

KIT Karlsruher Institut für Technologie  
Institut für Allgemeine Pädagogik und Berufspädagogik  
Abteilung: Berufspädagogik  
Veranstaltung: Allgemeine Technikdidaktik  
Dozent: Prof. Dr. Gerd Gidion  
Semester: Wintersemester 2014/2015

Allgemeine Technikdidaktik

# Methodisch - didaktische Auswahl von Experimenten zum Themen- feld Energiespeicher und die didaktische Entwicklung eines Experimentierablaufs

Ausarbeitung vorgelegt am 20.04.2015 von

Yannick Beer	M.Sc. Ingenieurpädagogik	Matrikel-Nr.: 1829356
Roxana Helm	M.Sc. Maschinenbau	Matrikel-Nr.: 1582481
Sara Westermann	M.A. Pädagogik	Matrikel-Nr.: 1777951

# Inhalt

<b>1. Einführung .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Ziel des Schülerlabors für die Schüler .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Relevanz und Klassifizierung von Experimenten .....</b>	<b>6</b>
3.1 Organisationsform des Experiments.....	6
3.2 Datenerfassung: Qualitativ oder quantitativ .....	6
3.3 Unterrichtsphase .....	7
3.4 Geräteaufwand .....	7
3.5 Ausführungsform .....	7
<b>4. Unterrichtskonzepte in der Physik .....</b>	<b>8</b>
4.1 Exemplarischer Unterricht .....	8
4.2 Genetischer Unterricht .....	9
4.3 Entdeckender Unterricht .....	9
4.4 Darbietender Unterricht .....	10
4.5 Konstruktivismus .....	10
<b>5. Experimente zu Kondensator und Spule mit Aufbau und Durchführung .....</b>	<b>12</b>
5.1. Versuchsziel und Versuchsgegenstand .....	12
5.2. Versuch 1 – „Der Kondensator als Energiespeicher“ .....	14
5.2.1. Aufbau .....	14
5.2.2. Durchführung .....	15
5.2.3. Aufgaben .....	16
5.3. Versuch 2 - „Die Spule als Energiespeicher“ .....	18
5.3.1. Aufbau .....	18
5.3.2. Durchführung .....	20
5.3.3. Aufgaben .....	21
<b>6. Didaktische Analyse der Experimente .....</b>	<b>23</b>
6.1 Versuch 1: Der Kondensator als Energiespeicher .....	23
6.2 Versuch 2: Die Spule als Energiespeicher .....	26
<b>7. Ablaufplan für die Station der „Energiespeicherung“ im Rahmen des KIT Schülerlabors.....</b>	<b>30</b>
<b>8. Überprüfung des Lernzuwachses der Schüler.....</b>	<b>31</b>
<b>9. Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>32</b>
<b>10. Literatur .....</b>	<b>33</b>

# 1. Einführung

Yannick Beer

Die Bundesregierung in Deutschland hat die *Energiewende* beschlossen und sucht nach einer Alternative zu konventionellen Energiegewinnungsmethoden. Energieerzeugung, -transport, -speicherung und der umweltschonende Umgang mit Energie sind die wesentlichen Aspekte der Energiewende. Deutschland soll zu einer energiesparsamen und umweltfreundlichen Volkswirtschaft voranschreiten. Bis zum Jahr 2035 soll der Anteil der erneuerbare Energien 55-60% betragen. Bereits heute werden 20-25% des erzeugten elektrischen Stroms aus erneuerbaren Energieformen wie beispielsweise Sonne, Wind und Wasser gewonnen. Der Entschluss zur Energiewende wirft eine Vielzahl technologischer und ökonomischer Schwierigkeiten auf. Sowohl Kraftwerke als auch Stromnetze müssen deutschlandweit geplant und ausgebaut werden. Da Wind- oder Sonnenenergie nicht konstant zur Verfügung stehen, besteht ein großer Bedarf an Energiespeicherung. Durch Speicherung elektrischer Energie kann eine stabile Stromnetzversorgung gewährleistet werden. Die Bundesregierung erwähnt in diesem Zusammenhang mechanische Energiespeicher wie beispielsweise Pumpspeicherkraftwerke oder Druckluftspeicher. Des Weiteren existieren chemische Energiespeicher, im Wesentlichen erfolgt dabei die Speicherung in Form von Methan oder Wasserstoff. Ergänzend laufen diverse Forschungsprojekte zu weiteren Speichertechnologien (vgl. [bundesregierung.de](http://bundesregierung.de), Zugriff 04.02.2015).

Im KIT-Schülerlabor zum Thema *Erneuerbare Energien* sollen Schüler auf Energiethemen sensibilisiert werden. In dieser Arbeit wird im Rahmen des KIT-Schülerlabors eine Experimentierstation zum Thema *Energiespeicher* entworfen. Dabei liegt der Fokus insbesondere auf der Form der elektrischen Energiespeicherung in magnetischen und elektrischen Feldern. Die Station „Energiespeicher“ beinhaltet zwei Experimentierversuche und zugehörige Arbeitsphasen. Das Phänomen der Energiespeicherung wird mittels elektronischer Bauteile wie der Spule und dem Kondensator demonstriert.

Das Schülerlabor wird in Form eines Ganztagesbesuchs bearbeitet werden und richtet sich an Schulklassen ab der 10. Klasse und an Berufsschulklassen. Neben der Station der Energiespeicher existieren weitere Stationen zum Thema Erneuerbare Energien. Die Station Energiespeicher ist innerhalb von 90 Minuten zu durchlaufen und bietet Platz für 8 Schüler. Dabei sollen Schüler in Zweiergruppen ohne Notenzwang zum selbstständigen Lernen und Arbeiten angeregt werden. Ein Tutor unterstützt die Schüler während des Labors unter Einhaltung des konstruktivistischen Leitbildes des Lehrens.

In dieser Arbeit wird zunächst das Ziel der Experimentierstation *Energiespeicher* definiert. Anschließend wird die Relevanz von Experimenten im Physikunterricht dargelegt sowie unterschiedliche Unterrichtskonzepte vorgestellt. Darauf folgend werden der Aufbau und die Durchführung der Versuche erläutert. Daran knüpft die didaktische Auswertung der Versuche nach dem Leitbild der konstruktivistischen Didaktik an. Fortgefahren wird mit einem zeitlichen Rahmenplan für die gesamte Station und der Überprüfung des

Lernfortschritts des Schülers. Abschließend werden eine kurze Zusammenfassung über die gesamte Arbeit und ein Ausblick für die Umsetzung der Station gegeben.

## 2. Ziel des Schülerlabors für die Schüler

Sara Westermann

Das KIT-Schülerlabor „Energie“ ist ein außerschulischer Lernort, das Inhalte pädagogisch-didaktisch sowie methodisch für aktive Erkundungs- und Lernprozesse im Bereich Erneuerbarer Energien und Supraleitung aufbereitet und dauerhaft für Schulkassen zur Verfügung gestellt wird. Die Experimentierstationen werden durch Wissenschaftler und Studenten des KITs betreut. Sie sorgen neben dem Einhalten des Ablaufplans (Einstieg in die Thematik, Hinführung zu den Schülerexperimenten, Abschluss der Einheit) auch für die Beantwortung von Schülerfragen sowie für die Sicherheit der Gruppe während des Experimentierens. Im Rahmen der Station *Energiespeicher* sollen die Schüler auf die Speicherung von Energie durch Kondensatoren und Spulen sensibilisiert werden.

Empirische Untersuchungen zeigen, dass Schülerlabore durch ihre Authentizität Themengebiete lebendig machen. Die Schüler werden motiviert sowie zu eigenem Forschen und Entdecken eingeladen. Durch das selbständige Forschen und Entdecken im Experiment erschließen sich die Schüler am KIT-Schülerlabor das Thema Energiespeicherung nicht nur mit dem Kopf als reine Wissensvermittlung, sondern auch mit der Methode des Vermittelns von Anschauung nach Pestalozzi durch Herz und Hand (vgl. RAITHEL/DOLLINGER/HÖRMANN, 2009, S. 114). Dadurch werden kognitive und affektive Zielbereiche erreicht. Mehr noch, das „instrumentelle und sozial-kommunikative Lernen werden durch die unmittelbare, originale Begegnung gefördert“ (FAVRE/METZGER, 2010, S. 166).

Durch das genaue Beobachten, Zählen und Messen, Ergebnisse vergleichen sowie selbständigen Umgangs mit den Experimentierapparaturen wird das instrumentelle Lernen und die Handlungsfähigkeit gefördert. Durch die experimentellen Untersuchungsmethoden soll ganzheitlich und motivationsgesteuert gelernt werden.

In Bezug auf das sozial-kommunikative Lernen wird die Teamfähigkeit im gemeinschaftlichen Experiment gefördert. Für eine präzise Durchführung ist arbeitsteiliges Experimentieren bedeutend. Hierfür müssen die Schüler in der Partnerarbeit genaue Absprachen treffen. Die Kooperations- und Kommunikationsbereitschaft soll im Schülerlabor durch die Experimente und den Austausch von Ideen und Beobachtungen in den Plenumsitzungen unterstützt werden. Durch das Einbringen eines jeden Laborteilnehmers werden auch personale Kompetenzen vertieft. Etwa das selbständige Lernen und Arbeiten bei mathematisch-analytischen Aufgaben. Persönlichkeitsmerkmale wie Selbstwirksamkeit und Selbstverantwortung sollen in der Zweiergruppe, in der Einzelarbeit und im Plenum weiter aufgebaut werden.

Eine Vielzahl an Studien zur Wirksamkeit und Nachhaltigkeit von Laborbesuchen belegt, dass kurz- bis mittelfristige Effekte auftreten. Auch wenn kaum eine Vor- oder Nachbereitung im Unterricht erfolgt, wird das Interesse zur Auseinandersetzung im Labor aufgeworfener naturwissenschaftlich-technische Fragen bei 50 % der Jugendlichen gefördert. Sind die

Schülerlabore kaum interaktiv oder nach der Schule ausgerichtet, liegt dieser Wert bei nur 30 %.

Das Potenzial der Schülerlabore liegt in der Vielfalt der Interaktionsmöglichkeiten und der Gelegenheit zum kooperativen ergebnisorientierten Arbeiten an einem Projekt bzw. einer Hypothese. Die Laborteilnehmer bringen sich dabei entsprechend ihren Möglichkeiten und ihrer Stärken in die Arbeit ein. Sie erzielen dabei Erfolgserlebnisse, „die manche Sichtweisen, Vorurteile und Stereotypen der Jugendlichen verändern können“ (KIRCHER/GIRWIDZ/HÄUßLER, 2009, S. 807).

Auch wenn die Untersuchungen zur Wirksamkeit eines einmaligen Laborbesuches Unterschiede aufzeigen, zeichnen die bislang durchgeführten Studien ein sehr optimistisches Bild von der Wirkung der Schülerlabore. Dies bezieht sich bisher nur auf die das emotionale, wertbezogene und epistemische Interesse. Befunde im Bereich des fachlichen Wissenserwerbs in Schülerlaboren liegen noch nicht ausreichend vor.

### 3. Relevanz und Klassifizierung von Experimenten

Sara Westermann

Beobachten und Experimentieren sind die zentralen Methoden der Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften und wesentliche Erkundungsformen im Physikunterricht. Das Experiment als gerichtete Frage an die Natur ermöglicht es, Hypothesen zu überprüfen, quantitativ erfassbare Größen zu messen, Abhängigkeiten zwischen Größen zu ermitteln, nicht direkt sichtbare Strukturen und Zusammenhänge zu erkennen.

Somit wird deutlich, dass das Schülerexperiment für den Physikunterricht schon immer bedeutend war und ist. Nicht nur fachwissenschaftlich hat das Experiment seine Schwerpunkte. Schülerexperimente sollen sowohl motivational als auch in kognitiver Hinsicht stimulierend wirken. Je nach Autor lassen sich eine Fülle von Funktionen des Versuches im Unterricht nennen (vgl. ENGELN 2006, 170).

Das Schülerexperiment muss, genauso wie andere methodische Vorgehensweisen, den Zielsetzungen der einzelnen Unterrichtsstunde entsprechend ausgesucht und sorgfältig geplant werden. Auch wenn diese Voraussetzungen gegeben sind, kann sich der Einsatz des Schülerexperimentes im Schulalltag als schwierig gestalten: Oft führt die räumliche Ausstattung und mangelndes Arbeitsmaterial für die gesamte Klasse zu einem geringen Schülereinsatz bei Experimente. Des Weiteren haben Untersuchungen von MERZYN (1994) gezeigt, dass nur 10 % der Fachlehrerinnen und Fachlehrer Schülerexperimente im Physikunterricht des Gymnasiums durchführen lassen (vgl. ZWIOREK 2006, 176ff.).

Schülerversuche müssen entsprechend ihrer didaktischen Absicht konzipiert und ausgewählt werden. Doch nach welchen Kriterien Experimente für den entsprechenden Lerninhalt ausgewählt werden, soll im Folgenden genauer betrachtet und in Anlehnung an KIRCHER/GIRWIDZ/HÄUßLER (2009) klassifiziert werden.

#### 3.1 Organisationsform des Experiments

Bei sehr komplexen oder gefährlichen Experimenten werden diese als Demonstrationsexperiment durch eine Lehrperson vor einer (Lern-)Gruppe vorführen. Die anwesende Gruppe hat hier dann die Aufgabe des genauen Beobachtens und Protokollierens.

Erfolgt die Durchführung durch einen oder mehrere Lernenden, handelt es sich um ein Schülerexperiment. Die Aufgaben im Experiment weiten sich vom Beobachten und Protokolliren auf das aktive Einrichten des Experimentes, Handhaben sowie Messen von Ergebnissen.

#### 3.2 Datenerfassung: Qualitativ oder quantitativ

Die quantitative Datenaufnahme sind zahlenmäßig erhobene Größen und verlangen eine objektive Dokumentation, Datenverarbeitung sowie Auswertung.

Hingegen ist das qualitative Experiment auf das unmittelbare Erfassen durch die Sinne ausgerichtet. Bedeutsam ist, dass die Ergebnisse klar und eindeutig sind.

### 3.3 Unterrichtsphase

„Vorwissen, Vorarbeit und methodisches Gesamtkonzept entscheiden über die Einbindung von Experimenten in verschiedenen Unterrichtsphasen“ (KIRCHER/GIRWIDZ/HÄUßLER 2009, S. 251).

- Erarbeitungsexperiment: soll motivieren, thematisch hinführen, ein Problem schaffen und zum Denken anstoßen. Grundwissen und genaues Beobachten sind vorauszusetzen.
- Erarbeitungsversuche: Daten erfassen, Hypothesen entwickeln. Fähigkeiten zu präzise Arbeiten und Verknüpfen von Theorie und Experiment ist gefordert.
- Versuche zur Vertiefung oder zur Verständniskontrolle: Detailwissen zu einem Sachgebiet wird aufgebaut.

### 3.4 Geräteaufwand

Hinsichtlich des materiellen Aufwandes wird folgende Unterscheidung von KIRCHER/GIRWIDZ/HÄUßLER (2009) vorgenommen:

- Freihandversuche: Verblüffende Effekte sind sichtbar/wahrnehmbar, ohne großen apparativen Aufwand und ohne Geräte.
- Versuche mit physikalischen Apparaturen und Messgeräten: Versuchsaufbau mit definierter Ausgangssituation liefert eine quantitative Auswertung, sehr hoher technischer Aufwand.
- Simulations- und Modellversuche: wesentliche Teile eines physikalischen Systems werden im Rahmen eines Modells nachgebildet. Je nach Versuch entsteht ein mehr oder weniger großer Materialbedarf.
- Gedankenexperimente: zur geistigen Durchdringung physikalischer Phänomene und zur Ausbildung mentaler Techniken wie Beschreiben, Abstrahieren und Argumentieren. Keinen Geräteaufwand.

### 3.5 Ausführungsform

Unterschieden werden der klassische Einzelversuch, der Parallelversuch und die Versuchsreihe.

Der Parallelversuch zeigt physikalische Abläufe direkt nebeneinander und bietet ideale Vergleichsmöglichkeiten. Bei einer Versuchsreihe werden einzelne Versuche in einer Serie zusammengestellt. Es dient über systematische Variationen zur Aufdeckung von Regeln und Gesetzmäßigkeiten.



## 4. Unterrichtskonzepte in der Physik

Roxana Helm

Die Unterrichtsform des Frontalunterrichts ist in europäischen wie außereuropäischen Schulen am weitesten verbreitet (FLECHSIG, S. 97 ff.; aus GIDION S. 102). Der instruktive Ansatz, der im Frontalunterricht Anwendung findet, ist eine gute Möglichkeit, die korrekte Wissensvermittlung bei den Schülern sicherzustellen. Die Vermeidung des entstehenden Irrtums, der sich bei Eigenarbeit der Schüler schnell einstellen kann, ist bei dieser Unterrichtsform gegeben. Ein weiterer Vorteil besteht im zügigen Voranschreiten im Lernstoff. Dennoch bietet der Physikunterricht Platz für praktische Beispiele. Für das Verständnis der Physik sind diese unausweichlich. Aufgrund des straffen Zeitplans im Physiklehrplan bietet der Physikunterricht an Schulen meist wenig Zeit, dass die Schüler selbst experimentieren können, sodass die meisten Experimente lehrerzentriert durchgeführt werden. Im Schülerlabor, das am ITEP eingeführt werden soll, haben die Schüler einen Tag/Nachmittag Zeit, sich mit der Thematik der Energiewende genauer zu beschäftigen. Die Räumlichkeiten für das Schülerlabor sind bisher noch nicht gebaut. Dadurch gibt es keine räumliche Einschränkung, die Einfluss auf die Wahl des Unterrichtskonzepts hat.

In der Physik gibt es unterschiedliche Konzepte, dem Lernenden Wissen zu vermitteln. Dabei thematisieren die Unterrichtskonzepte, die im Physikunterricht angewendet werden, primär die Form und Art der Wissensvermittlung sowie des Verstehens. Nach WAGENSCHNEIDER (1968) umfasst ein guter Unterricht, in dem die Schüler die Komponente des „Verstehens“ umsetzen, die exemplarische, die genetische sowie die sokratische Form des Unterrichts.

### 4.1 Exemplarischer Unterricht

Der exemplarische Unterricht zeigt dem Lernenden ein Beispiel. Der Schüler überträgt dann das anhand dieses Beispiels Gelernte auf neue Problemstellungen. Eine zentrale Bedeutung hat die Frage, „welchen größeren bzw. allgemeinen Sinn- oder Sachzusammenhang [...] den Inhalt“ vertritt oder erschließt [MIKELSKIS-SEIFERT/RABE, 2007, S.44]. Voraussetzung dafür ist die Beschränkung auf das Wesentliche. Die Schüler bekommen dabei die Möglichkeit, sich gründlich in einen Sachverhalt einzuarbeiten und sich mit diesem eine Zeitlang genauer zu beschäftigen. Diese Zeit nutzen die Schüler, um intensiv zu verstehen und Querverbindungen zwischen diesem und anderen gelernten Phänomenen herzustellen. Ein genaues, gründliches Arbeiten und Verstehen wird hierdurch zwar gegeben, jedoch kann dadurch nicht auf jedes Detail eines Faches eingegangen werden, sodass ein Mut zur Lücke vorhanden sein muss. Für die optimale Umsetzung des exemplarischen Unterrichts ist Epochenunterricht möglich. Bei Epochenunterricht beschäftigen sich die Schüler über einen begrenzten Zeitraum häufig mit der entsprechenden Materie. Ein Beispiel hierfür wäre über vier Wochen jeden Tag eine Doppelstunde Physik.

## 4.2 Genetischer Unterricht

Nach KÖHNLEIN (1982) kann der genetische Unterricht in drei wesentliche Aspekte unterteilt werden. Dies sind der individual-genetische, der logisch-genetische sowie der historisch-genetische Aspekt. Der individual-genetischen Aspekt beinhaltet Vorwissen, Vorerfahrungen und die entwicklungspsychologischen Möglichkeiten, um die Kenntnisse und Fähigkeiten der Schüler zu entwickeln. Unter dem logisch-genetischen Aspekt versteht man das Nachentdecken naturwissenschaftlicher Sachverhalte, in denen innere Strukturen des Lerngegenstandes so nachvollzogen werden, dass die Schüler sie verstanden haben. Für das Verständnis der Schüler ist der Entstehungs- und Entwicklungsprozess der Physik essentiell und darf in der Wissensübermittlung nicht vernachlässigt werden. Im historisch-genetischen Aspekt ist hauptsächlich der Prozess der Erkenntnisgewinnung in der Geschichte der Naturwissenschaften von Bedeutung. Dabei wird davon ausgegangen, dass „zwischen [den] Fehlkonzepten der Schüler und den „Irrtümern“ in der Physikgeschichte“ Parallelen gibt [MIKELSKIS-SEIFERT/RABE 2007, S. 49].

Für WAGENSCHNIG (1968) umfasst genetischer Unterricht weitaus mehr als die bisher genannten Aspekte. Unterricht beinhaltet für ihn eine genetische, sokratische sowie exemplarische Komponente. Schüler sollen sich im Dialog an die Begriffe herantasten und Zeit zum Nachdenken haben. Dabei soll vermieden werden, dass die Schüler nur leere Worthülsen von sich geben, ohne den Inhalt wirklich zu verstehen. Dabei ist nicht der Begriff selbst sondern das Verständnis über den Entstehungsprozess der Begriffsbildung wichtig [KIRCHER/GIRWIDZ/HÄUBLER 2009, S. 172 f.].

## 4.3 Entdeckender Unterricht

Der entdeckende Unterricht ist eine sehr schülerorientierte Unterrichtsform in der Didaktik für naturwissenschaftliche Fächer. Die Lernenden erforschen dabei keine neuen physikalischen Phänomene, sondern erlernen in Eigenarbeit etwas für sie Unbekanntes. Ziel ist das Erlernen von physikalischen Denk- und Arbeitsweisen. Lehrende haben die Möglichkeit, die Entdeckungen der Schüler durch Hinweise, Ratschläge oder Anweisungen zu lenken, dies ist aber nicht zwingend notwendig. So können die Schüler auch ihr bisheriges Wissen anwenden und darüber hinaus Neues erforschen. Dabei treibt sie ihre Neugier voran und ihr Wissensdurst erhält zudem Befriedigung. In den Versuchen erfahren die Schüler unmittelbaren Kontakt zur Realität. Die sich dabei entwickelnde Motivation stärkt ihren Lernwillen und sie erfahren Erfolgserlebnisse. Dadurch bekommen die Schüler mehr Selbstvertrauen. Die meist in Gruppenarbeit gestalteten Arbeitsaufträge entwickeln darüber hinaus die Persönlichkeit und die Kommunikationsfähigkeit der Lernenden weiter. In der Organisation erfordert dieses Unterrichtsmodell eine längerfristige, grobe Planung. Außerdem lässt sich der Unterrichtsverlauf nur wenig steuern, sodass kein konkret gesetztes Ziel zu erreichen ist. Ein Problem ist der zeitliche Aufwand, den der entdeckende Unterricht mitbringt. Zum einen besteht ein größerer Zeitaufwand für den Lehrer in der Vorbereitung, zum anderen ist die Bereitstellung der Lernzeit für die Schüler schwerer umsetzbar, wenn dabei trotzdem noch die Vermittlung aller Inhalte des Lehrplans stattfindet.

Epochenunterricht führt die Schüler zum maximalen Lernerfolg [KIRCHER/GIRWIDZ/HÄUßLER, 2009, S. 174 ff.]

#### 4.4 Darbietender Unterricht

Im Zentrum des darbietenden Unterrichts steht der Vortrag des Lehrers und wahlweise ein Demonstrationsexperiment. Der Schüler lässt dabei das Gesehene auf sich wirken und lernt durch Zuschauen, da er nicht direkt an der Durchführung beteiligt ist. Bei dieser Unterrichtsform ist es z.B. im Vergleich zum entdeckenden Unterricht deutlich einfacher, Konzeptziele durchzusetzen. Besonders die begriffliche Struktur der Physik ist für die Schüler einleuchtender. Der zu vermittelnde Unterrichtsstoff kann auf dem Vorwissen der Lernenden aufgebaut werden und die Schüler stellen Verbindungen zwischen dem neuen und dem bereits vorhandenen Wissen her. Dadurch erhält die Ausbildung des kognitiven Denkens eine klarere Struktur und die fachliche Kompetenz wird deutlich gefördert. Ein Vorteil des Konzepts ist das genauere Lernen des Unterrichtsstoffs. Der Nachteil ist jedoch, dass die Schüler bei einer Überforderung ihrerseits schnell den roten Faden verlieren. Ein guter darbietender Unterricht erfordert wichtige Kompetenzen des Lehrers in dieser Unterrichtsform wie Didaktik und Schulpraxis. Eine Voraussetzung, die der Lehrer für darbietenden Unterricht erfüllen muss, besteht in der Fähigkeit, Phänomene durch überlegtes und souveränes Experimentieren überzeugend zu demonstrieren. Die Vorbereitung der Experimente erfordert deren Erprobung und Aufbau durch den Lehrer. Erfahrenen Lehrern kommt zugute, dass sie diese Unterrichtsform kurzfristig und detailliert geplant wird. Im Unterricht entstehen nach den Demonstrationen und Erklärungen des Lehrers in der Regel Fragen, mit denen sich die Schüler einbringen und den Unterricht auch voranbringen. Probleme bestehen meist daran, die Schüler genügend zu motivieren und zur Mitarbeit anzuregen. Außerdem können Verständnisschwierigkeiten auftreten, wenn die Schüler diese nicht sofort klären können [KIRCHER/GIRWIDZ/HÄUßLER, 2009, S. 176 f.]

#### 4.5 Konstruktivismus

Unter Konstruktivismus versteht man handlungsorientiertes Lernen. Handlungsorientierung ist die Übermittlung der Bedeutung eines Lerninhalts, der in einer Aufgabenstellung abgefragt wird. Die Lernenden sollen den Lernhintergrund für sich erkennen. Am besten geeignet ist dafür ein Beispiel oder Hintergrund aus der Realität. Im konstruktivistischen Unterricht erhält ein Schüler die Gelegenheit, die Lehrinhalte zu beeinflussen. Diese Selbstbestimmung des Lernenden, die jedoch durch den Lehrenden eingeschränkt werden sollte, ermöglicht neue Ansätze und Lösungen im Lernprozess. Dieses eigenständige Denken in praxisnahen Beispielen soll die Leistungsbereitschaft der Schüler steigern und sie dazu initiieren, Verantwortung für ihre Handlungen und damit auch für ihr Lernen zu übernehmen. Charakteristisch für den konstruktivistischen Unterricht sind interdisziplinäre Aufgabenstellungen, die einen engen Bezug zur Berufspraxis haben. Die Aufgabenstellungen müssen so gestellt sein, dass unterschiedliche Lösungen möglich sind. Um neben den kognitiven Fähigkeiten auch die soziale Kompetenz der Schüler weiterzubilden, ist die Möglichkeit zur Aufgabebearbeitung in Gruppen- als auch in Einzelarbeit unabdingbar. Während der Bearbeitung der Aufgabe sollte den Schülern der Sinn und Hintergrund der

Aufgabenstellung klar werden. Am Ende einer jeden Aufgabenstellung sollte eine Ergebnispräsentation durch die Schüler erfolgen, in der sie auch ihre Lösungsmethoden, das Ergebnis und dessen Nutzen darlegen. [GIDION, S.116ff.]

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass wir in unserer Experimentierstation hauptsächlich auf konstruktivistische Art und Weise genetisch-exemplarisch und entdeckend unterrichten möchten. Die Schüler müssen sensibilisiert und motiviert werden, warum das Thema der Energiespeicherung so wichtig ist und warum es sich lohnt, Kenntnisse über dieses Thema zu besitzen. Das Thema ist gerade auch in Bezug auf den immer weiter steigenden Energieverbrauch der neuesten elektronischen Geräte realitätsnah. Die Schüler können anhand der Experimente die Phänomene in der Energiespeicherung exemplarisch erkunden und entdecken. Nach Möglichkeit sollen die Schüler die physikalische Theorie dahinter von Grund auf verstehen. Die Aufgaben sollen vom Schüler handlungsorientiert ausgeführt werden, sodass sie auch in der Lage sind, ihre weiteren Schritte eigenständig zu planen, durchzuführen und zu bewerten. Wir gehen davon aus, dass die Schüler in der Lage sind, ihr Repertoire an Erfahrungen um ihre Ergebnisse zu erweitern und den individuellen und gesellschaftlichen Nutzen der gewonnenen Erkenntnisse zu reflektieren. Damit wäre der konstruktivistische Unterricht zielbringend.

## 5. Experimente zu Kondensator und Spule mit Aufbau und Durchführung

Yannick Beer, Grafiken erstellt von Roxana Helm

### 5.1. Versuchsziel und Versuchsgegenstand

Das Ziel der Station *Energiespeicher* ist es, den Schüler auf die Problematik der Energiespeicherung im Rahmen der Energiewende zu sensibilisieren. Da am Institut kein Experimentierkoffer für diese Station existiert, wurden alle Versuche auf Basis der Internetseite *schule-bw.de* und der Literatur von JORCH, KIRCHHOFF, LAMBERTZ, OBERLACK, PIENTKA und SCHWARZE (2003, S. 212 ff.) entworfen. Exakte Widerstände und Kapazitäten der elektronischen Bauteile müssen vor der Durchführung der Versuche rechnerisch ermittelt werden. Da in dieser Arbeit der Schwerpunkt auf der didaktischen Ausarbeitung des Schülerlabors liegt, wird aus Gründen des Arbeitsumfangs auf eine genaue Berechnung der elektronischen Bauteile verzichtet. Die didaktische Ausarbeitung der Versuche lässt sich ungebunden davon entwickeln.

Mithilfe der durchzuführenden Experimentierversuche, soll der Schüler die Möglichkeit der *elektrischen Energiespeicherung* durch *elektrische* und *magnetische Felder* kennen lernen und untersuchen. Mit den Versuchen 1 und 2 soll demonstriert werden, dass in jedem elektrischen und magnetischen Feld Energie gespeichert ist. Der Versuchsaufbau ist von dem Schüler selbst durchzuführen und wird noch vor Beginn des Experimentierens vom Tutor auf Korrektheit überprüft. Nach der Durchführung eines Versuchs wird eine kurze Arbeitsphase zur Vertiefung des Verständnisses bearbeitet. Die Versuche und Arbeitsphasen sind für Schüler ausgelegt, die noch kein Grundlagenwissen über Kondensatoren besitzen. Es ist davon auszugehen, dass die Spule bereits im Schulunterricht im Zusammenhang mit der Induktion behandelt wurde. Dieses vorausgesetzte Wissen wird vom Tutor in einem einleitenden Brainstorming wiederholt und aufgefrischt. Diese Wiederholung beschränkt sich auf das Thema der Induktion und der *Lenz'schen* Regel. Der Inhalt der Arbeitsphasen baut aufeinander auf, d.h. erst durchläuft jede Gruppe Versuch 1 und im Anschluss daran Versuch 2 (vgl. *Tabelle 1*). Die Betreuung von vier Experimentiergruppen sollte durch mindestens einen Tutor erfolgen. Zusätzlich wird den Schülern Zugriff auf Fachliteratur von Grehn und Krause (2007) ermöglicht. Dadurch können bei Bedarf weitere Fachkenntnisse auf Basis des Selbststudiums erworben werden.

Tabelle 1: inhaltlicher und zeitlicher Rahmenplan der Versuche

	Inhalt	Zeitdauer (in Minuten)	Kapitel
<b>Versuch 1</b>	<b>Kondensator</b>	30	5.2.
Teil I	Auf- und Entladen		5.2.2.
Arbeitsphase I	Verständnisfragen		5.2.3.
Teil II	Freies Experimentieren		5.2.2.
Arbeitsphase II	Rechenbeispiel		5.2.3.
<b>Versuch 2</b>	<b>Spule</b>	25	5.3.
Brainstorming	Lenzregel und Induktion		5.3.3.
Teil I	Aufladen		5.3.2.
Arbeitsphase I	Verständnisfragen und Rechenbeispiel		5.3.3.
Teil II	Entladen		5.3.2.
Arbeitsphase II	Verständnisfragen		5.3.3.

## 5.2. Versuch 1 – „Der Kondensator als Energiespeicher“

### 5.2.1. Aufbau

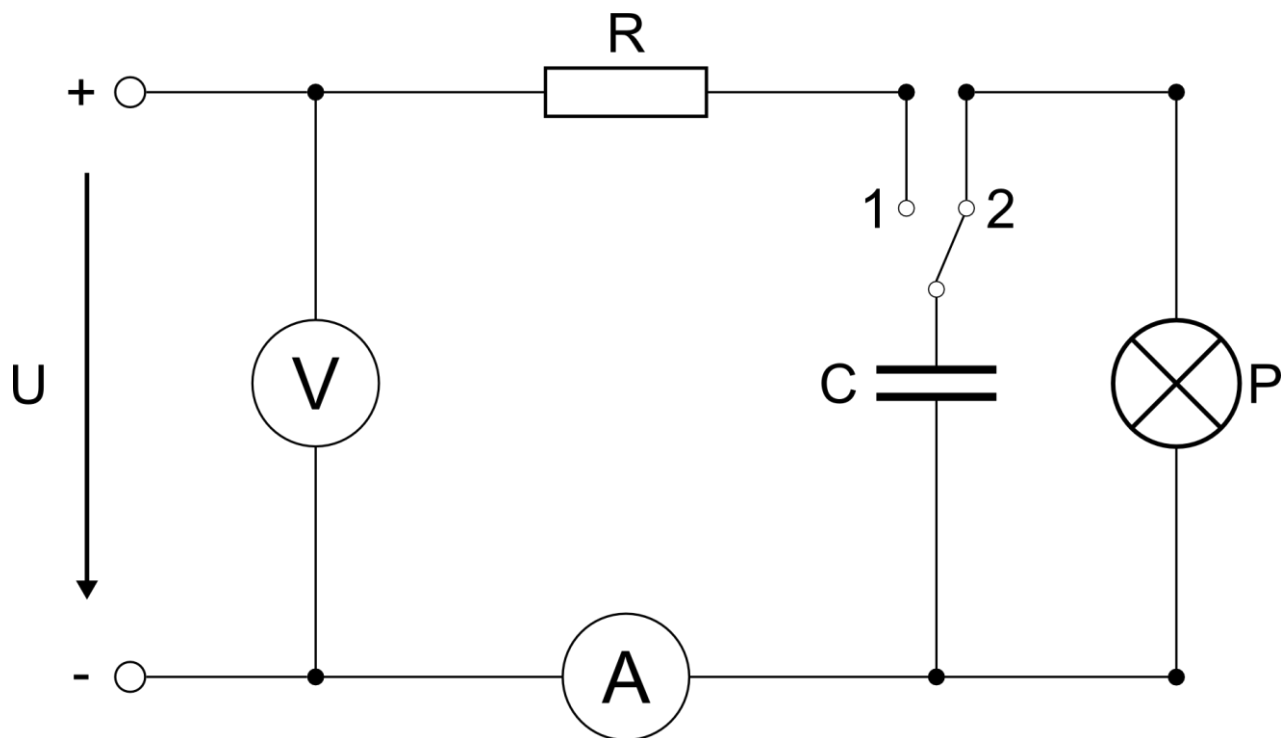


Abbildung 1: Versuch 1, Energiespeicherung im Kondensator

Ist der Schalter in Stellung 1 befindet sich die Schaltung im *Ladekreis*. In diesem Fall ist eine Spannungsquelle  $U$  mit einem Kondensator  $C$  und einem Schalter über einen Widerstand  $R$  verbunden. In den Ladekreis ist zusätzlich ein Spannungsmessgerät verbaut. Durch Umlegen des Schalters in Stellung 2 befindet sich die Schaltung im *Entladekreis*. In diesem Fall ist der Kondensator  $C$  mit einer Lampe  $P$  über einen Schalter verbunden.

### 5.2.2. Durchführung

Im *Teil I* des Versuchs soll lediglich das Prinzip der Energiespeicherung in einem Kondensator demonstriert werden. Ist der Schalter in Stellung 1, wird der Kondensator aufgeladen. Wenn die Spannung  $U$  am Kondensator anliegt, ist der Kondensator vollständig aufgeladen. Wird der Schalter in Stellung 2 umgelegt, beginnt sich der Kondensator über die Glühlampe  $P$  zu entladen. Die Glühlampe wird aufleuchten. Ab dem Zeitpunkt des Schalters in Stellung 2, wird das Leuchten der Glühlampe immer schwächer, bis das Licht nach einigen Sekunden erlischt. Die Zeitdauer, wie lange die Glühlampe  $P$  leuchtet hängt von der Kapazität  $C$  des Kondensators und vom Ohm'schen Widerstand  $R_P$  der Lampe ab. Die Kapazität  $C$  bestimmt die maximal im Kondensator speicherbare Energiemenge.

Nach dem Fertigstellen des *Teil I* des Versuchs, beginnt eine gruppeninterne *Arbeitsphase I*. Jeder Gruppe wird dazu ein Aufgabenblatt ausgeteilt. Ziel dieser Aufgaben ist es den Schüler zu motivieren das Beobachtete zu reflektieren und zu hinterfragen (vgl. Kapitel 5.2.3). Der Tutor kann den Bearbeitungsstand der jeweiligen Gruppe mithilfe eines Kontrollblatts überprüfen. Die Lösungen der Arbeitsphase I werden vorerst nicht vom Tutor bekanntgegeben. Am Ende der Station *Energiespeicher* wird eine Gruppendiskussion durchgeführt bei der jede Gruppe ihr Ergebnis den anderen vorträgt. Der Tutor leitet die Diskussion und löst im Anschluss an die Diskussionsrunde bestehende Fragen auf.

Im *Teil II* des Versuchs experimentieren die Schüler spielerisch frei. Dafür werden Kondensatoren unterschiedlicher Bauform und Kapazität zur Verfügung gestellt. Zusätzlich kann die Lampe durch eine Leuchtdiode (LED) oder andere Verbraucher ersetzt werden. Die dabei gemachten Beobachtungen sollen später in der Gruppe diskutiert werden. Durch das freie Experimentieren soll der Schüler erkennen, dass unterschiedliche Kondensatoren unterschiedliche Mengen an Energie speichern können und die abgegebene elektrische Leistung des Kondensators nicht konstant ist. Besonders aufmerksame Schüler dokumentieren eventuell sogar bei der Aufladung des Kondensators den Zusammenhang von Spannung  $U$  und Stromstärke  $I$  über der Zeit  $t$ .

In der *Arbeitsphase II* wird dem Schüler anhand eines Rechenbeispiels aufgezeigt, in welcher Größenordnung die verwendeten Kondensatoren Energie speichern.



### 5.2.3. Aufgaben

#### **Arbeitsphase I – Schüler**

1. Was kannst du nach Umlegen des Schalters in Stellung 2 beobachten?
2. Schalter in Stellung 2: Wie lassen sich diese Beobachtungen physikalisch erklären?
3. Welche Formen zur Speicherung von elektrischer Energie kennst du bisher?
4. Lässt sich der Kondensator einer dieser Speicherformen zuordnen?

#### **Kontrollblatt Tutor – Arbeitsphase I**

1. Der Schüler soll beobachten können, dass das Licht leuchtet obwohl die Spannungsquelle getrennt ist. Desweiteren soll er beobachten, dass das Leuchten der Lampe mit der Zeit schwächer wird.
2. Das Licht leuchtet obwohl die Spannungsquelle getrennt ist. Das bedeutet die Energie muss aus dem Kondensator kommen und im Kondensator in gespeicherter Form vorliegen. Dass das Leuchten mit der Zeit schwächer wird bedeutet, dass keine konstante Leistung vom Kondensator abgegeben wird.
3. Ziel dieser Frage soll sein, dass der Schüler sich Gedanken über mögliche Formen der Energiespeicherung macht. Es existieren unterschiedliche Speicherformen beispielsweise ein chemischer oder mechanischer Energiespeicher. Beispiele hierfür sind Akkumulatoren, Wasserstoff, Drucktanks, Pumpspeicherkraftwerke, etc.
4. Die Antwort lautet Nein. Diese Frage können Schüler ohne Vorwissen über den Kondensator lediglich erraten. Diese Frage soll den Schüler dazu motivieren mehr über den Kondensator zu erfahren. „Was passiert im Kondensator?“. Der Tutor soll den Schüler darauf aufmerksam machen, dass Energie in Form von elektrischen Feldern gespeichert werden kann. Allerdings wird dieser Fakt erst in der Abschlussdiskussion vom Tutor bekanntgegeben.

**Arbeitsphase II - Schüler**– Wie viel Energie kann ein Kondensator speichern? Wie viele Sekunden kann ich damit ein Smartphone betreiben?

Formel:  $W = \frac{1}{2} * C * U^2$

$W$  -gespeicherte Energie im Kondensator

$C$  -Kapazität eines Kondensators

$U^2$  - Spannung des Kondensators

$W, C, U^2$  sind für die Aufgabe bekannt gegeben.

1. Im Spiel- und Internetbetrieb benötigt ein Smartphone 4 W. Wie lange könnte ein herkömmlicher Kondensator mit der Kapazität  $C$  das Smartphone mit Strom versorgen?

2. Wieso kommt es zu Problemen beim Betrieb eines Smartphones über einen Kondensator? Und warum darf nicht mit der vorgegebenen Formel gerechnet werden? (Zusatzangabe:  $P = \frac{W}{t}$ )

**Kontrollblatt Tutor – Arbeitsphase II**

1. Für die Zeit gilt:  $t = \frac{1}{2 \cdot P} C \cdot U^2$

2. Wer bei den Versuchen gut aufgepasst hat weiß, dass der Kondensator keine konstante Leistung abgibt. Im ersten Moment könnte der Kondensator das Smartphone mit der benötigten Leistung versorgen. Doch mit der Zeit nimmt die Leistungsabgabe ab. Das Smartphone würde nicht mehr mit der benötigten Leistung versorgt werden und ausgehen. Die Stromstärke und Spannung sind bei der Entladung nicht konstant. Deswegen darf man nicht mit der vorgegebenen Formel rechnen.

### 5.3. Versuch 2 - „Die Spule als Energiespeicher“

#### 5.3.1. Aufbau

Teil I des Versuchs:

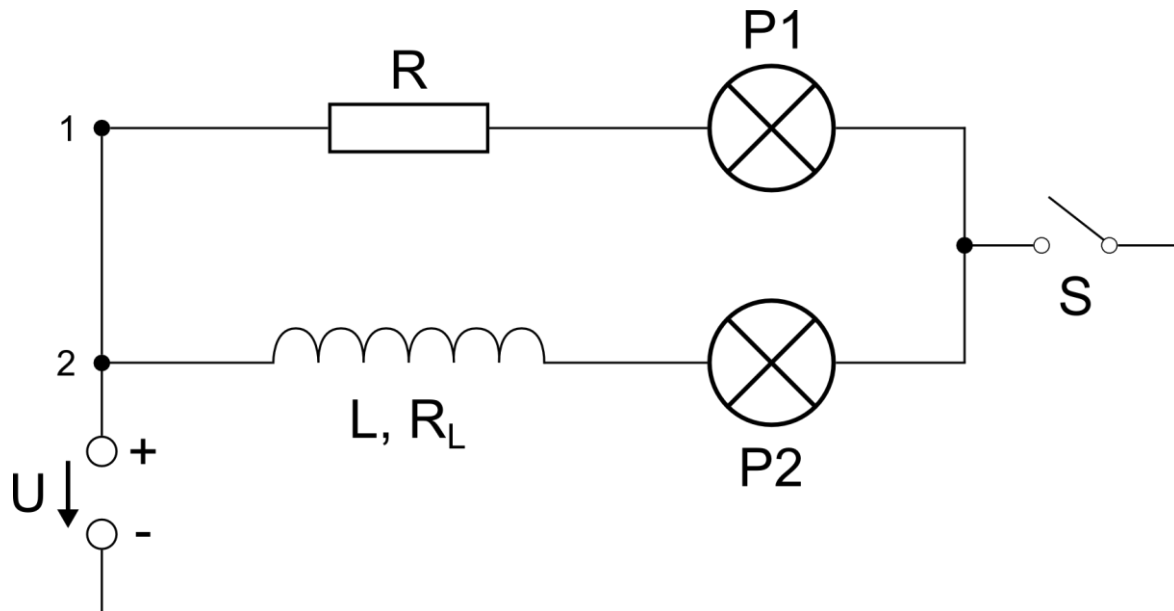


Abbildung 2: Versuch 2, Selbstinduktion der Spule beim Einschalten

In diesem Stromkreis soll der Einschaltvorgang einer Spule genauer betrachtet werden. Es sind zwei identische Glühlampen  $P1$  und  $P2$  parallelgeschaltet. Im Schaltungszweig 2 ist eine Spule mit der Induktivität  $L$  und dem Ohm'schen Widerstand  $R_L$  vorgeschaltet. Im Schaltungszweig 1 ist ein Ohmscher Widerstand  $R$  vorgeschaltet. Die Ohm'schen Widerstände  $R$  und  $R_L$  besitzen denselben Betrag.

Teil II des Versuchs:

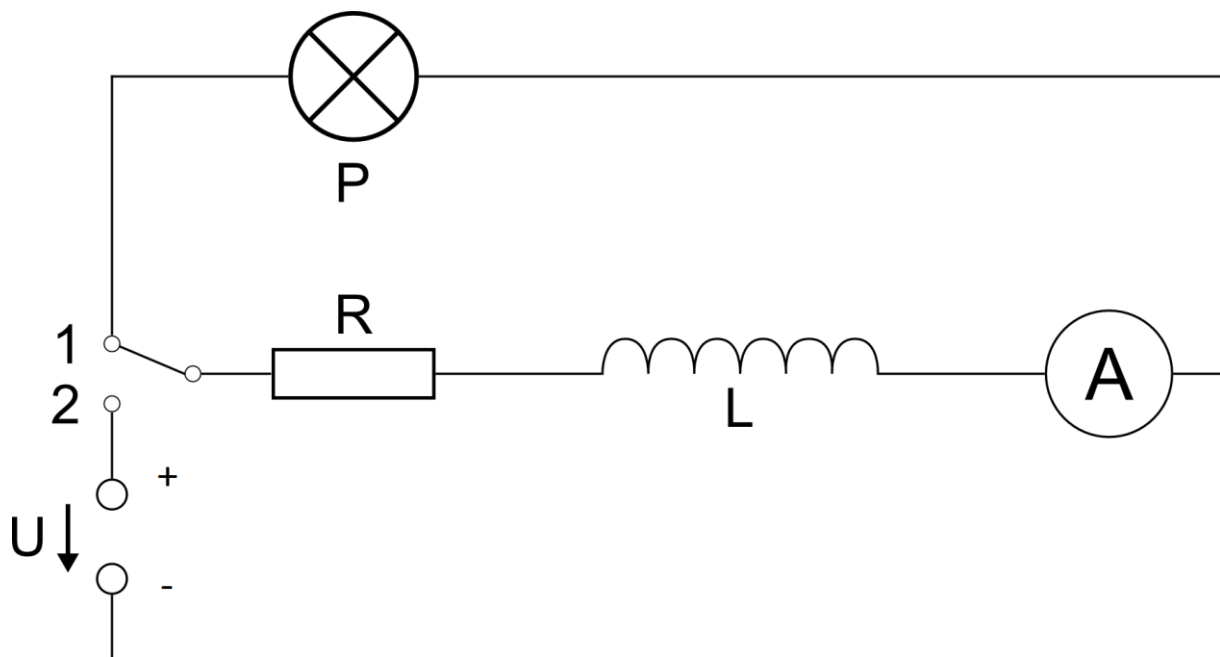


Abbildung 3: Versuch 2, Lade- und Entladevorgang der Spule

In einem weiteren Stromkreis soll der Lade- und Entladevorgang einer Spule untersucht werden. Ist der Schalter in Stellung 2 wird die Spule mit der Induktivität  $L$  über einen Ohmschen Widerstand  $R$  aufgeladen. Über das Amperemeter lässt sich die Stromstärke im Schaltkreis 2 bestimmen, was für die Aussage über den Ladezustand der Spule relevant ist. Wenn die Spule vollständig geladen ist, wird der Schalter in Stellung 1 gebracht. Dabei entlädt sich die Spule über eine Glühlampe.

### 5.3.2. Durchführung

Im *Teil I* des Versuchs wird die Selbstinduktion in der Spule beim Einschaltvorgang untersucht. Nach dem Schließen des Stromkreises, wird die Lampe *P1* sofort aufleuchten. Die Lampe *P2* hingegen wird mit einer zeitlichen Verzögerung aufleuchten. Der Stromfluss durch die Lampe *P2* wird beim Einschalten durch die Spule gehemmt. Im Moment des Einschaltens wird in der Spule eine Spannung induziert, welche der angelegten Spannung entgegenwirkt. Die induzierte Spannung und die angelegte Spannung heben sich im Einschaltmoment auf. Dadurch fließt im ersten Moment kein Strom durch den Schaltungszweig 2 und die Lampe *P2* leuchtet nicht auf. Im Folgenden kommt es zu einem Wechselspiel zwischen Ansteigen der Stromstärke und induzierter Spannung. Dieser Vorgang wird im Folgenden detailliert beschrieben. Beim Einschalten steigt die Stromstärke in der Spule an. Dadurch wird ein Magnetfeld in der Spule aufgebaut. Sowohl die magnetische Flussdichte als auch der magnetische Fluss nehmen zu. Durch das sich ändernde Magnetfeld wird eine Spannung in der Spule induziert, welche der angelegten Spannung entgegen wirkt. Dadurch sinkt die Stromstärke in der Spule. Die Folge ist eine Abnahme der induzierten Spannung in der Spule, was wiederum zu einem Anstieg der Stromstärke führt. Mit jedem erneuten Anstieg der Stromstärke wird die Änderung des Magnetfelds schwächer. Dadurch pendelt sich nach einer kurzen Zeit der Stromfluss durch die Spule ein. Jetzt wird der Schaltungszweig 2 mit Strom durchflossen und die Lampe *P2* beginnt nach einer zeitlichen Verzögerung zu Leuchten. Im Anschluss an die Versuchsphase erfolgt die *Arbeitsphase I* (vgl. Kapitel 5.3.3.).

In *Teil II* des Versuchs soll die Selbstinduktion der Spule beim Ausschalten der Spannungsquelle untersucht werden. Befindet sich der Schalter in Stellung 2 und hat sich ein konstanter Stromfluss  $I$  eingestellt, hat sich das Magnetfeld der Spule vollständig aufgebaut. Nun befindet sich die Spule im geladenen Zustand. Wird jetzt der Schalter in Stellung 1 gebracht, fließt kein Strom mehr durch die Drähte der Spule. Die Stromstärke, der magnetische Fluss und die magnetische Flussdichte nehmen ab. Dadurch kommt es zu einer Selbstinduktion. Die Energie des Magnetfelds wird durch Selbstinduktion in elektrische Energie umgewandelt. Es fließt ein Strom  $I$  aus der Spule ab und die Lampe *P* beginnt zu Leuchten bis das Magnetfeld abgebaut ist. Im Anschluss daran erfolgt die *Arbeitsphase II* (vgl. Kapitel 5.3.3.)

### 5.3.3. Aufgaben

#### Brainstorming (durch Tutor angeleitet)

Leitfragen:

1. Was ist unter elektromagnetischer Induktion in einem Leiter zu verstehen?
2. Was besagt die *Lenz'sche* Regel?

Auflösungen:

1. Die Entstehung eines *elektrischen Feldes* durch Änderung der *magnetischen Flussdichte*. Das elektrische Feld ist durch eine elektrische Spannung messbar.
2. Ein induzierter Strom versucht die Änderung der magnetischen Flussdichte zu verhindern.

#### Arbeitsphase I – Schüler

1. Was kannst du nach Schließen des Stromkreises beobachten?
2. Wie erklärst du dir dieses Phänomen unter Berücksichtigung der Lenz'schen Regel?
3. Was kannst du bei Öffnen des Stromkreises beobachten?

Für die induzierte Spannung einer Zylinderspule gilt:  $U_i = \text{const.} * \frac{\Delta I}{\Delta t} = -L * \frac{\Delta I}{\Delta t}$ .

Der konstante Vorfaktor wird als Induktivität  $L$  bezeichnet und ist von der Spule abhängig.

Für die Induktivität einer zylinderförmigen Spule gilt:  $L = \mu_0 * \mu_r * n^2 * \frac{A}{l}$

4. Welche Einheit ergibt sich für die Induktivität  $L$ ? Diese Einheit wird auch als Henry mit dem Symbol  $H$  bezeichnet.
5. Berechne die Induktivität einer Zylinderspule ohne Eisenkern (Permeabilitätszahl Luft  $\mu_r = 1$ ; magnetische Feldkonstante  $\mu_0 = 1,26 * 10^{-6} \frac{Vs}{Am}$ ) mit einer Länge von 20 cm und einem Durchmesser von 10 cm.

#### Kontrollblatt Tutor – Arbeitsphase I

1. Die Lampe P1 leuchtet sofort auf. Die Lampe P2 hingegen leuchtet mit einer zeitlichen Verzögerung auf. Im Zweig 2 steigt die Stromstärke verzögert an.
2. Der Schüler soll sich bewusst werden, dass in der Spule beim Einschaltvorgang eine Selbstinduktion stattgefunden hat. Im Einschaltmoment muss der Spannung eine induzierte Spannung entgegenwirken, sodass ein Strom erst verzögert fließen kann.
3. Der Schüler soll beobachten, dass die Lampen P1 und P2 beim Ausschalten gleichzeitig erlöschen.
4. Durch Umformen erhält man  $H = \frac{Vs}{A}$ .
5. Durch Berechnung erhält man  $L = 49 mH$ .

**Arbeitsphase II – Schüler**

1. Was kannst du nach dem Umlegen des Schalters in Stellung 1 beobachten?
2. Woher kommt die Energie im Stromkreis 1?
3. Im Gegensatz zu *Teil I* des Versuchs, wo es scheinbar keine Induktionserscheinung beim Öffnen des Schalters gibt, tritt bei *Teil II* des Versuchs beim Umlegen des Schalters eine Induktionserscheinung auf. Wie ist dieses Phänomen zu erklären?

**Kontrollblatt Tutor – Arbeitsphase II**

1. Die Lampe leuchtet auf obwohl die Spannungsquelle getrennt wurde.
2. Der Schüler soll sich bewusst machen, dass in der Spule Energie gespeichert wurde und diese nach Trennen der Spannungsquelle durch Selbstinduktion freigesetzt wird. Dadurch kommt es im Stromkreis 1 zum Leuchten der Lampe. Folglich muss im Magnetfeld Energie stecken.
3. In *Teil I* liegt bei geöffnetem Schalter eine Reihenschaltung zwischen den Lampen P1 und P2, der Spule und dem Widerstand vor. Alle Bauteile werden von demselben Strom durchflossen. Beim Öffnen des Schalters muss die in der Spule induzierte Spannung den doppelten Wert der Spannungsquelle annehmen. Dadurch kann der Strom für einen kurzen Moment durch die Reihenschaltung in gleicher Stärke weiterfließen. In *Teil II* leuchtet die Lampe nach Umlegen des Schalters in Stellung 2 weiter, bis das Magnetfeld in der Spule abgebaut ist.

## 6. Didaktische Analyse der Experimente

Sara Westermann

In der didaktischen Analyse der Experimentierstation „Energiespeicherung“ werden die aus Kapitel 5 vorgestellten Versuche „Kondensator“ und „Die Spule als Energiespeicher“ auf ihre Lernziele untersucht. Die Kriterien zur methodisch-didaktischen Untersuchung gliedern sich in den *Fachbezug* des Experimentes. Es wird geklärt, welche Inhalte in diesem Experiment vermittelt werden und welcher Bezug zum Bildungsplan der Klassenstufen besteht. Desweiteren wird der Frage nachgegangen, ob diese Versuche einen Zusammenhang innerhalb oder mit der nachfolgenden Versuchsreihe haben. In der *Organisationsform* wird neben dem benötigten Material auch die Einbindung und Datenerhebung des Experimentes in die Versuchsreihe untersucht. Die Experimente sollen den Lebensbezug der Schüler als Gegenstand haben. Eine genauere Betrachtung wird hierzu unter dem Aspekt des *Prinzips der Interessenförderung und Motivation* erfolgen.

In jeder Phase des gemeinsamen oder alleinigen Lernens werden soziale Kompetenzen gefördert. Welche Arbeitsformen und Methodenwechsel vorgesehen sind und welche alternativen Versuche durchgeführt werden könnten, wird im *Sozialen Lernen* diskutiert. Unter dem Aspekt vom komplexen wissenschaftlichen Experiment zum vereinfachten Schülerexperiment findet abschließend eine Untersuchung zur *Elementarisierung der Experimente* statt.

### 6.1 Versuch 1: Der Kondensator als Energiespeicher

*Fachbezug:*

Der Stromkreis im ersten Teil des Experimentes wird von den Schülern selbständig aufgebaut. Dieses Wissen wird für den zweiten Teil des Experimentes benötigt, da hier die Schüler frei wählen können, welchen Kondensator oder welchen Energieverbraucher sie in den Stromkreis integrieren. Der technische Aufbau wird im Gymnasium ab der 5. Klasse geübt. Hier werden schon erste wissenschaftliche Experimente im Unterricht durchgeführt.

In der zweistündigen Kursstufe ist im Bildungsplan des Gymnasiums<sup>1</sup> unter den Kompetenzen „Grundlegende physikalische Größen“, „Strukturen und Analogien“ sowie „Naturerscheinungen und technische Anwendungen“ die Inhalte zu elektrischer Stromstärke, elektrisches Potenzial und elektrischer Ladung sowie das Thema Energieversorgung zu finden. Die Schüler kennen die Erhaltungsgesetze und können sie vorteilhaft zur Lösung physikalischer Fragestellungen einsetzen.

Im vierstündigen Kurs wird das Thema „Energiespeicher und Energietransport auch in Feldern“ eingehender behandelt. Das Experimentieren mit Kondensatoren soll das Wissen der Schüler vertiefen bzw. Interesse wecken, falls der Besuch des Schülerlabors als Einstieg in das Thema Energie und Energiespeicher dient.

---

<sup>1</sup> Vgl. MINISTERIUM FÜR KULTUR, JUGEND UND SPORT BADEN-WÜRTTEMBERG (2004): Allgemein bildendes Gymnasium. Bildungsplan 2004. Philipp Reclam, Ditzingen; S. 191.



In den Fachschulen für Technik findet sich das Thema Kondensator in den Fachrichtungen Elektrotechnik<sup>2</sup>, Automatisierungstechnik/Mechatronik<sup>3</sup> und Umwelttechnik<sup>4</sup> wieder. Je nach Fachrichtung variiert die Auseinandersetzung mit dem Thema.

#### *Organisationsform:*

Bei der experimentellen Erkundung des Prinzips der Energiespeicherung in einem Kondensator geht es einerseits um die Handhabung mit elektrischen Bauteilen, andererseits um die qualitative Erfassung der allgemeinen Energiespeicherung als auch um die Entladung des Kondensators. *Teil I* des Versuchs ist ein Einzelexperiment, das zu Beginn der Experimentierphase in der Station „Energiespeicher“ eingegliedert ist.

Die Schüler bauen in jedem Teilexperiment einen Stromkreis auf. Grundlegende Fähigkeiten und Fertigkeiten aus dem Schulunterricht bzw. aus einem Haushalt oder Hobby sind hier vorteilhaft. Als Unterstützung zum Aufbau des Lade- und Entlade-Stromkreises sollte eine Skizze bei den benötigten Materialien bereitliegen.

Die benötigten Materialien sind

- 1 Kondensator,
- Kabel,
- 1 Glühlampe,
- 1 Spannungsquelle,
- 1 Spannungsmessgerät,
- 1 Schalter.

Nach der Durchführung des ersten Teils folgt eine Arbeitsphase, in der die Schüler durch konkrete Fragen eine geleitete Beobachtung dokumentieren<sup>5</sup>. Jeder Schüler erhält hierfür ein eigenes Arbeitsblatt, um die Antworten schriftlich festzuhalten. Es erfolgt eine Verknüpfung zum Lerninhalt *Speicherformen von elektrischer Energie* sowie ein erster Vergleich des Kondensators mit den bereits bekannten Speicherformen.

Alternativ könnte eine Skizze des Versuchsaufbaus während des Ladevorgangs sowie eine Skizze zum Entladen des Kondensators angefertigt werden. Hier sollte erstens der sichtbare Effekt beim Entladevorgang (Aufleuchten der Glühlampe) deutlich gemacht werden, bspw. durch Farbeinsatz. Zweitens sollte auch die Position des Schalters farblich hervorgehoben werden.

---

<sup>2</sup> Vgl. MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT (2014): Bildungsplan für die Fachschule. Fachschule für Technik. Fachrichtung Elektrotechnik Schuljahr 1 und 2. Landesinstitut für Erziehung und Unterricht Stuttgart. URL: [http://www.ls-bw.de/bildungsplaene/berufschulen/fs/I\\_Technik/FS-FT\\_FR-Elektrotechnik\\_13\\_3838.pdf](http://www.ls-bw.de/bildungsplaene/berufschulen/fs/I_Technik/FS-FT_FR-Elektrotechnik_13_3838.pdf) (zuletzt gesehen: 20.04.2015)

<sup>3</sup> Vgl. MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT (2014): Bildungsplan für die Fachschule. Fachschule für Technik. Fachrichtung Automatisierungstechnik/Mechatronik Schuljahr 1 und 2. Landesinstitut für Erziehung und Unterricht Stuttgart. URL: [http://www.ls-bw.de/bildungsplaene/berufschulen/fs/I\\_Technik/FS-FT\\_FR-Automatisierungstechnik\\_13\\_3836.pdf](http://www.ls-bw.de/bildungsplaene/berufschulen/fs/I_Technik/FS-FT_FR-Automatisierungstechnik_13_3836.pdf) (zuletzt gesehen: 20.04.2015)

<sup>4</sup> Vgl. MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT (2000): Bildungsplan für die Fachschule. Band I Fachschule für Technik. Heft 18 Umweltschutztechnik. Landesinstitut für Erziehung und Unterricht Stuttgart. URL: [http://www.ls-bw.de/bildungsplaene/berufschulen/fs/I\\_Technik/FS-H18-FT-Umwelttechnik\\_993105.pdf](http://www.ls-bw.de/bildungsplaene/berufschulen/fs/I_Technik/FS-H18-FT-Umwelttechnik_993105.pdf) (zuletzt gesehen: 20.04.2015)

<sup>5</sup> Die ausformulierten Beobachtungsfragen befinden sich in *Kapitel 5.2.3*.

Im zweiten Teil der Experimentierphase *Kondensator* werden verschiedene Kondensatoren qualitativ verglichen. Es steht dasselbe Experimentiermaterial bereit, wird durch verschiedene Kondensatoren und Stromverbraucher ergänzt. Es soll spielerisch erarbeitet werden, dass Kondensatoren sich in ihrer Kapazität der Energiespeicherung unterscheiden und die Entladung des Kondensators nicht linear verläuft.

Die abschließende Arbeitsphase der Schüler ist die Berechnung der Kondensatorkapazität. Es soll zusätzlich das Betreiben eines Smartphones über einen Kondensator berechnet werden. Diese Arbeitsphase dient der didaktischen Reserve. Die Schüler sollen nicht im „Gleichschritt“ experimentieren oder dokumentieren. Bei besonders eifrigen Schülern kann dies eine vorübergehende Vertiefung sein.

#### *Prinzip der Interessenförderung und Motivation:*

Der erste Teil des Experimentes soll die Schüler in die Materie Kondensator einführen. Ein erster Stromkreis zum Kondensator wird gebaut. Im zweiten Teil wird derselbe Stromkreis je nach Schülerinteresse beim Kondensator und dem Energieverbraucher angepasst. Das Entdecken und Hinterfragen soll in dieser Experimentierreihe gefördert werden.

Mit Einbezug des Smartphones werden die Energieverbraucher in das Experiment einbezogen, mit denen die Schüler täglich in Berührung kommen. Vor allem, da eine Rechenaufgabe in der Schule gängig ist, soll der Einbezug der häufig genutzten Medien der Jugendlichen motivierend wirken.

#### *Soziales Lernen:*

Der Experimentierteil „Kondensator“ gliedert sich in ein einsteigendes Experiment, das in geteilter Partnerarbeit erfolgt. In der Phase der Dokumentation arbeiten die Schüler für sich alleine, dürfen sich aber jederzeit mit ihrem Experimentierpartner austauschen bzw. beraten. Die spielerische Erforschung verschiedener Kondensatoren und Verbraucher findet wieder in einer arbeitsteiligen Partnerarbeit statt.

Sollten die Schüler zum Berechnen der Kondensator-Kapazität kommen, dürfen sie dies in Einzel- oder Partnerarbeit tun. Die Aufgabe in einer größeren Gruppe als zwei Personen zu lösen verleitet zu einer Zentrierung des Lösens. Gemeint ist, dass dann ein oder zwei Personen motiviert die Aufgabe rechnen und die restliche Gruppe das Ergebnis dann abschreibt. Ziel der Rechenaufgabe ist es, die physikalische Anwendung mathematisch darzustellen.

Das Schülerlabor sieht eine Partnerarbeit in den Experimenten vor. Dies ist zu befürworten. Es sollen die experimentellen Fähigkeiten des Planens, des Aufbaus, des Beobachtens und des Dokumentierens gefördert werden. Da die Experimente schnell durchführbar sind und keinen komplexen Aufbau haben gibt es für mehr als zwei Personen nicht genug Teilaufgaben. Die Partnerarbeit ist empfehlenswert, da die Aufgaben Versuchsaufbau, -durchführung und -abbau sowie die Dokumentation der Beobachtung arbeitsgerecht aufgeteilt werden kann.

### *Elementarisierung der Experimente:*

Wie wurden komplexe Experimente für die Schüler soweit vereinfacht, dass diese verstanden werden?

Auf eine quantitative Datenerhebung im Einstiegsexperiment wurde verzichtet. Dafür sind sehr feinfühligere Messgeräte notwendig, die für die zu erwartenden Messwerte zu kostspielig sind. Die sehr schnelle Entladung des Kondensators ist auf dem Spannungsmessgerät zu beobachten.

Auch im zweiten Teil der Experimentierstation „Kondensator“ ist eine quantitative Datenerhebung unsinnig. Die Schüler sollen hier nur einen Eindruck gewinnen, welche Energiekapazität ein Kondensator hat und welchen Energieverbrauch unterschiedliche Verbraucher bspw. ein Smartphone, Glühlampe, Leuchtdiode, haben. Im Sinne des Wettbewerbs könnte folgende Aufgabe gestellt werden:

„Finde einen Stromverbraucher, der möglichst lange mit einem Kondensator betrieben werden kann.“

Die Zusatzaufgabe zur Berechnung des Betriebes eines Smartphones über einen Kondensator setzt physikalische Formeln im Bereich Elektrizität und mathematische Fähigkeiten voraus. Da die Schüler erst ab der 10. Klasse des Gymnasiums oder einer Berufsschulklasse Zugang zum Schülerlabor des KITs haben, kann das physikalische und mathematische Wissen vorausgesetzt werden.

Hilfreich könnte an dieser Stelle eine vorherige Klärung des Schülerlabors mit dem Lehrer der Klassen sein, um spezifische Themen des Schülerlabors im Unterricht nochmals zu wiederholen oder gar erst einzuführen.

## **6.2 Versuch 2: Die Spule als Energiespeicher**

### *Fachbezug:*

Erste Auszüge des Bildungsplans 2016<sup>6</sup> für Gymnasium (G8) für das Fach Physik beziehen die Spule im Themenbereich „Magnetismus und Elektromagnetismus“ explizit in den Unterricht mit ein. Im Bereich „Grundgrößen der Elektrizitätslehre“ werden grundlegende Kenntnisse im elektrischen Stromkreis benannt. Schüler können Stromkreise nicht nur zeichnen, Bauteile benennen, Stromstärke und Spannung messen, sondern auch grundlegende Vorgänge mithilfe von Modellen erklären. Diese Kompetenzen werden in der Experimentierreihe zur Spule nicht nur grundlegend sondern auch vertieft gefördert. Hieraus ergibt sich ein sehr enger Bezug zum Bildungsplan 2016 und somit eine enge Verknüpfung zum Physikunterricht des Gymnasiums.

Das Thema Spule wird in den Fachschulen für Technik nur in den Fachrichtungen Elektrotechnik und Automatisierungstechnik/Mechatronik behandelt. Es wird immer in Verbindung mit dem Kondensator genannt.

---

<sup>6</sup> Vgl. Bildungsplan 2016 für Gymnasien (G8). URL: [http://www.bildung-staerkt-menschen.de/service/downloads/arbeitsfassung/g8/G8\\_Phy\\_Arbeitsfassung\\_141016.pdf](http://www.bildung-staerkt-menschen.de/service/downloads/arbeitsfassung/g8/G8_Phy_Arbeitsfassung_141016.pdf) (zuletzt gesehen: 19.04.2015)

Das Vorwissen der Schüler wird bezüglich der Themen Lenz'sche Regel und elektrische Induktion abgefragt. Im weiteren Verlauf des Experimentierens sollen die Schüler ihr Wissen zur Selbstinduktion in Spulen erweitern und können aus den gewonnenen Daten Erklärungen selbst formulieren.

#### *Organisationsform:*

Im ersten Schritt der experimentierreihe zur Spule findet ein Brainstorming zum Thema elektrische Induktion in Leitern und Lenz'sche Regel im Plenum statt. Das vorhandene Wissen der Schüler soll aktiviert und in der anschließenden Arbeitsphase vertieft werden. Der Tutor hält sich dabei an Leitfragen (vgl. Kapitel 5.3.3).

Das erste Experiment zur Spule zeigt den Einschaltvorgang einer Spule im Stromkreis. Die Versuchsvorschrift sollte bei den Materialien für das Experiment bei liegen oder der Stromkreis schon angefertigt sein. In Anbetracht des Alters der Schüler sollte eine Versuchsanleitung ausreichen. Bei zeitlicher Eingrenzung kann der Tutor die einzelnen Stromkreise zum ersten Experimentierteil vorbereiten.

Benötigte Materialien für das Experiment Teil I:

- 1 Spule,
- 2 identische Glühlampen,
- 1 Schalter,
- 1 Ohm'scher Widerstand,
- Kabel,
- 1 Spannungsquelle.

Die Datenerhebung erfolgt qualitativ, da hier eine genaue Messung des Stromflusses zeitintensiv wäre. Die Schülerbeobachtungen werden in der darauffolgenden Arbeitsphase dokumentiert. Hierbei soll das zu anfangs gesammelte Wissen zur Induktion und Lenz'schen Regel mit den Beobachtungen des Experimentes verknüpft werden. Ergänzend könnte bei Aufgabe 1 „Was kannst du nach Schließen des Stromkreises beobachten?“ eine graphische Zeichnung angefertigt werden, der nach Anlegen der Stromquelle bei Lampe 1 sowie bei Lampe 2 den Stromfluss zeigt. Daraus könnte eine Beschreibung des Phänomens folgen, wie in Aufgabe 2. Zum Verständnis könnten sich die Schüler ein passendes Lernvideo<sup>7</sup> zum Thema Lenz'sche Regel und Selbstinduktion ansehen.

Die nächsten Arbeitsschritte sind mathematisch begründet. Hier wird die analytische Fähigkeit der Schüler gefördert. Auf einem separaten Blatt wird die Einheit der Induktivität  $L$  ermittelt und die Induktivität einer bestimmten Spule berechnet. Die Formeln hierfür sind in der Fragestellung enthalten. Könnte auch von Schülern beim einführenden Brainstorming benannt worden sein, je nach Leistungsstand der Schüler.

Im zweiten Teil der experimentellen Untersuchung der Spule wird der Lade- und Entladevorgang einer Spule untersucht.

---

<sup>7</sup> Quelle YouTube, Thema: Lenzsche Regel und Selbstinduktion. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=My9Y8uLswFI> (zuletzt gesehen: 20.04.2015).

### Benötigte Materialien für Teil II:

- 1 Spule,
- 1 Ohm'scher Widerstand,
- 1 Schalter,
- 1 Glühlampe,
- 1 Amperemeter,
- 1 Spannungsquelle,
- Kabel.

Die Datenerhebung kann hier nur halb-quantitativ vorgenommen werden, da die Messwerte beim Entladen der Spule sehr schnell abnehmen. Je nach Amperemeteranzeige lassen sich exakte Werte ermitteln. Die Beobachtungen werden schriftlich verbalisiert und können mit einer genauen Schaltplanskizze unterstützt werden. Zur optischen Übersicht kann die Stellung des Schalters mit dem Lade- bzw. Entladevorgang farblich in Verbindung gebracht werden. Vor Versuchsbeginn könnte das Phänomen aus Teilversuch I als Frage formuliert werden. Die Schüler sollen eine Hypothese hierzu formulieren, welche in direktem Bezug zum Vorwissen zur Lenz'schen Regel und der Selbstinduktion steht. Um die Schüler stärker zu motivieren, sollen sie das Experiment zur Überprüfung der Hypothese selbst planen und durchführen. Im abschließenden Plenum kann dann jede Partnergruppe ihre Hypothese mit ihrer Experimentiervorschrift vorstellen. Wichtig ist hier, dass Experimente ohne Messwerte oder eindeutige Daten gelobt werden und Schüler ihre Fehler als positiv erleben. Das Lernen aus Fehlern ist in den Naturwissenschaften historisch bedingt und sollte im Schülerlabor als natürlich gesehen werden.

Die dritte Aufgabe der zweiten Arbeitsphase zieht einen Vergleich zwischen den beiden Teilversuchen. Die Schüler sollen aus ihren Beobachtungen analytisch denken und das Phänomen selbst erklären.

### *Prinzip der Interessenförderung und Motivation:*

In Teil I der Experimentierreihe „Spule“ wird ein sichtbarer Konflikt erzeugt. Warum fängt die Glühlampe hinter der Spule später an zu leuchten? Und warum leuchtet dieselbe Glühlampe länger, obwohl die Spannungsquelle nicht mehr anliegt?

Diesen Fragen sollen die Lernenden in dieser Experimentierstation nachgehen.

Wird Teilversuch II als selbständig geplantes Experiment durchgeführt, ist die Herausforderung für die Schüler größer als ein bereits vorgegebenes Experiment.

### *Soziales Lernen:*

Wie bereits in der Experimentierreihe zum Kondensator experimentieren die Schüler zum Thema Spule ebenfalls in Zweiergruppen. Das einführende Brainstorming findet unter Leitung des Tutors im Plenum statt. Stattdessen könnte die Methode „Blitzlicht“ erfolgen,

bei der die Schüler nach zuwerfen/reichen eines Gegenstandes<sup>8</sup> einen Gedanken zum Thema „Lenz'sches Gesetz und Selbstinduktion“ äußern. Der Begriff „Elektrische Spule“ könnte an dieser Stelle ergänzt werden. Einsetzbar wäre auch eine Kartenabfrage, bei der jeder Schüler Moderatorenkarten und Stifte erhält und zum Thema Spule, Lenz'sches Gesetz und Selbstinduktion aufschreibt. Diese Karten werden dann an einer Tafel sortiert. Da die Schüler vor dem Experimentieren zur Spule den Kondensator in Zweiergruppen untersuchen, ist ein Wechsel der Sozialform erforderlich. Die Konzentration soll so unterstützt und die Motivation zum Thema Spule gefördert werden.

Die Experimente sind in Zweiergruppen organisiert. Um das Experimentieren nicht nach dem Muster Experimentvorgabe-Durchführen-Auswerten abläuft, soll der zweite Teil zum Spulenexperiment verstärkt durch das Muster Vermuten-Planen-Durchführen-Auswerten ablaufen. Die Schüler sollen ihr Vorwissen noch mehr in die Formulierung einer eigenen Hypothese und der Planung eines geeigneten Experimentes einbringen.

#### *Elementarisierung des Experimentes:*

Eine ausschlaggebende Elementarisierung der Experimente sehe ich hier nicht als erforderlich. Die Schüler befinden sich mindestens in der 10. Klasse des Gymnasiums oder einer Berufsschule.

Die exakte quantitative Datenerhebung wäre denkbar, ist aber meines Erachtens nicht gewinnbringender als die halb-quantitative bzw. qualitative Messmethode. Für besonders engagierte Schüler wäre eine genaue Datenaufzeichnung sicher eine Herausforderung. Ein computergestütztes Messverfahren ist hier empfehlenswert.

---

<sup>8</sup> Denkbar wäre ein Softball oder Tennisball. Das sorgt dafür, dass nicht alle Schüler gleichzeitig sprechen dürfen. Wer den Gegenstand hält, darf seine Idee/seinen Gedanken nennen. Jeder darf auch nur eine Äußerung machen, damit nicht zu viel von einem Schüler vorweggenommen wird.

## 7. Ablaufplan für die Station der „Energiespeicherung“ im Rahmen des KIT Schülerlabors

Yannick Beer

Die Experimentierstation *Energiespeicher* ist auf eine Bearbeitungsdauer von 90 Minuten ausgelegt. Sie umfasst Platz für acht Schüler. Einleitend wird vom Tutor die Einteilung in Zweiergruppen durchgeführt. Anschließend wird eine Einführung in die Thematik in Gestalt eines Brainstormings zum Thema Erneuerbare Energien durchgeführt. Vom Tutor wird das Brainstorming in Form einer *Mindmap* dokumentiert. Bei dem Brainstorming soll dem Schüler die Relevanz von Energiespeichern verdeutlicht werden. Vor dem Beginn des Experimentierens werden vom Tutor die Sicherheitshinweise erläutert. Es existieren zwei Versuche, die nacheinander ausgeführt werden. Zunächst beginnen alle Gruppen mit Versuch 1 „Der Kondensator als Energiespeicher“. Der exakte Ablauf des 1. Versuchs ist in *Kapitel 5.2* erläutert. Im Anschluss erfolgt die Bearbeitung von Versuch 2 „Die Spule als Energiespeicher“. Der detaillierte Ablauf des 2. Versuchs ist in *Kapitel 5.3* vorgestellt. Zur Reflexion der Versuche wird eine Abschlussdiskussion durchgeführt. Bei dieser Diskussion stellt jede Gruppe ihre Ergebnisse und Antworten der Arbeitsphasen vor. Gegensätzliche Ansichten und Ergebnisse sollen selbständig von den Schülern diskutiert und erörtert werden. Der Tutor leitet diese Diskussion unter Berücksichtigung der konstruktivistischen Didaktik und löst gegebenenfalls Unklarheiten auf.

Tabelle 2: Zeitlicher Rahmenplan der Station Energiespeicher

Programmpunkt	Zeitdauer (in Minuten)
Gruppeneinteilung und Einführung	10
Versuch 1	30
Versuch 2	25
Abschlussdiskussion und Ergebnispräsentation	25

## 8. Überprüfung des Lernzuwachses der Schüler

Roxana Helm

Um den erwarteten Lernzuwachs zu überprüfen kommen unterschiedliche Möglichkeiten wie z.B. Gruppendiskussionen, Rollenspiele, in die eine Diskussion eingefasst ist, Protokolle und auch Mitschriebe in Betracht. Zunächst sollen den Schülern Unterlagen zur Verfügung gestellt werden, in die ihre Bearbeitungen zu den Aufgaben sowie ihre Messergebnisse eintragen können. Außerdem sollte der Mitschrieb Platz für Notizen lassen, damit die Schüler ihre eigenen Gedanken notieren können. Die Mitschriebe und Protokolle unterstützen die Schüler dabei, sich das Gelernte besser zu merken. Ein Nebeneffekt ist die bessere Ergebnissicherung: die Unterlagen helfen den Schülern dabei, den Lernstoff während des „Erforschens“ zu strukturieren und so auch besser zu verstehen und zu verinnerlichen. Zudem dienen die Mitschriften der Dokumentation, in denen die Schüler bei Bedarf nachschlagen können. Um den konstruktivistischen Gedanken zu verfolgen, werden den Schülern Lernhilfen zur Verfügung gestellt, die ihnen bei Verständnisproblemen wichtige Grundlagen erklären, sodass sie in Partnerarbeit ihr Ziel weiter verfolgen können.

Als Abschluss der Station soll eine Gruppendiskussion stehen, in der die Schüler ihre Ergebnisse präsentieren. Je nach verbleibender Zeit und der Leistungsstand der Schüler, den der Tutor im Ablauf des Labortages feststellt kann noch eine Lernüberprüfung mittels eines Rollenspiels stattfinden. Dieses Rollenspiel umfasst eine Diskussion der Schüler über unterschiedliche Standpunkte zu einem Thema aus dem Bereich der Energiespeicherung. Zum Beispiel wird einem Schüler dabei die Rolle eines Lokführers zugeteilt. Dieser hat die Aufgabe, Begründungen für die intensivere Förderung der Energiespeicherung darzulegen. Sein „Gegner“, ein Geschäftsführer eines Atomkraftwerks, verfolgt dagegen die Ansicht, die Energiespeicherung könne vernachlässigt werden, da man die Energieerzeugung den Tageszeiten mit Verbrauchsspitzen anpassen könne.



## 9. Zusammenfassung und Ausblick

Roxana Helm, Sara Westermann

Nach Bearbeitung der unterschiedlichen Aufgaben im Schülerlabor sollen die Schüler für das Thema der Energiespeicherung sensibilisiert worden sein oder zumindest etwas mehr Gefühl dafür erlangt haben. Die entworfene Experimentierstation zeigt den Schülern, welche Vor- und Nachteile elektrische Energiespeicher im Vergleich zu mechanischen und chemischen Energiespeichern besitzen, auch in Bezug auf die Speicherkapazität und die unterschiedlichen Speichermöglichkeiten. Die Experimentierstation umfasst zwei Versuche: in einem wird die Funktionsweise eines Kondensators, in einem anderen die einer Spule untersucht und analysiert.

Die Versuche werden für sinnvoll erachtet, da sie die Schüler mit Phänomenen zum Denken anregen und intellektuell herausfordern mit gezielten Beobachtungs- und Rechenaufgaben. Das sichere Arbeiten mit elektrischen Bauteilen wird geübt, sowie das Erstellen einer eigenen Experimentiervorschrift. Für eine gesteigerte Wirksamkeit des Besuchs des Schülerlabors sollte der vorläufige Ablaufplan modifiziert werden. Dieser sollte sich nicht zu sehr an schulische Verhältnisse wie der zeitlichen 45-Minuten-Taktung oder Vorgaben des Bildungsplanes richten. Eine Orientierung des Schülerlabors an den Bildungsplänen ist jedoch sinnvoll, damit keine abgekapselten Themen zusammenhangslos erforscht werden.

In der Erarbeitungsphase ist das selbstständige Arbeiten der Schüler von zentraler Bedeutung. Hierbei wird der konstruktivistische Gedanke verfolgt, um den Schülern ein Gespür für die Wichtigkeit im gesellschaftlichen Handeln zu vermitteln. Die Schüler sollen sich hierbei mit genau angeleiteten Aufgaben ihr Wissen selbst aneignen und die Phänomene aus ihrem Ursprung heraus verstehen. Um den Schülern das selbstständige Arbeiten zu ermöglichen, stehen den Schülern Hilfen zur Verfügung, die sie in Anspruch nehmen können, wenn sie die Lösung der Aufgabenstellungen nicht alleine schaffen. Dieser Ansatz beinhaltet, dass die Schulung des Tutors nach dem konstruktivistischen Leitbild unvermeidbar und damit erforderlich ist. In der Arbeit in Zweiergruppen verbessern die Schüler außerdem ihre sozialen und kognitiven Fähigkeiten.

Weitere Schritte im Aufbau der Station „Energiespeicher“ für das Schülerlabor sind die Umsetzung des Leitfadens für den Tutor, die Erstellung der Handreichungen sowie die Hilfestellungen für die Schüler und ein konkretisierte Ideen, wie die Tutoren geschult werden sollen. Außerdem sollten die Experimente in Bezug auf die Schüleraktivität untersucht werden. Hierbei kann z.B. die Idee verfolgt werden, den Kondensator mit einem Fahrrad, das seinen Antrieb von den Schülern erhält, aufzuladen. So können die Schüler noch mehr Gespür für die Größenordnung in der Energieerzeugung und -speicherung bekommen und realistisch einschätzen, wie viel Energie z.B. ein Handy im Betrieb innerhalb eines Zeitraums verbraucht.

## 10. Literatur

ENGELN, K. (2006): *Praktikum, Lernort Labor*. In: MIKELSIKIS, H. F. (Hrsg.): Physikdidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. Cornelsen Scriptor, Berlin.

FAVRE, P. / METZGER, S. (2010): *Ausserschulische Lernorte nutzen*. In: LABUDDE, P. (Hrsg.): Fachdidaktik Naturwissenschaft. 1. – 9. Schuljahr. Haupt Verlag, Bern Stuttgart Wien.

FRISCHKNECHT-TOBLER, U. / LABUDDE, P. (2010): *Beobachten und Experimentieren*. In: LABUDDE, P. (Hrsg.): Fachdidaktik Naturwissenschaft. 1. – 9. Schuljahr. Haupt Verlag, Bern Stuttgart Wien.

GREHN, J. & KRAUSE, J. (Hrsg.). (2007). *Metzler Physik* (4. Auflage). Köln: Schroedel Verlag GmbH.

JORCH, K., KIRCHHOFF, H.-W., LAMBERTZ, H., OBERLACK, U., PIENKA, H. & SCHWARZE, H. (Hrsg.). (2003). *Materialien-Handbuch Physik. Auswerten, Interpretieren, Üben im Kursunterricht*. Band 4 „Elektrodynamik“. Betreuende Herausgeber: H. Pientka & H. Schwarze. Köln: AULIS VERLAG DEUBNER.

KIRCHER, E. / GIRWIDZ, R. / HÄUßLER, P. (Hrsg.)<sup>(2)</sup>(2009): *Physikdidaktik. Theorie und Praxis*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

MIKELSIKIS-SEIFERT, S. & RABE, THORID. (2007). *PHYSIK Methodik* (5. Auflage). Berlin. Cornelsen Verlag Scriptor GmbH & Co. KG.

MINISTERIUM FÜR KULTUR, JUGEND UND SPORT BADEN-WÜRTTEMBERG (2004): Allgemein bildendes Gymnasium. Bildungsplan 2004. Philipp Reclam, Ditzingen.

RAITHEL/DOLLINGER/HÖRMANN<sup>(3)</sup>(2009): *Einführung Pädagogik. Begriffe, Strömungen, Klassiker, Fachrichtungen*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.

ZWIOREK, S. (2006): *Schülerexperimente in der Praxis*. In: MIKELSIKIS, H. F. (Hrsg.): Physikdidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. Cornelsen Scriptor, Berlin.

### Internetquellen:

- [www.bundesregierung.de](http://www.bundesregierung.de), Zugriff am 04.02.2015
- MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT (2014): Bildungsplan für die Fachschule. Fachschule für Technik. Fachrichtung Elektrotechnik Schuljahr 1 und 2. Landesinstitut für Erziehung und Unterricht Stuttgart. URL: [http://www.lsbw.de/bildungsplaene/berufsschulen/fs/I\\_Technik/FS-FT\\_FR-Elektrotechnik\\_13\\_3838.pdf](http://www.lsbw.de/bildungsplaene/berufsschulen/fs/I_Technik/FS-FT_FR-Elektrotechnik_13_3838.pdf) (Zugriff am 20.04.2015)
- MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT (2014): Bildungsplan für die Fachschule. Fachschule für Technik. Fachrichtung Automatisierungstechnik/Mechatronik Schuljahr 1 und 2. Landesinstitut für Erziehung und Unterricht Stuttgart. URL: [http://www.lsbw.de/bildungsplaene/berufsschulen/fs/I\\_Technik/FS-FT\\_FR-Automatisierungstechnik\\_Mechatronik\\_13\\_3839.pdf](http://www.lsbw.de/bildungsplaene/berufsschulen/fs/I_Technik/FS-FT_FR-Automatisierungstechnik_Mechatronik_13_3839.pdf) (Zugriff am 20.04.2015)

bw.de/bildungsplaene/berufsschulen/fs/I\_Technik/FS-FT\_FR-Automatisierungstechnik\_13\_3836.pdf (Zugriff am 20.04.2015)

- MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT (2000): Bildungsplan für die Fachschule. Band 1 Fachschule für Technik. Heft 18 Umweltschutztechnik. Landesinstitut für Erziehung und Unterricht Stuttgart. URL: [http://www.lsbw.de/bildungsplaene/berufsschulen/fs/I\\_Technik/FS-H18-FT-Umwelttechnik\\_993105.pdf](http://www.lsbw.de/bildungsplaene/berufsschulen/fs/I_Technik/FS-H18-FT-Umwelttechnik_993105.pdf) (Zugriff am 20.04.2015)
- Lenzsche Regel und Selbstinduktion. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=My9Y8uLswFI> (Zugriff am 20.04.2015).