

Messen elektrischer Größen

1. Begründen Sie aus fachdidaktischer Sicht, warum es wichtig ist, dass Schüler für den Physikunterricht relevante Größen selbst messen! Nennen Sie anhand geeigneter Beispiele wichtige Grobziele, die damit verfolgt werden!
2. Beschreiben Sie zwei unterschiedliche Schülerexperimente, bei denen jeweils das Messen von Stromstärken und Spannungen geübt werden kann! Gehen Sie dabei auch darauf ein, worauf man als Lehrer bei der Vorbereitung und Durchführung dieser Schülerexperimente achten sollte!
3. Beschreiben Sie eine Unterrichtseinheit zum Thema Kennlinie einer Glühlampe oder eines Kohlschichtwiderstands! Gehen Sie dabei insbesondere auf Lernvoraussetzungen, Feinziele und Experimente ein! Diskutieren Sie in diesem Zusammenhang die Einsatzmöglichkeiten eines computergestützten Messwerterfassungssystems!

1.

Das Messen ist in der Physik eine häufig angewandte Methode, um Abhängigkeiten verschiedener Größen sichtbar zu machen. Die für einen Naturvorgang als wesentlich angesehenen Faktoren werden in einem Experiment planmäßig hergestellt und einzeln variiert, um Aussagen über die sich ergebenden Wirkungen zu gewinnen. Ein Experiment ist ein beliebig oft wiederholbares Verfahren, das unabhängig von der durchführenden Person, also intersubjektiv ist. Die gewonnenen Aussagen gelten nur für dieses Experiment - diesen einen Fall. Um auf Allgemeingültigkeit schließen zu können (Induktion), müssen die Messergebnisse mehrerer Experimente zur selben Aussage führen. Diese Vorgehensweise muss den Schülern klar gemacht werden und man sollte sie immer wieder darauf hinweisen, denn im Unterricht ist es aus Zeitgründen selten möglich, eine Hypothese oder ein Gesetz durch mehrere Versuche zu stützen. Trotzdem ist und bleibt das Experimentieren bzw. Messen von Größen in der Physik eine grundlegende Verfahrenstechnik. Da dies in der Physik so zentral ist, sollen Schüler selbst Messungen durchführen, um dieses physikalische Methode selbst erleben zu können. Sie lernen dabei physikalische und technische Fertigkeiten und Fähigkeiten. Ein Ziel des Physikunterrichts ist es, Geräte und ihre Bedienung so zu vermitteln, dass die Schülern souverän damit umgehen können. Dies erreicht man nur, indem die Schüler ihr Wissen praktisch anwenden, d.h. selbst messen. Ebenso sollen sie einen Versuch aufbauen können und die Werte ablesen. Zum richtigen Messen gehört auch das präzise Ablesen und die Ablesegenauigkeit. Zum souveränen Umgang mit den Geräten müssen Schüler Messgeräte kennen, passend zu einem Versuch auswählen und genau ablesen können. Bei einer Strommessung muss also klar sein, dass man ein Amperemeter verwendet und es in Reihe geschaltet wird. Um die Bedeutung des Messbereichs zu verdeutlichen, sollten Schüler Experimente machen, bei denen sie verschiedene Bereiche wählen müssen.

Um den Versuchsablauf für andere Personen nachvollziehbar zu machen (Objektivität!) sollten die Schüler fähig sein, ihren Versuchsaufbau und die Messergebnisse in übersichtlicher Form festzuhalten. Halten die Schüler z.B. bei einem Versuch zum Abbildungsgesetz ihre Ergebnisse folgendermaßen fest:

Gegenstandsweite g	Bildweite b
30,0	15,3
50,0	12,5
5,00	59,5

So ist nicht klar, welche Einheiten die Größen haben und welche Brennweite die verwendete Linse hatte. Der Versuch ist also nicht wiederholbar.

Ein weiteres Ziel ist es, dass die Schüler ein Experiment planen und anschließend durchführen können. So sollte bei einer Fragestellung wie z.B. „Wann schwimmt ein Körper?“ den Schülern klar sein, dass sie hier verschiedene Körper und Materialien auf ihr Schwimmverhalten untersuchen sollten und herausarbeiten, was die Unterschiede/Merkmale der verschiedenen Objekte sind. Auch hier sollten sie ihre Beobachtungen in eindeutiger Weise festhalten.

Schülerversuche werden am Besten in Kleingruppen (2- 3 Personen) durchgeführt. So können die Schüler sich gegenseitig helfen, aber keiner kann sich zurücklehnen. Ein Vorteil von Gruppenarbeit ist die Förderung sozialer Kompetenz und Steigerung der Teamfähigkeit. Außerdem können sich die Schüler gegenseitig helfen und schwächere Schüler profitieren eventuell von einer Erklärung ihrer Mitschüler in „Nicht-Fachsprache“. Stärkere, schnellere Gruppen können gezielt gefördert werden.

Ein Problem des eigenständigen Messens ist, dass die Schüler experimentieren ohne nachzudenken; gerade rezeptartige Handlungsanweisungen fördern dies. Außerdem ist es für sie schwer, die Theorie mit der Praxis zu verbinden¹.

¹ Willer, Jörg: Repetitorium Fachdidaktik Physik

2. _____

In der 9. Klasse der Realschule lernen die Schüler den elektrischen Stromkreis sowie Wirkungen des elektrischen Stroms kennen. Mit den abgeleiteten Größen elektrische Stromstärke und elektrische Spannung sollen die Schüler die Grundlagen der Elektrizitätslehre verstehen.

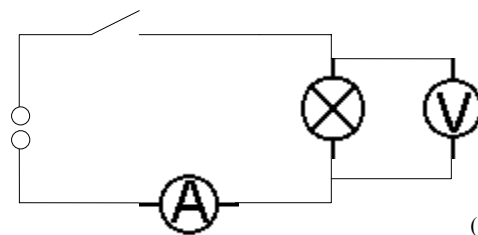
Da das Themengebiet E-Lehre in der 9. Klasse neu eingeführt wird, sollten die Schüler vorerst über die (tödlichen) Gefahren von hohen Spannungen und elektrischen Strömen aufgeklärt werden.

Bevor Versuche in der Elektrizitätslehre durchgeführt werden, egal ob vom Lehrer oder von den Schülern, sollten zuerst die verschiedenen Messgeräte gezeigt und erklärt werden. Hierzu gehört der Hinweis, immer den größten Messbereich zu wählen und erst nach starten des Experiments evtl. zu verringern.

Hier sollte man dann auch gleich sowohl die Symbole von Ampere- und Voltmeter als auch andere wichtige Schaltsymbole, wie z.B. das der Glühlampe einführen.

Um eine Strommessung durchführen zu können, müssen die Schüler bereits wissen, wie man einen Stromkreis aufbaut. Außerdem muss bekannt sein, dass man ein Amperemeter in Reihe schaltet.

Ein ungefährlicher Schülerversuch ist folgender Versuchsaufbau:

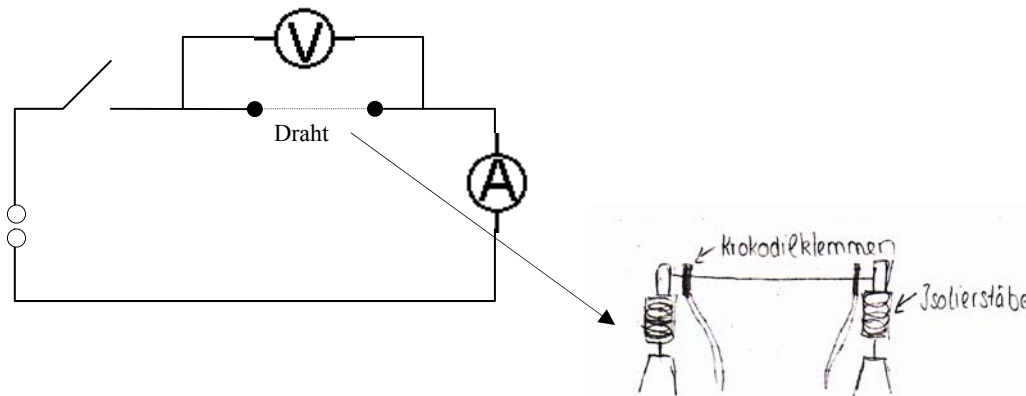


(spannungsgenaue Messung)

Der Stromkreis besteht aus einer Elektrizitätsquelle (Batterie oder Spannungsquelle mit geringer Voltzahl), einem Amperemeter, einem Schalter und einer Glühlampe.

Bei diesem Versuch können die Schüler die Spannung variieren und am Amperemeter die jeweils zugehörige Stromstärke ablesen. Die Stromstärke lässt sich dann in Abhängigkeit von der Spannung auftragen und man erhält die $I(U)$ -Kennlinie einer Glühlampe. Ersetzt man die Glühlampe durch z.B. einen Eisendraht oder eine Kohlefadenlampe, kann man deren $I(U)$ -Kennlinien bestimmen.

Ein weiterer Versuch bei dem die Schüler das Messen von Stromstärke und Spannung üben können, ist die Bestimmung der Abhängigkeit des Widerstands von der Länge und der Querschnittsfläche. Hierzu wählt man folgenden Versuchsaufbau:



Ein Draht (Da der Widerstand auch von der Temperatur abhängt, hier Konstantan verwenden.) wird zwischen zwei Isolatorstäbe gespannt und die Länge wird durch den Abstand der Krokodilklemmen bestimmt. Um nun die Abhängigkeit des Widerstands von der Länge des Drahtes zu bestimmen, wird der Abstand der Krokodilklemmen variiert und jeweils die zugehörige Spannung und Stromstärke abgelesen. Dann wird der Widerstand $R = U / I$ berechnet und anschließend durch die jeweilige Länge dividiert. Dieser Quotient ist konstant. Aus dem Mathematikunterricht wissen die Schüler, dass Quotientenähnlichkeit direkte Proportionalität bedeutet. Sie erkennen also, dass der Widerstand eines Leiters mit zunehmender Länge steigt.

Zur Bestimmung der Abhängigkeit von der Querschnittsfläche führt man die Messung an Drähten mit gleicher Länge aber unterschiedlicher Dicke durch. Nach der Messung wird wieder zuerst der Widerstand berechnet und dann mit der Fläche multipliziert. Das Produkt ist konstant und somit ist der Widerstand umgekehrt proportional zur Querschnittsfläche des Leiters.

Als Gesamtergebnis erkennen die Schüler, dass der Widerstand eines Leiters folgende Proportionalität erfüllt: $R \sim l \cdot 1/A$. Da hier einmal der Quotient R / l und einmal das Produkt $R \cdot A$ betrachtet werden muss, um zu einer Aussage zu kommen, sollte der Lehrer jeweils eine geeignete Hilfestellung geben oder in der Vorbereitung (vorangehende Stunde) diese zwei üblichen Vorgehensweisen ansprechen.

Bei beiden Versuchen sollte der Lehrer auf eine geeignete Einstellung des Messbereichs des Voltmeters und Amperemeters achten. Außerdem ist es wichtig den Schüler zu vermitteln, prinzipiell nicht an einem eingeschalteten elektrischen Gerät, d.h. hier

bei geschlossenem Schalter zu arbeiten. Bevor die Schüler eine Glühlampe wechseln, sollten sie also immer den Stromfluss unterbrechen.

Zur Vorbereitung dieser Schülerexperimente sollte der Lehrer, wie schon oben beschrieben, eine grundlegende Einführung geben. Direkt vor der Stunde muss dem Lehrer klar sein, wie die Versuche ablaufen sollen: in Gruppen-, Partner- oder Einzelarbeit. Hierbei ist zu beachten, wie viele Geräte vorhanden sind und ob genügend Platz zur Verfügung steht.

Wenn die Schüler die Experimente in Gruppen durchführen, stellt sich die Frage, ob sie arbeitsgleich oder arbeitsteilig vorgehen sollen. Bei einer arbeitsgleichen Einteilung führen alle Gruppen ihr Experiment mit den gleichen Gegenständen durch und können ihre Ergebnisse untereinander vergleichen. Bei einer arbeitsteiligen Vorgehensweise erarbeitet jede Gruppe einen Teil des Themas und die Endergebnisse der verschiedenen Gruppen lassen sich dann zusammenfassen.

Außerdem sollte der Lehrer wissen, wie die Geräte an die Schüler „kommen“; der Lehrer kann die Geräte vor Stundenbeginn auf dem Pult bereitlegen und die Schüler müssen sich ihre Geräte dann aussuchen. Damit nicht ein allzu großes Chaos entsteht, ist es sinnvoll jeweils nur einen Schüler pro Gruppe die Geräte holen zu lassen. Sind die Schüler nicht in der Lage die Geräte selbst auszusuchen, sollte der Lehrer diese bereits gruppenweise „anrichten“. Bei erfahrenen und disziplinierten Schülern besteht noch die Möglichkeit, die Schüler selbst die Geräte aus dem Schrank holen zu lassen.

Beim Aufräumen ist es am Besten, wenn die Schüler die Geräte geordnet auf einem Tisch abstellen. Dies erleichtert dem Lehrer das Einordnen in die Physiksammlung und vermeidet Unordnung in den Schränken.

Des Weiteren spielt die Erfahrung der Schüler eine Rolle: Können sie die Versuche alleine aufbauen oder benötigen sie eine (schriftliche) Anweisung? Vor allem bei einer arbeitsteiligen Gruppenarbeit vermeidet eine genauere Anweisung, dass der Lehrer von Gruppe zu Gruppe „springen“ muss und bei jeder Gruppe den Sachverhalt erneut klären muss.

3. _____

Lernvoraussetzungen

Die Schüler können einen Versuch nach einer Schaltskizze aufbauen und umgekehrt.

Es ist bekannt, wie die Spannung U und die Stromstärke I gemessen werden.

Sie können eine Messreihe in einer Tabelle festhalten.

Die Schüler kennen die Kriterien der direkten Proportionalität.

Lernziele

Die Schüler sollen den Aufbau einer Glühlampe kennen.

Sie sollen wissen, dass die Stromstärke (im Normalfall) nicht direkt proportional zur Spannung ist.

Sie sollen selbstständig eine $I(U)$ -Kennlinie bestimmen können.

Die Schüler sollen den Widerstand berechnen können.

Stundenaufbau/ Durchführung

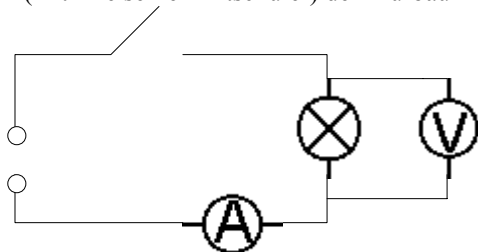
Bei der Glühlampe eignet sich ein historischer Einstieg sehr gut. Das Klassenzimmer wird verdunkelt und eine Petroleumlampe wird angezündet. Alle Schüler werden sich fragen, was das soll und sind somit motiviert und ihr Interesse ist geweckt. Nachdem der Lehrer die Verdunklung wieder hochgefahren hat, sehen die Schüler neben der Petroleumlampe auch eine Glühbirne liegen. Nun stellt sich die Frage, wie es von der Petroleumlampe zur Glühlampe kam.

Mithilfe eines Arbeitsblattes das die Schüler selbstständig lesen sollen, erhalten sie die Information. Im Klassenverband wird noch einmal zusammengefasst und die entscheidenden Merkmale einer Glühlampe herausgearbeitet. Dabei kann die Glühlampe Stück für Stück von den Schülern an die Tafel gemalt werden.

Nun stellt sich die Frage, was eine Glühlampe physikalisch ausmacht. Im Lehrer- Schüler- Gespräch werden die Schüler darauf hingeführt, eine Messung an der brennenden Lampe durchzuführen.

Da sie bereits Strom- und Spannungsmessungen in einer vorangehenden Stunde selbst durchgeführt haben, werden sie auf dieses Wissen zurückgreifen. Hier kann der Lehrer beim Versuchsaufbau das Wissen der Schüler überprüfen und sich von ihnen helfen lassen.

Ein Schüler kann dann (mithilfe seiner Mitschüler) den Aufbau in eine Schaltskizze „übersetzen“ und an die Tafel anzeichnen.



Außerdem soll ein Schüler die Tabelle, in die die Messwerte eingetragen werden, an die Tafel zeichnen.

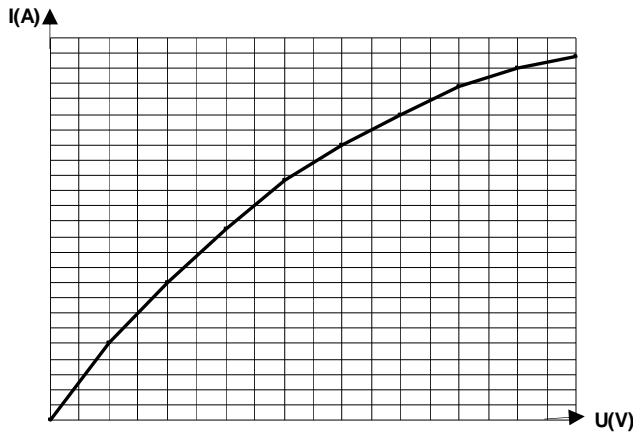
$U(V)$							
$I(A)$							

Hier muss der Lehrer den Hinweis geben, eine zusätzliche Zeile in der Tabelle frei zu lassen.

Nun werden Gruppen, ca. 2-3 Schüler gebildet, die dann arbeitsgleich die Messung durchführen. Die Schüler erhalten die Anweisung den Versuch aufzubauen und bevor sie mit der Messung beginnen, noch einmal vom Lehrer überprüfen zu lassen. Je ein Schüler pro Gruppe soll die benötigten Geräte, die der Lehrer bereits auf einem Tisch nach Geräten geordnet hat, holen. Die Messwerte sollen sie in einer Tabelle in ihrem Heft festhalten.

Während die Schüler ihre Messung durchführen, kann der Lehrer evtl. Hilfestellung geben und kontrollieren, ob die Schüler ihre Messung ordentlich protokollieren.

Haben alle Gruppen ihre Messung beendet, werden die Ergebnisse verglichen und die Werte von einer Gruppe in die Tabelle an der Tafel übertragen. Alle Schüler sollen nun ein Koordinatensystem in ihr Heft zeichnen und Messwerte darin eintragen. Der Lehrer macht dies an der Tafel.



Jeweils zwei Gruppen sollen nun untereinander den Verlauf der Linie diskutieren. Als Anhaltspunkte stellt der Lehrer folgende Frage: Kennt ihr einen solchen Verlauf?

Die Schüler werden erkennen, dass der Verlauf keine direkte Proportionalität darstellt. Als „Beweis“ wird der Quotient U / I berechnet und in die dritte Zeile der Tabelle eingetragen. Jede Gruppe soll dabei ihre eigenen Werte verwenden. Wie erwartet ist dieser nicht konstant.

Der Lehrer führt nun den neuen Begriff Widerstand mit dem Symbol R und der Einheit Ohm Ω ein und definiert diesen:

$$R = U / I$$

Als Merksatz formuliert der Lehrer an der Tafel:

„Eine $I(U)$ -Kennlinie ist vom Material abhängig. Mit ihr lässt sich der Widerstand $R = U / I$ (Einheit: Ω , sprich: Ohm) bestimmen.“

Zur Vertiefung bestimmt der Lehrer weitere $I(U)$ -Kennlinien. Da die Schüler nun den Versuchsablauf kennen, werden hier die Messwerte mit dem Computer erfasst. Zusätzlich lässt der Lehrer die Messwerte von einem Schüler in eine Tabelle an der Tafel eintragen. Alle Schüler sollen diese Werte auch in ihr Heft übernehmen. Mit einem Beamer macht der Lehrer den Bildschirm für alle sichtbar und lässt die verschiedenen $I(U)$ -Kennlinien zeichnen. Die Schüler erkennen, dass die Kennlinien für jedes Material anders aussehen.

Als Hausaufgabe sollen die Schüler die $I(U)$ -Kennlinien von den mit dem Computer erfassten Werten in ein Diagramm zeichnen.

Eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung von $I(U)$ -Kennlinien ist eine computerbasierte Messung. Da die gemessenen Werte später in ein $I(U)$ -Diagramm übertragen werden und zu einer Kurve verbunden werden sollen, ist der Computer hier ein geeignetes Hilfsmittel. Das Messen, das Festhalten der Werte in einer Tabelle (die erst einmal gezeichnet werden muss) und das Eintragen der Werte in ein Diagramm benötigen viel Zeit. Diese Arbeitsschritte erledigt der Computer schnell und genau. Da die Schüler diese physikalisch wichtigen Fähigkeiten und Fertigkeiten aber lernen sollen, ist der Computereinsatz nur dann sinnvoll, wenn sie bereits Erfahrung mit Messen und Auswerten gemacht haben.

Ein weiterer Vorteil einer computerbasierten Messung ist hier, dass in kurzer Zeit mehrer verschiedene Kennlinien bestimmt werden können und in einem Diagramm verglichen werden können.

Außerdem gehört der Computer zum Alltag und sind auch in der Physik üblich.

Ein Nachteil ist allerdings noch, dass der Computer eine „black box“ darstellt und man ihm vertrauen muss.

Zur Bestimmung von $I(U)$ -Kennlinien, wäre es sinnvoll, eine Kennlinie selbst zu bestimmen und zu zeichnen; alle weiteren können dann vom Computer aufgenommen werden.