

Weiterentwicklung der Bildungsstandards in der Sekundarstufe I in den Naturwissenschaften

Illustrierende Lernaufgabe für das Fach Physik

Kurzbeschreibung

Elektrische Schaltungen

Diese Aufgabe wurde von Fachexpertinnen und Fachexperten der Länder, überwiegend Lehrkräften, entwickelt. Die Aufgabenentwicklungsgruppe wurde von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Fachdidaktik Physik beraten. Das Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen hat den Prozess koordiniert.

Zusammenfassung:

Die Lernenden stellen Hypothesen zum Verhalten von Stromstärke und Spannung in Reihen- bzw. Parallelschaltungen auf. Anschließend planen sie ein Experiment zur Überprüfung ihrer Hypothesen, führen es durch und werten es aus.

Kompetenzbereiche und relevante Standards	Erkenntnisgewinnungskompetenz <i>Die Lernenden ...</i> E 1.3 stellen Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf. E 2.1 planen geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung physikalischer Fragestellungen, auch mithilfe digitaler Messwerterfassung und -auswertung. E 3.1 werten in Experimenten gewonnene oder recherchierte Daten auch mithilfe von digitalen Hilfsmitteln aus, identifizieren Zusammenhänge und erklären diese mithilfe bekannter Modelle (z. B. Denkmodelle, grafische Darstellungen, mathematische Gleichungen). E 3.2 differenzieren zwischen Beobachtung und Interpretation experimentell gewonnener Daten. E 3.5 übertragen gewonnene Erkenntnisse auf Alltagssituationen und reflektieren ihre Anwendbarkeit.
--	--

[illegible]

1 Aufgabe

Ihr kennt Lichterketten von Weihnachtsfeiern, Weihnachtsmärkten oder als Dekoration in Schaufenstern und Außengastronomie. In den folgenden Teilaufgaben erarbeitet ihr, wie die Lämpchen von Lichterketten sinnvollerweise elektrisch geschaltet werden. Dazu überlegt ihr euch zunächst, welche Möglichkeiten es für die Schaltung gibt und stellt dann Vermutungen auf, welche Regeln für Stromstärke und Spannung in den möglichen Schaltungen gelten könnten. Anschließend plant ihr einen Versuch, mit dem ihr eure Hypothesen überprüfen könnt, und führt diesen durch. Anhand eurer Ergebnisse formuliert ihr Regeln und übertragt sie wieder auf die Lichterkette, um entscheiden zu können, wie die Lampen in einer Lichterkette geschaltet sind.

Teilaufgabe 1: Problemstellung

Überlegt euch zwei verschiedene Möglichkeiten, wie die Lämpchen einer Lichterkette geschaltet sein können und skizziert jeweils einen entsprechenden Schaltplan mit zwei Lämpchen.

Teilaufgabe 2: Hypothesenbildung und Versuchsplanung

- 2.1 Ihr habt euch in den vergangenen Stunden bereits mit den Begriffen „Stromstärke“ und „Spannung“ auseinandergesetzt. Stellt Hypothesen auf, wie sich die beiden Größen in den Schaltungen aus Teilaufgabe 1 verhalten können und notiert sie auf dem Arbeitsblatt „Kleingruppenexperiment“ (Material 1) unter „2 Hypothesen“.
- 2.2 Plant geeignete Versuche, mit denen eure Hypothesen untersucht werden können. Nutzt dazu das Arbeitsblatt „Kleingruppenexperiment“ (Material 1). Zeichnet Schaltpläne mit allen benötigten Messgeräten an die entsprechenden Stellen des Arbeitsblatts (3 Aufbau/Material) und überlegt euch, wie ihr die Versuche mit möglichst wenig Aufwand durchführen könnt. Notiert abschließend die wichtigsten Schritte unter „4 Durchführung“.

Teilaufgabe 3: Versuchsdurchführung und Beobachtungen

Lest die Sicherheitsregeln (Material 2) und achtet auf ihre Einhaltung, während ihr experimentiert. Führt die Versuche für Reihen- und Parallelschaltung durch und notiert eure Messwerte mit sinnvoller Genauigkeit im Bereich „5 Beobachtung/Messwerte“ auf dem Arbeitsblatt.

Teilaufgabe 4: Auswertung und Übertragung auf Problemstellung

- 4.1 Beurteilt, ob eure Hypothesen aus Teilaufgabe 2 eingetreten sind und analysiert den Grund eurer abweichenden Hypothese, falls sich eure Vermutungen als nichtzutreffend herausgestellt haben.
- 4.2 Notiert im Bereich „6 Auswertung/Ergebnis“ pro Schaltungstyp Regeln, die ihr aus euren Beobachtungen ableiten könnt. Vergleicht eure Regeln mit denen anderer Gruppen und erklärt sie mit geeigneten Modellen für Stromstärke und Spannung.

- 4.3 Diskutiert Vor- und Nachteile der verschiedenen Schaltungstypen und beurteilt damit, welche Schaltungsart bei einer Lichterkette sinnvoller ist. Geht dabei insbesondere auch auf den Fall eines defekten Lämpchens ein.

Teilaufgabe 5: Reflexion

Beschreibt die Bedeutung von Fragestellung und Hypothese für die Experimente und den Erkenntnisgewinnungsprozess im Allgemeinen.

2 Material für Lernende

Material 1

Arbeitsblatt Kleingruppenexperiment

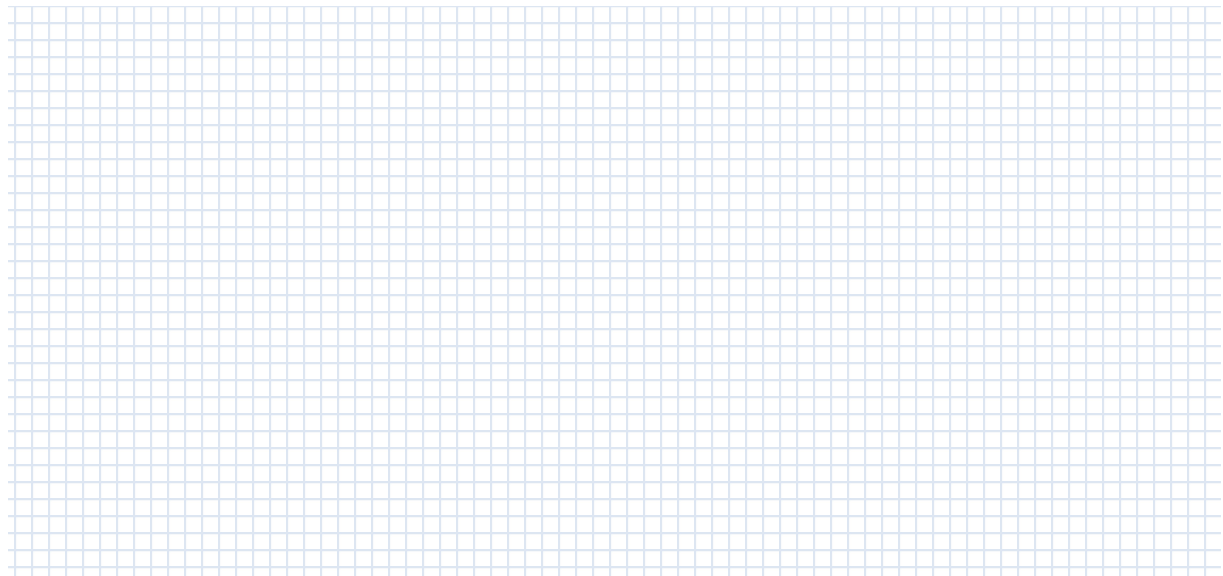
Name:

Ort/Datum:

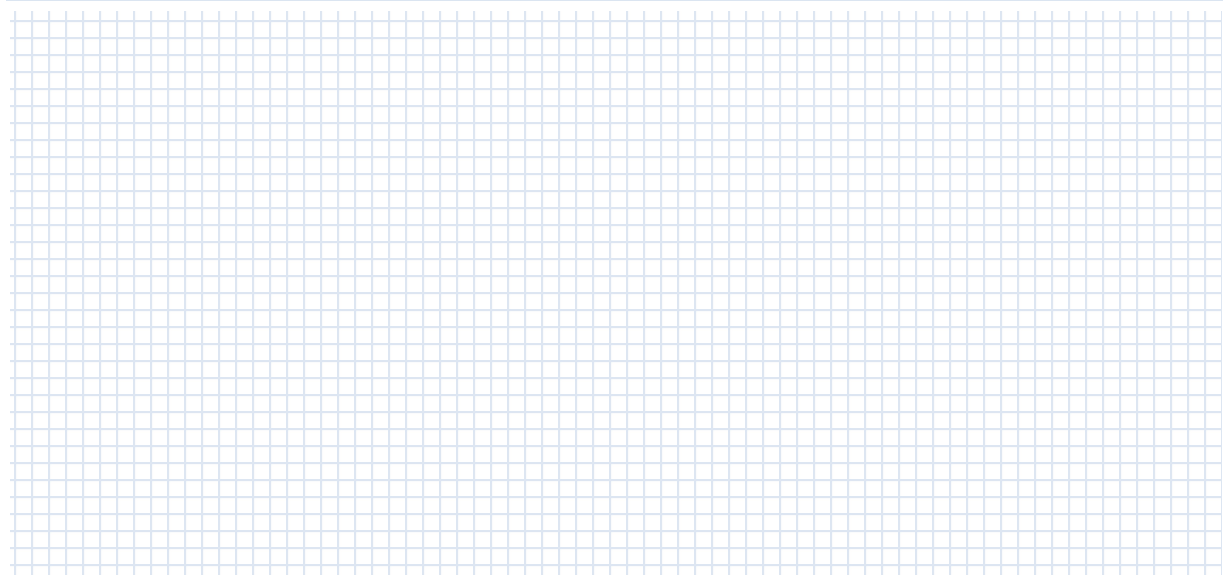
1 Forschungsfrage:

Wie verhalten sich elektrische Stromstärke und Spannung in einer Reihen- bzw. einer Parallelschaltung?

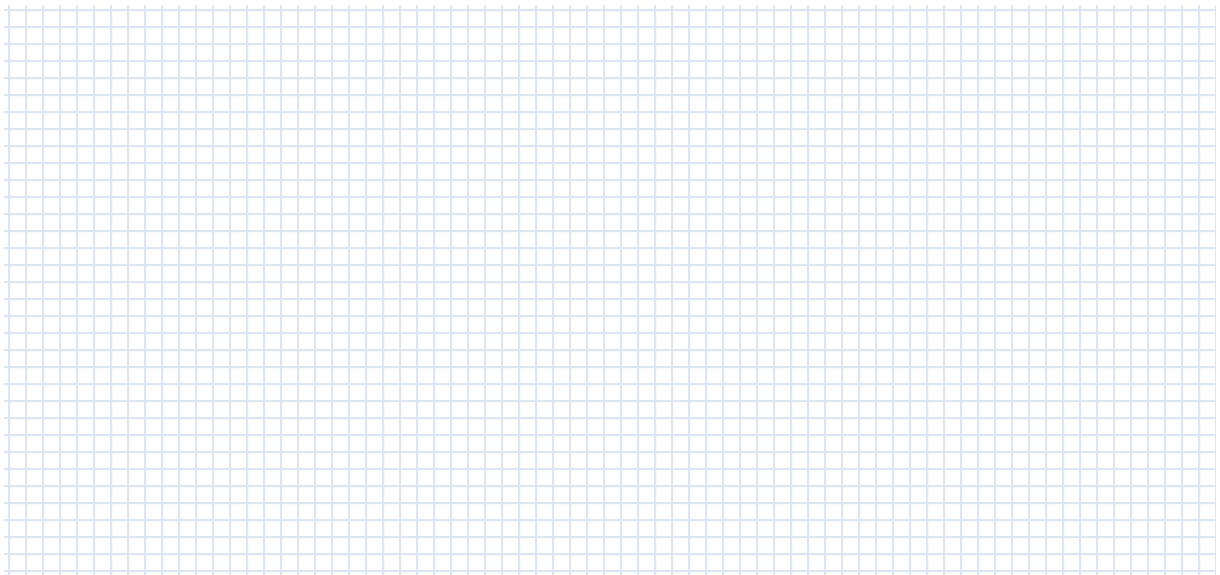
2 Hypothesen:



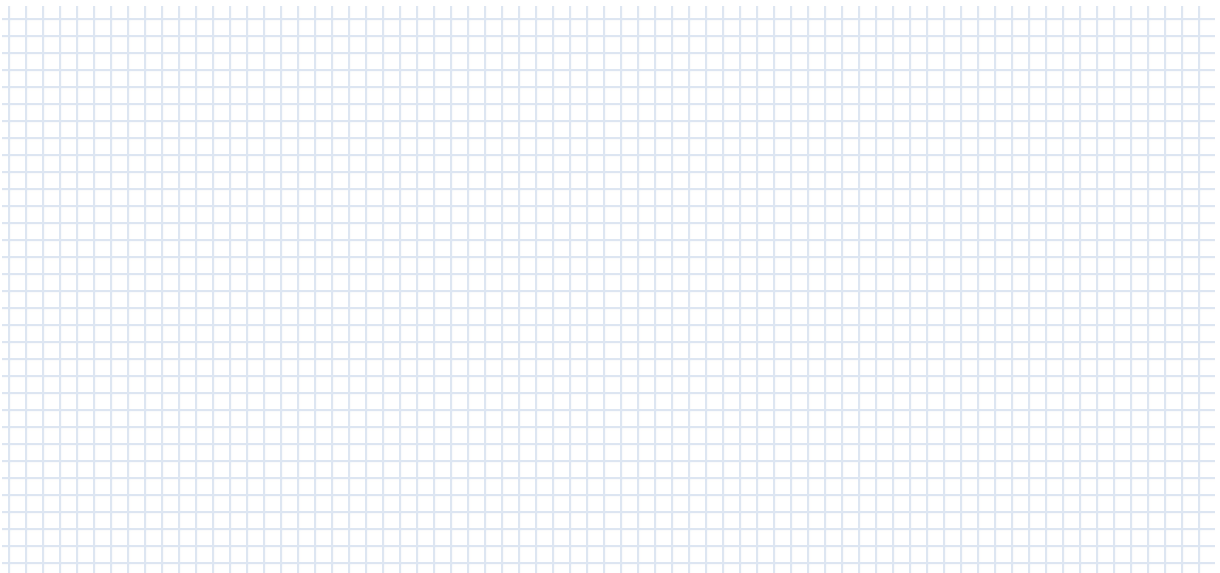
3 Aufbau/Material:



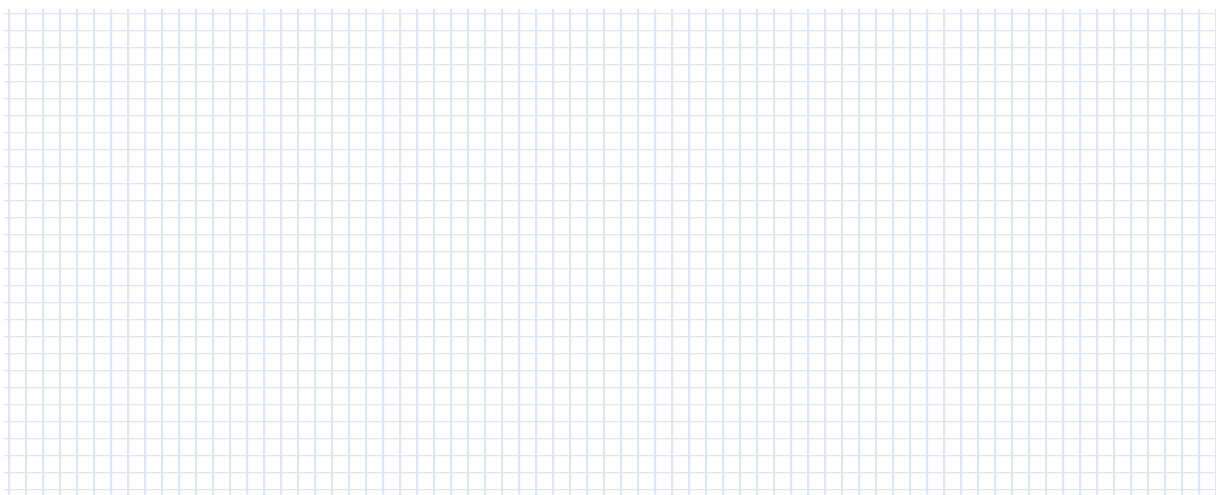
4 Durchführung:



5 Beobachtung/Messwerte:



6 Auswertung/Ergebnis:



Material 2**Informationsblatt Sicherheitshinweise: Regeln für Experimente mit Elektrizität**

Da der menschliche Körper Strom leiten kann, besteht Lebensgefahr! Zur eigenen Sicherheit sind beim Experimentieren deshalb folgende Regeln zu beachten:

1. Experimentiere nur mit Elektrizitätsquellen, deren Ausgangsspannung **maximal 25 Volt** ist.
2. Baue Versuche immer nur bei **ausgeschalteter** Elektrizitätsquelle auf bzw. um.
3. Achte auf den **korrekten Anschluss** von **Messgeräten** (Spannungsmessgeräte parallel und Stromstärkemessgeräte in Reihe) und die passenden Einstellungen. Fange immer mit einem **großen Messbereich** an und gehe anschließend falls notwendig auf empfindlichere Messbereiche.
4. Schalte die Elektrizitätsquelle nur ein, nachdem du den **Versuchsaufbau überprüft** hast und du dir sicher bist, dass der Versuchsaufbau für die beteiligten Personen und die verwendeten Versuchsmaterialien ungefährlich ist. Wenn du dir unsicher bist, frag deine Lehrkraft.
5. **Berühre keine Pole, offene Leitungen oder Kontaktstellen** während des Versuchs mit deiner Hand oder einem leitfähigen Gegenstand. Halte Abstand zu Glühlämpchen und anderen Gegenständen, die heiß werden.
6. Falls **unerwartete Probleme** (z. B. Kurzschluss auslösende Sicherung, usw.) auftreten, **schalte** die Elektrizitätsquelle sofort wieder **aus**. Sollte eine **Sicherung auslösen**, **suche** erst den **Fehler** und **tausche** anschließend die **Sicherung** bzw. schalte sie wieder ein.

3 Hinweise zur Durchführung

Zielsetzung

Ziel der Aufgabe ist es, dass die Lernenden anhand einer einfachen, aber realistischen Anwendung Hypothesen zum Verhalten von Stromstärke und Spannung in Reihen- bzw. Parallelschaltung aufstellen. Anschließend planen sie geeignete Experimente und führen diese durch, um ihre Vermutungen zu überprüfen. Die so gewonnenen Erkenntnisse werden als Regeln formuliert und daraufhin wieder auf die ursprüngliche Problemstellung übertragen, indem die Vor- bzw. Nachteile verschiedener elektrischer Schaltungen diskutiert werden.

Didaktische Hinweise

Da der Schwerpunkt dieser Aufgabe im Bereich der Hypothesenbildung (E 1.3) und Versuchsplanung (E 2.1) liegt, ist weder das konkrete Anwendungsbeispiel noch die Versuchsdurchführung bzw. -auswertung von zentraler Bedeutung und können gegebenenfalls geändert oder weggelassen werden.

Auf die Versuchsdurchführung (Teilaufgabe 3) und -auswertung (Teilaufgaben 4.2 und 4.3) könnte im Hinblick auf die Schwerpunktsetzung dieser Aufgabe prinzipiell vollständig verzichtet werden. Für die Lernenden ist es allerdings wenig motivierend, einen Versuch ausschließlich zu planen und anschließend nicht selbst durchführen zu dürfen sowie die Ergebnisse nur mitgeteilt zu bekommen. Da die experimentelle Bestätigung der kirchhoffschen Regeln sowohl hinsichtlich der Schulausstattungen als auch aufgrund des niedrigen Schwierigkeitsgrades als Kleingruppenexperiment im Anfangsunterricht umsetzbar ist, bietet sich hier die Möglichkeit, frühzeitig einen Großteil des Erkenntnisgewinnungsprozesses abzubilden. Somit erhalten die Lernenden neben den Schwerpunkten auch einen Einblick in die Kompetenzbereiche S 1.2 (Die Lernenden beschreiben einfache Modelle, deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten sowie deren Grenzen.), E 3.1 und E 3.2, worauf nicht gänzlich verzichtet werden sollte. Für eine ausführliche und tiefgehende Behandlung der beiden letztgenannten Kompetenzbereiche ist die vorliegende Aufgabe aber nicht geeignet, da insbesondere die Auswertung der gewonnenen Daten nicht anspruchsvoll genug ist. Wie im Abschnitt *Differenzierungsmöglichkeiten* näher ausgeführt, kann die Aufgabe an diesen Stellen jedoch problemlos gekürzt bzw. vereinfacht werden.

Bei einem Verzicht auf den Anwendungsbezug gilt es zu beachten, dass der Kompetenzbereich E 3.5 nicht mehr Teil der Aufgabe ist und der motivierende Lebensweltbezug für die Lernenden verloren geht. Umgekehrt ist es mit zusätzlichem Zeitaufwand denkbar, die Übertragung auf eine Alltagssituation stärker in den Mittelpunkt zu rücken. So könnte beispielsweise der gleichzeitige Betrieb mehrerer Geräte mit hohem Leistungsbedarf (z. B. Waffeleisen, Wasserkocher, Heizlüfter oder Großküchenkaffeemaschinen idealerweise im Kontext einer Schulveranstaltung) mit Hilfe von Mehrfachsteckdosen als Aufhänger für die Aufgabe genutzt werden. Interessant, sehr realitätsnah und mit einer Möglichkeit zum fächerübergreifenden Arbeiten mit Informatik ist es auch, die Funktionsweise von digitalen Messgeräten (z. B. Digitalthermometer, Helligkeitssensor, etc.) näher zu betrachten. Allerdings verwenden diese neben dem Prinzip des Spannungsteilers auch Halbleiterbauelemente, die eine zusätzliche Schwierigkeit darstellen, da sie in der 8. Jahrgangsstufe häufig noch nicht behandelt wurden. Sofern eine entsprechende Anwendung durchgeführt werden soll, ist der Versuch ebenfalls anzupassen. Abweichend von der obigen Arbeitsmittelliste, müssen die relevanten Halbleiterbauelemente und passende Widerstände zur Verfügung gestellt werden. Außerdem empfiehlt es sich

zusätzliche Zeit für Erklärungen und gegebenenfalls Vorversuche (Kennlinie des Bauteils) einzuplanen. Um nicht von den Kernbereichen der Aufgabe (E 1.3 und E 2.1) abzulenken, behandelt diese Aufgabe eine Lichterkette mit klassischen Glühlämpchen, auch wenn diese nahezu vollständig von LED-Lichterketten vom Markt verdrängt wurden. Wenn LEDs oder andere Halbleiterbauelemente bereits aus dem vorherigen Unterricht bekannt sind, kann auf diese Vereinfachung verzichtet werden. Allerdings gilt es dann zusätzlich zu beachten, dass bei LEDs üblicherweise Vorwiderstände eingesetzt werden müssen und die Schaltungen komplexer werden.

Die Verwendung von ohmschen Widerständen ist nicht empfehlenswert, da diese den Realitätsbezug reduzieren bzw. eine unnötige Abstrahierung bedeuten. Glühlämpchen haben zudem den Vorteil, dass man eine direkte Rückmeldung über Stromstärken bzw. angelegte Spannungen durch die Helligkeit erhält. Außerdem besteht bei ohmschen Widerständen die Gefahr, dass zu sehr auf wenig hilfreiche und unanschauliche Formeln für den Gesamtwiderstand hingearbeitet wird. Der mathematisch anspruchsvolle Umgang mit diesen Zusammenhängen ist aber für den Erkenntnisgewinnungsprozess und das Verständnis der kirchhoffschen Regeln wenig zweckdienlich und sollte entsprechend vermieden werden.

Differenzierungsmöglichkeiten

Wenn eine tiefergehende Quantifizierung gewünscht wird, ist es sinnvoller diese als ergänzenden Versuch einzuplanen. Um keine – oder zumindest nur wenig – zusätzliche Zeit aufwenden zu müssen, ist es denkbar, dass besonders schnelle Gruppen das Experiment mit ohmschen Widerständen wiederholen und dabei Zusammenhänge zwischen dem Verhältnis der Widerstände und dem Verhältnis der Stromstärken (Parallelschaltung) bzw. der Spannung (Reihenschaltung) herstellen. Dies kann man mittels einer Bonusaufgabe sehr gut zum Differenzieren einsetzen. Interessierte und leistungsstärkere Lernende werden nicht nur schneller experimentieren, sondern in der Regel auch die mathematischen Zusammenhänge leichter erkennen. So können ihre Fähigkeiten ohne großen Aufwand gut gefördert werden.

Alternativ besteht die Möglichkeit, die zuvor erwähnten verschiedenen Anwendungsbezüge zu nutzen. So kann beispielsweise einer Gruppe mit leistungsstarken Lernenden mit Hilfe von Erklärtexten oder hinführenden Experimenten Wissen zu Halbleiterbauelementen vermittelt werden, sodass sie dann den Versuch auch damit durchführen können. Bei leistungsschwächeren Gruppen kann die Lichterkette als Anwendungsbeispiel zur Themenhinführung genutzt und die abschließende Übertragung der gewonnenen Erkenntnisse verkürzt werden. Aus Motivationsgründen und im Sinne des Kompetenzerwerbs im Bereich E 3.5 sollte dieser Schritt aber sehr gut abgewogen werden.

Wie zuvor schon erwähnt, ist es empfehlenswert, leistungsschwächere Gruppen bei der Anzahl der konkret durchzuführenden Messungen zu entlasten. Da in dieser Aufgabe Hypothesenbildung (E 1.3) und Versuchsplanung (E 2.1) den Schwerpunkt bilden sollen, ist es nicht notwendig, dass alle Gruppen Spannungen und Stromstärken bei Parallel- und Reihenschaltung untersuchen. Hier kann man gegebenenfalls reduzieren, indem entweder nur eine Größe oder zwecks geringerem Umbauaufwands nur ein Schaltungstyp betrachtet wird. Bei geringem Zeitbudget können die Messgrößen und Schaltungsarten auch von vornherein auf unterschiedliche Gruppen verteilt und arbeitsteilig bearbeitet werden. Damit verringern sich zwar Zeitaufwand und Anspruchsniveau, allerdings gehen auch fachlich interessante Lernaspekte verloren, da entsprechend weniger Schaltungen gebaut werden müssen und/oder der unterschiedliche Anschluss von Spannungs- und Strommessgeräten keine Bedeutung mehr hat. Folglich plant die Konzeption der Aufgabe standardmäßig die Messung der vier möglichen Kombinationen ein.

Organisatorische Hinweise

Um Zeit bei der Durchführung der Experimente zu sparen, ist es hilfreich, den Auf- und Abbauaufwand möglichst gering zu halten. Das gelingt am besten, wenn alle benötigten Messungen ohne Unterbrechung durchgeführt werden können. Da das innerhalb einer 45-minütigen Unterrichtsstunde unrealistisch ist, sollte versucht werden mindestens 90 Minuten im selben Raum zu haben, sodass die Jugendlichen mehr Zeit zum Experimentieren zur Verfügung haben. Wenn in der Schule konzeptionell keine Doppelstunden vorgesehen sind, ist es gegebenenfalls möglich, durch einen Studententausch mit einer anderen Lehrkraft das mehrfache Ab- und Aufbauen zu reduzieren.

Darüber hinaus empfiehlt es sich, erst die beiden Größen bei einer der beiden Schaltungsarten zu untersuchen und anschließend die andere, da so nur die Messgeräte umgebaut werden müssen und nicht die ganze Schaltung.

Außerdem sollten die Lernenden Erfahrung mit den Experimentiermaterialien und -geräten haben, da sonst mit einem deutlichen zeitlichen Mehraufwand zu rechnen ist. Als Vorexperimente zur Einübung in den vorherigen Stunden bieten sich Messungen in Schaltungen mit nur einem Bauteil (z. B. Aufnahme von Kennlinien) an. Im Anfangsunterricht kann man auch die unterschiedliche Platzierung der Messgeräte durch die Lernenden erkunden lassen und so das Verständnis für die Größen Stromstärke und Spannung festigen.

Sicherheitshinweise

Wenn es nicht schon bei vorherigen Kleingruppenexperiment gemacht wurde, müssen vor dem Experimentieren auch die wichtigsten Sicherheitsregeln behandelt werden. Ein Vorschlag mit einer Übersicht einiger wichtiger Regeln ist der Aufgabe in Form eines Informationsblatts (Material 2) beigelegt, kann aber problemlos durch anderweitige Varianten (z. B. schulinterne Regelsammlungen) ausgetauscht werden. Abgesehen davon muss die Lehrkraft bei der Planung und Bereitstellung der Materialien selbstverständlich aufpassen, dass unbemerktes Fehlverhalten der Lernenden keinerlei gesundheitliche Konsequenzen nach sich zieht. Verwendet man spezielles Material, das für ein Kleingruppenexperiment ausgelegt ist, stellt dies in der Regel kein Problem dar. Um einen sorglosen Umgang mit elektrischem Strom aber auch außerhalb des Unterrichts zu vermeiden, schadet es nicht, bereits bekannte Regeln noch einmal zu wiederholen und explizit darauf hinzuweisen (vgl. Teilaufgabe 3).

4 Lösungshinweise und Bezug zu den Standards

Es werden folgende Abkürzungen verwandt:

- ◆ S – Standards der Sachkompetenz,
- ◆ E – Standards der Erkenntnisgewinnungskompetenz,
- ◆ K – Standards der Kommunikationskompetenz,
- ◆ B – Standards der Bewertungskompetenz.

1	Überlegt euch zwei verschiedene Möglichkeiten, wie die Lämpchen einer Lichterkette geschaltet sein können und skizziert jeweils einen entsprechenden Schaltplan mit zwei Lämpchen.	S 1.1	E	K	B
---	--	----------	---	---	---

Für eine Lichterkette bzw. einen geschlossenen Stromkreis kommen Reihenschaltung, Parallelschaltung oder eine Kombination aus beiden in Frage. Die Kombination wird für die Lernenden in der Regel keine naheliegende Variante sein, ergibt für klassische Glühlämpchen nur wenig Sinn und macht die weitere Aufgabe nur unnötig kompliziert. Da es auf die genaue Anzahl der Lampen und auf die Art der Elektrizitätsquelle nicht ankommt, reicht es aus, die Schaltpläne mit jeweils zwei Lämpchen und einer beliebigen Quelle zu zeichnen. Durch die Beschränkung auf zwei Lämpchen bleiben für einen geschlossenen Stromkreis nur noch Reihen- und Parallelschaltung als mögliche Varianten übrig. Bei der Darstellung der Quelle werden sich die Lernenden weitestgehend am Unterricht bzw. den Kleingruppenübungen orientieren.

Somit modellieren sie die Lichterkette, indem sie ihr Vorwissen über Schaltpläne, Reihen- und Parallelschaltungen nutzen. Dies ist die Grundlage für weiterführende Erklärungen, wie sie S 1.1 vorsieht.

Lösungsbeispiel:

Parallelschaltung:

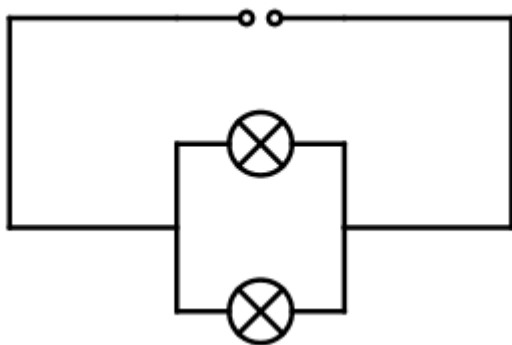


Abbildung. 1: Parallelschaltung zweier Lämpchen.
(IQB e. V., 2024).

Reihenschaltung:

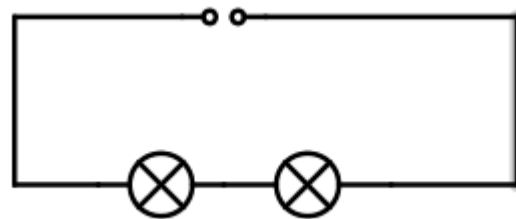


Abbildung. 2: Reihenschaltung zweier Lämpchen.
(IQB e. V., 2024).

2.1	Ihr habt euch in den vergangenen Stunden bereits mit den Begriffen „Stromstärke“ und „Spannung“ auseinandergesetzt. Stellt Hypothesen auf, wie sich die beiden Größen in den Schaltungen aus Teilaufgabe 1 verhalten können und notiert sie auf dem Arbeitsblatt „Kleingruppenexperiment“ (Material 1) unter „2 Hypothesen“.	S	E 1.3	K	B
-----	--	---	----------	---	---

Im Sinne von E 1.3 sollen die Lernenden jeweils Hypothesen zu Stromstärke und Spannung für beide Schaltungstypen (insgesamt also vier Hypothesen) erarbeiten. Es ist dabei nicht das Ziel der Teilaufgabe, dass alle Lernenden die zutreffenden Hypothesen aufstellen. Ganz im Gegenteil: Es gibt keine richtigen oder falschen Hypothesen, sondern nur welche, die sich im Nachhinein als zutreffend oder nichtzutreffend herausstellen werden. Es sollte aber darauf geachtet werden, dass für beide Größen und beide Schaltungstypen jeweils eine Hypothese formuliert wird. Dafür kann es gegebenenfalls notwendig sein, den Lernenden Hilfestellung zu geben, indem die Anzahl mitgeteilt wird. Während das bei leistungsstarken Lernenden ausreichen dürfte, um alle Kombinationen aus Messgröße und Schaltung zu erhalten, ist hierfür bei Leistungsschwächeren evtl. weitere Hilfe nötig. Diese sollte aber nicht zu umfangreich sein, da ein wesentliches Ziel darin besteht, zur vorgegebenen Fragestellung passende Hypothesen zu formulieren.

Je nachdem, wie umfangreich die Begriffe im vorherigen Unterricht behandelt wurden und wie umfassend das Verständnis anhand anschaulicher Modelle ausgebildet wurde, kommen leistungsstarke Lernende auf die vier zutreffenden Hypothesen:

♦ Parallelschaltung:

- ♦ Die abfallenden Spannungen sind in allen Zweigen genauso groß wie die Ausgangsspannung der Quelle: $U_{\text{Quelle}} = U_1 = U_2$
- ♦ Die Stromstärke teilt sich auf die beiden Zweige auf: $I_{\text{ges}} = I_1 + I_2$

♦ Reihenschaltung:

- ♦ Die Stromstärke ist an allen Stellen im Stromkreis gleich: $I_0 = I_1 = I_2$
- ♦ Die Ausgangsspannung der Quelle teilt sich auf die beiden Lämpchen auf:

$$U_{\text{Quelle}} = U_1 + U_2$$

Wie zuvor erwähnt, können die Hypothesen bei Lernenden mit fehlerhaften Modellvorstellungen oder bei wenig ausgeprägter Behandlung im vorherigen Unterricht auch von den Obigen abweichen oder sogar im Widerspruch zu ihnen stehen. Ein typisches Präkonzept ist beispielsweise, dass beim Stromfluss durch ein Bauteil die Zahl der Ladungsträger abnimmt und somit auch in einer Reihenschaltung $I_{\text{ges}} = I_1 + I_2$ gelten würde.

An dieser Stelle der Teilaufgabe sollte auf einen korrigierenden Eingriff verzichtet und die Hypothese zunächst stehen gelassen werden. Schließlich werden die Lernenden im weiteren Verlauf der Aufgabe ihren Irrtum feststellen, wodurch sie ihre Vorstellungen eigenständig anpassen können. Dies ist zweifellos lehrreicher als eine frühzeitige Korrektur oder zu starke Lenkung durch die Lehrkraft. Da unterschiedliche Hypothesen außerdem den Nutzen des Experiments verdeutlichen, kann es sogar sinnvoll sein, dass die Lehrkraft gezielt zur Untersuchung abweichender Hypothesen motiviert.

2.2	Plant geeignete Versuche, mit denen eure Hypothesen untersucht werden können. Nutzt dazu das Arbeitsblatt „Kleingruppenexperiment“ (Material 1). Zeichnet Schaltpläne mit allen benötigten Messgeräten an die entsprechenden Stellen des Arbeitsblatts (3 Aufbau/Material) und überlegt euch, wie ihr die Versuche mit möglichst wenig Aufwand durchführen könnt. Notiert abschließend die wichtigsten Schritte unter „4 Durchführung“.	S	E 2.1	K	B
-----	---	---	----------	---	---

Wie bereits die Formulierung für den Kompetenzbereich E 2.1 impliziert, ist die Fragestellung ein wichtiges Kriterium für eine gelungene Versuchsplanung. Zur Anpassung des Schwierigkeitsgrads an den Lernstand der Jugendlichen und zur Schaffung eines einheitlichen Ausgangspunkts für die Versuchsplanung ist die Fragestellung im Material auf dem Arbeitsblatt „Kleingruppenexperiment“ vorgegeben. Somit verfolgen alle Gruppen das Ziel, Regeln für Stromstärke und Spannung in Parallel- und Reihenschaltung zu ermitteln (vgl. 4.2).

Bei der Planung der Versuche ist es angesichts der Zielsetzung und der aufgestellten Hypothesen für die Lernenden naheliegend, die in Teilaufgabe 1 gezeichneten Schaltpläne um Messgeräte für Stromstärke und Spannung zu ergänzen. Größere Probleme werden sich vor allem bei der Anzahl und der Positionierung der Messstellen ergeben. Insbesondere wenn die Lerngruppe wenig Erfahrung mit der Messung von elektrischen Größen hat, wird es vermehrt zu einem Vertauschen der Messgeräte für Stromstärke und Spannung kommen. Da die Planung ein wesentlicher Teil der Aufgabe und für die weiteren Schritte von elementarer Bedeutung ist, muss hier gegebenenfalls helfend eingegriffen werden. Der Umfang der Hilfe sollte aber wieder (vgl. Teilaufgabe 2.1) sehr genau abgewogen werden, um den Kompetenzerwerb im Bereich E 2.1 nicht zu beeinträchtigen. Denkbar wären Hilfekarten, in denen wiederholend dargestellt ist, wie die Messgeräte geschaltet werden müssen oder Hinweise zur Anzahl der benötigten Messgeräte für die jeweilige Größe und Schaltungstyp gegeben werden.

Keine größeren Tipps oder Hilfen sollten bei diesem einfachen Experiment für die Durchführung nötig sein. Den Lernenden dürfte klar sein, dass sie die entsprechenden Schaltungen mit den Messgeräten aufbauen und die Messwerte ablesen müssen. Aus Gründen der Arbeitseffizienz sollten sie, wie in den Durchführungshinweisen beschrieben, zunächst den einen Schaltungstyp und dann den anderen untersuchen.

Lösungsbeispiel:

Aufbau/Material:

Parallelschaltung:

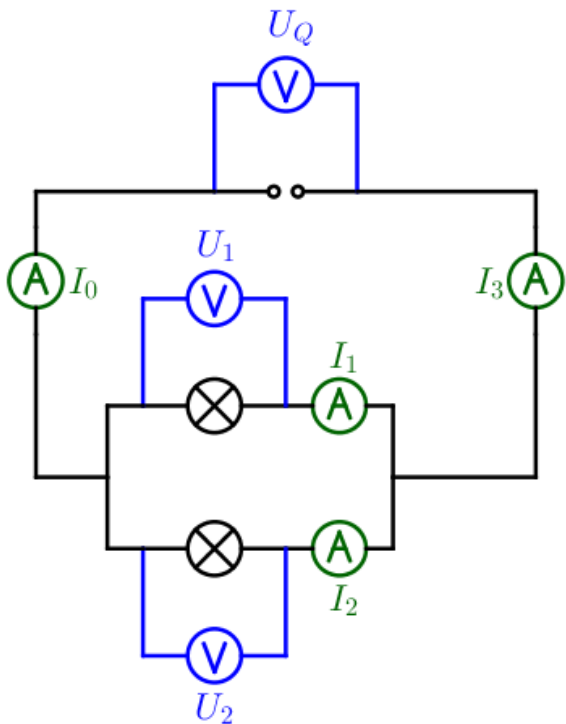


Abbildung. 3: Parallelschaltung mit Messinstrumenten.
(IQB e. V., 2024).

Reihenschaltung:

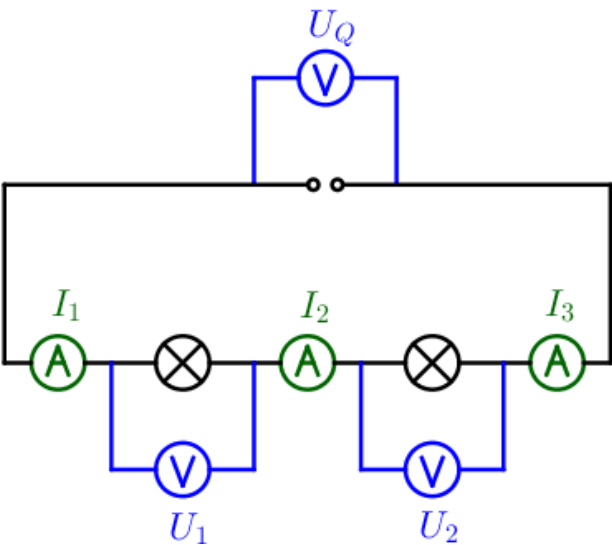


Abbildung. 4: Reihenschaltung mit Messinstrumenten.
(IQB e. V., 2024).

Durchführung:

Zunächst wird die Parallelschaltung aufgebaut und die Stromstärke an den eingezeichneten Stellen gemessen. Anschließend werden in der gleichen Schaltung die Spannungen gemessen. Nun wird eine Reihenschaltung aufgebaut und auch hier zunächst die Stromstärken und dann die Spannungen gemessen.

3	Lest die Sicherheitsregeln (Material 2) und achtet auf ihre Einhaltung, während ihr experimentiert. Führt die Versuche für Reihen- und Parallelschaltung durch und notiert eure Messwerte mit sinnvoller Genauigkeit im Bereich „5 Beobachtung/Messwerte“ auf dem Arbeitsblatt.	S 2.1	E 3.2	K	B
---	---	----------	----------	---	---

Wie in den Durchführungshinweisen bereits erwähnt, muss das Material so konzipiert sein, dass keine Gefahr für die Lernenden besteht. Um sie zu einem gewissenhaften Umgang mit Elektrizität zu begleiten, ist die Beachtung der Sicherheitsregeln aber auch bei potentiell ungefährlichen Experimenten von Bedeutung und wird hier explizit eingefordert.

Bei korrektem Versuchsaufbau und richtig abgelesenen Werten entsprechen die Beobachtungen abgesehen von kleinen Messunsicherheiten den bekannten physikalischen Gesetzen. Hier gilt es darauf zu achten, dass bei der Verwendung von digitalen Messgeräten nicht sämtliche Stellen notiert werden. Da die Anzeige bei den letzten Stellen des Messgeräts in der Regel während einer Messung schwankt, ist es für die Lernenden ersichtlich, dass die ermittelten Werte sinnvoll gerundet werden müssen. Eine sinnvolle Genauigkeit dürfte bei den

meisten Messgeräten bei zwei gültigen Ziffern liegen. Je nach verwendetem Material sind aber unter Umständen auch genauere Messungen mit drei gültigen Ziffern möglich. Eine Beschränkung auf eine gültige Ziffer ist hingegen völlig unbrauchbar, da die Werte dann nahezu aussagegelos sind und übliche Messgeräte bei den gewünschten Messgrößen im Allgemeinen deutlich genauer sind.

Außerdem ist es wichtig, dass die Lernenden im Sinne des Kompetenzbereichs E 3.2 zwischen Beobachtung und Interpretation/Auswertung unterscheiden. Das heißt, dass sie in dieser Teilaufgabe lediglich ihre Messwerte notieren und noch keine Rückschlüsse auf die Fragestellung ziehen. Dieser Schritt muss getrennt erfolgen und ist erst in Teilaufgabe 4 verlangt.

Die genauen Messwerte der Lernenden sind selbstverständlich von den konkret verwendeten Lämpchen und der angelegten Spannung abhängig, weswegen sie sich in der Regel auch bei verschiedenen Lerngruppen unterscheiden sollten. Dies ist sogar wünschenswert, da so im späteren Verlauf deutlicher wird, dass es sich um allgemeingültige Regeln handelt.

Lösungsbeispiel (für verschiedene Lämpchen):

Parallelschaltung: $U_{\text{Quelle}} = 6,0 \text{ V}; \quad U_1 = 6,0 \text{ V}; \quad U_2 = 6,0 \text{ V};$
 $I_0 = 60 \text{ mA}; \quad I_1 = 20 \text{ mA}; \quad I_2 = 40 \text{ mA}; \quad I_3 = 60 \text{ mA};$

Reihenschaltung: $U_{\text{Quelle}} = 6,0 \text{ V}; \quad U_1 = 2,0 \text{ V}; \quad U_2 = 4,0 \text{ V};$
 $I_1 = 35 \text{ mA}; \quad I_2 = 35 \text{ mA}; \quad I_3 = 35 \text{ mA};$

4.1	Beurteilt, ob eure Hypothesen aus Teilaufgabe 2 eingetreten sind und analysiert den Grund eurer abweichenden Hypothese, falls sich eure Vermutungen als nichtzutreffend herausgestellt haben.	S	E 2.2	K	B
-----	---	---	----------	---	---

Je nachdem welche Hypothesen in Teilaufgabe 2.1 aufgestellt wurden, stellen die Lernenden fest, dass ihre Vermutungen richtig oder falsch waren.

Falls die aufgestellte Hypothese im Experiment bestätigt werden konnte, ist in dieser Teilaufgabe für die Lernenden keine weitere Arbeit zu erledigen. Da der Hypothese dann in der Regel auch passende Modellvorstellungen zugrunde liegen, muss das Modell auch nicht angepasst oder überarbeitet werden. Damit entfällt für diese Lernenden E 2.2.

In vielen Fällen werden nicht alle Hypothesen im Experiment bestätigt werden. Wie bereits bei den Lösungshinweisen unter 2.1 geschrieben, kann eine nichtzutreffende Hypothese sehr hilfreich im Lernprozess sein. Die Erkenntnis, dass etwas nicht so ist, wie man es zuvor erwartet hat, setzt sich aufgrund des Überraschungseffekts oft sehr nachhaltig im Gehirn fest. Dieser Effekt lässt sich verstärken, indem hinterfragt wird, welche Fehlvorstellung für die Hypothese ausschlaggebend war und wie sie (bzw. das fehlerhafte Modell) korrigiert werden kann. Entsprechend haben Analyse und Überarbeitung des Modells in diesem Fall eine große Bedeutung für den Lernfortschritt. Der Grund für die nichtzutreffende Hypothese wird in der Regel ein fehlerhaftes Modell sein, weswegen dieses angepasst werden muss. Durch die Weiterentwicklung von falschen Modellvorstellungen wird der Erkenntnisgewinnungsprozess vorangetrieben und sichergestellt, dass in Zukunft weniger Probleme durch Fehlvorstellungen auftreten. Somit wird zwar kein vollständig neues Modell entwickelt, wie es E 2.2 vorsieht, aber die bestehenden Modelle verbessert. Da die Weiterentwicklung des bestehenden Modells hier im

Zusammenspiel von Hypothese und experimenteller Erkenntnis erfolgt, ist sie vergleichbar mit der geforderten Entwicklung einfacher Modelle und ebenfalls E 2.2 zuzuordnen.

Bei der Fehleranalyse und der darauf aufbauenden Korrektur von Fehlvorstellungen wird es zu Überschneidungen zur folgenden Teilaufgabe 4.2 kommen, da dort die Beschreibung mit Hilfe von Modellen explizit verlangt wird. Gruppen mit nichtzutreffenden Hypothesen werden somit einen Teil der folgenden Teilaufgabe bereits an dieser Stelle bearbeiten. Darauf können sie später aufbauen bzw. zurückgreifen, weswegen sich lediglich der Zeitpunkt der Bearbeitung geringfügig verschiebt, was für den angestrebten Kompetenzerwerb unerheblich ist.

Lösungsbeispiel:

Die Hypothesen waren zutreffend.

Oder in Bezug auf die bei 2.1 genannte Fehlvorstellung, dass die Anzahl der Ladungsträger bei Durchfließen eines Bauteils abnimmt:

Die Hypothese, dass die Anzahl der Ladungsträger in einer Reihenschaltung abnimmt, war nichtzutreffend. Das Experiment zeigt, dass bei allen Lämpchen, die in Reihe geschaltet sind, die Stromstärke gleich ist. Das liegt daran, dass es keine Verzweigung gibt und somit alle Elektronen, die das eine Lämpchen passieren, auch das zweite Lämpchen durchfließen müssen.

4.2	Notiert im Bereich „6 Auswertung/Ergebnis“ pro Schaltungstyp Regeln, die ihr aus euren Beobachtungen ableiten könnt. Vergleicht eure Regeln mit denen anderer Gruppen und erklärt sie mit geeigneten Modellen für Stromstärke und Spannung.	S	E 3.1	K	B
-----	---	---	----------	---	---

Entsprechend der Anzahl der Hypothesen (vgl. 2.1) müssen auch vier Regeln formuliert werden. Diese entsprechen den zutreffenden Hypothesen aus den Lösungshinweisen. Im Idealfall haben alle Gruppen, abgesehen von abweichenden Formulierungen, die gleichen Regeln. Ist das nicht der Fall, fällt das beim Austausch mit den anderen Gruppen auf und muss korrigiert werden. Bei Diskussionen, welche Regel richtig ist, können die Modelle eine Entscheidung herbeiführen. Welche Modelle dabei verwendet werden, hängt vom vorhergehenden Unterricht ab und kann innerhalb gewisser Grenzen von den Lernenden frei gewählt werden. Da die üblichen Modelle häufig nur eine der beiden Größen Stromstärke und Spannung fehlerfrei veranschaulichen, ist es wichtig, dass die Lernenden verschiedene Modelle kennen und sich deren Grenzen bewusst sind.

Durch den Austausch mit anderen Gruppen erkennen die Lernenden außerdem, dass die aus den Beobachtungen gewonnenen Regeln allgemeinen Charakter haben und sich somit auch auf vergleichbare Situationen übertragen und erweitern lassen. In der folgenden Teilaufgabe 4.3 wird zunächst eine Erweiterung auf mehr als zwei Lämpchen erfolgen. Im weiteren Unterricht muss dann noch die Übertragung auf beliebige Bauteile erfolgen.

Lösungsbeispiel:

♦ Parallelschaltung:

- ♦ Die abfallenden Spannungen sind in allen Zweigen genauso groß wie die Ausgangsspannung der Quelle: $U_{\text{Quelle}} = U_1 = U_2$

Höhenmodell: Die Ladungsträger werden in der Quelle um einen bestimmten Höhenunterschied angehoben. Damit der Kreis geschlossen ist, müssen sie den gleichen Höhenunterschied unabhängig vom Zweig der Schaltung jeweils auch wieder hinabfallen.

- ♦ Die Stromstärke teilt sich auf die beiden Zweige auf: $I_{\text{ges}} = I_1 + I_2$

Teilchenmodell: Die Elektronen haben im Bereich der parallelen Zweige zwei verschiedene Wege zur Auswahl und teilen sich entsprechend auf. Bei einer gemeinsamen Leitung (bzw. bei der Quelle) müssen alle Elektronen passieren.

- ♦ Reihenschaltung:

- ♦ Die Stromstärke ist an allen Stellen im Stromkreis gleich: $I_0 = I_1 = I_2$

Teilchenmodell: Nachdem es keinerlei Verzweigungen gibt, muss an allen Stellen auch die gleiche Anzahl an Elektronen passieren.

- ♦ Die Ausgangsspannung der Quelle teilt sich auf die beiden Lämpchen auf:

$$U_{\text{Quelle}} = U_1 + U_2$$

Höhenmodell: Die Ladungsträger, die in der Quelle um einen bestimmten Höhenunterschied angehoben werden, fallen den gleichen Höhenunterschied bei den Lämpchen in zwei Stufen hinunter.

- ♦ Parallelschaltung:

- ♦ Die abfallenden Spannungen sind in allen Zweigen genauso groß wie die Ausgangsspannung der Quelle: $U_{\text{Quelle}} = U_1 = U_2$

- ♦ Die Stromstärke teilt sich auf die beiden Zweige auf: $I_{\text{ges}} = I_1 + I_2$

- ♦ Reihenschaltung:

- ♦ Die Stromstärke ist an allen Stellen im Stromkreis gleich: $I_0 = I_1 = I_2$

- ♦ Die Ausgangsspannung der Quelle teilt sich auf die beiden Lämpchen auf:

$$U_{\text{Quelle}} = U_1 + U_2$$

4.3	Diskutiert Vor- und Nachteile der verschiedenen Schaltungstypen und beurteilt damit, welche Schaltungsart bei einer Lichterkette sinnvoller ist. Geht dabei insbesondere auch auf den Fall eines defekten Lämpchens ein.	S	E 3.5	K	B
-----	--	---	----------	---	---

Die Liste der Vor- und Nachteile ergibt sich zu einem großen Teil direkt aus den Regeln. Neben den unten aufgeführten Möglichkeiten können die Lernenden gegebenenfalls auch weitere sinnvolle Lösungen finden. Außerdem gilt es zu beachten, dass sich der Lösungsvorschlag auf eine Lichterkette mit Glühlämpchen bezieht und bei anderen Anwendungen Vor- und Nachteile auch abgewandelt (z. B. Vorwiderstand bei LEDs) oder vertauscht sein können.

Es wird auch deutlich, dass prinzipiell beide Schaltungstypen für Lichterketten in Frage kommen und im fehlerfreien Fall vergleichbar gut funktionieren. Angesichts der Übersicht wird aber klar, dass insbesondere der Defekt eines Lämpchens bei der Reihenschaltung zu einem vollständigen Ausfall führt, wohingegen bei einer Parallelschaltung nur das defekte Lämpchen selbst betroffen ist. Außerdem werden bei der Reihenschaltung höhere Ausgangsspannungen benötigt, was das Gefahrenpotential unnötig erhöht. Folglich ist die Parallelschaltung die sinnvollere Variante. Mit Hilfe von handelsüblichen Lichterketten kann man auch zeigen, dass dies heutzutage in der Praxis die Regel ist.

Lösungsbeispiel:

	Vorteile	Nachteile
Parallelschaltung	◆ Gleiche Spannung liegt an allen Lämpchen an. ◆ Die Stromstärke in den verschiedenen Zweigen kann sich unterscheiden, wodurch Lämpchen auch im Falle des Defekts eines anderen Lämpchens leuchten.	◆ Die Gesamtstromstärke wird mit zunehmender Lampenzahl immer größer, was zu einer Erwärmung der gemeinsamen Leitung führt. ◆ Es werden mehr Leitungen benötigt.
Reihenschaltung	◆ Die Stromstärke ist in allen Lämpchen gleich groß und vergleichsweise gering. ◆ Die Schaltungen sind einfacher, da sie weniger Leitungen benötigen.	◆ Die Gesamtspannung wird mit zunehmender Lampenzahl immer größer, was das Gefahrenpotenzial bei einem Defekt erhöht. ◆ Die Spannung, die an den einzelnen Lämpchen anliegt, kann sich unterscheiden.

Bei einer Lichterkette sollten die einzelnen Lämpchen sinnvollerweise parallel geschaltet sein, da so im Falle eines Defekts nur das betroffene Lämpchen ausfällt und die Gefahr durch niedrigere Spannungen geringer ist als bei einer Reihenschaltung.

5	Beschreibt die Bedeutung von Fragestellung und Hypothese für die Experimente und den Erkenntnisgewinnungsprozess im Allgemeinen.	S	E 1.3	K	B
---	--	---	----------	---	---

Damit die Bedeutung von Fragestellung und Hypothese für Experiment und Erkenntnisgewinnungsprozess den Lernenden bewusst gemacht wird, ist es wichtig, dass sie sich explizit Gedanken darüber machen. Ansonsten werden in vielen Fällen die Versuchsergebnisse als wesentlicher Lerninhalt wahrgenommen, was nicht im Sinne dieser Teilaufgabe und des Kompetenzerwerbs im Bereich E 1.3 ist. Folglich sollte die Beurteilung der eigenen Hypothesen und die gegebenenfalls nötige Analyse eine untergeordnete Rolle bei der Bearbeitung spielen.

Lernende, deren Hypothese im Experiment nicht bestätigt wurde, haben in dieser Teilaufgabe einen Vorteil: Für sie wurde der Nutzen der Kombination aus Hypothesenbildung und Experiment direkt im Verlauf erfahrbar. Entsprechend müssen sie nur ihre eigenen Erfahrungen notieren und auf den allgemeinen Erkenntnisgewinnungsprozess übertragen. Hat sich die aufgestellte Hypothese jedoch als zutreffend erwiesen, wird es den Lernenden oft schwerer fallen die Bedeutung zu erkennen.

Besonders die Differenzierung zwischen Identifizierung einer Fragestellung (E 1.2: Die Lernenden identifizieren und formulieren Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten.) und Hypothesenbildung (E 1.3) kann den Lernenden Probleme bereiten, da beide Bereiche eng

miteinander verknüpft sind. In der 8. Jahrgangsstufe befindet sich der Physikunterricht allerdings in der Regel noch in seiner Anfangsphase, weswegen eine Vermischung durchaus akzeptiert werden kann. Beim Austausch mit anderen Gruppen könnte vielen Lernenden anhand der verschiedenen Hypothesen der Unterschied allerdings bewusst werden. Schließlich haben sich alle Gruppen offensichtlich mit der gleichen Fragestellung befasst, aber unterschiedliche Hypothesen aufgestellt. Da die Versuche letztlich aber wieder identisch sind, wird auch deutlich, dass häufig bereits die Fragestellung den Versuchsaufbau und die zu messenden Größen festlegt. Die Hypothese präzisiert dann die Fragestellung, indem ein bestimmtes Verhalten der Messgrößen vermutet wird und festgelegt wird, welcher Zusammenhang genauer betrachtet werden soll. Wie zuvor allerdings bereits beschrieben, handelt es sich hierbei um eine Trennung, die angesichts des Lernfortschritts nicht so wichtig ist. Schließlich sind Forschungsfragen nicht selten so konkret formuliert, dass sie die Hypothese bereits beinhalten (z. B.: Ist die Stromstärke in einem unverzweigten Stromkreis überall gleich?).

Stärkere Beachtung sollte der Erkenntnisgewinnungsprozess als Ganzes bekommen. Dieser lässt sich anhand der Teilaufgabe auch sehr gut nachvollziehen: In einer Anwendungssituation (Lichterkette) wird zunächst ein physikalischer Sachverhalt identifiziert und eine Fragestellung wird benannt (Verhalten von Stromstärke und Spannung in Parallel- und Reihenschaltung). Zur Untersuchung des Sachverhalts werden passende Hypothesen formuliert und anschließend Versuche zur Überprüfung geplant und durchgeführt. Daraufhin werden die Experimente ausgewertet und die Ergebnisse interpretiert, um die Erkenntnisse abschließend wieder auf die anfängliche Anwendungssituation zu übertragen. Diese Reflexion ist wichtig, um auf das langfristige Ziel – den Lernenden ein Verständnis für den typischen Weg der Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften zu vermitteln – hinzuarbeiten. Durch die Reduzierung auf die zuvor genannten Teilschritte wird einer Überforderung vorgebeugt und Spielraum für ergänzende Lernaufgaben in den folgenden Jahren geschaffen.

Lösungsbeispiel:

Fragestellung und Hypothese bestimmen, welche Größe(n) unter welchen Aspekten untersucht werden. Somit legen sie auch fest, wie der Versuchsaufbau gestaltet sein muss und welche Messungen vorgenommen werden müssen. Da alle weiteren Schritte darauf aufbauen, sind Fragestellung und aufgestellte Hypothese grundlegende Säulen im Erkenntnisgewinnungsprozess.

5 Quellenangaben

- ◆ Abbildung 1: Copyright Grafik: IQB e. V. (2024). *Parallelschaltung zweier Lämpchen*. Lizenz: Creative Commons (CC BY). Volltext unter: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.de>
- ◆ Abbildung 2: Copyright Grafik: IQB e. V. (2024). *Reihenschaltung zweier Lämpchen*. Lizenz: Creative Commons (CC BY). Volltext unter: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.de>
- ◆ Abbildung 3: Copyright Grafik: IQB e. V. (2024). *Parallelschaltung mit Messinstrumenten*. Lizenz: Creative Commons (CC BY). Volltext unter: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.de>
- ◆ Abbildung 4: Copyright Grafik: IQB e. V. (2024). *Reihenschaltung mit Messinstrumenten*. Lizenz: Creative Commons (CC BY). Volltext unter: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.de>