124 mA, 4,36 V verwendet:

$$k = U / I^2 = 4,36 \text{ V} / (124 \text{ mA})^2 = 0,000284 \text{ Volt}/(\text{mA})^2$$

Somit kann das Verhältnis zwischen Spannung und Strom für die Glühlampe anhand der unten stehenden Gleichung annäherungsweise festgestellt werden, wobei U in Volt, I in Milliampere und k in den Einheiten Volt/(Milliampere)² ausgedrückt werden.

$$U = k I^2 = 0,000284 \text{ Volt}/(\text{mA})^2 I^2$$

Die tatsächlichen Daten für die Glühlampe und die Kurvenanpassungsdaten werden zum Vergleich auf der nächsten Seite in ein gemeinsames Diagramm eingetragen. Der erste Punkt wird als Beispiel nachfolgend berechnet.

$$I = 67,5 \text{ mA, daraus folgt } U = [0,000284 \text{ V}/(\text{mA})^2](67,5 \text{ mA})^2 = 1,29 \text{ V}$$

I, mA	<u>0,0</u>	<u>67,5</u>	<u>99,1</u>	<u>124</u>	<u>146</u>
U = k I ²	<u>0,0</u>	<u>1,29</u>	<u>2,78</u>	<u>4,36</u>	<u>6,04</u>

**Für Lehrer:
Schrittweise Anleitung für den Unterrichtsplan
(Fortsetzung)**

**U-I-Kurven für gemessene Glühlampendaten und
parabolische Kurvenanpassung für die Glühlampe**

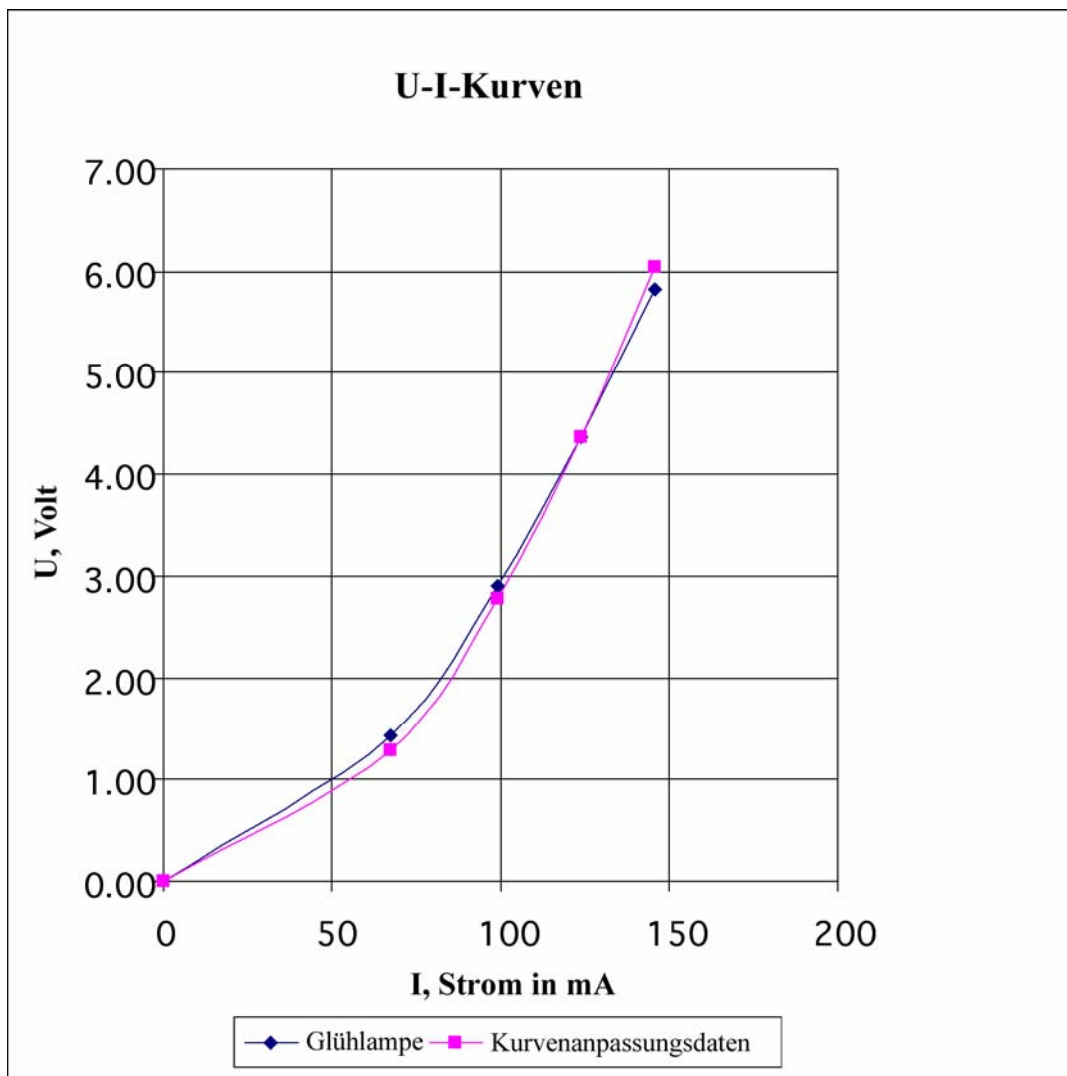
Daten für 6,3-V-, 150-mA-Glühlampe

I, Strom, mA	0	67,5	99,1	124	146
U, EMK, Volt	0,00	1,43	2,90	4,36	5,82

$$k = E / I^2 = 4,36 \text{ V} / (124 \text{ mA})^2 = 0,000284 \text{ V/mA}^2$$

Parabolische Kurvenanpassung für Daten für 6,3-V-,
150-mA-Glühlampe

I, Strom, mA	0	67,5	99,1	124	146
E, EMK, Volt = $k I^2$	0,00	1,29	2,78	4,36	6,04



Für Lehrer: Schrittweise Anleitung für den Unterrichtsplan (Fortsetzung)

Herstellen der mathematischen Verbindung

Die meisten Realschüler und Gymnasiasten werden sofort erkennen, dass die Gleichung $y = m x + b$ die Gleichung einer Linie in der xy -Ebene und dass „ m “ die Steigung der Linie ist und dass die Linie den Punkt „ b “ auf der y -Achse schneidet. Außerdem werden die meisten Schüler bemerken, dass die Gleichung $y = m x$ einen Sonderfall darstellt, bei dem die Linie den Anfangspunkt der xy -ebene schneidet. In den meisten Fällen scheinen die Schüler jedoch Schwierigkeiten zu haben, zu erkennen, dass das Ohmsche Gesetz, das gewöhnlich mit der Gleichung „ $U = I \cdot R$ “ ausgedrückt wird, auch die Gleichung einer geraden Linie durch den Anfangspunkt einer Ebene ist, wobei „ U “ auf der senkrechten Achse und „ I “ auf der waagerechten Achse eingezeichnet wird. Diese Übung soll den Schülern und Schülerinnen dabei helfen, die Verbindung zwischen den im ersten Algebrajahr gelernten abstrakten Konzepten und den physischen Mengen der elektromotorischen Kraft (Spannung) und des elektrischen Stroms zu erkennen.

Bei einem Festwiderstand ist das Ohmsche Gesetz der einfache Ausdruck des proportionalen Verhältnisses zwischen der elektromotorischen Kraft in Volt und dem Strom in Ampere. Normalerweise wird das Ohmsche Gesetz für Gleichstromkreise wie folgt ausgedrückt:

$$U = I \cdot R \quad \text{Ohmsches Gesetz}$$

Dabei ist „ U “ die in Volt ausgedrückte elektromotorische Kraft, „ I “ der in Ampere ausgedrückte elektrische Strom und „ R “ der Widerstand in Ohm.

Im Falle eines gewöhnlichen Festwiderstands ist „ R “ eine Konstante, die die Proportionalität zwischen den Variablen „ U “ und „ I “ zum Ausdruck bringt.

Wenn $U = y$, $I = x$ und $b = 0$, ist leicht zu erkennen, dass die Gleichung die Form $y = m x + b$ hat und dass R die Steigung der auf der U - I -Ebene eingetragenen Linie ist.

Durch das Schreiben des Ohmschen Gesetzes mit Tiefzahlen und eine andere Anordnung von R und I wird die Entsprechung zwischen U , R und I und y , m und x in der Punkt-Steigung-Form einer linearen Gleichung betont.

$$U_y = R_m I_x$$

Grafische Taschenrechner

Die Spannungs- und Stromdaten für die Widerstände und die Glühlampe können auch in einen grafischen Taschenrechner wie den TI-83 eingegeben werden, um lineare oder quadratische „Best-Fit“-Gleichungen herzuleiten. Der Gebrauch grafischer Taschenrechner zur Analyse physikalischer Daten eignet sich auch sehr gut dazu, Schülern die Verbindung zwischen abstrakten mathematischen Konzepten und der Welt, in der sie leben, zu verdeutlichen.

Das Ohmsche Gesetz



Für Lehrer:

Anhang 1: Bezugsquellen und Kosten der erforderlichen Materialien

Haftungsausschluss: Die folgenden Hinweise zu Bezugsquellen und Kosten sind nur als praktische Informationen gedacht; sie stellen keine Werbung für bestimmte Anbieter oder Produkte dar. Die Erwähnung von Produkten mit ihrem Namen, ihrem Modell oder ihrer Bestellnummer bedeutet keine Gewährleistung der Sicherheit des Produkts oder seiner Eignung zu einem bestimmten Zweck. Die angegebenen Kosten sind die zum Abschluss des Jahres 2003 geltenden Preise auf der Grundlage der vom Verfasser dieses Textes gemachten Erfahrungen und werden hier lediglich zu Informationszwecken aufgeführt. Weder IEEE noch der Verfasser bietet diese Produkte zu irgendeinem Preis zum Verkauf an.

Kontaktinformationen für einige Anbieter der Materialien

- ✦ Omnitron Electronics (www.omnitronelectronics.com)
- ✦ Radio Shack (www.radioshack.com)

Elektronikgeschäfte		Radio Shack	Für 30 Arbeitsstationen	
Beschreibung	Radio Shack-Bestellnr.	Kosten (\$)	Anz.	Kosten (\$)
Batteriehalter, 4 Mignonzellen	270-391A	1,69	30	50,70
Batteriehalter, 1 Mignonzelle	270-401A	0,99		
Glühlampen-Schraubfassung	272-357	1,59	30	47,70
Prüfleitungen	278-1156C, 10er Pack	4,99		
Widerstand, ½ W, 47 Ohm	271-1105, 5er Pack	0,99	6	5,94
Widerstand, ½ W, 100 Ohm	271-1108, 5er Pack	0,99	6	5,94
Glühlampe, 6,3 V, 150 mA	272-1128, Doppelpack	1,49	15	22,35
Litzendraht, 0,644, 0,812 oder 1,024 mm Durchmesser, beliebige Farbe	278-1225, 3er Pack	4,99	1	4,99
Digital-Multimeter	22-810	19,99		
Lötendraht, 60/40	64-009E, 227 g, 0,8 mm Durchm.	7,99		
Elektronikanbieter im Internet		Omnitron Electronics*		
Beschreibung	Omnitron Electronics-Bestellnr.	Kosten (\$)		
Prüfleitungen	TL-6B, 10er Pack	1,95	10	19,50
Digital-Multimeter	M-1004	3,95	60	237,00
*Die angegebenen Preise beziehen sich auf Bestellmengen ab 25 Stück.				
Heimwerkerläden				
Beschreibung	Artikel	Kosten (\$)		
Verbindungsplatten, Messing, 12,7 x 50,8 mm	Stanley Classic Brassware 80-3770, 3er Pack			
Verbindungsplatten, Messing, 12,7 x 50,8 mm	Brainerd Vollmessing 50651, 4er Pack	1,97	15	29,55
Holz, 25,4 x 152,4 mm Nenngröße (tatsächliche Größe: 19,05 x 139,7 mm)	25,4 x 152,4 mm x 2,4 m lang, Weißholz Nr. 2	4,98	5	24,90

Mignon-Batterien (AA)	Alkalibatterien von Ray O Vac, 30er Packung	9,97	4	39,88
Senkkopfholzschrauben (Nr. 4), 12,7 mm lang	100er Pack	2,68	1	2,68
Senkkopfholzschrauben (Nr. 4), 19,05 mm lang	100er Pack	2,51	1	2,51
Sandpapier, fein, Körnung 120	Packung zu 5 Bögen	1,87	1	1,87
Gesamtkosten für 30 Arbeitsstationen				495,51
Kosten pro Arbeitsstation				16,52

Das Ohmsche Gesetz



Für Lehrer:

Anhang 2: Montageanleitung für einen Durchgangsprüfer

Die für den Durchgangsprüfer benötigten und unten abgebildeten Teile werden auf einer 15,24 cm langen Holzplatte befestigt, die aus einem 2,54 x 15,24 cm großen Holzstück (Nenngröße; tatsächliche Größe ist 19,05 mm x 139,7 mm) ausgeschnitten wird. Die genauen Abmessungen der Platte und die genaue Anordnung der einzelnen Teile sind nicht ausschlaggebend. Der Batteriehalter wird mit zwei 12,7 mm langen Senkkopfh Holzschrauben (Nr. 4) an der Platte anmontiert. Die Glühlampenfassung wird mit zwei 19,05 mm langen Senkkopfh Holzschrauben (Nr. 4) ebenfalls mit der Platte verschraubt. Die Litzendrähte mit dem Durchmesser von 0,812 mm werden mit einigen Tropfen Haftmittel aus einer Heißklebepistole an die Platte angeklebt. Die Messingplatten sind 12,7 x 50,8 mm große, ganz aus Messing bestehende Verbindungsplatten, wie sie in Heimwerkerläden und Tischlereien erhältlich sind. Die Drähte werden mit Lötdraht (60/40) an den Messingplatten angelötet. Weitere Hinweise zu den benötigten Materialien sind Anhang 1 zu entnehmen.

Batteriehalter für 4 Mignon-Batterien

Miniatur-Glühlampen-Schraubfassung



Messing-Verbindungsplatten

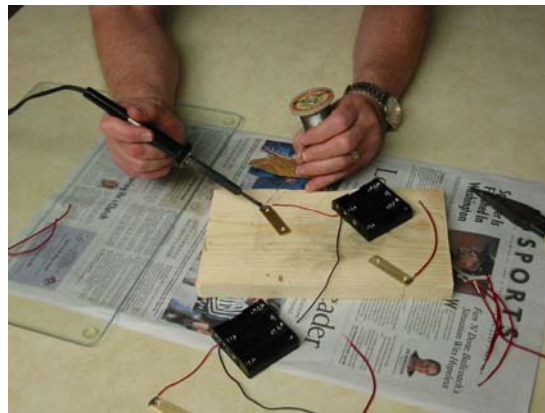
Litzendraht, 0,812 mm Ø

Für Lehrer: Anhang 2: Montageanleitung für einen Durchgangsprüfer (Fortsetzung)

Die Messingplatten sind mit einem Lack überzogen, der einen Beschlag verhindert. Diese Beschichtung ist jedoch nicht leitfähig und muss daher vollständig von den Messingplatten entfernt werden. Der Lacküberzug muss auch deshalb entfernt werden, um die Lötverbindungen herstellen zu können. Mit feinem Sandpapier (mit Körnung 120) lässt sich diese Lackierung einfach entfernen.



Lötnähte können mit einem kleinen 25-Watt-LötKolben angefertigt werden. Die Drahtverbindungen mit den Messingplatten werden vor dem Befestigen der der Messingplatten und des Batteriehalters auf der Platte hergestellt.



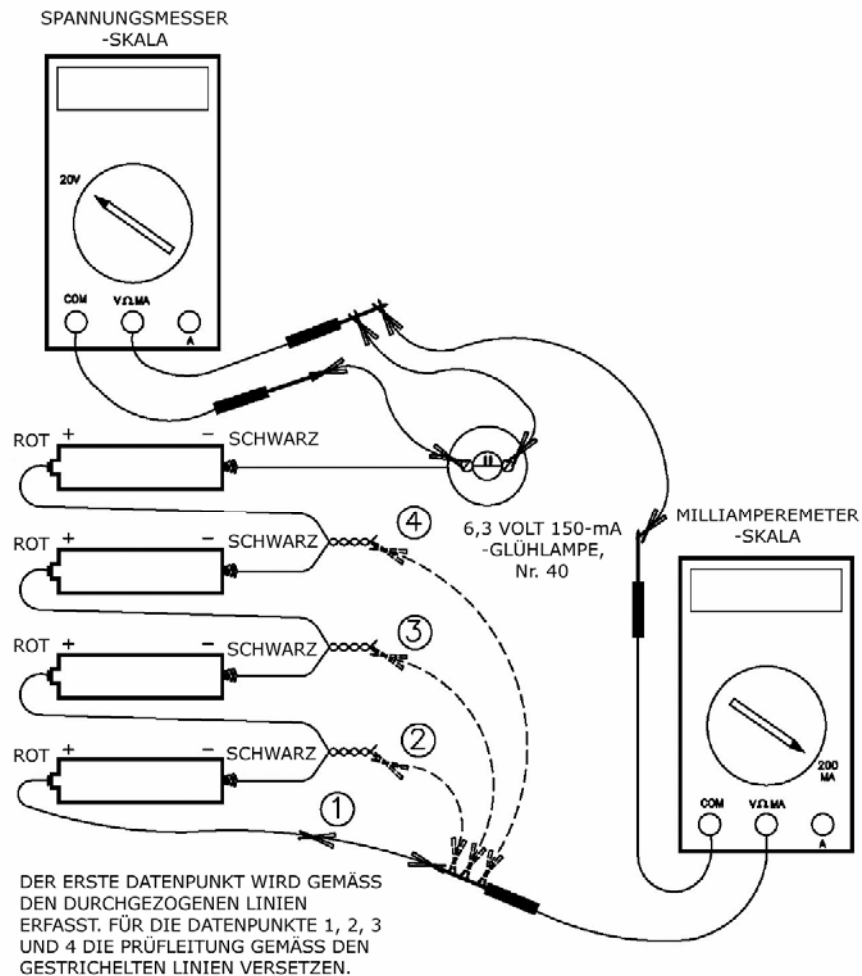
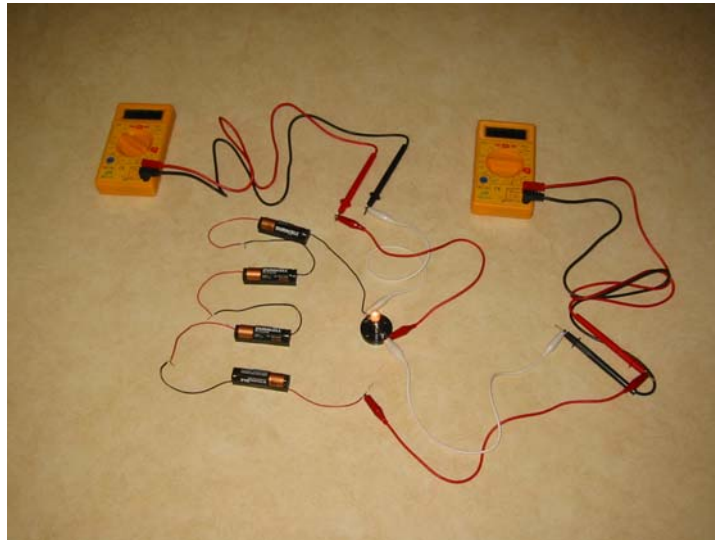
**Im Bild rechts sind die Teile
vor der Anbringung
dargestellt.**



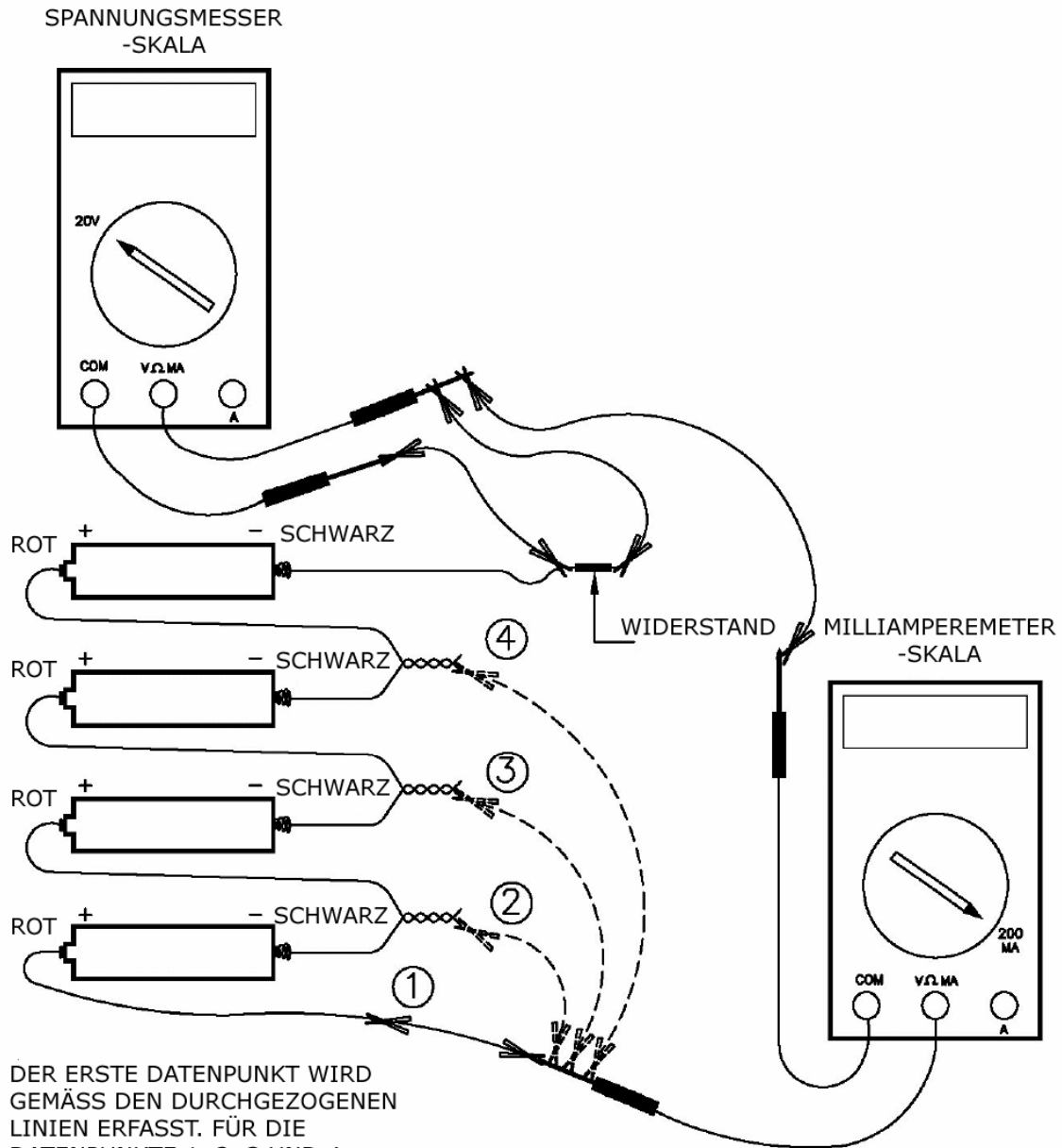
Das Ohmsche Gesetz



Für Lehrer:
Anhang 3: Fotos und Diagramme alternativer
Einzelzellen-Batteriehalter



Für Lehrer:
Anhang 3: Fotos und Diagramme alternativer Einzelzellen-Batteriehalter (Fortsetzung)



DER ERSTE DATENPUNKT WIRD GEMÄSS DEN DURCHGEZOGENEN LINIEN ERFASST. FÜR DIE DATENPUNKTE 1, 2, 3 UND 4 DIE PRÜFLEITUNG GEMÄSS DEN GESTRICHELTEN LINIEN VERSETZEN.

Das Ohmsche Gesetz



Für Lehrer:

Optionale Zusatzaktivität

Anhang 4: Aktivität „Isolatoren und Leiter“

Die Aktivität „Isolatoren und Leiter“ eignet sich gut als eine Einführung in die Aktivität „Das Ohmsche Gesetz“ oder auch für eine Besprechung des Wesens von Leitern, Isolatoren und Halbleitern. Die Stromleitplatte ist ein außerordentlich nützliches Hilfsmittel für viele verschiedene Altersstufen von der Grundschule bis zum Gymnasium.

Die Schüler und Schülerinnen erhalten eine Materialsammlung und werden aufgefordert, diese in Stapeln von Leitern und Nichtleitern zu sortieren. Für die erste Sortierung gilt, dass Leiter alle Materialien sind, die ein – wenn auch noch so schwaches – Aufleuchten der Glühlampe zur Folge haben, während Nichtleiter Materialien sind, bei deren Verwendung die Glühlampe überhaupt nicht aufleuchtet.



Empfohlene Materialien:

- ✦ Nichtleiter: Papier, Holzstäbchen (wie in Eis am Stiel zu finden), Gummibänder, Plastikstrohhalm und Schnüre.
- ✦ Leiter: Gleichrichterdiode (z. B. Radio Shack-Bestellnr. 276-1141 mit 3 A und 50 V), Widerstände (0,5 W, 47 Ω und 0,5 W, 100 Ω), Bleistiftmine, Alufolie, kleine Messingmünzen, Stahlnagel, Kupferdraht.

Für Lehrer:

Optionale Zusatzaktivität

Anhang 4: Aktivität „Isolatoren und Leiter“ (Fortsetzung)

Nach dem ersten Sortiervorgang werden die Schüler und Schülerinnen aufgefordert, die leitenden Materialien weiter in zwei Gruppen zu sortieren: in Gruppe 1, die jene Materialien enthält, bei deren Verwendung die Glühlampe sehr hell leuchtet, und in Gruppe 2, die Materialien enthält, bei deren Verwendung die Glühlampe deutlich schwächer leuchtet. Die Materialien der Gruppe 1 beinhalten Werkstoffe, die aus gängigen Metallen wie Aluminium, Kupfer und Eisen bestehen.

Die Materialien der Gruppe 2, die Elektrizität gut genug leiten, damit die Glühlampe schwach leuchtet, aber nicht so hell wie bei den Leitern aus Metall, enthalten den 47-Ohm-Widerstand, den 100-Ohm-Widerstand, die Diode und die Bleistiftmine.

Lassen Sie die Schüler und Schülerinnen die Helligkeit der Glühlampe bei einer Reihenschaltung mit dem 47-Ohm-Widerstand mit der Helligkeit der Lampe beim Betrieb mit dem 100-Ohm-Widerstand vergleichen. Je nachdem, wie neu die Batterien sind, ist es möglich, dass der Glühfaden beim Anschließen an den 100-Ohm-Widerstand gerade noch leuchtet.

Die Diode ist das einzige Material, das Strom nur in eine, aber nicht in die andere Richtung leitet. Eine Besprechung der Funktionsweise einer Diode ist eine gute Einführung in eine Diskussion über Halbleiter.

Eine Bleistiftmine ist ebenfalls ein hochinteressantes Material. Es ist wichtig, den Schülern und Schülerinnen klar zu machen, dass eine Bleistiftmine keine metallischen Leiter enthält, sondern eine als „Graphit“ bezeichnete Art von Kohle ist. Anhand der Tatsache, dass auch Diamanten ganz aus Kohlenstoffatomen bestehen, sie aber dennoch gute Isolatoren sind, lässt sich eindrucksvoll zeigen, dass Werkstoffe ihre elektrischen Leitungsfähigkeit bzw. -unfähigkeit nicht nur der Art der vorhandenen Atome verdanken, sondern auch deren Anordnung in einer bestimmten Gefügebildung.

Ein Bleistift trägt das Wort „Blei“ in seinem Namen, einfach weil dieses vom Aussehen her metallischem Blei ähnlich ist. Graphit ist somit ein gutes Beispiel für einen nichtmetallischen Leiter. Graphit ist darüber hinaus auch ein ausgezeichneter Schmierstoff, der auch gegenüber hohen Temperaturen beständig ist. Da Graphit schlüpfrig, aber nicht klebrig ist wie Schmieröl, wird es als Schmiermittel für Schlösser und Fahrradketten verwendet. Durch die Kombination aus Schmier- und Leiteigenschaften eignet sich Graphit auch hervorragend für elektrische Schiebkontakte. So werden beispielsweise Graphitbürsten zum Übertragen elektrischen Stroms an die sich drehenden Rotoren von Elektromotoren verwendet, wie sie in Startermotoren für Automobile, in Staubsaugern, elektrischen Handbohrmaschinen und anderen Elektrogeräten zu finden sind.

Das Ohmsche Gesetz



Ressource für Schüler: Informationsblatt zum Ohmschen Gesetz

Was ist das Ohmsche Gesetz?

Das Ohmsche Gesetz ist eine mathematische Gleichung, die die Beziehung zwischen Spannung, Strom und Widerstand in elektrischen Schaltkreisen erklärt.

Sie ist wie folgt definiert:

$$U = I \times R$$

U = Spannung (Spannung ist der Unterschied des elektrischen Potentials zwischen beiden Punkten eines Drahtleiters. Die Spannung wird in Volt gemessen und stammt von verschiedenen Quellen, z. B. Wandsteckdosen und Batterien.)

I = Strom (Der Strom wird in A gemessen. Strom definiert sich als aufgeladene Partikel, die durch ein leitendes Material von der Spannungsquelle zu einer Masse fließen.)

R = Widerstand (Widerstand ist die hemmende Kraft, die ein fester Körper dem Fluss eines elektrischen Stroms entgegengesetzt. Der Widerstand wird in Ohm gemessen. Beispiele für Gegenstände, die einen Widerstand darstellen, sind Glühlampen und Kaffeemaschinen.)

Ein Widerstand ist das einfachste der drei passiven Schaltelemente.

Es gibt drei Elemente passiver Schaltkreise: den Kondensator, der Energie als elektrisches Feld speichert, den Induktor, der Energie als Magnetfeld speichert, und den Widerstand, der Energie abgibt, anstatt sie zu speichern. Bei dieser Übung geht es nur um den Widerstand, also das einfachste der drei Elemente passiver Schaltkreise. Es werden jedoch zwei Arten von Widerständen getestet: lineare Widerstände mit einem konstanten bzw. festen Widerstand, und die Glühlampe, die sich durch einen nicht linearen Widerstand auszeichnet, der je nach der durch die Glühlampe fließenden Stromstärke schwankt.

Im Notationssystem herrscht Tradition.

Der Buchstabe „R“ steht – abgeleitet vom englischen Wort *resistance* – für Widerstand. Der Gebrauch der Buchstaben „U“ für die Spannung und „I“ für den Strom leitet sich aus der Geschichte her. Das Formelzeichen „U“ ist aus dem Lateinischen abgeleitet (*urgere* = drängen, treiben, drücken) und steht für die „elektromotorische Kraft“. Dies ist der ursprüngliche Begriff für die Größe, die elektrische Ladungen durch einen Schaltkreis treibt. Heutzutage wird die elektromotorische Kraft generell als „Spannung“ bezeichnet, die entweder aus einer Quelle wie einer Batterie oder aus dem Potenzial herrührt, das über einem Widerstand entwickelt wird, durch den die Ladung hindurchfließt. In ähnlicher Weise wurde in den Anfangszeiten der Entwicklung der elektrischen Theorie die Größe der innerhalb eines bestimmten Zeitraums durch einen Schaltkreis fließenden Ladung als „Intensität“ bezeichnet, also eine Größe, die heutzutage generell „Strom“ oder „Stromstärke“ heißt und für gewöhnlich einfach mit „A“ (für Ampere) abgekürzt wird. Für unsere Zwecke hier bezeichnen wir die Größe „U“, die die Ladung durch den Widerstand treibt, als die „Spannung“, und die Größe „I“, also die Menge der innerhalb eines bestimmten Zeitraums durch den Widerstand fließenden Ladung, als den „Strom“. Das Ohmsche Gesetz definiert den Widerstand als das Verhältnis der Spannung über dem Element zu dem durch das Element fließenden Strom.

$$U = I R \quad \text{Ohmsches Gesetz}$$

$$R = U / I \quad \text{Definition des Widerstands nach dem Ohmschen Gesetz}$$

Das Ohmsche Gesetz



Schülerarbeitsblatt: Schrittweises Verfahren

Für diese Übung ist die bereitgestellte Glühlampe das erste zu testende Schaltelement. Ordne die einzelnen Komponenten wie in Abbildung 1 dargestellt oder nach der alternativen Anordnung in Anhang 2 an.

Es ist sehr wichtig, darauf zu achten, dass das über der Lampenfassung angeschlossene Messgerät auf die 20-Volt-Skala eingestellt ist, bevor das Multimeter im Schaltkreis angeschlossen wird. Wenn das über der Lampenfassung angeschlossene Messgerät auf die Stromskala eingestellt ist, wird eine Kurzschlussbedingung geschaffen, die normalerweise ein Durchbrennen der Sicherung im Messgerät verursacht. Es ist ebenso wichtig, das zur Strommessung vorgesehene Messgerät auf eine Skala von 200 Milliampere oder höher einzustellen, bevor es in den Schaltkreis einbezogen wird. Andernfalls kann der aufgenommene Strom zum Durchbrennen der Sicherung im Messgerät führen.

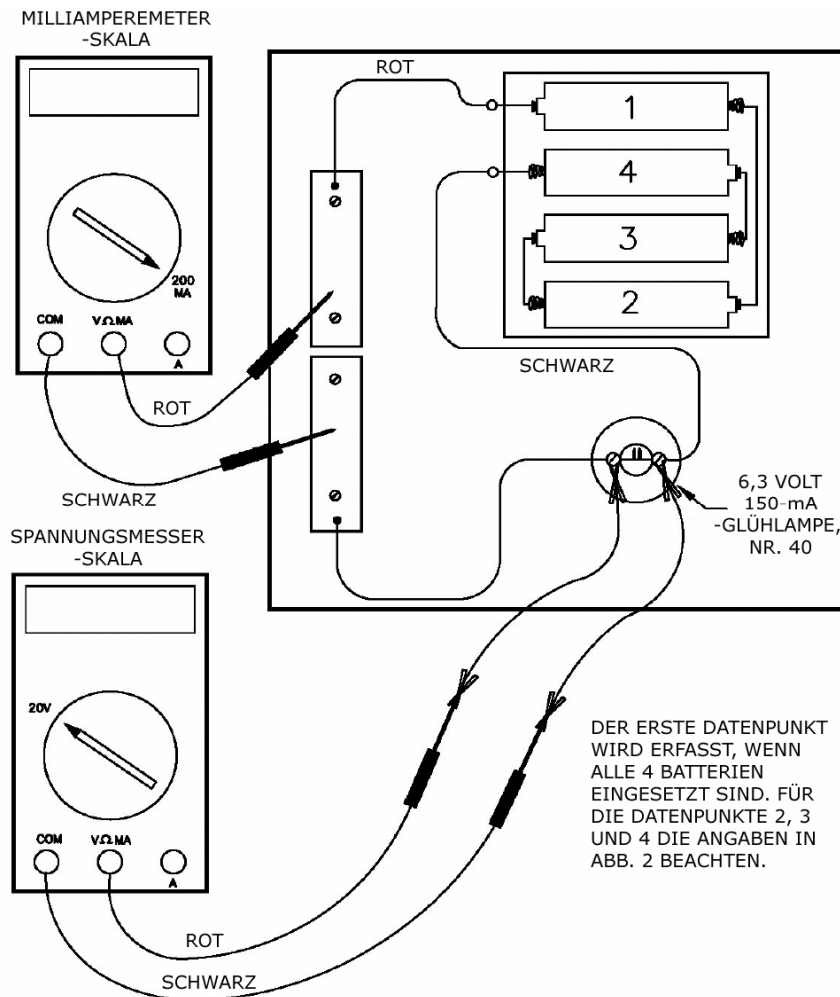


Abbildung 1

Schülerarbeitsblatt: Schrittweises Verfahren (Fortsetzung)

Erfassen der Daten

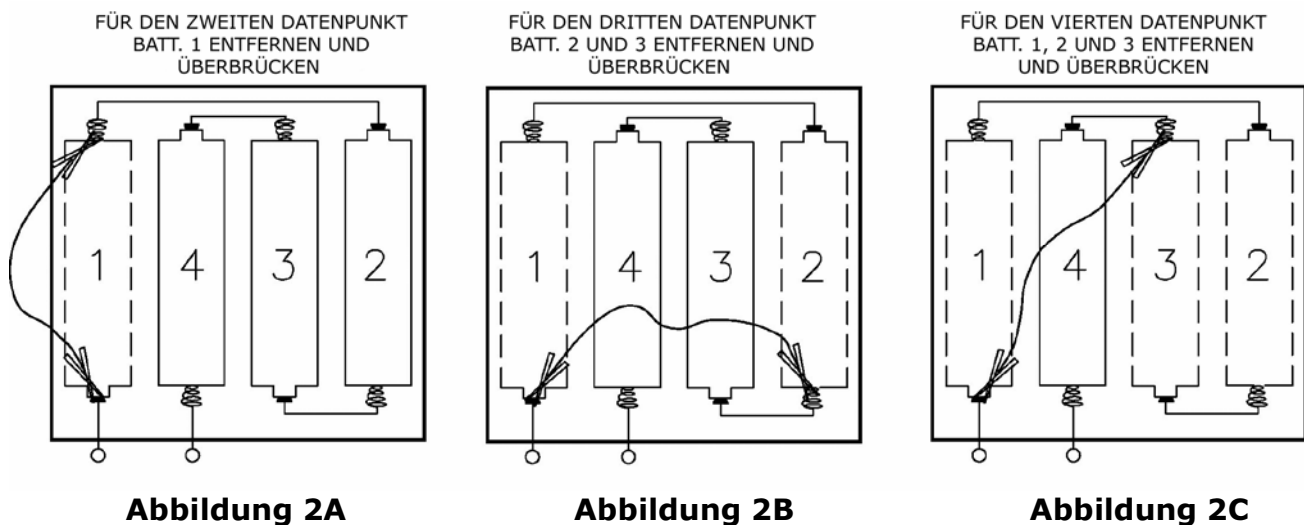
Wenn sich alle vier Batterien im Batteriehalter befinden, miss die Spannung und den Strom, die durch die Glühlampe fließen, für den ersten Datenpunkt und trage diesen Wert auf dem Datenblatt ein.

Entferne und überbrücke Batterie 1 (siehe Abbildung 2A), sodass nur noch drei Batterien im Batteriehalter verbleiben. Miss erneut die Spannung und den Strom, die durch die Glühlampe fließen, um einen zweiten Datenpunkt zu erhalten. Trage diese Werte auf dem Datenblatt ein.

Entferne als Nächstes die Batterien 1 und 2, sodass nur noch zwei Batterien im Batteriehalter verbleiben (siehe Abbildung 2B). Miss erneut die Spannung und den Strom, die durch die Glühlampe fließen, um einen dritten Datenpunkt zu erhalten. Trage diese Werte auf dem Datenblatt ein.

Entferne und überbrücke schließlich die Batterien 1, 2 und 3, sodass nur noch eine einzige Batterie im Batteriehalter verbleibt (siehe Abbildung 2C). Miss erneut die Spannung und den Strom, die durch die Glühlampe fließen, um einen vierten Datenpunkt zu erhalten. Trage diese Werte auf dem Datenblatt ein.

Da logischerweise kein Strom durch die Glühlampe fließt, wenn sich überhaupt keine Batterien im Batteriehalter mehr befinden, kann als fünfter Datenpunkt der Punkt null Strom und null Volt angenommen werden.

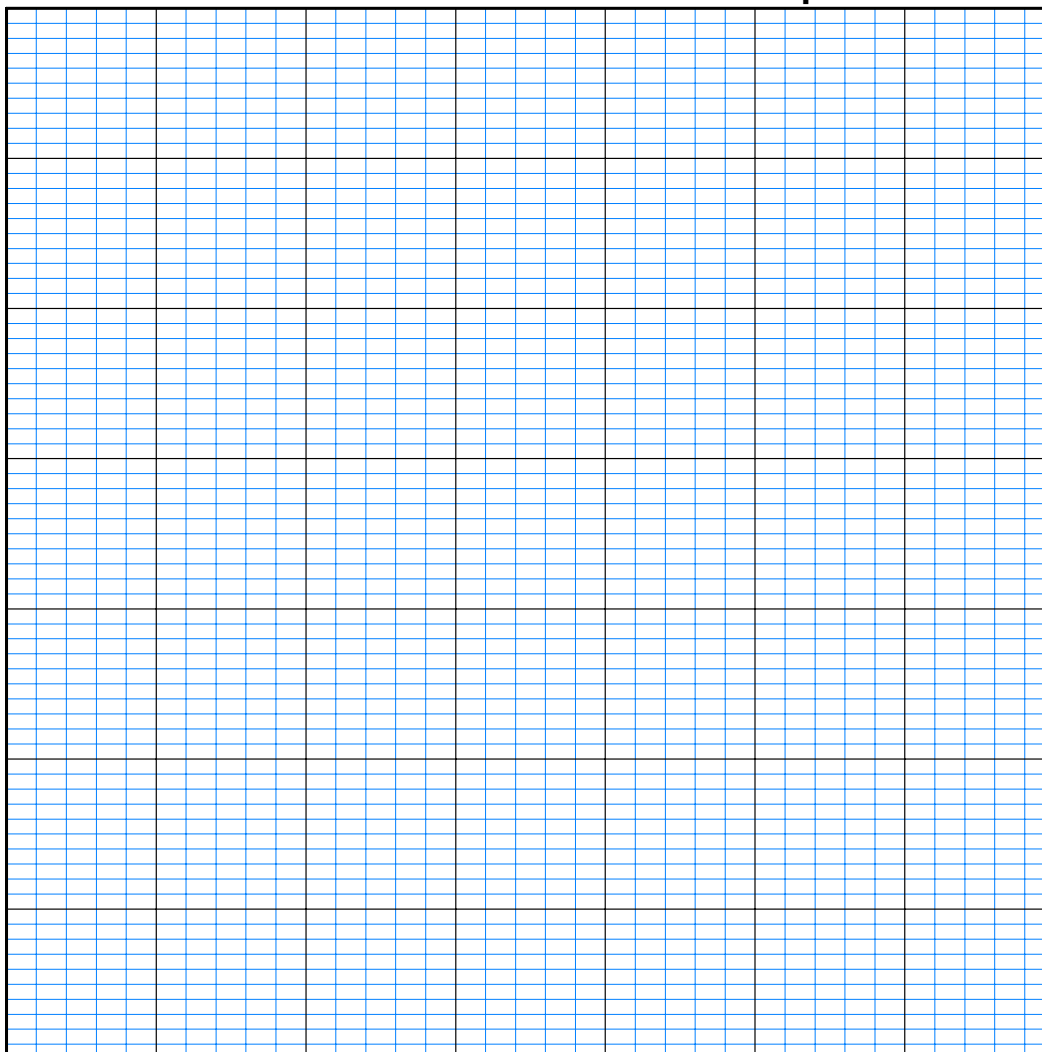


Einzeichnen der Punkte im Diagramm und Zeichnen der Kurve

Bereite ein Blatt Millimeterpapier vor, auf dem der Strom in Milliampere auf der waagerechten Skala und die Spannung in Volt auf der senkrechten Skala eingetragen wird (siehe Abbildung auf der nächsten Seite). Eine praktische waagerechte Skala wäre 0 bis 175 mA; eine praktische senkrechte Skala 0 bis 7 Volt. Trage die fünf für die Glühlampe ermittelten Datenpunkte ein und zeichne eine „Best-Fit“-Kurve durch die einzelnen Punkte.

Schülerarbeitsblatt: Schrittweises Verfahren (Fortsetzung)

U in Volt im Verhältnis zu I in Milliampere



Daten für 6,3-V-, 150-mA-Glühlampe

I, Strom, mA 0,0 _____ _____ _____ _____ _____

U, EMK, Volt 0,0 _____ _____ _____ _____ _____

Daten für Widerstand 1 47 Ohm

I, Strom, mA 0,0 _____ _____ _____ _____ _____

U, EMK, Volt 0,0 _____ _____ _____ _____ _____

Daten für Widerstand 2 100 Ohm

I, Strom, mA 0,0 _____ _____ _____ _____ _____

U, EMK, Volt 0,0 _____ _____ _____ _____ _____

Schülerarbeitsblatt: Schrittweises Verfahren (Fortsetzung)

Prüfen der Widerstände

Beim Messen und Aufzeichnen der Daten für jeden der beiden Widerstände wird im Prinzip genauso vorgegangen wie bei der Glühlampe. Detailinformationen zum Anschließen des Widerstands im Schaltkreis findest du in Abbildung 3.

Vergiss jedoch nicht, die Glühlampe aus der Lampenfassung zu nehmen, damit kein Strom den Widerstand umgeht und das Milliampere-Messgerät überlastet. Wenn die Glühlampe nicht aus der Lampenfassung entfernt wird, wenn sich der Widerstand im Schaltkreis befindet, kann die Sicherung des Messgeräts durchbrennen.

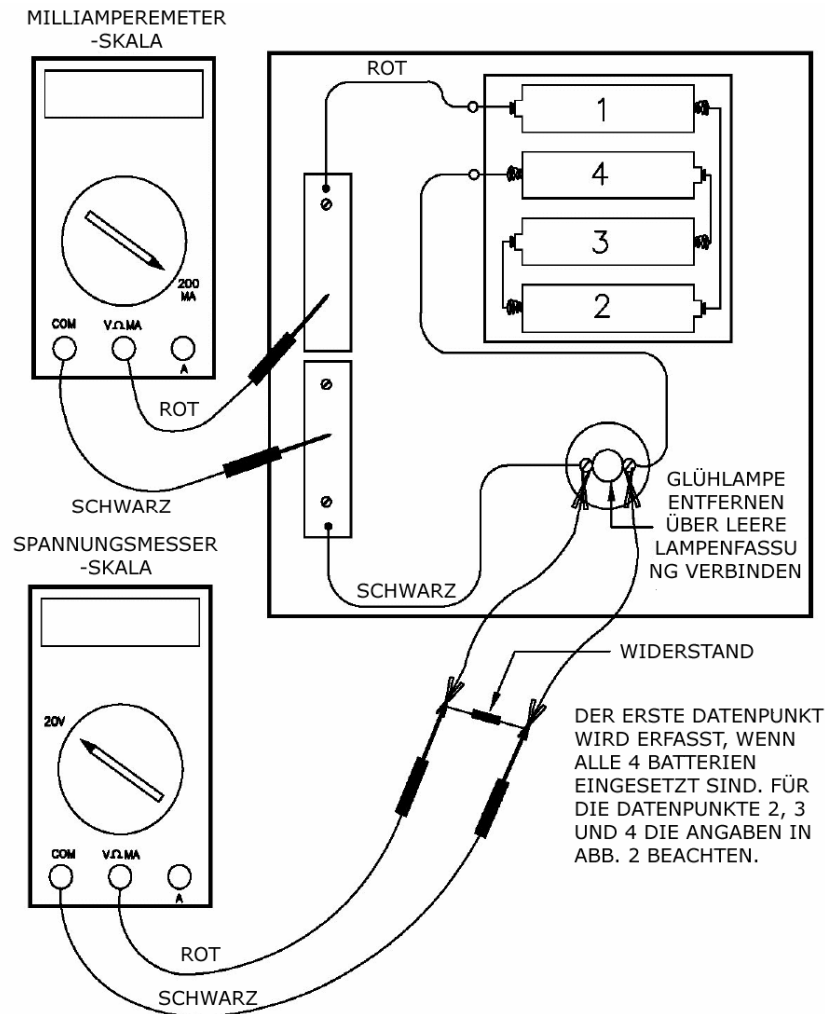


Abbildung 3

Entferne und überbrücke nach dem Messen und Aufzeichnen des ersten Datenpunkts für den Widerstand eine Batterie nach der anderen, um den zweiten, dritten und vierten Datenpunkt für den Widerstand zu ermitteln. Zum Entfernen und Überbrücken der Batterien wird das gleiche Verfahren angewandt wie für die Glühlampe (siehe die obigen Abbildungen 2A, 2B und 2C). Der fünfte Datenpunkt – 0 mA und 0 V – wird für die Widerstände ebenso angenommen wie für die Glühlampe. Die Daten für die Widerstände und die Glühlampe können auf dem gleichen Datenblatt und im gleichen Diagramm eingezeichnet werden, damit die Kurven für jedes Element leicht verglichen werden können.

Schülerarbeitsblatt: Schrittweises Verfahren (Fortsetzung)

Entdeckung des Ohmschen Gesetzes

1. Ziehe bei $U = 5$ Volt eine waagerechte Linie auf dem Diagramm und dann senkrechte Linien von den Schnittstellen der waagerechten Linie und der Kurven für den 100-Ohm- und 47-Ohm-Widerstand nach unten (siehe Bild unten).

Trage die Milliampere-Werte für I_{100} und I_{47} unten in die Leerstellen ein und rechne diese Werte in Ampere um, indem du sie mit $1 \text{ A}/1000 \text{ mA}$ multiplizierst.

$$I_{100} = \text{_____ mA} \times (1 \text{ A} / 1000 \text{ mA}) = \text{_____ A}$$

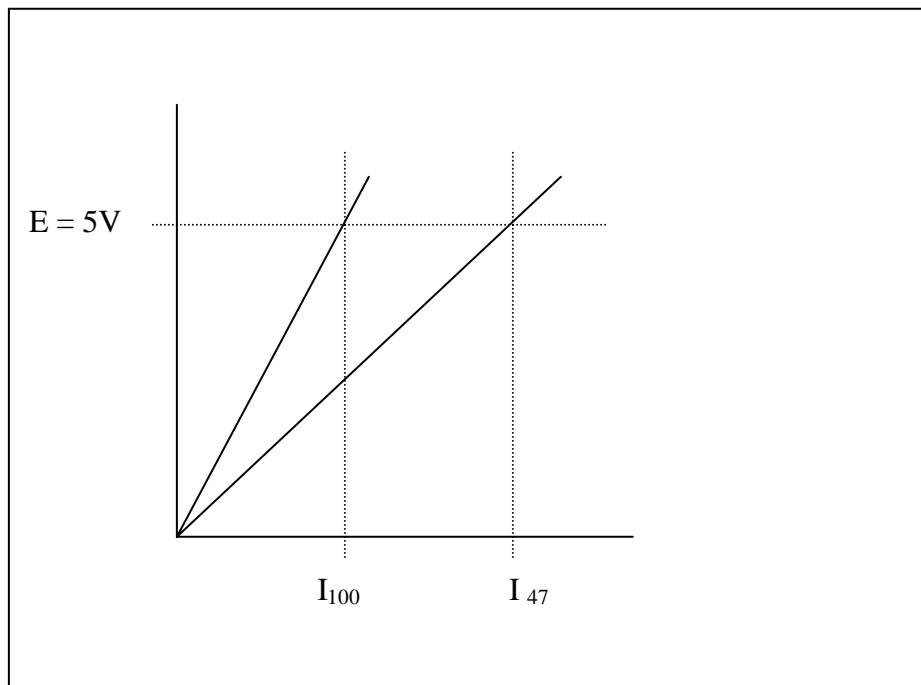
$$I_{47} = \text{_____ mA} \times (1 \text{ A} / 1000 \text{ mA}) = \text{_____ A}$$

2. Berechne dann ausgehend von den Amperewerten für I_{100} and I_{47} die Widerstände R_{100} und R_{47} .

$$R_{100} = 5 \text{ V} / I_{100} = \text{_____ Ohm}$$

$$R_{47} = 5 \text{ V} / I_{47} = \text{_____ Ohm.}$$

Wie lassen sich die oben in Frage 3 berechneten Werte für R_{100} and R_{47} mit den Nennwerten von 100 und 47 Ohm für die Widerstände vergleichen?



Schülerarbeitsblatt: Schrittweises Verfahren (Fortsetzung)

Offensichtlich ist der Widerstand eines Festwiderstandselements die Steigung der Linie, die das Verhältnis zwischen Spannung und Strom definiert. Dies lässt sich auch so formulieren, dass die Spannung über dem Widerstand proportional zu dem Strom ist, der durch den Widerstand fließt. Der Widerstand ist lediglich die Proportionalitätskonstante zwischen Spannung und Strom.

3. Schreiben von U-I-Gleichungen für die Festwiderstände.

Die Gleichungen der Linie auf den U-I-Kurven lassen sich durch Ersetzen der aus den obigen Daten abgeleiteten Werte für R_{100} and R_{47} schreiben.

Für den 100-Ohm-Widerstand

$$U = R_{100} I = (\quad \text{Ohm}) I$$

Und für den 47-Ohm-Widerstand

$$U = R_{47} I = (\quad \text{Ohm}) I$$

Setze in den obigen Gleichungen den Wert 0,050 (50 mA) ein und berechne die resultierenden Spannungen für den 100- und 47-Ohm Widerstand.

Für den 100-Ohm-Widerstand

$$U = R_{100} 0,050 \text{ A} = \quad \text{Ohm} \times 0,050 \text{ A} = \quad \text{V}$$

Und ähnlich für den 47-Ohm-Widerstand

$$U = R_{47} 0.050 \text{ A} = \quad \text{Ohm} \times 0,050 \text{ A} = \quad \text{V}$$

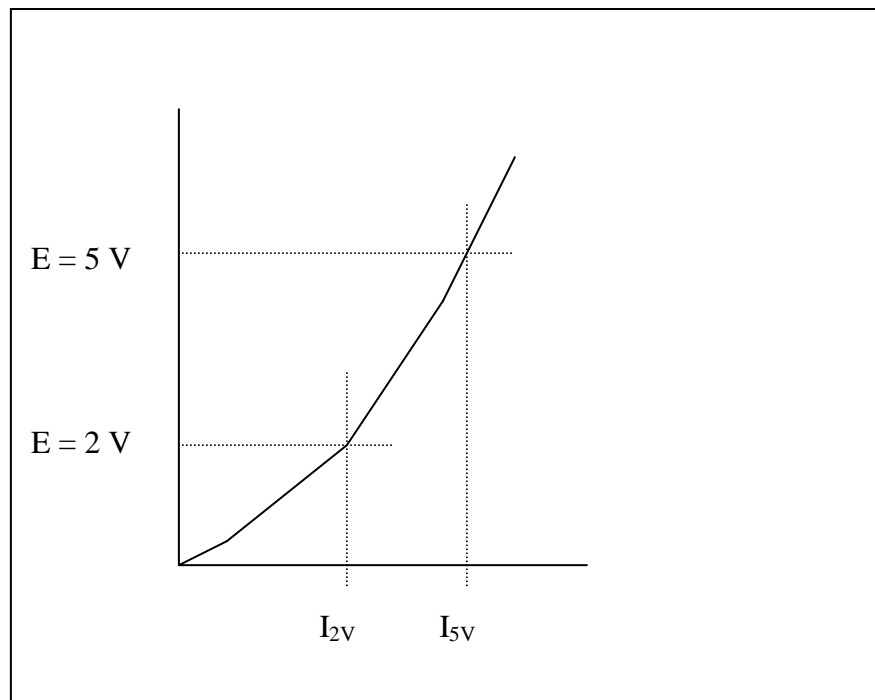
Zeichne diese beiden Punkte auf den Diagrammen ein, um zu bestätigen, dass die Punkte auf oder in unmittelbarer Nähe zu den Linien für den 100- und 47-Ohm-Widerstand liegen.

Schülerarbeitsblatt: Schrittweises Verfahren (Fortsetzung)

4. Schreiben einer U-I-Gleichung für die Glühlampe.

Jetzt wollen wir näher untersuchen, was es mit der Glühlampe auf sich hat. Wie wird der Widerstand für die Glühlampe angesichts der Tatsache definiert, dass die U-I-Kurve in diesem Fall keine gerade Linie ist? Der Widerstand für die Glühlampe wird genau wie bei den Festwiderständen als das Verhältnis der Spannung zum Strom definiert. Aus der folgenden Aktivität ist jedoch ersichtlich, dass der Widerstand jetzt kein Festwert mehr ist.

Die U-I-Kurve für die Glühlampe ist in dem unten folgenden Diagramm dargestellt. Zeichne zwei waagerechte Linien an den Punkten $U = 5\text{ V}$ und $U = 2\text{ V}$, die sich mit der Kurve schneiden, und zeichne zwei senkrechte Linien von den Schnittpunkten aus nach unten. Lies die Werte für $I_{2\text{V}}$ und $I_{5\text{V}}$ auf der mA-Skala ab.



Trage die Milliampere-Werte für $I_{2\text{V}}$ und $I_{5\text{V}}$ unten in die Leerstellen ein und rechne diese Werte in Ampere um, indem du sie mit $1\text{ A}/1000\text{ mA}$ multiplizierst.

$$I_{2\text{V}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mA} \times (1\text{ A} / 1000\text{ mA}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$$

$$I_{5\text{V}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mA} \times (1\text{ A} / 1000\text{ mA}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$$

Schülerarbeitsblatt: Schrittweises Verfahren (Fortsetzung)

Berechne dann ausgehend von den Amperewerten für I_{2V} and I_{5V} die Widerstände R_{2V} und R_{5V} .

$$R_{2V} = 2 \text{ V} / I_{2V} = 2 \text{ V} / \underline{\hspace{2cm}} \text{ A} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Ohm}$$

$$R_{5V} = 5 \text{ V} / I_{5V} = 5 \text{ V} / \underline{\hspace{2cm}} \text{ A} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Ohm}$$

Die Werte für R_{2V} und R_{5V} sind deutlich voneinander unterschieden, was nicht überrascht, da die U-I-Kurve für die Glühlampe keine gerade Linie ist. Der Vorgang des Schreibens einer Gleichung, die das Verhältnis zwischen Spannung und Strom für die Glühlampe ausdrückt, ist etwas komplizierter, als lediglich der Tatsache Rechnung zu tragen, dass der Widerstand die Steigung der U-I-Kurve wie im Fall der Festwiderstände ist. Eine parabolische Gleichung der Art $U = k I^2$ kann aus einem beliebigen Datenpunkt hergeleitet werden. Generell durchschneidet die Kurve jedoch den Anfangspunkt sowie den Punkt, der zur Herleitung des Wertes von k verwendet wurde, aber andere Datenpunkte können sich in einem deutlichen Abstand von der Kurve befinden. Es können auch komplexere Polynomgleichungen hergeleitet werden, deren Kurve alle Datenpunkte durchschneidet; die dazu notwendigen mathematischen Berechnungen liegen jedoch außerhalb des Anspruchs dieser Aktivität.

Berechne einen Wert k anhand der Daten für den Punkt in der Nähe von 4,5 Volt:

$$k = U / I^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V} / (\underline{\hspace{2cm}} \text{ mA})^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V} / \text{mA}^2$$

Erzeuge auf der Basis deines berechneten k -Werts eine vorhergesagte U-I-Kurve für die Glühlampe. Verwende der Einfachheit halber die gleichen Werte für den Strom, die du bei deinem Glühlampentest gemessen hast, um vorhergesagte Werte für die über der Glühlampe anliegende Spannung zu berechnen.

$$I, \text{ mA} \quad \underline{0} \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad \underline{\hspace{1cm}}$$

$$U = k I^2 \quad \underline{0} \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad \underline{\hspace{1cm}}$$

Zeichne die vorhergesagte U-I-Kurve für die Glühlampe zum Vergleich im Originaldiagramm ein. Werden die Testdaten über den gesamten Betriebsbereich der Glühlampe hinweg von der Kurve korrekt wiedergegeben?