



Studienseminar Paderborn  
Seminar für das Lehramt  
an Gymnasien und Gesamtschulen

# Schriftliche Hausarbeit

## Thema

Ausgewählte Aspekte zur Verkehrsampel als kontextorientierter Lerngegenstand im Physikunterricht: Eine schülerorientierte Unterrichtssequenz in einer Projektgruppe der Jahrgangsstufe elf

Andreas Hennig

Lehramt: Gymnasium/Gesamtschule

Paderborn, den 16.05.2009

Erstgutachter: Herr Gruden

Seminar: Studienseminar Paderborn

# Inhaltsverzeichnis

<b>I. Einleitung</b>	<b>3</b>
1. Motivation	4
2. Problemstellung	6
3. Aktuelle Situation	9
<b>II. Sachanalyse</b>	<b>11</b>
4. Rahmenbedingungen	12
5. Überblick	13
6. Funktionsprinzip der Straßenverkehrsampel	14
<b>III. Empirischer Teil</b>	<b>19</b>
7. Didaktisch-methodisches Konzept	20
8. Erprobung und Durchführung des Konzepts in der unterrichtlichen Praxis	23
9. Reflexion	27
10. Lehrerfunktionen	28
<b>IV. Gesamteindruck</b>	<b>30</b>
11. Evaluation	31
12. Fazit	33
Abbildungsverzeichnis	34

<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>35</b>
<b>V. Anlagen</b>	<b>38</b>
<b>A. Arbeitsblätter</b>	<b>39</b>
<b>B. Schülerlösungen</b>	<b>40</b>
<b>C. Fragebogen</b>	<b>41</b>
<b>D. Ausgefüllte Fragebögen</b>	<b>42</b>
<b>E. Photos</b>	<b>43</b>

**Teil I.**

**Einleitung**

# 1. Motivation

Bis zu dem Zeitpunkt, an dem ich begann, mir Gedanken über ein Thema für die Hausarbeit zu machen, habe ich ein Jahr lang praktische Unterrichtserfahrungen sammeln können. Neben den Hospitationsphasen in unterschiedlichen Klassen und Jahrgangsstufen kam nach einem halben Jahr im Berufsleben der bedarfsdeckende Unterricht hinzu. Besonders in diesem Unterricht habe ich die Möglichkeit, Schülerinnen und Schüler über einen längeren Zeitraum zu beobachten. Man bemerkt schnell, an welchen Stellen die Schülerinnen und Schüler ihre Grenzen erreichen. Bei leichten Aufgaben, die lediglich Faktenwissen oder Verständnis abfragen, treten weder im Mathe- noch im Physikunterricht Probleme auf. Sobald jedoch Aufgaben höherer Taxonomiestufen (Bloom, 1971) gestellt werden, fällt den Schülerinnen und Schülern die Bearbeitung der Aufgaben deutlich schwerer. Besonders Aufgaben, bei denen die Schülerinnen und Schülern Transferleistungen zu erbringen haben, werden meist nicht bearbeitet.

Aus diesem Grund habe ich mich entschlossen, zuerst im Physikunterricht der Jahrgangsstufe (Jgst.) elf, anschließend in einer Physikarbeitsgruppe der Jahrgangsstufe elf Wert auf eine Unterrichtsmethode zu legen, bei denen sich die Schülerinnen und Schüler selbstständig Teilgebiete der Physik erarbeiten. Ziel dieser Methode ist es, dass die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe des selbstbestimmten, individuellen Lerntempos komplexe Themengebiete unter Verwendung unterschiedlicher Medien durchdringen. Der Lehrer hat während des Unterrichts die Aufgabe, Impulse und Hilfestellungen zu geben. Zudem werden die Inhalte der Physik in Kontexte gebettet, die motivationalen Charakter aufweisen sollen. Die von den Schülerinnen und Schülern zu bearbeitenden Inhalte sind komplexer Natur und benötigen einige Bearbeitungszeit. Zu überprüfen ist, ob die anschließend von mir gestellten Aufgaben auf höherem Niveau, die nach einer Erarbeitungsphase als Übung und Sicherung eingesetzt werden, von den Schülerinnen und Schülern nach eigenständiger Erarbeitung der Inhalte besser verstanden und gelöst werden. Es muss deutlich erwähnt werden, dass die Schülerinnen und Schüler nicht jeden Inhalt der Physik selbstständig erarbeiten können. Viele Gebiete sind zu komplex und anspruchsvoll. Die Aufgabe des Lehrers ist es, einzuschätzen, ob die Inhalte noch eigenständig aufbereitet werden können und an welchen Stellen der Inhalt elementarisiert werden kann bzw. muss. Was verlange ich von den Schülern? Ist es realistisch? An welchen Stellen kann der Unterrichtsstoff reduziert werden? Beginne ich mit dem Komplexen oder mit dem Einfachen? - Wähle ich den Weg der Konkretisierung oder lieber den des Abstraktionsprozesses?

Ich sehe meine Aufgabe u.a. darin, diese Fragen zu berücksichtigen und für mich zu beant-

worten sowie ein Konzept zum Thema „Ausgewählte Aspekte zur Verkehrsampel als kontextorientierter Lerngegenstand im Physikunterricht: Eine schülerorientierte Unterrichtssequenz in einer Projektgruppe der Jgst. elf“ zu erstellen.

Das folgende Kapitel „Problemstellung“ soll beschreiben, welche Studien den Leistungsstand der Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Bereich in Deutschland gemessen und bewertet haben und welche Sozialform ich als sinnvoll sehe, die Schwächen der Schülerinnen und Schüler zu kompensieren.

## 2. Problemstellung

In den letzten Jahren ist der methodischen Ge- und Umgestaltung von Unterricht zunehmend großes Interesse geschenkt worden (Seifert und Rabe, 2007). Das ist deutlich an der Vielzahl der Publikationen von Methodenseiten zum Physikunterricht in Zeitschriften und Zeitschriftenartikeln zu erkennen. Es stellt sich zunächst die Frage, wie und wodurch die plötzliche Umgestaltung des Physikunterrichts in Gang gesetzt wurde.

Seit der TIMSS-Videostudie III ist bekannt, dass sich der naturwissenschaftliche Unterricht in einer schweren Krise befindet. Es wird vermehrt über die Steigerung der Effizienz des mathematisch naturwissenschaftlichen Unterrichts (Prenzel, 2000) gesprochen, wobei bisweilen Ansätze, jedoch keine konkreten Konzepte geschaffen worden sind. Im Jahr 1973 berichtete die „Inter Nacionales“ (vgl. Bildungserver) von Problemen und Schwächen der deutschen Schüler im Bereich der Naturwissenschaften. Deren Publikation blieb jedoch unbeachtet und geriet schnell in Vergessenheit. Auch die Daten und Ergebnisse der Studie der „International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA)“ wurden weltweit veröffentlicht, aber ein Aufschrei blieb aus. Die Forscher der Fachverbände für den naturwissenschaftlichen Unterricht hofften, dass anstehende (bisher nur teilweise durchgeführte) Reformen die Probleme beseitigen könnten, irrten sich aber. Beachtung fand der naturwissenschaftliche Unterricht in Deutschland erst nach der TIMS-Studie und nach den Ergebnissen der PISA-Studie 2006 (Pisa, 2006). Bereits nach den Ergebnissen der TIMS-Studie Anfang 1997 traten die Fachverbände für den naturwissenschaftlichen Unterricht in den Vordergrund und publizierten die Resultate (TIMSS). Sie verlangten nicht nur eine Verbesserung der äußeren Rahmenbedingungen (Prenzel u. a., 2003), sondern eine didaktisch-methodische Weiterentwicklung des Physikunterrichts. Eine Weiterentwicklung sah man darin, die konstruktivistische Sichtweise des Lernens (Bleichroth, 1999) aufzugreifen. Dabei ist der zentrale Gedanke, dass Lernen ein Wechselspiel zwischen Akkomodation und Assimilation ist. Bleichroth schreibt:

*„Dabei wird der Akkomodationsprozeß als konstruktive Aktivität verstanden. [...] Der zentrale Gedanke im Konstruktivismus ist, daß jeder Interpretationsprozeß durch die Konzepte, die der Interpretierende bereits besitzt, bestimmt wird. Wissen kann nach dieser Sicht nicht einfach übernommen werden, sondern muß vom Lernenden selbst konstruiert werden.“ (Bleichroth, 1999, S.195)*

Das haben die Experten der Programme SINUS (Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts)(Prenzel, 2000) und BiQua (Bildungsqualität von Schu-

le) (vgl. BiQua) ähnlich gesehen. Auch sie sind der Meinung, dass die Schülerinnen und Schüler beim Lernen von Physik nachhaltig unterstützt werden müssen und dass im Vordergrund der Lernende mit seinen Erfahrungen, Interessen, Neigungen und seinem Wissen steht. Dieser muss zum Denken angeregt werden.

In der Hausarbeit „Ausgewählte Aspekte zur Verkehrsampel als kontextorientierter Lerngegenstand im Physikunterricht: Eine schülerorientierte Unterrichtssequenz in einer Projektgruppe der Jgst. 11“ soll eine Unterrichtsreihe von fünfzehn Stunden vorgestellt werden, die sich an die Sicht- und Denkweise Piagets (Bleichroth, 1999) anlehnen. Die Schülerinnen und Schüler der Projektgruppe werden die Aufgabe bekommen, selbstständig ein Problem zu bearbeiten. Der Lehrer gibt während des Unterrichts lediglich Impulse und teilt zu jeder Stunde vorbereitete Arbeitsblätter aus. Die Lernenden haben die Aufgabe, ihr Wissen eigenständig zu konstruieren. Dabei interpretieren sie wahrnehmungsbedingte Erfahrungen in Abhängigkeit von ihrem Wissen aus Alltag und Schule (Bleichroth, 1999).

Warum soll überhaupt ein komplexes Problem von den Schülerinnen und Schülern behandelt werden? Meines Erachtens wäre ein Physikunterricht ohne Problemorientierung langweilig und wertlos. Die Stunde besäße weder gesellschaftliche noch wissenschaftliche Relevanz. Josef Leisen schreibt in seinem Artikel „Problemorientierter Unterricht und Aufgabenkultur“:

*„Physik betreiben heißt Probleme bearbeiten, Physik unterrichten heißt u.a., das Lernen von Physik schülergerecht an Problemen der Physik und ihren vielfältigen Bezügen zu orientieren. Das Thema Problemorientierung hat damit eine physikalische und eine unterrichtliche Seite.“ (Seifert und Rabe, 2007, S.82)*

Hans Aebli deutet daraufhin, dass der Prozess des Lernens bei dem Schüler in Bewegung gesetzt wird, wenn lebendig gefundene Probleme im Physikunterricht zum Thema gemacht werden (Aebli, 1987). Probleme haben somit eine Motorfunktion für das Lernen. Auf der einen Seite ist ein Problem eine nicht gelöste Aufgabe im Physikunterricht, auf der anderen Seite versteht man unter dem Wort Problem das Widersprüchliche, Ungewisse, Fragwürdige oder das Mögliche (Seifert und Rabe, 2007). Aebli (1987, S.82) teilt Probleme in drei große Gruppen ein:

- „Probleme mit Lücken: Unsere Bilder von der Wirklichkeit[...]weisen[...]Lücken auf.“
- „Probleme mit Widerspruch: [...] Aussagen über die Wirklichkeit[...]widersprechen sich.“
- „Probleme mit unnötiger Kompliziertheit: [...]Aussagen über die Wirklichkeit[...]sind unnötig kompliziert.“

Das bedeutet demzufolge, dass während des Prozesses des Problemlösens Lücken überwunden, Widersprüche beseitigt bzw. reduziert und die Abstrakt- und Kompliziertheit vereinfacht werden müssen. Problemorientierter Unterricht stellt sich also der Lerngruppe als Angebot für schülergerechtes und entdeckendes Lernen dar. Das bedeutet, dass das Konzept

eines problemorientierten Unterrichts in die Nähe des entdeckenden und forschenden Unterrichts rückt (Seifert und Rabe, 2007). Merrill (2006) schreibt in seinem Buch „First principles of instructions“, dass das Lernen gefördert wird, wenn sich die Lernenden mit einem möglichst persönlichen und bedeutsamen Problem befassen, bestehendes Wissen als Grundlage für die Aneignung neuen Wissens aktiviert wird und neues Wissen von den Lernenden benutzt bzw. angewendet wird. Das Konzept eines problemorientierten schülerzentrierten Unterrichts geht heutzutage davon aus, dass Lernen

*„ein aktiv-konstruktiver, selbstgesteuerter, situativer und sozialer Prozess ist und folgt damit einer gemäßigt konstruktivistischen Auffassung vom Lernen.“ (Ei-  
necke, 2006)*

Der problemorientierte Unterricht verzichtet nicht vollständig auf die Instruktionen des Lehrenden, aber eine Lehrerlenkung ist nicht wünschenswert. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass eine Lernumgebung gerade dann problemorientiert ist, wenn die Schülerinnen und Schüler nach einer Unterrichtsreihe sagen können:

*„Wir haben nun Antworten auf Fragen, die sich uns im Unterricht und in den  
Aufgaben stellten. Wir haben Anregungen erhalten für die Bewältigung relevanter  
Aufgaben. Wir haben Neues erfahren, das uns in unserem Denken und Handeln  
weiterhilft, und wir haben neue Fragen, auf die wir Antworten suchen.“ (Seifert  
und Rabe, 2007, S.83)*

Das im Unterricht erworbene Wissen soll für zukünftige komplexe Probleme direkt oder indirekt nutzbar sein, und die Schülerinnen und Schüler sollen den Nutzen und den Vorteil des erworbenen Wissens erkennen und verstehen. Hiermit ist auch abschließend die Frage geklärt, aus welchem Grund die „Verkehrsampel“ als Lerngegenstand ausgewählt wurde. Ein wesentlicher zu berücksichtigender Aspekt des Konstruktivismus ist, wie bereits erwähnt, dass das Thema der Unterrichtsreihe in einen Kontext gebettet wird, welcher die Schülerinnen und Schülern motivieren soll. Zudem werden alle Schülerinnen und Schüler der Projektgruppe Erfahrungen (Wartezeiten, „grüne Welle“) mit Verkehrsampeln gesammelt haben und Vorwissen mitbringen.

Die Erstellung der Hausarbeit erfordert es, ein Unterrichtskonzept zum obigen Thema zu entwickeln, die Unterrichtssequenz durchzuführen und zu analysieren sowie die individuellen Leistungen aus fachlicher und erzieherischer Sicht zu beurteilen. Hierbei wird besonders anhand komplexer Aufgaben kontrolliert, inwieweit der schülerorientierte, konstruktivistische Unterricht geeigneter ist als der täglich praktizierende „fragend-entwickelnde“ Unterricht. Die Hausarbeit bietet zudem die Möglichkeit, meine Kompetenz in den Lehrerfunktionen „Innovieren“, „Unterrichten“ und „Beurteilen“ zu bewerten.

### 3. Aktuelle Situation

In der Sekundarstufe II der gymnasialen Oberstufe setzt sich die Erziehungs- und Unterrichtsarbeit der Sekundarstufe I fort. Die sogenannte Oberstufe beginnt mit der Jahrgangsstufe elf. Dabei setzen sich die Kurse aus Schülern unterschiedlicher Schulen zusammen. Somit ist das Fachwissen aufgrund der verschiedenen physikalischen Ausbildungen unterschiedlich stark in den kognitiven Strukturen verankert. Die Lehrperson muss dieses berücksichtigen und seinen Unterricht gemäß der Qualität seiner Schüler strukturieren und planen. Der naturwissenschaftliche Unterricht in Deutschland wird zudem von den Schülerinnen und Schülern wenig gemocht. Laut des IPN (Prenzel u. a., 2003) liegt einer der Hauptgründe an den Inhalten der jeweiligen Fächer. Der Physikunterricht in Deutschland wird von den Schülerinnen und Schülern als Fach mit Formeln und „verblüffenden“ Phänomenen zum Staunen, die nicht verstanden werden, beschrieben. In Wirklichkeit aber wünschen sich die Schülerinnen einen Physikunterricht, der in menschlich-biologische und gesellschaftliche Kontexte gebettet wird (Prenzel u. a., 2003). Die Schülerinnen interessieren sich weniger für die Funktionsweise eines Geräts. Sie hinterfragen und diskutieren lieber die Auswirkungen des Geräts auf die gesellschaftliche Entwicklung. Die Schüler dagegen neigen eher dazu, die Funktionsweisen von Geräten und ihre Anwendung in technischen Bereichen nachzuvollziehen. Hier scheint gerade ein großes Problem des Physikunterrichts zu liegen. Wegen der unterschiedlichen Geschlechter und den damit verbundenen unterschiedlichen Interessen wählen die Schülerinnen der Jahrgangsstufe elf häufig Physik ab, da die Interessen der Schülerinnen zu wenig von den Lehrpersonen und vom Lehrplan berücksichtigt werden.

Bei der von mir geleiteten Physik-AG nehmen nur Schüler teil. Dieses wurde, wie später zu sehen ist, bei dem Konzept und dem ausgewählten Kontext berücksichtigt. Zuvor möchte ich aber kurz erwähnen, welche Themengebiete in der Oberstufe behandelt werden und in welchem Zusammenhang diese Gebiete zu dem Inhalt des Projektunterrichts stehen. Die Jahrgangsstufe elf beginnt mit dem Sachbereich Mechanik (Lehrplan, NRW). Zu diesem Bereich gehören die Kinematik und die Dynamik des Massenpunktes. Der Unterricht beinhaltet dabei die Gesetze der gleichförmigen und gleichmäßig beschleunigten Bewegung, der trägen Masse, des Trägheitssatzes, der Kraft und des Impulses, der Impuls- und Impulserhaltung sowie der Kreisbewegung und der Zentripetalkraft. Anschließend werden sich die Schülerinnen und Schüler mit der Energie und Arbeit beschäftigen. Dazu gehört unter anderem die Lage- und Hubarbeit, die Bewegungsenergie und die Beschleunigungsarbeit. Das letzte Gebiet des Sachbereichs der Mechanik sind die mechanischen Wellen. Dabei werden zunächst Begriffe wie Periodendauer, Frequenz, Amplitude etc. geklärt. Zum Ende der Unterrichtsreihe wird

die Überlagerung von Wellen thematisiert (Beugung). Der zweite Sachbereich der Oberstufe ist die Elektrizität. Die Schülerinnen und Schüler bringen zu diesem Sachbereich eine Reihe von Vorerfahrungen und -wissen mit. Diese Erfahrungen werden erneut aufgegriffen (Spiralprinzip) und in die komplexeren Themenbereiche integriert. Es werden Ladungen und Felder, Elektromagnetismus, elektromagnetische Schwingungen und Wellen thematisiert.

Die Physik-AG der Jgst. elf wird sich mit den gerade genannten Bereichen der Sachgebiete Ladungen, Felder und elektromagnetische Schwingungen auseinandersetzen. Im Folgenden übergeordnetem Kapitel „Sachanalyse“ werden zu Beginn die vorgefundenen Rahmenbedingungen beschrieben. Im Anschluss daran werden die physikalischen Themengebiete und deren Inhalte erläutert, die während des Unterrichts in der Physik-AG von Bedeutung sind.

**Teil II.**

**Sachanalyse**

## 4. Rahmenbedingungen

Um Unterricht planen zu können, muss zuvor die Lerngruppe in den Fokus genommen werden. Ich gehe zwar davon aus, dass das erstellte Konzept auf andere Lerngruppen angewendet werden kann, aber einige Aspekte sprechen dennoch dafür, die Funktionsweise der Ampel beim Umschalten auf „grün“ erst in der Oberstufe zu behandeln. Die von mir vorbereitete Unterrichtssequenz werde ich in einer AG der Jahrgangsstufe elf durchführen. Alle teilnehmenden Schüler kenne ich bereits aus meinem bedarfsdeckenden Unterricht. Ich kann somit besser einschätzen, ob die von mir gestellten Arbeitsblätter von den Schülern eigenständig bearbeitet und gelöst werden können. Außerdem kenne ich aus meinen bisher gesammelten Erfahrungen die leistungsstarken- und leistungsschwächeren Schüler und kann dadurch besser beurteilen, welche Gruppe bzw. welcher Schüler gegebenenfalls Hilfe (Impulse) benötigt. Ein weiterer Aspekt, der für eine Behandlung des Themas in der Oberstufe spricht ist, dass die Schüler aufgrund der gesammelten Praxiserfahrungen (Führerschein) ein breiteres Spektrum an Vorwissen besitzen. Letztlich kann neben diesen Aspekten auch der ökonomische Aspekt einer solchen Steuerung der Straßenverkehrsampel diskutiert werden (Aus welchem Grund soll die Ampel von rot auf grün schalten? Was bringt mir das? Vor- und Nachteile für die Umwelt?). In der Unterstufe wären solche Diskussionen aus fehlenden Vorerfahrungen und wegen des häufigen Desinteresses an der Umweltentwicklung schwierig. Aus fachlicher und methodischer Sichtweise spricht für die Jahrgangsstufe elf zusätzlich, dass die Schüler bereits beim Sachgebiet der „Mechanik“ das Medium „Computer“ als Hilfsmittel verwendet haben. Bestimmte Bewegungsabläufe wurden von den Schülerinnen und Schülern zunächst mit dem Programm „Vimps“ (VideoMess- und Präsentationssystem) untersucht. Anschließend wurden die vom Programm ermittelten Werte durch Verwendung eines Tabellenkalkulationsprogramms graphisch dargestellt. Bei dem Konzept wird den Schülern ein sicherer Umgang mit dem Computer vorausgesetzt und unterstellt (Recherchen, Graphen erstellen, Cassy-Lab-Bedienung). Ich hätte jedoch lieber die AG mit dem genannten Thema in einer Jahrgangsstufe zwölf durchgeführt, was leider nicht realisiert werden konnte. Viele Fachbegriffe und Inhalte der Physik, die das Gebiet „elektromagnetische Schwingungen“ betreffen und tangieren, müssen von den Schülern der Jahrgangsstufe elf als eine Art „Black-Box“ akzeptiert werden. In der Jahrgangsstufe zwölf hingegen werden zunächst ausführlich die mechanischen Schwingungen und die Fachbegriffe wie Frequenz, Periodendauer, Amplitude usw. thematisiert.

## 5. Überblick

Wie in der Einleitung beschrieben, habe ich mich für ein komplexes, kontextbezogenes Thema in der Projektgruppe entschieden. Das Ziel der Bearbeitung eines komplexen Inhalts ist es, dass im Anschluss einer Reihe auch schwere Aufgaben, die der Taxonomiestufe des Transfers zugeordnet werden, von den Schülerinnen und Schülern bearbeitet werden können. Die Behandlung der Straßenverkehrsampel als kontextorientierter Lerngegenstand soll die Schüler zudem motivieren und die Funktionsweise der Ampelschaltung verdeutlichen. Die an der Projektgruppe teilnehmenden Schüler haben als Beifahrer eines Autos, als Führerscheinanwärter oder als Fahrer eines Rollers bemerkt, dass viele Straßenverkehrsampeln von der Farbe „rot“ auf „grün“ schalten, sobald sich ein Fahrzeug mit vorgeschriebener Geschwindigkeit der Ampel nähert (kaum befahrene Straße, keine Rush-Hour). Die Schülerinnen haben neben solchen erlebten Erfahrungen Vorwissen zum Bereich Elektrik in der Schule gesammelt. In der achten Klasse werden Begriffe wie Ladungen, Stromstärke und Spannung eingeführt und diskutiert. In der Unterstufe wird dabei besonders Wert auf Visualisierungen gelegt. Die Stromstärke wird den Schülerinnen und Schülern mit Hilfe unterschiedlich breiter Flüsse mit unterschiedlich starken Strömungen vermittelt. Bei der Einführung des Begriffs der Spannung wird elementarisiert, indem der Unterrichtsstoff so aufbereitet wird, dass er dem kognitiven Niveau der Schülerinnen und Schülern entspricht (vgl. Muckenfuß (1982)), Einführung des Spannungsbegriffs). Zur Visualisierung eines vollständigen Stromkreises kann das Wassermodell als Analogie verwendet werden. Jedoch muss bei der Verwendung von Analogien berücksichtigt werden, dass diese nicht immer „viabel“ (von Glaserfeld, 1998) sind.

Damit innerhalb der Projekt-AG verwertbare Ergebnisse dokumentiert und diskutiert werden können, müssen zunächst die Fachbegriffe geklärt und wiederholt werden.

Im folgenden Kapitel soll das automatische Umschalten auf „grün“ einer Straßenverkehrsampel (bei Annäherung eines Fahrzeuges) erläutert werden.

## 6. Funktionsprinzip der Straßenverkehrsampel

Die Straßenverkehrsampel nutzt zum Umschalten das physikalische Phänomen des elektromagnetischen Schwingkreises. An manchen Straßenkreuzungen regeln die Ampeln den Verkehr nach Verkehrsaufkommen (siehe auch Kuhn u. a. (2005)). Vor den Ampeln befindet sich im Asphalt eine Spule mit wenigen Windungen (vgl. Abb. 6.1). Erkennbar sind diese Spulen oft aufgrund der unterschiedlichen Farben des Asphalts, da die Spulen häufig nachgerüstet wurden. Zu der Spule ist ein Kondensator in Reihe geschaltet (nicht sichtbar). Fährt ein Fahrzeug an die „rot“ leuchtende Ampel heran, so ändert sich die Induktivität der Spule. Es gibt dabei drei unterschiedliche Auswertungsmöglichkeiten: Amplitudenmessung, Phasenmessung und Frequenzmessung. In der Physik-AG wird jedoch nur die Frequenzmessung diskutiert.



Abbildung 6.1.: Induktionsschleife Straßenverkehrsampel

Jeder elektromagnetische Schwingkreis besitzt eine Schwingungsdauer und somit auch eine Periodendauer. Mit der Periodendauer  $T$  und dem Zusammenhang  $f = \frac{1}{T}$  folgt die Eigenfrequenz des Schwingkreises. Für die Periodendauer  $T$  gilt die Thomsonsche Schwingungsgleichung  $T = 2\pi\sqrt{LC}$  für einen LC-Schwingkreis (vgl. Abb. 6.3). Es gibt dabei zwei unterschiedliche Möglichkeiten diese Schwingungsdauer herzuleiten. Auf der einen Seite kann der Ansatz über den Resonanzfall gewählt werden. Im Resonanzfall gilt, dass der Resonanzwiderstand so groß ist wie der Serienwiderstand. Das bedeutet, dass sich der kapazitive Widerstand des Kondensators und der induktive Widerstand der Spule innerhalb des Schwingkreises auf Null kompensieren:

$$X_L - X_C = 0$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow \omega_0 L &= \frac{1}{\omega_0 C} \\ \Rightarrow 2\pi f_0 L &= \frac{1}{2\pi f_0 C} \\ \Leftrightarrow f_0^2 &= \frac{1}{4\pi^2 LC} \\ \Leftrightarrow f_0 &= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}\end{aligned}$$

Auf der anderen Seite kann die Herleitung nach dem Energieerhaltungssatz erfolgen. Dafür wird der elektrische Schwingkreis als ein abgeschlossenes System betrachtet. Demnach ist die Summe aller Energieformen in diesem System zu jedem Zeitpunkt  $t$  konstant. Es folgt:

$$E_{mag}(t) + E_{el}(t) = E_{Ges} \quad (6.1)$$

Dabei bedeutet  $E_{mag}$  magnetische Energie der Spule,  $E_{el}$  elektrische Energie des Kondensators und  $E_{Ges}$  die Gesamtenergie des Systems. Werden die entsprechenden Formeln für die Energien eingesetzt, also  $W_L = \frac{1}{2}LI^2$  und  $W_C = \frac{1}{2}CU^2$ , so folgt aus Gleichung 6.1:

$$\frac{1}{2}LI^2(t) + \frac{1}{2C}Q^2(t) = E_{Ges}.$$

Mit

$$I(t) = \frac{\Delta Q(t)}{\Delta t} = \dot{Q}(t)$$

folgt nun:

$$\frac{1}{2}L\dot{Q}^2(t) + \frac{1}{2C}Q^2(t) = E_{Ges}. \quad (6.2)$$

Anschließend wird die Gleichung 6.2 nach der Zeit abgeleitet und man erhält:

$$\begin{aligned}L\dot{Q}\ddot{Q}(t) + \frac{1}{C}Q\dot{Q}(t) &= 0 \\ \Leftrightarrow I(t)(L\ddot{Q} + \frac{1}{C}Q(t)) &= 0 \\ \Leftrightarrow L\ddot{Q} + \frac{1}{C}Q(t) &= 0\end{aligned}$$

Das gilt, da im Schwingkreis  $I(t) \neq 0$  ist. Damit eine solche Differentialgleichung zweiter Ordnung gelöst werden kann, muss ein Zusammenhang zwischen  $Q(t)$  und  $\dot{Q}(t)$  hergestellt werden. Es wird dazu ein Lösungsansatz „geraten“, welcher einer Sinusfunktion entspricht. Diese Funktion beschreibt aufgrund der Periodizität besonders gut eine Schwingung.

$$Q(t) = \hat{Q} \cdot \sin(\omega t + \phi) \quad (6.3)$$

$$\dot{Q}(t) = \omega \hat{Q} \cdot \cos(\omega t + \phi) \quad (6.4)$$

$$\ddot{Q}(t) = -\omega^2 \hat{Q} \cdot \sin(\omega t + \phi) = -\omega^2 Q(t), \quad (6.5)$$

wobei  $\hat{Q}$  die Amplitude,  $\omega$  die Winkelgeschwindigkeit und  $\phi$  die Phasenverschiebung ist. Durch Einsetzen der Gleichungen 6.3 und 6.5 in die Differentialgleichung  $L\ddot{Q} + \frac{1}{C}Q(t) = 0$  folgt:

$$\begin{aligned} \frac{1}{C}Q(t) - \omega^2 LQ(t) &= 0 \\ \Leftrightarrow Q(t)\left(\frac{1}{C} - \omega^2 L\right) &= 0 \\ \Leftrightarrow \frac{1}{C} - \omega^2 L &= 0 \end{aligned}$$

Dieses gilt, weil im Schwingkreis  $Q(t) \neq 0$  ist. Mit  $\omega = 2\pi f$  folgt nun:

$$\begin{aligned} \frac{1}{C} - 4\pi^2 f_0^2 L &= 0 \\ \Leftrightarrow f_0^2 &= \frac{1}{4\pi^2 LC} \\ \Leftrightarrow f_0 &= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \end{aligned}$$

Die Thomsonsche Schwingungsgleichung gilt allerdings nur für reine Serien- und Parallelschwingkreise (vgl. Abb. 6.2 und 6.3).

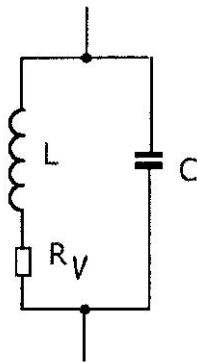


Abbildung 6.2.: Parallelschwingkreis

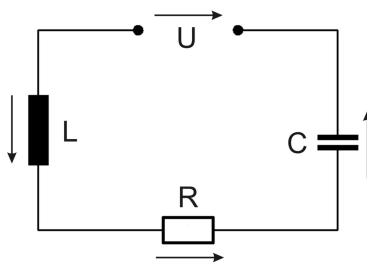


Abbildung 6.3.: Serienschwingkreis

Es muss bei der Anwendung zusätzlich darauf geachtet werden, dass sich das jeweilige Sys-

tem im Schwingfall befindet. Die Dämpfung durch den ohmschen Widerstand hat keinen Einfluss auf die Eigenfrequenz des Schwingkreises.

Der Schwingkreis einer Straßenverkehrsampel ist so eingestellt, dass er in „Resonanz“ ist. Das heißt, dass das System mit einer bestimmten Eigenfrequenz schwingt. Nähert sich nun ein Auto der Ampel und fährt über die in den Asphalt eingebaute Spule, so erhöht sich die Induktivität  $L$  der Spule (im Experiment: Erhöhung der Induktivität mittels Hinzunahme eines Eisenkerns). Das System befindet sich aufgrund der veränderten Induktivität nicht mehr in Resonanz. Eine geeignete Software wertet die Differenz der Stromstärke ( $I_{vorher}$  und  $I_{nachher}$ ) aus und schaltet damit die Ampel auf „grün“.

Die Schüler der Physik-AG müssen die Periodendauer  $T$  übrigens nicht mit Hilfe des zweiten Ansatzes „Energiebilanzen“ bestimmen. Die Lernenden wären an dieser Stelle überfordert. Sie kennen aus der Mathematik bisher noch keine Differentialrechnung oder Infinitesimalrechnung. Das Lösen einer Differentialgleichung  $n$ 'ter Ordnung wird im Mathematikstudium an einer Universität gelehrt.

Die Induktivität  $L$  einer langen Spule kann, falls sie nicht angegeben ist, über:  $L = \mu_0 \mu_r \frac{n^2 A}{l}$  berechnet werden. Die Herleitung für die Induktivität  $L$  mit Hilfe des Induktionsgesetzes

$$U_{ind} = -n \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \quad (6.6)$$

und über die Änderung  $\frac{\Delta I}{\Delta t}$  wird zu diesem Zeitpunkt bewusst vernachlässigt und muss im Fachunterricht thematisiert werden. Wissenswert und notwendig ist für die Ampelschaltung jedoch noch das eigentliche Induktionsgesetz (siehe Formel 6.6). Dieses besagt, dass durch die Änderung des Magnetfeldes, das die Querschnittsfläche einer Spule  $A_{ind}$  senkrecht mit  $\frac{\Delta B}{\Delta t}$  durchsetzt, eine Spannung  $U_{ind}$  induziert wird. Es gibt nicht nur diese Möglichkeit, eine Spannung zu induzieren. Statt einer zeitlichen Änderung des Magnetfeldes kann sich auch der Flächeninhalt der Spule, der von einem konstanten Magnetfeld durchsetzt wird, ändern. Für die Induktionsspannung gilt in diesem Fall:  $U_{ind} = -nB \frac{\Delta A}{\Delta t}$ . Eine Kombination beider Fälle wird an dieser Stelle nicht betrachtet. Ein Experiment mit einer Feldspule, einer innen liegenden Induktionsspule und einem Messsystem (Cassy-Lab, Oszilloskop) kann den Verlauf der Induktionsspannung in Abhängigkeit von der Stromstärke der Feldspule verdeutlichen (vgl. Abb. 6.4 und 6.5).

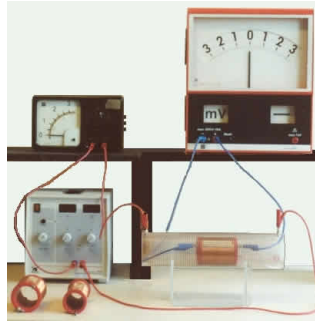


Abbildung 6.4.: Versuchsaufbau zur Messung der Induktionsspannung

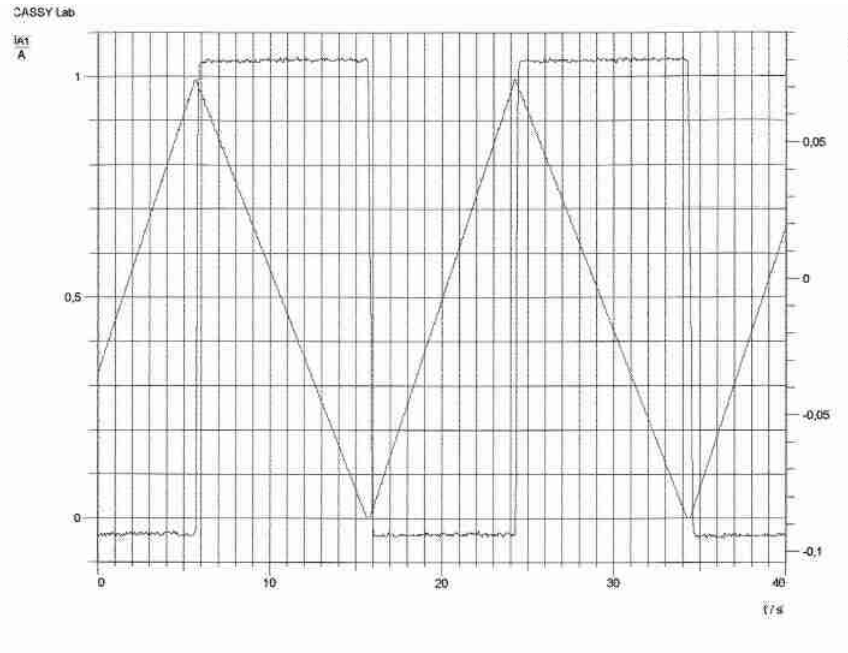


Abbildung 6.5.: Induktionsspannung und Feldspulenstromstärke in Abhängigkeit von der Zeit

Die Einheit der Induktivität  $L$  wird nach dem Physiker Henry mit  $H$  gekennzeichnet:  
 $[L] = \frac{V \cdot s \cdot m^2}{A \cdot m} = 1 \frac{V \cdot s}{A} = 1 H$ . Die Schüler der Physik-AG müssen akzeptieren, dass für die Energie einer Spule gilt:  $W_L = \frac{1}{2} L I^2$ . Demgegenüber steht die Energie eines Kondensators mit  $W_C = \frac{1}{2} C U^2$ . Die Schüler erkennen an dieser Stelle, dass die maximale Energie einer Spule bei maximaler Stromstärke erreicht wird. Die maximale Energie, die in einem Kondensator gespeichert werden kann, wird bei maximaler Spannung maximal. Die Schüler der AG sollten am Ende der fünfzehn Stunden einen Schwingkreis nachgebaut haben, mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms für unterschiedliche Induktivitäten die  $f, I$ - Graphen erstellt und die Transferaufgabe bearbeitet haben. Im nächsten Kapitel "Didaktisch-methodisches Konzept" werden ausführlich die einzelnen Stunden und die entworfenen Arbeitsblätter beschrieben. Nach dieser Beschreibung werden im Kapitel „Reflexion“ Lösungen der Schüler dargelegt und diskutiert sowie auf mögliche Problemstellen des Konzepts hingewiesen.

## **Teil III.**

### **Empirischer Teil**

# 7. Didaktisch-methodisches Konzept

Die Idee einen Aspekt der Verkehrsampel in der Sekundarstufe II zu thematisieren, wurde meines Wissens bisher verdrängt, obwohl Physik im Alltag bzw. Kontext von großer Bedeutung ist. Die methodisch-didaktische Überlegung, die hinter dem Projekt steht, kann man folgendermaßen knapp zusammenfassen:

*„Der Alltag von Schülern und Schülerinnen wird bestimmt von neuen Techniken und neuen Materialien. Diese moderne Alltagsumgebung bietet einen geeigneten Lernanlass im Physikunterricht, denn ganz elementare physikalische Prinzipien und Phänomene stecken in den modernen High-Tech-Anwendungen. Physikalische Inhalte lassen sich praxisnah und motivierend erschließen.“ (Jodl, 2001)*

In diesem Kapitel werden nun die einzelnen Stunden erläutert sowie Bezug auf das von mir vorbereitete Arbeitsmaterial genommen. Ziel des Konzepts ist es, dass auch andere Lehrpersonen der Physik dieses Konzept übernehmen und anwenden können. Zu Beginn der AG war ich überzeugt, dass es möglich ist, eine Ampelschaltung in kürzester Zeit nachzubauen. Doch bereits nach dem ersten Zusammentreffen zwischen mir und den Schülern der AG wurde mir klar, dass dieses Ziel aus Zeitgründen nicht realisierbar ist. Die Schüler haben im Sachbereich der „Elektrik“ ausschließlich den Unterstufenstoff kennen gelernt. Diesen galt es behutsam aufzubauen, ohne dabei den Schülern die Motivation zu nehmen.

## Reihenplanung

### Erste Stunde

- Advanced Organiser: Überblick und Themenfestlegung: Die Straßenverkehrsampel als kontextbezogener Sachgegenstand der Arbeitsgemeinschaft.
- Jeder Schüler soll eine Mind-Map, die die Vorerfahrungen/Kenntnisse verdeutlichen, erstellen (vgl. Anlage A. Arbeitsblatt Nr.1). Bis zu diesem Zeitpunkt ist noch kein konkretes Ziel festgelegt.
- Exkursion zu einer Straßenkreuzung mit Ampelanlage: Beobachtungen werden festgehalten. Übereinstimmung mit meinen Vorerfahrungen?
- Zielfestlegung: Woher weiß die Ampel, dass sie auf „grün“ umspringen soll, wenn ich mich mit vorgeschriebener Geschwindigkeit näher? Reagiert die (alle) Ampel(n) so?

### Zweite Stunde

- In Kleingruppen wird nach Informationen zur Ampelschaltung recherchiert (Anlage A. Arbeitsblatt Nr.2). Die Lehrperson gibt nur Hilfestellung bei Schwierigkeiten beim Umgang mit Medien (Bücher, Computer etc.).
- Hausaufgabe: Mitschüler über Informationsfundus informieren können

### dritte Stunde

- Informationsaustausch
- Ampelschaltung nutzt den LC-Schwingkreis
- Entwerfen einer Schaltskizze eines LC-Schwingkreises (Anlage A. Arbeitsblatt Nr.3)
- Recherche nach den Schaltsymbolen in Büchern und im Internet

### vierte Stunde

- Vergleich der Schaltskizzen
- Recherche: Funktionsweise (Spule, Kondensator)
- elektrische Energie Spule und Kondensator
- Recherche und Vorbereitung Experimente: Elektromagnetische Induktion (vgl. Anlage A. Arbeitsblatt Nr.4)

### fünfte Stunde

- Aufbau von Versuchen zur elektromagnetischen Induktion (Anlage A. Arbeitsblatt Nr.5)
- Recherche und Aufbau eines LC-Schwingkreises: gedämpfte Schwingung (qualitative Ebene)

### sechste Stunde

- Anknüpfung Versuchsaufbau: gedämpfte Schwingung (Anlage A. Arbeitsblatt Nr.5)
- Erklärung des Phänomens der gedämpften Schwingung
- Gibt es weitere, andere Arten von Schwingkreisen?

### siebte Stunde und achte Stunde

- Recherche: Schaltskizze zur Ampelschaltung (Anlage A. Arbeitsblatt Nr.7/8)
- Nachbau eines LC-Schwingkreises mit Widerstand R: erzwungene Schwingung (qualitative- und quantitative Ebene)

- Versuchsdurchführung erzwungene Schwingung: Spule mit  $L = 0,011H$ ,  $C = 2 \cdot 10^{-6}F$ , Aufnahme von Messwerten (Frequenz  $f$  in Abhängigkeit der Stromstärke  $I$  bei unterschiedlichen Widerständen  $R$ ,  $L$  konstant)
- Versuchsdurchführung erzwungene Schwingung: Spule mit  $L = 0,011H$ +Eisenkern,  $C = 2 \cdot 10^{-6}F$ , Aufnahme von Messwerten (Frequenz  $f$  in Abhängigkeit der Stromstärke  $I$ ,  $L$  verändert und  $R$  konstant)

#### neunte und zehnte Stunde

- Unter Verwendung von Excel werden die  $f, I$ - Graphen erstellt.
- Kommentieren der Graphen

#### elfte und zwölfte Stunde

- Wirkung durch die Veränderung der Induktivität der Spule (Anlage A. Arbeitsblatt 11/12)
- Vergleich: Spule mit Eisenkern und Straßenverkehr
- Theoretische Herleitung der Resonanzfrequenz eines Schwingkreises
- Zusammenhang: Induktivität der Spule und Resonanzfrequenz des Schwingkreises
- Erstellen der  $\frac{f}{f_0}, I$ - Graphen
- Text verfassen: Vereinfachte Funktionsweise der Ampelschaltung
- Diskussion: Ökonomischer Aspekt einer solchen Ampelschaltung

#### dreizehnte Stunde

- Bearbeitung einer Analogieaufgabe: Mechanische Schwingung (Anlage A. Arbeitsblatt 13)

#### vierzehnte und fünfzehnte Stunde

- Bearbeitung einer Transferaufgabe: Induktive Zugsicherung (Anlage A. Arbeitsblatt 14)

## 8. Erprobung und Durchführung des Konzepts in der unterrichtlichen Praxis

Die Schüler der AG haben zu jeder Stunde ein von mir entworfenes Arbeitsblatt (siehe Anlage: A. Arbeitsblätter) bekommen. Je nach Arbeitsanweisung mussten die Schüler dieses in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit bearbeiten. Als Lehrperson habe ich lediglich Hilfestellungen gegeben und versucht, den Lernprozess in Gang zu setzen, ohne dabei die Aufgaben der Blätter zu erklären und zu lösen. Durch den Einsatz der Arbeitsblätter sollte der Weg und der „rote Faden“ einer jeden Stunde klarer und transparenter werden. Die Inhalte des komplexen Themas der AG wurden dadurch eingeeignet und vorstrukturiert. Zu Beginn der ersten Stunde wurde von mir das Thema der AG an der Tafel fixiert und anschließend eine Übersicht über die Notenvergabe gegeben (Transparenz schaffen). Danach haben die Schüler das erste Arbeitsblatt bekommen, welches sie zu bearbeiten hatten. In Anlage B. Schülerlösungen findet man einige entworfene Mind-Maps der Schüler zum ersten Arbeitsblatt. Besonders gefiel den Schülern in dieser Stunde die Erfahrungen, die sie aufgeschrieben hatten, mit dem Erlebten an einer Straßenverkehrsampel zu vergleichen. Bestimmte Erfahrungen waren schlichtweg falsch, Erfahrungen anderer Mitschüler haben manche Schüler im Laufe der Zeit nicht einmal wahrgenommen. Ich hatte den Eindruck, dass die Schüler der AG zum ersten Mal mit „offenen Augen“ Phänomene an einer Ampel wahrgenommen haben. Eine Minderheit hatte noch die Erfahrung gemacht, dass manche Ampeln auf grün umschalten, wenn sich ein Auto mit vorgeschriebener Geschwindigkeit nähert. Die in den Asphalt eingelassenen Schleifen (Spule) wurden bisher nur von einigen Schülern erkannt. Die Mehrheit war davon überzeugt, dass diese nichts mit der Steuerung einer Ampel zu tun haben, obwohl diese in der Nähe einer solchen auftauchen. Die erste Stunde sollte die Schüler aber nicht nur motivieren, sondern auch das zu bearbeitende Problem „Wann und wodurch schaltet sich eine Ampel auf grün, wenn sich ein Auto nähert“? fokussieren. In der darauffolgenden Stunde sollten die Schüler in Kleingruppen nach der Funktionsweise einer Ampel recherchieren (Anlage A. Arbeitsblatt Nr. 2). Hierbei zeigte sich deutlich, welche Schüler bereits Erfahrungen mit den unterschiedlichen Suchmaschinen des „World Wide Webs“ im Laufe der Zeit gesammelt hatten. Neben der Recherche sollten in dieser Stunde die gefunden Informationen sachgerecht aufbereitet und auf einem Plakat festgehalten werden. Neben den

physikalischen Inhalten wurde an dieser Stelle zudem das Präsentieren und Argumentieren geschult und gefördert. In der dritten Stunde wurde die Funktionsweise der Ampel deutlich eingengt. Die Schüler hatten in der zweiten Stunde bereits in ihren Präsentationen (siehe Anlage B. Schülerlösungen) verdeutlicht, dass die Ampel einen L,C-Schwingkreis ausnutzt. Hierzu sollten sich die Schüler nun informieren und einen solchen Schwingkreis zusätzlich skizzieren. Die passenden Schaltsymbole haben die Schüler in Büchern und im Internet gefunden (siehe Anlage A. Arbeitsblatt Nr. 3). In der vierten Stunde haben die Schüler die Lösungen selbstständig verglichen und teilweise aufgetretene Fehler verbessert. Außerdem haben die Schüler das Arbeitsblatt Nr. 4 bearbeitet, wodurch die Funktionsweisen des Kondensators und der Spule behandelt wurden (siehe Anlage A. Arbeitsblatt Nr. 4). Neben der Recherche nach den Funktionsweisen sollten die Schüler Experimente zum Themengebiet der elektromagnetischen Induktion planen. Diese Experimente wurden in der fünften Stunde aufgebaut und durchgeführt. An dieser Stelle habe ich als Lehrperson die Aufgabe gehabt, die Aufbauten auf Fehler zu kontrollieren und gegebenenfalls auf Fehler hinzuweisen. In dem anderen Teil der Stunde sollten sich die Schüler überlegen, durch welchen Versuchsaufbau bei einem gedämpften L,C -Schwingkreis qualitativ deutlich wird, dass er dem Namen „gedämpfter Schwingkreis“ gerecht wird. In der sechsten Stunde wurden die Ideen der Schüler verfolgt und verwirklicht (Anlage A. Arbeitsblatt Nr. 5). Die Schüler haben sich aus der Sammlung die „mehr oder weniger passenden“ Geräte besorgt und einen gedämpften L,C- Schwingkreis aufgebaut. An dieser Stelle musste ich einschreiten, da der eingestellte Messbereich des Voltmeters unter der auftretenden Spannung lag. Neben dem zu beobachtenden Phänomen der gedämpften Schwingung hatten sich die Schüler mit der Frage beschäftigt, ob es noch andere Arten von Schwingkreisen gebe. In der siebten und achten Stunde wurde ein „erzwungener Schwingkreis“ aufgebaut (Anlage A. Arbeitsblatt Nr. 7/8). Dabei sollten die Schüler zunächst für unterschiedliche Widerstände R bei konstanter Induktivität L die Stromstärke I in Abhängigkeit von der Frequenz f aufnehmen, wobei die Frequenz mit Hilfe des Oszilloskops oder einem Frequenzmesser bestimmt werden konnte (Messprotokolle der Schüler in Anlage B. Schülerlösungen). Danach sollten die AG-Schüler die Induktivität L der Spule durch Hinzunahme eines Eisenkerns ändern und für unterschiedliche Frequenzen f bei konstantem Widerstand R (10 Ohm, 20 Ohm und 100 Ohm) die Stromstärken I aufnehmen. In der neunten und zehnten Stunde wurden mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogramms Excel die  $f, I$ - Diagramme erstellt (Arbeitsblatt Nr. 09/10, Diagramme siehe Anlage B. Schülerlösungen). In der elften und zwölften Stunde (Anlage A. Arbeitsblatt 11/12) sollten die durch die Experimente gesammelten Erfahrungen festgehalten werden. Die mit Excel erstellten Diagramme sollten die Schüler bei der Beantwortung der Leitfragen zur Hilfe nehmen. Die Schüler wiesen darauf hin, dass der Eisenkern dem Auto in der Realsituation entspricht. Zusätzlich haben die Schüler nach dem Begriff „Resonanzfrequenz“ recherchiert. Dabei wurde der Zusammenhang zwischen der Resonanzfrequenz und der Induktivität der Spule herausgestellt. Zusätzlich wurden die  $\frac{f}{f_0}$ - Diagramme erstellt und

mit diesen herausgestellt, dass die Stromstärke  $I$  für  $\frac{f}{f_0} = 1$  maximal wird. Befindet sich der Eisenkern in der Spule, wird die maximal mögliche Stromstärke geringer. Die Schüler vermuteten, dass ein Programm aus der Differenz der Stromstärken (mit/ohne Eisenkern) das Umschalten der Ampel von „rot auf grün“ steuert. Zum Ende dieser Stunde haben die Schüler über mögliche ökonomische Vor- und Nachteile diskutiert, eine solche Ampel im Straßenverkehr einzusetzen. In der dreizehnten AG- Stunde sollten die Schüler das Aufgabenblatt Nr. 13 (siehe Anlage A. Arbeitsblätter) bearbeiten. Dabei konnten Sie Informationen und Hilfen aus diversen Schulbüchern entnehmen oder Internetrecherchen durchführen. In der letzten Stunde der AG beschäftigten sich die Schüler mit der Transferaufgabe „Elektromagnetische Induktion: Induktive Zugsicherung“ (Anlage A. Arbeitsblatt Nr. 14). Die Schüler sollten herausfinden, dass viele Bahngesellschaften Zugsicherungssysteme auf der Basis von Schwingkreisen einsetzen. Das von der DB und den Österreichischen Bundesbahnen benutzte System heißt Induktive Zugsicherung oder kurz „Indusi“.



Abbildung 8.1.: Bauteile für die induktive Zugsicherung

Die Schüler stellten an dieser Stelle fest, dass sich bei jedem Hauptsignal ein kleiner, gelber Kasten unmittelbar außen an der rechten Schiene befindet (vgl. Abb. 8.1). Im Inneren eines solchen Kastens befindet sich ein Schwingkreis mit einer Resonanzfrequenz von 2000 Hz. Wenn dem Lokführer die Vorbeifahrt gestattet wird, ist der Schwingkreis kurzgeschlossen und somit unwirksam. Wird dem Lokführer signalisiert, dass er zu halten habe, so ist der Schwingkreis aktiviert. Das System soll verhindern, dass eine Lok ungebremst in einen be-

setzten Gleisabschnitt fährt. Die Schüler der AG ermittelten in den letzten beiden Stunden zusätzlich, dass sich in der Lok knapp über dem Schienenniveau ein weiterer Schwingkreis, der ununterbrochen mit 2000 Hz schwingt, befindet (vgl. Abb. 8.1). Bei der Vorbeifahrt einer Lok am „haltzeigenden-Signal“ wird der Schwingkreis am Signal zum Schwingen angeregt, d.h. es wird Energie an den Schwingkreis am Gleis abgegeben. Dieser Energieabfall im Lok-Schwingkreis registriert ein spezielles Steuergerät und löst eine Vollbremsung aus. Zum Ende der fünfzehn AG- Stunden haben mir die Schüler Rückmeldungen über die letzten drei Monate gegeben. Die Rückmeldungen werden im Kapitel „Evaluation“ aufgegriffen. Zunächst aber wird im Anschluss an dieses Kapitel die Durchführung des Konzepts reflektiert.

## 9. Reflexion

Ziel meiner Arbeit war es, einen schüler- und problemorientierten Unterricht zu entwickeln, bei dem der Lerngegenstand in einen motivationalen Kontext gebettet wird. Der von den Schülern zu untersuchende Sachgegenstand der Physik sollte dabei von den Schülern aktiv-konstruktiv und selbstgesteuert bearbeitet werden. Die von mir erstellten Arbeitsblätter halfen den Schülern zu jedem Zeitpunkt den „roten Faden“ im Blick zu behalten, ohne zu weit von der eigentlichen aufgeworfenen Fragestellung abzuweichen. Laut den Rückmeldungen der Schüler war es für sie ungewohnt, dass sich eine Lehrperson aus dem Unterrichtsgeschehen möglichst heraushält. Jedoch merkten sie an, dass sie sich nach etwa drei AG-Treffen an das eigenständige und selbstbestimmte Lerntempo gewöhnt hätten. Sie lobten, dass sie durch das eigenverantwortliche Lernen schlechter Verstandenes ohne „Zeitdruck“ längerfristig erarbeiten konnten. So wurde kein Schüler „abgehängt“. Zudem achteten die Schüler in Gruppenarbeiten darauf, leistungsinhomogene Gruppen zu bilden. Den schwächeren Schülern sei es so weniger peinlich gewesen, Fragen zu stellen und sich zu „outen“. Sowohl die starken als auch die schwächeren Schüler übten beiläufig das physikalische Argumentieren. Durch den Rückzug des Lehrers steigerte sich außerdem das Selbstwertgefühl und Selbstbewusstsein der Schüler. Sie waren begeistert, selbst geplante Versuche aufzubauen und Messreihen durchzuführen. Kritik haben die Schüler über die Sicherungsphasen geäußert. Die Ergebnisse müssten nach einer selbstständigen Erarbeitungsphase deutlicher strukturiert und diskutiert werden. Hierzu würde ich zwischenzeitlich einen „fragend-entwickelnden“ Unterricht einschieben. Weitere Probleme traten aus meiner Sicht aufgrund des hohen Schwierigkeitsgrades der Aufgabe auf. Sämtliches Fachwissen mussten sich die Schüler der AG eigenständig aneignen. Damit die Schüler ein größeres Spektrum an Fakten- und Hintergrundwissen zu dem Gebiet „Elektromagnetischer Schwingkreis“ mitbringen, würde ich die „Funktionsweise des Umschaltens auf grün bei einer Straßenverkehrsampel“ in der Jahrgangsstufe zwölf behandeln. Das letzte von mir ausgeteilte Arbeitsblatt „Elektromagnetische Schwingung: Induktive Zugsicherung“ wurde von den Schülern eigenständig gelöst. Sie recherchierten im Internet nach der Funktionsweise der Zugsicherung. Meine Aufgabe bestand lediglich darin, den Schülern Hilfen zu geben, ohne die Lösung zu verraten. Die von mir festgelegten und zu untersuchenden Lehrerfunktionen werden nachfolgend beschrieben.

# 10. Lehrerfunktionen

Im Laufe der AG habe ich mich bemüht, mich auf die Lehrerfunktionen „Innovieren, Unterrichten und Bewerten“ zu konzentrieren. Der Begriff „Innovieren“ stammt vom lateinischen Begriff „Innovation“ ab. Innovation bedeutet demnach Erneuerung, Neuerung (durch Anwendung neuer Verfahren u. Techniken (vgl. Duden)). Überträgt man diese eben genannte Bedeutung des Begriffs „Innovieren“ auf den Schuldienst, insbesondere auf die Tätigkeit des Lehrers während der Unterrichtsstunden der AG, so kann festgehalten werden, dass die Methode des eigenständigen, schülerorientierten und kontextbezogenen Unterrichts für die Mehrheit der Schüler neu war. Meine Aufgabe als Lehrkraft bestand darin, im Vorfeld des durchgeführten Unterrichts strukturierte Arbeitsblätter zu erstellen, die die Schüler während der AG begleitet haben. Ebenso war es für die Schüler „Neuland“, in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit über mehrere Wochen hinweg Informationen zu beschaffen, um sich dem vorgeschriebenen Ziel zu nähern.

Die Lehrerfunktion des Unterrichtens könnte durch die in der Literatur leider nicht vorfindbare Lehrerfunktion „Management“ ersetzt werden. Bei (Meyer, 2007) findet man eher den Begriff der „vorbereiteten Umgebung“. Unter diesem versteht er:

*„Die Lehrperson tritt deshalb so weit wie möglich in den Hintergrund. Ihre Hauptaufgabe besteht darin, einen freien und anregungsreichen Raum für die Entwicklung der Kinder und Jugendliche zu schaffen.“ (Meyer, 2007, S.120)*

Während der AG habe ich mich jedoch nicht vollkommen zurückgezogen, sondern versucht an bestimmten Stellen Impulse und Hilfen zu geben. Die Schüler konnten während der gesamten Zeit mit Fragen auf mich zukommen. Ich habe als Lehrperson jedoch keine konkreten Antworten auf die Fragen gegeben, sondern meist versucht, einen kognitiven Konflikt durch Beispiele zu schaffen. Die Aufgabe der Schüler bestand nun darin, diesen kognitiven Konflikt zu lösen. Ich wollte damit verfolgen, dass die Schüler den Assimiliations- oder Akkomodationsprozess durchlaufen. Der zentrale Gedanke dabei ist, dass der einzelne Schüler durch die Konzepte und Ideen, die er bereits besitzt, einen Interpretationsprozess durchschreitet. Dabei konstruiert sich der Schüler sein Wissen selbst, ohne dass ich es ihm aufzwingen. Das Wissen kann der Schüler nicht ohne weiteres übernehmen. Der „Nürnberger Trichter“ (Harsdörffer, 1647) veranschaulicht diese Problematik eindrucksvoll. Zu der „vorbereiteten Umgebung“ zählt außerdem, dass benötigte Materialien ausliegen, übersichtlich gestaltet und schnell greifbar sind. Dabei habe ich darauf geachtet, dass die von den Schülern ausgewählten Geräte in der Physiksammlung griffbereit sind und in keinem anderen Unterricht

zeitgleich verwendet werden.

Die Lehrerfunktion des „Bewertens“ umfasst unter anderem die Notenvergabe. Die Schüler der AG wurden nicht gemäß ihrer täglichen Leistung bewertet, sondern vielmehr nach dem Endprodukt am Ende der gesamten Unterrichtsstunden. Es wäre unsinnig, die in jeder Stunde erbrachte Leistung zu bewerten. Das würde dem von mir entworfenen Konzept grundlegend widersprechen. Ich habe versucht, einen Unterricht zu schaffen, bei dem jeder Schüler sein Lerntempo selbst bestimmen kann. Der Unterricht erfolgte zusätzlich kontextbezogen und schülerzentriert. Das individuelle Lerntempo, die Motivation sowie der Lernfortschritt hätten unter dem Aspekt einer wöchentlichen Bewertung stark gelitten. Jeder Schüler sollte die Möglichkeit haben, sich selbst zu entfalten. Jeder Schüler sollte seine eigenen Konzepte und Theorien entwickeln. Eine Bewertung hätte einen solchen Prozess lediglich gehemmt. Zum Ende der AG musste ich mir dennoch Gedanken bzgl. der Bewertung machen. Im Vordergrund standen hierbei das Engagement eines jeden Schülers während des gesamten Unterrichts sowie das entwickelte Endprodukt.

**Teil IV.**

**Gesamteindruck**

# 11. Evaluation

Um das entworfene Konzept und die Unterrichtsqualität zu bewerten, hatte jeder Schüler in der letzten Stunde die Aufgabe, einen Fragebogen auszufüllen (siehe Anlage C. Fragebogen). Der Fragebogen hinterfragte zunächst die Unterrichtsziele „Förderung von Fachkompetenz, Förderung von Methodenkompetenz, Förderung kooperativen Lernens, Förderung selbstregulierten Lernens und Förderung von Medienkompetenz“. Anschließend sollten die Schüler die Unterrichtsgestaltung einschätzen. Dazu gehörte das Gebiet der „Individualisierung, die Ziel- und Ergebnisorientierung, der Ordnungsrahmen des Unterrichts, die Lernatmosphäre, die Schüleraktivierung und Förderung der Lernmotivation als auch die Bewertungsmaßstäbe. Zum Ende des Fragebogens sollten die Schüler Stellung zur Raumgestaltung nehmen. Beim ersten Blick auf die Fragebögen fällt auf, dass die Schüler den Unterricht positiv bewerten. Die Fragen, ob der Inhalt für die Berufswahl oder für das Studium wichtig ist, und ob das individuelle Lernen gefördert wurde, wurden negativ bewertet. Jedoch muss dabei festgehalten werden, dass es nicht das Ziel der AG war, durch Aufgabenvielfalt jeden Schüler einzeln zu fördern. Im Vordergrund stand, dass alle Schüler das komplexe Problem „Umschalten der Ampel auf „grün“ unter bestimmten Voraussetzungen“ bearbeiten. Hohen Stellenwert haben für das durchgeführte Konzept die Fragen, die sich insbesondere auf die Lehrerfunktionen beziehen und Fragen, die sich auf den selbstregulierten und kontextbezogenen Unterricht beziehen. Die Auswertung (siehe Anlage D. ausgefüllte Fragebögen) zeigt deutlich, dass die Schüler der Meinung sind, dass durch die Einbettung der Aufgabe in einen Kontext das selbstregulierte Lernen leichter erscheint und dass der Kontextbezug motivationalen Charakter aufweist. Zudem sind sich die Schüler der AG einig, dass durch das eigenständige Lernen und durch die damit kennen gelernten Arbeitstechniken Aufgaben höheren Niveaus zielgerichteter, strukturierter und besser gelöst werden können. Ebenso unterstützen die Schüler die Methode des Elementarisierens. Ihrer Meinung nach ist es in der Physik unabdingbar, ein komplexes Problem zunächst in Teilprobleme zu zerlegen und diese dann unabhängig voneinander zu bearbeiten. Die gelösten Teilprobleme werden im letzten Arbeitsschritt zusammengeführt und helfen, das komplexe, ursprüngliche Problem zu lösen. Fakt ist ebenfalls, dass die Schüler einen Unterricht bevorzugen, in dem sie selbstständig ihr Lerntempo bestimmen können.

Die Schüler bewerteten außerdem das Lehrerverhalten positiv. Sie unterstützen in vielen Phasen den „Rückzug des Lehrers“. Jedoch erhoffen sie sich eine strukturiertere und gebündeltere Sicherungsphase, die der Lehrer organisieren sollte. Laut der Antworten des Fragebogens half es den Schülern, dass sie schriftliche Arbeitsaufträge bekommen haben, an denen sie

sich orientieren konnten. Zusätzlich befürworteten die Schüler, dass aufgrund des Einsatzes der Arbeitsblätter systematisch und regelmäßig an das bisher Gelernte angeknüpft wurde und dadurch Zusammenhänge im Sinne „des roten Fadens“ verdeutlicht wurden.

An den von den Schülern gesetzten Markierungen zu den Fragen „Bewertungsmaßstäbe“ (siehe Anlage D. ausgefüllte Fragebögen) ist ersichtlich, dass die Schüler die Lernatmosphäre durch den herabgesetzten Notendruck als angenehmer empfanden. Die Schüler arbeiteten erfolgreicher mit, was die Rückmeldung unterstreicht.

Wie in der Einleitung dieser Arbeit beschrieben, haben deutsche Schüler überwiegend Probleme mit Aufgaben höherer Taxonomiestufen. Die Auswertung des Fragebogens und die Ergebnisse der Schüler zum Arbeitsblatt Nr. 14 stellen heraus, dass der selbstregulierte und kontextorientierte Unterricht den Schülern bei Transferaufgaben helfen kann.

## 12. Fazit

Schaut man zunächst zurück auf das angestrebte Ziel des erstellten Konzepts und auf die Evaluation, so kann herausgestellt werden, dass das gesetzte Ziel erreicht wurde. Die Unterrichtsgestaltung und -methode war sowohl für mich als auch für die Schüler eine neue Erfahrung. Die Schüler sind es gewohnt, sei es aus mangelnder Zeit des Lehrers für die Vorbereitung des Unterrichts oder aus alteingesessener Routine, einen Unterricht zu erleben, der einem „Tischtennispiel“ ähnelt. Der Lehrer stellt eine Frage und wartet auf eine Antwort. Bekommt der Lehrer keine Antwort, so wird zunächst die Frage umformuliert. Dieses „Spielchen“ wiederholt sich nun mehrere Male bis ein Schüler die richtige Antwort gibt oder bis der Lehrer aufgibt und sie selbst beantwortet. Ich habe durch das erstellte Konzept versucht, den Lernprozess in die Hände der Schüler zu geben. Die Schüler haben sich somit das Wissen selbst angeeignet. Der Kontextbezug bei der „Ampelaufgabe“ knüpfte an die Erfahrungswelt der Schüler an, wodurch die Schüler engagierter arbeiteten. Bei der gestellten Transferaufgabe „Zugsicherung“ lösten die beiden Artikel (siehe Anlage A. Arbeitsblatt Nr. 14) Entsetzen aus. Durch die Betroffenheit und den realen Sachverhalt bekam die Aufgabe für die Schüler einen „Sinn“. Sie forschten und recherchierten nach Sicherheitsmaßnahmen im Schienenverkehr. Letztendlich waren die Schüler begeistert von der „Induktiven Zugsicherung“. Zusammenfassend kann ich sagen, dass ich mir sicher bin, dass der selbstregulierte, auf Schüler abgestimmte kontextorientierte Unterricht in Zukunft eine ausschlaggebende Rolle spielen wird. Als Lehrperson muss man sich jedoch überwinden, Aufgaben an Schüler abzugeben. Die Schüler werden sich ihr Wissen selbst konstruieren. Man muss ihnen nur die Zeit geben.

# Abbildungsverzeichnis

6.1. Induktionsschleife Straßenverkehrsampel . . . . .	14
6.2. Parallelschwingkreis . . . . .	16
6.3. Serienschwingkreis . . . . .	16
6.4. Versuchsaufbau zur Messung der Induktionsspannung . . . . .	18
6.5. Induktionsspannung und Feldspulenstromstärke in Abhängigkeit von der Zeit	18
8.1. Bauteile für die induktive Zugsicherung . . . . .	25

# Literaturverzeichnis

- [Duden ] In: <http://www.duden-suche.de>
- [BiQua ] Bildungsqualität von Schule. In: <http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/biqua>
- [TIMSS ] Third International Mathematic Science Study. In: <http://www.timss.mpg.de/>
- [Aebli 1987] AEBLI, Hans: Zwölf Grundformen des Lehrens. Eine allgemeine Didaktik auf kognitionspsychologischer Grundlage. (1987)
- [Bildungsserver ] BILDUNGSSERVER: Wissenschaft und Bildungsforscher. In: <http://www.bildungsserver.de/instset.html?Id=4189>
- [Bleichroth 1999] BLEICHROTH, Wolfgang: Fachdidaktik Physik. In: *Aulis Verlag 2* (1999)
- [Bloom 1971] BLOOM: Taxonomie of Educational Objectives. In: *Handbook :Cognitive Domain. New York: McKay I* (1971)
- [Einecke 2006] EINECKE: Problemorientierung und entdeckendes Lernen: Möglichkeiten der Förderung der Selbstständigkeit der Schüler. In: [http://www.fachdidaktik-einecke.de/2\\_lernen\\_in\\_deutsch/problemorientierung.htm](http://www.fachdidaktik-einecke.de/2_lernen_in_deutsch/problemorientierung.htm) (2006)
- [von Glaserfeld 1998] GLASERFELD, Ernst von: Konstruktivismus statt Erkenntnistheorie(Tusculanische Gespräche). I (1998)
- [Harsdörffer 1647] HARSDÖRFFER: Poetischer Trichter. (1647)
- [Jodl 2001] JODL: Physik im Alltag: Low Cost High Tech. In: [http://www.physik.uni-kl.de/w\\_Jodl/lc-ht.html](http://www.physik.uni-kl.de/w_Jodl/lc-ht.html) (2001)
- [Kuhn u. a. 2005] KUHN ; BANG ; KRESS ; LOCHHAAS: Kuhn Physik 2. In: *westermann 1* (2005)
- [Lehrplan(NRW) 1999] LEHRPLAN(NRW): Ministerium für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung der Landes Nordrhein-Westfalen: Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule: Richtlinien und Lehrpläne. In: *MSWWF* (1999), Nr. 1. Auflage
- [Merrill 2006] MERRILL: First principles of instructions. In: <http://www.id2.usu.edu/Papers/5FirstPrinciples> (2006)

- [Meyer 2007] MEYER, Hilbert: Was ist guter Unterricht? In: *Cornelson Scriptor* 4 (2007)
- [Muckenfuß 1982] MUCKENFUSS: Vorschläge zur Einführung der Begriffe Strom, Spannung und Widerstand. In: *NiU-P/C* 30 (1982), Nr. 399-406
- [Pisa 2006] PISA: [www.pisa.ipn.uni-kiel.de](http://www.pisa.ipn.uni-kiel.de). (2006)
- [Prenzel u. a. 2003] PRENZEL ; BAUMERT ; BLUM ; LEHMANN: Pisa 2003, Untersuchungen zur Kompetenzentwicklung im Verlaufe eines Schuljahres. In: [http://www.pisa.ipn.uni-kiel.de/PISA\\_2003\\_Kompetenzentwicklung\\_Zusfsg.pdf](http://www.pisa.ipn.uni-kiel.de/PISA_2003_Kompetenzentwicklung_Zusfsg.pdf) (2003)
- [Prenzel 2000] PRENZEL, Manfred: Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts: Ein Modellversuchsprogramm von Bund und Ländern. In: *Unterrichtswissenschaft* 28.Jg. (2000), Nr. 2
- [Seifert und Rabe 2007] SEIFERT, Mikelskis ; RABE, Thorid: Physik-Methodik. In: *Cornelson Scriptor* 5 (2007)

## Erklärung

Ich versichere, dass ich die Arbeit eigenständig verfasst, keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen benutzt und die Stellen der Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut oder Sinn nach entnommen sind, in jedem einzelnen Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe. Das Gleiche gilt auch für die beigegebenen Zeichnungen, Kartenskizzen und Darstellungen.

Andreas Hennig

Paderborn, den 16.04.2009

Ich bin damit einverstanden, dass diese Hausarbeit nach Abschluss meiner Zweiten Staatsprüfung wissenschaftlich und pädagogisch interessierten Personen oder Institutionen zur Einsichtnahme zur Verfügung gestellt wird und dass zu diesem Zweck Ablichtungen dieser Hausarbeit hergestellt werden, sofern diese keine Korrektur- oder Bewertungsvermerke enthalten.

Andreas Hennig

Paderborn, den 16.04.2009

**Teil V.**

**Anlagen**

# A. Arbeitsblätter

## **B. Schülerlösungen**

## C. Fragebogen

## **D. Ausgefüllte Fragebögen**

## **E. Photos**