

Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Hauptschulen und Realschulen im Fach Arbeitslehre, eingereicht dem Amt für Lehrerbildung - Prüfungsstelle Gießen - .

Thema: **Entwicklung und Evaluation von Experimentier- und Aufgabenserien zum Elektromagnetismus im Technikunterricht**

Verfasser: Lisa Völkel
Mühlstraße 6
35390 Gießen

Gutachterin: Prof. Dr. Claudia von Aufschnaiter

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	Seite 1
2	Theoretischer Hintergrund	Seite 2
2.1	Was sind Planungsmodelle überhaupt?	Seite 2
2.2	Die Auswahl eines Planungsmodells	Seite 3
2.2.1	Didaktische Rekonstruktion	Seite 4
2.2.1.1	Fachliche Klärung	Seite 5
2.2.1.2	Erfassen von Lernerperspektive	Seite 5
2.2.1.3	Didaktische Strukturierung	Seite 6
2.2.1.4	Das Planen mit der Didaktischen Rekonstruktion	Seite 7
3	Entwicklung der Aufgabenserie	Seite 8
3.1	Fachliche Klärung	Seite 8
3.1.1	Die ersten Themenfelder	Seite 9
3.1.2	Die fertigen Themenfelder	Seite 9
3.2	Erfassen von Lernerperspektiven	Seite 18
3.2.1	Die Problematik der Schülervorstellungen	Seite 18
3.2.2	Lösungsansätze	Seite 18
3.2.2.1	Der kontinuierliche Lernweg	Seite 19
3.2.2.2	Der diskontinuierliche Lernweg	Seite 19
3.2.3	Schülervorstellungen der Themenfelder	Seite 20
3.3	Didaktische Strukturierung	Seite 27
3.3.1	Die Sozialstruktur	Seite 27
3.3.2	Methodenentscheidung	Seite 28
3.3.3	Die Durchführung der Aufgabenserie	Seite 29
3.3.4	Zielentscheidung	Seite 30
3.3.5	Vereinbarung der Themenfelder, der Schülervorstellungen und der Lernziele mit der Aufgabenserie	Seite 34
3.3.5.1	Zur Entwicklung der Aufgabenblätter	Seite 34

	3.3.5.2	Lernziele, Themenschwerpunkte der Aufgabenserie und Bemerkungen zur Schülerperspektive	Seite 35
	3.3.5.3	Aufgabenübersicht	Seite 35
4		Fragestellungen	Seite 39
	4.1	Schülervorstellungen	Seite 39
	4.2	Lernziele	Seite 40
	4.3	Vorwissen der Schüler	Seite 40
	4.4	(Des-) Interesse gegenüber (Teilen) der Aufgabenserie durch Schüler	Seite 40
	4.5	Die Arbeitsblätter	Seite 40
	4.6	Lehrerverhalten während der Bearbeitung der Aufgabenserie	Seite 41
5		Datenerhebung und methodisches Vorgehen	Seite 41
	5.1	Zusammensetzung der Probanden – Gruppe	Seite 41
	5.2	Erprobung der Lerneinheit	Seite 42
	5.3	Erhebung der Daten	Seite 44
	5.4	Auswertung der Daten	Seite 45
	5.4.1	Auswertung der Videos	Seite 45
	5.4.2	Auswertung der Arbeitsblätter	Seite 46
6		Ergebnisse der Arbeit	Seite 47
	6.1	Analyse der Videodaten	Seite 47
	6.2	Analyse der Arbeitsblätter	Seite 89
	6.3	Eigens beobachtete Schülervorstellungen	Seite 110
7		Zusammenfassung der Ergebnisse	Seite 110
	7.1	Schülervorstellungen	Seite 111
	7.2	Lernziele	Seite 114
	7.3	Vorwissen der Schüler	Seite 121
	7.4	(Des-) Interesse gegenüber (Teilen) der Aufgabenserie durch Schüler	Seite 122
	7.5	Die Arbeitsblätter	Seite 123
	7.6	Lehrerverhalten während der Bearbeitung der Aufgabenserie	Seite 126
8		Zusammenfassung und Ausblick	Seite 126

9	Literaturverzeichnis	Seite 131
10	Bildnachweis	Seite 133
	Anhang	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersicht didaktische Rekonstruktion	Seite 4
Abbildung 2:	Eisenfeilspanbild eines stromdurchflossenen Leiters	Seite 13
Abbildung 3:	Eisenfeilspanbild eines Stabmagneten	Seite 13
Abbildung 4:	Eisenfeilspanbild einer Spule	Seite 13
Abbildung 5:	Eisenfeilspanbild ungleichnamiger Pole	Seite 14
Abbildung 6:	Eisenfeilspanbild gleichnamiger Pole	Seite 14
Abbildung 7:	Verlauf der Feldlinien um einen stromdurchflossenen Leiter	Seite 16
Abbildung 8:	Linke-Hand-Regel	Seite 16
Abbildung 9:	Feldlinien eines Leiters (links: Blick von oben)	Seite 25
Abbildung 10:	Feldlinien eines Leiters (rechts: Blick von der Seite)	Seite 25
Abbildung 11:	Zusammensetzung der Gruppen und die Raumstruktur	Seite 44
Abbildung 12:	Wird Aluminium vom Magneten angezogen?	Seite 91
Abbildung 13:	Wird die 20 Cent – Münze vom Magneten angezogen?	Seite 92
Abbildung 14:	Beschrifte den Magneten	Seite 93
Abbildung 15:	An welchen Stellen zieht der Elektromagnet Eisen an?	Seite 95
Abbildung 16:	Würde der Elektromagnet auch einen Aluminiumnagel anziehen?	Seite 95
Abbildung 17:	Absolute und relative Häufigkeit von Schülern mit einer bestimmten Antwortkategorie (Aufgabe A2)	Seite 105
Abbildung 18:	Wie viele Aufgaben konnten die Schüler in einer Doppelstunde bearbeiten?	Seite 125

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Aufgabenübersicht	Seite 38
Tabelle 2:	Schülerergebnisse A6: Wie stark sind Elektro- und Stabmagnet?	Seite 100
Tabelle 3:	Schülerergebnisse Versuch A8: Elektromagneten gibt es mit unterschiedlichen Windungszahlen	Seite 108
Tabelle 4:	Bearbeitete Aufgabenblätter der Schüler in einer Doppelstunde	Seite 125

1 Einleitung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Themenfeld des Elektromagnetismus und dessen Umsetzung in der Schule. Das Wirkungsprinzip von Elektromagneten wird beispielsweise für die Funktion von Relais, Türklingeln oder Türöffnermagneten, Elektromotoren oder Generatoren verwendet. Somit beruht dieses Thema auf wesentlich physikalischem Grundprinzip, wodurch das Thema im Lehrplan gerechtfertigt ist.

In dieser Arbeit stehen die Entwicklung einer Lerneinheit zum Thema Elektromagnetismus mit einem Einstieg durch das Thema Magnetismus, deren Durchführung mit einer Schulklasse und die Auswertung der Erprobung im Vordergrund. Die Aufgabenserie zum Thema Elektromagnetismus basiert auf der Eigenaktivität der Schüler¹. Die Schüler stehen hier also im Vordergrund und sollen sich die wesentlichen Grundkenntnisse zum Thema selbst erarbeiten. Dafür stehen ihnen speziell erstellte Aufgabenblätter und ausgewähltes Material zur Verfügung. Damit die Schüler die Aufgabenblätter durch eine hohe Eigenaktivität bearbeiten und ihre physikalischen Kompetenzen gewinnbringend erweitern können, erfordert dies eine sehr gründliche Vorbereitung, verbunden mit einem vergleichsweise hohen Zeitaufwand in der Planung. Die Planung muss auf jeden Fall die Schülerperspektive, eine umfangreiche fachliche Klärung und eine didaktische Strukturierung berücksichtigen.

Diese Examensarbeit stellt einen ersten möglichen Entwurf einer Erprobung des Themas Elektromagnetismus mit einer hohen Eigenaktivität der Schüler dar. Daraus folgt, dass dieser Entwurf niemals perfekt geplant werden kann. Die praktische Erprobung wird Fehler ausweisen, die man in der theoretischen Planung nicht bedacht hat. Damit der Entwurf stetig verbessert werden kann, sollte dieser entsprechend der Auswertung der in dieser Arbeit erhobenen Daten der Durchführung erneut überarbeitet und erprobt werden. Eventuell könnten sich dann weiterhin erneute Überarbeitungen und Erprobungen anschließen.

¹ Ich bin mir der Geschlechterproblematik durchaus bewusst, so dass die zukünftig verwendete maskuline Form lediglich der Vereinfachung des Lesens dient und impliziert, wenn nicht extra gekennzeichnet, immer beide Geschlechter.

Hervorzuheben ist unabhängig davon, dass die Durchführung der Aufgabenserie von Lerngruppe zu Lerngruppe immer wieder unterschiedlich ausfallen kann. Das könnte abweichende Ergebnisse der Durchführung und der Auswertung bedingen. Das sind jedoch Fakten, die auf andere Unterrichtsstundenplanungen auch zutreffen. Wichtig ist, dass man seinem erstellten Unterrichtsplan kritisch gegenübersteht und sich gegenüber Verbesserungen nicht verschließen darf.

Im ersten Schritt der Examensarbeit wird der Theoretische Hintergrund der Arbeit, sprich das Planungsmodell, wonach die Aufgabenserie entworfen wurde, vorgestellt. Darauf folgt eine Vorstellung der Entwicklung der Aufgabenserie, mit Berücksichtigung der fachlichen Klärung, der Erfassung der Schülerperspektive und der didaktischen Strukturierung. Dieses Kapitel beinhaltet am Ende eine tabellarische Übersicht der Aufgabenserie mit Berücksichtigung der drei wesentlichen Planungskriterien. Es folgt ein Kapitel mit Fragestellungen, welche einen Rahmen für die Evaluation der erhobenen Daten der Durchführung geben. Kapitel fünf gibt einen Überblick über die Datenerhebung und ihr methodisches Vorgehen. Hier wird vorgestellt, auf welche Art und Weise die Aufgabenserie erprobt wurde und die erhobenen Daten der Durchführung ausgewertet wurden. Im sechsten Kapitel werden die Ergebnisse der Videodaten und der Aufgabenblätter vorgestellt. Im darauf folgenden Kapitel werden die Ergebnisse an Hand der in Kapitel vier erstellten Fragestellungen ausgewertet. Abschließend werden alle Ergebnisse der Aufgabenserie im Hinblick auf einen Ausblick für künftige Unterrichtsplanungen kurz zusammengefasst.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Was sind Planungsmodelle überhaupt?

Jeder Unterricht muss durch den jeweiligen Fachlehrer wohl überlegt und geplant werden. Es existieren einige entwickelte Planungsmodelle, welche zur Unterstützung zum Planen von Unterricht eingesetzt werden können und Lehrenden somit richtungweisende Hilfestellungen bieten.

Die Examensarbeit von Sebastian Birx (v. 2008) gibt Aufschluss über einige wichtige und bekannte Planungsmodelle: Das Berliner Modell (u.a. Jank & Meyer, 1991), das Hamburger Modell (u.a. Jank & Meyer, 1991) das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (u. a. Jank & Meyer, 1991; Krüger & Vogt, 2007) und das Grundraster zur Unterrichtsplanung (Meyer, 2007). Allen Planungsmodellen ist gemeinsam, dass sie versuchen, das komplexe Zusammenspiel der zahlreichen Unterrichtsvariablen für den Lehrenden transparent zu machen, so dass dieser seinen Unterricht angemessen und zielorientiert planen kann.

Im Zentrum einer guten Unterrichtsplanung steht die Berücksichtigung des komplexen Zusammenspiels der zahlreichen Unterrichtsvariablen (Duit & Wodzinski, 2006), beispielsweise bestimmt durch die Verschiedenheit von Methoden, von Themen, von der Zielsetzung des Unterrichts, von Schülervoraussetzungen oder von räumlichen- und materiellen Ausstattungen. Demnach muss von Schule zu Schule, von Lerngruppe zu Lerngruppe, von Lehrerpersönlichkeit zu Lehrerpersönlichkeit usw. jeder Unterricht individuell nach den gegebenen Voraussetzungen geplant werden, welche sich jedoch stetig ändern können.

Planungsmodelle widersprechen also einer sturen Abarbeitung von Bausteinen zur Planung eines guten Unterrichts, wie beispielsweise bei einem Kochrezept. Sie stehen vielmehr für Hilfestellungen beim Planen von Unterricht für den Lehrenden in Form von richtungweisenden und zielorientierten Planungsbausteinen, deren Grundstock ein dynamisches Wechselspiel von Variablen darstellt.

2.2 Die Auswahl eines Planungsmodells

Für die Planung meiner Aufgabenserie habe ich mich für das Modell der Didaktischen Rekonstruktion entschieden.

2.2.1 Didaktische Rekonstruktion

Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion wurde in einem Forschungsprogramm der Biologiedidaktik von Ulrich Kattmann und Harald Gropengießer in Oldenburg mit Hilfe der Zusammenarbeit von Reinders Duit und Michael Komorek entwickelt. Im Zentrum des Forschungsprogramms standen ursprüngliche fachdidaktische Fragestellungen.

Das Forschungsvorhaben konzentriert sich nicht allein auf allgemeine Unterrichtsprozesse und Lerndispositionen, sondern bezieht den fachlichen konzeptuellen Bezug mit ein. Das Forschungsprogramm zielt also darauf ab, einen Gleichklang von Wissensvermittlung und den damit unmittelbar verbundenen pädagogischen Aspekten herzustellen.

Das Modell stellt drei Untersuchungsaufgaben in wechselseitige Beziehung zueinander:

- Didaktische Strukturierung
- Fachliche Klärung
- Erfassen von Lernperspektive

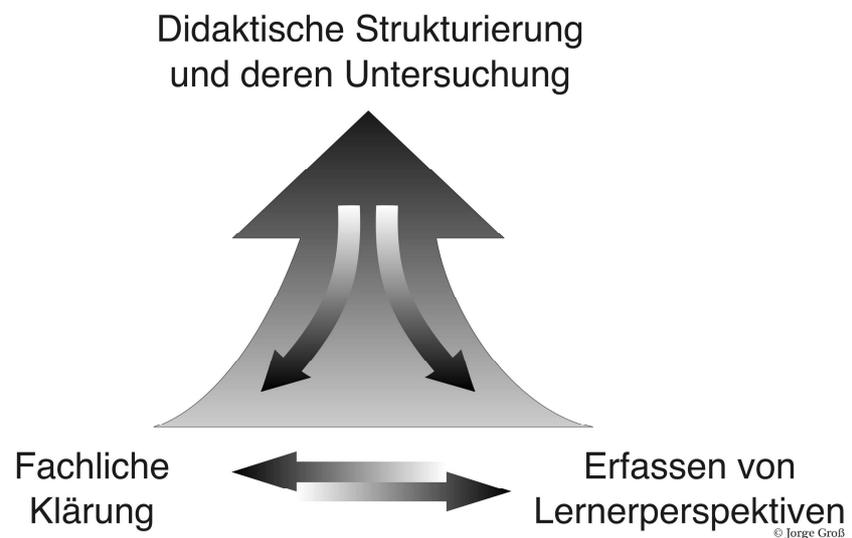


Abb. 1 Übersicht didaktische Rekonstruktion

2.2.1.1 Fachliche Klärung

Ziel der fachlichen Klärung liegt nach Krüger und Vogt „in der kritischen und methodisch kontrollierten systematischen Untersuchung fachwissenschaftlicher Aussagen, Theorien, Methoden und Termini aus fachdidaktischer Sicht, also in Vermittlungsabsicht.“ (Krüger & Vogt, 2007, S. 94). Für den Zweck der Aneignung von Fachwissen sollte aktuelle, sowie historische Fachliteratur herangezogen werden. Genutzt werden können hier zum Beispiel fachwissenschaftliche Essays, Gutachten oder Lehrbuchtexte.

Nachfolgend werden zwei zentrale Aufgaben der fachlichen Klärung hervorheben, welche ich für Lehrpersonen an der Schule als besonders wichtig erachte.

1. Sammlung aller fachwissenschaftlichen Aussagen und Gesetzmäßigkeiten zu einem bestimmten Thema (Krüger & Vogt, 2007).
2. Welchen Ursprung, welche Funktion und Bedeutung verfolgen die wissenschaftlichen Vorstellungen und in welchem Kontext stehen sie?

Der fachlichen Klärung liegen noch fünf weitere Fragestellungen zu Grunde, welche im Buch von Krüger & Vogt (2007) vorgestellt werden.

2.2.1.2 Erfassen von Lernerperspektive

Die zweite und ebenso wichtige Aufgabe wie die oben beschriebene fachliche Klärung von Lehrenden liegt im Erfassen der Lernerperspektive der Unterrichteten. Hier sollte der Lehrende die individuellen Lernvoraussetzungen seiner Schüler in den Vordergrund stellen. Unter anderem sollen hier auch die aus Alltagserfahrungen resultierenden Schülervorstellungen betrachtet werden (Krüger & Vogt, 2007). Alltagserfahrungen stammen aus Vorstellungen, welche die Schüler im Umgang mit Phänomenen wie Wärme, Schall, Bewegung und Licht aufgebaut haben.

So entstehen Alltagserfahrungen also aus eigenen Erfahrungen mit der alltäglichen Physik, werden aber auch durch die Alltagssprache, wie zum Beispiel „Strom wird verbraucht“ manifestiert (Duit, R., 2004). Solche Alltagsvorstellungen sind, besonders in Bezug zu naturwissenschaftlichen Fragen beträchtlich widerstandsfähig und belehrungsresistent (Meyer, H., 2004). Untersuchungsgegenstände zum Erfassen der Lernperspektive stellen beispielsweise kognitive, affektive und psychomotorische Voraussetzungen oder aber auch der Bezug zum altersbezogenen Wissensstand der Schüler dar (Krüger & Vogt, 2007). Individuelle Lernbedingungen und –Voraussetzungen der Schüler sollen unter diesem Punkt im Bezug auf die Planung von Unterricht berücksichtigt werden.

Folgende Fragestellungen können nach Krüger und Vogt (2007) bei der Bearbeitung der Erfassung der Lernerperspektive unter anderen nützlich sein:

- Welche Schülervorstellungen bezüglich fachbezogenen Kontexte gibt es?
- In welchen Kontext ordnen die Lernenden ihre Schülervorstellungen ein?
- Auf Grund von welchen Erklärungsmustern und Wertungen sind diese Schülervorstellungen entstanden?
- Welcher Wissensstand bietet den Grundstock der Lernenden für ihre Schülervorstellungen?
- Was verstehen die Lernenden unter Wissenschaft?

2.2.1.3 Didaktische Strukturierung

Die didaktische Strukturierung umfasst den Planungsprozess, welcher die Ziel-, Inhalts- und Methodenentscheidungen für den Unterricht enthält. Hier sollte man beispielsweise Fragen zur Gestaltung von Lernangeboten oder Lernumgebungen beantworten. Einen Grundstock für die didaktische Strukturierung liefern innerfachliche-, zwischenfachliche-, sowie überfachlichen Komponenten. Die didaktische Strukturierung basiert auf den Ergebnisse der fachlichen Klärung und der Erfassung der Lernerperspektive, steht jedoch gleichzeitig in wechselseitiger Beziehung zu diesen.

Im Zentrum der didaktischen Strukturierung steht die Kompetenzentwicklung der Schüler, für die eine möglichst optimal gestaltete Lernumgebung zur Verfügung gestellt werden muss. Hier ist zum Beispiel aus Lehrersicht darauf zu achten, dass nicht jede Unterrichtsmethode zu jedem Lernziel passt.

Folgende Fragestellungen können bei der Bearbeitung der didaktischen Strukturierung unter anderen behilflich sein:

- Welches sind die prägnantesten Schülervorstellungen, die im Unterricht auf jeden Fall berücksichtigt werden sollten?
- Welche unterrichtlichen Möglichkeiten bietet die Betrachtung der Schülerperspektive?
- Existieren Schülervorstellungen, welche mit wissenschaftlichen Konzepten positiv korrelieren und somit für ein ertragreiches Lernen eingesetzt werden können?

2.2.1.4 Das Planen mit der Didaktischen Rekonstruktion

Die Stärken dieses Modells liegen, im Gegensatz zu anderen unabhängigen Forschungsarbeiten, darin, dass die fachwissenschaftliche Sachstruktur mit lernpsychologischen Prinzipien vereint wird. Da die drei Untersuchungsaufgaben in Wechselwirkung zueinander stehen, sind sie folglich jeweils auch voneinander abhängig. Das Vorgehen einer Unterrichtsplanung nach der didaktischen Rekonstruktion ist deshalb rekursiv. Beim Bearbeiten einer Untersuchungsaufgabe kann es beispielsweise sein, dass rückwirkend eine andere Untersuchungsaufgabe ergänzt werden muss oder andere Schwerpunkte gesetzt werden müssen. Die Untersuchungsaufgaben entwickeln sich also miteinander, jederzeit kann eine Untersuchungsaufgabe eine der beiden Anderen beeinflussen. Ein striktes Abarbeiten der Untersuchungsaufgaben nach Reihenfolge ist somit nicht möglich.

3 Entwicklung der Aufgabenserie

Wie schon beschrieben, wurde die Aufgabenserie im Sinne des Modells der Didaktischen Rekonstruktion entworfen. Die Planung der Aufgabenserie startete bei der Klärung der fachlichen Inhalte. Folglich wird dieses Vorgehen zuerst vorgestellt. Dann folgt die Vorstellung des Erfassens der Lernerperspektive. Den Abschluss stellt die didaktische Strukturierung dar. Da sich die Untersuchungsaufgaben wechselseitig jedoch beeinflussen, ist die Einteilung in die drei Untersuchungsaufgaben Fachliche Klärung, Erfassen der Lernerperspektive und didaktische Strukturierung aus Gründen der Übersichtlichkeit gegliedert worden. Es könnte sein, dass man folgend wiederholt Hinweise auf eine wechselseitige Entwicklung und gegenseitige Beeinflussung vorfinden könnte, da kein striktes Abarbeiten der Untersuchungsaufgaben möglich ist.

3.1 Fachliche Klärung

Da das Thema der Examensarbeit „Entwicklung und Evaluation von Experimentier- und Aufgabenserien zum Elektromagnetismus im Technikunterricht“ lautet, begrenzt das die fachliche Klärung vorerst auf das Thema Elektromagnetismus. Erweitert wird das Themenfeld in sofern, da es eng mit dem Thema Magnetismus verwandt ist und dieses deshalb in der Planung berücksichtigt wurde.

Für die fachliche Klärung sollte notwendigerweise, wie in Kapitel 2.2.1.1 beschrieben, Fachliteratur herangezogen werden. Für den Arbeitsschritt der fachlichen Klärung wurden hauptsächlich Fachbücher, Themenhefte/- Bücher, Lexika, Schulbücher, Internet und naturwissenschaftliche Zeitschriftenartikel verwendet. Hier wurden absichtlich mehrere verschiedene Quellen genutzt, es wurde vermieden, dass man beispielsweise nur ein Schulbuch für die fachliche Klärung verwendet hat. Dadurch kann kontrolliert werden, dass der fachliche Hintergrund angemessen ist und auf wissenschaftlichen Tatsachen beruht.

Zu Beginn der fachlichen Klärung wurden Themenfelder ausgewählt, welche für das Erstellen der Aufgabenserie als wichtig erachtet wurden. Diese Themenfelder standen anfangs in ständigem Wandel, wie im Folgenden dargestellt werden soll.

3.1.1 Die ersten Themenfelder

Um sich einen ersten Überblick über die Strukturen der einzelnen Themenfelder machen und diese in eine sinnvolle Reihenfolge einbetten zu können, wurden zuerst die Abschnitte zum Thema Elektromagnetismus verschiedener Schulbücher miteinander verglichen. Schulbücher wurden gezielt auch deshalb genutzt, um die passenden fachlichen Inhalte, gemäß Jahrgangsstufe 7, herauszuarbeiten und somit dem Wissensstand der Zielgruppe entsprechen zu können. Genutzt wurden beispielsweise:

- Wege in die Physik 7 – 9
- Natur und Technik Physik 8, Neue Ausgabe
- Grundaussage Natur und Technik Physik
- Blickpunkt Physik

Solche Themenfelder, welche durch den Vergleich der verschiedenen Schulbücher entstanden sind, waren zunächst:

- Magnetische Wirkung des elektrischen Stroms
- Das Magnetfeld gerader Leiter
- Das Magnetfeld einer Spule
- Die Kraft eines Elektromagneten
- Der Magnet und seine Wechselwirkung
- Herstellung eines Magneten
- Ausrichtung einer Kompassnadel
- Der geschlossene Stromkreis

3.1.2 Die fertigen Themenfelder

Die ersten Themenfelder wurden anschließend teilweise umformuliert, durch weitere ergänzt oder gestrichen, miteinander verknüpft, mit zweckmäßigen Graphiken versehen und in geeignete Reihenfolge gegliedert. Die entstandenen Themenfelder wurden nun durch konkrete fachliche Erkenntnisse aus geeigneter fachwissenschaftlicher Literatur inhaltlich „ausgefüllt“.

Verwendete Literaturen waren zum einen weiterhin Literatur aus Schulbüchern, des Weiteren wissenschaftliche Bücher, wie:

- Bergmann-Schaefer, Lehrbuch der Experimentalphysik, Band II Elektrizität und Magnetismus
- Physikalische Schulexperimente
- Physik 2
- Physik
- Metzler Physik

Die Themenfelder enthalten weit mehr Fachwissen, als Lernende durch die Aufgabenserie erwerben können. Die fachliche Klärung sollte, wie in Kapitel 2.2.1.1 beschrieben, mehr Fachwissen enthalten, als im Unterricht tatsächlich gebraucht werden könnte. Durch fünfmaliges Überarbeiten der Themenfelder entstand die folgende fachliche Klärung, die sich auf acht verschiedene Themenfelder verteilt:

Themenfeld 1: Grundlegende Aspekte zum elektrischen Stromkreis
--

- Zum Betreiben eines elektrischen Gerätes wird eine Spannungsquelle benötigt.
- Eine elektrische Spannungsquelle kann zum Beispiel eine Batterie, eine beleuchtete Solarzelle, ein Netzgerät oder eine Steckdose sein.
- Die zwei Anschlussstellen der Spannungsquelle heißen Plus- und Minuspol.
- Das elektrische Gerät und die Spannungsquelle haben jeweils zwei Anschlussstellen.
- Wenn je eine Anschlussstelle des Gerätes mit je einem Anschluss der Spannungsquelle verbunden ist, so spricht man von einem geschlossenen Stromkreis (das kann eine direkte- oder indirekte Verbindung, mit oder ohne Kabel, sein!).
- Das elektrische Gerät kann nur funktionieren, wenn der Stromkreis geschlossen ist.

- Die zusätzlichen Verbindungen zwischen der Quelle und dem elektrischen Gerät werden als Leitungen bezeichnet.
- Der Minuspol ist durch einen Elektronenüberschuss (Ladungsüberschuss) gekennzeichnet.
- Der Pluspol ist durch einen Elektronenmangel (Ladungsmangel) gekennzeichnet.
- In einem geschlossenen Stromkreis werden freie Ladungsträger (Elektronen) vom Minuspol abgestoßen und vom Pluspol angezogen, wodurch ein Elektronenstrom vom Minus- zum Pluspol entsteht (Physikalische Stromrichtung).
- Die technische Stromrichtung (auch historische Stromrichtung genannt) ist vom Pluspol zum Minuspol definiert.
- Die physikalische Stromrichtung (Elektronenstromrichtung) ist vom Minuspol zum Pluspol definiert.
- Je nachdem, was man für ein elektrisches Gerät anschließen will, muss eine geeignete Spannungsquelle gewählt werden. Geeignete Hilfestellungen finden sich auf elektrischen Geräten mit einer Spannungs- und Stromstärkeangabe, auf welche die Spannungsquelle eingestellt werden muss.

Themenfeld 2: Der Magnet und seine Wechselwirkung

- Ein Magnet kann nur bestimmte Stoffe anziehen, wie zum Beispiel Eisen, Nickel, Kobalt und Gadolinium (oder besondere Metalllegierungen). Einige andere Metalle, diamagnetische Stoffe, wie zum Beispiel Wismut, Graphit oder Wasser, können nicht von einem Magneten angezogen werden.
- Stoffe, die von Magneten angezogen werden können, nennt man ferromagnetische oder paramagnetische (z.B. Aluminium) Stoffe.
- Kompassnadeln haben die gleichen Eigenschaften wie Magnete.
- Ein Magnet wird als Dauermagnet bezeichnet, da er, ohne äußere Einwirkungen, dauerhaft magnetisch bleibt.
- Die Enden jedes Magneten werden als Pole bezeichnet.
- In der Umgebung der Pole ist die magnetische Stärke besonders groß.

- Der Magnet hat zwei Pole (Dipol): Nordpol und Südpol, die sich jeweils gegenüber liegen.
- Der Pol, der nach Norden zeigt nennt sich Nordpol und ist meistens rot oder auch blau gekennzeichnet.
- Der Pol, der sich nach Süden ausrichtet, heißt Südpol und wird meistens grün markiert.
- Gleichnamige Pole (Nord-Nord oder Süd-Süd) stoßen sich gegenseitig ab.
- Ungleichnamige Pole (Nord-Süd oder Süd-Nord) ziehen sich gegenseitig an.
- Wenn sich Magnete frei drehen können, richten sie sich immer nach Norden und Süden aus.
- Der Nordpol des Magneten richtet sich nach dem magnetischen Südpol aus, welcher in der Nähe des geographischen Nordpols der Erde liegt.
- Der Südpol des Magneten richtet sich nach dem magnetischen Nordpol aus, welcher in der Nähe des geographischen Südpols der Erde liegt.

Themenfeld 3: Herstellung eines Magneten
--

- Mithilfe eines Magneten lassen sich aus bestimmten Metallen (z.B. Eisen, Nickel und Kobalt sowie bestimmte Metalllegierungen) selbst dauerhaft Magnete herstellen.
- Werden Magnete einem Stoff genähert, so führt dies zu einer sog. Magnetisierung des Stoffes, d.h. der Stoff wird selbst zu einem Magneten. Dabei wird je nach zugrunde liegenden Effekten zwischen Diamagnetismus, Paramagnetismus und Ferromagnetismus unterschieden. (Gobrecht, Gobrecht & Gobrecht, 1987). Die quantenmechanischen Ursachen dieser Effekte werden im Rahmen dieser Arbeit nicht thematisiert, da sie inhaltlich deutlich über das Schulniveau in der Mittelstufe hinausgehen. Entsprechende Darstellungen finden sich aber in Gobrecht, Gobrecht & Gobrecht (1987).
- Stoffe, die sich dauerhaft magnetisieren lassen (d.h. ohne Einfluss eines anderen Magneten), bezeichnet man als ferromagnetisch.

Alle folgenden Erläuterungen basieren auf dem Modell von Elementarmagneten

- Ferromagnetische Stoffe bestehen aus winzigen Teilen, die Elementarmagnete genannt werden und sich wie kleine Magnete verhalten, also jeweils einen Nord- und Südpol haben.
- Elementarmagneten können geordnet, sowie ungeordnet vorkommen.
- In einem unmagnetisierten Eisen-, Nickel- oder Kobaltstück sind alle Elementarmagnete verschieden ausgerichtet.
- Unmagnetisierte Stoffe weisen keine magnetische Wirkung nach außen auf.
- In einem magnetisierten Eisen-, Nickel- oder Kobaltstück wurden alle Elementarmagneten durch einen Magneten geordnet ausgerichtet, alle Südpole zeigen zu einer Seite, alle Nordpole zur anderen.
- Durch die Magnetisierung eines Stoffes wird der Stoff selbst zum Magneten.
- Durch starke Hitze oder Erschütterungen können die Elementarmagneten ihre einheitliche Ausrichtung wieder verlieren.

Themenfeld 4: Magnetfeld von Dauer- und Elektromagneten

- Für jeden Magneten lässt sich mithilfe von Eisenfeilspänen ein charakteristisches Bild anfertigen.
- Die Eisenfeilspäne – Bilder sind für Magneten gleicher Bauart gleich, können sich aber zwischen Magneten unterschiedlicher Bauart unterscheiden:

Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters:



Abb. 2 : Eisenfeilspanbild eines stromdurchflossenen Leiters

Magnetfeld eines Stabmagneten:

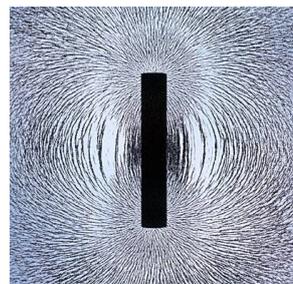


Abb. 3 : Eisenfeilspanbild eines Stabmagneten

Magnetfeld einer Spule:

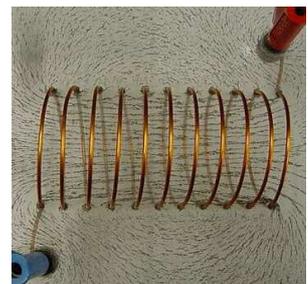


Abb. 4: Eisenfeilspanbild einer Spule

- Eisenfeilspäne ordnen sich in geschlossenen Linien um den Magneten an und führen von einem zum anderen Pol.
- Die kreisförmig geschlossenen Feldlinien haben immer eine bestimmte Richtung.
- Für sich anziehende und abstoßende Pole ergeben sich unterschiedliche Bilder:

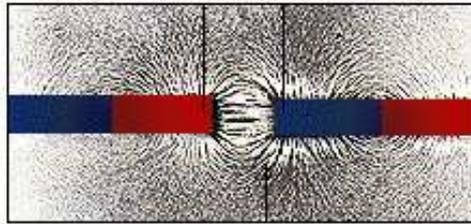


Abb. 5: Eisenfeilspanbild ungleichnamiger Pole

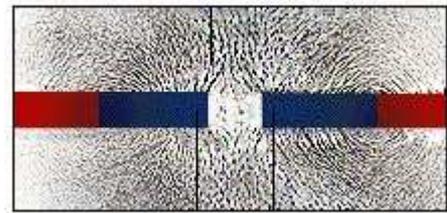


Abb. 6: Eisenfeilspanbild gleichnamiger Pole

- Durch das Magnetfeld gibt es an jeder Stelle in der Umgebung eine magnetische Wirkung.
- Durch diese magnetische Wirkung können ferromagnetische oder paramagnetische Gegenstände bewegt werden.
- Magnetische Felder sind unsichtbar und lassen sich nur durch Kraftwirkungen auf ferromagnetische Stoffe nachweisen.
- Das Magnetfeld besteht aus vielen Feldlinien, nach denen sich Eisenfeilspäne, sowie Magnetnadeln ausrichten.
- Feldlinien wirken auch innerhalb der Dauer- und Elektromagneten.
- Die Magnetfelder sind theoretisch unendlich weit, wobei man die Kraftwirkung auf ferromagnetische Stoffe nur in der näheren Umgebung beobachten kann.
- Die Stärke eines Magnetfelds an einem bestimmten Punkt kann nach der Menge der Eisenteile (wie zum Beispiel Schrauben), die angezogen werden, beurteilt werden.
- Je dichter Feldlinien sind, desto größer ist die magnetische Kraft, die an dieser Stelle auf ferromagnetische Stoffe wirkt.
- Die Kraft des Magnetfelds wirkt am Nord- sowie am Südpol am meisten.

Themenfeld 5: Magnetische Wirkung des elektrischen Stroms

- Eine Magnetnadel unter einem nicht vom Strom durchflossenen Leiter stellt sich in Nord-Süd-Richtung ein.
- Fließt elektrischer Strom durch den Leiter, wird die Kompassnadel abgelenkt.
- Die Kompassnadel wird umso mehr abgelenkt, je größer die Stromstärke im stromdurchflossenen Leiter ist.
- Die Kompassnadel wird umso mehr abgelenkt, je geringer der Abstand zwischen Kompassnadel und stromdurchflossenen Leiter ist.
- Wird die Stromrichtung im stromdurchflossenen Leiter umgekehrt, wird die Kompassnadel in die entgegengesetzte Richtung ausgelenkt.
- Wird der elektrische Strom ausgeschaltet, gibt es keine magnetische Wirkung mehr, die Kompassnadel stellt sich wieder in Nord-Süd-Richtung der Erdkugel aus.
- Den Effekt, dass stromdurchflossene Leiter magnetische Gegenstände ablenken, bezeichnet man als magnetische Wirkung (Entstehung von Magnetfeldern) des elektrischen Stroms.
- Die magnetischen Wirkungen von stromführenden Leitern sind auf die Bewegung elektrischer Ladungen zurückzuführen.
- Vertauschen der Anschlüsse bewirkt das Tauschen der Pole: Der Nordpol wird zum Südpol; Der Südpol wird zum Nordpol.
- Je größer die Stromstärke, desto größer die magnetische Wirkung des Magnetfelds.

Themenfeld 6: Magnetfelder stromdurchflossener Leiter

- Die Feldlinien des Magnetfelds eines stromdurchflossenen Leiters verlaufen kreisförmig um den Leiter:

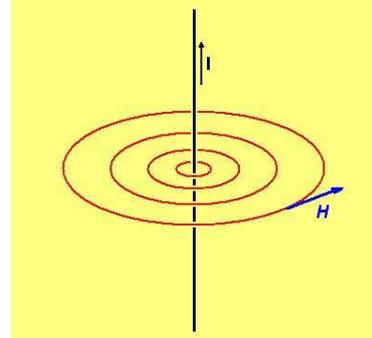


Abb. 7: Verlauf der Feldlinien um einen stromdurchflossenen Leiter

- Mithilfe einer Kompassnadel oder der „Linke-Hand-Regel“ lässt sich die Richtung der Feldlinien bestimmen.

- Linke-Hand-Regel: Man umfasst den Leiter so, dass der abgespreizte Daumen die physikalische Stromrichtung (die des Elektronenflusses) anzeigt. Der Daumen muss also zum Pluspol der Energiequelle zeigen. Die restlichen Finger weisen, beim Umfassen des Leiters, nun die Richtung des entstehenden Magnetfelds an.

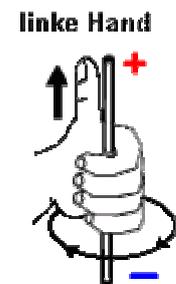


Abb. 8: Linke-Hand-Regel

- Je größer die Stromstärke, die durch einen stromdurchflossenen Leiter fließt, ist, desto stärker ist das daraus resultierende Magnetfeld.

Themenfeld 7: Das Magnetfeld einer Spule

- Das durch Eisenfeilspäne hergestellte Feldlinienbild der Spule gleicht dem eines Stabmagneten.
- Eine stromdurchflossene Spule besitzt an ihren Öffnungen einen Nord- und Südpol.
- Innerhalb der Spule verlaufen alle Feldlinien annähernd parallel und gleich dicht in dieselbe Richtung.
- Außerhalb der Spule verlaufen die Feldlinien bogenförmig in einem größeren Abstand durch den Raum von einer Spulenöffnung zur anderen.
- Die Magnetfelder der einzelnen Leiterschleifen einer Spule addieren sich und ergeben somit ein magnetisches Gesamtfeld der Spule.
- Der Nordpol befindet sich an der Stelle, wo die Feldlinien aus der Spule austreten.
- Der Südpol befindet sich dort, wo die Feldlinien in die Spule eintreten.

Themenfeld 8: Die Kraft eines Elektromagneten

- Eine stromführende Spule mit einem Eisenkern wird als Elektromagnet bezeichnet.
- Wird ein Eisenkern in die Spule gesteckt, erhöht sich die Magnetkraft der mit Strom durchflossenen Spule um ein vielfaches.
 - Der Eisenkern wird selbst zum Magneten, weil das Magnetfeld der Spule die Elementarmagnete des Eisenkerns beeinflussen und diese dadurch alle in dieselbe Richtung gedreht werden.
- Bis auf einen bestimmten Restmagnetismus schwindet die magnetische Kraft aus dem Eisenkern nach Ausschalten des elektrischen Stroms. Die Elementarmagneten kehren wieder in ihre ursprüngliche, regellose (ungeordnete) Lage zurück (Halberstadt & Arndt, 1972).
- Haben zwei gleich lange Spulen unterschiedlich viele Windungen, dann hat diejenige mit mehr Windungen die größere Magnetkraft.

3.2 Erfassen von Lernerperspektiven

3.2.1 Die Problematik der Schülervorstellungen

Schülervorstellungen sind insbesondere im naturwissenschaftlichen Kontext sehr widerstandsfähig und beständig. Das liegt unter anderem daran, dass der Alltag der gesamten Gesellschaft zu einem großen Teil durch naturwissenschaftliche Gegebenheiten geprägt ist. Hier werden Erklärungsversuche für vorhandene naturwissenschaftliche Beobachtungen zu Themen wie Wärme, Elektrizität, Kraft, Wärme oder Licht für den Laien mehr oder weniger fachwissenschaftlich verständlich gemacht. Trotz unterrichtlich herbeigeführten Aufklärungen der „falschen“ Schülervorstellungen, dominieren die fälschlichen Alltagsvorstellungen oftmals darüber hinaus. Alltagserfahrungen der Schüler überlagern häufig in der Schule gelerntes Fachwissen, da Alltagserfahrungen im Sprachgebrauch der Gesellschaft integriert wurden und somit häufiger aktiviert werden (Meyer, H., 2004).

Schülervorstellung stellen also insofern ein Problem für Schüler dar, dass diese oftmals nicht verstehen können, was sie im Unterricht hören oder sehen oder was sie in Schulbüchern lesen.

Es gilt also, einen Unterricht zu entwerfen, in denen die Schülervorstellungen berücksichtigt sein müssen. Die Schülerperspektive sollte also einerseits Anknüpfungspunkt eines jeden, gerade naturwissenschaftlichen, Unterrichts darstellen, andererseits kann sie für die Schüler ein Lernhemmnis darstellen. Somit stellen die Schülervorstellungen den Ausgangspunkt des Lernens, sowie gleichzeitig ein Lernhemmnis dar (Duit, R., 2004).

3.2.2 Lösungsansätze

Eine konstruktivistische Sicht des Lernens kann den Schülern helfen, den Schwierigkeiten mit ihren Alltagsvorstellungen entgegenzuwirken, dies zumindest effektiver, als manch andere Lernansätze. Nach der konstruktivistischen Sichtweise sollen sich die Schüler auf dem Grundstock ihrer Alltagsvorstellungen selbst neues Wissen aneignen. Ganz nach dem Prinzip „Learning by doing“ sind die Schüler somit für ihr Lernen selbst verantwortlich.

Verschiedene Studien haben jedoch nachweisen können, dass Schülervorstellung trotz fachwissenschaftlichen Erkenntnissen und Einsichten der Schüler im Unterricht sehr hartnäckig sind und bestehen bleiben. Ziel des Unterrichtens sollte also vielmehr sein, die Schüler „Schritt für Schritt zu überzeugen, dass die physikalische Sichtweise in *bestimmten Situationen* angemessener und fruchtbarer ist als ihre Schülervorstellungen“. (Duit, R., 2004, S.3).

Folgend werden der kontinuierliche und der diskontinuierliche Lernweg zum Umgang mit Schülervorstellungen im Unterricht beschrieben.

3.2.2.1 Der kontinuierliche Lernweg

Im Vordergrund des kontinuierlichen Lernweges steht ein möglichst harmonischer und „bruchloser“ Weg, durch den Schülervorstellungen in physikalische Vorstellungen übertragen werden sollen. Hier knüpft man an Vorstellungen an, dessen Alltagsvorstellungen nicht oder nur wenig den physikalischen Vorstellungen widersprechen. Dies soll den Lernenden Schritt für Schritt ermöglichen, an die physikalische Sichtweise herangeführt zu werden. Die Lehrperson kann hier beispielsweise dem Lernenden vermitteln, dass dieser durchaus etwas Richtiges meint, dies in der Physik aber anders benannt wird (Duit, R., 2004).

3.2.2.2 Der diskontinuierliche Lernweg

Im Vordergrund des diskontinuierlichen Lernweges steht eine plötzliche Einsicht der Lernenden, welche einen kognitiven Konflikt erlaubt. Man stellt zum Beispiel Schülervorstellungen und physikalische Vorstellungen gegenüber oder man zeigt, dass Vermutungen nicht zum Ausgang eines Experimentes passen.

Untersuchungen zeigen jedoch, dass eine kognitive Kontroverse oftmals nicht ausreicht, um Lernende von physikalischen Ansichten überzeugen zu können. In einigen Fällen haben die Schüler sogar Schwierigkeiten, überhaupt einen Konflikt feststellen zu können (Duit, R., 2004).

3.2.3 Schülervorstellungen der Themenfelder

Im Folgenden werden mögliche Schülervorstellungen zu den einzelnen, in Kapitel 3.1.2 vorgestellten, Themenfeldern aufgezeigt. Die Schülervorstellungen der einzelnen Themenfelder sind in literarisch nachweisbare und eigene Annahmen, die während der Erarbeitung der fachlichen Klärung entstanden, gegliedert. Ergänzend soll hier festgehalten werden, dass die Schülervorstellungen in den einzelnen Themenfeldern nur im Hinblick auf die Entwicklung der Aufgabenserie entstanden sind. Allein zum Themenfeld 1 gibt es zahlreiche weitere Schülervorstellungen, die hier jedoch nicht erwähnt werden.

Schülervorstellungen zum Themenfeld 1: Grundlegende Aspekte zum elektrischen Stromkreis

Schülervorstellungen nach Literatur

Häufig stellt man bei Schülern die Meinung fest, dass Strom in der Batterie gespeichert wird, zum Gerät fließt und dort verbraucht wird. Unterstützt wird das oftmals durch die Bezeichnung elektrischer Geräte als Verbraucher (Duit, 1989a).

Die Notwendigkeit des geschlossenen Stromkreises ist den Schülern nicht immer bewusst. Die Schüler denken mehrfach, dass eine leitende Verbindung zwischen Spannungsquelle und Elektrogerät genügt. (Oftmals durch Alltagsgegenstände gefestigt). Wenn der Versuch mit einem Kabel nicht funktioniert, vermuten viele Schüler, dass Geräte defekt sind oder mit ungeeigneten Materialien experimentiert wurde. Ergänzung eines zweiten Kabels bringt dann „mehr Strom“ -> Zweiführungsvorstellung (Duit, 1989a).

Der Begriff elektrischer Strom wird laut Untersuchungen häufig mit der Bedeutung des physikalischen Begriffs Energie vertauscht. Dadurch bleibt die Bedeutung des elektrischen Stroms oftmals im Unklaren (Duit, 1989a).

Teilweise bezeichnen Schüler den Strom als Plus- oder Minusstrom (Duit, 1989).

Schülervorstellungen nach eigener Annahme

Auftreten von Schwierigkeiten wegen unterschiedlicher Definition der Stromfließrichtung (physikalisch/technisch), da beide Definitionen in verschiedenen Schulbüchern zu finden sind.

Schülervorstellungen zum Themenfeld 2: Der Magnet und seine Wechselwirkung
--

Schülervorstellungen nach Literatur

Schülervorstellung: Der Magnet hat eine besondere Art Klebstoff, der das Eisen festhält. Wenn die Schüler dann versuchen, den Klebstoff wegzuwischen und das funktioniert nicht, weichen sie trotzdem nicht von ihrer Meinung ab, denn der Kleber muss ein Besonderer sein (Duit, 1989b).

Schüler neigen dazu, die Phänomene des Magnetismus mit dem Phänomen der Gravitation zu beschreiben (Duit, 1989b).

Das Phänomen der Abstoßung gleichnamiger Pole ist für Schüler nur schwer vorstellbar. In den Schüler existieren Vorstellungen wie „zwei gleiche Pole oder verschiedene Magneten gehen nicht aneinander“, da sie „wie Feinde sind“ oder das es „nur an einer bestimmten Seite geht“. Vielleicht vermuten auch einige Schüler, dass es mit der „Kraft“ zusammenhängt (Matzig & Reddeck, 2005).

Schüler tendieren dazu, den Magneten eher an Hand seiner zwei Pole zu beschreiben. Die Vorstellung über Feldlinien oder deren Richtung rückt hier eher in den Hintergrund (Volkmer, 1996).

Schülervorstellungen nach eigener Annahme

Die Schüler könnten häufig dazu neigen, zu vermuten, dass der Magnet alle Metalle anzieht. Hier handelt es sich jedoch nur um ferromagnetische Stoffe, welche vom Magneten angezogen werden können.

Einige Schüler könnten Schwierigkeiten beim Zuordnen der geographischen und magnetischen Pole haben. Hier könnte dem geographischen Nordpol beispielsweise der magnetische Nordpol und analog dem geographischen Südpol der magnetische Südpol zugeordnet werden.

Die Schüler könnten mehrfach Probleme haben, sich vorzustellen, dass die magnetischen Pole der Erde ihre Richtung verändern.

Die Vorstellung eines magnetischen Feldes auf der Erde könnte den Schülern oftmals schwer fallen, da man es nicht sehen oder anfassen kann.

Schülervorstellungen zum Themenfeld 3: Herstellung eines Magneten

Schülervorstellungen nach Literatur

Die Schüler neigen häufig dazu, den Teilchen gerade die Eigenschaften zuzuordnen, die durch das Teilchenmodell erklärt werden. Der Status der Deutung der Teilchenmodelle scheint vielen Schülern nicht klar zu werden. Schüler neigen demnach zu den Vorstellungen des Atomismus (Duit, 1989b).

Beim Modell der Elementarmagnete wird der Magnetismus durch den Magnetismus von kleineren Teilchen gedeutet. Dadurch wird in der Schule häufig eine Erklärungsart gewählt, zu denen Schüler oftmals von sich aus neigen.

Hier muss notwendigerweise hervorgehoben werden, dass es sich nur um ein Deutungsmuster handeln, damit man sich das Phänomen besser vorstellen kann. Elementarmagneten bewegen sich tatsächlich nicht mechanisch und sehen nicht aus wie kleine Stabmagneten (Duit, 1989b).

Schülervorstellungen nach eigener Annahme

Die Schüler könnten Vorstellungen aufbauen, nach denen man jedes Metall zu einem Magneten machen kann.

Die Erläuterung des Magnetisierens ferromagnetischer Stoffen aus fachlich vollständig korrekter Sicht (quantenmechanischer Effekt) ist ungeeignet, um zweckmäßige Schülervorstellungen aufbauen zu können. Die physikalische Erklärung ist schlichtweg zu schwierig. Vorstellungen lassen sich hier weniger gut aufbauen, als bei der Erläuterung mit Hilfe des Elementarmagnetenmodells.

Schülervorstellungen zum Themenfeld 4: Magnetfeld von Dauer- und Elektromagnet
--

Schülervorstellungen nach Literatur

Die Schüler könnten eine Vorstellung aufbauen, dass die magnetische Kraft mit größer werdender Entfernung des Leiters abrupt aufhört zu wirken (Matzig & Reddeck, 2005).

Die Feldlinien werden oftmals nach Vorstellungen von Schülern schon als das Feld bezeichnet. Nach deren Meinung machen die Eisenfeilspäne lediglich die sonst sehr feinen, unsichtbaren Linien sichtbar (Duit, 1989b).

Feldlinien werden als etwas Ähnliches wie feine, normalerweise unsichtbare Gummibänder beschrieben, die sich je einzeln verkürzen wollen. Gleichgerichtete Bänder stoßen sich dabei wechselseitig ab, Überkreuzungen sind dabei verboten (Duit, 1989b).

Schülervorstellungen nach eigener Annahme

Den Schülern könnte oftmals die Vorstellung davon, dass sich die Feldlinien im Inneren des Magneten fortsetzen, fehlen. Schüler könnten hier denken, dass die Feldlinien beim Auftreffen auf Nord- oder Südpol des Magneten enden.

Gerade die äußeren Feldlinien könnten als nicht geschlossen betrachtet werden, da mit zunehmender Entfernung der Eisenfeilspäne zur Spule die Anziehungskraft dieser nicht mehr ausreicht, um einen geschlossenen Bogen anzuzeigen.

Schülervorstellungen zum Themenfeld 5: Magnetische Wirkung des elektrischen Stroms
--

Schülervorstellungen nach eigener Annahme

Die Kabeldicke- oder Farbe könnte als Auslöser gesehen werden, wie stark sich die Kompassnadel bewegt.

Schülervorstellungen zum Themenfeld 6: Magnetfelder stromdurchflossener Leiter
--

Schülervorstellungen nach eigener Annahme

Die linke Handregel könnte für die Zukunft der Schüler Probleme mit der technischen und physikalischen Stromrichtung geben. Wenn zukünftig mit der technischen Stromrichtung gearbeitet würde und die Schüler die Linke-Hand-Regel darauf anwenden, weisen die Finger die falsche Feldlinienrichtung an.

Wenn die Form der Feldlinien stromdurchflossener Leiter nur an einem bestimmten Punkt des Leiters nachgewiesen werden, könnten die Schüler Fehlvorstellungen über den Verlauf der Feldlinien unter oder über dem Messpunkt aufbauen.

Das wäre dann ein so genannter Folgefehler. Sie könnten diese Darstellung beispielsweise nur als Schnittbild von kugelförmig verlaufenden Feldlinien um den betrachteten Messpunkt ansehen:

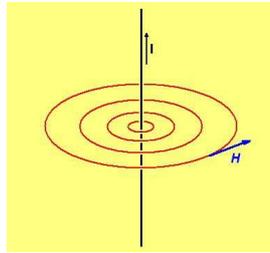


Abb. 9: Feldlinien eines Leiters
(links: Blick von oben)

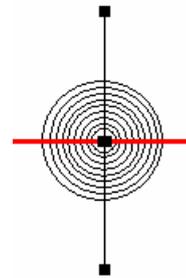


Abb. 10: Feldlinien eines Leiters
(rechts: Blick von der Seite)

Schülvorstellungen zum Themenfeld 7: Das Magnetfeld einer Spule

Schülvorstellungen nach eigener Annahme

Wenn die Schüler Stabmagneten im Vorfeld noch nicht behandelt haben, wäre ein Vergleich der Feldlinien einer Spule mit den Feldlinien eines Stabmagneten zwecks fehlender Assoziationen wenig sinnvoll.

Schülvorstellung: Feldlinien (gerade die äußeren) verlaufen nicht geschlossen von einer Spulenöffnung zur anderen, da sich einige „im Raum verlieren“ (von den Eisenfeilspänen nicht mehr „angezeigt“ werden). Hier könnte sich die Schülvorstellung aufbauen, dass die Feldlinien aufhören zu existieren.

Es könnte Schwierigkeiten bei der Vorstellung der Spulendenen als Nord- und Südpol geben, sie diese Zuordnung, wenn überhaupt, nur von Permanentmagneten kennen. Warum sollte ein normaler Spulendraht auf einmal durch Strom Nord- sowie Südpol bekommen?

Die Übertragung vom Permanentmagneten zum Elektromagneten könnte schwer fallen, da dieser nicht aussieht wie ein „richtiger Magnet“ und die Pole nicht farblich gekennzeichnet (da Pole auch wechselbar) sind.

Schwierigkeiten beim Zuordnen der Spule von Nord- sowie Südpol durch die Linke-Hand-Regel, da die Vorstellung des Umfassens des Leiters durch die Spulenform verwirren kann. Hier müssen die Schüler umdenken, da im Gegensatz zu einem senkrechten Leiter, die Richtung zum Nord- oder Südpol schwerer zuzuordnen ist.

Schülervorstellungen zum Themenfeld 8: Die Kraft eines Elektromagneten
--

Schülervorstellungen nach Literatur

„Der elektrische Strom fließt aus dem zuführenden Draht heraus in den Eisenkern und macht ihn magnetisch. Deshalb dürfen die Spulendrähte eines Elektromagneten keine dicken Isolierungen haben, denn sonst könnte der elektrische Strom ja nicht in den Eisenkern eintreten (Duit, 1989, S. 133).“

Bei Schülern gilt teilweise eine „Nahwirkungstheorie“ des Magnetismus: Die Kraft des Magneten wird von Nagel zu Nagel weitergereicht und diese werden somit selbst zum Magneten (Matzig & Reddeck, 2005).

Schülervorstellungen nach eigener Annahme

Schüler könnten die Vorstellung bekommen, dass man die Kraft der Spule mit allen Metallen als Kern verstärken kann.

3.3 Didaktische Strukturierung

Wie in Kapitel 2.2.1.3 beschrieben bilden die fachliche Klärung und die Erfassung der Lernerperspektive den Grundstock zur Entwicklung der didaktischen Strukturierung. Die Themenbereiche der didaktischen Strukturierung werden wie folgend, der Gliederung entsprechend, vorgestellt:

- Die Sozialstruktur
- Methodenentscheidung
- Die Durchführung der Aufgabenserie
- Zielentscheidung
- Vereinbarung der Lernziele der Themenfelder mit der Aufgabenserie

3.3.1 Die Sozialstruktur

Für die Erprobung der Aufgabenserie wurde der schülerzentrierte Unterrichtsansatz des kooperativen Lernens in Gruppen gewählt. Obwohl der Lehrer Bedenken äußerte, dass die Klasse Gruppenarbeit nicht gewöhnt sei, blieb die Entscheidung bestehen. Dies wird unter anderem in der konstruktivistischen Sicht des Lernens, wie in Kapitel 3.2.2 beschrieben, begründet (Duit, R., 2004). Damit soll erreicht werden, dass die Schüler die Aufgabenserien in Gruppen mit individuellem Vorwissen (auch Schülervorstellungen) eigenständig auf geeignetem Niveau bearbeiten sollen, um danach, basierend auf Erkenntnissen, welche im Vergleich mit auf Schülervorstellungen basierten Vermutungen und den Ergebnissen der Experimente, einen möglichst fachwissenschaftlichen Blickwinkel erreichen zu können. Der Lehrende sollte hierbei eher eine passive Rolle des Beraters übernehmen, indem er die Schüler unterstützt, wenn diese Unterstützung benötigen, oder zeitgemäß Anregungen gibt. Im Zentrum soll hierbei stehen, dass die Schüler ihr Wissen eigenständig erarbeiten können, um es nachhaltig auf spätere Situationen anwenden zu können (Mikelski, H. F., 2006). Für die Erprobung dieser Aufgabenserie wurde der Kleingruppenunterricht, welcher durch drei bis sechs Schüler definiert ist, gewählt. So ist eine Kooperation zwischen den Schülern erforderlich und die Art und Weise der Aktivität im Lernprozess ist schülerzentriert.

Kompetenzen, welche die Schüler weiterhin durch Arbeiten in Gruppen erreichen könnten, wären unter anderen Folgende:

- Anregung zum selbstständigem Denken,
- Unterstützung der heterogenen Gruppe durch ihre Stärken und Schwächen innerhalb,
- Entstehung einer positiveren Einstellung zum Fach,
- Stärkung des Selbstwertgefühls oder
- Förderung der Kommunikation (Mikelskis-Seifert, S. & Rabe, T., (2007).

Ein weiterer Grund in der Wahl der Gruppenarbeit liegt in der Wahl der Auswertung der erhobenen Daten. Um diese gewinnbringend nutzen und auswerten zu können, muss man die Auseinandersetzung der Schüler mit der Aufgabenserie beobachtbar machen. Hierbei ist es wichtig, nicht die ganze Klasse auf einmal, sondern übersichtlichkeitshalber eine Kleingruppe von zwei bis vier Schülern zu betrachten. So kann genau untersucht werden, welcher Schüler welche Vorstellungen in einer bestimmten Situation entwickelt.

3.3.2 Methodenentscheidung

Da die Entscheidung über die Sozialstruktur konstruktivistisch geprägt wurde, ist auch die Wahl der Methode entsprechend. Die Aufgabenserie wird im Hinblick auf einen handlungsorientierten Unterricht entworfen. Wie der Begriff schon vorgibt, soll dies den Schülern zu einem handelnden Umgang mit den Lerngegenständen –und Inhalten der Aufgabenserie verhelfen. Folgende prägnanten Modelle zeichnen handlungsorientierten Unterricht unter anderem aus:

- Handlungsorientierter Unterricht ist ganzheitlich: Der Schüler wird im Sinne von Lernen mit „Kopf, Herz und Hand“ angesprochen. Die Unterrichtsinhalte werden durch Probleme und Fragestellungen bestimmt. Es werden praktische Unterrichtsmethoden, wie Gruppen- oder Partnerarbeit, Projektunterricht, Planspiel oder Rollenspiel, bevorzugt.

- Unterricht im Sinne von Handlungsorientierung ist schülerzentriert- und aktiv. Der Lehrer sollte eher passiv bleiben und Handlungskompetenz vermitteln. Schüler sollen hingegen erproben, planen, erörtern und verwerfen dürfen.
- Die Herstellung von Handlungsprodukten steht im Vordergrund. Mit diesen können sich die Schüler identifizieren und kritisch auseinandersetzen.
- Subjektive Schülerinteressen sollten eine Schlüsselrolle für den Ausgangspunkt der Unterrichtsarbeit einnehmen.
- Kopf- und Handarbeit sollte bei dem Prinzip der Handlungsorientierung in Einklang gebracht werden und in dynamischer Wechselwirkung zueinander stehen (Jank & Meyer, 1991).

3.3.3 Die Durchführung der Aufgabenserie

Die Schülerarbeitsgruppen sollen im Verlauf der Aufgabenserie verschiedene Experimente durchführen. Am Anfang jedes Experimentes steht dessen Aufbau. Die Materialien für die Schüler befinden sich alle in einer Box, die vor der Durchführung für jede Gruppe zusammengestellt wurde. Das Material wird den Schülern hier aus zeitökonomischen Gründen vorgegeben. Nach dem Aufbau wird das Experiment von den Schülern eigenständig durchgeführt. Aus den Experimenten gewonnene Erkenntnisse sollen auf Aufgabenblättern in verschiedener Art und Weise festgehalten werden (offene Fragen, Multiple Choice, Beschreibungen, usw.). Durch das Festhalten der Erkenntnisse wird eine Auseinandersetzung der Schüler mit dem fachlichen Inhalt angestrebt. So soll vermieden werden, dass das Experiment den Schülern nicht einfach nur Spaß machen, sondern Lernziele zur Kompetenzerweiterung der Schüler verfolgen soll. Wie schon erwähnt, zielt das Lernen so ganz auf ein Lernen mit „Kopf, Herz und Hand“ ab.

Die Aufgabenblätter enthalten immer Hinweise und Informationskästen, damit die Schüler bei eventuell auftretenden Fragen nicht direkt den Lehrer hilfesuchend fokussieren, sondern eigenständig Lösungsansätze verstehen und selbst entwickeln lernen sollen, was gleichzeitig das Selbstwertgefühl steigern soll.

Subjektive Schülerinteressen wurden beispielsweise in der Auswahl des Materialangebotes der Experimente berücksichtigt. Beispiele dafür sind der Wettbewerbscharakter von Arbeitsblatt acht oder die ansprechende Auswahl von Schuhkartons in Aufgabe sieben.

Die Aufgabenserie lässt sich im Technikunterricht, sowie auch im Physikunterricht gut durchführen. Eine fächerübergreifende Vernetzung wäre hier dadurch durchaus denkbar.

3.3.4 Zielentscheidung

Die fachliche Klärung und die Erfassung der Lernerperspektive bilden einen ersten Grundstock für die Entwicklung von Lernzielen der Aufgabenserie. Zu jedem Themenfeld werden mögliche einzelne Lernziele vorgestellt. Konkrete Lernziele, welche in der Aufgabenserie tatsächlich berücksichtigt werden, und Aufgaben, welche die Lernziele anstreben, werden in einem Folgeschritt geklärt.

Themenfeld 1: Grundlegende Aspekte zum elektrischen Stromkreis
--

- LZ 1: Für einen geschlossenen Stromkreis muss je eine Anschlussstelle des Gerätes mit je einem Anschluss der Spannungsquelle verbunden sein.
- LZ 2: Nur wenn der Stromkreis geschlossen ist, können eingebaute elektrische Gegenstände funktionieren.
- LZ 3: Das elektrische Gerät und die Spannungsquelle haben je zwei Anschlussstellen: Plus- und Minuspol.
- LZ 4: Zusätzliche Verbindungen zwischen Spannungsquelle und elektrischem Gerät nennen sich Leiter.

Themenfeld 2: Der Magnet und seine Wechselwirkung

- LZ 5: Metalle, welche vom Magneten angezogen werden, heißen ferromagnetische Stoffe.
- LZ 6: Ein Magnet zieht nur die Metalle Eisen, Nickel und Kobalt an.

- LZ 7: Einen Magneten bezeichnet man als Dauermagneten, da er, ohne äußere Einwirkungen, dauerhaft magnetisch bleibt.
- LZ 8: Die beiden Enden eines Magneten werden als Pole bezeichnet, Nord- und Südpol.
- LZ 9: Frei hängende oder gelagerte Magneten richten sich immer in Nord – Süd – Richtung aus.
- LZ 10: Der Pol, der sich frei hängend bzw. gelagert nach Norden ausrichtet, nennt sich Nordpol und ist meistens rot, selten auch blau gekennzeichnet.
- LZ 11: Der Pol, der sich frei hängend bzw. gelagert nach Süden ausrichtet, nennt sich Südpol und ist meistens grün markiert.
- LZ 12: Ungleichnamige Pole (Süd-Nord, Nord-Süd) ziehen sich gegenseitig an.
- LZ 13: Gleichnamige Pole (Nord-Nord, Süd-Süd) stoßen sich gegenseitig ab.
- LZ 14: Ferromagnetische Stoffe werden von beiden Polen in gleicher Intensität angezogen.
- LZ 15: Um die Anziehungskraft zweier Stabmagneten auf ferromagnetische Stoffe zu verstärken, muss man die Stabmagneten gleichnamig halten (Nord- über Nordpol, Süd- über Südpol).
- LZ 16: Um die Anziehungskraft zweier Stabmagneten auf ferromagnetische Stoffe zu verringern, muss man die Stabmagneten ungleichnamig halten (Nord- über Südpol, Süd- über Nordpol).
- LZ 17: Der Nordpol eines Magneten richtet sich nach dem magnetischen Südpol aus, welcher sich in der Nähe des geographischen Nordpols befindet.
- LZ 18: Der Südpol eines Magneten richtet sich nach dem magnetischen Nordpol aus, welcher sich in der Nähe des geographischen Südpols befindet.

Themenfeld 3: Herstellung eines Magneten

- LZ 19: Ferromagnetische Stoffe lassen sich mit Hilfe von Magneten, welche konsequent in einer Richtung über dem Stoff bewegt werden müssen, dauerhaft magnetisieren.

Themenfeld 4: Magnetfeld von Dauer- und Elektromagneten

- LZ 20: Ein Magnetfeld besteht aus Feldlinien.
- LZ 21: Magnetfelder sind unsichtbar, sie lassen sich nur mit Hilfe von Eisenfeilspänen „darstellen“.
- LZ 22: Das Magnetfeld übt eine magnetische Wirkung auf die Eisenfeilspäne oder Kompassnadeln aus, durch welche sie sich in einer bestimmten Anordnung formatieren/ausrichten.
- LZ 23: Eisenfeilspäne ordnen sich in geschlossenen kreisförmigen Linien (in) und um den Magneten an den Feldlinien des Magnetfeldes an.
- LZ 24: Feldlinien laufen auch durch Magneten, auch wenn das nicht immer sichtbar gemacht werden kann.
- LZ 25: Eisenfeilspäne - Bilder unterschiedlicher Magneten unterscheiden sich voneinander durch die Form der Anordnung.
- LZ 26: Im Außenraum von Dauermagneten verlaufen Feldlinien immer vom Nord- zum Südpol.
- LZ 27: Im Innenraum von Dauermagneten verlaufen Feldlinien immer vom Süd- zum Nordpol.
- LZ 28: Die Eisenfeilspankreise stellen nicht direkt die Feldlinien dar.
- LZ 29: Magnetfelder wirken theoretisch unendlich weit.
- LZ 30: Die Kraftwirkung des Magnetfeldes auf ferromagnetische Stoffe lässt mit zunehmender Entfernung nach.
- LZ 31: Die Stärke eines Magnetfeldes kann durch die Anzahl von Schrauben (o.ä.), die angezogen werden, beurteilt werden.

Themenfeld 5: Magnetische Wirkung des elektrischen Stroms

- LZ 32: Stromdurchflossene Leiter ziehen ferromagnetische Stoffe an.
LZ 33: Bei Ausschalten des Stroms verliert der Leiter seine Kraftwirkung auf ferromagnetische Stoffe fast komplett.

Themenfeld 6: Magnetfelder stromdurchflossener Leitungen

- LZ 34: Die Richtung von Feldlinien lässt sich mit Hilfe einer Kompassnadel oder der „Linken – Hand – Regel“ herausfinden.
LZ 35: Je größer die Stromstärke, desto größer ist die Anziehungskraft auf ferromagnetische Stoffe.
LZ 36: Je größer die Stromstärke, desto größer das daraus resultierende Magnetfeld.

Themenfeld 7: Das Magnetfeld einer Spule

- LZ 37: Das Feldlinienbild einer Spule gleicht dem eines Stabmagneten.
LZ 38: Die Spule besitzt einen Nord- und Südpol.
LZ 39: Die Umkehrung der Stromrichtung bewirkt das Vertauschen der Pole.

Themenfeld 8: Die Kraft des Elektromagneten

- LZ 40: Ein Elektromagnet ist eine Spule mit Eisenkern.
LZ 41: Ein Eisenkern verstärkt die magnetische Kraft einer Spule um ein Vielfaches.
LZ 42: Nach Ausschalten des Stroms verliert der Elektromagnet größtenteils seine Anziehungskraft auf ferromagnetische Stoffe.
LZ 43: Nach Ausschalten des Stroms behält der Eisenkern nur einen bestimmten Restmagnetismus.
LZ 44: Je mehr Windungen eine Spule hat, desto größer ist ihre Anziehungskraft auf ferromagnetische Stoffe.

3.3.5 Vereinbarung der Themenfelder, der Schülervorstellungen und der Lernziele mit der Aufgabenserie

Da die Aufgabenserie zeitlich begrenzt ist, muss in diesem Abschnitt eine lernzielorientierte Eingrenzung der Themenfelder, welche das Fundament für die Aufgabenblätter der Aufgabenserie darstellen, stattfinden. In diesem Abschnitt werden also die acht erstellten Arbeitsblätter der Aufgabenserie zum Thema Elektromagnetismus, ihre jeweiligen Lernzielen und eine jeweilige Bemerkung zur Schülerperspektive in tabellenform vorgestellt.

3.3.5.1 Zur Entwicklung der Aufgabenblätter

Bei der Entwicklung der Arbeitsblätter wurden Kriterien für ein gutes Arbeitsblatt von Meyer (1987) berücksichtigt, von denen folgend einige dargestellt werden:

- Eindeutige Identifizierung des Arbeitsblattes, beispielsweise durch Nummerierungen, Datierungen, Überschriften o. ä.!
- Ästhetisch ansprechend sein, beispielsweise durch die räumliche Aufteilung, Ansprache der Schüler, Qualität der Kopien, usw.!
- Die Arbeitsblätter und angebotenen Materialien sollten möglichst vielen Sinnen entsprechen!
- Kurze, konkrete und verständliche Arbeitsanweisungen!
- Die Selbsttätigkeit der Schüler sollte bei den Arbeitsaufträgen immer im Mittelpunkt stehen (dieser Punkt hat bei der Entwicklung der Aufgabenserie einen besonders hohen Stellenwert, da die Erprobung der Aufgabenserie nur auf der Eigentätigkeit der Schüler basiert)!
- Individuelle Problemlösungen sollen zugelassen werden!

Bei der Auswahl der Aufgabenformate wurde besonders darauf geachtet, abwechslungsreich zu sein, damit die Bearbeitung der acht Arbeitsblätter interessant bleibt und motiviert.

3.3.5.2 Lernziele, Themenschwerpunkte der Aufgabenserie und Bemerkungen zur Schülerperspektive

Die Themenschwerpunkte, die Bemerkung der Schülerperspektive und die Lernziele wurden mit einem Rückblick der in Kapitel 3.1.2, 3.2.3 und 3.3.4 vorgestellten Themenfeldern, Schülervorstellungen und Lernzielen entworfen. Auf jedem Aufgabenblatt befindet sich mindestens ein Informationskasten, welcher den Schülern Hilfe oder Informationen zur Bearbeitung der Aufgabenblätter bereitstellt.

Das Thema Magnetismus wird üblicherweise laut Handreichung an schulformübergreifenden (integrierten) Gesamtschulen in der siebten Jahrgangsstufe unterrichtet. Da ich die Klasse nicht kenne und deshalb nicht weiß, ob sie das Thema Magnetismus im Unterricht schon behandelt haben, findet der Einstieg in die Aufgabenserie Elektromagnetismus durch das Thema Magnetismus statt. Somit soll den Schülern der Einstieg in das Thema Elektromagnetismus vereinfacht werden. Beide Themenfelder sind laut Lehrplan der Jahrgangsstufe Sieben zugeordnet (Hessisches Kultusministerium, 2009).

3.3.5.3 Aufgabenübersicht

Thema	Inhalte	Lernziele (LZ)	Bemerkung zur Schülerperspektive
Arbeitsblatt 1: Der Stabmagnet im Materialtest	<ul style="list-style-type: none"> • Der Stabmagnet wird vorgestellt • Verschiedene Gegenstände und Materialien sollen getestet werden: Welche Gegenstände werden vom Stabmagneten angezogen, welche nicht? • Untersuchung der Frage: Hat der eine Pol eines Magneten eine größere Anziehungskraft auf Gegenstände, welche angezogen werden, als der andere Pol des gleichen Magneten? 	<ul style="list-style-type: none"> • LZ 1: Die beiden Enden eines Magneten werden als Pole bezeichnet, Nord- und Südpol. • LZ 2: Der Nordpol ist meist rot, der Südpol meist grün gekennzeichnet. • LZ 3: Ein Stabmagnet zieht das Metall Eisen an. Das Metall Messing wird nicht angezogen. • LZ 4: Eisen wird von beiden Polen in gleicher Intensität 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Schüler könnten häufig dazu neigen, zu vermuten, dass der Magnet alle Metalle anzieht. Hier handelt es sich jedoch nur um ferromagnetische Stoffe, welche vom Magneten angezogen werden können.

		angezogen.	
Arbeitsblatt 2: Kreuze an: Fragen zum Materialtest	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler sollen auf erworbenes Wissen von Aufgabenblatt 1 durch Single Choice Aufgaben geprüft werden. <ul style="list-style-type: none"> Werden Aluminiumrohr und Aluminiumblech vom Magneten angezogen? Wird eine 20 Cent – Münze (größtenteils aus Kupfer und Aluminium) vom Magneten angezogen? 	<ul style="list-style-type: none"> LZ 5: Transfer und Festigung des zuvor Erlernten. LZ 6: Um sicher zu gehen, ob ein Metall vom Stabmagneten angezogen wird oder nicht, muss man dies mit dem Stabmagneten überprüfen. LZ 7: Ein Stabmagnet zieht nur das Metall Eisen an. Die Metalle Kupfer und Aluminium werden nicht angezogen. 	<ul style="list-style-type: none"> S.o.
Arbeitsblatt 3: Der verflixte Zweite	<ul style="list-style-type: none"> Zwei Stabmagneten sollen auf ihre Wechselwirkung überprüft werden. Erworbenes Wissen soll für Lückentext genutzt werden, in dem Gesetzmäßigkeiten festgehalten werden. Skizzen, auf denen sich zwei Magneten in verschiedenen Positionen nähern sollen bezüglich ihrer Position der Pole beschriftet werden. 	<ul style="list-style-type: none"> LZ 8: Süd-Nord, Nord-Süd (ungleichnamige Pole) ziehen sich gegenseitig an. LZ 9: Nord-Nord, Süd-Süd (gleichnamige Pole) stoßen sich gegenseitig ab. 	<ul style="list-style-type: none"> Folgendes Problem könnte auftreten: „Das Phänomen der Abstoßung gleichnamiger Pole ist für Schüler nur schwer vorstellbar. Bei den Schülern existieren Vorstellungen wie „zwei gleiche Pole oder verschiedene Magneten gehen nicht aneinander“, da sie „wie Feinde sind“ oder das es „nur an einer bestimmten Seite geht“ (Matzig & Reddeck, 2005).“
Arbeitsblatt 4: Was ist ein Elektromagnet überhaupt?	<ul style="list-style-type: none"> Einführung der Begriffe Spule, Eisenkern und Elektromagnet Schüler sollen stufenweise mit Hilfe eines Eisennagels ausprobieren, unter welchen Randbedingungen und an welchen Stellen ein Elektromagnet magnetisch ist. 	<ul style="list-style-type: none"> LZ 10: Ein Elektromagnet ist eine Spule mit Eisenkern. LZ 11: Der Elektromagnet zieht Eisen an der Spule und am Eisenkern an. 	<ul style="list-style-type: none"> Die Übertragung vom Permanentmagneten zum Elektromagneten könnte schwer fallen, da dieser nicht aussieht wie ein „richtiger Magnet“ und die Pole nicht farblich gekennzeichnet sind (da Pole auch wechselbar). Folgende Schülervorstellungen könnten aufgebaut werden: „Der elektrische Strom fließt aus

			dem zuführenden Draht heraus in den Eisenkern und macht ihn magnetisch. Deshalb dürfen die Spulendrähte eines Elektromagneten keine dicken Isolierungen haben, denn sonst könnte der elektrische Strom ja nicht in den Eisenkern eintreten (Duit, 1989, S. 133).“
Arbeitsblatt 5: Wie ist das mit Nord- und Südpol noch mal?	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler sollen mit Hilfe eines Stabmagneten herausfinden, ob der Eisenkern des Elektromagneten, angeschlossen an ein Netzgerät und eingestellt mit 12 Volt, einen Nord- und Südpol hat. <ul style="list-style-type: none"> Die Schüler sollen ihre Vorgehensweise schriftlich festhalten. In einer Forced Choice Aufgabe sollen die Schüler ihr Ergebnis ankreuzen. Die Schüler sollen mit Hilfe des Stabmagneten und gezielten Skizzen, welche ausgefüllt werden sollen, herausfinden, was mit dem Nord- und Südpol des Eisenkerns passiert, wenn man die Kabelanschlüsse vertauscht. Beantwortung einer offenen Frage, warum, wenn man einen Pol bestimmt hat, man genau weiß, wie der Pol auf der anderen Seite lautet. 	<ul style="list-style-type: none"> (LZ 8 und 9) LZ 12: Der Elektromagnet besitzt einen Nord- und Südpol, wenn die Spannung angeschaltet ist. LZ 13: Vertauscht man die Kabelanschlüsse des Elektromagneten, vertauschen sich auch die Pole des Elektromagneten. LZ 14: Ein Magnet besitzt immer einen Nord- und einen Südpol. 	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler werden ohne eine Versuchsbeschreibung vermutlich Schwierigkeiten haben, herauszufinden, ob der Elektromagnet einen Nord- und Südpol besitzt. Ein Hinweis zu der Durchführung eines Versuchs ist hier also unabdingbar. Hier könnten Schwierigkeiten auftreten, wenn sich die Schüler dem Eisenkern mit den Polen des Stabmagneten nicht vorsichtig nähern, sondern ihn direkt an die Pole „anheften“.
Arbeitsblatt 6: Wie stark sind Elektro- und Stabmagnet?	<ul style="list-style-type: none"> Die Schüler sollen die Anziehungskraft eines Elektromagneten auf einen Eisennagel bei unterschiedlichen Spannungen messen. Der gleiche Versuch soll mit einem Stabmagneten und zwei Stabmagneten (gleiche Pole, ungleiche Pole) übereinander 	<ul style="list-style-type: none"> LZ 15: Je größer die Spannung, die durch einen Elektromagneten fließt, desto größer ist die Anziehungskraft auf eiserne Metalle. LZ 16: Um die Anziehungskraft 	<ul style="list-style-type: none"> Folgendes Problem könnte auftreten: „Die Schüler könnten eine Vorstellung aufbauen, dass die magnetische Kraft mit größer werdender Entfernung des Leiters (in diesem

	<p>durchführen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Ergebnisse sollen verglichen und beantwortet werden. • Abschließend werden die Schüler nach dem großen Nachteil der Verstärkung der magnetischen Wirkung eines Stabmagneten im Vergleich zum Elektromagneten befragt. 	<p>zwei Stabmagneten auf eiserne Metalle zu verstärken, muss man die Stabmagneten gleichnamig übereinander legen (Nord- über Nordpol, Süd- über Südpol).</p> <ul style="list-style-type: none"> • LZ 17: Um die Anziehungskraft zweier Stabmagneten auf eiserne Metalle zu verringern, muss man die Stabmagneten ungleichnamig aufeinander legen (Nord- über Südpol, Süd- über Nordpol). 	<p>Fall: des Elektromagneten) abrupt aufhört zu wirken (Matzig & Reddeck, 2005).“</p>
<p>Arbeitsblatt 7: Warum nutzt man auf Schrottplätzen nur Elektro- und keine Dauermagneten</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Die Schüler sollen einen Schrottkran einmal mit Hilfe eines Stab- und einmal mit Hilfe eines Elektromagneten simulieren. - Die Schüler sollen das Problem herausstellen, welches beim Abladen des Schrottes besteht. • In einem weiteren Versuch soll der Elektromagnet vor dem Abladen ausgemacht werden. Beobachtungen sollen festgehalten werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • LZ 18: Nach ausschalten des Stroms verliert der Elektromagnet größtenteils seine Anziehungskraft auf eiserne Metalle. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diese Aufgabe soll die Schüler durch ihren Alltagsbezug motivieren.
<p>Arbeitsblatt 8: Elektromagneten gibt es mit unterschiedlichen Windungszahlen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • In einem Experiment mit drei Elektromagneten in Reihe geschaltet, welche unterschiedliche Windungszahlen haben, sollen die Schüler herausfinden, was für eine Anziehungskraft die Elektromagneten jeweils auf ferromagnetische Gegenstände haben. • Die Ergebnisse werden im Vergleich ausgewertet. 	<ul style="list-style-type: none"> • LZ 19: Je mehr Windungen ein Elektromagnet hat, desto größer ist seine Anziehungskraft auf eiserne Metalle. 	<ul style="list-style-type: none"> • Folgendes Problem könnte auftreten: „Bei Schülern gilt teilweise eine „Nahwirkungstheorie“ des Magnetismus: Die Kraft des Magneten wird von Nagel zu Nagel weitergereicht und diese werden somit selbst zum Magneten (Matzig & Reddeck, 2005).“

Tab. 1: Aufgabenübersicht

4 Fragestellungen

Im folgenden Abschnitt werden die Fragestellungen im Hinblick auf die schon erstellten Kapitel zum Planungsmodell und zur Entwicklung der Aufgabenserie angegeben. Die Auswertung der im Rahmen der Erprobung der Aufgabenserie erhobenen Daten soll hierbei die Grundlage für die Beantwortung der Fragestellungen liefern. Die dazu entwickelten Fragestellungen lassen sich in folgende Kategorien gliedern, welche in einem nächsten Schritt ausführlicher vorgestellt werden:

- Schülervorstellungen
- Lernziele
- Vorwissen der Schüler
- (Des-) Interesse gegenüber (Teilen) der Aufgabenserie durch Schüler
- Die Arbeitsblätter
- Lehrerverhalten während der Bearbeitung der Aufgabenserie

4.1 Schülervorstellungen

Frage 1: „Welche in der Literatur typischerweise dokumentierten Schülervorstellungen (3.3.5) können bei der Bearbeitung der Aufgabenserie festgestellt werden?“

Frage 2: „Welche weiteren, im Rahmen der Literaturrecherche nicht erfassten Schülervorstellungen lassen sich während der Bearbeitung der Aufgaben feststellen?“

Frage 3: „Welche Experimente und/oder Aufgaben haben entscheidend zur Bildung oder Veränderung von Schülervorstellungen beigetragen?“

4.2 Lernziele

Frage 4: „Welche, der von der Aufgabenserie angestrebten Lernziele (s. Kapitel 3.3.5.3), werden von den Schülern erreicht?“

Frage 5: „Welche Gründe liegen für das Nicht-Erreichen von Lernziele vor?“

Frage 6: „Haben die entwickelten Experimente und Aufgaben dazu beigetragen, dass die Schüler die angestrebten Lernziele erreichen können?“

Frage 7: „Haben die Schüler andere Lernziele erworben, welche in der Planung nicht bedacht wurden?“

4.3 Vorwissen der Schüler

Frage 8: „Welches Vorwissen bringen die Schüler mit in den Unterricht?“

4.4 (Des-) Interesse gegenüber (Teilen) der Aufgabenserie durch Schüler

Frage 9: „An welchen Stellen der Bearbeitung der Aufgabenserie lassen sich deutliches Interesse oder Motivation der Schüler feststellen?“

Frage 10: „An welchen Stellen der Bearbeitung der Aufgabenserie lassen sich Desinteresse an diesen oder Langeweile der Schüler beobachten?“

4.5 Die Arbeitsblätter

Frage 11: „Wie kamen die Schüler mit der Struktur des Arbeitsblattes und der Struktur der Aufgaben des Arbeitsblattes zurecht?“

Frage 12: „Wie viele der entwickelten Aufgabenblätter konnten die Schüler in zwei Schulstunden bearbeiten?“

4.6 Lehrerverhalten während der Bearbeitung der Aufgabenserie

Frage 13: „Welche Interaktionen der Lehrperson mit den Schülern waren für die Schüler hilfreich, welche nicht?“

5 Datenerhebung und methodisches Vorgehen

5.1 Zusammensetzung der Probanden – Gruppe

Die Aufgabenserie wurde mit Schülern der siebten Klasse erprobt. Es handelt sich hierbei um Schüler einer integrierten Gesamtschule. Die Aufgabenserie wurde in einer Doppelstunde im Wahlpflichtbereich NTW (Natur – Technik – Wirtschaft) im Fachbereich Mechatronik durchgeführt, was eine heterogene Zusammensetzung der Klasse bedingt. So setzt sich die Klasse aus 20 Haupt-, Real- und Gymnasialschülern zusammen. Der Wahlpflichtbereich NTW enthält insbesondere Angebote für Schüler der Haupt- oder Realschule, die nach dem Abschluss in den Jahrgangsstufen neun und zehn eine Berufsausbildung anstreben und sich nicht für eine Fremdsprache entscheiden möchten.

Da die Schüler im Fachbereich Mechatronik laut des unterrichtenden Lehrers hauptsächlich technische Grundprinzipien aus der Elektrotechnik und Mechanik in der praktischen Umsetzung und Anwendung üben, sind die Schüler in motorischen technischen Fähigkeiten geübt. Außerdem unterrichtet der Fachlehrer die Schüler hauptsächlich mit dem Ziel, eigenständig arbeiten zu lernen. Dies spiegelt sich zum Beispiel in einer seiner stetig praktizierten Unterrichtsmethode „Schüler helfen Schülern“ wieder. Die Schüler sollen hier miteinander selbstständiges Lernen und Denken in weitestgehender Unabhängigkeit vom Lehrer lernen. Die nach den Auskünften des Lehrers zu erwartende Eigenständigkeit und motorischen Fähigkeit der Schüler sollte diesen bei der Bearbeitung der Aufgabenserie nützlich sein, welche maßgeblich auf die selbstständige Bearbeitung durch Schüler zielt.

Eine Besonderheit dieser Mechatronikkasse liegt in der Homogenität der Geschlechter. In diesem Kurs befinden sich keine Schülerinnen, sondern nur Schüler.

Laut Aussagen der Schüler haben diese im Fach Physik eine Woche vor meiner Erprobung mit dem Thema Elektromagnetismus angefangen. Ich kann also davon ausgehen, dass die Schüler kaum fachliche Kenntnisse oder Vorwissen über das Thema Elektromagnetismus besitzen. Anders zeigen sich die fachlichen Voraussetzungen der Schüler im Bezug auf das Thema Magnetismus. Alle Schüler, unabhängig ihrer jeweiligen Schulform, haben Vorwissen über Magnetismus als eigenständiges Thema im Physikunterricht sammeln können, was ihnen den Einstieg in meine Aufgabenserie erleichtern sollte.

5.2 Erprobung der Lerneinheit

Die Erprobung der Lerneinheit mit Videoaufnahme erfolgte in einer Doppelstunde, also in einer Zeitspanne von 90 Minuten. Da in dieser Zeit nicht alle Aufgabenblätter der Aufgabenserie bearbeitet werden konnten, manche Schüler wegen einem Ausflug an der Erprobung nicht teilnehmen konnten und die Schüler, sowie auch der Fachlehrer, Interesse an der Lerneinheit zeigten, habe ich mich dazu entschlossen, eine weitere Doppelstunde für die Erprobung zu nutzen. Diese wurde allerdings nicht auf Video aufgezeichnet.

Zur Unterstützung der Schüler während der Bearbeitungsphase der Lerneinheit stand neben mir zusätzlich der Fachlehrer Herr R. bereit. Dieser hat den Schülern am Anfang der Stunde einen Stift und Klebeband an die Hand gegeben, damit sie sich Namensschilder anfertigen konnten. Das ermöglichte mir, die Schüler mit dem Namen anzusprechen.

Im folgenden Stelle ich die erste Doppelstunde dar.

Die Erprobung erfolgte in einem Physikraum, welcher für meine Zwecke ideal ausgestattet war. Die Steckdosen hingen frei von der Decke herunter, so dass einer Umstellung der Tische zu Gruppentischen nichts im Wege stand.

Da mir die Schüler nicht bekannt waren und deshalb ein lehrergesteuertes Einteilen in Gruppen nicht möglich war, stellte ich jeweils immer nur eine bestimmte Stuhlanzahl an die Gruppentische. Dadurch sollten sich die Gruppen beim Reinkommen automatisch zusammenfinden.

Die übrigen Stühle stellte ich beiseite. Geplant waren eigentlich sechs Gruppentische, um die Anzahl von Schülern je Gruppe nicht zu groß werden zu lassen. Durch Raumbegrenzungen konnte ich jedoch nur fünf Gruppentische zusammenstellen, was durch die geringe Schüleranzahl in dieser Klasse jedoch kein Problem darstellte.

Bei der Gruppenzusammensetzung berücksichtigte ich, welche Schüler mir den Elternbrief unterschrieben zurückgegeben haben. Diese Schüler setzte ich an die beiden Gruppentische, die auf Video aufgezeichnet wurden. Schüler, welche den Elternbrief vergessen hatten, durften aus rechtlichen Gründen zwar mitarbeiten, jedoch nicht gefilmt- oder vertont werden (Schröder, 2006).

Leider kamen zu Unterrichtsbeginn nicht alle Schüler dieses Kurses, da einige durch einen Ausflug verhindert waren. So wurden die Gruppentische ungleichmäßig besetzt. Ich musste also eingreifen, um die Schüler in vier Gruppen einzuteilen. Der fünfte Gruppentisch wurde deshalb nicht genutzt und blieb deshalb unbesetzt.

In der zweiten Doppelstunde begannen zwei weitere Gruppen die Bearbeitung der Aufgabenserie. Insgesamt haben also sechs Gruppen die Aufgabenserie durchlaufen. Zur Gruppe zwei ist in der zweiten Doppelstunde ein weiterer Schüler beigetreten. Das heißt, Gruppe zwei bestand insgesamt aus drei Schülern. Aus Datenschutzgründen werde ich in dieser Arbeit keine Namen nennen. Gruppen werden mit eins bis sechs bezeichnet und Schüler, welche gefilmt und vertont wurden, werden nummeriert unterschieden.

Nach der Einteilung der Gruppen in der zweiten Doppelstunde setzten sich diese wie folgt im Raum zusammen:

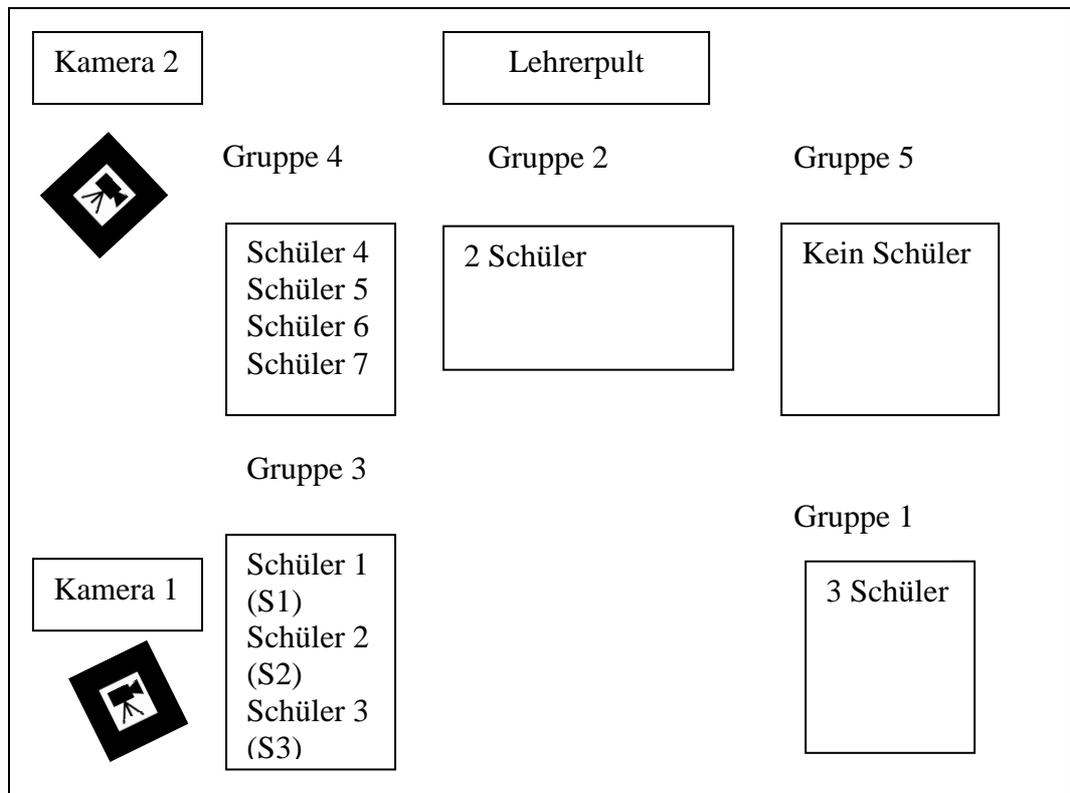


Abb. 11: Zusammensetzung der Gruppen und die Raumstruktur

5.3 Erhebung der Daten

Die erste Datengrundlage zur Auswertung dieser Aufgabenserie bilden Videoaufzeichnungen von zwei Gruppen. Gruppe drei und vier wurden jeweils mit einer stationären Kamera gefilmt und durch ein Mikrofon, welches von der Decke hängend über dem Tisch angebracht wurde, vertont. In der zweiten Doppelstunde wurde der Unterricht nicht durch eine Videoaufnahme aufgezeichnet, die Auswertung erfolgt an Hand von Beobachtungen meinerseits und den ausgefüllten Arbeitsblättern der einzelnen Gruppen.

Die zweite Datengrundlage für die Evaluation dieser Lerneinheit bilden die von den Schülern beantworteten Arbeitsblätter A1 bis A8. Die Schüler hatten die Möglichkeit, ihre Ergebnisse in ihrer Gruppe zu besprechen, um diese dann auf ihrem Arbeitsblatt festhalten zu können. Am Ende der beiden Schulstunden sammelte ich die ausgefüllten Arbeitsblätter gruppenweise ein.

Da es kein Feld für den Namen der Schüler auf dem Arbeitsblatt gab, konnten die Schüler frei entscheiden, ob sie ihr Arbeitsblatt mit ihrem Namen versehen oder nicht.

5.4 Auswertung der Daten

Im folgenden Abschnitt wird die Auswertung der erhobenen Daten der Durchführung der Aufgabenserie vorgestellt. Die Gliederung folgt chronologisch der Auswertung der Videos, der Auswertung der Arbeitsblätter und einem Vergleich der Video- und Arbeitsblattevaluationen.

5.4.1 Auswertung der Videos

Im ersten Schritt transkribierte ich die Daten der Videoanalyse der Gruppe drei². Während des Transkribierens sah ich mir die jeweiligen Ausschnitte in den Videosequenzen an. Auffälligkeiten und Daten, welche meine in Kapitel vier erstellten Fragestellungen beantworten konnten, notierte ich mir direkt, um diese anschließend evaluieren zu können. Aus Gruppe vier, die ebenfalls aufgenommen wurde, transkribierte und schaute ich jeweils nur bestimmte Ausschnitte des Videos an. Hier wählte ich dieselben Ausschnitte, die in Gruppe drei viel versprechend in Hinblick auf die Beantwortung der Fragestellungen aus Kapitel vier erschienen. Dies ermöglichte mir, zusätzlich zu der Auswertung der Arbeitsblätter, eine verbesserte Analyse der beiden Gruppen (Fischler 2006). Die Videoaufnahmen sind sehr wichtig, da ich durch diese wichtige Daten zur Evaluation erhalte, welche, im Gegensatz zu den ausgefüllten Arbeitsblättern, ausschließlich durch visuelle und auditive Aufnahmen erhalten werden können.

² Alle angefertigten Transkripte wurden in Kopie dem Institut für Didaktik der Physik an der JLU Gießen übergeben und können dort eingesehen werden.

Hierzu zählt zum Beispiel die Aufteilung der Arbeits- oder Sozialstruktur innerhalb der Gruppe, die Wege zu Erkenntnisgewinnen, welche sehr individuell mit unterschiedlichen Lösungen ausfallen kann, der (fachliche) Sprachgebrauch der Schüler, die Leistungsstärke der einzelnen Gruppenmitglieder, eine umfangreiche Sicht über typische Fehlerquellen und deren Entstehung aber auch Evaluationen über die Lehrperson und deren Interaktionen mit den auf Video aufgezeichneten Gruppen. Die erhobenen Daten der Videoanalyse ermöglichen es mir unter anderem, gezielte Aspekte der Arbeitsblätter anderer Gruppen zu evaluieren, um sie miteinander vergleichen zu können.

5.4.2 Auswertung der Arbeitsblätter

In einem zweiten Schritt wurden die Aufgabenblätter aller Gruppen im Hinblick auf die Fragestellungen von Kapitel vier evaluiert. Hier kann man, im Gegensatz zu den Videoanalysen, einen Vergleich der Ergebnisse aller Arbeitsgruppen herstellen. Dadurch erhält man einen umfassenden Überblick über die Ergebnisse aller Arbeitsblätter der Aufgabenserie. Da hier die Daten von 19 Schülern verglichen werden können, kann man durch einen Vergleich der Aufgabenblätter allgemeinere und treffendere Aussagen über das Ergebnis der Durchführung der Aufgabenserie, als bei der Videoevaluation, machen. Die Videoevaluation lässt im Gegensatz dazu gezielte Daten von zwei bestimmten Gruppen hervorheben, welche andere Vorteile mit sich bringen, wie in Kapitel 5.4.1 nachzulesen.

Nach der Analyse der Videos und der Arbeitsblätter werden eigens beobachtete Schülervorstellungen, welche während der Bearbeitung der Aufgabenserie festgehalten werden konnten, kurz vorgestellt.

6. Ergebnisse der Arbeit

6.1 Analyse der Videodaten

Der folgende Abschnitt ist in die jeweiligen Aufgaben der Aufgabenserie unterteilt. Innerhalb der Abschnitte wird Bezug auf die in Punkt Vier erstellten Fragestellungen genommen. Diese sollen in der Analyse der Videodaten bestmöglich beantwortet werden können, wodurch eine Evaluation der Aufgabenserie stattfindet. Beantwortungen auf Fragestellungen werden durch „Frage X:“ eingeleitet. Es wird vorrangig das Video aus Gruppe drei betrachtet, da zu diesem eine vollständige Transkription gemacht wurde. Sollte vergleichend auf Gruppe vier eingegangen werden, wird das schriftlich gekennzeichnet.

A1 Der Stabmagnet im Materialtest
--

Frage 8: „Welches Vorwissen bringen die Schüler mit in den Unterricht?“

- Direkt zu Beginn der Arbeit lässt sich erkennen, dass die Schüler, auf Grund von vorherigen Physikstunden, Vorwissen zur Bearbeitung des Arbeitsblattes Eins mitbringen. Bevor die Aufgaben des Aufgabenblattes durchgelesen wurden, ereignete sich folgendes Gespräch:

S1: *„Hier das, das haben wir schon gemacht, das kann ich euch sagen!“*

...

„Das hab ich schon im Heft gemacht.“

S2: *„Ja?“*

- Erfreulich sind Erläuterungen eines Schülers, welcher sich selbst schon einmal mit den Phänomenen des Magnetismus beschäftigt hat:

S3 holt seine Uhr aus der Hosentasche, welche mechanisch läuft:

S3: *„Mechanisch, aber ich hab das nämlich mal ausprobiert, die bleibt bei Magneten stehen!“*

- Vorwissen ist auch bei S2 erkennbar:

S2: *„Guck mal hier! Testet, welche Gegenstände vom Stabmagneten angezogen werden und welche nicht! Ich weiß schon: Nur Eisen!“*

S1 stimmt zu, bekräftigt aber, dass nicht nur Eisen angezogen wird:

„Auch! Zum Beispiel das hier [Stahlwolle], das wird angezogen!“

Frage 11: „Wie kamen die Schüler mit der Struktur des Arbeitsblattes und der Struktur der Aufgaben des Arbeitsblattes zurecht?“

- Die Schüler arbeiten recht organisiert und verständigen sich anfangs über das Vorgehen mit dem Arbeitsblatt, komme also deshalb recht gut mit der Struktur zurecht:

S2: *„...wer will lesen?“*

S1: *„Ich würd mal sagen, es kann jeder lesen, oder?!“*

S2: *„Nein, hier steht: Einer liest und die anderen hören zu! Wer kann gut lesen? J., kannst du gut lesen?“*

S3: *„Ich, ja!“*

S2: *„Aber, [...] jeder liest mit!“*

Diese Ordnung bleibt im weiteren Verlauf des Arbeitsblattes weiterhin bestehen, hier ein weiteres Beispiel:

S1 zu S3: *„Ok, A1 liest du auch noch?“*

S2: *„Nein, darfst du jetzt! Mach du mal!“*

S1: *„Ok.“*

- Gruppe vrei kommt auch mit der Struktur des Arbeitsblattes zurecht. Diese arbeiten jedoch nicht so schön in der Gruppe zusammen, wie Gruppe drei. Deshalb verlieren teilweise Schüler der Gruppe den Überblick, welche Aufgabe gerade überhaupt bearbeitet wird.

Frage 6: *„Haben die entwickelten Experimente und Aufgaben dazu beigetragen, dass die Schüler die angestrebten Lernziele erreichen können?“*

- In Aufgabe A1 sollen die Schüler lediglich testen, welche Stoffe vom Magneten angezogen werden und welche nicht. Nachdem sie den ersten Gegenstand, Stahlwolle, getestet haben, wollen die Schüler diesen sofort schriftlich irgendwo festhalten, obwohl sie dazu erst in Aufgabe A2 aufgefordert werden.

S2 zu S1, welcher die Stahlwolle in seiner Hand hält:

„Mach mal, wir müssen probieren!“

S2 hält der Stahlwolle den Stabmagneten entgegen, Stahlwolle wird angezogen.

S3: *„Ja, das ist...Eisen.“*

S1: *„Ok, warte mal!“*

S2: *„Das ist doch kein Eisen!“*

S3: *„Doch!“* Zeitgleich S1: *„Das is, äh, Blech.“*

S3: *„Ne das sind so Eisenspäne!“*

S1: *„Eisenspäne, genau!“*

S2: *„Wo sollen wir das hinschreiben?“*

S1 schaut in die Tabelle von Aufgabe A2:

„Vom Magneten angezogene Materialien. Also, ja bei Metalle zum Beispiel, also weil es da steht!“

Nachfrage der Schüler beim Lehrer³, wie der Gegenstand heißt. Lehrer weißt Schüler auf Hilfefzettel hin, dessen Hinweis sich auch bei Aufgabe A2 befindet.

S1: *„Mhh, gut! Stahlwolle.“*

S2 ruft Lehrer hinterher, welcher sich von der Gruppe entfernt hat:

„Stah...wo sollen wir das hinschreiben?“

L: *„Was denn?“*

S2: *„Also das Stah...“*

S1 unterbricht:

„Zu Metalle, zu Metalle musst du das schreiben!“

In diesem Beispiel treten zwei Probleme auf: Wie wird der getestete Gegenstand überhaupt genannt und mit welchem Namen muss man ihn wo hinschreiben? Diese Probleme treten bei der Bearbeitung des Aufgabenblatt eins immer wieder auf. Für diese Probleme könnte es folgende zwei Begründungen geben:

1. Die Schüler gehen zur Aufgabe A2, in der die Gegenstände in die Tabelle eingetragen werden sollen und gezielte Hinweise gegeben werden, fließend über, ohne diese gelesen zu haben. Es kann also sein, dass die Schüler zu hastig arbeiten. Ein Effekt, der deshalb auftreten könnte, weil die Schüler gerade erst angefangen haben, in der für sie neuen Methode zu arbeiten, auf Grund dessen sehr motiviert sind und sich die Zeit, um Texte zu lesen, deshalb nicht nehmen. Ein Blick in Gruppe vier soll Aufschluss bringen, ob dort ähnliche Probleme aufgetreten sind. Gruppe vier bearbeitet Aufgabe A1 nach Vorschrift.

³ Ich bin mir der Geschlechterproblematik durchaus bewusst, so dass die zukünftig verwendete maskuline Form lediglich der Vereinfachung des Lesens dient und impliziert, wenn nicht extra gekennzeichnet, das weibliche Geschlecht.

Sie testen die Gegenstände als erstes lediglich auf ihre Anziehungskraft, ohne diese in die Tabelle eintragen zu wollen. Ein Problem, was jedoch weiterhin besteht ist, dass auch diese Gruppe bei Bearbeitung der Aufgabe A2 den Hilfefzettel nicht beachtet. Somit werden die Gegenstände nicht, wie gewollt, nach ihrer Material- und Metallbeschaffenheit, sondern nach ihrem Eigennamen festgehalten. Auch hier entstehen Verwirrungen beim Eintragen in die Tabelle, welche jedoch früher als bei Gruppe drei gelöst werden. Durch das Erstellen einer Tabelle mit den konkreten Bezeichnungen der einzelnen Gegenstände wird es für die Schüler schwerer, das Lernziel 3 erreichen zu können (Frage Sechs und Sieben).

2. Nicht (nur) die Schüler, sondern die Aufgabenstruktur ist nicht geeignet, das Lernziel zu erreichen. Veränderungsvorschläge wären entweder Aufgabe A1 und A2 zusammenzulegen und Aufgabentexte kürzer zu gestalten oder in Aufgabe A1 und A2 explizite Hinweise zu geben. Für Aufgabe A1 müssten explizite Hinweise gegeben werden, dass die Gegenstände vorerst im Blickpunkt auf Anziehungskraft sortiert werden sollen und Aufgabe A2 sollte anderer Gestalt sein. Auf jeden Fall müsste der Hilfefzettel von Aufgabe A2 überarbeitet werden.

- Konkreter Lösungsvorschlag Aufgabe A1:

Ein DIN A vier Blatt mit vorgefertigten Arealen „wird angezogen“ und „wird nicht angezogen“ bereitstellen, auf welche die Schüler die Gegenstände verteilen können.

- Konkreter Lösungsvorschlag Aufgabe A2 im Hinblick auf Fragestellung Sieben:

Das Hilfeblatt zu Aufgabe A2 sollte anderer Gestalt sein.

Um die Schüler nicht zu verwirren würde ich zwei Spalten auf einem Blatt anfertigen.

In der linken Spalte würde die Bezeichnung des Gegenstandes, in der Rechten das Materialbeziehungswise die Metallbeschaffenheit stehen. Die Begriffe der rechten Spalte sind dann in die Tabelle einzutragen. So würde der Hilfefzettel übersichtlicher, vorausgesetzt die Schüler nehmen dieses zur Hilfe. Deshalb sollte der Hilfefzettel eventuell nicht als Tipp, sondern als Pflichtmaterial kenntlich gemacht werden, um das Lernziel 3 zufrieden stellend erreichen zu können. Das der Hilfefzettel, auf denen sich eine Beschreibung jedes Gegenstandes befindet, überfüllt und unübersichtlich ist, kann man unter anderem an folgender Situation sehen:

Die Schüler testen die eiserne Unterlegscheibe, welche auf dem Arbeitsblatt folgend beschrieben ist: „Unterlegscheibe aus Metall. Metall: Eisen.“

S1: *„Was is´n das?“*

Schüler lesen auf Hilfefzettel nach.

S3: *„Unterlage... Unterlegscheibe.“*

S1: *„Unterlegscheibe, ist auch Metall.“*

S3: *„Eisen.“*

S2: *„Das ist dann Eisen, ganz normaler Eisen.“*

S1: *„Das ist aber auch metallisch, oder?“*

S2: *„Ja.“*

S3: *„Ja.“*

S2: *„Einfach Eisen schreiben!“*

S1: *„Nein, nicht noch einmal Eisen, oder?“*

S2: *„Doch, also was da steht, schreib einfach rein!“*

S3: *„Ah, da schreiben wir einfach Eisen...scheibe.“*

S2: *„Was, Eisen...?“*

S3: *„...Scheibe. Weil ich schon Eisen stehen hatte.“*

Frage 9: „An welchen Stellen der Bearbeitung der Aufgabenserie lassen sich deutliches Interesse oder Motivation der Schüler feststellen?“

- Es ist zu erkennen, dass die Schüler während Aufgabe A1, in der sie die Gegenstände auf ihre Anziehungskraft untersuchen sollen, als erstes die metallenen Gegenstände bevorzugen. Gruppe vrei kann diese Annahme jedoch nicht unterstützen, sie probieren die Gegenstände scheinbar wahllos nacheinander aus.
- Während die Schüler die Gegenstände wieder zurücklegen und wegräumen, spielt S3 mit zwei Stabmagneten und äußert sich positiv:
„Das ist total lustig!“

Frage 4: „Welche, der von der Aufgabenserie angestrebten Lernziele (s. Kapitel 3.3.5.3), werden von den Schülern erreicht?“

- Frage 4 kann auf eine außergewöhnliche Art und Weise beantwortet werden. Ein Lernziel, welches von den Schülern erreicht werden sollte, ist Lernziel 4. Dieses erreichten die Schüler auf spielerische Art und Weise von ganz alleine, obwohl eine gezielte Frage, dessen Erkenntnisgewinn Lernziel 4 sein sollte, zeitlich erst später gekommen wäre:

S3 spielt mit zwei Stabmagneten, während die Gegenstände von Aufgabe A1 wieder aufgeräumt wurden.

S3: *„Das ist total lustig!“*

S2 verwundert, weil sich die Stabmagneten abstoßen, da S3 gleichnamige Pole zueinander führt:

„Hä? Du musst andere Seite!“

S3: *„Ja ich weiß.“*

S2: *„Welcher ist stärker, der Nordpol oder der Südpol?“*

S1 und S3: *„Beides gleich.“*

A2 Kreuze an: Fragen zum Materialtest
--

Frage 9: „An welchen Stellen der Bearbeitung der Aufgabenserie lassen sich deutliches Interesse oder Motivation der Schüler feststellen?“

- Zu Beginn des Aufgabenblatts A2 lässt sich deutliches Interesse beim Durchlesen der Überschrift bezüglich der Aufgabenform feststellen:

S3: *„Ja, Ankreuzaufgaben. Die sind immer gut.“*

Bei der Entwicklung der Aufgabenserie wurde, wie schon erwähnt, die Verschiedenheit der Aufgabenformate der einzelnen Arbeitsblätter berücksichtigt, damit die Schüler motiviert bleiben. In diesem Fall scheint dies gelungen zu sein.

Frage 8: „Welches Vorwissen bringen die Schüler mit in den Unterricht?“

- Die erste Aufgabe ist eine Single Choice Aufgabe. Hier sollen die Schüler aus sechs möglichen Antworten eine richtige ankreuzen. Sie haben Ankreuzmöglichkeiten zu der Frage, ob ein Aluminiumrohr und/oder ein Aluminiumblech vom Stabmagneten angezogen wird. Korrektes Alltagswissen über Aluminium wird von S1 in den Unterricht eingebracht, jedoch leider mit einer falschen und einer richtigen Schlussfolgerung. Schüler drei kann durch Physikwissen aus dem Unterricht weiterhelfen.

S1: *„Also, das Aluminiumrohr wird angezogen, das Metallblech wird nicht angezogen. Weil Alufolie wird net angezogen.“*

S2: *„Ah ja, was machen wir dann, was kreuzen wir an?“*

S1 liest Ankreuzmöglichkeiten vor:

„Beide Gegenstände werden nicht vom Magneten angezogen: Das ist schon mal falsch. Beide Gegenstände werden vom Magneten angezogen: Das ist falsch. Nur ein Gegenstand...“

S2 unterbricht: *„...richtig.“*

S1: *„Wird, wird von beiden, wird vom Magneten angezogen!“*

S3: *„Das erste ist richtig, weil Alu wird nicht angezogen.“*

S2: *„Äh, ei ja...“* S1 gleichzeitig: *„Ja, Aluminium aber, oder?“*

S3: *„Nein, Alu is, Alu wird nicht angezogen!“*

S1: *„Achso.“*

S3: *„Das hatten wir doch jetzt mal in Physik...“*

Zeitgleich S2: *„Ja.“*

S3: *„Der Herr S. hat doch so ein Aluminiumrohr, Aluminiumrohr.“*

S2: *„Stimmt, dann machen wir das Erste.“*

Den Verlauf zu beobachten ist sehr interessant. Die Schüler helfen sich gegenseitig weiter, liefern Erklärungsansätze und können sich schließlich auf die richtige Antwort einigen.

Im Vergleich zu Gruppe drei entscheidet sich Gruppe vier direkt dafür, dass Aluminium nicht von einem Stabmagneten angezogen wird. Hier bleibt jedoch im Unklaren, woher dieses Wissen stammt.

Frage 13: „Welche Interaktionen der Lehrperson mit den Schülern waren für die Schüler hilfreich, welche nicht?“

- Nach Bearbeitung der Aufgabe A1 gehen die Schüler direkt zu Aufgabe A3 über. Der Lehrer greift ein und weist die Schüler darauf hin.

Das Eingreifen scheint sinnvoll, da die Schüler das Arbeitsblatt geordnet bearbeiten sollen, um einen reibungslosen und lückenfreien Wissensaufbau hervorrufen zu können.

Frage 11: „Wie kamen die Schüler mit der Struktur des Arbeitsblattes und der Struktur der Aufgaben des Arbeitsblattes zurecht?“

- Die Schüler haben ein kleines Koordinationsproblem bei der Bearbeitung der Aufgabe A2, welches durch den Aufbau der Arbeitsblätter A1 und A2 hervorgerufen wird. Die Schüler werden in Aufgabe A2 auf dem Aufgabenblatt A2 aufgefordert, Gegenstände in der Tabelle des Aufgabenblatts A1 zu ergänzen. Dieser Umstand sollte korrigiert werden, da die Schüler nun extra noch einmal die beiseite gelegten Arbeitsblätter A1 wiederum hervorholen müssen, um dort einen Nachtrag für Arbeitsblatt A2 zu machen. Ein möglicher Lösungsvorschlag liegt darin, die Tabelle als loses Blatt den Aufgabenblättern A1 und A2 kenntlich zuzuordnen. Des Weiteren muss am Ende des Arbeitsblatts A1 ein Hinweis ergänzt werden, indem die Schüler dazu aufgefordert werden, die Tabelle nicht mit den Arbeitsblättern nach Bearbeitung beiseite zu legen.

Hier liegt zwar kein großes Problem vor, jedoch ist die Aufgabenstellung recht unhandlich und irreführend. Diese Tatsache ist für Gruppe vier zwar auch kein großes Problem, ruft jedoch ein wenig Unmut hervor.

Frage 6: „Haben die entwickelten Experimente und Aufgaben dazu beigetragen, dass die Schüler die angestrebten Lernziele erreichen können?“

- S1 ist nach Bearbeitung der Aufgabe A1 und A2, in der Aluminium auf seine Anziehungskraft untersucht wurde, trotz praktischer Prüfung nicht zu der Erkenntnis gekommen, dass Aluminium nicht vom Stabmagneten angezogen wird:

S2 möchte nach der Bearbeitung der Aufgabe A2 zur Aufgabe A3 übergehen. S1 unterbricht ihn:

„Hallo, hallo. Also müssen wir net noch hier [zeigt auf Aufgabe A1] „die Gegenstände werden abgestoßen“ noch ankreuzen?“

S3: *„Hm?“*

S1: *„Ach ne, hier steht ja nur Eine [Antwort]!“*

S3: *„Die werden ja nicht abgestoßen!“*

S2: *„Gelle?!“*

S1: *„Ja das stimmt.“*

Dieser Fehler könnte eventuell einem einfachen Aufmerksamkeitsfehler entsprechen. Die Beantwortung der Frage 8 dieser Aufgabe zeigte, dass eine fachliche Klärung unter den Schülern bereits stattgefunden hat. Zudem haben die Schüler ihre in Aufgabe A1 angekreuzte Vermutung in Aufgabe A2 geprüft, wobei er mit eigenen Augen sehen konnte, dass sich Stabmagnet und Aluminium nicht abgestoßen haben. Ohne Nachfragen des Schülers 1 und Korrektur durch die anderen beiden Schüler hätte S1 das Lernziel 7 dieser Aufgabe nicht erreicht. S2 und drei scheinen das Lernziel jedoch erreicht zu haben.

- Frage A3, in der gefragt wird, ob eine 20 Cent – Münze vom Magneten angezogen wird, sollte eigentlich auf Grund von Vorwissen aus Aufgabe A1 gelöst werden.

Die Schüler wurden in Aufgabe A3 darüber informiert, dass die 20 Cent – Münze größtenteils aus Kupfer und Aluminium besteht. Aus Aufgabe A1 könnten sie ableiten, dass Aluminium nicht vom Magneten angezogen wird. Des Weiteren haben die Schüler die Möglichkeit, da sie die Eigenschaften von Kupfer noch nicht kennen gelernt haben, die Antwort „Das müsste ich erst ausprobieren“ anzukreuzen.

S1: „Nein, sie wird nicht angezogen.“

S2: „Wieso nun das [...]?“

S3: „Moment mal, größtenteils...“

Zeitgleich S1: „Weil Aluminium dabei ist aber Kupfer wird angezogen.“

S2: „Keine Ahnung, wir müssen ausprobieren.“

S3: „Aber wenn nur nen bisschen Metall dabei ist, dann wird's angezogen.“

Die Schüler konnten sich leider aus der vorigen Aufgabe keine einheitliche Erklärung bilden. S1 bekräftigt zwar vorerst, dass die Münze nicht angezogen wird, da sie Aluminium enthält, fügt aber weiterhin hinzu, dass die Münze Kupfer enthält, welches, seiner Meinung nach, vom Magneten angezogen wird. Das ist natürlich falsch, Kupfer wird nicht vom Magneten angezogen. Dies konnten die Schüler zu diesem Zeitpunkt aus der Lerneinheit jedoch noch nicht lernen, jedoch hätten sie aus Aufgabe A1 lernen sollen, dass wenn man keine eindeutige Antwort geben kann, man den Gegenstand mit Hilfe eines Magneten lediglich testen muss. Lernziel 6 wurde nicht erreicht.

S3 macht den Fehlschluss, dass ein bisschen Metall ausreicht, damit ein Gegenstand vom Magneten angezogen wird. Eigentlich sollten die Schüler aus Aufgabenblatt eins und Aufgabe A1 des Aufgabenblattes 2 gelernt haben, dass lange nicht jedes Metall automatisch vom Magneten angezogen wird.

Sollte S3 hier den Begriff Metall mit dem Begriff Eisen vertauschen, wäre zwar seine Annahme halbwegs richtig, hätte jedoch nichts mit dem Werkstoff Kupfer und Aluminium der Münze zu tun. Andernfalls hätte der Schüler nicht gelernt, dass man unbekannte Metalle, in diesem Fall Kupfer, auf ihre Anziehungskraft erst mit einem Stabmagneten testen muss, um Rückschlüsse auf diese ziehen zu können. Somit hätte er das Lernziel 6 verfehlt.

Ein Blick in Gruppe drei verrät, ob die Schüler dieser Gruppe die Lernziele der Aufgabe erreicht haben oder nicht. Die Schüler prüfen, bevor sie ihre Vermutung geäußert haben, sofort, ob die 20 Cent – Münze vom Magneten angezogen wird. Erst später bemerkt ein Schüler, dass sie erst ankreuzen und dann erst prüfen sollten. Er entgegnet aber, dass sie ja sowieso schon gewusst hätten, dass Aluminium nicht angezogen würde. Hier lassen sich also Rückschlüsse ziehen, dass die Schüler möglicherweise die korrekte Antwort auf Grund des Transferwissens von Aufgabe A1 angekreuzt hätten. Lernziel 5 wäre dadurch erreicht worden. Die Schüler beachten das Metall Kupfer in der 20 Cent – Münze jedoch nicht: Sie können noch nicht wissen, ob dieses Metall vom Magneten angezogen wird oder nicht. Somit haben sie das Lernziel 6 nicht erreichen können.

Frage 5: „Welche Gründe liegen für das Nicht-Erreichen von Lernzielen vor?“

Die Schüler haben einige fachliche Fehlschlüsse auf diesem Arbeitsblatt gemacht und somit konnte jeder einzelne Schüler einerseits unterschiedliche Lernziele, andererseits nicht alle Lernziele der Aufgabe erreichen. Für solche Fälle wurde am Ende des Arbeitsblattes eigentlich ein Informationskasten konzipiert, in dem die fachlichen Aspekte der Lernziele der Aufgaben zusammengefasst wurden. Leider haben die Schüler den Informationskasten nicht gelesen, somit konnten sie die zentralen wichtigen Aspekte des Arbeitsblattes nicht verstehen. Bei Gruppe vier kann man ein ähnliches Verhalten feststellen.

Sie bemerken den Informationskasten, lesen ihn auch kurz an, brechen jedoch dann ab und beenden die Arbeit mit dem Arbeitsblatt Zwei. Deshalb muss man davon ausgehen, dass die einzelnen Schüler der beiden Gruppen eventuell verschiedene aber nicht alle Lernziele erreicht haben.

Frage 9: „An welchen Stellen der Bearbeitung der Aufgabenserie lassen sich deutliches Interesse oder Motivation der Schüler feststellen?“

- Die Bearbeitung der acht Arbeitsblätter scheinen für die Gruppe auch eine Art Wettbewerbscharakter zu haben, welches sie motiviert zu arbeiten.

S2: *„Wir sind die Weitesten, ne?“*

S1: *„Wirklich?!“*

S2: *„Ja, echt!“*

Dies kann positiv, wie auch negative Folgen haben. Für die Beurteilung zählen zwei Parameter, welche ausgewogen oder nicht ausgewogen sein können: Der Wettbewerbscharakter und die Leistungen der Gruppe. Positiv könnte sein, dass die Schüler motiviert sind, die Arbeitsblätter mit richtigem Ergebnis durchzuarbeiten und dabei womöglich noch Erster zu sein: Bester bei der Leistung und erste Gruppe, welche das Arbeitsblatt 8 abgeschlossen hat. Zwei Ziele, welche positiv miteinander korrelieren. Negativ wäre es, wenn der bloße Wettbewerbscharakter im Vordergrund stehen würde, durch den die Schüler die Arbeitsblätter oberflächlich und hastig bearbeiten, nur damit sie die Ersten sind, die fertig sind. Die angestrebten Lernziele würden darunter leiden und die Leistungen wären der Gruppe egal. Ein unausgeglichenes Verhältnis von Leistungen und einem dominanten Wettbewerbscharakter wären die Folge. Ein bloßer Spielcharakter würde die Arbeitsweise bestimmen.

A3 Der verflixte Zweite

Frage 8: „Welches Vorwissen bringen die Schüler mit in den Unterricht?“

- Im Aufgabe A1 von Aufgabenblatt drei sollen die Schüler die Wechselwirkung zweier Magnete testen. Ein Magnet liegt jeweils auf dem Tisch auf Zahnstochern, der andere nähert sich wechselseitig. Bevor die Aufgabe bearbeitet wird, weiß Schüler, was passieren wird. Woher dieses Vorwissen stammt ist unklar. Es könnte beispielsweise aus dem Physikunterricht, aus Spielereien mit zwei Magneten während der Aufgabenserie oder aus dem Alltag stammen.

S1: *„Die geh'n hin und her!“*

S1: *„Die geh'n hin und her.“*

Frage 11: „Wie kamen die Schüler mit der Struktur des Arbeitsblattes und der Struktur der Aufgaben des Arbeitsblattes zurecht?“

- Die Schüler haben anfangs Probleme mit dem Aufbau des Experiments von Aufgabe A1, in der die Wechselwirkung zweier Magnete untersucht werden soll:

S1 gibt S3 Anweisungen über die Position des Stabmagneten:

„Na gut, erst mal hier einen hin.“

S3 verteilt die Zahnstocher auf dem Tisch. S1 greift ein und korrigiert die Lage des Magneten:

„Du musst das so machen, so!“

S2 nimmt sich den Magneten, legt ihn auf die Zahnstocher und zeigt auf ein Photo auf dem Arbeitsblatt von Aufgabe A1:

„Hey dadrauf legen!“

S1 zeigt auf das Materialphoto auf dem Arbeitsblatt Drei, Aufgabe A1:

„Ja zuerst sollen wir doch das hier machen.“

S2: *„Achso. Ich wette mit euch, das wird nicht angezogen.“*

S1: *„Doch die, die ähm...“*

S3 bezieht sich auf das Materialphoto:

„Ne, das ist doch nur die Liste von den, für die, für die Materialien.“

[...]

S1: *„Ja das ist aber die Liste für die Materialien, was wir brauchen.“*

S3: *„Genau!“*

S2 orientiert sich nach den Aufbauphotos:

„Dann machen wir wieder richtig.“

In Gruppe drei können die gleichen Probleme in ähnlicher Weise beobachtet werden.

Hier besteht folgendes Problem: Die Schüler sprechen von zwei verschiedenen Photos. Es gibt einmal ein Photo, welches die Materialien zeigt, die für den Versuch verwendet werden sollen. Es gibt weitere Photos, welche den Aufbau für das Experiment zeigen. A1 lautet: „Was passiert, wenn ihr euch mit dem Magneten aus eurer Hand, wie auf den Photos zu sehen, dem zweiten Magneten auf den Zahnstochern nähert?“ Hier wurde nicht eindeutig zugewiesen, auf welche Photos sich das Experiment bezieht. Des Weiteren wurde das Materialphoto auch nicht als Materialphoto ausgezeichnet. Daraus resultiert Verwirrung in der Gruppe über den richtigen Aufbau für das Experiment. Um die Struktur der Aufgabe zu verbessern und einer Verwirrung der Schüler entgegenzuwirken, sollten das Materialphoto und die Photos zu den Experimenten besser ausgezeichnet werden.

Frage 4: „Welche, der von der Aufgabenserie angestrebten Lernziele (s. Kapitel 3.3.5.3), werden von den Schülern erreicht?“

- Die Polzuordnung erfolgt bei den Schüler während der Bearbeitung der Aufgabe A1 von Arbeitsblatt drei des Öfteren durch ihre Farben.

Hier einige Beispiele:

S3: *„Jetzt sollen wir rot und rot.“*

[...]

S1: *„So, Beobachtung bei rot und rot.“*

S3: *„Rot und rot.“*

S1: *„Rot und rot ist...“*

S3: *„Rot stößt, rot stößt sich ab.“*

[...]

S1: *„Grün und rot zieht an. Grün und rot zieht sich an.“*

[...]

S1: *„Grün und grün, ähm, äh, haben wir noch gar nicht probiert.“*

In Gruppe vier taucht dieses Verhalten in ähnlicher Form auf. Sie verwenden die Zuordnung der Pole durch Rot und Grün, vermengen dies jedoch auch mit einer korrekten Zuordnung durch Nord- und Südpol.

Die Farben rot und grün dienen lediglich der optischen Unterscheidung der Pole Nord- und Südpol, sollen aber nicht als Synonym für Nord- und Südpol verwendet werden. Lernziel 1 wäre durch die Zuordnung von Rot und Grün nicht erreicht worden. Diesem Problem liegt eine sprachliche notwendige Feinheit zu Grunde, welcher sich die Schüler nicht bewusst sind. Ein Blick in Gruppe vier verrät jedoch, dass die Schüler die Zuordnung der Pole durch die Farben rot und grün mit der Zuordnung durch Nord- und Südpol vermengen. Man könnte davon ausgehen, dass die Schüler der Gruppen im Stande wären, eine Zuordnung von Nord- und Südpol treffen zu können, oftmals jedoch der optische Reiz überwiegt und deshalb eine Zuordnung durch Farben bevorzugt wird. Solche Fehler lassen sich am besten in Unterrichtsgesprächen korrigieren. Um dem Fehler jedoch auch auf dem Arbeitsblatt entgegenwirken zu können, sollte man Wert darauf legen, die Zuordnung der beiden Pole durch Nord- und Südpol in der Aufgabe vorzugeben oder in die Aufgabenstellung mit einzubauen.

- Das Lernziel 8 und 9 des Arbeitsblattes wurde erreicht. Das kann man unter anderem an folgender Konversation feststellen:

S1: *„Grün und grün, ähm, äh, haben wir noch gar nicht ausprobiert.“*

S1 nimmt sich den Magneten, um dies zu testen.

S2: *„Doch, ich weiß, wie das ist...“*

S3: *„Das ist genauso.“*

S2: *„Das ist genauso [wie bei Nord- und Nordpol]. Das zieht sich nicht an.“*

S3: *„Das stößt sich ab!“*

[...]

S2: *„Und bei rot und grün ist das Gleiche. Die sind alle so einfach!“*

S1: *„Ziehen sich auch an, gea?“*

Man kann hier feststellen, dass die Schüler eine Transferleistung erbringen. Schüler eins stellt fest, dass sie den Versuch, in dem sich der Südpol des einen Magneten dem Südpol des anderen Magneten nähert, noch nicht gemacht wurde. S2 und S3 sagen, dass sich die Magneten, genauso wie bei dem Versuch, in dem sich der Nordpol des einen Magneten dem Nordpol des anderen Magneten nähert, abstoßen werden. Ebenso kann man erkennen, dass die Schüler verstanden haben, dass das Ergebnis das gleiche ist, wenn sich der Süd- dem Nordpol oder ob sich der Nord- dem Südpol nähert.

Frage 11: *„Wie kamen die Schüler mit der Struktur des Arbeitsblattes und der Struktur der Aufgaben des Arbeitsblattes zurecht?“*

- In Aufgabe A2 sollen die Schüler ihr Wissen aus Aufgabe A1 in einem Lückentext wiedergeben. Dieser bereitet ihnen Schwierigkeiten, obwohl sie Aufgabe A1 erfolgreich abgeschlossen haben. Das legt die Vermutung nahe, dass die Schüler Probleme mit dem Aufgabenformat haben.

Sie nutzen das erste Mal den Informationskasten, der am Ende des Arbeitsblattes steht. Mit diesem werden sie auf den richtigen Weg geleitet:

Alle Schüler haben die Aufgabe A2 und deren zwei Lückensätze gelesen, sie wirken ratlos. S1 und S3 blättern auf Seite zwei um, auf dem sich der Informationskasten befindet.

S3 liest sich den ersten Satz durch:

„Oh, das ist geil.“

[...]

S2 blättert zum Lückentext auf Seite eins:

„Also, wenn man...“

S1: *„Ah, guck mal! Stoßen zwei ungleiche Pole Nord-Süd oder West und Ost?“*

S3: *„Nord – Süd oder Süd – Nord?“*

S1: *„Süd – Nord von zwei Magneten. Süd – Nord, gea?“*

[...]

S2: *„Was schreiben wir da?“*

S1: *„Süd – Nord. Unten bei dem.“*

[...]

Schüler gehen zum ersten Lückensatz über.

S3: *„...versteh ich net, wie dämlich. Wahrscheinlich: Nähert man die Nordpole oder Südpole von zwei Magneten, so...“*

S1: *„Schreiben wir einfach Südpole.“*

S3: *„...nä, aber...“*

S1: *„Ja kann ja eigentlich sonst nix anderes sein.“*

S1 zeigt auf Magneten:

„Nordpol, Südpol.“

S1: *„So, ich schreib Südpol hin. Passt.“*

Einerseits könnten die Schüler, wie oben schon erwähnt, Probleme mit dem Aufgabenformat haben, andererseits könnte das Problem weiterhin auch darin liegen, dass die Schüler in Aufgabe A1 Nord- und Südpol immer mit Rot und Grün bezeichnet haben.

So fand kein aktives Umdenken und Übertragen der Begrifflichkeiten statt. Aufgabe A2 nutzt jedoch nur die Begriffe Nord- und Südpol und nicht die Begriffe Grün und Rot. Die Schüler haben leider keine Transferleistung des Wissens von Aufgabe A1 zu Aufgabe A2. Das Ausfüllen des Lückentextes gleicht eher einem Ratespiel, obwohl sie das nötige Wissen eigentlich besitzen, wie die Beantwortung der Frage 4 zu diesem Arbeitsblatt geklärt hat.

Gruppe vier hat im Gegensatz keinerlei Probleme, den Lückentext auszufüllen und das in Aufgabe A1 gewonnene Wissen anzuwenden. Obwohl diese Gruppe generell unkoordinierter arbeitet, erreicht jeder Schüler dieser Gruppe das Lernziel 8 und 9. Diese Aussage kann deshalb getroffen werden, weil (fast) jeder Schüler der Gruppe den Lückentext eigenständig ausfüllt und alle Schüler korrekte Ergebnisse eingetragen haben.

Frage 7: „Haben die Schüler andere Lernziele erworben, welche in der Planung nicht bedacht wurden?“

- Bei der Bearbeitung der Aufgabe A1 lässt sich eine weitere Erkenntnis, welche in der Planung nicht bedacht wurde, beobachten. Ein Schüler macht folgenden Unterschied beim Nähern von gleichnamigen- und ungleichnamigen Polen während einer ähnlichen Geschwindigkeit, mit der sich die Pole nähern:
 - Gleichnamige Pole stoßen sich viel langsamer ab, als sich ungleichnamige Pole bei gleicher Geschwindigkeit, anziehen.

Die rein physikalische Erklärung sollte mit den Schülern geklärt werden. Die Beobachtung, die dieser Schüler gemacht hat, ist grundsätzlich super, entspricht allerdings einer nicht ganz physikalisch korrekten Ursache Wirkung Beziehung.

A4 Was ist ein Elektromagnet überhaupt?

Frage 9: „An welchen Stellen der Bearbeitung der Aufgabenserie lassen sich deutliches Interesse oder Motivation der Schüler feststellen?“

- Das Arbeitsblatt vier hat direkt zu Beginn einen Aufforderungscharakter für die Schüler:

S3 wirft einen ersten Blick auf das Arbeitsblatt A4:

„Ja, jetzt wird's lustig.“

S1: *„Jetzt wird's geil.“*

S3: *„Elektromagnetismus.“*

S2: *„Olé.“*

S1: *„Ich hol das Zeug schon mal raus.“*

[...]

S1 zu S3: *„Wir brauchen noch, ja zwei blaue Kabel. Ich mach das dann schon mal, gea?“*

S2 zeigt auf das Netzgerät auf dem Arbeitsblatt bei Aufgabe A2:

„Also wir brauchen doch das Teil auch.“

S1: *„Hm?“*

S2: *„Ach ja, erst das, erst...“*

S1: *„Nein, für den ersten Versuch, für den ersten Versuch net.“*

S2: *„Bei dem zweiten Versuch auch net.“*

L *„Also ihr müsst bei A1 anfangen.“*

S1: *„Ja machen wir.“*

L: *„Da braucht ihr, braucht ihr da schon Kabel für bei A1?“*

S1: *„Nein.“*

L: *„Dann tu die noch mal weg!“*

Dieses Beispiel zeigt einen anderen Start der Bearbeitung der Arbeitsblätter, als bei den vorigen Arbeitsblättern. Zuvor verlief die Arbeit an den vorigen Arbeitsblättern recht geordnet: Die Schüler haben sich zuerst die erste Aufgabe auf dem Arbeitsblatt durchgelesen und haben sich danach die Materialien aus der Kiste geholt, um mit diesen zu arbeiten.

Bei diesem Arbeitsblatt, mit dem der Elektromagnet eingeführt werden soll, gerät diese Struktur durcheinander. Zunächst äußern die Schüler zu Beginn spontan freudige Bemerkungen. Darauf schauen sich die Schüler zuerst die Bilder auf Seite eins des Arbeitsblattes an und zwar auch diese Bilder, die zu Folgeaufgaben gehören. Sie beginnen damit, alle Gegenstände, welche auf den Bildern zu sehen sind, aus der Kiste zu holen, um mit diesen zu arbeiten. Kein Schüler liest sich auf dem Arbeitsblatt durch, was überhaupt gemacht werden soll. Der Lehrer greift ein und erinnert sie daran, alle Aufgaben der Reihe nach nur mit bestimmten Versuchsmaterialien durchzuführen (Frage 13).

Während S1 und S2 mit dem Besorgen der Materialien beschäftigt sind, räumt S3 die letzten Gegenstände der Experimente des vorigen Arbeitsblattes weg. Das ist ein sehr untypisches Verhalten für die Gruppe. Sie warten meistens aufeinander, so dass jeder dem Verlauf der Arbeitsblätter folgen kann. Hier erkennt man, mit welcher Euphorie die Schüler dieses Arbeitsblatt, im Gegensatz zu den anderen, bearbeiten.

Gruppe vier reagiert sehr ähnlich auf das Arbeitsblatt. Sie holen sich direkt die Kabel und das Netzgerät, welche jedoch weder für den anfänglichen Informationskasten, noch für die erste Aufgabe gebraucht werden. Das Netzgerät wird, ohne Aufforderung und ohne das Arbeitsblatt gelesen zu haben, direkt an den Strom angeschlossen. Danach wird der Elektromagnet sofort an das Netzgerät angeschlossen. Die Schüler arbeiten auf diesem Arbeitsblatt weiterhin recht unkoordiniert und nicht genau nach Aufgabe. Der Lehrer muss hier ein zweites Mal eingreifen (Frage 13).

Frage 11: „Wie kamen die Schüler mit der Struktur des Arbeitsblattes und der Struktur der Aufgaben des Arbeitsblattes zurecht?“

- Es geht aus den Videodaten der Gruppe drei nicht genau hervor, ob die Schüler am Anfang des Arbeitsblatts vier, bevor der Informationskasten gelesen wird, verstehen, woraus ein Elektromagnet besteht:

S1: *„Also, wir brauchen eine Spule, die haben wir. Wir brauchen einen Elektromagnet.“*

Der Schüler sieht die Spule und den Elektromagneten unabhängig voneinander als eigenes Bauteil und nicht, wie es richtig wäre, die Spule als Bauteil des Elektromagneten an. Kurz darauf wird der Informationskasten vorgelesen, es sieht so aus, als ob die Schüler nun alle wissen, was ein Elektromagnet ist (Frage 4, Lernziel 10).

Gruppe vier hat den Informationskasten überhaupt nicht gelesen, sondern direkt losgearbeitet.

Frage 2: „Welche weiteren, im Rahmen der Literaturrecherche nicht erfassten Schülervorstellungen lassen sich während der Bearbeitung der Aufgaben feststellen?“

- Die Schüler arbeiten aus Berührungängsten sehr vorsichtig mit dem Elektromagneten. Die Berührungängste könnten durch den Sicherheitshinweis auf Aufgabenblatt vier stammen. Sie fürchten, es könnte ihnen etwas zustoßen, wenn sie dieses anfassen. Diese Befürchtung haben sie auch dann, wenn das Netzgerät noch nicht an der Steckdose angeschlossen wurde. Der Aufbau des Elektromagneten, angeschlossen an das Netzgerät reicht aus, um die Befürchtungen der Verletzungsgefahr bei den Schülern hervorzurufen.

Folgend einige Beispiele aus der Transkription:

- S2 hat das Netzgerät gerade vom Lehrerpult geholt und stellt es auf den Gruppentisch:

„Das müssen wir richtig machen, das kann sehr gefährlich sein. Ich mach das diesmal!“

- S2 während der Bearbeitung von Aufgabe A2:

„Das ist jetzt ganz gefährlich.“

S1 zu S2: *„Jaja C., das ist ganz...“*

S3 ergänzt: *„gaaaaanz gefährlich.“*

Hier reagieren die Schüler S1 und S3 noch relativ locker, das wird anders, als das Netzgerät an den Strom angeschlossen wird:

- S1 zu S3, welcher den Elektromagneten in den Händen hält:

„Ey, da würd ich jetzt die Finger vonnehmen, gea?!“

S2: *„Achtung.“*

- Das Netzgerät wurde auf 12 Volt eingestellt. S2 packt Elektromagneten an, S1 fährt ihn an:

„Oh, bist du blöd?!“

S2 nimmt die Finger vom Elektromagneten schnell weg. S1 korrigiert die Position des Elektromagneten vorsichtig am Plastikdeckel.

Vermutlich befürchten die Schüler einen starken Stromschlag beim Anpacken des Elektromagneten. Ein Hinweis auf dem Arbeitsblatt könnte den Schülern die Angst nehmen.

Gruppe vier hat im Gegensatz zu Gruppe drei keine Berührungsängste.

- Man kann beobachten, dass sich die Schüler nicht so recht schlüssig sind, wo welches der beiden blauen Kabel genau angeschlossen werden muss:

S2 betrachtet die Anschlussbuchsen am Netzgerät:

„Blau und Rot.“

S3: *„Ja, Plus- und Minus.“*

[...]

S1 zu S3: *„Ich weiß.“*

S3: *„Ich denke mal, das ist auch egal. Das ist Wurscht!“*

S1 orientiert sich auf dem Aufbauphoto des Arbeitsblatts:

„Warte mal, das Rote...“

[...]

S1 schaut auf Aufbauphoto des Arbeitsblatts:

„Warte mal, warte, wie steht das denn...“

S3: *„Das ist, das ist eigentlich Wurscht, also ich geh mal davon aus...“*

S3 meldet sich.

S1: *„Frag erstmal, warte mal...! Na frag erstmal, bevor ich irgendwas...“*

[...]

S1 verweist auf zwei zugeklebte Anschlüsse am Netzgerät:

„So, das dürfen wir extra net benutzen, hier Plus und Minus müssen wir jetzt gucken.“

Ähnliches spielt sich auch in Gruppe vier ab, welche jedoch nicht lange zögern, den Elektromagneten einfach an die zwei freie Anschlüsse am Netzgerät anzuschließen.

Die Schüler gehen also zunächst zögerlich vor, da sie sich nicht sicher sind, welches Kabel an den Plus- und welches an den Minusanschluss angeschlossen werden muss. Gruppe vier löst dieses Problem, indem sie sich genau an das Photo halten, welches den Aufbau zeigt.

Um diesem Problem entgegen zu wirken sollte eine Bemerkung auf dem Arbeitsblatt ausreichen.

Frage 11: „Wie kamen die Schüler mit der Struktur des Arbeitsblattes und der Struktur der Aufgaben des Arbeitsblattes zurecht?“

- Die meisten Schüler kommen mit der Transferfrage in Aufgabe A5 gut zurecht. Sie können das erlernte Wissen der Aufgabenblätter zuvor anwenden: Aluminium wird nicht von Magneten angezogen. In Gruppe drei ist zunächst nur S1 anderer Meinung. S2, der vorerst korrekt geantwortet hat, lässt sich allerdings von S1 beeinflussen und ändert seine Meinung. Die Frage lautete: „Vermutet: Würde der Elektromagnet auch einen Aluminiumnagel anziehen? Kreuze an!“:

S2: „*Nein.*“

S1: „*Ja.*“

[...]

S1: „*Ich sach ja!*“

S3: „*Auch vermutet. Ich sach nein!*“

S2: „*Ich sach ja!*“

S3: „*Nein, weil Aluminium.*“

Der Versuch wird mit der Aluminiumplatte der vorigen Arbeitsblätter ausprobiert.

[...]

S3: „*Nein.*“

S1: „*Weil...Aluminium nicht anziehbar ist.*“

S3: „*Genau!*“

Aus Gruppe vier zeigte lediglich ein Schüler die Transferleistung. Einer äußerte sich klar dagegen. Die Meinung der anderen beiden Schüler lassen sich nicht gut beobachten.

Frage 7: „Haben die Schüler andere Lernziele erworben, welche in der Planung nicht bedacht wurden?“

- S3 interessiert sich, unabhängig von den Aufgaben, dafür, ab wie viel Spannung der Nagel vom Elektromagneten abfällt:

S1 zu S3: *„Äh, gib mir mal kurz den Nagel, gib mir mal kurz den Nagel, der dafür war. Ich guck jetzt mal, wann er abfällt, bei wie viel [Volt].“*

S1: *„Mach dran, mal gucken, wann er abfällt. Mach mal so gerade, nein äh, mach mal gerade dran, so, dass er so spitz zu dir zeigt. So, pass auf [regelt das Netzgerät runter]!“*

S1: *„Warte, ich mach mal sechs [Volt]. Hält er noch?“*

S3: *„Jaja.“*

S1: *„Fünf.“*

S3: *„Ja! Dreh mal runter auf Eins!“*

S3: *„Ja bei, bei Zwei hört er auf!“*

S1: *„Bei Zwei...und dann?“*

S3: *„Bei unter, bei unter zw...“*

S1: *„Mach mal!“*

S3: *„...ja...“*

S1: *„Jetzt hab ichs geschaltet [Nagel fällt]. Jetzt isser wieder voll [regelt Spannung hoch].“*

S1: *„Zehn.“*

S2 zu S1: *„Gib mal her.“ [S2 will selbst drehen]*

S1 zu S2: *„Und?“ [Aufforderung, da nichts passiert]*

S3: *„Mach!“*

S1: *„Ja...?!“*

S1 erschreckt S2, damit der mal schneller macht.

S2: *„Immer noch net, gell?“*

S3: *„Runter!“*

S1: [Nagel fällt] *„Jetzt.“*

S2: *„Bei genau Eins.“*

S3: [zeitgleich] „Bei knapp Eins.“

Das Vorgehen der Gruppe, insbesondere das von S3, zeugt davon, dass die Schüler das Experimentieren mit dem Elektromagneten als interessant erleben (Frage 9). Die Schüler forschen hier eigenständig naturwissenschaftlich und kommen zu einem brauchbaren Ergebnis, welches in der Planung für dieses Arbeitsblatt jedoch nicht vorgesehen wurde.

Frage 9: „An welchen Stellen der Bearbeitung der Aufgabenserie lassen sich deutliches Interesse oder Motivation der Schüler feststellen?“

- S1 zeigt am Ende des Arbeitsblattes auf Nachfrage des Lehrers ganz deutlich Interesse am Thema und an den Versuchen:

L: „Ist das interessant für euch?“

S2: „Ja!“

S1: „Ja! So was würd ich gern öfter machen.“

- Am Ende des Arbeitsblattes kann man ein weiteres Beispiel für den Wettbewerbscharakter der Aufgaben, wie in den Ergebnissen zu Arbeitsblatt zwei erläutert wurde, unter den Schülern feststellen:

S1 verweist auf Nachbargruppe:

„Guck mal, wir sind schon wieder weiter als die.“

A5 Wie ist das mit Nord- und Südpol noch mal?

Frage 11: „Wie kamen die Schüler mit der Struktur des Arbeitsblattes und der Struktur der Aufgaben des Arbeitsblattes zurecht?“

- Hier fällt auf, dass die Arbeitsblätter ein wenig umstrukturiert werden sollten. Genauer gesagt sollte Arbeitsblatt vier umgestaltet werden.

Am Ende des Arbeitsblattes sollte ein Hinweis folgen, in dem die Schüler dazu aufgefordert werden, den Aufbau nicht abzubauen. Dadurch würde folgendes Problem behoben werden:

S2: [schaut auf Arbeitsblatt 5] „Jetzt geht’s weiter!“

S1: „Ah, das brauchen wir jetzt noch mal.“ [Schüler haben gerade alle Versuchsmaterialien weggeräumt]

S2: „Oh...grad, wo wir das alles Zeug aufheben.“

Gruppe vier hat den Aufbau ohne Aufforderung für das nächste Aufgabenblatt stehen lassen.

Frage 13: „Welche Interaktionen der Lehrperson mit den Schülern waren für die Schüler hilfreich, welche nicht?“

- Während des Experimentes von Aufgabe A1 unterbricht der Lehrer die Schüler und fragt, wie sie vorgegangen sind. Er lässt sich erklären, wie die Schüler untersucht haben, ob der Eisenkern einen Nord- und Südpol besitzt. Aus dem Videomaterial geht hervor, dass der Lehrer die Gruppe eher beim Arbeiten aufhält. Die Schüler waren mitten im Versuch, als der Lehrer sie unterbrochen hat. Die Interaktion ist für die Schüler hier nicht nötig.

Frage 9: „An welchen Stellen der Bearbeitung der Aufgabenserie lassen sich deutliches Interesse oder Motivation der Schüler feststellen?“

- S1 spielt, während die anderen beiden Schüler bei A2 eine Antwort schreiben, mit dem Stab- und dem Elektromagneten. Er testet die Wechselwirkung der Pole des Stabmagneten an einem Pol des Elektromagneten und zeigt sich erstaunt:

S1 begeistert: „Guck mal, guck mal, boaa!!“

S2: „Ich weiß, ist voll geil!“

S1 führt Nordpol des Stabmagneten und Nordpol des Elektromagneten gegeneinander:

„Oh, ist voll schwer, das festzuhalten, yeah!“

S2: *„Yeah, zeig mal!“*

S1 zu S2: *„Lass mal oben drüber schweben!“*

S2: *„Oah!“*

S1 dreht Spannung herunter:

„Guck mal, obs jetzt leichter ist.“

S2: *„Ja, viel leichter.“*

S1: *„Ja, hab ich mir vorgestellt.“*

S1 freut sich, zu L:

„Hätt ich auch gern in Physik!“

S2: *„Wie bei Astronauten, gelle?“*

S1 testet sogar, ob die Abstoßung der gleichnamigen Pole von Stab- und Elektromagnet schwächer wird, wenn man die Spannung verringert. Hier wird eigenständig ein Lernziel in ähnlicher Art und Weise angestrebt, welches eigentlich dem Versuch des Aufgabenblatts sechs zugeschrieben ist (Frage 7). Die eingesetzten Materialien bieten also auch die Möglichkeit, dass Schüler eigenständige Fragestellungen verfolgen können.

Frage 4: „Welche, der von der Aufgabenserie angestrebten Lernziele (s. Kapitel 3.3.5.3), werden von den Schülern erreicht?“

- S3 erreicht das Lernziel 12 dieses Aufgabenblatts. Dies kann man an folgender Situation erkennen, in der sich S2 erkundigt, ob der Eisenkern des Elektromagneten auch Nord- und Südpol besitzt (A3):

S2 verweist auf A3:

„Ja, da unten: Ja oder nein...hallo?!“

S3: *„Jaaa!“*

S2 macht S3 nach:

„Jaaa...“

S2 scheint nicht mitzudenken, deshalb kann man nur schwer beurteilen, ob dieser das Lernziel auch erreicht hat oder nicht.

Gruppe vier erreicht Lernziel 12 ebenfalls.

- An der Äußerung von S3 kann man erkennen, dass dieser auf jeden Fall Lernziel 2 von Aufgabenblatt A1 erreicht hat:

S3 geht zur Aufgabe A4 über:

„...Nord- und Südpol! Ähm, müssen wir mal gucken.“

S3: *„Ähm, müssen wir mal gucken, Nord ist rot...“*

Ein weiterer Schüler der Gruppe vier geht recht routiniert mit den Begriffen Nord- und Südpol um und kann sie den farblich markierten Teilen angemessen zuordnen.

Frage 5: „Welche Gründe liegen für das Nicht-Erreichen von Lernzielen vor?“

- Durch Spielereien der S1 und S2 am Netzgerät während der Bearbeitung der Aufgabe A4 ist es fraglich, ob S3 die korrekten physikalischen Konsequenzen aus seinen Versuchen ziehen kann. Dadurch, dass S1 und S2 die Spannung mal an, mal ausmachen kann das Ergebnis von S3 verfälscht werden. Wenn das Netzgerät aus ist, dann bleibt beispielsweise der Nordpol des Stabmagneten am Eisenstab des Elektromagneten hängen. Da gerade in dieser Aufgabe der Süd- und Nordpol des Eisenkerns des Elektromagneten bestimmt werden soll sind die Grundvoraussetzungen, mit denen S3 denkt zu arbeiten, falsch, wodurch das Lernziel 13 (der Elektromagnet besitzt einen Nord- und Südpol, wenn die Spannung angeschaltet ist) dieser Aufgabe gefährdet wird.

Frage 2: „Welche weiteren, im Rahmen der Literaturrecherche nicht erfassten Schülervorstellungen lassen sich während der Bearbeitung der Aufgaben feststellen?“

- Ebenso, wie in Aufgabenblatt vier, könnten es sein, dass sich bei der Bearbeitung der Aufgabe A5 Schülervorstellungen über Verletzungsgefahr bei der Arbeit mit dem Elektromagneten und dem Netzgerät finden lassen:

S3 will Kabel umstecken, S1 greift ein:

„Warte, war...nö!“

S3: „Ei mach doch [das Netzgerät aus]!“

Erst als das Netzgerät aus ist, werden die Kabel umgesteckt.

Gruppe vier reagiert genauso und schaltet das Netzgerät vor dem Tausch der Kabel aus.

Dieses Verhalten könnte allerdings auch, dem Physikunterricht entsprechen, antrainiert sein. Schüler werden im Umgang mit dem Netzgerät oftmals vom Lehrer angehalten, das Netzgerät sicherheitshalber immer wieder auszuschalten, bevor Kabel o. ä. gewechselt werden können.

Frage 5: „Welche Gründe liegen für das Nicht-Erreichen von Lernzielen vor?“

- Die Schüler sollen auf diesem Aufgabenblatt schrittweise zur Erkenntnis gelangen, dass sich Nord- und Südpol des Eisenkerns, bei vertauschen der Kabelanschlüsse, ebenso vertauschen. Die Schüler stellen nach Vertauschen der Kabel am Netzgerät (A5) fest, dass der Eisenkern weiterhin Nord- und Südpol besitzt. Die Annahme ist vorerst richtig. Trotzdem begehen sie einen großen Fehler, welcher aber zufälligerweise nicht zum Misslingen der Aufgabe beiträgt. Die Schüler nähern sich, nach Vertauschen der Kabel, mit dem Stabmagneten, wie in Aufgabe A1 beschrieben, dem Eisenkern nicht mehr vorsichtig, sondern heften ihn direkt an den Elektromagneten. Ein zweiter Stabmagnet wird intuitiv, den Vorstellungen entsprechend, ungleichnamig an die andere Seite geheftet. Man hätte beide Magnete jedoch auch umdrehen und wieder an das jeweilige Ende des Eisenkerns heften können, sie wären auch „hängen geblieben“.

Die natürliche Anziehungskraft des Magneten und des Eisenkerns scheint stärker als das entstehende Magnetfeld zu sein, weshalb dieser Fehler schnell eintreten kann, wenn man den Magneten nicht nähert, sondern direkt an den Eisenkern führt. Rein zufällig haben die Schüler die Stabmagneten so angeheftet, dass das Lernziel 13 der Aufgabe erreicht werden konnte. Die Schüler hätten hier jedoch mit einer hohen Wahrscheinlichkeit auch ein anderes Ergebnis feststellen können und hätten somit das Lernziel 13 verfehlt.

Der Lehrer weist die Gruppe auf den Fehler hin. Das Eingreifen des Lehrers ist hier gerechtfertigt (Frage 13), jedoch stellt er weiterhin Fragen, welche eher Verwirrung stiften. Ein kurzes Eingreifen und Hinweisen auf den Fehlschluss in dieser Situation seitens des Lehrers sollte genügen.

Gruppe vier hingegen arbeitet wie vorgeschrieben und erreicht vorerst ohne Probleme das Lernziel 13. Am Ende der Bearbeitung des Arbeitsblattes tritt das Problem jedoch auch bei dieser Gruppe ein: Sie nähern den Stabmagneten dem Eisenkern nicht, sondern haften ihn, während der Elektromagnet ausgeschaltet ist, direkt an. Ein Schüler ist verwirrt, dass auf einmal jeweils Nord- und Südpol des Stabmagneten an dem einen-, sowie auch an dem anderen Ende des Eisenkerns haften bleiben. Ein weiterer Schüler löst das Problem mit der Mitteilung, dass das Netzgerät ausgeschaltet sei.

Frage 6: „Haben die entwickelten Experimente und Aufgaben dazu beigetragen, dass die Schüler die angestrebten Lernziele erreichen können?“

- Vor Beginn der Aufgabe A8 ereignet sich folgende Diskussion:

S3 liest den Hinweis auf dem Aufgabenblatt vor, in der die Schüler aufgefordert werden, das Netzgerät auszuschalten.

S1 bemerkt: „Ey, es ist Null [Volt]?!“

S1 ist überrascht und fragt sich, warum der Stabmagnet nicht von Eisenkern abfällt, da das Netzgerät auf null Volt steht und somit seine Anziehungskraft auf Gegenstände verlieren sollte.

S3: *„Ja natürlich, das ist ein Eisenkern, natürlich wird der angezogen.“*

S2: *„Achso!“*

S1: *„Klar!“*

S3 leistet hier eine wirklich gute Transferleistung, welche bestätigt, dass er Lernziel 3 erreicht hat.

A6 Wie stark sind Elektro- und Stabmagnet?
--

Frage 9: „An welchen Stellen der Bearbeitung der Aufgabenserie lassen sich deutliches Interesse oder Motivation der Schüler feststellen?“

- S1 lässt sich durch die Aufgabenserie motivieren. Ihn interessiert, ob der Stift seines Mitschülers auch magnetisch ist.

Allgemeine Bemerkung:

- Ab dem Aufgabenblatt sechs ist zu bemerken, dass manche Schüler nicht mehr so konzentriert und geordnet arbeiten können, wie es am Anfang der Fall gewesen ist. Die Schüler lenken sich öfters gegenseitig ab und treiben Späße miteinander. In dieser Zeit bearbeiten sie die Aufgaben weniger zielstrebig, was Zeitverzögerungen mit sich zieht. Das könnte zum Beispiel auf eine begrenzte Konzentrationsfähigkeit zurückzuführen sein, da die Schüler eine Doppelstunde, ohne Pause, durcharbeiten und sich bis lang sehr aufmerksam mitgearbeitet haben. S3 arbeitet nach wie vor ziemlich diszipliniert und konzentriert. Die Unaufmerksamkeit hat zur Folge, dass die Bearbeitung der Aufgaben verzögert wird.
- S3 möchte Aufgabe A1b bearbeiten, wird aber durch S1 und S2 daran gehindert, welche die Eigenschaften des Netzgerätes dafür ausnutzen. Folgend ein kleiner Ausschnitt, der zeigt, wie S3 die Arbeit erschwert wurde. Vorher und nachher geschehen ähnliche Situationen:

S3 zu S1: *„Jetzt stell das Ding [Netzgerät, Spannung]
endlich ab, du...“*

S1: *„...du was?“*

S3: *„...du Worscht!“*

S2 und S1 verstellen weiterhin das Netzgerät, während S3 damit arbeiten möchte.

S3: *„Jetzt reicht mir.“*

S1 wendet sich jetzt auch dem Versuch zu:

„Nein, nein, nein.“

S3: *„Machs selber!“*

S2 verstellt weiterhin stetig die Spannung am Netzgerät.

S1 zu S2: *„Ey, is gut jetzt.“*

S3 drückt Hände von S2 vom Netzgerät weg.

S2: *„Ok, ok, ich lass das!“*

S3: *„Das glaub ich wohl doch net!“*

S1: *„Achso, das muss ja... [konzentriert sich
auf den Versuch]...oh!“*

S1 zu S2, der weiterhin Spannung am Netzgerät verstellt:

„C., ist gut jetzt!“

S2: *„Ok, 4 [Volt].“*

S1 schaut S2 an, der weiterhin die Spannung am Netzgerät verändert und damit seinen Versuch sabotiert:

„Neeep...“

S1 zu S3: *„Wo sollen wir das eigentlich hinlegen?“*

S3 nicht mehr zum Spaß zu Mute:

*„Das ist völlig Wurscht! Wir sollen gucken,
ab wann der nicht mehr angezogen wird!“*

S1: *„Warte, lass mal C., lass mal auf 12!“*

S1: *„Ab 3,5 [Zentimeter].“*

S3: *„Vier Volt sollt ihr!“*

S3 muss unter erschwerten Bedingungen arbeiten.

Damit kann er zu keinem Ergebnis kommen, er wendet sich daraufhin vorerst vom Versuch ab und erscheint deutlich genervt. Solche Situationen tauchen in ähnlicher Art und Weise während der Bearbeitung von Aufgabenblatt A6 immer wieder auf und erschweren das Arbeiten.

Es darf, auf Grund der Arbeitsweise, nicht davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse, welche die Gruppe für Aufgabe A1 festhält, korrekt sind. Wahrscheinlich können die Ergebnisse nur Näherungswerte sein.

Gruppe vier hat hingegen keine Probleme bei der Bearbeitung der Aufgabe A1. Bei ihnen treten lediglich Probleme in der Bearbeitung von Aufgabe A2 auf. Die Schüler haben Probleme, die zwei Stabmagneten gleichnamig aufeinander zu legen. Deshalb entscheiden sie sich dafür, dass dieses Experiment nicht durchgeführt werden kann. Dadurch muss man in Frage stellen, ob die Schüler Lernziel 16 und 17 überhaupt erreicht haben. Lernziel 15 wurde von der Gruppe erreicht.

Frage 11: „Wie kamen die Schüler mit der Struktur des Arbeitsblattes und der Struktur der Aufgaben des Arbeitsblattes zurecht?“

- Aufgabe A2 spornt die Schüler an. Sie stellen Vermutungen über Ergebnisse an, bevor experimentiert wurde. Fundament ihrer Vermutungen sind vorangegangene Experimente.

S1: *„Ich sach 2. [Zentimeter = Abstand, ab dem der Eisennagel nicht mehr angezogen wird]“*

S3 führt den Versuch durch.

S2: *„Ja 2.“*

Zeitgleich S3: *„2,4.“*

S2: *„Schon wieder 2,4?!“*

S3: *„Jaa!“*

S2: *„Schon wieder 2,4.“*

S1 liest eine Spalte der Tabelle von Arbeitsblatt vor:

„Zwei kleine Stabmagneten.“

S3 vermutet: *„Ich glaub, das ist wieder 4,5.“*

S2: *„Du mutest?“*

S3: *„Ich VERmute.“*

S1 vermutet ebenfalls: *„Jetzt wird's doch eher angezogen sach ich.“*

S2: *„Nä!“*

S1: *„Ab 3.“*

S3 führt den Versuch durch.

S1: *„2,5; 2; 1,5; 1.“*

S2 stellt fest, dass der Nagel, entgegen vorheriger Vermutungen, auch bei geringem Abstand zum Stabmagneten kaum angezogen wird:

„Hä?! Hä?!“

S1: *„Ach es wird gar nicht angezogen, weil zwei, zwei verschiedene [Pole] übereinander liegen.“*

L: *„Wurde es gar nicht angezogen?“*

S2: *„Nee, gar nicht.“*

S3: *„Es wurde doch angezogen!“*

S1: *„Doch, aber erst ab...“*

S3: *„...Ab fast 0.“*

S2: *„Auf 0.“*

S1 testet noch einmal selbst:

„Da!“

L: *„Guck noch mal genau, ab wann das angezogen wird.“*

S2: *„Einen Zentimeter. Einen Millimeter.“*

S1: *„Warte... 0,5; 0,3; 0,3!“*

Ganz besonders interessant ist der Moment, in dem die Schüler gegen ihre Erwartungen ein ganz anderes Ergebnis erhalten. Lernziel 17 wurde somit in besonderer Art und Weise erreicht.

S2 interessiert sich auf Grund des Ergebnisses, siehe oben, nun für das Ergebnis des folgenden Versuchs:

S3: *„Ich bin mal gespannt, was jetzt passiert, wenn ich zwei gleiche Pole übereinander hab.“*

[...]

S3: *„4,0, bei A. Weil die zwei beieinander sind, das heißt, die sind mit einem Pol kräftiger.“*

Lernziel 16 ist von S3 eindeutig erreicht. Bei S1 kann man auch davon ausgehen. Offen bleibt der Erkenntnisgewinn bei S2.

Frage 4: „Welche, der von der Aufgabenserie angestrebten Lernziele (s. Kapitel 3.3.5.3), werden von den Schülern erreicht?“

- S1 erreicht eindeutig Lernziel 15 und teilt dies den anderen mit:

S1: *„Ich sach mal so, hier unten, das hier, der Na..., äh, der Nagel wird immer früher angezogen.“*

Da S3 auf seinem Arbeitsblatt das Ergebnis anders als S1 und S2 formuliert hat, kann man davon ausgehen, dass auch dieser das Lernziel erreicht hat.

Frage 13: „Welche Interaktionen der Lehrperson mit den Schülern waren für die Schüler hilfreich, welche nicht?“

- Zu Beginn der Bearbeitung der Aufgabe A6 greift der Lehrer viel zu früh ein. Die Schüler haben die Aufgabe gerade erst durchgelesen und müssen sie erst einmal richtig verstehen, da greift der Lehrer schon ein. Mit den gezielten Fragestellungen überrumpelt der Lehrer die Schüler, welche keine Zeit hatten, über den Sinn der Aufgabe nachzudenken.

A7 Warum nutzt man auf Schrottplätzen nur Elektro- und keine Dauermagneten?

Frage 9: „An welchen Stellen der Bearbeitung der Aufgabenserie lassen sich deutliches Interesse oder Motivation der Schüler feststellen?“

- Zu Beginn lässt sich großes Interesse eines Schülers für die Materialien erkennen:

S3 bringt Schuhkarton mit:

„Spongebob für 9,95.“

S2: *„Wo steht 9,95? Oder was soll ich holen, soll ich Adidas oder Spiderman holen?“*

S1: *„Nein, lass das!“*

S2 zeigt auf Spongebob:

„Hähähä.“

S1: *„Was ist dadrin?“*

S3: *„Schrott.“*

S1: *„Ahh!“*

S3: *„Das ist lustig!“*

S1 zu S3: *„Gib mir mal nen Magnet, schnell!“*

S2: *„Ich mach das!“*

S2 schaltet Netzgerät ein.

S1: *„Nein C., das ist falsch!“*

S3: *„Ah, das mit der Hannah Montanadose.“*

S1 zu S2: *„C., du machst das voll falsch!“*

S2 will mit dem Elektromagneten den Schrott anheben.

S3 zu S2: *„Warte doch erst mal!“*

S2 fällt der Eisenkern aus der Spule auf den Tisch.

S3 zu S2: *„Schlau!!“*

S2: *„Scheiße!“*

Das Interesse, mit den neuen auffälligen und schüleransprechenden Materialien zu arbeiten ist vergleichsweise hoch (s. a. Bearbeitung des Arbeitsblatts vier). S1 möchte die neuen Materialien direkt mit einem Stabmagneten testen. S2 unterbricht ihn sofort, er möchte auch testen. Übereifrig beginnt er zu arbeiten, bis er schließlich den Eisenkern fallen lässt. Dann erst besinnen sich die Schüler und lesen erst einmal die Aufgabenstellung durch.

Bemerkung:

- Im Verlauf dieses Arbeitsblattes sind starke Konzentrationsschwierigkeiten von S2 aufgefallen. Er scheint oft nicht zuzuhören, lässt sich leicht ablenken, möchte trotzdem mitarbeiten und scheint deshalb dabei häufig Fehler zu machen. Folgend ein Beispiel:

S2 schüttet Schrott vom tiefen in den flachen Teil des Schuhkartons.

S3 reagiert: *„Nein! Mit dem Magneten!“*

S2: *„Was?“*

S1 zu S2: *„Umkippen wieder, C.!“*

S3: *„Wieder da rein [zeigt auf tiefe Hälfte des Schuhkartons] und dann machstes mit dem Magnetending darüber.“*

S2 zu S1: *„Gib her, gib diesen Magneten...“*

S1 unterbricht und beurteilt den von ihm verklebten Elektromagneten:
„Warte, da, das hält aber noch net. Muss noch was drüber.“

S2 testet den Eisenkern über dem Schrott aus, während S1 die Spule weiter beklebt.

S3 zu S2: *„Warte doch mal! Oh...!“*

S1 zu S2: *„C., falsch!“*

S2: *„Was denn?“*

Zeitgleich S3: *„Ohhh!“*

S1 zu S2: *„Leses erstmal durch, bevor du irgendwas machst, würd ich mal sagen.“*

Frage 6: „Haben die entwickelten Experimente und Aufgaben dazu beigetragen, dass die Schüler die angestrebten Lernziele erreichen können?“

- Die Gruppe simuliert, wie gewollt den Kran eines Schrottplatzes mit dem Elektromagneten und dem Stabmagneten. Ein Problem, welches hierbei entsteht, ist, dass die Schüler, wie auch die Schüler der Gruppe vier, beim Abladen des Schrottes direkt die Spannung ausmachen. Somit fällt der Schrott einfach runter. Zuvor erworbenes Wissen wurde hier angewendet. Dadurch, dass die Schüler die Spannung abschalten, können sie kein Problem feststellen, wie folgt an der Schüleräußerung von S3 zu sehen:

S3 liest A2 vor.

S1 antwortet: *„Alles fällt runter! Der ganze Schrott fällt runter, schreibt das hin!“*

S3: *„Das ist doch kein Problem!“*

Sie sollten eigentlich feststellen, dass beim Stabmagneten, sowie beim Elektromagneten Schwierigkeiten beim Abladen des Schrottes entstehen und erst in Aufgabe A3 sollten sie den Vorteil des Elektromagneten verstehen, indem sie vor dem Abladen die Spannung ausschalten. In jeder Gruppe fällt lediglich einem Schüler das Problem auf, welches beim Abladen des Stabmagneten entsteht, dieses wird in Gruppe drei jedoch nicht weiter behandelt. In Gruppe drei fällt es S3 indirekt auf:

S3 hält Magneten über Schrott.

S2 fordert S3 auf: *„Gib her!“*

S2 übernimmt Versuch: *„Ha, das könnt ihr nicht zumachen.“*

S2 beschreibt, dass man den Stabmagneten, im Vergleich zum Elektromagneten, nicht „zumachen“ kann. Mit zumachen ist höchstwahrscheinlich gemeint, dass man bei dem Elektromagneten die Spannung ausstellen („zumachen“) konnte, beim Stabmagneten nicht.

In Gruppe vier wird das Problem ganz konkret von einem Schüler angesprochen. Daraufhin wird hier das vom Lehrer geplante Ergebnis festgehalten. Die Gruppe erreicht somit das, für diese Aufgabe, vorgesehene Lernziel.

Die Schüler der Gruppe drei haben, auf Grund ihrer Vorerfahrungen durch die Aufgabenserie, Lernziel 18 erreichen können, wie man an der Vorgehensweise der Gruppe erkennen kann, da sie die Spannung des Elektromagneten zum Abladen intuitiv ausgeschaltet wurde. Leider diente das Aufgabenblatt sieben für Gruppe drei selbst nicht zum Erreichen des Lernziels, so wie es eigentlich beabsichtigt war. Die Aufgabe ist also nicht, wie geplant, gut geeignet, Wissen zu verstärken und bewusst werden zu lassen.

Um den Schülern die Problematik, nach der in Aufgabe A2 gefragt wurde, verständlich zu machen, sollten diese den Kran vorerst nur mit einem Stabmagneten simulieren. Hier entsteht das Problem, dass man den Schrott manuell entfernen muss. In einer weiteren Aufgabe könnte man die Schüler nun, im Vergleich zum Stabmagneten, nach den Vorteilen des Elektromagneten beim Abladen des Schrottes befragen. Da die Schüler aus den vorigen Arbeitsblättern genug Wissen sammeln konnten, werden sie mit dieser Struktur wahrscheinlich besser auskommen können.

Frage 9: „An welchen Stellen der Bearbeitung der Aufgabenserie lassen sich deutliches Interesse oder Motivation der Schüler feststellen?“

- Nach der Bearbeitung des Arbeitsblatt A7 forschen S1 und 3 noch eigenständig mit dem Elektro- und dem Stabmagneten weiter. Das würden sie wahrscheinlich nicht tun, wenn sie kein Interesse dafür aufbringen könnten.

A8 Elektromagneten gibt es mit unterschiedlichen Windungszahlen

Frage 9: „An welchen Stellen der Bearbeitung der Aufgabenserie lassen sich deutliches Interesse oder Motivation der Schüler feststellen?“

- Dieses Aufgabenblatt scheint wieder einen großen Aufforderungscharakter zu besitzen. Die Schüler der Gruppe drei arbeiten anfangs wild und unkoordiniert durcheinander. Die Aufgaben werden nicht direkt gelesen, Materialien werden erst einmal besorgt. Über die Anzahl der Materialien ist man sich nicht einig, hierfür hätten sich die Schüler nur an die Aufgabenstellung halten müssen.

Bemerkung:

- Die Stunde endet, bevor die Gruppe drei mit der Bearbeitung der Aufgaben beginnen kann. Gruppe vier hat die Aufgabenblätter bis einschließlich Aufgabe sieben bearbeiten können, bevor die Stunde endet.

6.2 Analyse der Arbeitsblätter

Im Folgenden werden die Arbeitsblätter aller sechs Gruppen, also auch die der zweiten Doppelstunde betrachtet, und gemeinsam ausgewertet. Hier werden zentrale Stellen der Arbeitsblätter verglichen und hervorgehoben. Die Analyse erfolgt einzeln für jedes Arbeitsblatt. Insgesamt stehen die ausgefüllten Arbeitsblätter von 19 Schülern zur Analyse zur Verfügung. Für Aufgabe A7 stehen nur 15-, für Aufgabenblatt A8 nur 11 beantwortete Arbeitsblätter zur Evaluation zur Verfügung. Das liegt zum einen daran, dass zwei der sechs Gruppen mit der Bearbeitung der Aufgabenserie erst in der zweiten Doppelstunde anfangen konnten und nicht fertig wurden. Zum anderen liegt es daran, dass manche Schüler, welche in der ersten Doppelstunde anwesend waren, in der zweiten Doppelstunde fehlten und somit die Bearbeitung der Aufgabenserie nicht fortsetzen konnten.

A1 Der Stabmagnet im Materialtest

- Lediglich Gruppe vier hat die Tabelle der Aufgabe A2 richtig ausgefüllt. Die anderen haben nicht das Material oder das Metall in die Tabelle geschrieben, sondern haben den Gegenstand namentlich eingetragen.

Bsp.: Eine Büroklammer wird vom Magneten angezogen, sie ist aus Eisen.

Eisen sollte demnach auch in die Tabelle eingetragen werden, die meisten Schüler haben Büroklammer in die Tabelle eingetragen. Dadurch wird den Schülern das Erreichen des Lernziels 3 erschwert.

A2 Kreuze an: Fragen zum Materialtest

- Das Diagramm („Wird Aluminium vom Magneten angezogen?“) zeigt die Schülerantworten zur Aufgabe A1. Die Schüler sollten hier aus fünf Antwortmöglichkeiten eine auswählen, die ihrer Meinung nach auf die Frage, ob ein Aluminiumrohr und/oder ein Aluminiummetallblech vom Stabmagneten angezogen werden, zutrifft. Die Mehrheit der Schüler entscheidet sich für die Antwort, dass beide Gegenstände nicht vom Magneten angezogen werden. Zu bemerken ist hier, dass die Schüler aufgefordert wurden, vorerst eine Antwort zu vermuten und danach erst mit den Materialien und dem Stabmagneten auszuprobieren, ob ihre Antwort stimmt. Es könnte hier aber durchaus auch vorgekommen sein, dass die Schüler erst getestet und daraufhin angekreuzt haben. Mit den erhobenen Daten lässt sich dies jedoch nicht genau beantworten.

Wie in dem Diagramm zu erkennen, wurde eine weitere Kategorie entworfen, welche „Antwort ungenau“ lautet. Hier haben zwei Schüler zuerst die Antwort „Nur ein Gegenstand von beiden wird vom Magneten angezogen“ angekreuzt und sich später für die Antwort „Beide Gegenstände werden nicht vom Magneten angezogen“ entschieden.

In diesem Fall könnte es so gewesen sein, dass die Schüler sich entweder einfach für eine andere Antwort entschieden haben oder sie ihre Antwort nach dem Ausprobieren korrigiert haben.

Antwort drei „Weiß nicht, [...] müsste ich erst ausprobieren!“ und Antwort vier „Die Gegenstände werden abgestoßen!“ wurden nicht angekreuzt.

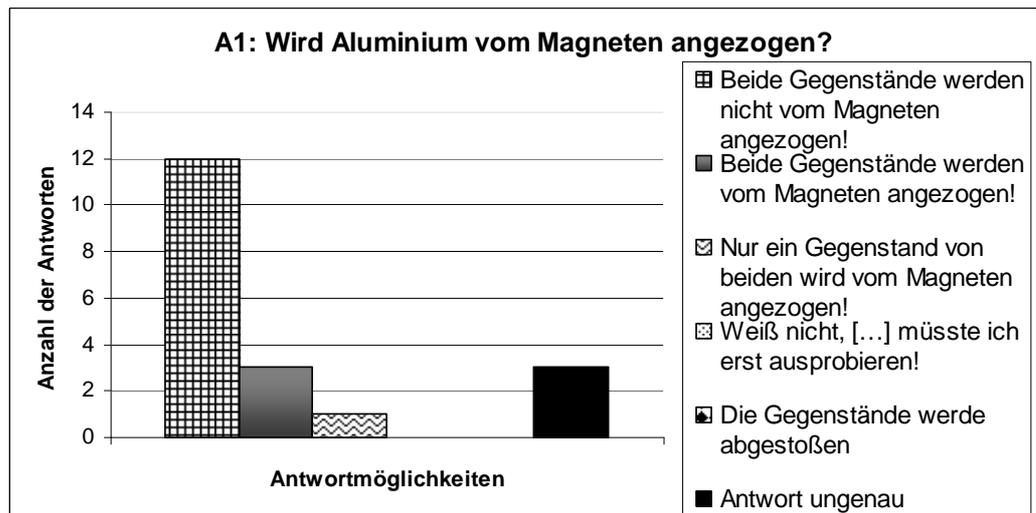


Abb. 12: Wird Aluminium vom Magneten angezogen?

- Folgendes Diagramm („Wird die 20 Cent – Münze vom Magneten angezogen?“) zeigt die Verteilung, welche bei der Frage „Wird diese 20 Cent – Münze (größtenteils aus Kupfer und Aluminium) vom Magneten angezogen?“ entstanden ist. Hier mussten sich die Schüler erst für eine Antwort entscheiden, diese ankreuzen und sollten ihre Vermutung danach ausprobieren. Teilweise sind im Diagramm die Antwortmöglichkeiten, zwecks optischer Darstellung, gekürzt dargestellt.

Man kann erkennen, dass die Schülerantworten für diese Frage ziemlich weit auseinander liegen. Es entscheiden sich genau so viele Schüler für die Antwort „Die 20 Cent – Münze wird abgestoßen“, wie für die Antwort „Ach quatsch! Nur weil die a Cent – Münze vom Magneten angezogen wurde, muss diese hier nicht auch angezogen werden. Das müsste ich erst ausprobieren!“

Des Weiteren waren weitere fünf Schüler ziemlich unsicher. Ihre Antwort lässt sich nicht gut auswerten, da zwei Antworten markiert wurden. Man weiß, wie in Aufgabe A1, nicht ob sich die Schüler vor- oder nach dem Ausprobieren für eine andere Antwort entschieden haben oder auch beide Antworten für möglich halten.

Die Antworten „Natürlich: Genau wie die 1 Cent – Münze!“ und „Ich bin mir einfach nicht sicher!“ wurden nicht angekreuzt.

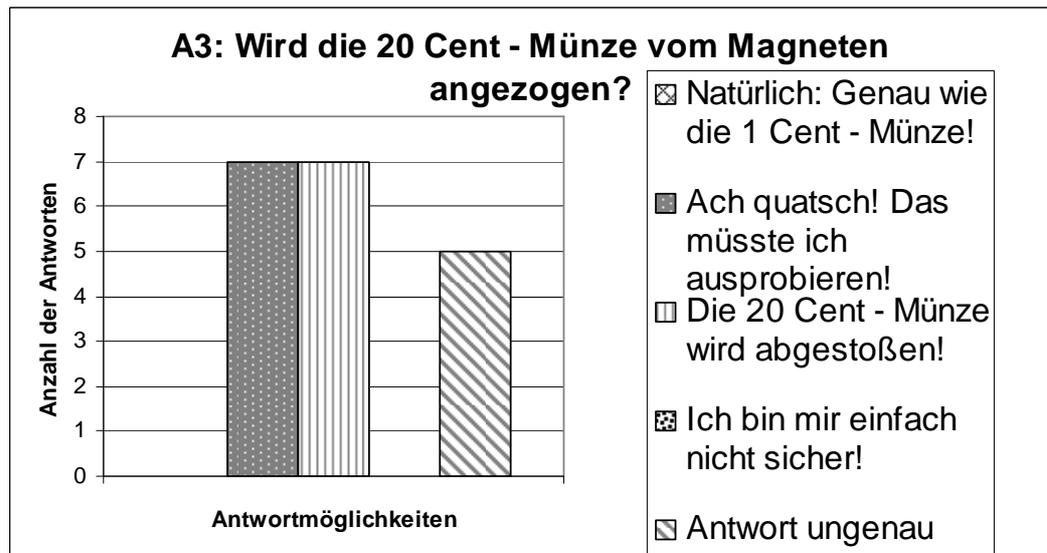
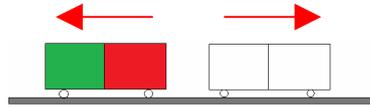


Abb. 13: Wird die 20 Cent – Münze vom Magneten angezogen?

A3 Der verflixte Zweite

- Aufgabe A1, bei der die Wechselwirkung von zwei Magneten beschrieben werden soll, wurde von allen Schülern korrekt gelöst. Alle Schülerantworten lassen erkennen, dass sich gleichnamige Magnetpole abstoßen und ungleichnamige anziehen.
- Nur zwei von 19 Schülern haben bei dem Lückentext von Aufgabe A2 Fehler gemacht. Alle anderen Schüler haben, abgesehen von Grammatikfehlern, korrekt fachlich geantwortet.
- In der Aufgabe A3 waren vier Skizzen zu sehen. Jede Skizze zeigte einen farblich markierten Magneten, neben dem ein farbloser Magnet zu sehen ist. Über den Magneten sind Pfeile zu erkennen, die die Bewegung der Magneten simulieren soll.

Die Schüler hatten die Aufgabe, den farblosen Magneten in Abhängigkeit der Bewegung und der Ausrichtung zum anderen Magneten mit Nord und Süd zu kennzeichnen. Bsp.:



Folgende graphische Auswertung („Beschrifte den Magneten“) zeigt an, wie viele Schüler keinen, einen, zwei, drei oder vier Fehler bei der Bearbeitung der Aufgabe A3 gemacht haben. In der Grafik sind an jedem Kreissegment zwei Zahlen vermerkt. Die erste Zahl gibt die absolute Anzahl von Schülern mit einer bestimmten Fehlerquote an, die zweite Zahl gibt die entsprechende relative Häufigkeit an.

Der Fehlerquotient dieser Aufgabe liegt bei 25%. Für die Berechnung des Fehlerquotienten wurden alle Fehler, welche von den Schülern gemacht wurden, zusammengezählt und durch die Anzahl der möglichen Schülerantworten geteilt (19/76). Keiner der Schüler hat drei Fehler in dieser Aufgabe auf einmal gemacht.

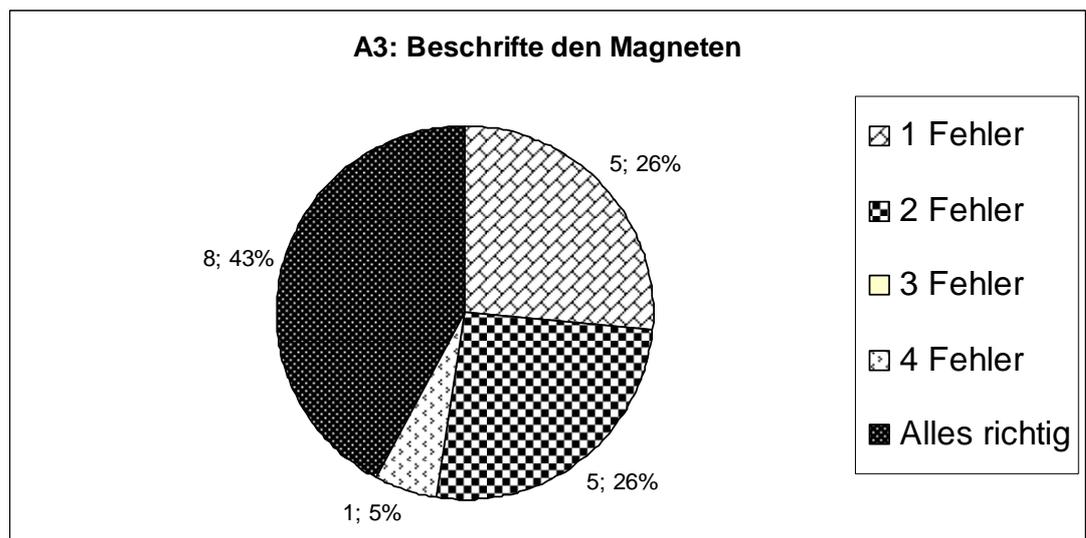


Abb. 14: Beschrifte den Magneten

A4 Was ist ein Elektromagnet überhaupt?

- Die Ergebnisse der Aufgaben A1 bis A3 verlaufen größtenteils wie geplant, d. h. es treten aus fachlicher Sicht keine bzw. kaum Fehler auf.
- In Aufgabe A4 sollen die Schüler prüfen, an welchen Stellen der Elektromagnet einen Eisennagel anzieht. Das Diagramm („An welchen Stellen zieht der Elektromagnet Eisen an?“) zeigt die Auswertung der Antworten der Schüler. In der Grafik sind an jedem Kreissegment zwei Zahlen vermerkt. Die erste Zahl gibt die absolute Anzahl von Schülern mit einer bestimmten Antwort an, die zweite Zahl gibt die entsprechende relative Häufigkeit an. Drei Schüler haben Antwort zwei „Am ganzen Nagel“ angegeben. Diese Schüler stammen alle aus Gruppe drei und haben die Fragestellung leider falsch verstanden. Mehr als die Hälfte der Schüler haben Lernziel 11 erreichen können, indem sie eine Antwort angegeben haben, aus der herausgeht, dass der Eisennagel vom Eisenkern und der Spule angezogen wird. Manche Schüler haben hierbei die korrekten Begriffen „Spule“ und „Eisenkern“ verwendet, andere wenige haben mit den Begriffen „Kupferdraht“ und „Draht“ wahrscheinlich die Spule und mit dem Begriff „Eisenstück“ wahrscheinlich den Eisenkern beschrieben. Die zweitgrößte Gruppe bilden jene Schüler, die beschrieben haben, dass der Nagel nur am Eisenkern angezogen wird. Diese Schüler haben vermutlich sogar gemäß ihren Beobachtungen geantwortet. Bei diesem Versuch tritt nämlich ein physikalisches Problem auf, auf das man die Schüler hätte hinweisen müssen. Das Magnetfeld um die Spule ist nicht stark genug, dass an ihr ein Eisennagel haften bleibt. Man kann nur dann beobachten, dass der Eisennagel von der Spule angezogen wird, wenn dieser nahe unter die Spule gehalten und dann losgelassen wird. Man kann dann beobachten, dass der Eisennagel unter der Spule vom Elektromagneten angezogen wird. Hier sollte man also unbedingt darauf achten, den Schülern einen Hinweis zu geben.

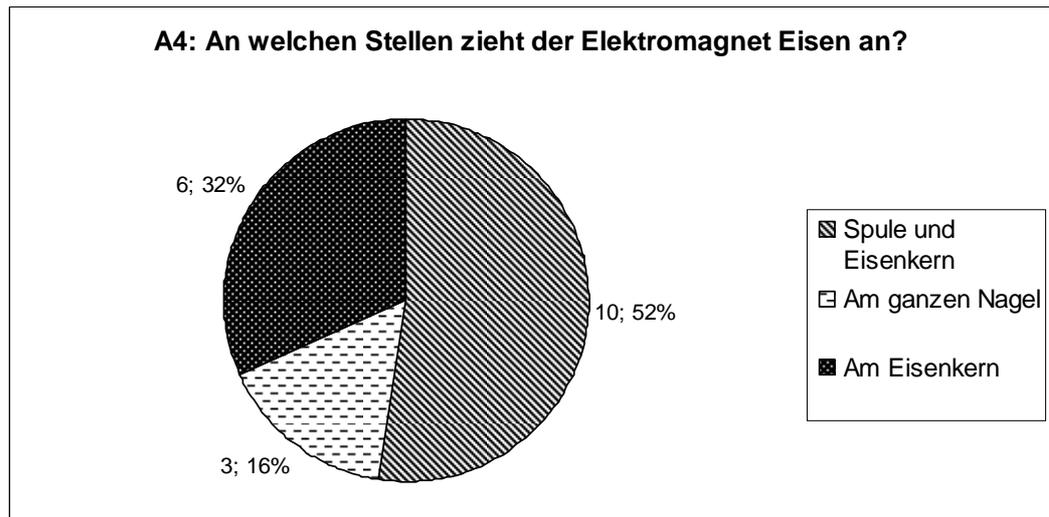


Abb. 15: An welchen Stellen zieht der Elektromagnet Eisen an?

- Im Folgenden sind die Antworten der Aufgabe A5 „Würde der Elektromagnet auch einen Aluminiumnagel anziehen?“ in einem Kreisdiagramm dargestellt. In der Grafik sind an jedem Kreissegment zwei Zahlen vermerkt. Die erste Zahl gibt absolut an, wie viele Schüler die jeweilige Antwort gewählt haben, die zweite gibt die entsprechende relative Häufigkeit an.

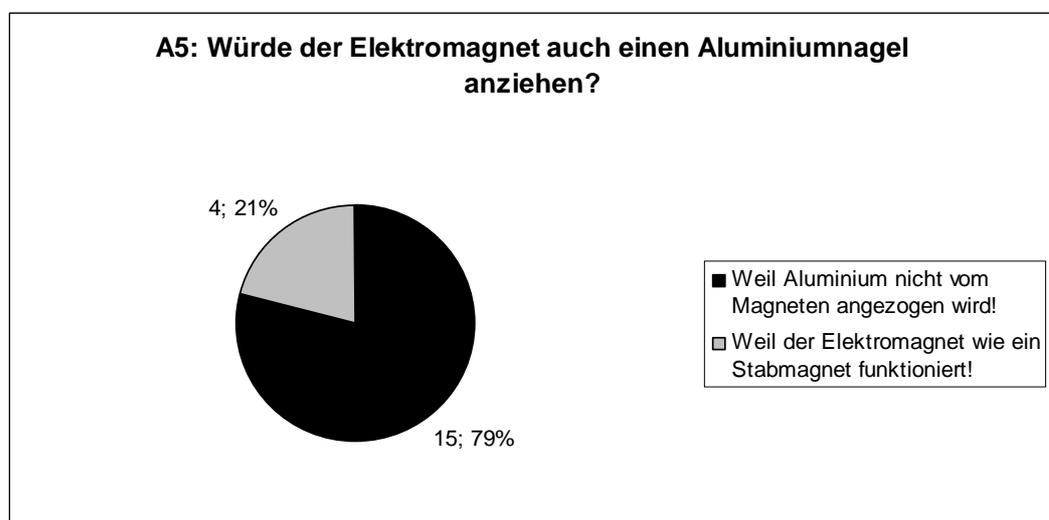


Abb. 16: Würde der Elektromagnet auch einen Aluminiumnagel anziehen?

Hier wurden die Schülerantworten in zwei Antwortgruppen kategorisiert. Ca. 79 Prozent der Schüler haben Antworten abgegeben, die ähnlich der Antwort eins „Weil Aluminium nicht vom Magneten angezogen wird“ sind.

Hier tauchten unter anderen Antworten, wie

- „Weil es Aluminium ist“,
- „Weil Aluminium nicht anziehbar ist“,
- „Weil Aluminium nicht vom Magneten angezogen wird“
oder
- „Ein Magnet kein Aluminium anzieht“

auf.

Vier Schüler, welche alle aus Gruppe vier stammen, wurden in eine andere Kategorie „Weil der Elektromagnet wie ein Stabmagnet funktioniert“ eingeordnet. Es lässt sich vermuten, dass beide Kategorien einen ähnlichen Gedankengang der Schüler verfolgen. Mit der Beantwortung dieser Frage kann man insgesamt sehr zufrieden sein, da man durch diese Antworten positive Rückschlüsse auf das Erreichen des Lernziels 8 aus Aufgabe zwei ziehen kann.

A5 Wie ist das mit Nord- und Südpol noch mal?

- Aufgabe A2 wurde schon bei der Planung als eine Aufgabe mit einem besonders hohen Anspruch an die Schreibkompetenz der Schüler eingeschätzt, da die Schüler hier eine kleine Versuchsbeschreibung notieren sollen. Das Thema lautete: „Beschreibt hier, wie ihr untersucht habt, ob der Eisenkern des Elektromagneten Nord- und Südpol hat“. Die Antworten waren sehr unterschiedlich. Folgend werde ich einige Antworten der einzelnen Gruppen auflisten⁴:
 - Gruppe eins:
 - „Wir haben den Nordpol an die eine Seite gehalten und er wurde abgestoßen und der Südpol wurde angezogen.“

⁴ Hierbei wurden grobe Grammatikfehler verbessert, die Sätze aber weitestgehend in ihrer Struktur erhalten, damit der Sinn nicht verfälscht wird. Es kann also beispielsweise vorkommen, dass Kommata gesetzt werden müssten aber keine vorzufinden sind.

- Die Schüler dieser Gruppe haben alle einheitlich geantwortet.

- Gruppe zwei:
 - Zwei Schüler antworteten: „Der Eisenkern ist zu einem Magneten geworden und hat den Stabmagneten angezogen und abgestoßen.“
 - Ein weiterer Schüler antwortete: „Ja er hat einen Nord- und Südpol.“

- Gruppe drei:
 - Zwei Schüler antworteten: „Ja der Eisenkern hat ein Nord- und Südpol er stößt auf der gegenüberliegenden Seite den Magneten ab.“
 - Ein weiterer Schüler antwortete: „Er hat einen Nord- Südpol weil wir es mit dem Magneten getestet haben.“

- Gruppe vier:
 - „Wir haben beim Stabmagneten den Süd- Nordpol gegen das Eisen gehalten.“
 - „Als wir das Gerät eingeschaltet hatten war die eine Seite Nord und Südpol.“
 - „Ja er wird auf einer Seite angezogen. Also ja er hat einen Nord- und Südpol.“
 - „Wir haben das Gerät angeschaltet und haben einen Stabmagneten genommen und haben ausprobiert wann er angezogen wird. Ein Elektromagnet hat auch einen Nord- und Südpol.“

- Gruppe fünf:
 - Ein Schüler hat nichts ausgefüllt.
 - „Wir haben einen Südpol an den Magneten gehängt und der stößt ab, so war diese Seite der Südpol.“
 - „Auf jede Seite einen Magneten mit anderen Pol gehalten“.

- Gruppe sechs:
 - „Der Nordpol zieht sich nicht an. Der Südpol zieht sich an.“
 - Die Schüler dieser Gruppe haben alle einheitlich geantwortet.

Hier kann man erkennen, dass einige Schüler Versuchsbeschreibungen besser und andere weniger gut formulieren können. Diese Kompetenz müsste bei den Schülern geübt werden, um der korrekten fachlichen und themenbezogenen Formulierung von Versuchsbeschreibungen gerecht zu werden. Aus rein physikalischer Sicht sind die Versuchsbeschreibungen weniger gut formuliert. Beispiel: „Er hat einen Nord- Südpol weil wir es mit dem Magneten getestet haben.“ Hieraus wird beispielsweise nicht kenntlich, wie die Schüler den Versuch mit dem Stabmagneten genau durchgeführt haben und warum sie deshalb zu diesem Entschluss gekommen sind. Trotzdem kann man, gerade bei den hohen Anforderungen, die eine Versuchsbeschreibung mit sich zieht, erkennen, dass sich die meisten Schüler sehr viel Mühe mit der Versuchsbeschreibung gegeben haben und die Antworten für ihren Wissens- und Kompetenzstand gut formuliert wurden.

In Gruppe fünf fällt auf, dass ein Schüler keine Antwort gegeben hat. Der Grund dafür kann allerdings nicht bestimmt werden.

- In Aufgabe A3 sollten die Schüler ankreuzen, ob der Elektromagnet einen Nord- und Südpol besitzt. Hier haben alle, außer zwei Schüler, die Antwort „ja“ angekreuzt. Zwei Schüler aus Gruppe vier haben zwar auch „ja“ angekreuzt, man kann aber erkennen, dass sie sich zuvor für „nein“ entschieden haben und dies korrigierten.

Dies ist ein erfreuliches Ergebnis. Es weist darauf hin, dass die Schüler das Lernziel 12 erreicht haben könnten.

- Aufgabe A4 bis A7 sollte bewirken, dass die Schüler Lernziel 13 erreichen: Vertauscht man die Kabelanschlüsse des Elektromagneten, vertauschen sich auch die Pole des Eisenkerns. 15 von 19 Schülern haben in Aufgabe A7 die Erkenntnis festgehalten, dass sich die Pole vertauscht haben, nachdem sie die Kabelanschlüsse vertauscht haben. Bei lediglich vier Schülern ist das Ergebnis nicht eindeutig. Einer dieser Schüler erkennt im Aufgabenverlauf nicht, dass sich die Pole des Eisenkerns bei Vertauschen der Kabelanschlüsse geändert haben. Die anderen drei Schüler erlangen zwar in Aufgabe A7 die Erkenntnis, dass sich Nord- und Südpol vertauscht haben, man kann in ihrem Aufgabenverlauf A4 bis A6 jedoch gegenteilige Angaben erkennen. Vielleicht haben sich die Schüler beim Ausfüllen der Aufgaben A4 bis A6 in irgendeiner Art und Weise vertan, da alle Schüler aus der gleichen Gruppe stammen.

A6 Wie stark sind Elektro- und Stabmagnet?
--

- In den Versuchen der Aufgaben A1 bis A2 sollten die Schüler die Anziehungskraft von Stabmagneten und dem Elektromagnet auf einen Eisennagel testen. Der Elektromagnet wurde einmal auf 4 Volt und einmal auf 12 Volt eingestellt. Des Weiteren wurden Versuche mit einem, und zwei Stabmagneten (gleichnamige (A) und ungleichnamige Pole (B) übereinander) durchgeführt. Die Schüler sollten in einer Tabelle festhalten, ab wie viel Zentimeter der Eisennagel jeweils nicht mehr angezogen wird.

Die Ergebnisse der Schüler werden folgend Gruppenweise in der Tabellenform von Aufgabe A1 und A2 wiedergegeben.

		Elektromagnet mit 4 Volt	Elektromagnet mit 12 Volt	1 kleiner Stabmagnet	2 kleine Stabmagneten	
					A	B
Entfernung, bei der der Eisennagel nicht mehr angezogen wird (in cm)	Gruppe 1	1,5cm	3,5cm	3cm	3cm	0,5cm
	Gruppe 2	2,5cm	6cm	2,5cm	2cm	1,5cm
	Gruppe 3	2,4cm	4,5cm	2,4cm	4,0cm	0,3cm
	Gruppe 4	1cm	3,5cm	2cm	/	0,5cm
	Gruppe 5	2cm	5cm	3cm	4,5cm	0cm
	Gruppe 6	0,5cm	3,5cm	2,5cm	3,5cm	0,5cm
	Eigene Werte	Ca. 1,5cm	Ca. 4cm	Ca. 2,5cm	Ca. 3,5cm	Ca. 0,5cm

Tab. 2: Schülerergebnisse A6: Wie stark sind Elektro- und Stabmagnet?

Die Ergebnisse der einzelnen Versuche fallen in den einzelnen Gruppen teilweise recht unterschiedlich aus. In einer weiteren Zeile wurden die, in der Vorbereitung der Aufgabenserie gemessenen Daten, festgehalten. Kleinere Abweichungen von den eigens gemessenen Werte sind immer möglich, da

- die Oberfläche, auf der der Eisennagel angezogen wurde, aus Holz, also keine völlig glatte Oberfläche, war,
- es darauf ankommt, wie man den Nagel auf die Oberfläche legt
- und es darauf ankommt, ob die Spitze des Nagels zum Elektromagneten- oder von ihm weg zeigt.

Messungengenauigkeiten bei diesem Versuch sind also zu erwarten, wenn man die Ausgangsvoraussetzungen nicht ändert. Grobe Abweichungen, welche für das Erreichen der Lernziele des Aufgabenblatts nicht dienlich sind, werden folgend hervorgehoben.

- Gruppe eins hat bei dem einzelnen Stabmagneten und den zwei Stabmagneten, deren Pole gleichnamig aufeinander liegen, dasselbe Ergebnis. Die Frage in Aufgabe A5 zielt auf einen Vergleich der beiden Ergebnisse ab, die Schüler antworten wie folgt:

- „Es gibt keinen Unterschied.“

Somit wird den Schülern das Erreichen des Lernziels 16 erschwert.

- Problematisch in der Gruppe zwei sind die Ergebnisse des einzelnen Stabmagneten und der zwei kleinen Stabmagneten, deren gleichnamige Pole aufeinander liegen. Hier hat diese Gruppe herausbekommen, dass der einzelne Stabmagnet eine höhere Anziehungskraft auf eiserne Gegenstände, als die anderen beiden Stabmagneten, deren gleichnamige Pole übereinander liegen, hat. Physikalisch gesehen müsste das Ergebnis lauten, dass die zwei Stabmagneten, deren gleichnamige Pole aufeinander liegen, eine höhere Anziehungskraft auf eiserne Gegenstände, als der einzelne Stabmagnet, hat. Somit haben die Schüler genau gegenteiliges herausgearbeitet. Wie in Gruppe eins könnte dies das Erreichen des Lernziels 16 erschweren.
- Gruppe vier hat bei den zwei Stabmagneten, deren Pole gleichnamig übereinander liegen, kein Ergebnis eingetragen. Wie schon in der Videoanalyse hervorgehoben, hatten diese Schüler Schwierigkeiten, die beiden Magnete aufeinander zu legen, da sich gleichnamige Pole abstoßen. Man sollte dieses Problem für diese Aufgabe beheben, denn daraus folgt, dass die Schüler Probleme beim Erreichen des Lernziels 16 haben und das Arbeitsblatt weiterhin nicht lückenlos ausgefüllt werden kann.

Eine mögliche Lösung wäre beispielsweise, den Schülern Klebeband zur Verfügung zu stellen, mit dem sie die beiden Magnete übereinander befestigen könnten oder einen expliziten Hinweis, dass man die Magnete mit Kraft übereinander legen muss.

- Gruppe fünf hat bei den zwei Stabmagneten, deren Pole ungleichnamig übereinander liegen, festgehalten, dass der Nagel überhaupt nicht angezogen wird. Dieses Ergebnis ist problematisch und könnte zu falschen Schülervorstellungen führen (Frage 3). Es könnte bei den Schülern dazu führen, dass sie folgende Regelhaftigkeit aufbauen: Wenn zwei Magneten ungleichnamig aufeinander liegen, dann haben diese keine Anziehungskraft mehr auf Eisen. Das wäre ein fataler Fehlschluss, welcher weiterhin dazu beiträgt, dass das Lernziel 17 nicht sinngemäß erreicht werden kann. Das kann man an den folgenden Schülerantworten der Gruppe fünf auf die Frage „Vergleicht das Ergebnis der 2 kleinen Stabmagneten (A,B) übereinander. Welchen unterschied kann man feststellen?“ erkennen:
 - „Wenn sie sich anziehen stoßen sie sich gleichzeitig ab.“
 - „Bei gleicher Polung sind die Stabmagnete stärker. Bei ungleicher Polung passiert nichts.“
 - „A vereint die Stärke der Magneten, B hebt sie auf.“
- Gruppe sechs hat einen Fehler bei der Messung der beiden Stabmagneten, deren Pole ungleichnamig aufeinander liegen, gemacht. Hier haben sie einen viel zu hohen Wert.

- Aufgabe A6 des Arbeitsblattes stellt folgende Frage: „Was ist der große Nachteil bei der Verstärkung der magnetischen Wirkung eines Stabmagneten im Vergleich zum Elektromagneten?“ Zur Hilfestellungen erhalten die Schüler einen Tipp: „Achtet auf die Größenverhältnisse des Elektro- und Stabmagneten!“ Diese Aufgabe ist, wie man es an den Schülerantworten erkennen kann, viel zu offen gestellt. Teilweise geben die Schüler auf diese Frage keine Antwort oder es werden Antworten, wie folgt, gegeben:
 - „Den Elektromagneten muss man Anschalten und Ausschalten.“
 - „Die Magnete muss man festhalten und beim Elektromagneten die Spannung erhöhen.“
 - „Bei den Stabmagneten ist mehr Aufdrehen und bei dem Elektromagneten weniger Aufdrehen.“
 - „Man kann sie nicht ausschalten.“

Die meisten Schülerantworten sind nachvollziehbar und nicht falsch, geben jedoch nicht die gewünschte Antwort auf die Frage. Diese Frage sollte eigentlich darauf abzielen, dass ein bestimmter Stabmagnet seine Anziehungskraft auf eiserne Gegenstände nur dann erhöhen kann, wenn er mit weiteren Stabmagneten zusammengefügt wird, also immer mehr Platz einnimmt. Bei einem Elektromagneten muss man lediglich mehr Spannung aufdrehen, um eine stärkere Anziehungskraft auf eiserne Gegenstände zu haben, die Größenverhältnisse bleiben jedoch gleich.

Das Problem dieser Aufgabe liegt hierbei jedoch auf keinen Fall bei den Schülern. Es liegt vielmehr an der Fragestellung, welche die Schüler teilweise überfordert, was man beispielsweise an nicht vorhandenen Antworten erkennen kann, und zu offen gestellt ist und deshalb ein breites Spektrum an Antworten nach sich zieht.

Es gab jedoch auch Schülerantworten, welche der gewünschten Antwort recht nahe kommen, bzw. genau auf den Punkt treffen:

- „Beim Stabmagneten muss man mehr Platz aufwenden.“
- „Der Stabmagnet wird immer größer und der Elektromagnet wird nur durch die Voltanzahl stärker.“

A7 Warum nutzt man auf Schrottplätzen nur Elektro- und keine Dauermagneten?
--

- Aufgabenblatt sieben sollten von den Schülern problemorientiert bearbeitet werden. Das eigentliche Problem, was bei dieser Aufgabe jedoch entstand, war, dass aus der Aufgabenstellung für einige Schüler kein Problem entstanden ist.

Eigentlich sollten die Schüler in zwei Schritten lernen, welchen Vorteil das Ausschalten des Elektromagneten mit sich bringt:

1. Im ersten Schritt (A2) sollten die Schüler einen Kran eines Schrottplatzes simulieren. Das sollten sie einmal mit einem Stabmagneten und einmal mit einem Elektromagneten, der jedoch beim Abladen des Schrottes nicht ausgeschaltet werden sollte. Beim Abladen des Schrottes sollten die Schüler dann eigentlich das Problem feststellen, dass das Abladen des Schrottes langwierig ist, da man ihn manuell abmachen muss. Durch ihr Vorwissen aus den vorigen Aufgabenblättern haben die Schüler den Elektromagneten jedoch beim Abladen direkt ausgeschaltet, wodurch der Schrott sogleich runter gefallen und kein Problem entstanden ist.
2. Erst im zweiten Schritt (A3) sollten die Schüler vor Abladen des Schrottes den Elektromagneten ausschalten, um dadurch den Vorteil des Elektromagneten im Vergleich zum Stabmagneten beobachten zu können.

In der Planung dieser Aufgabe wurde nicht berücksichtigt, dass sich die Schüler über den Effekt des Stromausschaltens am Netzgerät, durch die Bearbeitung der vorigen Aufgabenblätter, schon bewusst waren: Der Elektromagnet verliert seine Anziehungskraft auf eiserne Gegenstände, wenn die Spannung ausgeschaltet wird. Dieses Wissen nutzen die Schüler natürlich auch direkt in der ersten Aufgabe. Manche Schüler können somit in Aufgabe A2 kein Problem feststellen. So entstehen die verschiedensten Antworten der Schüler auf die Frage der Aufgabe A2: „Welches Problem entsteht beim Abladen des Schrotts?“, welche in drei Gruppen gegliedert wurden (s. Grafik). In der Grafik sind an jedem Kreissegment zwei Zahlen vermerkt. Die erste Zahl gibt absolut an, wie viele Schüler zu einer bestimmten Antwortkategorie gehören, die zweite gibt die entsprechende relative Häufigkeit an.

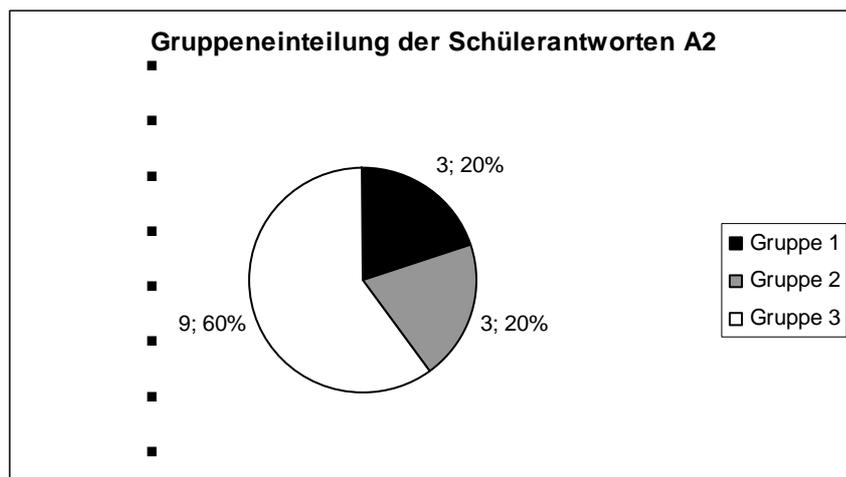


Abb. 17: Absolute und relative Häufigkeit von Schülern mit einer bestimmten Antwortkategorie (Aufgabe A2)

Die Schülerantworten der folgenden Gruppeneinteilung werden sinngemäß wiedergegeben, Fehler wurden korrigiert.

- Gruppe eins

Hier befinden sich Schüler, welche das, durch die Planung gewünschte, Problem nicht feststellen konnten.

Sie haben wie folgt geantwortet:

„Der ganze Schrott fällt runter.“

- Gruppe zwei

Hier befinden sich Schüler, welche eine andere Art von Problem festgestellt haben:

„Das Metall fällt immer wieder auf den Magneten zurück.“

- Gruppe drei

Hier befinden sich Schüler, welche auf eine bestimmte Art und Weise dem, in der Planung gewünschten, Problem entsprechen.

Folgende Schülerantworten wurden gemacht:

„Das man es nicht abladen kann, ohne den Strom wegzunehmen.“

„Das man es nicht abladen kann, bevor man den Strom ausmacht.“

„Beim Stabmagneten muss man alles abreißen und beim Elektromagneten einfach Strom ausschalten, dann fällt alles runter.“

„Man muss den Schrott mit der Hand abmachen!“

„Nachteil beim Stabmagneten: Man muss mit Hand abmachen. Elektromagnet nur Voltzahl runterdrehen.“

„Man muss alles mit der Hand abmachen.“

Insgesamt konnte man durch die Gruppierung ca. 60 Prozent der Schüler so einstufen, dass sie in etwa das gewünschte, durch die Planung aufgestellte Ergebnis für Aufgabe A2 erreicht haben. Trotzdem konnten immerhin 40 Prozent der Schüler die Aufgabe A2 nicht, wie geplant, beantworten.

Die Auswertung zeigt jedoch auch, das Lernziel 18, welches diesem Arbeitsblatt zugeteilt wurde, von vielen Schülern „nebenbei“ durch die Bearbeitung und dem Umgang mit dem Elektromagneten der vorigen Arbeitsblätter erreicht worden ist. Man kann dies daran erkennen, dass viele Schüler ohne Aufforderung in Aufgabe A2 den Elektromagneten schon ausschalten, damit der Schrott runterfallen kann, was sich in den vorgestellten Antworten zur Gruppe drei widerspiegelt.

<p style="text-align: center;">A8 Elektromagneten gibt es mit unterschiedlichen Windungszahlen</p>
--

- Aufgabe A2 bestand darin, dass die Schüler an die Eisenkerne von drei Elektromagneten mit unterschiedlichen Windungszahlen, welche in Reihe geschaltet waren, so viele eiserne Gegenstände der gleichen Form und Größe, wie nur möglich, anhängen sollten. Die Ergebnisse sollten in einer Tabelle festgehalten werden. Jeder Schüler der Gruppe durfte den Versuch durchführen. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Schüler zusammengefasst in Tabellenform wiedergegeben.

		300 Windungen	600 Windungen	1200 Windungen
Anzahl der Eisenteile der Kette, Gruppe eins		6	8	9
Anzahl der Eisenteile der Kette, Gruppe zwei		4	7	9
Anzahl der Eisenteile der Kette, Gruppe drei	Versuch 1	6	8	-
	Versuch 2	0	5	9
	Versuch 3	0	5	8
	Versuch 4	1	9	6
Anzahl der Eisenteile der Kette, Gruppe vier	Versuch 1	6	7	10
	Versuch 2	5	8	9
	Versuch 3	5	7	10
	Versuch 4	5	7	10

Tab. 3: Schülerergebnisse Versuch A8: Elektromagneten gibt es mit unterschiedlichen Windungszahlen

In Gruppe eins und zwei wurden in den Versuchen der Schüler jeweils keine abweichenden Ergebnisse erzielt, sie können deshalb jeweils in einer Zeile wiedergegeben werden

Gruppe drei bestand in der zweiten Doppelstunde nur noch aus zwei Schülern. Da sie trotzdem vier Zeilen der Wertetabelle ausgefüllt haben, wie oben zu sehen, kann man annehmen, dass jeder Schüler den Versuch zweimal durchgeführt hat. In Versuch 1 hat Gruppe drei die Spalte „1200 Windungen“ mit 1200 ausgefüllt. Das kann nicht sein. Zum einen würden so viele Eisenteile nicht am Magneten haften können, zum anderen hatten die Schüler keine 1200 Eisenteile zur Verfügung. Hier müssen sich die Schüler vertan haben, das Ergebnis des Versuch 1 wurde in der Tabelle deshalb nicht bewertet und fließt nicht in die Auswertung des Aufgabenblattes mit ein.

Aus Gruppe vier wurden die Ergebnisse von drei Schülern, welche sich glichen, festgehalten. Ein weiterer Schüler der Gruppe hat teilweise ein wenig abweichende Ergebnisse in seine Tabelle eingetragen. Diese werden in der Auswertung jedoch nicht berücksichtigt.

Alle Ergebnisse weichen nur geringfügig voneinander ab. Einzig und allein ist der Versuch 4 der Gruppe drei ist auffällig.

Normalerweise müsste der Elektromagnet mit 1200 Windungen am meisten Eisenteile anziehen können, in diesem Fall zieht der Elektromagnet mit 600 Windungen am meisten Eisenteile an. Die drei anderen Versuche der Schüler zeigen hingegen die gewünschte Verteilung.

Außer Gruppe drei hat jede Gruppe sichtbar das Lernziel 19 erreichen können. Das kann man an den Antworten zur Aufgabe A3 erkennen. Die Aufgabe lautete: „Vergleiche die Ergebnisse der drei Elektromagneten mit unterschiedlichen Windungszahlen. Was fällt euch auf?“ Hier einige stichprobenartige Antworten, welche sinngemäß wiedergegeben werden, in ihren Fehlern aber korrigiert wurden:

- „Der 1200 Magnet ist am Stärksten.“
- „Der 1200 Magnet ist am Stärksten und der 300 ist am Schwächsten.“

Zwei besonders gute Formulierungen der Gruppe eins und zwei werden folgend hervorgehoben:

- „Die 300 Windungen sind schwächer als die 600 und 1200 Windungen.“
- „Umso mehr Windungen, desto stärker.“

Hier wird der Begriff des Elektromagneten zwar nicht benutzt, welcher den Satz noch schöner abrunden würde, trotzdem sind dies die einzigen beiden Gruppen, welche mit dem Begriff der Windungszahl argumentiert.

Gruppe drei hat die Frage leider wie folgt beantwortet:

- „Es sind unterschiedliche Windungen.“

Aus dieser Antwort geht nicht hervor, ob die Schüler das Lernziel des Aufgabenblatts erreicht haben oder nicht. Ein Blick in Aufgabe A4, welche ganz explizit die Frage nach dem stärksten Elektromagneten stellt, könnte Aufschluss bringen. Hier haben die Schüler den Elektromagneten mit 1200 Windungen angekreuzt. Somit haben sie zumindest die Erkenntnis erlangt, dass dieser Elektromagnet der Stärkste von allen drei Elektromagneten war. Nun kann man festhalten, dass auch diese Schüler das Lernziel erreicht haben.

6.3 Eigens beobachtete Schülervorstellungen

Während der Beobachtung der Schüler in der Arbeitsphase sind zwei Schülervorstellungen aufgefallen, welche hier vorgestellt werden sollten. Diese Beobachtungen konnten in Gruppen, welche nicht gefilmt wurden, gemacht werden.

1. Während der Bearbeitung des Arbeitsblatt A6 haben die Schüler folgende Regelmäßigkeiten für das Erhöhen der Spannung vermutet:
„Wenn der Wert der Spannung verdoppelt wird, verdoppelt sich auch die Entfernung, auf der der Elektromagnet den Eisennagel anzieht.“
Eine um X erhöhte Spannung hätte demnach also ein um X verstärktes Magnetfeld.
2. Schüleraussage: „Die Energie aus dem Netzgerät bleibt im Elektromagneten und wird da gebraucht, um Magnetismus aufzubauen.“
Auf Nachfragen des Lehrers antwortet der Schüler: „Nein, die Energie geht nicht mehr vom Elektromagneten in das Netzgerät zurück, sie wurde ja verbraucht.“

7 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Video- und Arbeitsblattanalyse werden entlang der in Kapitel 4 erstellten Fragestellungen zusammenfassend dargestellt.

7.1 Schülervorstellungen

Frage 1: „Welche in der in Kapitel 3.3.5 dokumentierten Schülervorstellungen können bei der Bearbeitung der Aufgabenserie festgestellt werden?“

Bezug zu Arbeitsblatt eins und zwei:

- „Die Schüler könnten häufig dazu neigen, zu vermuten, dass der Magnet alle Metalle anzieht. Hier handelt es sich jedoch nur um ferromagnetische Stoffe, welche vom Magneten angezogen werden können.“

Die Daten der Videoanalyse geben Aufschluss darüber, dass die Schüler der Gruppe drei schon vor Bearbeitung der Aufgabenserie wissen, dass nur Eisen vom Stabmagnet angezogen wird (s. 6.1.1). Daraus lässt sich schließen, dass die Schüler nicht davon ausgehen, dass alle Metalle angezogen werden. Es ist zu beobachten, dass die Schüler der Gruppe drei in den Versuchen zu Arbeitsblatt eins mit dem Stabmagneten bevorzugt metallene Gegenstände auf ihre Anziehungskraft untersuchen, während Gruppe vier die Gegenstände wahllos testet (6.1.1).

Bezug zu Arbeitsblatt drei

- Folgendes Problem könnte auftreten: „Das Phänomen der Abstoßung gleichnamiger Pole ist für Schüler nur schwer vorstellbar. In den Schülern existieren Vorstellungen wie „zwei gleiche Pole oder verschiedene Magneten gehen nicht aneinander“, da sie „wie Feinde sind“ oder das es „nur an einer bestimmten Seite geht“ (Matzig & Reddeck, 2005).“

Dieses Problem konnte durch die erhobenen Daten nicht bestätigt werden. Die Schüler haben ohne weitere Probleme beim Aufeinandertreffen gleichnamiger Pole von Abstoßung geredet.

Bezug zu Arbeitsblatt vier

- „Die Übertragung vom Permanentmagneten zum Elektromagneten könnte schwer fallen, da dieser nicht aussieht wie ein „richtiger Magnet“ und die Pole nicht farblich gekennzeichnet sind (da Pole auch wechselbar).“

Dieses Problem konnte durch die erhobenen Daten nicht bestätigt werden. Die Schüler haben durch die Versuche herausgefunden, dass ein Elektromagnet auch Nord- und Südpol besitzt, welcher durch vertauschen der Kabelanschlüsse vertauscht werden kann. Sie zeigten keine weiteren Probleme beim Akzeptieren ihrer Ergebnisse.

- „Folgende Schülervorstellungen könnten aufgebaut werden: „Der elektrische Strom fließt aus dem zuführenden Draht heraus in den Eisenkern und macht ihn magnetisch. Deshalb dürfen die Spulendrähte eines Elektromagneten keine dicken Isolierungen haben, denn sonst könnte der elektrische Strom ja nicht in den Eisenkern eintreten (Duit, 1989, S. 133).“

Durch eigene Beobachtungen einer Gruppe während der Durchführung der Aufgabenserie in der Schulklasse konnte ein Teil dieser Vermutung durch einen Schüler bestätigt werden. Folgende Schüleraussage wurde festgehalten: „Die Energie aus dem Netzgerät bleibt im Elektromagneten und wird da gebraucht, um Magnetismus aufzubauen. [...] Die Energie geht nicht mehr vom Elektromagneten in das Netzgerät zurück, sie wurde ja verbraucht.“ Teil zwei der obigen Vermutung, dass die Spulendrähte eines Elektromagneten keine dicken Isolierungen haben dürfen, konnte nicht bestätigt werden.

Bezug zu Arbeitsblatt fünf

- Folgendes Problem könnte auftreten: „Die Schüler könnten eine Vorstellung aufbauen, dass die magnetische Kraft mit größer werdender Entfernung des Leiters (in diesem Fall: des Elektromagneten) abrupt aufhört zu wirken (Matzig & Reddeck, 2005).“

Die Versuche des Aufgabenblatt sechs unterstützt diese Schülervorstellung. Es konnten zwar keine expliziten Daten erhoben werden, welche die Annahme aus Schülersicht bestätigt, jedoch könnte die Aufgabenstellung A1b diese Schülervorstellung schon indirekt unterstützen: „[...] misst, ab welcher Entfernung der Eisennagel nicht mehr vom Elektromagneten angezogen wird.“ Hier wird ein abruptes Ende der Anziehungskraft auf den Eisennagel durch den Elektromagneten beschrieben.

Damit die Aufgabe der Schülervorstellung nicht weiterhin entspricht, hier ein Änderungsvorschlag: Die Aufgabe bleibt vorerst so bestehen. Als Zusatzaufgabe sollte zusätzlich zum Eisennagel ein leichter eiserne Gegenstand unter gleichen Bedingungen getestet werden. Dieser sollte auch ab dem Punkt, ab dem der Eisennagel nicht mehr vom Elektromagneten angezogen wird, trotzdem angezogen werden. Das soll verdeutlichen, dass die Anziehungskraft dort, wo der Eisennagel nicht mehr angezogen wird, trotzdem nicht einfach aufhört.

Bezug zu Aufgabenblatt acht

- Folgendes Problem könnte auftreten: „Bei Schülern gilt teilweise eine „Nahwirkungstheorie“ des Magnetismus: Die Kraft des Magneten wird von Nagel zu Nagel weitergereicht und diese werden somit selbst zum Magneten (Matzig & Reddeck, 2005).“

Diese Annahme lässt sich an Hand von Schüleraussagen der Videodaten nicht bestätigen, da aus zeitlichen Gründen keine Videodaten dieser Aufgabe existieren.

Frage 2: „Welche weiteren, im Rahmen der Literaturrecherche nicht erfassten Schülervorstellungen lassen sich während der Bearbeitung der Aufgaben feststellen?“

Es konnte eine weitere Schülervorstellung, welche im Rahmen der Literaturrecherche nicht erfasst wurde, festgestellt werden (s. 6.3): „Wenn der Wert der Spannung verdoppelt wird, verdoppelt sich auch die Entfernung, auf der der Elektromagnet den Eisennagel anzieht.“

Frage 3: „Welche Experimente und/oder Aufgaben haben entscheidend zur Bildung von Schülervorstellungen beigetragen?“

Das Experiment von Aufgabenblatt sechs könnte entscheidend zur Bildung von Schülervorstellungen beitragen. Dadurch würde folgende Schülervorstellung unterstützt (s. Frage eins, Bezug zu Arbeitsblatt sechs): Die magnetische Kraft würde mit größer werdender Entfernung des Leiters (in diesem Fall: des Elektromagneten) abrupt aufhören zu wirken (Matzig & Reddeck, 2005).

Des Weiteren könnte Aufgabenblatt sechs durch grobe Ergebnisungenauigkeiten der Schüler der Wissenschaft nicht entsprechende Schülervorstellungen aufgebaut haben, welche sich auf die Wechselwirkung und die Anziehungskraft auf zwei Stabmagneten bezieht (s. 6.2.6).

Arbeitsblatt vier könnte dazu beitragen, dass die Schülervorstellung aufgebaut wird, dass der Eisennagel nur vom Eisenkern, nicht aber von der Spule angezogen wird, welches einem fachlichen physikalischen Fehlschluss entspricht.

7.2 Lernziele

Frage 4: „Welche, der von der Aufgabenserie angestrebten Lernziele, werden von den Schülern erreicht?“

Hier werden nur solche Lernziele aufgelistet, welche durch die erhobenen Daten nachweisbar erreicht- bzw. nicht erreicht werden konnten.

Anhand der Auswertung der Video- und Arbeitsblattdaten ergibt sich, dass folgende Lernziele je nach Situation von einzelnen, mehreren, vielen oder allen Schülern erreicht werden konnten:

- Lernziel 4 (s. 6.1.1): Zwei Schüler der Gruppe drei haben in einem Gruppengespräch angegeben, dass Eisen von beiden Polen in gleicher Intensität angezogen wird.
- Lernziel 8 und 9 (s. 6.1.3): In dem Dialog der Gruppe drei während der Bearbeitung der Aufgabe A1 des Arbeitsblatts drei kann man erkennen, dass die Schüler verstanden haben, dass sich gleichnamige Pole abstoßen und ungleichnamige Pole anziehen. S2 beurteilt diese Aufgabe sogar als einfach. Allerdings bezeichnen die Schüler die Pole häufig nach ihrer Farbe (rot/grün) und nicht mit den Fachbegriffen (Nord- bzw. Südpol) (s.a. Hinweise zu Lernziel 1 unten).
- Lernziel 10 (6.1.4): Da das Aufgabenblatt vier einen großen Aufforderungscharakter besaß, hat Gruppe drei die Aufgaben teilweise unkoordiniert nacheinander bearbeitet. Nachdem sich die Schüler schließlich den Informationskasten ganz am Anfang des Arbeitsblattes durchgelesen haben, scheinen die Schüler der Gruppe drei zu wissen, welche Eigenschaften ein Elektromagnet hat.
- Lernziel 12 (6.1.5): Durch den Dialog, den S2 und S3 führen kann man erkennen, dass S3 das Wissen besitzt, dass der Elektromagnet einen Nord- und Südpol hat. In dem Dialog beantwortet S3 S2 die Frage, ob der Elektromagnet einen Nord- und Südpol besitzt, korrekt. Auf Grund der Videodaten von Gruppe vier kann man auch davon ausgehen, dass diese ebenfalls das Lernziel erreicht hat.
- Lernziel 15 (6.1.6): S1 erreicht das Lernziel eindeutig. Auf die Frage „Was ist passiert, wenn man die Spannung (Volt=V) am Netzgerät erhöht?“ antwortet er: „Ich sach mal so, hier unten, das hier, der Na..., äh, der Nagel wird immer früher angezogen.“ Hiermit beschreibt er, dass die Anziehungskraft auf den eisernen Nagel immer größer wird, wenn man die Spannung am Netzgerät erhöht.

Folgendes Lernziel wurde nur bedingt erreicht:

- Lernziel 1 (s. 6.1.3): Die Schüler der Gruppe drei und vier vermengen oftmals die Zuordnung der Pole durch die Farben rot und grün mit der Zuordnung durch Nord- und Südpol. Die Zuordnung durch Nord- und Südpol scheint den Schülern nicht völlig in ihren Sprachgebrauch übergegangen zu sein. Für die Schüler wäre es sehr wichtig, sie im weiteren Unterrichtsverlauf in Unterrichtsgesprächen immer wieder auf Zuordnung der Pole durch die Begriffe Nord- und Südpol hinzuweisen, um sie in der physikalischen Wortwahl zu trainieren.

Frage 5: „Welche Gründe liegen für das Nicht-Erreichen von Lernzielen vor?“

- In Kapitel 6.1.2 wurde beschrieben, dass durch die Schüler einige fachliche Fehlschlüsse gemacht wurden. Dadurch bleibt es ungewiss, welche Lernziele des Aufgabenblatt zwei wirklich erreicht wurden und welche nicht.
- In Kapitel 6.1.5 wird beschrieben, dass zwei Schüler der Gruppe drei immer wieder die Spannung am Netzgerät verändern, während S3 Versuche des Arbeitsblattes durchführt. Das könnte dazu führen, dass die Ergebnisse verfälscht werden und falsch festgehalten werden. In dieser Gruppe hat es zufälligerweise nicht zu einem falschen Ergebnis geführt, es könnte jedoch auch anders ausgehen.
- Ein weiteres Problem, welches in Kapitel 6.1.5 angesprochen wird, besteht in der Art und Weise, wie die Schüler dem Eisenkern des Elektromagneten den Nord- und Südpol zuordnen. Sie heften einen Stabmagneten direkt an den Elektromagneten, anstatt sich ihm vorsichtig zu nähern. Das kann zu fachlichen Fehlschlüssen führen und das Erreichen des Lernziels 13 gefährden.

- Teilweise waren Experimente oder die Struktur von Arbeitsblättern/Aufgabenstellungen dafür verantwortlich, dass Lernziele nicht erreicht werden konnten (s. Beantwortung der Fragen sechs und elf).

Frage 6: „Haben die entwickelten Experimente und Aufgaben dazu beigetragen, dass die Schüler die angestrebten Lernziele erreichen können?“

- Das Erreichen des Lernziels 3 wird den Schülern durch die Struktur der Aufgabenblätter eins erheblich erschwert (s. 6.2.1 und 6.1.1). Die Schüler haben hier durch die Aufgabenstruktur Schwierigkeiten eine Verallgemeinerung zu treffen, welche besagt, dass der Stabmagnet (unter den zur Verfügung stehenden Materialien) nur das Metall Eisen anzieht. Trotzdem kann man beispielsweise in Gruppe drei erkennen, dass S3 das Lernziel erreichen konnte und das Wissen in einem späteren Arbeitsblatt fünf (s. Kapitel 6.1.5) anwendet. Die Aufgabenblätter eins bis fünf, scheinen demnach trotzdem dazu beigetragen haben, dass das Lernziel 3 in Gruppe drei erreicht wird (s. 6.1.5). Hier klärt S3 die anderen Schüler darüber auf, dass der Stabmagnet auch noch nach Ausschalten des Netzgerätes am Eisenkern des Elektromagneten haften bleibt, weil der Kern aus Eisen ist.
- In Kapitel 6.1.2 wurde erläutert, dass Aufgabe A1 und A2 von Aufgabenblatt zwei für S1 nicht dazu beigetragen haben, Lernziel acht zu erreichen. In diesem Lernziel wurde u. a. festgehalten, dass Aluminium nicht vom Magneten angezogen wird. S1 sollte hier aber eher als Ausnahmefall betrachtet werden, da die Schüler eigenständig überprüft haben, dass Aluminium nicht vom Magneten angezogen wird. Es könnte sein, dass dies eher einem Aufmerksamkeitsfehler entspricht. Die anderen beiden Schüler haben das Lernziel erreichen können. Wie die Auswertung der Schülerantworten zu den Arbeitsblättern in Kapitel 6.2.2 zeigt, hat über die Hälfte der Schüler in Aufgabenblatt zwei angekreuzt, dass Aluminium nicht vom Magneten angezogen wird.

Das ist eine erfreuliche Mehrheit, welche darauf schließen lässt, dass das Erreichen des Lernziels 8 für diese Schüler begünstigt ist. Des Weiteren findet sich ein Hinweis auf das Erreichen des Lernziels in Kapitel 6.2.4. In diesem Kapitel werden die Schülerantworten auf die Frage „Würde der Elektromagnet auch einen Aluminiumnagel anziehen?“ beantwortet. Die Schülerantworten wurden in zwei Gruppen eingeteilt, welche beide positiv mit der Annahme des Erreichens von Lernziel 7 korrelieren.

- Kapitel 6.1.2 gibt weiterhin Aufschluss darüber, dass die Aufgaben von Blatt zwei für Gruppe drei nicht dazu beigetragen haben, das Lernziel 6 erreichen zu können. Die Schüler haben demnach nicht gelernt, dass, sobald ein für sie fremdes Metall auftaucht, sie dieses erst mit dem Magneten auf seine Anziehungskraft untersuchen müssen, bevor sie Aussagen darüber treffen können, ob der Magnet dieses Metall anziehen wird. Die Ergebnisse der Schülerantworten in Kapitel 6.2.2 bekräftigen die Annahme. Trotz eines unbekanntes Metalls (Kupfer), von dem die Schüler nicht wissen, ob dieser vom Stabmagneten angezogen wird oder nicht, entscheidet sich eine Mehrzahl von Schülern dafür, dass der Gegenstand abgestoßen wird. Eine ebenso große Mehrzahl entscheidet sich dafür, dass man erst ausprobieren müsse, ob dieser Gegenstand angezogen wird oder nicht. Um zu bestätigen, dass das Lernziel 6 erreicht wurde, hätte die letzte der beiden vorgestellten Gruppen eigentlich Überhand nehmen müssen. Da dies nicht der Fall ist, kann man nicht davon ausgehen, dass das Lernziel erreicht wurde.
- Die Bearbeitung des Aufgabenblatts drei sollte bei den Schülern dazu führen, dass die Lernziele 8 und 9 erreicht werden können. Die ersten beiden Aufgaben lassen erkennen, dass die Lernziele erreicht wurden (s. 6.1.3 und 6.2.3). Die Schüler haben jedoch Schwierigkeiten ihr erworbenes Wissen auf Aufgabe A3 zu übertragen. Der Fehlerquotient bei dieser Aufgabe liegt bei 25 Prozent.
- Die Arbeitsblattanalyse des Arbeitsblattes vier (s. 6.2.4) ergibt, dass das Arbeitsblatt mit seinen Versuchen weitestgehend dafür geeignet ist, Lernziel 11 zu erreichen.

Ca. 52 Prozent der Schüler erkennen, dass der Eisennagel von der Spule und dem Eisenkern angezogen wird. Ca. weitere 32 Prozent der Schüler erkennen, dass der Eisennagel lediglich vom Eisenkern angezogen wird. Hier steckt Verbesserungsbedarf innerhalb der Aufgabenstruktur, da der Eisennagel nicht nur vom Eisenkern, sondern auch von der Spule angezogen wird.

- Die Analyse des Arbeitsblatts fünf deutet darauf hin, dass das Lernziel 12 durch den Versuch von Aufgabe A1 erreicht werden konnte (s. 6.2.5). Alle, außer zwei, Schüler gaben an, dass der Eisenkern des Elektromagneten einen Nord- und Südpol besitzt.

15 von 19 Schülern haben weiterhin auf Grund von durchgeführten Versuchen (A4 bis A6) die Angabe gemacht, dass sich der Nord- und Südpol eines Elektromagneten vertauschen, wenn man die Kabelanschlüsse vertauscht. Diese Antwort deutete auf das Erreichen des Lernziels 13 hin.

- Durch Ergebnisungenauigkeiten der Schüler, von Aufgabe A1 und A2 des Aufgabenblattes sechs, ist das Erreichen der Lernziele 16 und 17 stark gefährdet. Es gab von sechs Gruppen nur Eine, bei der denen keine groben Abweichungen der Ergebnisse vorlagen. Alle anderen Gruppen hatten grobe Abweichungen der Ergebnisse, welche jeweils entweder das Erreichen der Lernziele 16 oder 17 gefährdet. Bei den einzelnen Gruppen sind jedoch zumeist nicht beide Lernziele, sondern meistens eines von beiden gefährdet. Die Versuche des Aufgabenblattes sollten auf jeden Fall überarbeitet werden, damit gesichert werden kann, dass jeder Schüler die Lernziele korrekt erreichen kann (s. 6.2.6). Das Erreichen des Lernziels 15 wird durch die Schülerergebnisse der Versuche nicht negativ beeinflusst.
- Wie in Kapitel 6.1.7 und 6.2.7 zu sehen, wurde Lernziel 18 von den meisten Schülern erreicht. Es wurde jedoch nicht, wie geplant, durch Versuche des Aufgabenblatts sieben, welchem das Lernziel zugeteilt wurde, erreicht.

Das Lernziel, in welchem festgehalten wurde, dass der Elektromagnet nach dem Ausschalten größtenteils seine Anziehungskraft auf eiserne Gegenstände verliert, konnte von vielen Schülern schon als „Nebenprodukt“ während Versuchen von vorherigen Arbeitsblättern erreicht werden. Da das Aufgabenblatt nicht gut dazu geeignet ist, dass die Schüler Lernziel 18 erreichen können, müsste der Versuch abgeändert werden.

- Die Ergebnisse der Schüler des Versuches von Aufgabenblatt acht sind gut geeignet, damit die Schüler mit ihnen das Lernziel 19 erreichen können (s. 6.2.8). Lediglich eine Gruppe hat so grobe Ergebnisungenauigkeiten, dass ein Erreichen des Lernziels 19 gefährdet sein könnte. Somit sind die mit dem Versuch ermittelten Messergebnisse der Schüler geeignet, das Lernziel zu erreichen.

Frage 7: „Haben die Schüler andere Lernziele erworben, welche in der Planung nicht bedacht wurden?“

- In Kapitel 6.1.3 lässt sich folgendes, durch einen Schüler erworbenes Lernziel, feststellen: „Gleichnamige Pole stoßen sich viel langsamer ab, als sich ungleichnamige Pole bei gleicher Geschwindigkeit, anziehen.“
- In Kapitel 6.1.4 forscht ein Schüler eigenständig. Sein Ziel ist die Beantwortung der Frage, ab wie viel Spannung ein Eisennagel vom Eisenkern abfällt. Sein Ergebnis liegt bei knapp einem Volt.
- 6.1.5 In Aufgabenblatt fünf strebt ein Schüler eigenständig ein Lernziel, welches eher dem Versuch des Aufgabenblatts sechs zuzuschreiben ist. Er testet, ob die Abstoßung der gleichnamigen Pole von Stab- und Elektromagnet schwächer wird, wenn man die Spannung verringert.

7.3 Vorwissen der Schüler

Frage 8: „Welches Vorwissen bringen die Schüler mit in den Unterricht?“

- Laut Schüleraussagen (s. 6.1.1) haben die Schüler einen ähnlichen Versuche, wie auf Aufgabenblatt eins, schon im Physikunterricht durchgeführt.
- Ein Schüler der Gruppe drei scheint sich privat schon mit dem Thema Magnetismus beschäftigt zu haben. Er berichtet davon, dass seine mechanische Uhr stehen bleibt, wenn man ihr einen Magneten nähert (s. 6.1.1).
- Ein weiterer Schüler bekräftigt schon, bevor der Versuch durchgeführt wurde, dass vom Stabmagneten nur Eisen angezogen wird (s. 6.1.1).
- Während Gruppe drei Aufgabe A1 des zweiten Arbeitsblattes bearbeitet, bringt ein Schüler Vorwissen aus dem Physikunterricht in die Bearbeitung mit ein. Er teilt den anderen Schülern mit, das Aluminium nicht angezogen wird (s. 6.1.2).
- In Versuch A1 von Aufgabenblatt zwei sollen die Schüler die Wechselwirkung der Pole von zwei Magneten untersuchen. Ein Schüler scheint schon Vorwissen gesammelt zu haben. Bevor der Versuch durchgeführt wird, beschreibt der Schüler, was mit den Stabmagneten in den Versuchen passieren wird (s. 6.1.3).

Es ist zu erkennen, dass die Schüler nur Vorwissen bis zum Arbeitsblatt drei einbringen können. Ab dem Arbeitsblatt vier beginnen Versuche zum Thema Elektromagnetismus. Es scheint also, dass die Schüler zum Thema Elektromagnetismus noch kein Vorwissen sammeln konnten, zumindest keines, welche sie in diese Aufgabenserie einbringen konnten.

7.4 (Des-) Interesse gegenüber (Teilen) der Aufgabenserie durch Schüler

Frage 9: „An welchen Stellen der Bearbeitung der acht Arbeitsblätter lassen sich deutliches Interesse oder Motivation der Schüler feststellen?“

- In Gruppe drei lässt sich während des ersten Versuchs von Aufgabenblatt eins die Bevorzugung metallener Gegenstände beobachten (s. 6.1.1).
- Nach der Bearbeitung des Aufgabenblatts eins spielt ein Schüler mit den zwei Stabmagneten und äußert sich positiv darüber (s. 6.1.1).
- Zu Beginn des Aufgabenblatt zwei lässt sich deutliches Interesse eines Schülers über das Aufgabenformat erkennen („Ja, Ankreuzaufgaben. Die sind immer gut“, s. 6.1.2).
- In Kapitel 6.1.2 ist zu erkennen, dass die Bearbeitung der Aufgabenserie einen Wettbewerbscharakter in den Schülern hervorruft.
- Allein die optische Darstellung des Arbeitsblatts vier scheint für die Schüler einen Aufforderungscharakter zu haben (s. 6.1.4).
- Die Schüler forschen während Aufgabenblatt vier eigenständig, ab wie viel Spannung ein Eisennagel vom Eisenkern des Elektromagneten abfällt. Das zeigt, dass das Interesse der Schüler für diesen Sachverhalt geweckt wurde (s. 6.1.4). Des Weiteren lässt sich zusätzliches eigenständiges Forschen von Schülern auch in Kapitel 6.1.5 oder 6.1.7 nachlesen.
- Am Ende des Arbeitsblatts vier äußert ein Schüler bei dem Lehrer auf die Frage, ob die Arbeitsblätter interessant für die Schüler wären, den Wunsch, dass er „so was [...] gern öfter machen“ würde (s. 6.1.4).
- In Aufgabe sechs interessiert sich ein Schüler ohne explizite Anregung durch die Aufgabenserie dafür, ob der Stift seines Sitznachbarn auch magnetisch ist (s. 6.1.6).
- Die Materialien des Versuchs von Aufgabenblatt sieben scheinen Schüler besonders anzusprechen und besitzen einen hohen Aufforderungscharakter (s. 6.1.7).

- Das Aufgabenblatt acht scheint bei den Schülern auch einen hohen Aufforderungscharakter zu besitzen. Sie arbeiten anfangs unkoordiniert durcheinander (s. 6.1.8).

Frage 10: „An welchen Stellen der Bearbeitung der acht Arbeitsblätter lassen sich Desinteresse an diesen oder Langeweile der Schüler beobachten?“

Die Videoaufzeichnungen deuten an keinem Zeitpunkt darauf hin, dass sich die Schüler der Gruppen drei und vier langweilen.

7.5 Die Arbeitsblätter

Frage 11: „Wie kamen die Schüler mit der Struktur des Arbeitsblattes und der Aufgabenstellung zurecht?“

- Gruppe drei kommt, da sie recht organisiert arbeiten, mit der Struktur des Aufgabenblattes sehr gut zurecht. Gruppe vier kommt auch gut mit der Struktur des Arbeitsblattes zurecht, arbeiten jedoch nicht so gut, wie die andere Gruppe, zusammen (s. 6.1.1).
- Die Schüler der Gruppe drei und vier haben ein kleines Koordinationsproblem bei der Bearbeitung der Aufgabe A2, welches durch den Aufbau der Arbeitsblätter A1 und A2 hervorgerufen wird (s. 6.1.2).
- Bei der Bearbeitung des Aufgabenblattes drei entstehen Probleme bei dem Versuchsaufbau von Aufgabe A1. Damit hier keine Probleme entstehen, müssen Hinweise für den Versuchsaufbau ergänzt werden (s. 6.1.3).
- Die Arbeit mit einem Lückentext auf Aufgabenblatt drei, Aufgabe A2, bereitet den Schülern aus Gruppe drei Schwierigkeiten. Gruppe vier hat jedoch keinerlei Schwierigkeiten, den Lückentext auszufüllen (s. 6.1.3).

- Da die Schüler selten Informationskästen auf den Arbeitsblättern durchlesen, besteht auf Aufgabenblatt vier die Gefahr, dass die Schüler nicht verstehen, was ein Elektromagnet genau ist, beziehungsweise, woraus er besteht (s. 6.1.4).
- Aufgabenblatt vier fordert von den Schülern in Aufgabe A5 eine Transferleistung zu vorher erlangtem Wissen durch die Aufgabenserie. Die Schüler bearbeiten diese Art von Aufgabe recht gut (s. 6.1.4 und 6.2.4).
- Am Ende des Arbeitsblatts vier sollte für die Schüler ein Hinweis ergänzt werden, der sie dazu auffordert, den Aufbau mit dem Elektromagneten und dem Netzgerät stehen zu lassen. Dieser Hinweis spart Zeit, da die Schüler den Aufbau am Ende des Aufgabenblattes vier nicht ab- und am Anfang des Arbeitsblatts fünf wieder aufbauen müssen (s. 6.1.5).
- Aufgabe A2 des Aufgabenblatt sechs spornt die Schüler zu Vermutungen der Ergebnisse an, bevor die Versuche durchgeführt werden (s. 6.1.6).
- Dadurch, dass bei Aufgabenblatt sechs in den Ergebnissen der Versuche grobe Ergebnisungenauigkeiten vorliegen (s. Frage 6), haben die Schüler weiterhin Schwierigkeiten bei der Beantwortung der Folgeaufgaben des Arbeitsblattes, da diese auf die Ergebnisse aufbauen.

Frage 12: „Wie viele der entwickelten Aufgabenblätter konnten die Schüler in zwei Schulstunden bearbeiten?“

Die Auflistung, wie viele Arbeitsblätter von den einzelnen Gruppen wurden, wird in Tabellenform wiedergegeben. Für bearbeitete Arbeitsblätter ist zusätzlich angegeben, ob die Bearbeitung in der ersten Doppelstunde (ED) oder in der zweiten Doppelstunde (ZD) stattfand.

Gruppe	Aufgabenblatt 1	Aufgabenblatt 2	Aufgabenblatt 3	Aufgabenblatt 4
Eins	ED	ED	ED	ED
Zwei	ED	ED	ED	ED
Drei	ED	ED	ED	ED
Vier	ED	ED	ED	ED
Fünf	ZD	ZD	ZD	ZD
Sechs	ZD	ZD	ZD	ZD

Gruppe	Aufgabenblatt 5	Aufgabenblatt 6	Aufgabenblatt7	Aufgabenblatt 8
Eins	ED	ED	ED	ZD
Zwei	ED	ED/ZD	ZD	ZD
Drei	ED	ED	ED	ZD
Vier	ED	ED	ZD	ZD
Fünf	ZD	ZD	ZD	-
Sechs	ZD	ZD	-	-

Tab. 4: Bearbeitete Aufgabenblätter der Schüler in einer Doppelstunde

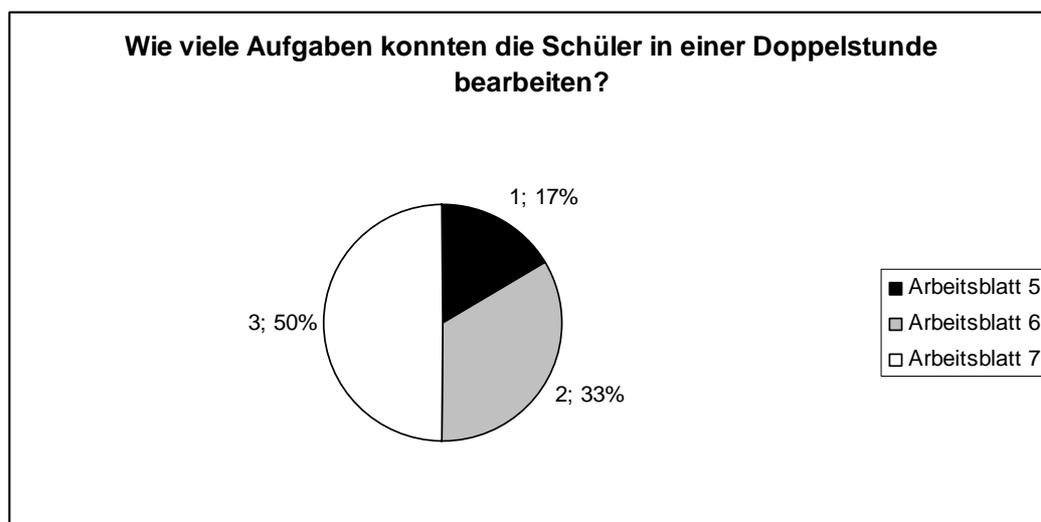


Abb. 18: Wie viele Aufgaben konnten die Schüler in einer Doppelstunde bearbeiten?

Die Grafik „Wie viele Aufgaben konnten die Schüler in einer Doppelstunde bearbeiten“ ist mit Hilfe der Angaben der Tabelle entstanden.

Der erste Wert, welcher an den einzelnen Kreissegmenten steht, zeigt jeweils an, wie viele Gruppen in einer Doppelstunde die Arbeitsblätter bis zu welchem Arbeitsblatt bearbeiten konnten.

Beispiel: Der schwarze Teil des Kreises zeigt an, dass eine Gruppe in einer Doppelstunde die Arbeitsblätter bis einschließlich Arbeitsblatt fünf bearbeiten konnte.

Der zweite Wert gibt die Prozentzahl der gesamten Gruppen an, welche die Arbeitsblätter in einer Doppelstunde bis zu einem bestimmten Arbeitsblatt bearbeiten konnten.

Beispiel: Ca. 17 Prozent der sechs Gruppen konnten in einer Doppelstunde die Arbeitsblätter bis einschließlich Arbeitsblatt fünf bearbeiten.

7.6 Lehrerverhalten während der Bearbeitung der Aufgabenserie

Frage 13: „Welche Interaktionen der Lehrperson mit den Schülern waren für die Schüler hilfreich, welche nicht?“

- Teilweise gibt es Hinweise darauf, dass das Eingreifen des Lehrers in die Gruppenarbeit sinnvoll ist (s. 6.1.2, 6.1.4), teilweise lässt sich jedoch auch erkennen, dass das sich das Eingreifen negativ auf die Gruppenarbeit auswirkt und störend ist (s. 6.1.5, 6.1.6).

Gerade die Gruppe vier, welche während der Erprobung recht unruhig erschien, wurde vom Lehrer des Öfteren unterbrochen und zum Weiterarbeiten aufgefordert.

8. Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Ergebnisse der Bearbeitung der Aufgabenserie noch einmal zusammengefasst. Dadurch wird ein grober Überblick über die Ergebnisse ermöglicht, welcher teilweise Rückschlüsse auf zukünftiges Planen von (naturwissenschaftlichem) Unterricht zulässt.

Eine Frage, welche hier als Erstes geklärt werden soll, ist die Frage, ob sich aus den Befunden der Ergebnisse Konsequenzen für die Überarbeitung der Lernmaterialien ergeben. Hier sind vor allem solche Aufgaben zu nennen, welche fachlich unangemessene Schülervorstellungen unterstützen oder solche, bei denen die Lernziele oftmals nicht erreicht werden konnten. Besonders auffällig sind hier die Aufgabenblätter eins, vier, sechs und sieben. Diese Arbeitsblätter müssen auf jeden Fall gut überarbeitet werden, damit die zugeteilten Lernziele verwirklicht werden können.

Bei Aufgabenblatt eins sollte künftig darauf geachtet werden, dass die Schüler die Gegenstände, welche mit einem Stabmagneten auf die Anziehungskraft untersucht werden sollten, in eine neu strukturierte Tabelle eingetragen werden können. Durch die ausgefüllte Tabelle sollen die Schüler erkennen können, dass in diesem Fall nur Eisen (oder auch in anderen Fällen Nickel, Kobalt oder Gadolinium) vom Stabmagneten angezogen werden können. Die Tabelle muss in der Art übersichtlich durch Schüler gestaltbar sein, dass man dieses Ergebnis deutlich ablesen kann.

Durch Aufgabenblatt vier könnte die fachlich unangemessene Schülervorstellung aufgebaut werden, dass der Elektromagnet ferromagnetische Stoffe nur am Eisenkern anzieht. Das Magnetfeld existiert um den ganzen Elektromagneten, auch innerhalb der Spule, besonders stark wirkt es jedoch am Nord- und Südpol und innerhalb der Spule. Die Schüler sollten die Erfahrung machen können, dass ein Eisennagel nicht nur am Eisenkern, sondern auch an der Außenseite der Spule haften bleibt, weshalb ein gezielter Hinweis auf dem Aufgabenblatt ergänzt werden sollte. Tatsache ist, dass man den Eisennagel an einer ganz bestimmten Position loslassen muss, damit dieser von der Spule angezogen wird. Über die Hälfte der Schüler konnte erkennen, dass der Eisennagel von der Spule und dem Eisenkern angezogen wurde, jedoch haben viele der übrigen Schüler nicht erkannt, dass der Eisennagel auch von der Spule angezogen wird.

Das Problem bei Aufgabenblatt sechs ist einmal, dass durch den Schülerversuch oftmals grobe und ungenaue Ergebnisse aufgetreten sind, welche die Schüler falsche fachliche Schlüsse ziehen lassen. Dadurch können die Schüler einige wichtigen Lernziele des Aufgabenblattes nicht erreichen. Verbesserungsvorschläge hierfür sind zum Beispiel die Wahl anderer Versuchsmaterialien, welche genauere Ergebnisse erzielen lassen.

Ein zweites Problem, welches bei dieser Aufgabe auftritt, ist das Unterstützen fachlich unangemessener Schülervorstellungen. Die Schüler könnten aus diesen Versuchen zur Erkenntnis gelangen, dass die Anziehungskraft auf eiserne Gegenstände abrupt aufhören. Das entspricht einer Vorstellung, dass das Magnetfeld von Magneten auch abrupt aufhört, was natürlich nicht der physikalischen Grundlage entspricht. Also sollte man hier darauf achten, dass die Schüler den gleichen Versuch, den sie mit einem Eisennagel durchgeführt haben, eventuell noch mit leichteren eisernen Gegenständen durchführen. Dadurch könnten sie beobachten, dass leichtere eiserne Gegenstände auch noch dort vom Elektromagneten angezogen werden können, wo der schwerere Eisennagel nicht mehr angezogen wurde.

Aufgabenblatt sieben trägt kaum dazu bei, das ihm zugeteilte Lernziel den Schülern wirklich zu vermitteln und zu verdeutlichen. Das Lernziel scheinen die meisten Schüler schon in den vorigen Aufgabenblättern vor Bearbeitung des Aufgabenblattes erarbeitet zu haben. Es gilt also, den Schülern, das ihnen in vorigen Aufgaben unbewusst erreichte Lernziel, deutlicher bewusst werden zu lassen. Man sollte dafür darauf achten, künftig den Versuchsablauf zu verändern. Andere Aufgabenblätter sind erfreulicher und weisen eher auf kleinere Schwierigkeiten hin, welche hier aber nicht weiter hervorgehoben werden sollen und in der Arbeit genauer betrachtet werden können. Kurzum lässt sich zu den anderen Aufgabenblättern noch sagen, dass viele Aufgaben positiv mit den Lernzielen korrelierten. Für diese und die anderen Aufgabenblätter lässt sich jedoch eine weitere wichtige Bemerkung bezüglich der Lernziele machen. Über Lernziele, welche in dieser Arbeit als erreicht gelten oder über Ergebnisse der Schüler, welche positiv mit den Lernzielen korrelierten, kann kein Erweis über die Nachhaltigkeit dieser erbracht werden. Es können also keinerlei Aussagen über die nachhaltige Stabilität der „erreichten“ Lernziele der Schüler gemacht werden.

Sollte die Aufgabenserie zukünftig durchgeführt werden, muss man ungefähr drei Schulstunden als Lehrkraft zur Durchführung mit einer Klasse einplanen. Ca. 83 Prozent der Schüler, welche diese Aufgabenserie bearbeitet hat, konnten die Arbeitsblätter in einer Doppelstunde bis einschließlich Arbeitsblatt sechs bearbeiten. Für die Bearbeitung der Aufgabenblätter sieben und acht sollte eine weitere Schulstunde ausreichen.

Hier sollte man jedoch weitere Beschäftigungen für solche Schüler, die schneller als in drei Schulstunden mit der Bearbeitung der Aufgabenserie fertig sind, bereithalten.

Interessant wären Analysen weiterer gezielter Erprobungen der Aufgabenserie in Gruppen mit unterschiedlichem Leistungsstand, unterschiedlichem Disziplinierungsgrad, mit Gruppen, die solche Arbeitsmethoden definitiv nicht kennen und mit heterogenen Geschlechtergruppen. Es könnte sein, dass die Zeitangaben, in welcher die Schüler die Aufgabenserie bearbeiten, in den eben genannten Gruppen abweichen könnten. Gezielte Gruppenkonstellationen für die Bearbeitungsphase der Aufgabenserie wurden für diese Examensarbeit nicht erstellt.

Während der Planung, Durchführung und Evaluation dieser Aufgabenserie ist mir bewusst geworden, wie wirklich wichtig die Beachtung der Schülervorstellungen für das Planen von Unterricht ist. Bei meinen weiteren Unterrichtsplanungen werden die Schülerperspektiven eine zentrale Rolle einnehmen, da dadurch der Unterricht erheblich an Qualität gewinnt und die Schüler bessere Chancen haben, die Lernziele erreichen zu können.

Zum Schluss noch einige Kommentare zur Aufnahme des eigenen Unterrichts. Das Aufnehmen des eigenen Unterrichts habe ich als sehr positiv empfunden und kann nur weiter empfohlen werden. Es ist eine gute Möglichkeit, sich von außen betrachten und sich als Lehrkraft weiterentwickeln zu können. Es sind mir einige Situationen aufgefallen, in denen mein Eingreifen in die Gruppenarbeit gerechtfertigt war. Des Weiteren sind mir jedoch auch solche Situationen aufgefallen, in denen mein Eingreifen negative Folgen für das Vorankommen der Gruppe hatte. Das trat zum Beispiel ein, wenn man sie bei wichtigen Arbeitsphasen unterbrochen hatte. Außerdem habe ich von einer Gruppe ein recht negatives Bild während der Bearbeitung der Aufgabenserie aufgebaut, da sie mir recht unruhig erschien. Wie sich während der Videoanalyse zeigte, habe ich dieser Gruppe oft Unrecht getan und sie voreilig unterbrochen. Man lernt durch das Aufzeichnen des Unterrichts also auch die Schülerpersönlichkeiten besser kennen, man kann sie besser einordnen und mögliche Vorurteile entkräften.

Durch das Aufzeichnen des Unterrichts bekommt man also die Möglichkeit, seine Lehrerkompetenzen zu verbessern und seine Schüler besser kennen zu lernen. Dies könnte das Unterrichtsklima wesentlich verbessern.

9. Literaturverzeichnis

- Birx, S. (2008). *Erprobung und Evaluation von Schülerversuchen zu elektrischen Stromkreisen*. Gießen.
- Duit, R. (1989a). Der einfache elektrische Stromkreis. Fachliche Sicht und Schülervorstellungen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 16(89), 9-11.
- Duit, R. (1989b). Vorstellungen vom Magnetismus. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie* 37(44), 132-133.
- Duit, R. (2004). *Piko-Brief Nr. 1. Schülervorstellungen und Lernen von Physik*. Kiel: IPN. Internet: <http://www.uni-kiel.de/piko/?topic=15> [letzter Zugriff am 17.11.2009].
- Duit, R. & Wodzinski, C. T. (2006). Guten Unterricht planen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 17(92), 9-11.
- Fischler, H. (2006). Videoaufnahmen von fremden oder eigenem Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 17(92), 19-20.
- Gobrecht, H., Gobrecht, J. H. & Gobrecht K. H. (1987). *Bergmann-Schaefer. Lehrbuch der Experimentalphysik, Band II Elektrizität und Magnetismus*. Berlin: Gerike.
- Gouasé, W., Johann, H., Leupold, J., Naumann, L., Pflume, E., Schäfer & B., Theophel, E. (1987). *Wege in die Physik 7 – 9*. Stuttgart: Ernst Klett Verlage.
- Grehn, J. & Krause, J. (2007). *Metzler Physik*. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage.
- Halberstadt, E. & Arndt, W. (1972). *Physik 2*. Frankfurt am Main: Verlag Moritz Diesterweg.
- Heepmann, B., Muckenfuß, H. & Schröder, W. (2006). *Natur und Technik Physik 8, Neue Ausgabe*. Berlin: Cornelsen Verlag.
- Heepmann, B., Kunze, W., Muckenfuß, H. & Schröder, W. (2006). *Grundaussage Natur und Technik Physik*. Berlin: Cornelsen Verlag.
- Hessisches Kultusministerium (2009): *Handreichung Physik für IGS*. http://www.kultusministerium.hessen.de/irj/HKM_Internet?uid=8a43019a-8cc6-1811-f3ef-ef91921321b2 [letzter Zugriff am 26.11.2009].

- Jank, W. & Meyer, H. (1991): *Didaktische Modelle*. Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor.
- Krüger, D. & Vogt, H. (2007). *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag.
- Matzig, J. & Reddeck, P. (2005). *Schülervorstellungen zu physikalischen und technischen Themen im Sachunterricht*.
- Meyer, H. (1987). *Unterrichtsmethoden – II: Praxisband*. Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor.
- Meyer, H. (2004). *Was ist guter Unterricht?* Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor.
- Meyer, H. (2007). *Leitfaden Unterrichtsvorbereitung*. Berlin: Cornelsen.
- Mikelskis, H. F. (2006). *Physik Didaktik – Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II*. Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor.
- Mikelskis-Seifert, S. & Rabe, T. (2007). *Physik Methodik – Handbuch für die Sekundarstufe I und II*. Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor.
- Schröder, H. – J. (2006). Eigenen Unterricht aufnehmen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 17(92), 28-29.
- Tipler, P. A. (1994). *Physik*. Berlin, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Volkmer, M. (1996). Ein elementarer Unterrichtsgang zum Thema Induktion. In Marhenke, E. & Volkmer, M. (Hrsg.). *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 44(32), 4-15.
- Walz, A. (1997). *Blickpunkt Physik*. Hannover: Schroedel Verlag.
- Wilke, H. – J. (1999). *Physikalische Schulexperimente, Band 2 Optik/Kernphysik/Elektrizitätslehre*. Berlin: Volk und Wissen Verlag.

10 Bildnachweis

Internetquellen der Abbildungen:

- Abb. 1: http://gross.biodidaktik.uni-hannover.de/imperia/md/content/de/uni-hannover/naturwissenschaften/jorge_gross/modell_didaktische_rekonstruktion.jpg
- Abb. 2: http://leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph10/versuche/08elektromag_f/gerader_11.jpg
- Abb. 3: <http://images.encarta.msn.com/xrefmedia/sharemed/targets/images/pho/t287/T287992A.jpg>
- Abb. 4 : <http://www.lmtm.de/PhysiXTM/elehre/bilder/ms3.jpg>
- Abb. 5.: http://www.kangwon.ac.kr/~sericc/sci_lab/physics/mag_field/mag_field.html
- Abb. 6: http://www.kangwon.ac.kr/~sericc/sci_lab/physics/mag_field/mag_field.html
- Abb. 7: <http://upload.wikimedia.org/wikibooks/de/5/5e/VA-60.6.JPG>
- Abb. 8: http://schulen.eduhi.at/riedgym/physik/11/elektromagnetis/oersted/strom_1.gif
- Abb. 9: <http://upload.wikimedia.org/wikibooks/de/5/5e/VA-60.6.JPG>
- Abb. 10: Selbst erstellt
- Abb. 11: Selbst erstellt
- Abb. 12: Selbst erstellt
- Abb. 13: Selbst erstellt
- Abb. 14: Selbst erstellt
- Abb. 15: Selbst erstellt
- Abb. 16: Selbst erstellt
- Abb. 17: Selbst erstellt
- Abb. 18: Selbst erstellt

Letzter Zugriff 10.12.2009 bei Abb. 1 – Abb. 9.

Ich versichere hiermit, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst, keine anderen, als die angegebenen Hilfsmittel verwandt und die Stellen, die anderen benutzten Druck- und digitalisierten Werken im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, mit Quellenangaben kenntlich gemacht habe.

(In die Versicherung sind gegebenenfalls auch Zeichnungen, Skizzen sowie bildliche und sonstige Darstellungen sowie Ton- und Datenträger einzuschließen.)

(Lisa Völkel)

A3: Macht es einen Unterschied, mit welcher Seite des Stabmagneten ihr euch den Gegenständen, die angezogen werden nähert? Kreuze an!

- Ja!
- Nein!

A4: Auf dem Lehrerpult liegt ein Blatt Papier, auf dem das Lösungsblatt der Tabelle liegt. Holt euch dieses und korrigiert eure Tabellen.

Lösungsblatt Aufgabenzettel 1 „Der Stabmagnet im Materialtest“

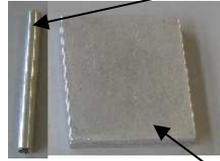
	Andere Materialien	Metalle
Vom Magneten angezogene Materialien		Eisen, Stahlkern, Stahlwolle,
Nicht vom Magneten angezogene Materialien	Holz, Plastik, Gummi, Kork, Styropor, Kunstseide, Magnesium	Kupfer

Hilfzettel „Der Stabmagnet im Materialtest“ Aufgabe 3

 <p>Eine Klammer aus Metalldraht, lässt sich leicht verbiegen. Metall: Eisen</p>	 <p>1 Cent-Münze. Metall: Eisen mit dünner Kupferschicht</p>	 <p>Biigsamer kurzer Teil eines Strohhalms. Material: Plastik</p>	 <p>Kleine Schraube aus Metall, gelblich-goldfarben. Metall: Messing</p>
 <p>Dübel. Material: Holz</p>	 <p>Unterlegscheibe aus Metall. Metall: Eisen</p>		 <p>Braun, lässt sich leicht verbiegen. Vorsicht: Kann brechen. Material: Kork</p>
 <p>Weißer, gelber oder blauer Luftballon. Material: Gummi</p>	 <p>Weißer Tischtennisball. Material: Plastik</p>	 <p>Weiß, Einzelteile brechen leicht ab. Material: Styropor</p>	 <p>Große Schraube aus Metall, silberfarben. Metall: Eisen</p>
<p>Metallfäden. Material: Stahlwolle</p> 	<p>Kreide. Material: Magnesium</p> 	 <p>Braun-gräulicher Faden, etwa so lang, wie die Plexiglasplatte. Material: Kunstseide</p>	

Kreuze an: Fragen zum Materialtest

A1: Werden diese beiden Gegenstände vom Magneten angezogen? Kreuzt eine Antwort an, ohne eure Vermutungen vorher zu überprüfen!



Aluminium-
rohr, gräulich
innen hohl

Aluminium-
Metallblech
gräulich,
quadratisch

- Beide Gegenstände werden nicht vom Magneten angezogen!
- Beide Gegenstände werden vom Magneten angezogen!
- Nur ein Gegenstand von beiden wird vom Magneten angezogen:
 - Metallblech
 - Metallrohr
- Weiß nicht, ob die Gegenstände angezogen oder nicht angezogen werden, müsste ich erst ausprobieren!
- Die Gegenstände werden abgestoßen!

A2: Prüft eure Antwort mit einem Magneten und tragt die beiden Gegenstände in die Tabelle auf Arbeitsblatt 1 ein!

A3: Wird diese 20 Cent - Münze (größtenteils aus Kupfer und Aluminium) vom Magneten angezogen? Kreuzt an, ohne vorher auszuprobieren!



- Natürlich: Wie die 1 Cent - Münze muss auch die 20 Cent - Münze vom Magneten angezogen werden!
- Ach quatsch! Nur weil die 1 Cent - Münze vom Magneten angezogen wurde, muss diese hier nicht auch angezogen werden. Das müsste ich ausprobieren!
- Die 20 Cent - Münze wird abgestoßen!
- Ich bin mir einfach nicht sicher!

A4: Prüft eure Antwort mit einem Magneten und tragt den Gegenstand in die Tabelle auf Arbeitsblatt 1 ein!



Metallgegenstände, die vom Magneten angezogen werden:

- * Eisen (Stahl)
- * Nickel
- * Kobalt

Metallgegenstände, die nicht angezogen werden:

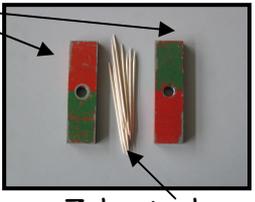
- * Aluminium
- * Kupfer

Also, falls ihr euch nicht sicher seid, ob *Gegenstände* vom Magneten angezogen werden oder nicht, überprüft diese lieber mit einem Magneten.

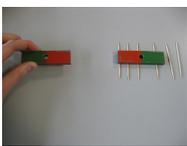
Der verflixte Zweite

2 kleine Stabmagneten

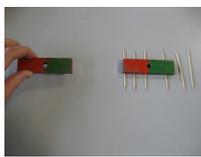
A1: Was passiert, wenn ihr euch mit dem Magneten aus eurer Hand, wie auf den Photos zu sehen, dem zweiten Magneten auf den Zahnstochern nähert?



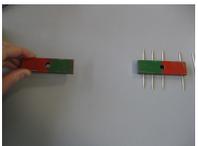
Zahnstocher



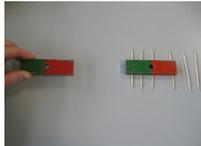
Beobachtung: _____



Beobachtung: _____

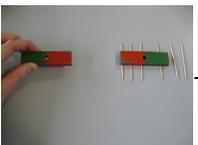


Beobachtung: _____

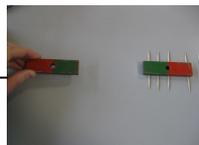


Beobachtung: _____

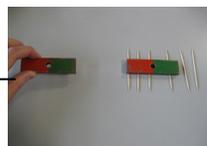
A2: Füllt die Lücken aus!



Nähert man die Nordpole oder _____ von zwei Magneten, so _____ sich die zwei Magneten ab.



Stoßen zwei ungleiche Pole (Nord-Süd oder _____) von zwei Magneten aufeinander, so _____ sich die zwei Magneten an.



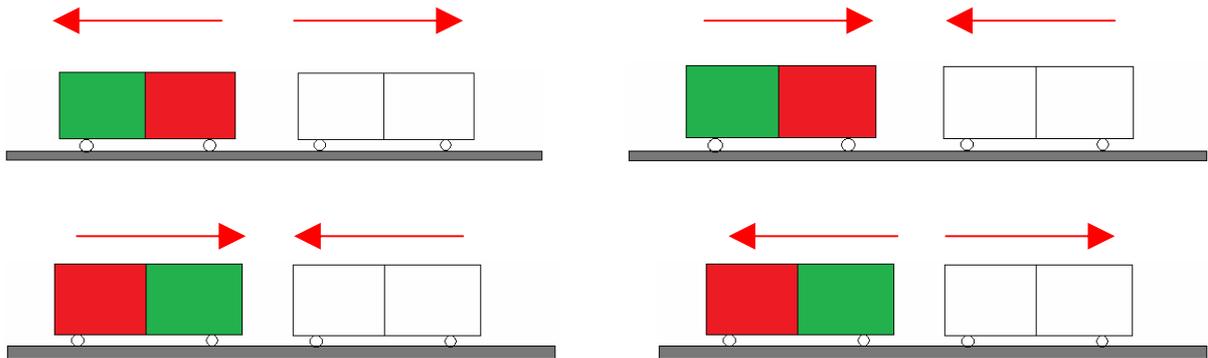


Werden die gleichen Pole von zwei Magneten genähert, so stoßen sich die Magneten ab. Nordpol und Nordpol sowie Südpol und Südpol zweier Magneten stoßen sich immer gegenseitig ab!

Werden die verschiedenen Pole zweier Magneten genähert, so ziehen sich die Magnete an! Nordpol und Südpol sowie Südpol und Nordpol ziehen sich also immer gegenseitig an!

A3: Beschriftet den jeweils weißen Magneten mit „N“ für Nordpol und „S“ für Südpol!

Info: Die Roten Pfeile über den Magneten zeigen an, ob sich die Magneten anziehen oder abstoßen!



Was ist ein Elektromagnet überhaupt?



Ein Elektromagnet besteht meistens aus zwei Teilen:



1. Einer Spule

Eine Spule ist nichts anderes als ein isolierter aufgewickelter Draht



2. Einem Eisenkern



Elektromagnet

ACHTUNG VERLETZUNGSGEFAHR: Der Eisenkern kann schnell aus der Spule fallen und könnte eure Finger oder Füße treffen! Deshalb stellt den Elektromagneten während eure Experimente immer auf den Tisch!

A1: Im Wort **Elektromagnet** versteckt sich auch das Wort „Magnet“. Teste mit dem **1200 Wdg. Elektromagnet** siehe links, ob der Eisennagel vom Elektromagneten, wie vorher auch vom Stabmagneten, angezogen wird. Kreuze an!



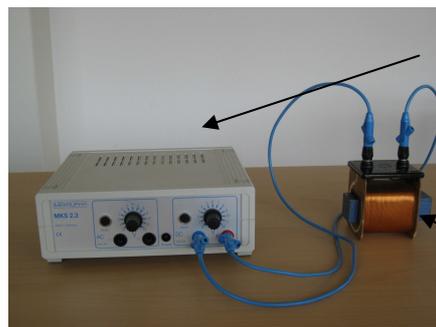
Elektromagnet

Eisennagel

- Ja, der Elektromagnet zieht den Nagel an folgenden Stellen an: _____
- Nein, der Eisennagel wird nirgendwo am Elektromagneten angezogen!

A2a: Lasst euch vom Lehrer ein Netzgerät geben!

A2b: Schließt den Elektromagneten mit zwei Kabeln so wie auf dem Foto an das Netzgerät an!



Netzgerät

2 blaue Kabel

Elektromagnet

VORSICHT: Die Kabel dürft ihr wegen Lebensgefahr niemals in die Steckdose stecken!!!!

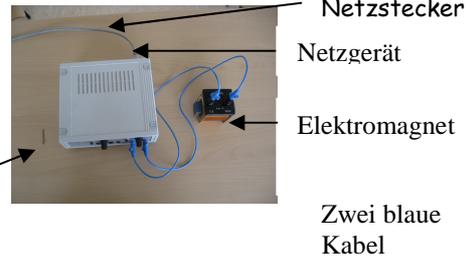
A2c: Hinten am Netzgerät befindet sich ein weiterer Anschluss, siehe rechts. Steckt dort das passende Ende des Netzsteckers hinein. Das andere Ende steckt in eine Steckdose! Schaltet das Netzgerät hinten noch nicht ein!



A2d: Ihr habt soeben einen Stromkreis aufgebaut!

A3: Prüft nun erneut, ob der, jetzt in einen Stromkreis eingebauter, Elektromagnet magnetisch ist! Kreuze an!

Eisennagel



- Ja, der Elektromagnet zieht den Nagel an folgenden Stellen an: _____
- Nein, der Eisennagel wird nirgendwo am Elektromagneten angezogen!

A4a: Hinten am Netzgerät ist ein Ein- und Ausschalter. Schaltet das Netzgerät ein!

A4b: Stellt mit dem rechten Drehknopf eine Spannung von 12 Volt ein!

A4c: Überprüft den Elektromagneten mit dem Eisennagel auf Magnetismus! Kreuze an!

- Ja, der Elektromagnet zieht den Nagel an folgenden Stellen an: _____
- Nein, der Eisennagel wird nirgendwo am Elektromagneten angezogen!

A5: Vermutet: Würde der Elektromagnet auch einen Aluminiumnagel anziehen? Kreuze an!

- Ja, weil _____
- Nein, weil _____



Damit der Elektromagnet zum Magneten wird, muss eine Spannungsquelle angeschlossen sein. Wenn am Netzgerät eine Spannung größer als 0 V eingestellt ist, fließt Strom durch den Stromkreis.

Ein Elektromagnet ist an seinem Eisenkern genauso wie ein Dauermagnet magnetisch und zieht auch die gleichen Metalle an: Eisen, Kobalt und Nickel!

ACHTUNG: Dreht das Netzgerät nach jedem Experiment wieder auf 0 Volt zurück, um Schäden an diesem zu vermeiden. Dreht es erst wieder auf, wenn ihr dazu aufgefordert werdet!

A 5

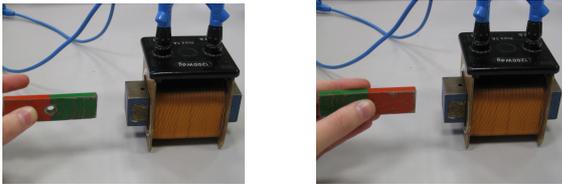
Wie ist das mit Nord- und Südpol noch mal?

A1a: Stellt das Netzgerät auf 12 Volt ein.
A1b: Findet heraus, ob der Eisenkern einen Nord- und Südpol hat.



Stromkreis mit Elektromagnet

Folgender Tipp hilft euch beim Arbeiten:



Achtung: Berührt mit dem Stabmagneten nicht direkt den Eisenkern, sondern nähert ihm euch vorsichtig und beobachtet!

A2: Beschreibt hier, wie ihr untersucht habt, ob der Eisenkern des Elektromagneten Nord- und Südpol hat:

A3: Kreuze an: Besitzt der Eisenkern des Elektromagneten auch einen Nord- und einen Südpol?

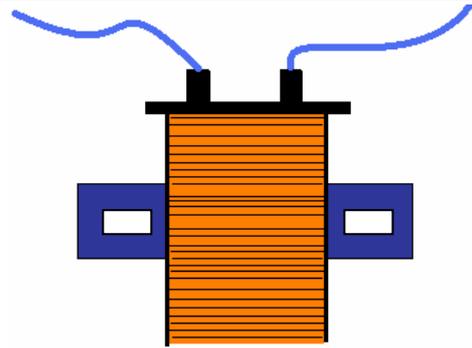
Ja!

Nein!

A4a: Bestimme den Nord- und Südpol eures Eisenkerns mit Hilfe des Stabmagneten und stellt **12 Volt** ein.

A4b: Tragt „N“ für Nordpol und „S“ für Südpol in die Zeichnung in den Eisenkern ein!

Achtung: Verändert die Aufstellung eures Elektromagneten von Versuch A4 bis A8 nicht!

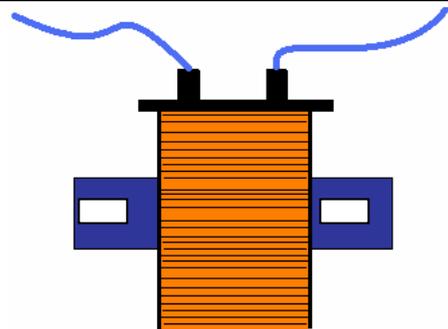


A5: Vertauscht nun die Anschlüsse der zwei blauen Kabel am Netzgerät. Prüft mit 12 Volt nach: Besitzt der Elektromagnet nun immer noch Nord- und Südpol?

Ja!

Nein!

A6: Bestimmt den Nord- und Südpol eures Eisenkerns erneut mit 12 Volt und tragt wieder „N“ für Nordpol und „S“ für Südpol in die Zeichnung ein!



A7: Vergleicht nun eure Nord- Südeintragungen in euren Skizzen. Was ist passiert?

Hinweis: Dreht das Netzgerät wieder auf 0 Volt zurück!

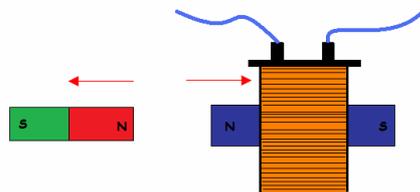
A8: Warum weiß man, wenn man den Pol auf einer Seite bestimmt hat, wie der Pol auf der anderen Seite lautet?



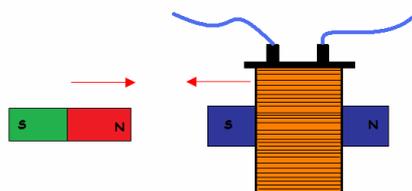
Man kann den Nord- und Südpol von einem Elektromagneten an seinem Eisenkern bestimmen, indem man ihm einen Stabmagneten nähert.

Man nähert das rote Ende, also den Nordpol, des Stabmagneten einem Ende des Eisenkerns. Nun gibt es zwei Möglichkeiten:

- Stoßen sich Nordpol des Stabmagneten und das Ende des Eisenkerns ab, so muss das Ende des Eisenkerns auch ein Nordpol sein.



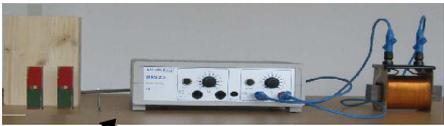
- Ziehen sich Nordpol des Stabmagneten und das Ende des Eisenkerns an, so muss das Ende des Eisenkerns ein Südpol sein.



Durch vertauschen der beiden blauen Kabel ändert sich die Stromrichtung. Wenn sich die Stromrichtung ändert, vertauschen sich immer auch die Pole des Eisenkerns des Elektromagneten!

A 6

Wie stark sind Elektro- und Stabmagnet?

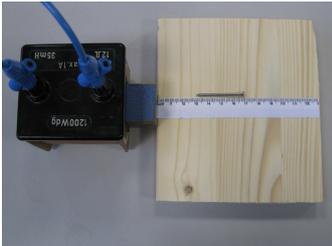
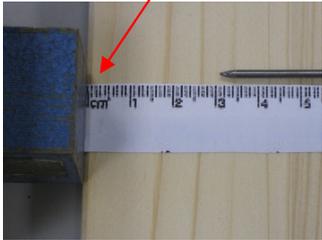


← Was ihr für diesen Versuch benötigt

← Eisennagel

Ocm Markierung

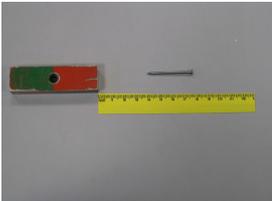
A1a: Legt den Eisennagel auf das Brett. Der Eisenkern des Elektromagneten soll an der 0cm Markierung am Brett anliegen.

A1b: Dreht den Elektromagneten wie es in der Tabelle steht auf (das erste Mal 4 Volt, das zweite Mal 12 Volt) und misst, ab welcher Entfernung der Eisennagel nicht mehr vom Elektromagneten angezogen wird!

A1c: Tragt euer Ergebnis in cm in die Tabelle ein!

A2: Wiederhole jetzt den gleichen Versuch. Nimm statt des Elektromagneten die Stabmagneten und fülle die Tabelle weiter aus!



Hinweis für Tabelle: Gleiche Pole aufeinander: Ungleiche Pole aufeinander:

A: 

B: 

	Elektromagnet mit 4 Volt	Elektromagnet mit 12 Volt	1 kleiner Stabmagnet	2 kleine Stabmagneten	
Entfernung, bei der der Eisennagel nicht mehr angezogen wird (in cm)				A	B

A3: Was ist passiert, wenn man die Spannung (Volt=V) am Netzgerät erhöht?

A4: Vergleicht das Ergebnis der 2 kleinen Stabmagneten (A,B) übereinander. Welchen Unterschied kann man feststellen?

A5: Vergleicht das Ergebnis des einzelnen Stabmagneten und den zwei Stabmagneten A übereinander. Welchen Unterschied kann man feststellen?

1. Wenn man die Spannung erhöht, dann wird der Elektromagnet zu einem stärkeren Magneten. 
2. Wenn zwei Stabmagneten gleichnamig (A) aufeinander liegen, ist deren Kraft größer als wenn die ungleichnamig (B) aufeinander liegen.
3. Zwei gleichnamige Stabmagneten übereinander sind stärker als ein einzelner Magnet der gleichen Art.

A6: Was ist der große Nachteil bei der Verstärkung der magnetischen Wirkung eines Stabmagneten im Vergleich zum Elektromagneten?
Tipp: Achtet auf Größenverhältnisse des Elektro- und der Stabmagneten!

Hinweis: Dreht das Netzgerät wieder auf 0 Volt zurück!

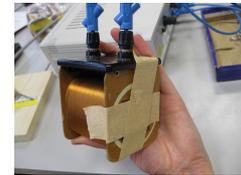
 Im Gegensatz zum Elektromagneten muss man beim Stabmagneten die Größe verändern, damit dieser zu einem stärkeren oder schwächeren Magneten wird. Beim Elektromagneten kann man ein und denselben Elektromagneten nutzen, man muss keinen größeren wählen. Die Stärke des Elektromagneten wird lediglich durch Veränderung der Spannung gesteuert.

A 7

Warum nutzt man auf Schrottplätzen nur Elektro- und keine Dauermagneten?

A1a: Im folgenden Versuch sollt ihr den Kran eines Schrottplatzes simulieren. Lasst euch vom Lehrer einen Schuhkarton mit Schrotthalt geben!

A1b: Ihr müsst den Elektromagneten wie im Bild verkleben, damit ihr ihn als Kran nutzen könnt, lasst euch dazu Klebestreifen vom Lehrer geben! Nutzt die verklebte Seite, um euren Schrott anheben zu können!



A1c: Simuliert einen Kran eines Schrottplatzes einmal mit einem Elektromagneten und 12 Volt und das andere mal mit einem Ende eines kleinen Stabmagneten.

Hebt dazu Schrottmüll mit beiden Kränen aus der tiefen Unterseite eines Schuhkartons und lasst den ihn in die flache Oberseite des Schuhkartons fallen.



A2: Welches Problem entsteht beim Abladen des Schrotts?

A3: Simuliert das Verladen des Schrottes von der flachen zur tiefen Schuhkartonseite noch einmal mit einem Elektromagneten mit 12 Volt. Bevor ihr den Schrott in den tiefen Schuhkarton ablasst, schaltet das Netzgerät hinten aus. Was ist passiert?

Hinweis, wenn ihr mit dem Versuch fertig seid: Dreht das Netzgerät wieder auf 0 Volt zurück!



Der Elektromagnet hat im Vergleich zum Stabmagneten den großen Vorteil, dass seine magnetische Kraft durch an und ausmachen gesteuert werden kann. Von einem zum anderen Moment kann der Elektromagnet deshalb magnetisch bzw. unmagnetisch auf bestimmte Stoffe wirken.

Das ist auch der Grund dafür, dass man auf Schrottplätzen Elektromagneten bevorzugt. Man kann Schrott von einem zum anderen Platz maschinell bewegen und kann dort den Schrott einfach und schnell durch Knopfdruck wieder „loslassen“.

Elektromagneten gibt es mit unterschiedlichen
Windungszahlen

A1a: Im folgenden Versuch sollt ihr verschiedene Spulen benutzen. Lasst euch zwei weitere vom Lehrer geben!

A1b: Auf den Spulen steht jeweils drauf, wie oft der Draht um die Spule herumgewickelt wurde (Spule 1: 300 mal, Spule 2: 600 mal, Spule 3: 1200 mal). Sucht die Angaben auf den Spulen.

A1c: Schließt jetzt die Spulen, wie auf dem Bild zu sehen ist, an.

Achtet dabei besonders auf die Verkabelung!

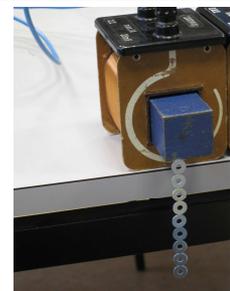
A1d: Schiebt den Spulenkern so über den Tischrand, dass die Eisenkerne gerade über den Tischrand ragen!



A2a: Dreht das Netzgerät auf 12 Volt auf. Hängt nun an jeden Eisenkern in Reihe so viele eiserne Gegenstände wie nur möglich (siehe rechts)!



A2b: Zählt, wie viele Eisenstücke in Reihe an den Eisenkernen hängen bleiben und tragt die Anzahl in die Tabelle ein.



Hinweis: Die Tabelle beinhaltet Platz für mehrere Versuche. Jeder eurer Gruppe kann also den Versuch durchführen und seine Ergebnisse festhalten.

	300 Windungen	600 Windungen	1200 Windungen
Versuch 1: Anzahl der Eisenteile der Kette			
Versuch 2: Anzahl der Eisenteile der Kette			
Versuch 3: Anzahl der Eisenteile der Kette			
Versuch 4: Anzahl der Eisenteile der Kette			

A3: Vergleicht die Ergebnisse der drei Elektromagneten mit unterschiedlichen Windungszahlen. Was fällt euch auf?

A4: Welcher Elektromagnet ist am stärksten? Kreuzt an:

- 300 Windungen 600 Windungen 1200 Windungen



Elektromagneten mit vielen Windungen sind stärker, als Elektromagneten mit weniger Windungen. Deshalb könntet ihr die längste Eisenteilkette an den Elektromagneten mit 1200 Windungen hängen.

Materialliste pro Kiste

- 2 kleine Stabmagneten
- Materialtestbox
- Aluminiumrohr- und Platte
- 20Cent Münze
- Zahnstocher
- 1 Elektromagneten (1200 Windungen)
- 1 Eisennagel
- 4 blaue Kabel (2 lang, 2 kurz)
- 1 Brette mit Lineal
- 1 Lineal
- Unterlegscheiben

Bei dem Lehrerpult waren bereitgestellt:

- Netzgerät + Netzstecker
- Weitere Elektromagneten mit Eisenkernen (300 und 600 Windungen)
- Schuhkartons mit Schrott
- Arbeitsblätter