

Leistung – aber sicher! Ein Schülerprojekt mit offenen Aufgaben zu Elektrik und Sicherheit im Alltag

Katharina Stein und Frank Fiedler
Institut für Physik der Universität Mainz

Selbst wenn die physikalischen Konzepte der Elektrizitätslehre in der Sekundarstufe I verstanden sind, bedeutet dies noch lange nicht, dass für den Alltag relevante Kompetenzen vermittelt wurden. *Warum „will“ mein Nudelwasser einfach nicht kochen? Wann „fliegt“ eine Sicherung heraus, und was „macht“ eigentlich ein FI-Schalter?* – wenn es im Unterricht um solche Fragen geht, besteht die Chance, mehr als nur unvernetztes Inselwissen zu erreichen.

Wir beschreiben ein Schülerprojekt im Kontext „elektrische Haushaltsgeräte“ und „Sicherungen“, mit dem eine Brücke von den physikalischen Konzepten zum Alltag geschlagen werden kann, um die Elektrizitätslehre mit Leben zu füllen. Für das Projekt sollte das Konzept der Leistung in elektrischen Gleichstromkreisen bekannt sein, und die Gesetzmäßigkeiten in elektrischen Gleichstromkreisen sollten in einfachen Zusammenhängen angewendet werden können. Die Kenntnis der magnetischen Wirkung von Strömen ist hilfreich, aber keine zwingende Voraussetzung. Zum Verständnis des FI-Schalters ist zwar prinzipiell das Konzept der Induktion nötig; dieser Teil des Projektes kann aber auch zur Hinführung auf eine nachfolgende Unterrichtsreihe zur Wechselstromlehre dienen.

Das Projekt ist sowohl für den Lernort Schule als Unterrichtssequenz oder als Experimentiertag als auch für den außerschulischen Lernort eines Schülerlabors z. B. an der Universität geeignet. Es wurde unter allen drei Rahmenbedingungen erfolgreich getestet. Limitierungen (wie z. B. eine begrenzte Anzahl von Steckdosen im Raum) lassen sich dabei gewinnbringend in das Projekt integrieren.

1 Konzept und Ablauf des Schülerprojekts

In einem abgewandelten Lernzirkel mit offenen Aufgaben arbeiten die Schüler in Kleingruppen an sechs verschiedenen Lernstationen zu alltagsnahen Problemen. Drei Stationen befassen sich mit elektrischen Haushaltsgeräten, drei weitere mit dem Thema „Sicherungen“. Dabei soll bestehendes Fachwissen vertieft, aber kein neues erworben werden, um vielmehr durch offene Aufgaben gleichzeitig auch die Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung fördern zu können. Eine individuelle Steuerung des Lernprozesses durch die Schüler wird durch geeignete Arbeitsaufträge und gestufte Hilfekarten erreicht. Wie offene Aufgabenstellungen mit gestuften Hilfen konzipiert werden können, ist ausführlich in [1] beschrieben. Alle Stationen sind nach dem gleichen Prinzip gestaltet: Arbeitsmaterialien *ohne* Arbeitsauftrag wie Stationsübersicht oder Hilfekarten liegen in laminierte Form bereit, und Arbeitsblätter *mit* Arbeitsaufträgen erhalten die Schüler, um darauf zu arbeiten.

Fünf der sechs Stationen werden in 45 Minuten, eine weitere in 90 Minuten bearbeitet. Die sechs Stationen bauen nicht aufeinander auf und müssen auch nicht von jedem Schüler vollständig ab-

solviert werden, wenn keine sieben Unterrichtsstunden zur Verfügung stehen; jeder Schüler sollte allerdings mindestens eine Station zu Haushaltsgeräten und eine zu Sicherungen bearbeitet haben. Wichtig sind eine Einführung zu Beginn und eine Sicherung in einer Abschlussrunde zum Ende des Projekts, die jeweils mit der gesamten Klasse im Plenum durchgeführt werden.

In der Einführung werden das physikalische Thema und der Kontext vorgestellt, organisatorische Aspekte wie das Prinzip von offenen Aufgaben und Hilfekarten geklärt und die Struktur der Materialien mit Stationsübersichten und Arbeitsblättern, der Zeitplan und die Gruppeneinteilung besprochen. Wenn generelle Sicherheitsregeln beim Experimentieren als bekannt vorausgesetzt werden können, kann die Sensibilisierung, die einen Teil der Aufgabenstellung an den jeweiligen Stationen ausmacht, genügen. Da die gesamte Klasse gleichzeitig in Gruppen experimentiert, ergibt sich je nachdem, über wie viele Schutzschalter die Steckdosen abgesichert sind, das Problem einer möglichen Überlastung. Dies muss mit den Schülern im Vorfeld besprochen werden, wodurch dann sofort ein direkter Bezug zwischen den physikalischen Inhalten und der Realität hergestellt wird: Um experimentieren zu können, müssen sich die Schüler untereinander absprechen, durch das nötige Verantwortungsbewusstsein wird das Projekt aufgewertet.

Unverzichtbare Punkte in der Abschlussrunde sind das Zeigen der Werbespots (Lernprodukte aus einer Station), die Besprechung der Unterschiede von Leitungsschutzschalter und Fehlerstromschalter und die Klärung von verbliebenen Schülerfragen.

2 Inhaltliche Überlegungen

Die Zusammenhänge zwischen den physikalischen Größen Spannung, Stromstärke, Widerstand, elektrische Leistung und Energie sollen im Schülerprojekt nachhaltig verankert werden, indem deren Alltagsrelevanz verstanden wird. Eine quantitative mathematische Betrachtung ist daher bei der Berechnung von elektrischen Stromstärken und Leistungen wichtig, wird aber vermieden, wo sie für das Verständnis und eine Vorstellung der Größenordnungen nicht notwendig ist.

Bei den Stationen zu elektrischen Schutzeinrichtungen wird der Fokus auf die physikalischen Funktionsweisen der Auslösemechanismen der Sicherungen gelegt, wohingegen die technischen Realisierungen außer Acht gelassen werden. So wird beispielsweise bei der Station „*FI-Schalter*“ nur die reine Tatsache, dass stromdurchflossene Spulen Magnetfelder erzeugen und dass sich entgegengesetzte Felder aufheben, thematisiert. Kurzzeitige Stromspitzen beim Einschalten elektrischer Geräte werden genauso vernachlässigt wie die Tatsache, dass haushaltsübliche Sicherungen bei einer geringfügigen Überschreitung des Nennstromes nicht sofort auslösen.

Als Beispiele für elektrische Geräte werden Heizgeräte (Wasserkocher, Kochfelder) verwendet, die auf ihre Verwendung und Bedienung reduziert werden, ohne auf die genaue Funktionsweise einzugehen. Um Verständnisprobleme aufgrund der konzeptionell schwierigeren Wechselspannung zu vermeiden, wird im Schülerprojekt nicht thematisiert, dass Haushaltsgeräte mit Wechselspannung betrieben werden. Die in den Experimenten verwendeten elektrischen Geräte werden mit Gleichspannung betrieben, und Rechnungen zu Haushaltsgeräten basieren auf den Werten für Effektivspannung und -strom, können also durchgeführt werden, als ob es sich um Gleichspannung und -strom handelte.

3 Unterrichtsmaterialien und weitergehende Informationen

In Kapitel 4 werden Informationen zu elektrischen Schutzeinrichtungen für Lehrkräfte zusammengefasst. Die einzelnen Stationen zu Haushaltsgeräten und Sicherungen werden in den Kapiteln 5 und 6 übersichtsartig dargestellt. Eine Liste aller benötigten Geräte und Materialien findet sich in Kapitel 7 zusammen mit einer Beschreibung des Modells einer Mehrfachsteckdose, wie sie bei der Station zur Magnetsicherung verwendet wird. Die Arbeitsblätter, Stationsübersichten und Hilfekarten zu den Stationen sind auf der Internetseite <https://www.schule.physik.uni-mainz.de/downloads/unterrichtsreihe-und-schuelerlabor-leistung-aber-sicher/> abrufbar.

4 Hintergrundinformation: Elektrische Schutzeinrichtungen

Zu elektrischen Schutzeinrichtungen im Haushalt gehören Überstromschutzeinrichtungen, z. B. Leitungsschutzschalter, und der Fehlerstrom-Schutzschalter (FI-Schalter).

Überstromschutzeinrichtungen, umgangssprachlich *Sicherungen* genannt, verhindern einen zu großen Stromfluss und eine daraus resultierende Erwärmung von Leitungen, die im schlimmsten Fall zu einem Kabelbrand führen kann. Ab einer definierten Stromstärke, dem Nennstrom, löst die Sicherung aus und unterbricht den Stromkreis. Bei kurzzeitig hohen Einschaltströmen soll die Sicherung jedoch nicht auslösen. Dementsprechend werden Sicherungen mit verschiedenen Reaktionszeiten kombiniert. Typische B16-Leitungsschutzschalter (Nennstrom 16 A) im Haushalt verwenden einen magnetischen Mechanismus für die schnelle Abschaltung bei deutlich zu hohen Strömen und einen thermischen (meist einen Bimetallstreifen) zur Reaktion auf Ströme, die dauerhaft über 16 A liegen. Der Stromkreis wird in weniger als 0,01 s unterbrochen, wenn ein Strom von 80 A (fünffacher Nennstrom) fließt; bei 32 A (doppeltem Nennstrom) erfolgt die Unterbrechung erst nach 20 s bis drei Minuten. Zum Schutz von Geräten werden oft Schmelzsicherungen eingesetzt; sie müssen im Gegensatz zu Leitungsschutzschaltern nach einmaligem Auslösen ersetzt werden.

Eine Sicherung schützt die Leitung vor Überlastung. Sie schützt den Menschen also vor Kabelbränden, nicht aber vor einem gefährlichen Stromschlag. Ist zum Beispiel die Isolierung eines Kabels in einem elektrischen Gerät defekt, so dass ein Leiter unter Spannung in Kontakt mit dem Gehäuse steht, kann es gefährlich werden: Berührt ein Mensch das Gehäuse und ist dieses nicht geerdet, fließt der Strom über ihn selbst in die Erde. Der *Fehlerstrom-Schutzschalter (FI-Schalter)* bietet hierfür einen Schutz. Er unterbricht in diesem Fall den Stromkreis wie in Abbildung 1 gezeigt. Bei einem Differenzstrom von 30 mA beträgt die Abschaltzeit in der Praxis zwischen 20 ms und 50 ms [2]. In Deutschland müssen seit 2007 in allen Neuinstallationen FI-Schutzschalter eingebaut werden, wobei es aber keine Regelungen für Altbauten gibt.

In einem FI-Schalter sind Außen- und Neutralleiter um einen Eisenkern gewickelt. Bei einem intakten Gerät heben sich die magnetischen Wirkungen der beiden Leiter auf, weil die Stromstärken gleich groß und die Leiter entgegengesetzt gewickelt sind. Wenn aber im elektrischen Gerät ein Strom zur Erde fließt, sind die Stromstärken beider Leiter nicht mehr gleich. Wegen des resultierenden Restmagnetfelds wird in der Sekundärspule eine Spannung induziert, mit der ein Relais zur Öffnung des Stromkreises angesteuert wird [3].

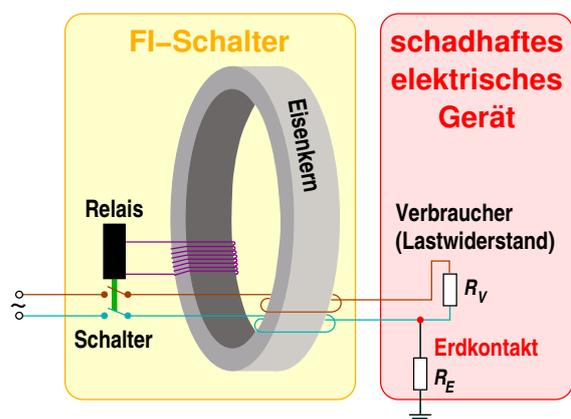


Abb. 1: Prinzip eines FI-Schalters
(eigene, vereinfachte Darstellung nach [3]).

5 Stationen zum Thema Haushaltsgeräte

Zwei der drei Stationen zum Thema Haushaltsgeräte haben einen experimentellen Fokus und sind exemplarisch auf das Wasserkochen eingegrenzt. Die dritte Station erweitert das thematische Spektrum, enthält aber dafür keine experimentelle Aufgabe, sondern konzentriert sich auf das Bewerten von Informationen. Allen Stationen gemeinsam ist eine offene Aufgabenstellung, die den Schülern wesentliche Entscheidungen überlässt, und die Aufforderung, Ergebnisse zu diskutieren und zu kommunizieren.

Station Haushaltsgeräte: „Wasser Kochen“ (90 Minuten)

Es soll ein einminütiger Werbespot zum Thema „Deutschland, so kocht ihr Wasser am besten“ gedreht werden. Die Schüler definieren die Kriterien selbst, ermitteln in Experimenten die beste Methode und kommunizieren ihre Ergebnisse in dem Werbespot. Weil das Konzipieren eines eigenen Films zeitaufwändig ist, wird für diese Stationen eine Doppelstunde veranschlagt.

Vorbereitungsphase:

Die Schüler legen in der Gruppe ihr Kriterium für die günstigste Methode fest; die konkrete Wahl (z. B. zugeführte Energie, Leistung oder Zeitdauer) ist dabei nicht entscheidend. Sie suchen vier Vorgehensweisen aus, um einen Liter Wasser zum Sieden zu bringen, die experimentell verglichen werden sollen. Es sind dabei keine Methoden vorgeschrieben. Zu den Experimenten diskutieren sie selbständig mögliche Gefahrenquellen und Vorsichtsmaßnahmen und weisen sich dann ihre Rollen beim Experimentieren in der Kleingruppe zu.

Experimentierphase:

Die Schüler führen ihre zuvor geplanten Experimente durch und dokumentieren die Ergebnisse. Dabei ist ein Ablauf vorgegeben, damit vergleichbare Ergebnisse erzielt werden.

Unabhängig von dem gewählten Kriterium für die günstigste Methode soll zusätzlich auf jeden Fall die zugeführte Energie bestimmt werden, weil diese Berechnung ein zentrales physikalisches Thema ist.

Kommunikationsphase:

Die Schüler bewerten die Messergebnisse zuerst in Einzelarbeit und tauschen sich danach in der Gruppe über ihre Meinungen zur günstigsten Vorgehensweise beim Kochen aus, um die Aspekte auszuwählen, die in ihrem Werbespot erwähnt werden sollen. Weil für den Werbespot nur wenig Zeit zur Verfügung steht, kommt eine gemeinsame Diskussion und Auswahl der wichtigsten Argumente zustande. Erst danach erstellen die Schüler den Werbespot. Dabei können sie auf Hilfefkarten zurückgreifen.

Station Haushaltsgeräte: „Stiftung Warentest“ (45 Minuten)

Als physikbeauftragter Tester der „Stiftung Warentest“ untersuchen die Schüler, welche Angaben auf dem Datenblatt eines Haushaltsgeräts relevant sind, überprüfen diese experimentell und kommunizieren ihre Ergebnisse in einem Testbericht, vgl. [4].

Vorbereitungsphase:

Jeder Schüler erhält das Datenblatt eines Wasserkochers, das zunächst in Einzelarbeit analysiert wird, um die physikalisch relevanten Informationen von denjenigen zu trennen, die lediglich den

Bedienkomfort betreffen. Danach tauschen sich die Schüler in der Gruppe aus. Auf diese Weise werden sie dafür sensibilisiert, dass auch objektiv erscheinende Medien wie Datenblätter kritisch gelesen werden sollten und eine Selektion der Informationen angebracht ist.

Experimentierphase:

Nun nehmen die Schüler die Rolle und Sichtweise einer Fachkraft an, um die technischen Daten rechnerisch und experimentell zu prüfen. Die Rolle eines Testers der Stiftung Warentest überträgt den Schülern automatisch die Verantwortung für eine seriöse, objektive Begutachtung, die über subjektive Einschätzungen hinausgeht.

Kommunikationsphase:

Die Schüler verfassen einen Testbericht im Sinne eines Beauftragten der Stiftung Warentest. Es ist eine maximale Länge für den Bericht festgelegt, so dass sie bewerten müssen, welche Informationen die wissenswertesten sind.

Die Schüler stellen sich die Wasserkocher gegenseitig vor, erstellen aus ihren Berichten eine vergleichende Tabelle der physikalischen Angaben wie elektrische Leistung oder Kochzeit und küren auf dieser Basis den Testsieger.

Station Haushaltsgeräte: „Daily News“ (45 Minuten)

Die Schüler setzen sich kritisch mit Texten auseinander, die Zeitungsartikeln nachempfunden sind und einen Alltagsbezug vermitteln. Aus fünf Artikeln sind drei zur Bearbeitung auszuwählen. Ein Teil der Artikel enthält physikalisch korrekte Informationen, die unglaublich erscheinen, bei anderen Artikeln verhält es sich umgekehrt.

Vorbereitungsphase:

Es gilt zunächst, den Text zu lesen und seinen Inhalt auf die physikalisch wesentlichen Sachverhalte zu reduzieren. Dabei werden, wie im täglichen Leben auch, nicht alle zur Bewertung nötigen Informationen im Text direkt geliefert.

Recherchephase:

Um sich z. B. über nicht angegebene physikalische Eigenschaften von Geräten informieren zu können, stehen den Schülern Informationstexte zur Recherche zur Verfügung. Sie wissen, dass hier alle notwendigen Details zu finden sind, so dass sie sich nicht alleine gelassen fühlen. Zur Überprüfung der physikalischen Aussagen in den Zeitungsartikeln stehen Hilfekarten zur Verfügung.

Kommunikationsphase:

Die Schüler nehmen eine Bewertung des Sachverhaltes vor und verfassen eine Stellungnahme für den Zeitungsleser. So setzen die Schüler ihr physikalisches Wissen ein und üben, sich vom vordergründigen Erscheinungsbild von Informationen nicht blenden zu lassen.

6 Stationen zum Thema Sicherungen

Die Auslösemechanismen einer Magnetsicherung, Schmelzsicherung und eines FI-Schalters werden zunächst unabhängig voneinander an je einer Station betrachtet. Allen Stationen ist gemeinsam, dass ein Modell des Auslösemechanismus entwickelt wird. Zum einen werden die Schüler so in der Modellbildung als typischer Vorgehensweise der Physik geschult, zum anderen erleichtert

das selbstentwickelte Modell das Verständnis der Sachverhalte und die Verankerung im Gedächtnis. Weil die Modellbildung im Mittelpunkt steht, wird bei diesen Stationen auf eine zusätzliche Kommunikationsphase verzichtet.

Bei der Station zur Schmelzsicherung werden die Magnet- und Schmelzsicherung kombiniert, um die Funktionsweise einer haushaltsüblichen Sicherung zu erklären. Damit ergibt sich hier eine bevorzugte Reihenfolge für die Bearbeitung der Stationen. Sie ist insbesondere für leistungsstarke Schüler aber nicht zwingend, weil die Grundlagen der Magnetsicherung in der Station zur Schmelzsicherung wiederholt werden.

Station Sicherungen: „Magnetsicherung“ (45 Minuten)

Die Schüler entwickeln ein Modell zur Erklärung der Funktionsweise einer Magnetsicherung.

Vorbereitungsphase:

Mit Hilfe eines Informationstextes ordnen die Schüler Abbildungen zur Funktionsweise einer Magnetsicherung den zugehörigen Beschreibungen zu und erarbeiten so die physikalischen Grundlagen des Auslösemechanismus.

Experimentierphase:

Die Schüler bauen selbst ein Modell einer Magnetsicherung und testen seine Funktionsweise. Die Grundidee des Schaltplans für den Modellversuch ist dem Portal LEIFI-Physik [5] entnommen. Diese Idee wurde so erweitert, dass die Schüler nicht nur die Funktion des Bauteils verstehen, sondern auch seine Arbeitsweise in einem Schaltkreis nachvollziehen können. Dazu wurde ein Kasten entwickelt, der modellhaft die Funktion einer Mehrfachsteckdose im Haushalt übernimmt.

Die Modelle für Magnetsicherung und Mehrfachsteckdose werden in Kapitel 7 beschrieben.

Station Sicherungen: „Haushaltssicherung“ (45 Minuten)

Die Schüler erarbeiten das Prinzip des thermischen Auslösemechanismus. In Kombination mit dem magnetischen Mechanismus wird so die Funktionsweise eines haushaltsüblichen Leitungsschutzschalters dargestellt. Abschließend wird als weiteren im Alltag zu findenden Sicherungstyp eine Schmelzsicherung betrachtet und deren Funktion erarbeitet.

Vorbereitungsphase zur Haushaltssicherung:

Die Schüler informieren sich mit Informationskarten über den Aufbau einer Haushaltssicherung. Sie erkennen dabei, wenn sie die Station zur Magnetsicherung zuvor absolviert haben, einen Elektromagneten, und sie werden auf einen Bimetallstreifen aufmerksam gemacht. Den Mechanismus zur thermischen Sicherung mit Bimetallstreifen erarbeiten die Schüler anhand von Abbildungen.

Die Schüler notieren die auf einer Haushaltssicherung angegebenen physikalischen Kenngrößen, insbesondere den Nennstrom. Dadurch, dass sie das Gerät selbst in Händen halten, bauen sie mögliche Berührungspunkte ab.

Experimentierphase zur Haushaltssicherung:

Die Schüler planen den Aufbau eines Stromkreises, mit dem sie dann die Zuverlässigkeit des Auslösemechanismus der Haushaltssicherung testen. Sie notieren ihre Beobachtungen wie in einem Protokoll. Durch den Test einer echten Haushaltssicherung wird einerseits ein direkter Alltags-

bezug geschaffen; andererseits haben sich Versuche mit selbstgebauten Modellen auf Basis von Bimetallstreifen als schwer reproduzierbar erwiesen, was auf diese Weise umgangen wird. Vor dem Einschalten wird der Aufbau der Schüler überprüft: Die Schüler sollen zwar Berührungsängste abbauen, aber auch erkennen, dass Sicherungen kein Spielzeug sind.

Informationen zum Auslöseverhalten von Bimetallstreifen und Magnetsicherungen sind für die Schüler vorbereitet. Auf Basis dieser Informationen und ihrer Kenntnisse der Auslösemechanismen erklären die Schüler abschließend, wieso es sinnvoll ist, in einer Haushaltssicherung einen magnetischen und einen thermischen Mechanismen zu kombinieren.

Schmelzsicherung:

Analog zur Vorgehensweise bei der Haushaltssicherung erarbeiten die Schüler auch die Funktionsweise einer Schmelzsicherung anhand von Informationskarten. Daraufhin entwickeln und testen sie ein Modell, dessen Funktionsweise sie skizzieren.

Station Sicherungen: „FI-Schalter“ (45 Minuten)

Die Schüler lernen den FI-Schalter kennen und unterscheiden ihn von Leitungsschutzschaltern. Sie entwickeln und testen ein Modell für den FI-Schalter und dokumentieren seine Funktionsweise.

Vorbereitungsphase:

Da die Funktionsweise von FI-Schaltern nicht so einfach zugänglich ist wie die von magnetischen oder thermischen Sicherungen, wird sie in der Vorbereitungsphase in zwei Schritten auf Basis verschiedener Medien vermittelt. Zunächst betrachten die Schüler in der Gruppe ein Informationsvideo zum FI-Schalter [6]. Seine Funktionsweise wird insbesondere durch Animationen erklärt; zusätzlich sprechen Fachpersonen über die Chancen durch den Einbau von FI-Schaltern. Es wird allerdings bewusst vermieden, ein falsches Gefühl von Sicherheit beim Umgang mit Elektrizität zu vermitteln. Jeder Schüler formuliert zwei Fragen, die ein anderes Gruppenmitglied nach erneutem Anschauen des Videos beantwortet. Das erneute Betrachten des Videos ermöglicht es jetzt, Antworten auf die selbstformulierten Fragen zu finden und mögliche Lücken zu schließen.

Die Informationen aus dem Video bilden die Grundlage, auf der die Schüler daraufhin in Einzelarbeit einen Informationstext zum FI-Schalter lesen. Dieser Text fokussiert auf die wesentlichen Funktionsmerkmale des FI-Schalters. Insbesondere falls die Induktion im Unterricht zuvor noch nicht thematisiert worden ist, ist das zweistufige Vorgehen mit dem Video als Informationsgrundlage wichtig.

Experimentierphase:

Die Schüler planen nun selbst ein Modell, das einen FI-Schalter darstellt. Zur Binnendifferenzierung bei dieser anspruchsvollen offenen Aufgabe werden Hilfekarten mit Vorschlägen, welche Funktion die einzelnen Bauteile im Modell übernehmen könnten, eingesetzt. Vor dem Einschalten wird das Modell durch die Lehrkraft überprüft, die dabei auch über das Modell sprechen und zusätzliche Hinweise geben kann.

Um ihre Ergebnisse festzuhalten, skizzieren die Schüler ihren Aufbau. Es geht dabei darum, die wesentlichen Aspekte zu identifizieren, um in der Skizze auf sie fokussieren zu können.

7 Materialien für die Experimentierstationen

An allen Stationen werden Arbeitsblätter und laminierte Hilfekarten ausgelegt. Die weiteren benötigten Materialien sind im Folgenden für jede Station zusammen mit weiteren Informationen dargestellt.

Station „Wasser Kochen“:

- Wasserkocher
- Kochfelder: herkömmlich, Glas-keramik, Induktion
- diverse Töpfe und Deckel
- hitzebeständige Handschuhe
- Haushalts-Leistungsmessgerät
- Taschenrechner
- Laptop



Abb. 2: Station „Wasser Kochen“

Station „Stiftung Warentest“:

- verschiedene Wasserkocher mit laminierten Datenblättern
- Folienstifte (wasserlöslich)
- Haushalts-Leistungsmessgerät

Station „Daily News“:

- Zeitschriftenartikel (laminiert)
- Taschenrechner



Abb. 3: Station „Magnetsicherung“

Station „Magnetsicherung“:

- Netzgerät, 5 A
- Modell-Mehrfachsteckdose
- Spule ($n = 250$, $I_{max} = 5 \text{ A}$, $R = 0.6 \Omega$)
- isolierende Halterung mit Kupferdrähten
- Eisennagel
- Schleifpapier
- Krokodilklemmen
- Kabel
- Multimeter

Die Schüler entwickeln ihr Modell einer Magnetsicherung mit einer schulüblichen Experimentierspule. Typische Kenngrößen einer solchen Spule

sind oben angegeben. Die Alltagssituation, dass zu viele Geräte an einen Stromkreis angeschlossen werden, wird im Schülerversuch mit einem vorbereiteten Modell einer Mehrfachsteckdose nachempfunden. Dabei sollen

- die Maximalstromstärke durch die Spule erreicht werden können, ohne dass sie – z. B. bei um einige 100 mV zu hoher Spannung – wesentlich überschritten wird,
- am Modell der Mehrfachsteckdose durch Leuchtsignale einzelne zugeschaltete Verbraucher angezeigt werden und
- keine Verletzungsgefahr durch heiße Lampen bestehen.

Mit LED-Lampen für die Leuchtsignale als (einzigen) Verbraucher im Stromkreis lassen sich diese Anforderungen nicht gleichzeitig erfüllen. Praktikabel ist es, zu jeder LED-Lampe für die Leuchtsignale eine parallel geschaltete handelsübliche 12 V-Halogenlampe (5 W bis 40 W) über den gleichen Schalter zu steuern und die gesamte Schaltung mit einer Spannung von 12 V zu betreiben. Die Halogenlampen werden so angeordnet, dass die entstehende Wärme abgeführt wird und keine Verletzungsgefahr besteht. Aus Schülersicht ergibt sich der in Abbildung 4(a) gezeigte vereinfachte Stromkreis. In Abbildung 4(b) ist der tatsächliche Schaltplan des Modells der Mehrfachsteckdose gezeigt.

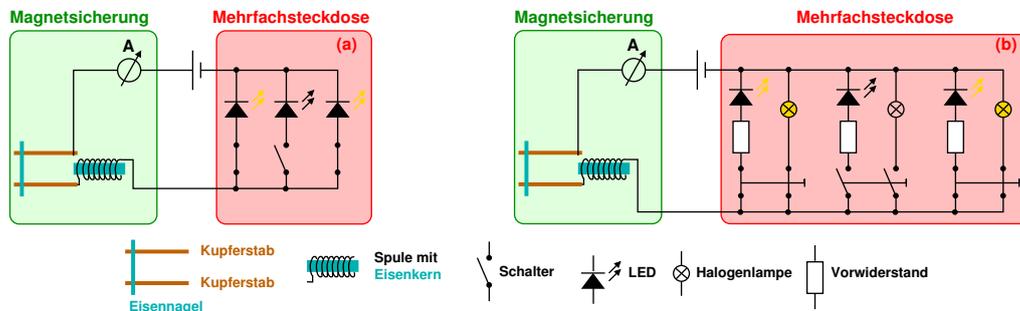


Abb. 4: Modell der Magnetsicherung: Schülersicht (a) und tatsächlicher Stromkreis (b).

Station „Haushaltssicherung“:

- Netzgerät, 5 A
- nicht-isolierter Kupferdraht
- Zange
- 1 A-Haushaltssicherung (Angabe überkleben, s.u.)
- Isolatorfüße
- Krokodilklemmen
- Kabel
- Schiebewiderstand 2 Ω , 5 A
- Multimeter



Abb. 5: Station „Haushaltssicherung“

Wenn der Strom durch die Haushaltssicherung nicht deutlich über dem Nennstrom liegt, dauert es für ein Schülerexperiment zu lange, bis die Sicherung auslöst [1], vgl. auch Kapitel 4. Deshalb hat es sich für das Schülerprojekt bewährt, die Angabe „1 A“ für den Nennstrom mit dem Wert „3 A“ zu überkleben.

Station „FI-Schalter“:

- zwei starre Kabel (blau, braun)
- Kabel (blau, rot)
- Auflage für starre Kabel
- Krokodilklemmen
- Kompass
- Verbraucher, z. B. Lampe
- Multimeter
- Laptop
- Kopfhörer

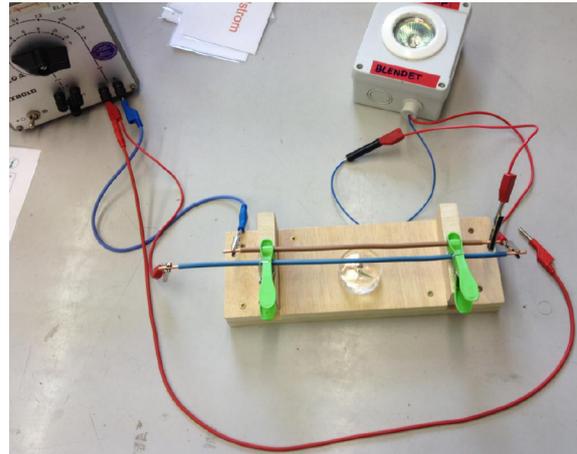


Abb. 6: Station „FI-Schalter“

Literatur

- [1] K. Stein, *Leistung? Aber sicher! – Ein Schülerprojekt mit offenen Aufgaben zu Elektrik und Sicherheit im Alltag*, Abschlussarbeit (Master of Education im Fach Physik) an der Universität Mainz (2015).
- [2] A. Holfeld, C. Lochner, *Detailinformationen zum sicheren Haartrockner*, Publikation der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/Gd70.pdf?__blob=publicationFile&v=4 , zuletzt abgerufen am 2. 7. 2020.
- [3] Internetportal LEIFI-Physik, www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/stromwirkungen/ausblick/fehlerstromschutzschalter , zuletzt abgerufen am 2. 7. 2020.
- [4] J. Leisen, *Wie soll ich meinen Unterricht planen? – Lehr-Lern-Prozesse planen am Beispiel Elektrizitätslehre in Physik*, www.josefleisen.de/downloads/lehrenlernen/07%20Wie%20soll%20ich%20Unterricht%20planen.pdf, zuletzt abgerufen am 2. 7. 2020.
- [5] Internetportal LEIFI-Physik, www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/stromwirkungen/ausblick/sicherungsautomat , zuletzt abgerufen am 2. 7. 2020.
- [6] Video *FI-Schutzschalter rettet Leben!*, youtu.be/apUQD54wUJg , zuletzt abgerufen am 2. 7. 2020.