

## Sicherungsautomaten

Stand: 16.01.2018

Jahrgangsstufen	FOS/BOS 10
Fach/Fächer	Physik
Übergreifende Bildungs- und Erziehungsziele	Technische Bildung, digitale Bildung/Medienbildung
Benötigtes Material	Netzgerät, 2 Sorten Glühlampen gleicher Betriebsspannung aber unterschiedlicher Stromstärke (z. B. 4 V/ 0,3 A und 4 V/ 0,6 A), Fassungen, Stativmaterial, Krokodilklemmen, große Nägel (z. B. Länge 10 cm, Durchmesser 3 mm), Spule mit Weicheisenkern (z. B. 300 Windungen), Multimeter und ggf. PC/Smartphone mit Internetzugang für Recherche

## Kompetenzerwartungen

### Lehrplan Physik FOS/BOS 10 (T, ABU) LB 3

Die Schülerinnen und Schüler...

- bilden Versuchsaufbauten in Schaltplänen ab bzw. übertragen Schaltpläne in Versuchsaufbauten, um anhand selbständig durchgeführter Stromstärke- und Spannungsmessungen Widerstände zu ermitteln. Dabei verwenden sie Volt- und Amperemeter sachgerecht und wägen das Gefahrenpotenzial der gemessenen Stromstärken und Spannungswerte ab.
- planen unter Anleitung Widerstandsschaltungen, bauen diese auf und berechnen die auftretenden elektrischen Größen Stromstärke, Spannung, Leistung und Widerstand, um z. B. den gefahrlosen Einsatz von Mehrfachsteckdosen im Haushalt für mehrere Verbraucher oder die grundsätzliche Struktur eines Haushaltsstromnetzes nachzuvollziehen und dessen erforderliche Dimensionierung abzuschätzen.
- erklären die bei verschiedenen elektrischen Geräten auftretenden Energieumwandlungen und die damit verbundenen Wirkungen des elektrischen Stromes auch unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades.

## Aufgabe

Immer wieder berichten die Medien über Brände in Wohnungen, die durch hintereinander gesteckte Mehrfachsteckdosenleisten entstanden sind. Dabei sind Haushaltsstromnetze durch Leistungsschutzschalter abgesichert – was geht da schief?

In dieser Aufgabe wird untersucht, wie Stromkreise in Haushalten abgesichert sind und welchen Beitrag jeder einzelne zu einem sicheren Betrieb elektrischer Geräte leisten kann. Obwohl die hier vorgestellten Versuche mit schulüblichen Gleichstromnetzteilen und mit vergleichsweise geringen Spannungen durchgeführt werden, können die dabei angestellten Überlegungen auf das Wechselspannungsnetz einer Hausinstallation übertragen werden.

In den Aufgaben 1 bis 4 werden zunächst Grundlagen thematisiert.

- 1 Zeichnen Sie je einen Schaltplan für die beiden Fälle, bei denen zwei Glühlampen zum einen in Reihe geschaltet und zum anderen parallel geschaltet an ein Netzgerät angeschlossen sind.
- 2 Bauen Sie die beiden Schaltungen auf. Verwenden Sie Glühlampen mit gleicher Betriebsspannung (4 V) aber unterschiedlicher Angabe zur Stromstärke bzw. Leistung. Diese stehen modellhaft für unterschiedliche elektrische Verbraucher im Haushalt, wie z. B. Haarföhn (große Stromstärke/Leistung) und Ladegerät für das Handy (kleine Stromstärke/Leistung).
- 3 Schalten Sie jeweils das Netzteil ein und regeln Sie die Spannung hoch bis etwa zu dem auf den Glühlampen angegebenen Wert der Betriebsspannung (z. B. 4 V). Achten Sie hierbei darauf, diese Betriebsspannung nicht zu überschreiten, ansonsten besteht die Gefahr, dass die Glühlampen zerstört werden („durchbrennen“). Simulieren Sie den Ausfall eines Haushaltsgerätes, indem Sie eine Glühlampe halb aus der Fassung drehen und so den Stromfluss durch sie unterbrechen.  
  
Notieren Sie Ihre Beobachtungen und folgern Sie daraus, ob im Stromnetz eines Haushalts die einzelnen Verbraucher parallel oder in Reihe geschaltet sind. Berücksichtigen Sie dabei auch die Ausfallsicherheit des Haushaltstromnetzes für den Fall, dass ein elektrisches Gerät im Betrieb einen Defekt hat.
- 4 Bauen Sie die Schaltung mit zwei parallel geschalteten Glühlampen wieder auf und stellen Sie am Netzteil die Betriebsspannung der Glühlampen (z.B. 4 V) ein. Messen Sie die Teilstromstärken und die Gesamtstromstärke im Stromkreis. Überprüfen Sie, ob Ihre Messergebnisse der Gesetzmäßigkeit für die Stromstärken im Parallelstromkreis entsprechen.

Zu hohe Stromstärken können elektrische Leitungen überlasten und so zu Bränden führen. Zum Schutz davor werden in der Hausinstallation Leitungsschutzschalter (manchmal auch „Sicherungsautomaten“ genannt) verwendet. Die folgenden Aufgaben veranschaulichen die Wirkungsweise eines solchen Sicherungsautomaten.

- 5 Bauen Sie die in Abbildung 1 gezeigte Schaltung auf. Zwei Nägel werden fixiert und mit Krokodilklemmen mit den Leitungen verbunden, ein Nagel soll auf den beiden Nägeln rollen können. Benutzen Sie gegebenenfalls Stativmaterial, um den Aufbau zu stabilisieren. Achten Sie darauf, dass zwischen dem Eisenkern und den beiden fixierten Nägeln so viel Platz ist, dass der bewegliche Nagel herunterfallen könnte.

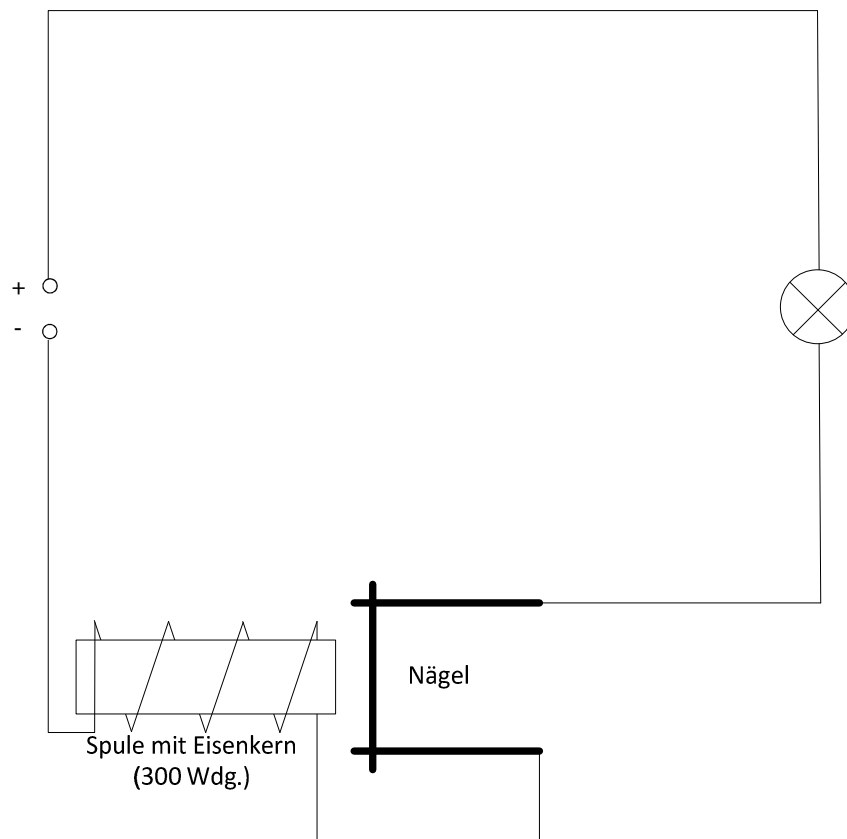


Abbildung 1: Schaltskizze

- 6 Schalten Sie nun das auf die Betriebsspannung der Glühlampe eingestellte Netzteil wieder an und fügen Sie „bei laufendem Betrieb“ nach und nach weitere Glühlampen in Parallelschaltung zur bereits vorhandenen Lampe hinzu. Notieren Sie Ihre Beobachtungen.  
Sie dürfen auch probeweise eine Glühlampe mit einem Kabelstück überbrücken und so einen Kurzschluss simulieren.

- 7 Informieren Sie sich im Internet, wie ein Leitungsschutzschalter (Sicherungsautomat) funktioniert und vergleichen Sie seine Funktionsweise mit der Funktionsweise Ihres Versuchsaufbaus aus Aufgabe 5.
- 8 Ermitteln Sie die maximal mögliche Stromstärke, bevor die von Ihnen in Aufgabe 5 aufgebaute Sicherung auslöst.

Die sog. „Nennleistung“ eines elektrischen Geräts ist entweder auf dem Gehäuse abgedruckt oder in der Bedienungsanleitung unter den technischen Daten aufgeführt. Die Nennleistung gibt meist die maximal im Dauerbetrieb erreichbare Leistung an. Bei einer Waschmaschine mit einer Nennleistung von 3000 W bedeutet dies beispielsweise, dass es zu bestimmten Zeiten während des Ablaufs eines zur Wahl stehenden Waschprogramms zu einer Umsetzung bzw. Aufnahme dieser Leistung kommt.

- 9.0 Ein typischer, in Haushaltsstromnetzen eingesetzter Leitungsschutzschalter löst bei einer Stromstärke von 16 A aus. Ein Leitungsschutzschalter sichert dabei in der Regel alle Deckenlampen und Steckdosen eines Raumes ab.
- 9.1 Berechnen Sie die Nennleistung eines elektrischen Verbrauchers, damit die Sicherung während seines Betriebs gerade noch nicht auslöst.
- 9.2 Sammeln Sie Nennleistungsdaten von typischen elektrischen Verbrauchern im Haushalt und erstellen Sie eine Übersicht, welche dieser Geräte man zusammen, d. h. gleichzeitig in einem Raum, verwenden darf und welche nicht.
- 9.3 Elektriker weisen bei Hausinstallationen darauf hin, die Steckdosen von Waschmaschine und Trockner separat mit jeweils einem Schutzschalter abzusichern. Nehmen Sie dazu Stellung.

Eine Steckdosenleiste ist ein Parallelstromkreis im Kleinen. Auf Steckdosenleisten ist eine maximale Leistung gedruckt. Typische Steckdosenleisten sind für Maximalleistungen von 2000 W bzw. 3500 W gebaut.

- 10 Betrachtet werden zwei Steckdosenleisten, im Folgenden Leiste 1 und Leiste 2 genannt, mit einer Maximalleistung von je 2000 W. Es ist bei den drei unten dargestellten Situationen davon auszugehen, dass die Leiste 1 durch eine Wandsteckdose und die Leiste 2 durch Leiste 1 mit Spannung versorgt wird. Es liegt in allen drei Situationen ein Überlastungszustand vor. Bewerten Sie das jeweilige Risiko einen Brand auszulösen. Berücksichtigen Sie dabei, dass der Leistungsschutzschalter, der die Wandsteckdose mit maximal 16 A absichert, auslösen kann.
- a) Waschmaschine (3000 W) an der Leiste 2 und Stehlampe (20 W) an Leiste 1.
  - b) Haartrockner (2000 W) an Leiste 1 und Rasierapparat (5 W) an Leiste 2.
  - c) Waschmaschine (3000 W) an Leiste 1 und Haarföhn (2000 W) an Leiste 1.



## Hinweise zum Unterricht

**Die Lösungshinweise unter den Hinweisen zum Unterricht erfolgen stichpunktartig. Diese sind nicht als vollständige, alternativlose Lösungserwartung zu sehen. Auch von einer strengen physikalischen Fachnotation wird hier abgesehen.**

**Bei der Durchführung der Versuche sind immer die gültigen Sicherheitsbestimmungen zu beachten. Hinweise dazu finden Sie u. a. in der Handreichung „Sicher experimentieren in Physik“ des ISB (vgl. [1]).**

Bei der Experimentieraufgabe kann man je nach Kenntnisstand der Klasse zwischen einem geschlossenen, halboffenen oder offenen Format wählen. Wählt man ein offenes Format, so kann man den Schülerinnen und Schülern gestufte Hilfen in Form von Impulsen oder Tipps anbieten, die sich die Schülerinnen und Schüler entweder eigenständig holen können oder die man als Lehrkraft bei Bedarf gibt. Bei dieser Aufgabe wird die Experimentieraufgabe als halboffenes Format gewählt. Zwar wird die grundsätzliche Abfolge der Experimentierschritte angegeben, bei der Umsetzung und Variation der geforderten Aufgaben haben die Schülerinnen und Schüler jedoch sehr viel Spielraum. Die Lehrkraft kann die Ausdifferenzierung der Teilaufgaben jederzeit den eigenen Bedürfnissen anpassen.

Zu Aufgabe 3:

Bei der Reihenschaltung leuchten beide Lampen nur mit geringer Helligkeit, wobei die Lampe mit der höheren Strom- bzw. Leistungsangabe noch weniger hell leuchtet als die andere.

Bei einer Parallelschaltung leuchten hingegen beide Lampen hell.

Wenn es zu einem Defekt kommt, dann fallen im Reihenstromkreis alle Verbraucher aus, im Parallelstromkreis nicht.

Dies wäre auch beim Haushaltsnetz so. Somit wird das Haushaltsnetz durch Parallelschaltungen von Verbrauchern realisiert.

Die Aufgaben 4 bis 10 werden einer Arbeitsgruppe erst ausgeteilt, wenn die Arbeitsgruppe das Haushaltsnetz als Parallelschaltungsnetz benannt hat.

Zu Aufgabe 4:

Bei einer Parallelschaltung addieren sich die Teilströme zum Gesamtstrom. Dies kann experimentell im Rahmen der Messgenauigkeit bestätigt werden.

Zu Aufgabe 5:

Falls die Nägel bereits leicht oxidiert sind, sollten sie zum Beispiel mit Sandpapier gereinigt werden.

Zu Aufgabe 6:

Mit der steigenden Anzahl der Verbraucher steigt die Gesamtstromstärke an. Damit steigt auch die Flussdichte des Magnetfeldes, das die Spule erzeugt. Ist dieses Magnetfeld in der Lage, den frei beweglichen Nagel anzuziehen, wird der Stromkreis unterbrochen.

Zu Aufgabe 7:

Auch bei einem Leitungsschutzschalter wird eine Spule mit Eisenkern vom Strom im Verbraucherstromkreis durchflossen. Überschreitet die Stromstärke den maximal zulässigen Wert, so wird ein Anker angezogen, der den Stromkreis unterbricht. Der Stromkreis muss mechanisch mithilfe eines Kippschalters wieder geschlossen werden.

Bis auf den Kippschalter sind alle Elemente eines solchen Schutzschalters auch in der aufgebauten Modellschaltung enthalten. Auch in der Schaltung, welche die Schülerinnen und Schüler aufgebaut haben, wird eine Spule mit Eisenkern vom Strom im Verbraucherstromkreis durchflossen. Beim Überschreiten einer bestimmten Stromstärke übt das magnetische Feld der Spule eine derart große Kraft auf den Nagel aus, dass dieser von den längs angebrachten Nägeln herunterrollt. Somit wird der Verbraucherstromkreis unterbrochen.

Zu Aufgabe 8:

Je nach Aufbau ergeben sich unterschiedliche Werte.

Zu Aufgabe 9.1:

Die maximale Leistung, bevor der Sicherungsautomat auslöst, berechnet sich zu:

$$P = U \cdot I = 230 \text{ V} \cdot 16 \text{ A} = 3680 \text{ W}$$

Zu Aufgabe 9.2:

Leistungsdaten typischer Haushaltsgeräte:

Gerät	Leistung
Haartrockner	2000 W – 2500 W
Ladegerät	je nach Gerät zwischen 2 W (Handy) und 100 W (Laptop)
Waschmaschine	2000 W – 3000 W
Schreibtischlampe	10 W
TV-Gerät	100 W

Es ist darauf zu achten, Geräte mit hoher Leistung entweder alleine oder in Verbindung mit Geräten niedriger Leistung zu betreiben.

Zu Aufgabe 9.3:

Separat abgesicherte Steckdosen für Waschmaschine und Trockner sind sehr sinnvoll, weil die Werte für die Nennleistung einer Waschmaschine (z. B. 3000 W) oder eines Trockners (z. B. 2500 W) sogar im Einzelbetrieb nur recht knapp unter der Maximalleistung eines Leitungsschutzschalters von 3680 W liegen.

Zu Aufgabe 10:

- a) Waschmaschine (3000 W) an der Leiste 2 und Stehlampe (20 W) an Leiste 1:  
Das Brandrisiko ist hoch, da beide Steckdosenleisten weit über ihrer Maximalleistung belastet werden und der Schutzschalter löst nicht auslöst.
- b) Haartrockner (2000 W) an Leiste 1 und Rasierapparat (5 W) an Leiste 2:  
Brandrisiko ist gegeben aber nicht sehr groß, da die Leiste 1 knapp über ihrer Maximalleistung und Leiste 2 weit darunter betrieben werden. Nur eine möglicherweise eingeplante Leistungsreserve bei der überlasteten Steckdosenleiste könnte einen möglichen Schadensfall verhindern.
- c) Waschmaschine (3000 W) an Leiste 1 und Haarföhn (2000 W) an Leiste 1:  
Das Brandrisiko ist eher gering, da die vom Netz genommene Gesamtleistung weit über 3680 W liegt und daher der Schutzschalter auslöst. Sollte der Schutzschalter nicht oder zu spät auslösen, dann gibt es ein sehr hohes Brandrisiko, da die Leiste 1 extrem überlastet wird.





## Anregung zum weiteren Lernen

Im Zusammenhang mit Sicherungsautomaten lässt sich auch noch der FI-Schalter besprechen.

## Quellen- und Literaturangaben

[1] Handreichung „[Sicher experimentieren in Physik](#)“ verfügbar zum Download auf den Internetseiten des [Staatsinstituts für Schulqualität und Bildungsforschung](#), 15.06.2017