



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

Einbettung von Experimenten in den Unterrichtsverlauf –
Lernerfolg und Motivation der Schülerinnen und Schüler
anhand des Magnetismus

verfasst von / submitted by

Bettina Raffalt

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2017 / Vienna, 2017

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 190 406 412

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramt UF Mathematik UF Physik

Betreut von / Supervisor:

Priv.-Doz. Dr. Hildegard Urban-Woldron

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen Personen bedanken, die mich während der Zeit, in der ich mit dem Schreiben der Diplomarbeit beschäftigt war, unterstützt haben.

Ein besonderer Dank geht an meine Familie und jene Freunde, die während intensiver Schreibphasen mit aufmunternden und aufbauenden Worten immer für mich da waren.

Danken möchte ich neben den Lehrerinnen der beiden Klassen auch den Schülerinnen und Schülern, die an dieser Untersuchung teilgenommen haben und immer brav mitgearbeitet haben.

Außerdem möchte ich mich bei Frau Dr. Hildegard Urban-Woldron, die mich bei der Erstellung der Diplomarbeit betreut hat, bedanken. Auf der einen Seite konnte ich mich kreativ meinen eigenen Ideen widmen, da sie mir freie Wahl bei der Herangehensweise an den Schreibprozess und die empirische Untersuchung ließ. Andererseits unterstützte sie mich bei auftretenden Fragen und Unsicherheiten durch schnelle und konstruktive Rückmeldungen.

Zuletzt möchte ich mich auch bei jenen Freunden bedanken, die in den letzten Monaten Verständnis dafür hatten, dass ich nur wenig Zeit mit ihnen verbringen konnte.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	1
Einleitung	5
1 Theoretischer Hintergrund.....	7
1.1 Bedeutung von Experimenten für den Physikunterricht	7
1.1.1 <i>Experimentieren im Kompetenzmodell Naturwissenschaften</i>	9
1.1.2 <i>Ziele und Funktionen von Experimenten im Physikunterricht</i>	9
1.1.3 <i>Experimentierzyklus</i>	11
1.2 Charakterisierung der Experimentierphasen.....	13
1.2.1 <i>Vorbereitung</i>	13
1.2.2 <i>Durchführung</i>	15
1.2.3 <i>Nachbereitung</i>	16
1.3 Bedeutung der Einbettung von Experimenten in den Unterrichtsverlauf	17
1.3.1 <i>Zentrale Aussagen von Studien bzw. Forschungen</i>	17
1.3.2 <i>Vergleich der Ergebnisse aus den einzelnen Studien bzw. Ländern</i>	20
1.3.3 <i>Forschungsdefizite</i>	21
1.4 Einführung in den Magnetismus im Unterricht	21
1.4.1 <i>Magnetismus im Lehrplan der Volksschule und einer NMS bzw. AHS</i>	21
1.4.2 <i>Elementare Grundideen bei der Einführung in den Magnetismus</i>	22
1.4.3 <i>Lernendenvorstellungen bei der Einführung in den Magnetismus</i>	23
2 Ziel und Forschungsfrage.....	24
3 Forschungsdesign	25
3.1 Selektion und Beschreibung der Versuchsgruppen	25
3.2 Methodik.....	26
3.3 Fragebogengenerstellung	27
3.3.1 <i>Konstruktion der Items</i>	27
3.3.2 <i>Aufbau des Fragebogens</i>	29
4 Durchführung der Untersuchung	36
4.1 Vortestung.....	36
4.2 Unterrichtseinheiten	36
4.3 Haupttestung	37
4.3.1 <i>Fragebogen zum Interesse und zur Selbsteinschätzung des Könnens</i>	37
4.3.2 <i>Fragebogen zu den fachliche Fragen</i>	38
4.4 Follow-Up-Testung	38
5 Auswertung.....	39
5.1 Aufbereitung der Daten.....	39
5.2 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse.....	40

5.2.1	<i>Vergleich der Versuchsgruppen K1 und K2</i>	41
5.2.2	<i>Vergleich von K1 und K2 in Bezug auf das Geschlecht der Lernenden</i>	52
5.2.3	<i>Vergleich von K1 und K2 in Bezug auf den Beruf der Eltern der Lernenden</i>	56
6	Analyse und Interpretation der Ergebnisse	60
6.1	Physiknoten in K1 und K2	60
6.2	Interesse und Motivation in K1 und K2	60
6.3	Selbsteinschätzung des eigenen Könnens in K1 und K2	61
6.4	Fachliche Entwicklung in K1 und K2	62
6.4.1	<i>Betrachtung des Geschlechts der Probandinnen und Probanden</i>	63
6.4.2	<i>Betrachtung des Berufs der Eltern der Probandinnen und Probanden</i>	63
	Zusammenfassung und Ausblick	65
	Literaturverzeichnis	67
	Abbildungsverzeichnis	69
	Tabellenverzeichnis	70
	Anhang	71
A	Tabellen	71
B	Unterrichtsplanung	74
C	Fragebogen	84
	Zusammenfassung	94
	Abstract	94

Einleitung

Durch Experimente können im Fach Physik verschiedene Phänomene oder Gesetzmäßigkeiten veranschaulicht werden. Diese Methode stellt eine willkommene Abwechslung im Unterricht dar und erfreut sich auch bei den Schülerinnen und Schülern großer Beliebtheit.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit soll festgestellt werden, was Versuche im Physikunterricht leisten können, und inwiefern die Notwendigkeit besteht, die Experimente in den Unterrichtsverlauf einzubetten. Denn Maïke Tesch und Reinders Duit fanden im Rahmen einer Videostudie, die in Teilen Deutschlands durchgeführt wurde, im Jahr 2004 heraus, dass die Vor- und Nachbereitung von Versuchen ein entscheidendes Qualitätskriterium für den Physikunterricht darstellt¹. Bei Muckenfuß (1995) spielt die Vernetzung der Lerninhalte in jeder Phase beim Experimentieren eine große Rolle, und der Autor beschreibt einen solchen Experimentierzyklus in der „kontextorientierten Unterrichtseinheit“². Mit der Frage nach der Lernwirksamkeit von Experimenten befassten sich außerdem Hofstein und Lunetta (2004) sowie Harlen (1999)^{3,4}. Auch diese Autoren kamen zu dem Schluss, dass die Einbettung der Versuche in den Unterrichtsverlauf wichtig für die Qualität von Physikunterricht ist. Bei einigen dieser Studien wurde erwähnt, dass die Motivation der Schülerinnen und Schüler nicht größer wird, wenn im Unterricht mehr experimentiert wird. Ob die Einbettung der Experimente einen Einfluss auf das Interesse und die Motivation der Lernenden hat, wurde anscheinend nicht näher untersucht. Aus diesem Grund wird dieser Frage auch in der im Rahmen der Diplomarbeit angestellten Untersuchung nachgegangen.

Diese Arbeit verfolgt demnach zwei Ziele. Einerseits soll die Einbettung der Experimente in den Unterrichtsgang in Hinblick auf die Lernwirksamkeit untersucht werden. Auf der anderen Seite sollen auch Anzeichen dafür gefunden werden, ob die Motivation und das Interesse der Lernenden durch eine entsprechende Vor- und Nachbereitung der Versuche größer wird. Um diese Fragestellungen zu beantworten, werden zwei vierte Klassen in Physik, d.h. Schülerinnen und Schüler der achten Schulstufe, sowohl mit als auch ohne Einbettung der Experimente im Bereich des Magnetismus unterrichtet. Vor diesen Unterrichtssequenzen wird eine Vorerhebung mittels eines Fragebogens stattfinden, um den *Ist-Zustand* herauszufinden. Nach den einzelnen Stunden werden der Lernerfolg und die Motivation bzw. das Interesse der Schülerinnen und Schüler mit Hilfe mehrerer Fragebögen ermittelt.

¹ Vgl. Tesch & Duit (2004).

² Muckenfuß (1995).

³ Vgl. Hofstein & Lunetta (2004).

⁴ Vgl. Harlen (1999).

Zu Beginn der Arbeit erfolgt eine Beschreibung der theoretischen Grundlagen. Die Bedeutung von Experimenten für den Physikunterricht wird dargelegt, und in weiterer Folge werden die einzelnen Phasen beim Experimentieren genauer analysiert. Danach werden Ergebnisse aus bereits angestellten Forschungen in Hinblick auf die Einbettung der Versuche in den Unterrichtsverlauf besprochen, um abschließend die Forschungsfrage zu formulieren. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird ein Überblick über das Forschungsdesign und die Durchführung der empirischen Untersuchung gegeben. Den größten Teil dieser Arbeit nimmt dann die Auswertung und Interpretation der Ergebnisse ein, die durch die unterrichteten Stunden und die Fragebögen erhalten wurden. Diese Resultate werden abschließend in Bezug auf die Forschungsfrage bewertet.

Da in Österreich sehr viele Kinder die achte Schulstufe besuchen, beschränkt sich diese Untersuchung in einer überschaubaren Stichprobengröße darauf, die Ergebnisse der verschiedenen Forschungen zu bestätigen, in denen die Einbettung von Experimenten als wichtiges Qualitätskriterium für den Physikunterricht genannt wird. Auf die Frage, ob die Vor- und Nachbereitung der Versuche einen Einfluss auf das Interesse bzw. die Motivation der Lernenden hat, soll nur eine richtungsweisende Antwort gefunden werden, die eventuell einen Ausschlag für längerfristige und größere Forschungen geben könnte.

1 Theoretischer Hintergrund

Im Physikunterricht können die Lerninhalte durch die verschiedensten Methoden für die Schülerinnen und Schüler aufbereitet werden. Für die Vermittlung einiger physikalischen Sachverhalte eignet sich besonders das Experimentieren. In den folgenden Kapiteln wird ein Überblick über die Bedeutung von Experimenten im Physikunterricht aus fachdidaktischer Sicht gegeben. Außerdem werden die wichtigsten Aussagen aus Forschungen bzw. Studien der letzten Jahrzehnte in Hinblick auf die Einbettung von Experimenten in den Unterrichtsverlauf herausgearbeitet.

1.1 Bedeutung von Experimenten für den Physikunterricht

Im Physikunterricht werden Experimente von Lehrpersonen eingesetzt, um den Schülerinnen und Schülern einen bestimmten Sachverhalt zu verdeutlichen. Im Laufe der letzten Jahrzehnte wurde in der Forschung vermehrt die Wirksamkeit dieser Unterrichtsmethode untersucht. Während vor vielen Jahren in der Fachdidaktik noch die Meinung vorherrschend war, dass Versuche eine zentrale Rolle in der naturwissenschaftlichen Ausbildung von Kindern spielen, so wurde diese Tatsache in den frühen 1970er- und den späten 1980er-Jahren als nicht mehr so selbstverständlich angesehen. In verschiedenen Forschungen und Studien wurden in weiterer Folge vermehrt der Effektivität und der Bedeutung von Experimenten im Physikunterricht nachgegangen.

In einer Videostudie des Instituts für die Pädagogik der Naturwissenschaften in Kiel (kurz: IPN) wurde die Rolle von Versuchen im Unterricht untersucht. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchung geht hervor,

„dass das Experimentieren trotz relativ kurzer Handlungsphasen (28%) den Unterrichtsverlauf zu großen Teilen, durchschnittlich 64%, beeinflusst.“⁵

Experimente haben also eine große Bedeutung im Physikunterricht. Bleichroth (1999) spricht sogar davon, dass das Experiment das wichtigste Unterrichtsmedium darstellt, da es im Unterricht zu jeder Zeit und in jeder Schulstufe eingesetzt werden kann⁶.

Dass Versuche im Unterricht eine gute Lerngelegenheit für die Schülerinnen und Schüler darstellen können, ist in der fachdidaktischen Forschung unbestritten. Worüber etwas mehr Uneinigkeit besteht, ist die Tatsache, wie mit den Experimenten im Rahmen des restlichen Unterrichtsgeschehens umgegangen wird. Die Arbeit mit Versuchen im Physikunterricht ist oft unergiebig. Dies ist so, weil Experimente in vielen Fällen so durchgeführt werden, dass sie keinen bestimmten und gut durchdachten Zweck erfüllen. Außerdem sollte der Schwerpunkt beim Experimentieren eindeutig auf den Aktivitäten der Schülerinnen und

⁵ Tesch & Duit (2004), S.51.

⁶ Vgl. Bleichroth et. al. (1999), S.248.

Schüler liegen. Damit ist nicht nur die Tätigkeit bei der Durchführung, sondern auch bei der Vor- und Nachbereitung der Versuche gemeint. In der Videostudie der IPN Kiel wird aus den Ergebnissen der Untersuchung klar, dass Experimente alleine noch keine Leistungssteigerung bei den Lernenden bewirken. Vielmehr wirkt sich die gesamte Unterrichtszeit, die mit den Versuchen in Zusammenhang steht, positiv auf den Lernerfolg der Kinder aus. Dies deutet darauf hin, dass die Einbettung von Versuchen in den Unterrichtsverlauf eine wesentliche Rolle spielt.⁷ Diese Schlussfolgerung zieht auch Harlen (1999) aus seinen Forschungen, indem er betont, dass sich sowohl die Lehrenden als auch die Lernenden dem Sinn und Zweck eines Experiments bewusst sein, sich entsprechend darauf vorbereiten und die Ergebnisse nachbereiten müssen⁸. Auch Börlin (2012) greift den Aspekt der unzureichenden Umsetzung von Experimenten im Unterricht auf:

„Die Lehrperson bettet das Experiment fachinhaltlich teilweise ein. Typischerweise werden dabei relevante Fachinhalte aufgegriffen, diese jedoch nicht oder in ungenügender Masse mit dem bevorstehenden Experiment verbunden.“⁹

Eine weitere zentrale Bedeutung beim Experimentieren nimmt die Entscheidung ein, ob ein Versuch als Lernenden- oder als Demonstrationsexperiment durchgeführt werden soll. Neben Kriterien, wie der Verfügbarkeit von Arbeitsmaterial oder der Sicherheit beim Arbeiten mit verschiedenen Geräten, spielen auch andere Faktoren im Unterricht eine Rolle bei dieser Entscheidung. Wenn die Schülerinnen und Schüler selbst Experimente durchführen dürfen, dann fühlen sie sich wie ein Forscher. Sie können Einzelheiten genauer beobachten, da sie näher am Versuchsaufbau sind. Neben sozialen Lernzielen, die mit Lernendenexperimenten verbunden sind, wird das selbstständig erarbeitete Wissen meist besser im Gedächtnis behalten, als wenn bei einem Demonstrationsversuch nur beobachtet wird. Die genannten Vorteile von Schülerexperimenten zeigen also, dass ein enormes Lernpotenzial besteht. Dieses wird aber oft nur unzureichend genutzt. Statt die Schülerinnen und Schüler an allen wesentlichen Planungsschritten teilhaben zu lassen, sind die Versuche meistens schon so vorbereitet, dass die Lernenden nur mehr etwas nachbauen müssen. Außerdem werden wesentliche Fragen, wie jene nach möglichen Versuchsausgängen oder zu erwartenden Ergebnissen, nicht gestellt. Der Fokus liegt also nur auf der Durchführung des Experiments. Diese Feststellung trifft jedoch nicht nur auf Lernendenexperimente zu, sondern auch auf Demonstrationsversuche. Die Schülerinnen und Schüler werden meistens zu wenig in Planungsschritte und anschließende Interpretationen der Ergebnisse miteinbezogen. Es erfolgt lediglich eine nüchterne Auswertung der erhaltenen Fakten.

⁷ Vgl. Tesch & Duit (2004), S.66.

⁸ Vgl. Harlen (1999), S.18.

⁹ Börlin (2012), S. 106.

Auch Hofstein & Lunetta (2004) kommen in ihrer Arbeit auf diesen Punkt zu sprechen, indem sie anmerken, dass die Lernenden oft keine Zeit bzw. Gelegenheit haben, sich bei Experimenten mit den zentralen Ideen auseinanderzusetzen und diese zu reflektieren. Das kommt daher, weil sie meistens mit technischen Aktivitäten beschäftigt sind, die keinen Spielraum bieten, um eigene Interpretationen über die Bedeutung einer Untersuchung anzustellen.¹⁰

1.1.1 Experimentieren im Kompetenzmodell Naturwissenschaften

Wird das Kompetenzmodell Naturwissenschaften (8. Schulstufe) mit Blickpunkt auf experimentellen Handlungen im Physikunterricht betrachtet, so ist erkennbar, dass bei der Handlungsdimension die Kompetenz des Erkenntnisgewinns in einem deutlichen Zusammenhang mit der Durchführung von Versuchen steht. Die Schülerinnen und Schüler sollen Fragen stellen, Sachverhalte untersuchen und Beobachtungen bzw. Ergebnisse interpretieren. Wird aber auch die Vor- und Nachbereitung von Experimenten in Betracht gezogen, so erweitern sich die Kompetenzen, die im Rahmen eines Versuchs erlernt werden sollen, auch auf die Bereiche *Wissen organisieren* und *Schlüsse ziehen*. Physikalische Sachverhalte sollen erlernt werden, indem sich die Schülerinnen und Schüler ein bestimmtes Wissen aneignen, es auch darstellen und die Inhalte mit anderen kommunizieren können. Die erlangten Fakten sollen dann aus naturwissenschaftlicher Sicht bewertet werden, um für sich selbst zu entscheiden, inwiefern die Informationen im alltäglichen Leben verwendet werden können.¹¹ All diese Punkte können für die Vor- und Nachbereitung sowie die Durchführung von Versuchen genutzt werden. Beim Experimentieren können die Lernenden also ein breites Spektrum an Kompetenzen laut dem Kompetenzmodell Naturwissenschaften erreichen.

1.1.2 Ziele und Funktionen von Experimenten im Physikunterricht

Versuche im naturwissenschaftlichen Unterricht verfolgen immer einen bestimmten Zweck und haben bestimmte Funktionen. Auf der einen Seite können Beobachtungen bzw. Erfahrungen interpretiert werden, andererseits können bestimmte Konzepte oder Gesetze durch Experimente überhaupt erst erfahrbar gemacht werden. Doch Experimentieren verfolgt nicht nur diese fachlichen Ziele, sondern entwickelt auch Fähigkeiten in anderen Bereichen. Aus der Studie von Welzel et al. (1998) geht hervor, dass Lehrpersonen die Ziele von Experimenten oft als fachimmanent ansehen¹². Das bedeutet, dass der Schwerpunkt beim Experimentieren hauptsächlich auf der Entwicklung von bestimmten fachlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten liegt. Versuche in der Schule dienen demnach u.a. dem Kennenlernen einer

¹⁰ Vgl. Hofstein & Lunetta (2004), S.32.

¹¹ Vgl. Bundesinstitut Bifie (2011), S.2.

¹² Vgl. Welzel et al. (1998), S.33.

naturwissenschaftlichen Methode, dem Vermitteln von physikalischem Wissen oder allgemein der Erweiterung der Erfahrungen der Lernenden.

Muckenfuß (1995) gibt neben diesen fachlichen aber auch psychologische und pädagogische Ziele als wesentliche Aspekte beim Experimentieren an. Zu diesen Bereichen gehören vor allem motivationale und erzieherische Faktoren (siehe auch Tabelle 1). Im Zusammenhang damit betont er, dass es notwendig ist, ein Experiment entsprechend des ins Auge gefassten Ziels zu gestalten.¹³

Fachimmanente Ziele	Psychologische Ziele	Pädagogische Ziele
<ul style="list-style-type: none"> • Kennenlernen einer Methode aus den Naturwissenschaften • Vermittlung von physikalischen Inhalten • Entwicklung von Fähigkeiten und Fertigkeiten • Darstellung von physikalischen Inhalten • Generation von Erfahrungen 	Effektiveres Lernen und größere Motivation aufgrund <ul style="list-style-type: none"> • von Überraschendem, • eines vielfältigen Zugangs, • der Verknüpfung von Denken und Handeln, • des selbstverantwortlichen Tuns, • des individuellen Wegs beim Erkenntnisgewinn, • der verschiedenen Anforderungen, • einer Steigerung des Kompetenzerlebens und • der Erleichterung, sich theoretische Inhalte durch Experimente besser zu merken. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sachlich argumentieren • Sorgfältiges, genaues und geduldiges Arbeiten • Beobachten können • Mit anderen im Team arbeiten können • Die Ergebnisse und den Weg dorthin vielfältig darstellen können • Verantwortung übernehmen • Die Ergebnisse und den Weg dorthin kritisch reflektieren können

Tabelle 1: Ziele beim Experimentieren im Physikunterricht.

Neben diesen vielfältigen Zielen, die neben der Erweiterung der fachlichen Kompetenzen auch die Entwicklung von Bereichen des alltäglichen Lebens ansprechen, gibt es auch bestimmte Funktionen, die ein Experiment im Rahmen des Unterrichts einnehmen kann. Diese hängen eng mit dem Zweck, der durch einen Versuch verfolgt wird, zusammen. In Tabelle 2 sind einige wichtige Funktionen, die Kircher, Girwidz und Häußler (2000) als grundlegend erachtet haben, dargestellt¹⁴.

1. Ein Phänomen klar und überzeugend darstellen		2. Physikalische Konzepte veranschaulichen		3. Grunderfahrungen ausbauen bzw. ausschärfen	
4. Physikalische Gesetzmäßigkeiten direkt erfahren		5. Theoretische Aussagen qualitativ überprüfen		6. (Schüler-) Vorstellungen prüfen	
7. Physik in Technik und Alltag aufzeigen		8. Denkanstöße zur Wiederholung und Vertiefung geben		9. Physikalische Vorstellungen aufbauen	
10. Physikalische Gesetze quantitativ prüfen		11. Physikalische Arbeitsweisen einüben		12. Motivieren und Interesse wecken	
13. Nachhaltige Eindrücke vermitteln		14. Meilensteine unserer Kulturgeschichte aufzeigen			

Tabelle 2: Funktionen beim Experimentieren.

¹³ Vgl. Muckenfuß (1995), S.338f.

¹⁴ Kircher et al. (2000), S.259.

Anhand der in Tabelle 2 dargestellten Funktionen von Experimenten ist der Zusammenhang zwischen Theorie und Praxis deutlich erkennbar. Die Lernenden kommen mit gewissen Vorstellungen aus dem Alltag in den Unterricht, die die Vorbereitung, die Durchführung und die Nachbereitung von Experimenten beeinflussen. Entweder werden dann durch Versuche Erfahrungen generiert, die dann z.B. auf ein bestimmtes physikalisches Gesetz ausgelegt werden. Umgekehrt kann natürlich erst nach einem theoretischen Input ein Experiment durchgeführt werden, das z.B. einen bestimmten Sachverhalt belegen soll.

Die Motivation der Schülerinnen und Schüler stellt im Unterricht ein nicht unwesentliches Kriterium für den Lernerfolg dar. Ist kein Interesse vorhanden, beschäftigen sich die Lernenden nicht so gerne mit den Lerninhalten und die erwünschten Lernprozesse finden nur langsam oder überhaupt nicht statt. Duit (2006) zieht als Schlussfolgerung aus der durchgeführten Video-Studie der IPN Kiel, dass das Interesse der Schülerinnen und Schüler dann besonders stark abnimmt, wenn die Klassenführung und die gesetzten Aktivitäten von der Lehrperson relativ eng geführt sind¹⁵.

Weiters lässt sich feststellen, dass vermehrtes Experimentieren alleine noch zu keiner Steigerung der Motivation bzw. des Interesses der Lernenden führt. Die Schülerinnen und Schüler sind zwar engagiert beim Aufbau und der Durchführung von Experimenten, aber wenn kein entsprechender Bezug zu den theoretischen Grundlagen des Versuchs hergestellt wird, kommt es zu keinem vermehrten Interesse an der Physik selbst.

1.1.3 Experimentierzyklus

Dieses wechselseitige Verhältnis von Theorie und Praxis (= Experiment) kann in einem sogenannten Experimentierzyklus dargestellt werden. Tesch & Duit (2004) betonen, dass Lernen dann als effektiv erachtet werden kann, wenn ein theoretischer Sachverhalt immer wieder mit einer experimentellen Erfahrung verknüpft wird und umgekehrt. Von den Erfahrungen aus den Experimenten gelangen die Lernenden durch Interpretationen, Abstraktionen und Generalisierungen zur Theorie. Umgekehrt können bestimmte Gesetzmäßigkeiten bzw. Gegebenheiten überprüft werden, indem gut durchdachte Versuche verwendet werden.¹⁶

Wird dieses wechselseitige Verhältnis in der Unterrichtsplanung beachtet, dann können typische Abläufe beim Experimentieren im Physikunterricht festgestellt werden. Aus dem Lehr-Lern-Modell von Leisen (2010) können Lernschritte für den experimentellen Unterricht

¹⁵ Vgl. Duit (2006), S.86.

¹⁶ Vgl. Tesch & Duit (2004), S.53.

in Physik abgeleitet werden, die auch in engem Zusammenhang mit den sogenannten 5E's stehen (siehe Tabelle 3)^{17,18}.

Lehr-Lern-Modell	Ablauf beim Experimentieren	5 E's
Problemstellung entdecken	Einführung	Engage
Vorstellungen entwickeln	Hypothesenbildung	Explore
Lernmaterial bearbeiten	Durchführung	
Lernprodukt diskutieren	Ergebnissicherung	Explain
Lernzugewinn definieren		Elaborate
Vernetzen und transferieren	Anwendungen	Evaluate

Tabelle 3: Vergleich des Lehr-Lern-Modells mit dem Ablauf beim Experimentieren und den 5E's.

Am Beginn einer Unterrichtseinheit steht ein Problem, das gelöst werden soll. Dies kann z.B. aus dem Alltag der Schülerinnen und Schüler stammen und steht stellvertretend für das Thema, das in weiterer Folge im Unterricht behandelt werden soll, und es kann durchaus aus einem Freihandversuch bestehen. In dieser Phase soll das Interesse der Lernenden geweckt werden und sie so dazu bringen, sich zu engagieren.

In weiterer Folge erkunden die Kinder das Problem. Auf der einen Seite werden zunächst Vorstellungen entwickelt und Hypothesen gebildet, andererseits werden Daten gesammelt und Fragen z.B. anhand von weiterführenden Experimenten beantwortet. Wichtig ist, dass sich die Schülerinnen und Schüler der Problemstellung bewusst sind und versuchen, diese zu lösen.

In der nächsten Unterrichtsphase werden die Ergebnisse aus den Untersuchungen gesichert. Diese werden erklärt und im Klassenzimmer diskutiert, um anschließend auch festzustellen, was im Rahmen der *Explore*-Phase dazu gelernt worden ist.

Am Ende einer Einheit oder eines abgeschlossenen Themas sollten dann eine Vernetzung und ein Wissenstransfer stattfinden. Es werden weitere Anwendungen besprochen und die wissenschaftlichen Konzepte in neuartigen Situationen verstanden. Zum Schluss sollte dann auch in irgendeiner Art und Weise ein Feedback – entweder durch Mitschülerinnen und Mitschüler oder durch die Lehrperson – erfolgen.

Das Lehr-Lern-Modell und jenes der 5E's verknüpft die einzelnen Unterrichtsteile miteinander. In jeder Phase wird auf Erkenntnisse der vorherigen Situationen zurückgegriffen und die folgenden Schritte vorbereitet. Dieses Herstellen von Bezügen tritt auch beim Ablauf einer typischen Experimentierphase auf. Theorie und Praxis werden immer wieder aufeinander zurückgeführt und in Verbindung gebracht.

¹⁷ Vgl. Leisen (2010), S.9ff.

¹⁸ Vgl. Bybee (2015), S.29ff.

Genauer im Kontext der Durchführung von Experimenten beschreibt Muckenfuß (1995) den Aufbau einer *kontextorientierten Unterrichtseinheit*¹⁹:

1. *Generative Unterrichtsphase*: Zunächst erfolgt ein Einstieg in das jeweilige Themengebiet, der den Schülerinnen und Schülern die bereits mit dem Phänomen gemachten Erfahrungen bewusst machen soll. Außerdem werden Voraussetzungen für eine Theoriebildung geschaffen.
2. *Affirmative Unterrichtsphase*: Diese umfasst sowohl die Planung, Durchführung und Auswertung, als auch die Folgerungen, die bei einem Experiment vorgenommen werden.
3. *Vernetzung*: Die erworbenen physikalischen Erfahrungen werden in Zusammenhang mit der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler gebracht.

Auch in dieser Darstellung wird deutlich, dass Theorie und Praxis eng miteinander verbunden sind und aufeinander aufbauen. Es gibt jedoch keine bestimmte Reihenfolge, in der die theoretischen und praktischen Erfahrungen aufeinander folgen müssen. Je nach organisatorischen Möglichkeiten bzw. angestrebten Zielen ist es sinnvoll, für jeden Versuch neu zu entscheiden, wie die detaillierte Struktur beim Experimentieren sein soll.

Der Experimentierzyklus ist vom Aufbau her in allen Schulstufen gleich bzw. ähnlich. Das heißt, bei der Durchführung eines Experiments sollten alle oben beschriebenen Phasen durchlaufen werden. Worin sich das Experimentieren in den jeweiligen Altersklassen unterscheiden kann, ist z.B. der Einsatz von bestimmten Geräten, der Offenheit und Art der Fragestellung oder das benötigte Vorwissen.

1.2 Charakterisierung der Experimentierphasen

Werden die Unterrichtsphasen beim Experimentieren grob strukturiert, so ist eine Aufteilung in Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung sinnvoll. Diese einzelnen Experimentierphasen können einerseits auf der Beobachtungsebene und andererseits auf der Ebene der Tiefenstruktur beschrieben werden. Im Folgenden werden Merkmale für den Beginn, das Ende und charakteristische Aktionen in den jeweiligen Sequenzen beim Experimentalunterricht herausgearbeitet.

1.2.1 Vorbereitung

Bevor ein Experiment im Unterricht durchgeführt wird, sollten bestimmte Sachverhalte besprochen werden, die das physikalische Verständnis der resultierenden Ergebnisse fördern. Dazu reicht es nicht, einfach auf den bevorstehenden Versuch hinzuweisen und den Versuchsaufbau zu erklären.

¹⁹ Vgl. Muckenfuß (1995), S.343ff.

Tesch & Duit (2002) erklären dies folgendermaßen:

„Doch genügt es nicht, sich ein Experiment anzuschauen, um zu erkennen und zu verstehen, worum es bei einem bestimmten Phänomen geht. Es ist die physikalische Sichtweise, die systematische Interpretation, ermöglicht durch eine physikalische Theorie, die ein Experiment zu einem physikalischen Phänomen macht.“²⁰

Das bedeutet, dass das Herstellen von Bezügen schon vor einem Versuch stattfinden sollte. Dabei kann auf bereits bekannte Dinge aus dem Alltag oder auf die Inhalte der vorangegangenen Stunden zurückgegriffen werden.

Die Schülerinnen und Schüler müssen von der Lehrperson dazu angehalten werden, sich Gedanken über das bevorstehende Experiment und den damit verbundenen physikalischen Sachverhalten zu machen. Um sich sinnvoll mit den Lerninhalten und der Theorie auseinanderzusetzen und sich schon im Vorhinein entsprechend mit den zentralen Ideen des Versuchs zu beschäftigen, muss genügend Zeit eingeplant werden.

In der Phase der Vorbereitung eines Experiments muss den Lernenden klar werden, warum ein bestimmter Versuch durchgeführt wird. Dabei sollten ähnliche Fragen wie z.B. *Wozu dient das Experiment?, Was soll demonstriert werden?, Welche unterschiedlichen Ergebnisse kann es geben?, Worauf muss ich achten?*, etc. beantwortet werden.²¹ Hier reicht es nicht aus, dass sich die Schülerinnen und Schüler alleine mit diesen Fragen beschäftigen. Vor der Durchführung eines Versuchs sollten die Vermutungen gemeinsam mit den anderen Kindern und der Lehrperson besprochen werden. So kann den Lernenden vor Augen geführt werden, welche verschiedenen physikalischen Ansätze es gibt und wie sie von den einzelnen Personen begründet werden.

Im Rahmen der Vorbereitung sollten außerdem die Vorstellungen, die die Schülerinnen und Schüler aus dem Alltag in den Physikunterricht mitbringen und die für das Experiment relevant sind, besprochen werden. Das Vorwissen kann nämlich in weiterer Folge die Beobachtungen und die anschließenden Erklärungen beeinflussen, die während und nach der Durchführung eines Experiments gemacht werden.²²

In der Phase der Vorbereitung findet außerdem noch die Planung des Versuchs statt. Der Versuchsaufbau wird erklärt bzw. gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern erstellt und andere Vorbereitungsarbeiten, die den praktischen Teil der Durchführung eines Experiments betreffen, werden durchgeführt.

Aus der Motivationspsychologie ergeben sich wesentliche Dinge, die in der Vorbereitung von Versuchen zusätzlich beachtet werden sollten, um das Interesse der Schülerinnen und

²⁰ Tesch & Duit (2002), S.1.

²¹ Vgl. Wiesner et al. (2011), S.112.

²² Vgl. Wiesner et al. (2011), S.111.

Schüler zu steigern. Unter anderem sollten die Lernenden an allen wichtigen Denkprozessen beteiligt sein, und die Lehrperson sollte alle Phasen beim Experimentieren möglichst interessant gestalten. Das bedeutet, dass Spannung aufgebaut werden soll, und Nichts vorweggenommen werden darf, was die Schülerinnen und Schüler später noch beobachten könnten.²³

An der Oberflächenstruktur können nach Börlin (2012) in der Vorbereitungsphase u.a. folgende Aktionen im Klassenraum beobachtet werden²⁴:

- Ankündigung des Experiments durch die Lehrperson
- Lernende teilen Ideen mit
- Skizze des Versuchsaufbaus an der Tafel
- Hinweise zur Realisierung des Experiments

Die Vorbereitung kann im Experimentierzyklus mit der Einführungsphase und der Hypothesenbildung bzw. mit der *generativen* und Teilen der *affirmativen Unterrichtsphase* (vgl. Kapitel 1.1.2) gleichgesetzt werden.

1.2.2 Durchführung

In dieser Phase werden die Experimente durchgeführt. Die Schülerinnen und Schüler machen Beobachtungen und messen Ergebnisse. Die vorangegangene Vorbereitung spielt bei der Durchführung der Versuche eine entscheidende Rolle. Wie schon oben erwähnt, sind das Vorwissen und die sogenannten Lernendenvorstellungen, die die Kinder v.a. aus dem Alltagsgeschehen entwickeln, mitentscheidend für die Wahrnehmung bei einem Versuch.

Bei Demonstrationsexperimenten beobachten die Schülerinnen und Schüler das Experiment entweder von ihren Sitzplätzen aus oder sie stehen um den Experimentiertisch herum. Je nachdem, welches Ziel mit dem Versuch erreicht werden soll, assistieren die Lernenden der Lehrperson. Eventuell kann es auch zu gefährlich sein, dass die Kinder aktiv beim Experiment mitwirken. Dann führt der oder die Lehrende den Versuch alleine durch.

Bei SchülerInnenexperimenten experimentieren die Lernenden entweder alleine oder in Kleingruppen mit dem vorgesehenen Material. Dabei nimmt die Lehrperson oft eine unterstützende Rolle ein, hilft bei auftretenden Fragen oder Problemen und beobachtet die Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren.

Am Ende der Durchführungsphase werden die Ergebnisse des Versuchs von den Lernenden dokumentiert.

²³ Vgl. Kircher et al. (2000), S. 268.

²⁴ Vgl. Börlin (2012), S. 200f.

Die *affirmative Unterrichtsphase* besteht wie auch die *Explore-Phase* (vgl. Kapitel 1.1.2) zum Teil aus der Durchführung eines Experiments. Bybee (2015) betont, dass das Ziel der Explore-Phase darin besteht,

*„[...] to provide hands-on experiences you can use later to formally introduce a concept, process or skill.“*²⁵

Die Nachbereitung des Experiments wird also durch seine Durchführung vorbereitet.

1.2.3 Nachbereitung

In der letzten Phase beim Experimentieren werden Erkenntnisse aus dem Versuch gezogen und Ergebnisse ausgewertet. Diese werden anschließend interpretiert und diskutiert. Zur Nachbereitung gehört allerdings auch das Wegräumen der Versuchsgegenstände.

Nach einem Experiment werden nicht nur die Ergebnisse zusammengetragen, sondern auch die äußerst wichtige Nachbesprechung durchgeführt. Die Schülerinnen und Schüler sollen zuerst mitteilen, was beobachtet bzw. gemessen wurde und ob der Versuchsausgang den in der Vorbereitung angestellten Vermutungen entspricht. Anschließend wird besprochen, welche Schlussfolgerungen angestellt werden können und ob noch weitere Fragen auftauchen.²⁶ Weiters können die Lernenden auch von der Lehrperson gefragt werden, ob etwas Überraschendes bzw. Unerwartetes beim Experimentieren aufgetreten ist. Durch all diese Fragen soll der Bezug zwischen Praxis und Theorie hergestellt werden. Die Erfahrungen, die beim Experimentieren gemacht werden, können *„[...] theoretisch interpretiert, abstrahiert und generalisiert werden [...]“*²⁷. Das naturwissenschaftliche Gesetz bzw. eine Theorie, die hinter dem Versuch steckt, soll den Schülerinnen und Schülern auf allen Ebenen des Bewusstseins erfahrbar und somit verständlich gemacht werden. Nach der Besprechung und Interpretation der Ergebnisse erfolgt dazu eine weitere Vernetzung der Lerninhalte. Das kann erreicht werden, indem z.B. Beispiele, Analogien oder Metaphern gegeben werden. Das alles dient dazu, um ein sogenanntes mentales Modell zu entwickeln – also eine Vorstellung zu einem bestimmten physikalischen Sachverhalt.

Bei der Nachbereitung eignet es sich auch, die Ergebnisse in verschiedenen Formen darzustellen. Dadurch können verschiedene Lerntypen angesprochen werden. Einige Lernende entwickeln schon mithilfe von verbalen Erklärungen eine Vorstellung zu einem physikalischen Modell, andere brauchen dazu Bilder oder eine Verschriftlichung der Ergebnisse und Interpretationen.

²⁵ Bybee (2015), S.30.

²⁶ Vgl. Wiesner et al. (2011), S.112.

²⁷ Tesch & Duit (2004), S. 53.

Die Phase der Nachbereitung beginnt im Unterricht oft damit, dass die Ergebnisse zusammengetragen werden oder die Lernenden wieder zu ihrem Sitzplatz zurückgehen. Sie endet dann, wenn wieder ein Versuch durchgeführt wird, oder kein inhaltlicher bzw. thematischer Zusammenhang mit dem durchgeführten Experiment mehr besteht.²⁸

Dass die Nachbereitung neben der Vorbereitung eine entscheidende Rolle beim Experimentieren spielt, wird auch klar, wenn sie mit den Phasen im Experimentierzyklus verglichen wird. Bei den 5E's nehmen *Explain*, *Elaborate* und *Evaluate*, die alle mit der Nachbereitung von Lerninhalten zu tun haben, immerhin mehr als die Hälfte der eingeplanten Phasen ein²⁹. Auch bei Muckenfuß (1995) besteht die affirmative Unterrichtsphase zu einem Großteil aus den anschließenden Folgerungen und Auswertungen des Versuchs. Außerdem folgt in der kontextorientierten Unterrichtseinheit auch noch die Phase der Vernetzung.³⁰ Es müssen also nicht nur die Ergebnisse gesichert und besprochen werden. Wichtig ist auch, dass mit den Schülerinnen und Schülern Anwendungen thematisiert werden, die eng mit dem Experiment zusammenhängen und somit für den Lernerfolg einen entscheidenden Beitrag leisten können.

1.3 Bedeutung der Einbettung von Experimenten in den Unterrichtsverlauf

Wie schon in den vorangegangenen Kapiteln erwähnt, spielen Versuche im Physikunterricht eine große Rolle und mit ihnen ist ein enormes Lernpotential für die Schülerinnen und Schüler gegeben. Warum es so wichtig ist, dass beim Experimentieren der Experimentierzyklus durchlaufen wird bzw. die Vor- und Nachbereitung der Versuche unerlässlich für den Lernerfolg der Kinder ist, lässt sich anhand von empirischen Untersuchungen und fachdidaktischen Forschungen belegen.

1.3.1 Zentrale Aussagen von Studien bzw. Forschungen

Schon 2002 weisen Tesch & Duit darauf hin, dass die Vorstellungen, die die Schülerinnen und Schüler aus dem Alltag haben, experimentellen Unterricht stark beeinflussen. Aus diesem Grund muss beim Experimentieren entsprechend darauf geachtet werden, wie Versuche mit einer physikalischen Theorie und der lebensweltlichen Praxis der Lernenden miteinander in Verbindung gebracht werden.³¹

In der anschließenden Video-Studie von Tesch & Duit (2004) war eine der zentralen Aussagen, dass die Einbettung der Experimente in den Unterrichtsgang ein wichtiges

²⁸ Vgl. Börlin (2012), S.201f.

²⁹ Vgl. Bybee (2015), S.29ff.

³⁰ Vgl. Muckenfuß (1995), S.343ff.

³¹ Vgl. Tesch & Duit (2002), S.1.

Qualitätsmerkmal des Physikunterrichts ist.³² Diese Aussage war eine Schlussfolgerung aus den empirischen Ergebnissen, die im Rahmen der Untersuchung gewonnen wurden. In der untersuchten Stichprobe wurde herausgefunden, dass die Leistungsentwicklung klar mit der gesamten Dauer des Experimentierens, d.h. der Durchführung, sowie der Vor- und Nachbereitung, zusammenhing. Weniger deutlich war der Zusammenhang mit der Zeit, die nur für die Vor- und Nachbereitung aufgewendet wurde, und gar keinen Einfluss auf den Lernerfolg war bei der reinen Experimentierzeit zu beobachten. Daraus zogen die Autoren den Schluss, dass die Einbettung von Versuchen in den Unterrichtsverlauf wesentlich für den Physikunterricht ist.³³

Auch Hofstein (2004) weist darauf hin, wie wichtig es ist, Versuche in einen entsprechenden Kontext einzubetten und die Lerninhalte auf vielfältige Weise miteinander zu verknüpfen. Einerseits brauchen die Schülerinnen und Schüler genug Möglichkeiten, sich mit den Versuchen und den dazu benötigten Geräten auseinanderzusetzen, und zwar in einer Umgebung, in der sie ihr Wissen in Bezug auf physikalische Konzepte konstruieren können. Auf der anderen Seite dürfen die Lernenden und Lehrenden sich nicht nur auf die technischen Aspekte des Experiments konzentrieren, denn dies limitiert die Zeit, die in das Interpretieren von physikalischen Gesetzen investiert werden kann und auch sollte. Wie auch schon bei Tesch & Duit (2004), betont Hofstein (2004) deutlich, dass die Durchführung von Experimenten alleine nicht ausreicht, dass die Schülerinnen und Schüler die physikalischen Konzepte verstehen. Dies wird deutlich, wenn sie betonen, dass

„Inquiry-type experiences in the science laboratory are especially effective if conducted in the context of, and integrated with, the concept being taught.“³⁴

Experimentelle Untersuchungen an sich können jedoch dazu genutzt werden, um im Unterricht besprochene Theorien oder Gesetze mit den Beobachtungen zu verknüpfen, die beim Experimentieren gemacht werden. Ein Lernpotential stellen Versuche auch dann dar, wenn sie mit anderen metakognitiven Lernerfahrungen verbunden werden³⁵.

Börlin (2012) wollte mit seiner Studie Ergebnisse aus bereits angestellten Forschungen im Bereich des Experimentierens überprüfen. Im Rahmen dieser Videostudie stellte er fest, dass die fachimmanente Einbettung von Experimenten teilweise, der lebensweltliche Bezug bei der angestellten Untersuchung jedoch gar nicht vorhanden war. Das bedeutet, dass fachliche Inhalte vor einem Versuch zwar besprochen, diese aber nicht ausreichend mit dem bevorstehenden Versuch verbunden wurden. Der Bezug zum Alltag wurde im Zusammenhang mit Versuchen überhaupt nicht hergestellt. Daher fehlen den Schülerinnen

³² Vgl. Tesch & Duit (2004), S.51.

³³ Vgl. Tesch & Duit (2004), S.64.

³⁴ Hofstein et al. (2004), S.47.

³⁵ Vgl. Hofstein & Lunetta (2004), S.33.

und Schülern lebensweltliche Vorstellungen, die die Motivation und das Interesse der Kinder am Physikunterricht steigern könnten.³⁶

Im Rahmen dieser Videostudie wurde festgestellt, dass im Unterricht der Vor- und Nachbereitung neben der Durchführung der Experimente ein Großteil der Experimentierzeit gewidmet wurde. Dabei konnte jedoch nicht festgestellt werden, ob diese Zeit auch entsprechend der in der Literatur beschriebenen Wichtigkeit der Einbettung von Versuchen genutzt wurde.³⁷

Harlen (1999) bespricht in seiner Arbeit mehrere Forschungen. Als eines der drei Hauptziele beim Experimentieren, die aus der Analyse der Studien hervorgeht, nennt sie

*„Testing ideas by making predictions, setting up a valid test, collecting reliable evidence and relating what is found to the original idea. This practical work should be theory-based.“*³⁸

Diese Schlussfolgerung zeigt wieder die Wichtigkeit der Einbettung von Experimenten in den Unterrichtsverlauf und den Zusammenhang zwischen Theorie und Praxis. Die Vor- und Nachbereitung von Versuchen sind also die wesentlichen Schlüsselstellen, die beim Unterrichten beachtet werden sollten.

Auch Singer (2006), der naturwissenschaftlichen Unterricht in amerikanischen High School's untersucht hat, sieht zwischen experimentellen Erfahrungen und dem Lernerfolg einen größeren Zusammenhang, wenn die Experimente

- ein klares Lernziel verfolgen,
- entsprechend in den Unterrichtsverlauf integriert sind,
- ermöglichen, dass sowohl der physikalische Inhalt als auch eine wissenschaftliche Arbeitsweise erlernt wird, und
- sie immer wieder durch die Schülerinnen und Schüler reflektiert und diskutiert

werden.³⁹

Es ist erkennbar, dass zwei der vier Aspekte in Bezug auf einen größeren Lernerfolg beim Experimentieren die Einbettung von Experimenten in den Unterrichtsverlauf betreffen. Zusätzlich wird darauf hingewiesen, dass experimentelle Erfahrungen in engem Zusammenhang damit stehen, was vor und nach einem Versuch passiert. Außerdem sei es effektiver, wenn sich die Lernenden mehr darauf konzentrieren, nach einem Versuch über die angestellten Untersuchungen zu diskutieren bzw. über die Bedeutung der

³⁶ Vgl. Börlin (2012), S.106.

³⁷ Vgl. Börlin (2012), S.164.

³⁸ Harlen (1999), S.82.

³⁹ Vgl. Singer et al. (2006), S.75.

Beobachtungen und Ergebnisse zu reflektieren, als sich zu sehr auf das Experimentieren selbst zu fokussieren.⁴⁰

1.3.2 Vergleich der Ergebnisse aus den einzelnen Studien bzw. Ländern

Werden die zentralen Aussagen der verschiedenen Forschungen betrachtet, so lässt sich klar erkennen, dass alle Studien in einem wesentlichen Punkt eine Meinung vertreten bzw. dieselbe Schlussfolgerung anstellen. Für den Lernerfolg beim Experimentieren ist es unerlässlich, die Versuche in den Unterrichtsverlauf zu integrieren. Auf eine entsprechende Vor- und Nachbereitung, die die theoretischen Inhalte mit den lebensweltlichen Vorstellungen der Kinder und mit den experimentellen Erfahrungen verknüpft, darf auf keinen Fall verzichtet werden.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen den einzelnen Studien lässt sich aber ausmachen. Während Duit & Tesch (2004) bzw. Börlin (2012) ihre Ergebnisse aus naturwissenschaftlichem Unterricht in Europa erhalten, beziehen sich Singer (2006), Harlen (1999) und Hofstein & Lunetta (2004) in ihren Forschungen auf US-amerikanische Laboraktivitäten.

Bei Duit & Tesch (2004) wurde der Physikunterricht in Deutschland untersucht, bei Börlin (2012) fand eine empirische Erhebung in Deutschland, der Schweiz und in Finnland statt. Naturwissenschaftlicher Unterricht wird in den USA im Vergleich zu Europa anders praktiziert. In den USA gibt es in Physik einerseits einen theoretischen Unterricht und auf der anderen Seite gibt es Laborkurse, in denen experimentell gearbeitet wird. In Deutschland, Finnland und der Schweiz, aber auch in Österreich, gibt es keine Trennung zwischen Theorie und Experiment im Unterricht. Im Fach Physik sollen daher theoretische und praktische Phasen miteinander verknüpft werden. Den einzigen Unterschied innerhalb Europas gibt es in Finnland, da die Schülerinnen und Schüler dort in eine Gesamtschule gehen, wohingegen in Deutschland, der Schweiz und Österreich die Lernenden ab einem gewissen Alter verschiedene Schultypen besuchen.

Obwohl es hinsichtlich der Unterrichtsanlage zwischen Europa und den USA einen deutlichen Unterschied gibt, so zeigen die Ergebnisse der Studien, dass alle zu demselben Schluss kommen. Die Einbettung der Experimente in den Unterrichtsverlauf ist ein wesentliches Qualitätsmerkmal für Physikunterricht. Diese findet aber, wie schon oben erwähnt, oft nur unzureichend statt.

⁴⁰ Vgl. Singer et al. (2006), S.102.

1.3.3 Forschungsdefizite

In einigen Ländern Europas, wie Finnland, der Schweiz oder Deutschland, wurde die Frage nach der Effektivität der Einbettung von Experimenten in den Unterrichtsverlauf bereits eingehend nachgegangen. In Österreich hingegen gibt es noch keine entsprechenden Forschungen in diese Richtungen. Zwar werden am Kompetenzzentrum Physik (AECC) in Wien viele fachdidaktische Fragen erforscht, dieses Thema wurde aber in dieser Form noch nicht bearbeitet.

Was die Motivation der Schülerinnen und Schüler bei entsprechender Vor- und Nachbereitung von Versuchen betrifft, so wurde diese speziell im Rahmen der bisherigen Forschungen noch nicht aufgegriffen. In der fachdidaktischen Literatur wird darauf hingewiesen, dass ein vermehrtes Experimentieren noch zu keiner Steigerung des Interesses bzw. der Motivation führt. Ob diese aber in Zusammenhang mit der Sicherstellung der Einbettung von Experimenten in den Unterrichtsverlauf Auffälligkeiten aufweist, wurde noch nicht untersucht. In der fachdidaktischen Literatur (z.B. Labudde (2013)) wird lediglich darauf hingewiesen, dass eine entsprechende Vor- und Nachbereitung von Experimenten die Motivation der Lernenden fördert⁴¹. Auf entsprechende Studien und Forschungen wird aber nicht verwiesen.

1.4 Einführung in den Magnetismus im Unterricht

Um festzustellen, welche Themen zur Einführung in den Magnetismus in der achten Schulstufe geeignet sind, wird zunächst der Lehrplan in Physik genauer betrachtet. Anschließend werden die sogenannten „key ideas“, also die elementare Grundideen, die die Schülerinnen und Schüler im Laufe des Unterrichts entwickeln sollen, in den Blickpunkt gerückt. Am Ende dieses Kapitels wird außerdem eine Übersicht über mögliche Lernendenvorstellungen gegeben, die im Zusammenhang mit dem behandelten Stoffgebiet des Magnetismus stehen.

1.4.1 Magnetismus im Lehrplan der Volksschule und einer NMS bzw. AHS

In der Volksschule erfolgt laut Lehrplan schon eine erste Berührung mit dem Stoffgebiet des Magnetismus⁴².

Bereits in der ersten und zweiten Klasse lernen die Schülerinnen und Schüler die Auswirkungen von magnetischen Kräften kennen. Außerdem sollen diese Kräfte u.a. im fächerübergreifenden Unterricht mit Werkerziehung ausprobiert, beobachtet und thematisiert werden.

⁴¹ Vgl. Labudde (2013), S.133ff.

⁴² Vgl. Bundesministerium für Bildung (2010), S.8ff.

In den darauffolgenden beiden Schulstufen sollen diese Fähigkeiten weiter vertieft werden. Die Magnetkraft soll nun nicht nur erprobt, sondern auch gesetzmäßig beschrieben werden.

Im Lehrplan der AHS (Allgemein höher bildende Schule) und NMS (Neue Mittelschule) ist die Einführung in den Magnetismus in der achten Schulstufe, d.h. der vierten Klasse, verankert. Im Teilbereich „Elektrizität bestimmt unser Leben“ sollen die Schülerinnen und Schüler zu Beginn eine „Einsicht in den Zusammenhang zwischen elektrischer und magnetischer Energie gewinnen“⁴³. Im Anschluss an diese Einführung, in der hauptsächlich mit Permanentmagneten gearbeitet wird, werden im weiteren Unterrichtsverlauf der Elektromagnet, die elektromagnetische Induktion sowie der Generator, Transformator und der Elektromotor besprochen.

1.4.2 Elementare Grundideen bei der Einführung in den Magnetismus

Wenn von den *key ideas* gesprochen wird, dann sind damit die zentralen Ideen gemeint, die die Lernenden im Rahmen des Unterrichts kennen lernen und zu denen sie bestimmte Vorstellungen entwickeln sollen.

Bei der Einführung in den Magnetismus sollen den Schülerinnen und Schülern u.a. folgende elementare Grundideen vermittelt werden⁴⁴:

- Bei gleichnamigen Polen kommt es zur Abstoßung, bei ungleichnamigen Polen zur Anziehung.
- Es gibt keine magnetischen Monopole.
- Verschiedene Materialien haben unterschiedliche Reaktionen auf eine magnetische Krafteinwirkung.
- Magnetische Feldlinien sind immer geschlossen und zeigen außerhalb eines Magneten vom Nord- zum Südpol bzw. innerhalb eines Magneten vom Süd- zum Nordpol.
- Die Nadel eines Kompasses zeigt in Richtung des magnetischen Nordpols der Erde.
- Elektrische Ströme bewirken die Entstehung magnetische Felder.

Diese Aufzählung der *key ideas* spiegelt aber in keinster Weise die Vielzahl aller zentralen Ideen im Themengebiet Magnetismus wieder. Es handelt sich lediglich um eine Auswahl jener Vorstellungen, die in weiterer Folge im Unterricht, der im Rahmen der empirischen Untersuchung stattfindet, behandelt werden.

⁴³ Bundesministerium für Bildung (2000), S.4.

⁴⁴ Vgl. Universität von Colorado & Digital Learning Sciences (2001).

1.4.3 Lernendenvorstellungen bei der Einführung in den Magnetismus

Wenn ein Thema neu im Physikunterricht eingeführt wird, dann haben die Schülerinnen und Schüler meist schon im Alltag bestimmte Erfahrungen mit gewissen Teilbereichen des neuen Stoffgebiets gemacht. Diese Vorstellungen, mit denen die Lernenden nun in den Unterricht kommen, werden Lernendenvorstellungen bzw. SchülerInnenvorstellungen genannt. Oft entspricht die Erklärung, die sich die Kinder im Zusammenhang mit bestimmten Erfahrungen gemacht haben, nicht der physikalischen Wirklichkeit. Es handelt sich also meist um Fehlvorstellungen, die eine Auswirkung auf die im Unterricht behandelten Konzepte haben. Um den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler sicherzustellen, müssen die Vorstellungen in den entsprechenden Einheiten behandelt und besprochen werden. Die Lehrperson muss sich also schon vor Beginn einer Unterrichtseinheit überlegen, mit welchen Ideen die Lernenden in die Klasse kommen und wie sie sich bestimmte physikalische Phänomene und Sachverhalte erklären könnten.

Bei der Einführung in den Magnetismus gibt es viele verschiedene Vorstellungen, welche die Schülerinnen und Schüler bereits vor Unterrichtsbeginn haben. Die folgenden Lernendenvorstellungen beziehen sich wieder auf die Themen, die im Rahmen der empirischen Untersuchung unterrichtet werden⁴⁵.

- Auf einem Magneten befindet sich eine Substanz, die Eisen an ihn klebt.
- Ein Magnet wird erst dadurch magnetisch, dass Strom durch ihn fließt.
- Die magnetischen Feldlinien sind das Magnetfeld.
- Ein Magnet kann jedes Metall anziehen.
- Magnete haben nur eine anziehende Wirkung.
- Magnete ziehen Eisen, Nickel und Kobalt an, aber umgekehrt ist dies nicht der Fall.
- Die Magnetfeldstärke nimmt stufenweise ab.
- Die Reichweite der magnetischen Wirkung ist endlich.
- Die magnetische Wirkung kann nicht abgeschirmt werden.
- Die magnetische Wirkung wird erst übertragen, wenn ein Magnet von einem Gegenstand berührt wird.
- Der Magnetismus ist eine besondere Form der Elektrizität.

⁴⁵ Vgl. Müller et al. (2011), S.184.

2 Ziel und Forschungsfrage

Aus den Ergebnissen der fachdidaktischen Forschung geht hervor, dass eine entsprechende Vernetzung und Verbindung der Lerninhalte beim Experimentieren eine wesentliche Rolle für die Qualität von Physikunterricht spielt (siehe Kapitel 1.3). Da diese Einbettung in der Unterrichtspraxis anscheinend nicht oft gegeben ist, ergibt sich für Physik lehrende Personen im Schulbereich die Notwendigkeit, sich näher mit diesem Thema zu befassen. Um herauszufinden, ob und inwiefern es notwendig ist, Versuche in entsprechende Kontexte und in den Unterrichtsverlauf einzubetten, wird im Rahmen dieser Diplomarbeit eine Untersuchung in österreichischen Schulklassen durchgeführt.

Mittels einer empirischen Untersuchung soll herausgefunden werden, wie sich die Einbettung von Experimenten in den Unterrichtsverlauf auf den Lernerfolg und die Motivation bzw. das Interesse der Schülerinnen und Schüler auswirkt. Dazu wird das Stoffgebiet des Magnetismus, das laut österreichischem Lehrplan in der achten Schulstufe unterrichtet wird, herangezogen. Dieses beinhaltet zahlreiche Experimente und eignet sich daher für diese wissenschaftliche Untersuchung.

Die Forschungsfrage, die sich aus der Zielsetzung ergibt, ist folgende:

Hat die Einbettung der Experimente in den Unterrichtsverlauf eine Bedeutung für die Qualität von Physikunterricht, und beeinflusst die Vor- und Nachbereitung nur die Lernwirksamkeit oder auch die Motivation bzw. das Interesse der Lernenden?

Die Fragestellung soll beantwortet werden, indem Schülerinnen und Schüler aus zwei verschiedenen vierten Klassen durch unterschiedliche Unterrichtsmethoden einen Einstieg in das Thema Magnetismus erleben. Bei einer Versuchsgruppe werden die Experimente im ersten Teil des Stoffgebiets mit entsprechender Einbettung in den Unterrichtsverlauf durchgeführt. Bei der anderen Klasse hingegen wird in diesen Stunden auf eine Vor- und Nachbereitung der Experimente im Sinne der Vernetzung der Inhalte verzichtet. Im zweiten Teil der Unterrichtseinheiten werden die beiden Versuchsgruppen im umgekehrten Stil unterrichtet.

Schon während der unterrichteten Stunden soll eine Erhebung des Interesses stattfinden, da die Motivation als ein zeitlich relativ instabiler Faktor angesehen wird. Der Lernerfolg wird erst am Ende aller unterrichteten Einheiten mittels eines Fragebogens erhoben.

Aus den Ergebnissen, die sich aus dieser Untersuchung ergeben, soll eine Antwort auf die Forschungsfrage gefunden werden. Außerdem könnte die Auswertung einen Anstoß für weitere Forschungen im Bereich der Einbettung von Experimenten in den Unterrichtsverlauf in Österreich geben.

3 Forschungsdesign

Im folgenden Kapitel erfolgt eine detaillierte Beschreibung, wie die Versuchsgruppen ausgewählt werden, die Untersuchungsmethode geplant ist und der Fragebogen erstellt wird.

3.1 Selektion und Beschreibung der Versuchsgruppen

Die Versuchsgruppen werden als systematische Stichprobe gewählt. Eine Stichprobe stellt eine Teilmenge einer Grundgesamtheit dar.⁴⁶ Als Grundgesamtheit werden alle vierten Klassen AHS in Österreich angesehen, die das Thema Magnetismus im Unterricht bearbeiten. Als Referenzwert können für die Grundgesamtheit die Zahl aller Schülerinnen und Schüler, die im Schuljahr 2015/16 in Österreich die achte Schulstufe besucht haben, dienen. Dieser Wert liegt bei ca. 85.000 Lernenden.⁴⁷ Die systematische Stichprobe wurde gewählt, um die Durchführung der Untersuchung auf den nord-östlichen Teil Österreichs einzuschränken. Bei der Untersuchung handelt es sich um eine Analyse von abhängigen Stichproben. Durch Codes, die den Schülerinnen und Schülern zugeteilt werden und die sie im Laufe der Erhebung behalten, wird sichergestellt, dass eine eindeutige Zuordnung der Messwerte erfolgen kann.

Zwei vierte Klassen einer burgenländischen AHS werden durch die systematische Stichprobe gezogen und können als typisch für diese Grundgesamtheit angesehen werden. Die beiden Versuchsgruppen eignen sich also für die Fragestellung, der in dieser Diplomarbeit nachgegangen wird. Nachdem die Auswahl getroffen ist, werden der Direktor der Schule und die Physik-Lehrkraft der beiden Klassen aufgesucht, wobei sich beide mit der Untersuchung einverstanden erklären müssen. Anschließend wird ein Ansuchen um die Genehmigung einer wissenschaftlichen Untersuchung an den LSR Burgenland gestellt (www.lsr-bgld.gv.at), das von Seiten des Landesschulrats ebenfalls genehmigt werden muss.

In einer der beiden vierten Klasse (im Folgenden nur K1 genannt) sind insgesamt 22 Kinder, davon neun Schülerinnen und dreizehn Schüler. Die Lernenden haben im Schuljahr 2016/17 die gleiche Physik-Lehrkraft wie schon im Jahr zuvor.

Anders verhält es sich in der anderen vierten Klasse (im Folgenden nur K2 genannt), die im Schuljahr 2015/16 von einer anderen Lehrkraft in Physik unterrichtet worden ist. Im Schuljahr 2016/17 wird K2 von der gleichen Lehrperson unterrichtet wie K1. K2 besteht aus insgesamt 16 Schülern, die allesamt männlich sind. Bei dieser Klasse handelt es sich um eine Sportklasse.

⁴⁶ Vgl. Raab-Steiner & Benesch (2015) S.20f.

⁴⁷ Vgl. Statistik Austria (2016): Schülerinnen und Schüler im Schuljahr 2015/16 nach Schulstufen, S.2.

In Abbildung 1 wird die Charakterisierung der beiden Versuchsgruppen dargestellt.

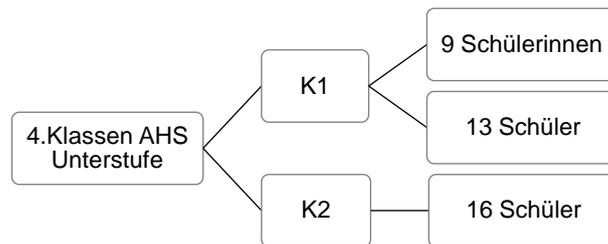


Abbildung 1: Charakterisierung der Versuchsgruppen.

3.2 Methodik

Die Untersuchung ist so geplant, dass zu Beginn eine Vortestung stattfindet, bei der beide Versuchsgruppen die gleichen Fragen in Form eines Fragebogens beantworten. Dabei werden die Motivation bzw. das Interesse sowie die Vorjahresnote in Physik, und das Grundwissen zum Magnetismus aus der Volksschule erfragt.

Danach werden vier aufeinanderfolgende Physik-Stunden nach folgendem *Cross-Over-Design* gehalten (siehe Tabelle 4):

	mit Vor- und Nachbereitung	ohne Vor- und Nachbereitung
Stunde 1	K2	K1
Stunde 2	K2	K1
Stunde 3	K1	K2
Stunde 4	K1	K2

Tabelle 4: Cross-Over-Design für die beiden Versuchsgruppen.

Die ersten beiden Stunden werden in K2 mit entsprechender Einbettung der Experimente in den Unterrichtsverlauf durchgeführt, wohingegen in K1 den Experimenten nur wenig bis gar keine Vor- und Nachbereitung gewidmet werden. In den folgenden zwei Stunden ist die Durchführung genau umgekehrt.

Am Beginn jeder Stunde (ab der zweiten Unterrichtseinheit) beantworten die Kinder einen kurzen Fragebogen zur Erhebung des Interesses und der Selbsteinschätzung des Könnens. Die Beantwortung wird maximal fünf Minuten dauern.

Der Fragebogen zur Erhebung des Wissenstands wird erst am Ende aller vier gehaltenen Unterrichtsstunden ausgeteilt. Bei dieser Testung werden fachliche Fragen zum Unterricht gestellt. Anhand der Anzahl der richtigen bzw. falschen Fragen wird anschließend festgestellt, durch welche Unterrichtsmethode sich die Kinder mehr physikalische Inhalte merken und die Qualität des Physikunterrichts somit größer ist.

Um die Lernwirksamkeit möglichst gut zu erfassen, wird ca. zwei Monate nach der Haupttestung eine *Follow-Up*-Testung durchgeführt, bei der der Fragebogen mit den gleichen fachlichen Fragen aus der Haupttestung noch einmal von den Schülerinnen und Schülern beantwortet wird. Diese Erhebung soll neben dem Kurzzeitgedächtnis auch die Auswirkung des Langzeitgedächtnisses auf den Lernerfolg erfassen.

3.3 Fragebogenerstellung

Bei der Erstellung des Fragebogens werden zuerst die Items konstruiert und eine grobe Strukturierung der Fragen nach den thematischen Inhalten der einzelnen Unterrichtsstunden vorgenommen. Danach werden die einzelnen Fragen und Aufgaben detailliert ausgearbeitet und kodiert.

3.3.1 Konstruktion der Items

Für den Fragebogen werden fünf verschiedene Antwortformate konstruiert⁴⁸:

- Dichotomes Antwortformat
- Gebundenes Antwortformat mit drei bis neun Auswahlmöglichkeiten
- Ratingskala mit fünf Auswahlmöglichkeiten
- Halboffenes Format
- Offenes Format

Beim *dichotomen Antwortformat* gibt es genau zwei Antwortmöglichkeiten pro Frage, wodurch die Schülerinnen und Schüler eine konkrete Entscheidung treffen müssen.

Beim *gebundenen Antwortformat* müssen die Lernenden zwischen drei bis neun Antwortmöglichkeiten wählen. Bei der Fragestellung ist allerdings nicht angegeben, wie viele der vorgegebenen Antworten richtig sind. Bei jedem Item dieses Antwortformats sind mindestens eine und höchstens alle Aussagen richtig.

Bei der *Ratingskala* gibt es immer fünf Auswahlmöglichkeiten, von denen eine angekreuzt werden soll. Die Skala ist bipolar, da sie vom Nullpunkt ausgehend in eine Richtung verläuft, und die Skalenbezeichnung ist verbal.

Beim *halboffenen Antwortformat* muss entweder eine Lücke gefüllt oder ein Bild richtig ergänzt werden. Beim *offenen Antwortformat* soll lediglich eine knappe Antwort auf die Frage gegeben werden. Für die Beantwortung steht den Schülerinnen und Schülern ein schwarz umrahmtes Rechteck zur Verfügung.

Im allgemeinen Teil der Vortestung werden sowohl das dichotome Antwortformat, das halboffene bzw. das offene Format und die Ratingskala verwendet. Das dichotome

⁴⁸ Vgl. Raab-Steiner & Benesch (2015) S.56ff.

Ankreuzformat wird für das Geschlecht (männlich/weiblich) und die Frage, ob die Eltern einen naturwissenschaftlichen/technischen Beruf ausüben (ja/nein) mit je zwei Antwortmöglichkeiten gewählt. Das halboffene Format wird bei der Frage nach dem Alter der Lernenden eingesetzt, und das offene Format bei der Frage nach der naturwissenschaftlich/technischen Arbeit der Eltern.

Für die Frage nach der Note des vergangenen Schuljahres in Physik wird die Ratingskala mit fünf Auswahlmöglichkeiten verwendet:

Sehr gut Gut Befriedigend Genügend Nicht genügend

Für die Fragen zum Interesse bzw. der Motivation und zur Selbsteinschätzung des Könnens wird ebenfalls eine Ratingskala gewählt. Dabei wird zwischen den folgenden beiden Skalen unterschieden:

- *Skala 1*

sehr (stark) etwas kaum eher nicht gar nicht

- *Skala 2*

sehr gut gut mittelmäßig wenig gar nicht

Je nach Art und Ziel der Frage wird die entsprechende Skala gewählt.

Wenn die Motivation erfragt wird, wird Skala 1 verwendet. Diese soll ermöglichen, dass die Lernenden die Intensität ihres eigenen Interesses bestmöglich einschätzen und anschließend die entsprechende Antwort auswählen. Zielen die Fragen auf die Selbsteinschätzung des Könnens ab, kommt Skala 2 vor. Diese ähnelt von den Antwortmöglichkeiten her den Schulnoten und wird somit als geeignet angesehen, um eine selbstständige Bewertung des eigenen Wissens durch die Schülerinnen und Schüler zu ermöglichen.

Bei den fachlichen Fragen aller drei Testungen (Vortestung, Haupttestung, Follow-Up-Testung) besteht der Großteil der Items aus dem gebundenen Antwortformat mit drei bis neun verschiedenen Auswahlmöglichkeiten und dem dichotomen Antwortformat. Nur ein paar der Fragen werden als halboffenes Antwortformat konstruiert. Dieses Format wird nur verwendet, wenn auf eine bestimmte Vorstellung der Schülerinnen und Schüler abgezielt oder nach der Vervollständigung einer graphischen Darstellung gefragt wird.

3.3.2 Aufbau des Fragebogens

Die Fragen des Fragebogens werden der zeitlichen Abfolge entsprechend gegliedert und gestaltet. Dabei gibt es eine Unterteilung in

1. Vortestung
 - a. Allgemeine Fragen zu Alter, Geschlecht, Beruf der Eltern
 - b. Fragen zum Interesse und zur Selbsteinschätzung des Könnens
 - c. Fragen zum Wissen aus der Volksschule – Testung der Vorstellungen zum Thema Magnetismus
2. Haupttestung
 - a. Fragen zum Interesse und zur Selbsteinschätzung des Könnens
 - b. Fachliche Fragen zu den Themengebieten der vier Unterrichtsstunden
3. Follow-Up-Testung
 - a. Fragen zum Interesse und zur Selbsteinschätzung des Könnens
 - b. Fachliche Fragen zu den Themengebieten der vier Stunden

Dabei sind die fachlichen Fragen der Haupt- und Follow-Up-Testung gleich.

Am Beginn jedes Fragebogens befindet sich in der rechten oberen Ecke der ersten Seite einen Bereich mit dem Feld „_____“. Die Schülerinnen und Schüler werden am Anfang jeder Befragung darauf hingewiesen, dass sie ihre zugeteilte Nummer auf die Linie schreiben sollen.

Bevor Fragen zu einem neuen bzw. weiteren Thema gestellt werden, gibt es eine passende Überschrift, die als Einleitung in das Kapitel dienen soll.

Die Items der einzelnen Fragebögen sind so formuliert, dass sie für die Kinder klar und verständlich sind. Auch bei der Strukturierung wird auf ein ansprechendes Layout geachtet. Die Fragen der einzelnen Testungen bauen so aufeinander auf, dass ein roter Faden erkennbar ist⁴⁹.

3.3.2.1 Vortestung

In diesem Kapitel erfolgt eine Beschreibung der Struktur des Fragebogens, der in der Vortestung von den Schülerinnen und Schülern beantwortet werden soll.

a) Hinweise zur Beantwortung des Fragebogens

Am Beginn des Fragebogens findet sich eine kurze Vorstellung und ein Hinweis auf die Anonymität der Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Außerdem gibt es eine kurze Erklärung

⁴⁹ Vgl. Raab-Steiner & Benesch (2015) S.54f.

zur richtigen Beantwortung des Fragebogens, dabei wird auf die verschiedenen Antwortformate und Items eingegangen.

Durch dieses Deckblatt sollen die Schülerinnen und Schüler noch einmal über den Zweck der Untersuchung aufgeklärt und auf die korrekte Beantwortung der einzelnen Items hingewiesen werden.

b) Allgemeine Fragen zu Alter, Geschlecht, Beruf der Eltern

Zunächst werden Fragen nach Alter und Geschlecht der Kinder sowie Beruf der Eltern erfragt. Dadurch sollen einerseits allgemeine Informationen erhoben werden und andererseits herausgefunden werden, ob die Eltern einen naturwissenschaftlichen/technischen Beruf ausüben bzw. ausgeübt haben.

Die Tätigkeit der Elternteile könnte eventuell einen Einfluss auf das Interesse bzw. die Motivation oder auf das Wissen bzw. den Lernfortschritt der Schülerinnen und Schüler haben. Auch das Alter bzw. das Geschlecht könnte in diesem Zusammenhang einen entscheidenden Einfluss auf motivationale Faktoren haben.

c) Fragen zum Interesse und zur Selbsteinschätzung des Könnens

In diesem Abschnitt werden Fragen zum Interesse für das Fach Physik, die Selbsteinschätzung des Könnens und die Schulnote des vergangenen Jahres gestellt.

Durch die Erfragung des Interesses und der Selbsteinschätzung des Könnens soll ein Vergleich zwischen Vorher und Nachher festgestellt werden. Im Rahmen der Unterrichtsstunden mit oder ohne entsprechender Einbettung der Experimente in den Unterrichtsgang können sich diese Faktoren verändern. In der Vortestung soll also ein Vergleichszustand bzw. ein Referenzwert ermittelt werden.

d) Fragen zum Wissen aus der Volksschule – Testung der Vorstellungen zum Thema Magnetismus

Die Schülerinnen und Schüler sollten sich schon in der Volksschule mit dem Thema Magnetismus auseinandergesetzt haben. Die für die kommenden Unterrichtsstunden relevanten Gebiete werden dabei durch folgende Fragen charakterisiert:

- Welche Stoffe werden von einem Magneten angezogen?
- Wirkt die magnetische Kraft durch andere Stoffe hindurch?
- Wie groß ist Reichweite der magnetischen Kraft?
- Wie ist die Wirkung zwischen zwei Magneten?

Durch diese Fragen soll herausgefunden werden, inwieweit die Schülerinnen und Schüler schon passende Vorstellungen zu Teilgebieten des Magnetismus entwickelt haben und mit welchen Vorkenntnissen die Lernenden in das Thema starten.

3.3.2.2 Haupttestung

Im Folgenden wird eine detaillierte Beschreibung der Fragen zur Haupttestung gegeben.

a) Fragen zum Interesse und zur Selbsteinschätzung des Könnens

Diese Fragen sollen testen, wie gut sich die Schülerinnen und Schüler noch an die letzte Stunde erinnern können, ob den Lernenden die vorangegangene Unterrichtseinheit Spaß gemacht hat, wie gut sie sich ihrer Meinung nach mit dem Thema auskennen und ob sie schon gespannt sind, was sie beim nächsten Thema im Kapitel Magnetismus erwartet.

Durch die Antworten der Lernenden soll eine grobe Einschätzung der aktuellen Motivation bzw. des aktuellen Interesses und der Selbsteinschätzung in Bezug auf das generierte Wissen erfolgen. Da diese Fragen am Beginn jeder folgenden Stunde gestellt werden, können sich die Parameter ständig ändern.

Am Ende aller vier Unterrichtsstunden wird den Schülerinnen und Schülern außerdem die Frage gestellt, welche der beiden Unterrichtsmethoden ihnen besser gefallen hat und warum. Außerdem wird die Frage gestellt, in welchen Themengebieten die Lernenden mehr wissen bzw. dazu gelernt haben.

b) Fachliche Fragen zu den Themengebieten der vier Unterrichtsstunden

Zu jedem Themengebiet (Permanentmagnete, Magnetfelder von Permanentmagneten, Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters, Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule) werden fünf bis sechs Fragen gestellt, die beide Versuchsgruppen beantworten können müssten. Alle Fragen werden in irgendeiner Art und Weise im Unterricht behandelt, sodass keine Klasse benachteiligt ist. Durch die gestellten Fragen soll lediglich festgestellt werden, ob eine Versuchsgruppe einen größeren Lernzuwachs als die andere generieren konnte oder nicht.

3.3.2.3 Follow-Up-Testung

So wie schon bei der Vor- und der Haupttestung wird in diesem Kapitel der Aufbau des Fragebogens zur Follow-Up-Testung beschrieben.

a) Fragen zum Interesse und zur Selbsteinschätzung des Könnens

In der Follow-Up-Testung werden jeweils nach den Fragen zu den einzelnen Unterrichtsblöcken (je zwei Stunden mit bzw. ohne Vor- und Nachbereitung der Experimente) Fragen zur Motivation bzw. der Einschätzung des eigenen Wissens gestellt.

Diese zeitliche Abfolge soll garantieren, dass sich die Schülerinnen und Schüler wieder an die Themen der Einheiten erinnern und die Fragen so besser beantworten können.

b) Fachliche Fragen zu den Themengebieten der vier Unterrichtsstunden

Diese Fragen sind die gleichen wie bei der Haupttestung. Durch sie soll festgestellt werden, wie stabil die Leistungen der Schülerinnen und Schüler über einen längeren Zeitraum sind und ob sich die Ergebnisse in irgendeiner Art und Weise verändern.

Durch die Follow-Up-Testung soll außerdem herausgefunden werden, ob die verschiedenen Unterrichtsmethoden auch auf das Langzeitgedächtnis eine Auswirkung haben und ob und wie sich ein Unterschied zwischen den beiden Versuchsgruppen bemerkbar macht.

3.3.2.4 Kodierung der Fragen

In den folgenden Tabellen (siehe Tabelle 5 bis Tabelle 10) sind die jeweiligen Fragen der Vor- und Haupttestung aufgelistet.

Kodierung	Fragenkatalog – Allgemeine Fragen Vortestung	Fragen zu
A1.1	Geschlecht	Lernendem
A1.2	Wie alt bist du?	
A2.1	Arbeitet ein Elternteil in einem technischen/ naturwissenschaftlichen Beruf?	Beruf Eltern
A2.2	Wenn ja, in welchem?	
A3.1	Interessierst du dich für das Fach Physik?	Interesse und Selbsteinschätzung des Könnens
A3.2	Wie gut kennst du dich deiner Meinung nach in der Physik aus (also in dem, was du bis jetzt gelernt hast?)	
A3.3	Welche Note hast du in Physik im letzten Schuljahr bekommen?	

Tabelle 5: Allgemeine Fragen der Vortestung.

Kodierung	Fragenkatalog – Allgemeine Fragen Vortestung	Fragen zu
B1.1	Welche Stoffe zieht der Magnet an?	Magnetische Anziehung
B1.2	Es werden nur Dinge aus _____ angezogen.	
B2.1	Stell dir vor, ein magnetischer Gegenstand liegt in einem Glas mit Wasser. Kann man den Gegenstand mithilfe eines Magneten wieder herausholen, ohne dass man nass wird?	Magnetische Wirkung
B2.2	Wirkt die Magnetkraft also auch durch andere Stoffe hindurch?	
B3.1	Die magnetische Kraft nimmt mit der Entfernung...	Reichweite magn. Kraft
B3.2	Die magnetische Kraft reicht...	
B4	Zwei Magnete können einander...	Kraftwirkung zwischen zwei Magneten

Tabelle 6: Fachliche Fragen Vortestung.

Kodierung	Fragenkatalog – Permanentmagnete Haupttestung	Fragen zu
C0.1	Wie gut kannst du dich noch an die letzte Stunde (Thema Permanentmagnete) erinnern?	Interesse und Selbsteinschätzung des Könnens
C0.2	Hat dir die letzte Stunde Spaß gemacht?	
C0.3	Wie gut kennst du dich jetzt deiner Meinung nach mit Magneten und ihren Eigenschaften aus?	
C0.4	Bist du schon gespannt, was dich beim nächsten Thema im Kapitel Magnetismus erwartet?	
C1	Woran kann man Magnete erkennen?	Charakterisierung von Magneten
C2.1	Was passiert, wenn man einen Magneten festhält und Eisen in die Nähe gelangt und umgekehrt, wenn man Eisen festhält und ein Magnet in die Nähe gelangt?	Magnetische Anziehung
C2.2	Welche Stoffe sind neben Eisen noch magnetisch?	
C3.1	Wo werden magnetische Stoffe von einem Magneten besonders stark angezogen?	Pole eines Magneten
C3.2	Wie viele Pole hat ein Magnet?	
C4	Welche Aussagen stimmen?	Kraftwirkung zwischen zwei Magneten

Tabelle 7: Fragen zu Permanentmagneten.

Kodierung	Fragenkatalog – Magnetfeld von Permanentmagneten Haupttestung	Fragen zu
D0.1	Wie gut kannst du dich noch an die letzte Stunde (Thema Magnetfeld von Permanentmagneten) erinnern?	Interesse und Selbsteinschätzung des Könnens
D0.2	Hat dir die letzte Stunde Spaß gemacht?	
D0.3	Wie gut kennst du dich jetzt deiner Meinung nach mit Magneten und ihren Eigenschaften aus?	
D0.4	Bist du schon gespannt, was dich beim nächsten Thema im Kapitel Magnetismus erwartet?	
D1	Wie nennt man die Linien, die magnetische Kräfte sichtbar machen?	Beschreibung Magnetfeld
D2.1	Magnetische Feldlinien...	Eigenschaften bzw. Charakterisierung des Magnetfelds
D2.2	Zeichne ein, wie das Erdmagnetfeld verläuft! Beschrifte den magnetischen und den geografischen Nord- bzw. Südpol!	
D2.3	Hat das Erdmagnetfeld Ähnlichkeit mit dem Magnetfeld eines Stabmagneten?	
D2.4	Welche magnetische Wirkung findet hier zwischen den Polen statt?	

Tabelle 8: Fragen zum Magnetfeld von Permanentmagneten.

Kodierung	Fragenkatalog – Magnetische Wirkung elektrischer Ströme Haupttestung	Fragen zu
E0.1	Wie gut kannst du dich noch an die letzte Stunde (Thema Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters) erinnern?	Interesse und Selbsteinschätzung des Könnens
E0.2	Hat dir die letzte Stunde Spaß gemacht?	
E0.3	Wie gut kennst du dich jetzt deiner Meinung nach mit Magneten und ihren Eigenschaften aus?	
E0.4	Bist du schon gespannt, was dich beim nächsten Thema im Kapitel Magnetismus erwartet?	
E1	Wie wird der Kupferdraht vor Beginn des Oerstedt-Versuchs über die Magnetnadel gestellt?	Versuchsaufbau
E2.1	Wie wird die Magnetnadel abgelenkt, wenn Strom fließt?	Orientierung des magnetischen Feldes
E2.2	Welche Aussagen stimmen?	
E2.3	Womit kann man das magnetische Feld sichtbar machen bzw. zeigen, in welche Richtung das Feld weist?	
E3.1	Jeder elektrische Strom erzeugt ein Magnetfeld.	Eigenschaften des magnetischen Feldes
E3.2	Welche Form haben die magnetischen Feldlinien eines geraden stromdurchflossenen Leiters?	

Tabelle 9: Fragen zur magnetischen Wirkung elektrischer Ströme.

Kodierung	Fragenkatalog – Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule Haupttestung	Fragen zu
F0.1	Wie gut kannst du dich noch an die letzte Stunde (Thema Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule) erinnern?	Interesse und Selbsteinschätzung des Könnens
F0.2	Hat dir die letzte Stunde Spaß gemacht?	
F0.3	Wie gut kennst du dich jetzt deiner Meinung nach mit Magneten und ihren Eigenschaften aus?	
F0.4	Bist du schon gespannt, was dich beim nächsten Thema im Kapitel Magnetismus erwartet?	
F1.1	Bei einer stromdurchflossenen Spule ist die Drehrichtung der Magnetnadel (also die Lage von Nord- und Südpol) von ihrer Position abhängig.	Orientierung des magnetischen Feldes
F1.2	Wo stimmt die Drehrichtung einer Magnetnadel (also die Lage von Nord- und Südpol) überein?	
F1.3	Bei einer stromdurchflossenen Spule ist die Drehrichtung der Magnetnadel (also die Lage von Nord- und Südpol) von der Stromrichtung abhängig.	
F2.1	Welche Aussagen stimmen?	Eigenschaften des magnetischen Feldes
F2.2	Hat das Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule eine Ähnlichkeit mit dem eines Stabmagneten?	
F2.3	Womit kann man das magnetische Feld sichtbar machen bzw. zeigen, in welche Richtung das Feld weist?	

Tabelle 10: Fragen zum Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule.

Die Fragen der Follow-Up-Testung stimmen weitestgehend mit den Fragen der Haupttestung überein (vgl. Tabelle 11). Die Fragen zur Motivation bzw. zur Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler werden jedoch anders gestellt.

Magnetismus – Vorwissen	Permanentmagnet	Magnetfeld von Permanentmagneten	Motivation/ Selbsteinschätzung Permanentmagnete
B1.1	C1	D1	G0.1
B1.2	C2.1	D2.1	G0.2
B2.1	C2.2	D2.2	G0.3
B2.2	C3.1	D2.3	G0.4
B3.1	C3.2	D2.4	
B3.2	C4		
B4			

Magn. Wirkung elektrischer Ströme	Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule	Motivation/ Selbsteinschätzung Stromdurchflossene(r) Leiter bzw. Spule
E1	F1.1	H0.1
E2.1	F1.2	H0.2
E2.2	F1.3	H0.3
E2.3	F2.1	H0.4
E3.1	F2.2	
E3.2	F2.3	

Tabelle 11: Kodierte Fragen der Follow-Up-Testung.

Die Kodierung der Fragen zur Motivation bzw. Selbsteinschätzung in der Follow-Up-Testung ist in Tabelle 12 zu finden.

Kodierung	Fragenkatalog – Motivation und Selbsteinschätzung Follow-Up-Testung	Fragen zu
G0.1	Wie gut kannst du dich noch an die Stunden zum Thema Permanentmagnete und Magnetfelder von Permanentmagneten erinnern?	Interesse und Selbsteinschätzung des Könnens
G0.2	Haben dir diese beiden Stunden Spaß gemacht?	
G0.3	Wie gut kennst du dich deiner Meinung nach mit Magneten, ihren Eigenschaften und Magnetfeldern aus?	
G0.4	Würdest du gerne noch mehr über Permanentmagnete, ihre Eigenschaften und Magnetfelder lernen wollen?	
H0.1	Wie gut kannst du dich noch an die Stunden zum Thema Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters und Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule erinnern?	Interesse und Selbsteinschätzung des Könnens
H0.2	Haben dir diese beiden Stunden Spaß gemacht?	
H0.3	Wie gut kennst du dich jetzt deiner Meinung nach mit dem Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters und dem Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule aus?	
H0.4	Würdest du gerne noch mehr über die Magnetfelder eines stromdurchflossenen Leiters und einer stromdurchflossenen Spule lernen?	

Tabelle 12: Fragen zur Motivation bzw. zur Selbsteinschätzung in der Follow-Up-Testung.

4 Durchführung der Untersuchung

Die Untersuchung wurde ohne Komplikationen oder Überraschungen so durchgeführt, wie sie vom Forschungsdesign her geplant war. Im diesem Kapitel folgt eine zeitliche Übersicht und eine Beschreibung der Durchführung.

4.1 Vortestung

Die Vortestung fand am 13. September 2016 sowohl in K1 als auch K2 statt. Am Beginn der Testung wurden die Codes nach dem Zufallsprinzip ausgeteilt. Die Probandinnen und Probanden wurden instruiert, dass sie sich den Fragebogen gut durchlesen und sich bei der Beantwortung genügend Zeit lassen sollen. Außerdem wurde noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich um eine anonyme Untersuchung handelt und die Codes lediglich dazu dienen, die einzelnen Testungen, die immer wieder stattfinden, miteinander in Verbindung zu bringen. Abschließend wurde darauf aufmerksam gemacht, dass sich die Instruktionen auch am Deckblatt des Fragebogens wieder finden. Nach dieser Einführung wurden die leeren Fragebögen an die Schülerinnen und Schüler ausgeteilt. Die zugeteilten Codes sollten dabei gleich in die rechte obere Ecke des Fragebogens geschrieben werden. Die Probandinnen und Probanden waren sowohl in K1 als auch in K2 nach etwa fünfzehn Minuten mit der Beantwortung der Fragen fertig.

4.2 Unterrichtseinheiten

Die Physikstunden, die für die Beantwortung der Fragebögen relevant waren, fanden vom 16. September 2016 bis zum 30. September 2016 in den beiden Klassen K1 und K2 statt. Die Unterrichtseinheiten wurden entsprechend dem geplanten Cross-Over-Design gehalten (vgl. Kapitel 3.2).

Die Physikstunden, in denen die Experimente in den Unterrichtsverlauf eingebettet wurden, unterschieden sich von den Einheiten ohne Vor- und Nachbereitung vor allem in zeitlichen Faktoren.

In den Unterrichtsstunden mit entsprechender Einbettung der Versuche wurden am Beginn der Stunde ein paar Minuten aufgewendet, um den Schülerinnen und Schülern klar zu machen, wozu das Experiment dient und was damit überhaupt gezeigt werden soll. Dabei mussten die Lernenden schon im Vorhinein Überlegungen anstellen und im Heft Notizen über den möglichen Versuchsausgang machen. Anschließend durften ausgewählte Schülerinnen und Schüler den anderen ihre Hypothesen präsentieren, und die gesamte Klasse durfte auch kurz über die gegebenen Antworten diskutieren. Der Versuchsaufbau wurde zusammen mit den Lernenden erarbeitet, die Lehrperson baute das Experiment gemeinsam mit den Kindern auf. Nach der Versuchsdurchführung wurde über die

Ergebnisse gesprochen. Die zentralen Fragestellungen bei dieser Nachbereitung waren die Überprüfung der Übereinstimmung mit den eigenen Hypothesen und die möglichen Schlussfolgerungen, die aus den Resultaten gezogen werden können.

Diese Vor- und Nachbesprechungen der Experimente wurden bei den Stunden ohne entsprechende Einbettung in den Unterrichtsverlauf nicht angestellt. Der komplette Versuchsaufbau wurde den Schülerinnen und Schülern ohne bzw. mit wenig einführender Einleitung präsentiert. Nach Beendigung des Experiments wurden von der Lehrperson die wesentlichen Aussagen festgehalten und von den Schülerinnen und Schülern notiert.

Die Experimentierphasen waren also in beiden Versuchsgruppen gleich lang, wohingegen für die Vor- und Nachbereitung der Experimente deutlich weniger Zeit bei den Stunden ohne entsprechender Einbettung der Versuche in den Unterrichtsverlauf verwendet wurde.

In Tabelle 13 ist eine zeitliche Übersicht über die Unterrichtseinheiten, die für die Untersuchung relevant sind, zu finden.

	K1	K2
16.09.2016	Stunde 1	
20.09.2016	Stunde 2	Stunde 1
23.09.2016	Stunde 3	Stunde 2
27.09.2016	Stunde 4	Stunde 3
30.09.2016		Stunde 4

Tabelle 13: Zeitrahmen der Unterrichtseinheiten.

Die detaillierten Stundenplanungen, bei denen die Fragen zur Vor- und Nachbereitung der Experimente ausformuliert sind und auch entsprechend im Unterricht umgesetzt wurden, sind im Anhang zu finden.

4.3 Haupttestung

Bei der Haupttestung wurde der Fragebogen in zwei Teile aufgeteilt. Auf der einen Seite gab es die Fragen zum Interesse und zur Selbsteinschätzung des eigenen Könnens, die einzeln für die jeweiligen Unterrichtsstunden ausgeteilt wurden. Andererseits sollten die Schülerinnen und Schüler am Ende der Untersuchung den Fragebogen mit den fachlichen Fragen ausfüllen.

4.3.1 Fragebogen zum Interesse und zur Selbsteinschätzung des Könnens

Am 20.09.2016 wurde in K1 zu Beginn der Unterrichtseinheit der erste Fragebogen zur Feststellung der Motivation und der Selbsteinschätzung zum Thema Permanentmagnet ausgeteilt. Dieses Kapitel wurde in der vorangegangenen Physikstunde behandelt. In K2 wurde derselbe Fragebogen erst am 23.09.2016 ausgeteilt (vgl. Tabelle 13). Auch in den

folgenden Unterrichtseinheiten wurden die zu den entsprechenden Themen gehörenden Fragebögen immer am Anfang der nächsten Stunde ausgegeben.

Die Schülerinnen und Schüler wurden vor der Beantwortung darauf hingewiesen, dass sie die zugeteilten Codes in die rechte obere Ecke des Fragebogens schreiben sollen. Außerdem wurde beim Austeilen der Fragebögen mehrmals betont, dass ehrliche Antworten auf die Fragen für einen realistischen Ausgang der Untersuchung nötig seien. Bei allen vier Testungen des Interesses und der Kenntnis waren nach spätestens fünf Minuten alle Schülerinnen und Schüler mit dem Ausfüllen des Fragebogens fertig.

In Tabelle 14 ist eine Übersicht über die zeitliche Abfolge der Fragebögen zur Motivation und zur Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler zu finden.

	K1	K2
20.09.2016	Permanentmagnet	
23.09.2016	Magnetfeld von Permanentmagneten	Permanentmagnet
27.09.2016	Magnetische Wirkung elektrischer Ströme	Magnetfeld von Permanentmagneten
30.09.2016	Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule	Magnetische Wirkung elektrischer Ströme
04.10.2016		Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule

Tabelle 14: Zeitlicher Rahmen Haupttestung - Interesse und Selbsteinschätzung.

4.3.2 Fragebogen zu den fachliche Fragen

Das Ende der Haupttestung stellte der 04. Oktober 2016 mit dem Fragebogen der fachlichen Fragen dar. Auch hier wurde am Beginn darauf hingewiesen, dass die Schülerinnen und Schüler ihre Codes ins rechte obere Eck des Fragebogens schreiben sollen. Außerdem wurde noch einmal erklärt, wie die Fragen zu beantworten, wie falsche Antworten auszubessern sind, und dass sich alle Instruktionen am Deckblatt befinden. Die Schülerinnen und Schüler wurden instruiert, sich mit dem Beantworten der Fragen so viel Zeit wie nötig zu lassen. Die Probandinnen und Probanden waren nach spätestens 25 Minuten mit der Beantwortung des Fragebogens fertig – sowohl in K1 als auch in K2.

4.4 Follow-Up-Testung

Die Durchführung der Follow-Up-Testung fand in K1 am 29.11.2016 und in K2 am 02.12.2016 statt. Am Beginn dieser Untersuchung wurden den Schülerinnen und Schülern die gleichen Instruktionen, wie auch schon bei der Haupttestung, gegeben. Die Probandinnen und Probanden waren nach spätestens 25 Minuten mit dem Ausfüllen des Fragebogens fertig.

5 Auswertung

Für die Auswertung der Befragung werden Methoden der deskriptiven Statistik herangezogen. Die Aufbereitung der Daten erfolgt mit dem Programm Microsoft-Office-Excel 2013. Die Darstellung der Ergebnisse wird mit Hilfe von Tabellen, Diagrammen und statistischen Kennzahlen, wie Mittelwert, Standardabweichung, relativer Häufigkeit, Median, oberes bzw. unteres Quartil (Q3 bzw. Q1) und Spannweite realisiert.⁵⁰

In den nächsten Unterkapiteln erfolgt eine genaue Beschreibung der Aufbereitung und Auswertung der Daten, die aus den Fragebögen gewonnen wurden.

5.1 Aufbereitung der Daten

Im Microsoft-Office-Excel Programm 2013 wird eine Tabelle erstellt, die die Ausprägung der einzelnen Merkmale in Bezug auf die jeweiligen Codes der Schülerinnen und Schüler erfasst. Die Auswertung der Vor-, Haupt- und Follow-Up-Testung wird getrennt voneinander vorgenommen, und anschließend werden die Ergebnisse in verschiedenen Tabellen und Diagrammen miteinander in Verbindung gesetzt und verglichen.

Bei Fragen mit einem dichotomen oder gebundenen Antwortformat wird ein Punkt für die richtige Beantwortung einer Frage bzw. null Punkte für die falsche Antwort gegeben. Teilpunkte gibt es nur, wenn mehrere Antwortmöglichkeiten richtig sind. Bei Ratingskalen wird den fünf Ankreuzmöglichkeiten eine Zahl in absteigender Reihenfolge zugeordnet (z.B. sehr stark = 1, etwas = 2, kaum = 3, eher nicht = 4, gar nicht = 5). Auch bei der Aufbereitung der Physiknoten werden den einzelnen Notengraden Zahlenwerte zugeordnet (1 = Sehr Gut, 2 = Gut, 3 = Befriedigend, 4 = Genügend, 5 = Nicht Genügend). Beim offenen bzw. halboffenen Antwortformat werden (Teil-) Punkte entsprechend der richtigen Antwort vergeben.

Da manche Schülerinnen und Schüler in gewissen Einheiten nicht anwesend waren, kann auch keine Auswertung der entsprechenden Fragebogen-Anteile erfolgen. Die Kennzeichnung im Microsoft-Office-Excel-Programm erfolgt mit einem Punkt in der entsprechenden Zelle der Tabelle.

Im Anhang ist in Tabelle 18 eine Übersicht über die möglichen Punktzahlen der fachlichen Fragen der Haupt- und Follow-Up-Testung in Abhängigkeit von der zu beantwortenden Frage zu finden.

Die Aufbereitung der Daten erfolgt nicht nur unter dem Gesichtspunkt des Vergleichs der beiden Versuchsgruppen K1 und K2. Für erstere wird zusätzlich eine Auswertung der Ergebnisse unter Betrachtung des Geschlechts der Probandinnen und Probanden

⁵⁰ Vgl. Duller (2013), S.9.

durchgeführt. Dazu werden die statistischen Kennzahlen Mittelwert, Standardabweichung und Median jeweils für die männlichen bzw. weiblichen Versuchspersonen ermittelt. Die Tabelle von K1 wird nach der Frage A1.1 sortiert, und anschließend wird eine Auswertung in Abhängigkeit vom Geschlecht der Probandinnen und Probanden vorgenommen. Diese Ergebnisse werden anschließend mit der zweiten Versuchsgruppe (K2) verglichen und zueinander in Verbindung gesetzt, um eventuelle Zusammenhänge in Bezug auf auftretende Besonderheiten aufzuzeigen.

Außerdem wird entsprechend der Ergebnisse der Fragen A2.1 und A2.2 eine Auswertung nach dem Filter *Beruf* durchgeführt. Dabei werden die einzelnen Klassen K1 und K2 getrennt voneinander betrachtet, und wieder die für die Untersuchung relevanten statistischen Parameter berechnet.

Für die Aufbereitung der Physiknoten wird im Gegensatz zur Auswertung der fachlichen Fragen die Angabe des Medians, des oberen bzw. unteren Quartils und der Spannweite bevorzugt. Der Median ist robuster gegen Ausreißer und somit im Gegensatz zum arithmetischen Mittel für die Analyse des ordinal skalierten Parameters, bei dem es keinen quantitativen Abstand zwischen den einzelnen Auswahlmöglichkeiten gibt, repräsentativer. Die Darstellung wird durch ein Box-Plot im Microsoft-Office-Excel Programm 2013 realisiert. Bei den Fragen zum Interesse bzw. zur Motivation und der Selbsteinschätzung des eigenen Wissens der Lernenden, die ebenfalls ordinal skaliert sind, werden die relativen Häufigkeiten für die gegebene Anzahl einer Antwortmöglichkeit bei einer bestimmten Frage berechnet. Anschließend werden die errechneten Werte in einem gestapelten Balkendiagramm dargestellt.

Die Ergebnisse der fachlichen Fragen werden mit Hilfe der statistischen Kennzahlen Mittelwert und Standardabweichung aufbereitet. Die Darstellung der ermittelten Werte erfolgt mit Hilfe von Tabellen bzw. in Punktdiagrammen mit bzw. ohne Fehlerbalken durch die Excel 2013 – Software.

5.2 Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse nach den verschiedenen Merkmalen ausgewertet und dargestellt. Dabei werden das Interesse bzw. die Motivation, die Selbsteinschätzung des Könnens und die fachlichen Leistungen zunächst zwischen den beiden Versuchsgruppen und anschließend innerhalb der Klassen nach entsprechenden Filtern miteinander verglichen.

5.2.1 Vergleich der Versuchsgruppen K1 und K2

Zunächst erfolgt ein Vergleich der beiden Versuchsgruppen K1 und K2 mit Hilfe der oben genannten Kriterien. Dabei sollen Gemeinsamkeiten, Unterschiede oder auch Auffälligkeiten ausgemacht werden.

5.2.1.1 Physiknoten

In Tabelle 15 ist die Anzahl der in K1 und K2 vorkommenden Noten im Fach Physik im Schuljahr 2015/2016 zu finden.

Note	# Schülerinnen und Schüler K1	# Schüler K2
Sehr Gut	2	8
Gut	5	5
Befriedigend	13	3
Genügend	2	0
Nicht Genügend	0	0

Tabelle 15: Notenverteilung in K1 und K2.

Wenn die Noten der beiden Schulklassen K1 und K2 miteinander verglichen werden, ist ein deutlicher Unterschied in der am häufigsten vorkommende Beurteilung zu sehen. In K1 haben die meisten Schülerinnen und Schüler ein *Befriedigend* im Jahreszeugnis von 2015/2016 erhalten, in K2 bekamen die meisten Lernenden ein *Sehr Gut*. Auch in der Streuung der Notengrade um den Zentralwert zeigt sich eine grobe Abweichung. Das Minimum ist mit dem Wert 1 = *Sehr Gut* in beiden Fällen gleich groß, und das Maximum unterscheidet sich auch nur um einen Notengrad (vgl. Abbildung 2). Auffällig ist jedoch, dass der Unterschied vom Median zum kleinsten Wert in K2 deutlich geringer ist als in K1. Das bedeutet, dass die Lehrperson in K1 Noten von *Sehr Gut* bis *Genügend* vergeben hat, wobei rund 32 % der Schülerinnen und Schüler eine der beiden besseren Bewertungen bekommen haben. Die Lehrkraft in K2 hat sich nur der Grade *Sehr Gut* bis *Befriedigend* bedient, und davon entfallen 81 % auf *Sehr Gut* und *Gut*. In der zweiten Versuchsgruppe haben die Lernenden also die deutlich besseren Physiknoten im Schuljahr 2015/2016 erhalten.

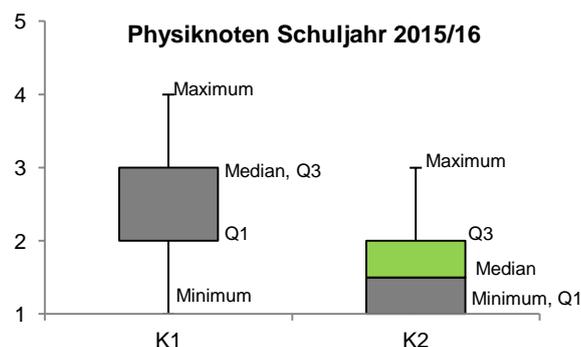


Abbildung 2: Boxplot - Physiknoten von K1 und K2.

5.2.1.2 Interesse und Selbsteinschätzung des Könnens

In diesem Kapitel werden das Interesse bzw. die Motivation und die Selbsteinschätzung des eigenen Könnens zunächst für die Vortestung ausgewertet. Danach wird analysiert, inwiefern sich die beiden Parameter in der Haupttestung entwickelt haben. Zum Schluss werden dann die Ergebnisse der Follow-Up-Testung mit jenen aus der Hauptuntersuchung verglichen. Bei diesem Vergleich wird darauf geachtet, wie stabil die Werte für das Interesse und die Selbsteinschätzung des Könnens im Lauf der Zeit sind.

- Vortestung

In beiden Versuchsgruppen gibt der Großteil der Befragten an, dass er sich *etwas* für das Fach Physik interessiert (69 % in K2 bzw. 55 % in K1). Dabei fällt auf, dass in K2 die Schülerinnen und Schüler vermehrt zur Antwort *etwas* tendieren und die Auswahlmöglichkeiten *sehr* und *gar nicht* von keinem der Lernenden angekreuzt wurden. In K1 hingegen gibt es eine breitere Streuung der ausgewählten Antworten, die Tendenz zu einer bestimmten Antwort ist nicht so groß wie in der anderen Versuchsgruppe (vgl. Abbildung 3). 18% der Probandinnen und Probanden geben an, sich *sehr* für das Fach Physik zu interessieren, wohingegen 5% *gar nicht* angekreuzt haben.

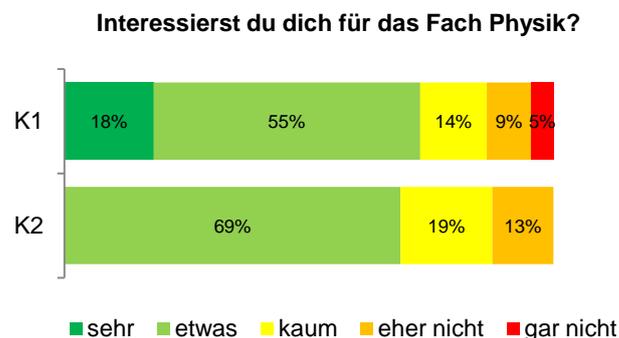


Abbildung 3: Auswertung der Vortestung - Interesse in K1 und K2.

Wird die Selbsteinschätzung des Könnens der Schülerinnen und Schüler in den beiden Versuchsgruppen betrachtet, dann ergibt sich ein anderes Bild (vgl. Abbildung 4).

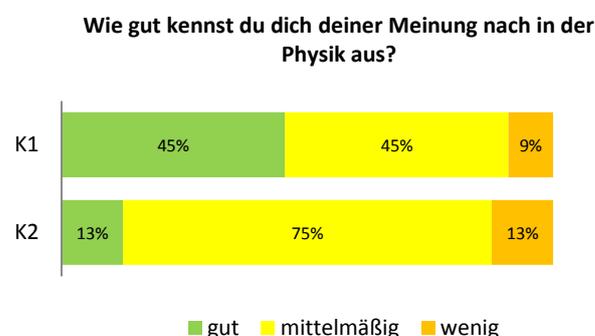


Abbildung 4: Auswertung der Vortestung - Selbsteinschätzung des Könnens in K1 und K2.

Die Lernenden schätzen ihr Wissen relativ ähnlich ein. In K2 zeigt sich eine Tendenz zur Mitte, d.h. die meisten Probandinnen und Probanden geben an, *mittelmäßig* viel im Fach Physik zu wissen. In K1 hingegen zeigt sich eine Verschiebung zu einer besseren Einschätzung des eigenen Könnens. In dieser Versuchsgruppe wählen nämlich gleich viele Kinder die Antwort *gut* und *mittelmäßig* aus (vgl. Abbildung 4). In beiden Klassen hat kein Lernender die Antwort *sehr gut* oder *gar nicht* ausgewählt. Allgemein kann also gesagt werden, dass die Schülerinnen und Schüler aus beiden Klassen ihr eigenes Können im mittleren Bereich sehen – mit leicht besseren Werten für K1 im Vergleich zu K2.

- Entwicklung des Interesses im Laufe der Haupttestung

Bei der Frage nach dem Spaß am Unterricht der vergangenen Unterrichtsstunden, und ob die Probandinnen und Probanden gerne noch mehr über die behandelten Themen lernen wollen, treten ähnliche Antworttendenzen auf. Wenn die einzelnen Versuchsgruppen separat voneinander betrachtet werden, dann wird in K1 festgestellt, dass die meistgewählte Antwort bei beiden Unterrichtsmethoden *etwas* war. Bei den Einheiten ohne Vor- und Nachbereitung der Experimente gibt es jedoch ein positiveres Feedback als bei jenen Stunden, bei denen die Versuche entsprechend in den Unterrichtsverlauf eingebettet wurden. Insgesamt ist das Interesse bei den Einheiten ohne Einbettung der Experimente in K1 größer. In K2 verhält es sich genau anders herum. Wenn die Versuche vor- und nachbereitet werden, geben die meisten Schülerinnen und Schüler an, mehr Spaß an den Stunden gehabt zu haben bzw. mehr lernen zu wollen (69% mit *etwas*) als in den Einheiten ohne entsprechender Einbettung der Experimente (45% mit *kaum*). Dieser Sachverhalt wird auch in Abbildung 5 deutlich.

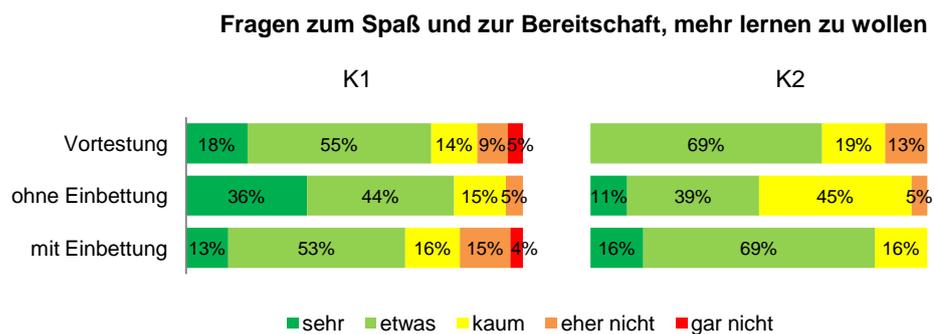


Abbildung 5: Auswertung - Interesse in K1 und K2.

Werden die Versuchsgruppen untereinander verglichen, ergibt sich ein anderes Bild. Die Streuung ist bei den Unterrichtsstunden, in denen keine bzw. kaum Vor- und Nachbereitung der Versuche stattgefunden hat, in beiden Versuchsgruppen ähnlich groß. In K1 gibt es eine Verschiebung zu mehr Interesse der Schülerinnen und Schüler als in K2 (vgl. 36% bzw. 11% mit *sehr* und 15% bzw. 45% mit *kaum*). Wenn die Experimente in den Unterrichtsverlauf eingebettet werden, scheint dies in K2 deutlich mehr Erfolg zu haben als in K1. Dies ist am

größeren Prozentsatz bei der Antwort *etwas* zu erkennen und der breiteren Streuung bei den angekreuzten Skalenniveaus (vgl. Abbildung 5). In K1 werden alle fünf Antworten ausgewählt, wohingegen in K2 nur die drei positiveren Möglichkeiten von den Lernenden in Betracht gezogen werden.

Werden die Ergebnisse für das Interesse aus der Haupttestung mit jenen aus der Vortestung verglichen (vgl. Abbildung 5), so wird festgestellt, dass in K1 die Motivationswerte zeitlich relativ stabil sind. Die meistgewählte Antwort ist sowohl in der Voruntersuchung als auch in den Stunden der Haupttestung *etwas*. Bei den Einheiten ohne Einbettung der Experimente in den Unterrichtsverlauf ergeben sich allerdings höhere Motivationswerte als in den anderen beiden Testungen.

In K2 ist das Interesse der Lernenden in der Vortestung noch am geringsten. Der Anteil der Antwort *sehr* steigt sowohl bei jenen Stunden, bei denen die Versuche nicht entsprechend vor- und nachbereitet worden sind, als auch in weiterer Folge bei den Einheiten, bei denen dies der Fall gewesen ist. Im Gegensatz dazu sinkt die Anzahl der Probandinnen und Probanden, die die Antwort *gar nicht* angekreuzt haben, von der ersten Untersuchung über die Stunden ohne bzw. mit Einbettung der Experimente in den Unterrichtsverlauf. Die Werte für das Interesse der Schülerinnen und Schüler sind in K2 zeitlich also nicht so stabil wie in der anderen Versuchsgruppe.

- Entwicklung der Selbsteinschätzung des Könnens im Laufe der Haupttestung

Bei der Untersuchung zum Erinnerungsvermögen und zur Kenntnis über das jeweilige Stoffgebiet ist zu beobachten, dass bei der gleichen Unterrichtsmethode ähnliche Antworttendenzen der beiden Versuchsgruppen auftreten. Während in K1 die ersten zwei Unterrichtsstunden ohne Einbettung der Experimente in den Unterrichtsverlauf durchgeführt wurden, war in K2 die Vor- und Nachbereitung der Versuche sichergestellt. Umgekehrt verhielt es sich in den darauffolgenden beiden Stunden. In Abbildung 6 sind die relativen Häufigkeiten für die Entwicklung der Selbsteinschätzung des eigenen Könnens grafisch dargestellt.

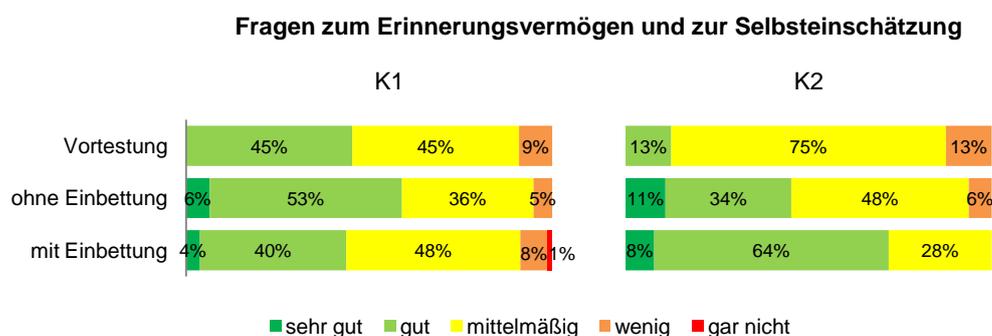


Abbildung 6: Auswertung - Selbsteinschätzung des Könnens in K1 und K2.

In den ersten beiden Stunden der Untersuchung kreuzten die meisten Schülerinnen und Schüler in beiden Klassen an, sich gut zu erinnern können und eine gute Kenntnis über das jeweilige Stoffgebiet haben. Anders verhält es sich bei den letzten beiden Unterrichtseinheiten. Hier zeigt sich ebenfalls eine Übereinstimmung in den Antworttendenzen der beiden Versuchsgruppen. Fast die Hälfte aller Probandinnen und Probanden (jeweils 48%) gaben an, ein mittelmäßiges Erinnerungsvermögen und eine ebenso große Kenntnis über das Thema der beiden Stunden zu haben (vgl. Abbildung 6) ersichtlich.

Wird die Entwicklung der Selbsteinschätzung des Könnens von der Vor- über die Haupttestung betrachtet, so zeigt sich in K1 und K2 ein ähnliches Bild wie schon bei den Fragen zum Interesse. In K1 sind die Werte über alle Untersuchungen hinweg relativ stabil. Im Vergleich sind die Ergebnisse aus der Vortestung und aus den Unterrichtseinheiten mit Einbettung der Experimente wieder ähnlich groß. Werden die Versuche nicht entsprechend eingebettet, zeigt sich jedoch eine leicht bessere Selbsteinschätzung des eigenen Könnens bei den Schülerinnen und Schülern.

In K2 gibt es hingegen eine deutliche Verschiebung zu positiveren Antworten, wie in Abbildung 6 zu erkennen ist. Das bedeutet, dass diese Versuchsgruppe ihr Wissen in den Stunden, in denen die Experimente nicht vor- und nachbereitet worden sind, schon besser einschätzt als noch in der Vortestung. In den Einheiten, in denen die Experimente in den Unterrichtsverlauf eingebettet worden sind, ist die Selbsteinschätzung des eigenen Könnens bei den Lernenden sogar noch besser.

- Stabilität des Interesses in der Haupt- und Follow-Up-Testung

In diesem Unterkapitel wird das Interesse der beiden Versuchsgruppen auf ihre Stabilität über die Dauer der Haupt- und Follow-Up-Testung untersucht.

Wird K1 betrachtet, so ist erkennbar, dass die Motivationswerte über die Dauer der beiden Untersuchungen schlechter werden. Bei den Stunden ohne Einbettung der Experimente in den Unterrichtsverlauf erhöht sich zwar der Prozentsatz der am meisten angekreuzten Antwort *etwas* in der Follow-Up-Testung. Dafür verschiebt sich der relative Anteil der Schülerinnen und Schüler, die sehr viel Spaß an den Einheiten hatten und gerne noch mehr lernen würden zu deutlich negativeren Antworttendenzen (vgl. 36% in der Haupttestung zu 18% in der Follow-Up-Testung mit *sehr*). Dieser Sachverhalt wird auch dadurch deutlich, dass in der ersten Untersuchung niemand die Möglichkeit *gar nicht* ankreuzte, in der nachfolgenden jedoch 9%.

Bei den Unterrichtsstunden in K1, bei denen die Versuche vor- und nachbereitet wurden, sind die Motivationswerte wesentlich stabiler. Zwar ergeben sich auch leichte

Verschiebungen, aber insgesamt 66% der Probandinnen und Probanden kreuzten in der Haupttestung *sehr* oder *etwas* an, im Vergleich dazu waren es in der Follow-Up-Testung 62%. Bei den Schülerinnen und Schülern, die negative Antworten bei den Fragen zum Interesse gaben, blieben die Werte ebenfalls relativ stabil (19% in der ersten und 22% in der abschließenden Untersuchung).

Dieser Unterschied in den Ergebnissen der beiden Unterrichtsmethoden innerhalb der Versuchsgruppe K1 wird auch in Abbildung 7 deutlich.

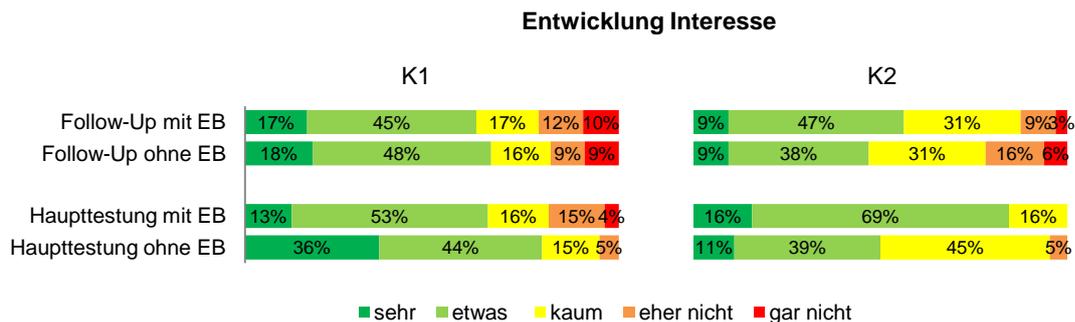


Abbildung 7: Auswertung - Entwicklung des Interesses in K1 und K2 (EB = Einbettung).

In K2 unterscheiden sich die Motivationswerte der Haupttestung bei den Stunden, die mit entsprechender Einbettung der Experimente in den Unterrichtsverlauf durchgeführt wurden, deutlich von jenen aus der Follow-Up-Testung. Die Verschiebung der angekreuzten Antworten zeigt einen deutlichen Trend zu negativeren Interessenswerten. Waren in der Haupttestung noch 69% für *etwas*, so entschieden sich in der Follow-Up-Testung nur mehr 47% für die gleiche Antwort. In der ersten Untersuchung kreuzte auch niemand die Antworten *eher nicht* und *gar nicht* an, was sich mit dem nachfolgenden Fragebogen deutlich änderte (insgesamt 11%). Auch bei neutralen Antwortmöglichkeiten zeigt sich eine ähnliche Verschiebung. Hatten zu Beginn noch 16% kaum Interesse, so entschieden sich später 31% der Lernenden für diese Antwort.

In den Stunden, in denen die Versuche nicht vor- und nachbereitet wurden, trat in der Haupttestung bei den positiven Antwortmöglichkeiten zum Interesse ein ähnlich großer Prozentsatz wie in der Follow-Up-Testung auf. Eine Verschiebung zu negativen Motivationswerten im Verlauf der Zeit wird erst ab relativ neutralen Angaben wie *kaum* beobachtet. In der Haupttestung kreuzten noch 45% der Befragten diese Möglichkeit an, in der anschließenden Untersuchung waren es nur mehr 31% und dafür ein größerer Anteil bei den Antworten *eher nicht* und *gar nicht*.

Überhaupt wird beobachtet, dass sich die Ergebnisse in K2 in Bezug auf die Motivation in der Haupttestung noch deutlich unterscheiden, wenn eine andere Unterrichtsmethode

eingesetzt wird. In der Follow-Up-Testung erfolgt eine Angleichung der Werte (vgl. Abbildung 7). Eine Interpretation dieser Tatsache wird in Kapitel 6 vorgenommen.

- Stabilität der Selbsteinschätzung des Könnens in der Haupt- und Follow-Up-Testung

Werden die Ergebnisse aus der ersten Untersuchung mit jenen aus der darauffolgenden Untersuchung verglichen, so wird bei den Stunden ohne Einbettung der Experimente in den Unterrichtsverlauf festgestellt, dass in beiden Fällen der Großteil der Schülerinnen und Schüler in K1 ihr Wissen als gut einschätzen. Eine leichte Verschiebung ergibt sich jedoch, da in der Haupttestung insgesamt 10% mehr Lernende *gut* auf die Fragen zur Selbsteinschätzung des Könnens und 9% mehr Probandinnen und Probanden *mittelmäßig* ankreuzten als in der anschließenden Follow-Up-Testung. Dafür erhöht sich der Prozentsatz derer, die angeben, sich sehr gut an die betreffenden Stunden zu erinnern und sich sehr gut auszukennen, um 5%. Eine 13%-ige Steigerung gibt es bei der Antwortmöglichkeit *wenig*. Die Beantwortung innerhalb von K1 wird in der Follow-Up-Testung also ausgeglichener.

Bei den Unterrichtsstunden, bei denen die Experimente gut vor- und nachbereitet wurden, zeigt sich in der Follow-Up-Testung ein völlig umgekehrtes Bild, was die Mehrzahl der Antworten betrifft. Gaben in der ersten Untersuchung noch die meisten Lernenden an, sich mittelmäßig bei den behandelten Themen auszukennen (48%), so beantworteten die meisten Schülerinnen und Schüler in der Follow-Up-Testung diese Fragen mit *gut* (52%). Wie auch schon bei den Einheiten ohne entsprechende Einbettung der Versuche sinken die Werte für die Antwort *mittelmäßig*. Dafür steigt wiederum der Prozentsatz jener Personen, die ihr Wissen als *sehr gut* und auf der anderen Seite als *wenig* bezeichnen von der Haupt- zur Follow-Up-Testung.

Die Werte für die Selbsteinschätzung des Könnens in K1 sind also sowohl bei Unterrichtsstunden mit als auch ohne Vor- und Nachbereitung der Experimente über beide Untersuchungen hinweg nicht so stabil wie die Motivationswerte (vgl. Abbildung 8).

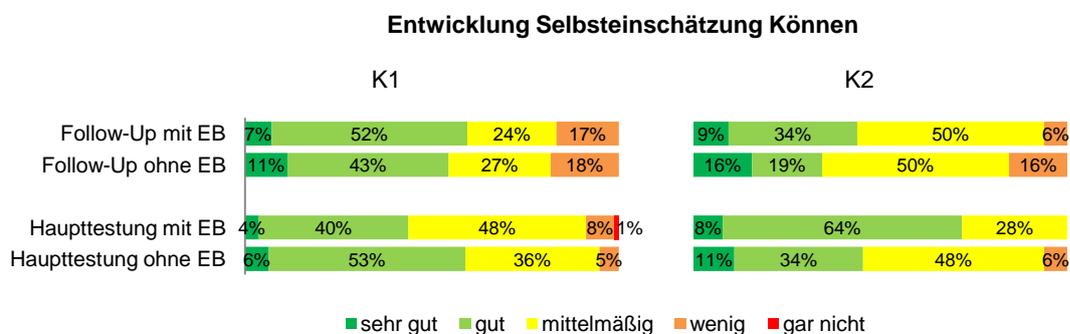


Abbildung 8: Auswertung - Entwicklung der Selbsteinschätzung des eigenen Könnens in K1 (EB = Einbettung).

Bei K2 ergibt sich eine noch geringere Stabilität der Werte zur Selbsteinschätzung des eigenen Könnens als bei K1. In den Stunden mit entsprechender Einbettung der

Experimente in den Unterrichtsverlauf verschiebt sich das Maximum der meistgewählten Antworten von *gut* (Haupttestung: 64%, Follow-Up-Testung: 34%) zu *mittelmäßig* (Haupttestung: 28%, Follow-Up-Testung: 50%). Das bedeutet, dass die Schülerinnen und Schüler ihr eigenes Können bzw. Wissen in den Stunden mit Vor- und Nachbereitung der Versuche in der abschließenden Untersuchung deutlich schlechter einschätzen als noch in der vorangegangenen Testung (vgl. Abbildung 8).

Werden die Einheiten ohne Einbettung der Experimente in den Unterrichtsverlauf betrachtet, dann ergibt sich ein komplett anderes Bild. Bei beiden Untersuchungen gab die Mehrheit der Probandinnen und Probanden an, sich *mittelmäßig* im betreffenden Stoffgebiet auszukennen. Überhaupt sind in diesen beiden Unterrichtsstunden die Werte in der Follow-Up-Testung viel ausgeglichener als noch in der Haupttestung. Es handelt sich dabei um die gleichen Einheiten wie jene in der Klasse K1, bei der die Versuche in diesen Stunden vor- und nachbereitet wurden. Ein Zusammenhang mit den jeweiligen Stunden wird also festgestellt und in Kapitel 6 eingehend analysiert.

Abschließend kann für K2 also festgestellt werden, dass diese Versuchsgruppe in der Follow-Up-Testung eine wesentlich größere Tendenz zur Mitte aufzeigt als noch in der Haupttestung bzw. im Vergleich zu K1.

5.2.1.3 Fachliche Fragen

Bei den fachlichen Fragen werden zunächst die Ergebnisse aus der Vor- und Haupttestung zwischen den beiden Versuchsgruppen verglichen. Anschließend erfolgt ein Vergleich mit den Leistungen, die von den Schülerinnen und Schülern im Rahmen der Follow-Up-Testung erzielt worden sind.

- Vor- und Haupttestung

In Tabelle 19, die sich im Anhang befindet, wird die Anzahl der Lernenden, die eine gewisse Punktzahl in K1 bzw. K2 erreicht haben, dargestellt. Zusätzlich sind noch die Mittelwerte (MW) sowie die Standardabweichungen (SD) für die Fragen einer Testung zu finden, d.h. separat für die Vortestung bzw. jede einzelne Stunde.

Die Mittelwerte der einzelnen Stunden bzw. der Vortestung sind in Abbildung 9 in einem Punktdiagramm mit Fehlerbalken dargestellt.

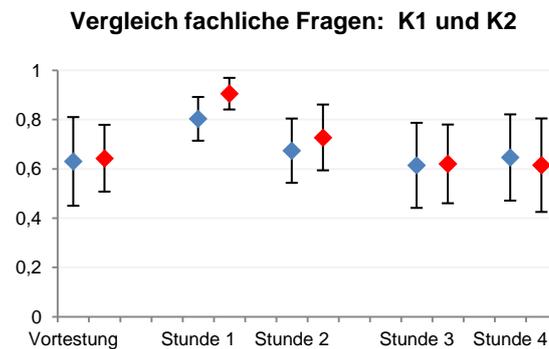


Abbildung 9: Vergleich der Ergebnisse der fachlichen Fragen von K1 und K2.
 ◆ = Mittelwert von K1, ◆ = Mittelwert von K2.

Dabei entsprechen die farbigen Raute den Mittelwerten der jeweiligen Versuchsgruppe (◆ = Mittelwert von K1, ◆ = Mittelwert von K2). Die Standardabweichung wird durch die Fehlerbalken, die von der entsprechenden Raute ausgehen, dargestellt.

In Abbildung 9 ist zu erkennen, dass K1 lediglich in Stunde 4 die bessere Gesamtleistung laut Mittelwert im Vergleich zu K2 geschafft hat. In jeder anderen Testung schneidet K2 besser ab – wenn auch teilweise nur knapp. Die Standardabweichungen für die jeweiligen Mittelwerte sind in K1 und K2 ähnlich hoch. Die größte Abweichung in der Streuung ist bei den Fragen zur Vortestung zu finden.

Erfolgt ein Vergleich der beiden Versuchsgruppen, indem die Unterrichtsmethode betrachtet wird, so ändern sich die Mittelwerte und Standardabweichungen von Stunde 1 bis Stunde 4. In Abbildung 10 ist eine grafische Darstellung der neu berechneten Mittelwerte und Standardabweichungen zu finden.

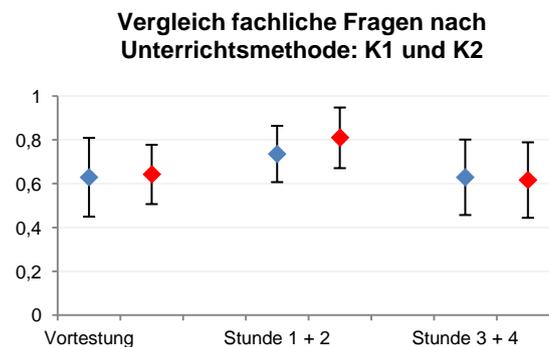


Abbildung 10: Vergleich der fachlichen Fragen von K1 und K2 nach Unterrichtsmethode.
 ◆ = Mittelwert von K1, ◆ = Mittelwert von K2.

Werden die Werte für K1 und K2 aus Abbildung 10 miteinander verglichen, dann ist folgender Trend erkennbar: In der Vortestung hat K2 den besseren Mittelwert und somit quantitativ mehr Vorwissen als K1. In den Stunden, in denen in der Versuchsgruppe K2 die

Experimente entsprechend vor- und nachbereitet wurden, d.h. in Stunde eins und zwei, zeigt diese Klasse ebenfalls die besseren fachlichen Leistungen. In den letzten beiden Unterrichtseinheiten, in denen in K1 die Versuche in den Unterrichtsverlauf eingebettet wurden, ergibt sich für diese Versuchsgruppe auch der höhere Mittelwert. Die Standardabweichungen können bis auf die Vortestung wieder als ähnlich groß angesehen werden.

- Follow-Up-Testung

In der abschließenden Testung wurden, wie auch schon in Kapitel 3 erwähnt, dieselben fachlichen Fragen wie in der Haupt- bzw. Vortestung gestellt. Eine Übersicht über die gegebenen Antworten der Schülerinnen und Schüler ist in Tabelle 20 zu finden, die sich wiederum im Anhang befindet.

Die grafische Darstellung der Mittelwerte bzw. Standardabweichungen ist in Abbildung 11 zu finden. Dabei wird wieder eine Betrachtung der Ergebnisse aus den Fragen der Vortestung und jenen der einzelnen Unterrichtsstunden vorgenommen.

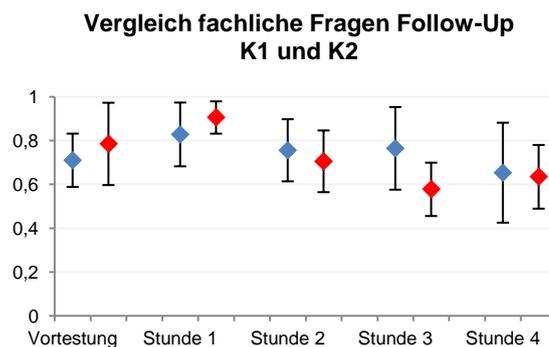


Abbildung 11: Vergleich der Ergebnisse der fachlichen Fragen in der Follow-Up-Testung.
 ◆ = Mittelwert von K1, ◆ = Mittelwert von K2.

Wird Abbildung 11 betrachtet, so ist erkennbar, dass K2 in den Fragen der Vortestung und der ersten Stunde besser abschneidet als K1. In den restlichen drei Einheiten (Stunde zwei bis vier) verhält es sich genau anders herum. Wird dieses Ergebnis mit Abbildung 9 verglichen, fällt sofort auf, dass K2 in der Haupttestung nicht nur in der ersten Einheit, sondern auch in Stunde zwei den höheren Mittelwert im Vergleich der beiden Versuchsgruppen hatte. In den restlichen Fragen der einzelnen Einheiten bzw. der Vortestung lässt sich in den Ergebnissen der Haupttestung eine ähnliche Systematik zu jenen der anschließenden Untersuchung finden. Eine Veränderung der leistungsmäßig besseren Klasse ist also nur bei der Betrachtung der zweiten Einheit zu beobachten. Auf eine genauere Analyse bzw. Interpretation der Ergebnisse wird jedoch erst in Kapitel 6 eingegangen.

Werden die Ergebnisse nicht nach den Fragen der einzelnen Stunden betrachtet, sondern nach der Unterrichtsmethode, so sind die neu berechneten Mittelwerte und Standardabweichungen in Abbildung 12 grafisch veranschaulicht.

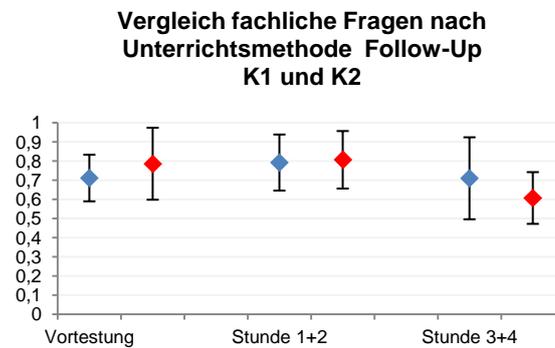


Abbildung 12: Vergleich der fachlichen Fragen nach Unterrichtsmethode in der Follow-Up-Testung.
 ◆ = Mittelwert von K1, ◆ = Mittelwert von K2.

Es ergibt sich ein ähnliches Bild zu den Ergebnissen aus der Haupttestung (vgl. Abbildung 10). K2 erzielt beim Mittelwert die besseren Ergebnisse in den Fragen der Vortestung sowie den ersten beiden Stunden. In Stunde 3 und 4 hat K1 das höhere arithmetische Mittel. Die beiden Versuchsgruppen erzielen also genau dann die besseren Leistungen im Vergleich zur anderen Klasse, wenn die Unterrichtseinheiten mit entsprechender Vor- und Nachbereitung der Experimente durchgeführt werden.

In Abbildung 13 werden die Ergebnisse aus der Haupttestung mit jenen aus der Follow-Up-Testung in K1 verglichen.

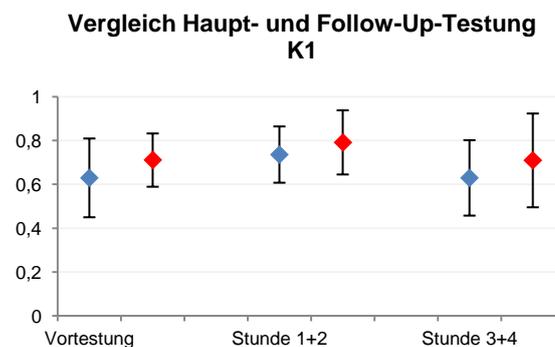


Abbildung 13: Vergleich der fachlichen Fragen aus der Haupt- und Follow-Up-Testung in K1.
 ◆ = Mittelwert Haupttestung, ◆ = Mittelwert Follow Up.

In Abbildung 14 ist der gleiche Vergleich für K2 veranschaulicht.

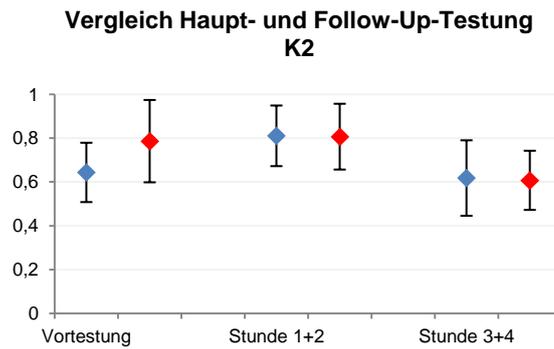


Abbildung 14: Vergleich der fachlichen Fragen aus der Haupt- und Follow-Up-Testung in K2.
 ◆ = Mittelwert Haupttestung, ◆ = Mittelwert Follow Up.

In Abbildung 13 und Abbildung 14 ist deutlich zu erkennen, dass K1 im Gegensatz zu K2 in der Follow-Up-Testung eine deutliche Steigerung der fachlichen Leistungen aufweist – im Vergleich zur Haupttestung. In den Fragen der Vortestung ist in beiden Versuchsgruppen eine Steigerung der Leistung zu erkennen. Dies war aufgrund der Unterrichtsstunden, die dazwischen durchgeführt wurden, und dem damit verbundenen Lernzuwachs zu erwarten. Was es aber mit der Leistungssteigerung von K1 im Vergleich zu K2 auf sich hat, wird durch eine genauere Betrachtung weiterer Parameter im Kapitel 5.2.2 und 5.2.3 analysiert.

5.2.2 Vergleich von K1 und K2 in Bezug auf das Geschlecht der Lernenden

In Bezug auf den fachlichen Leistungszuwachs in K1 in der Follow-Up-Untersuchung im Vergleich zur Haupttestung erfolgt nun eine Auswertung der Ergebnisse in Hinblick auf das Geschlecht der Lernenden.

5.2.2.1 Physiknoten Mädchen – Buben

In Tabelle 16 ist die Anzahl der Schülerinnen bzw. Schüler, die eine bestimmte Note im Schuljahr 2015/16 ins Zeugnis bekommen haben, dargestellt.

Note	# Schülerinnen K1	# Schüler K1	# Schüler K2
Sehr Gut	1	1	8
Gut	2	3	5
Befriedigend	5	8	3
Genügend	1	1	0
Nicht Genügend	0	0	0

Tabelle 16: Physiknoten in Bezug auf das Geschlecht.

Eine grafische Veranschaulichung der Lage- und Dispersionsmaße ist in Abbildung 15 zu finden.

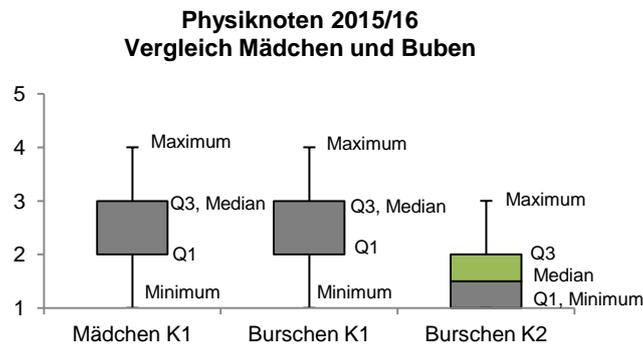


Abbildung 15: Boxplot - Physiknoten in Bezug auf das Geschlecht in K1 und K2.

Wenn die Ergebnisse aus Tabelle 16 mit den Lage- und Dispersionsmaßen aus Abbildung 15 verglichen werden, so wird festgestellt, dass die Noten zwischen Mädchen und Buben innerhalb von K1 annähernd gleich verteilt sind. Die Physiknoten der Schüler in K1 und K2 können nicht wirklich miteinander verglichen werden, da die beiden Schulklassen im vorigen Schuljahr eine andere Lehrperson im Fach Physik hatten.

Aufgrund der Notenverteilung zwischen weiblichen und männlichen Lernenden lässt sich also kein Zusammenhang mit dem fachlichen Leistungszuwachs der Schülerinnen und Schüler aus K1 im Vergleich zu K2 in der Follow-Up-Testung feststellen.

5.2.2.2 Interesse und Selbsteinschätzung des Könnens Mädchen – Buben

In den ersten beiden Unterrichtseinheiten ist deutlich erkennbar, dass das Interesse der Schüler in K2 im Laufe der Follow-Up-Testung und im Vergleich zur Haupttestung deutlich abnimmt, wohingegen die Motivationswerte für die Mädchen und Buben aus K1 annähernd gleich bleiben. Dies wird in Abbildung 16 ersichtlich. Daher könnte ein Zusammenhang mit den fachlichen Leistungssteigerungen in der Follow-Up-Testung von K1 bestehen.

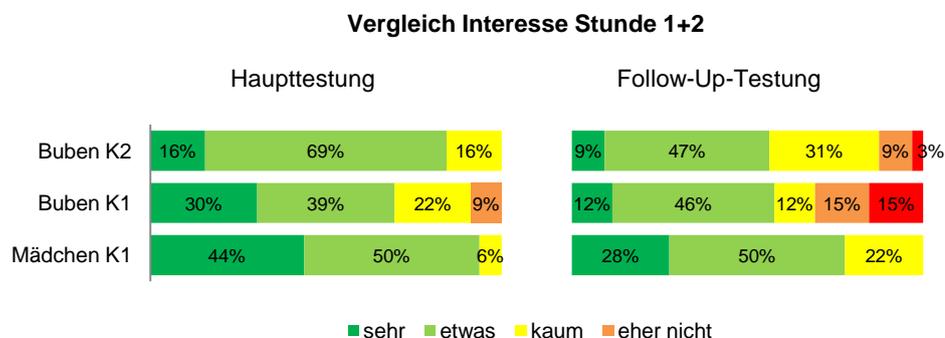


Abbildung 16: Auswertung – Interesse in Stunde 1 und 2 in Bezug auf das Geschlecht.

In Stunde drei und vier bleibt lediglich der Verlauf für das Interesse bei den männlichen Lernenden in K1 gleich. Bei den Schülerinnen aus K1 zeigt sich ein deutlicher Motivationsabfall (von 44% auf 28% mit *sehr* bei gleichbleibendem Prozentsatz für *etwas*) Bei den Schülern aus K2 ergibt sich ebenfalls eine leichte Verschiebung zu negativeren Werten für das Interesse, was auch in Abbildung 17 zu erkennen ist.

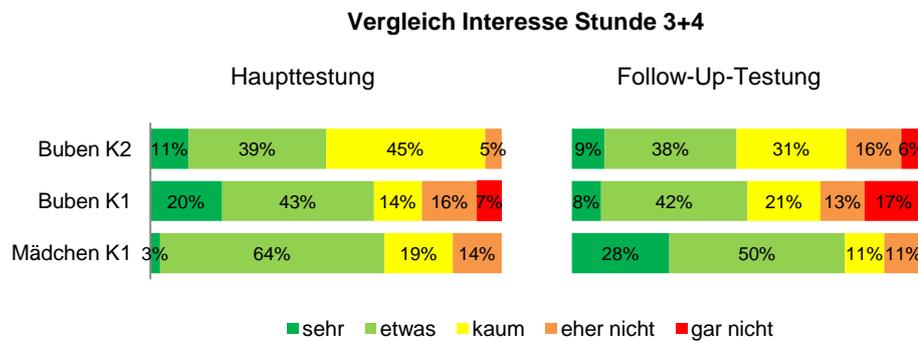


Abbildung 17: Auswertung - Interesse in Stunde 3 und 4 in Bezug auf das Geschlecht.

Wird die Selbsteinschätzung des eigenen Könnens zwischen den Schülerinnen bzw. Schülern in K1 und den Buben in K2 verglichen, dann ist erkennbar, dass die Mädchen und die männlichen Lernenden sich in der Haupttestung in den ersten beiden Stunden ähnlich hoch einschätzen. Dies ist auch in Abbildung 18 zu sehen.

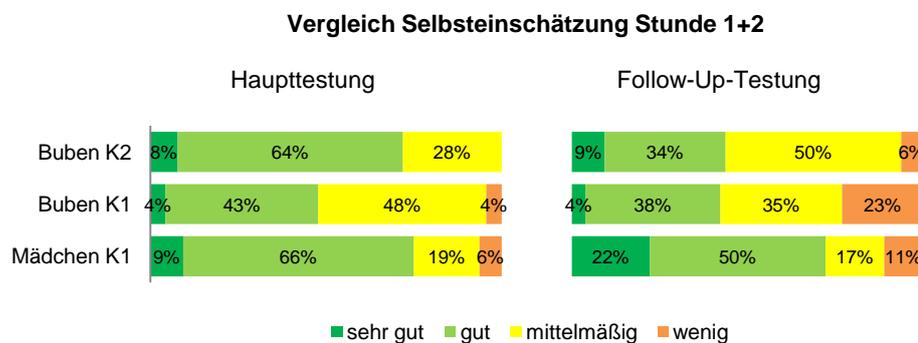


Abbildung 18: Auswertung - Selbsteinschätzung in Stunde 1 und 2 in Bezug auf das Geschlecht.

In der Follow-Up-Testung nimmt die Selbsteinschätzung der Probanden deutlich ab. Bei den Buben der beiden Versuchsgruppen ist die Abnahme ähnlich groß, und bei den männlichen Lernenden in K2 gibt es sogar eine Verschiebung der meistgegebenen Antworten von *gut* zu *mittelmäßig*. Bei den Mädchen hingegen ist dieser Trend nicht zu beobachten. Einerseits erhöht sich der Prozentsatz jener Schülerinnen, die angeben, sich *sehr gut* auszukennen, deutlich. Auf der einen Seite kommt es auch zu einem leichten Abfall bei den negativeren Antworttendenzen (vgl. Abbildung 18).

Werden die beiden letzten Stunden betrachtet, dann ist zu erkennen, dass die Selbsteinschätzung der Buben sowohl in K1 als auch in K2 eine ähnliche relative Häufigkeit

für die jeweiligen Antwortmöglichkeiten in der Haupttestung aufweist – mit einem deutlichen Trend zur Mitte. Dieser Sachverhalt ist in Abbildung 19 grafisch dargestellt.

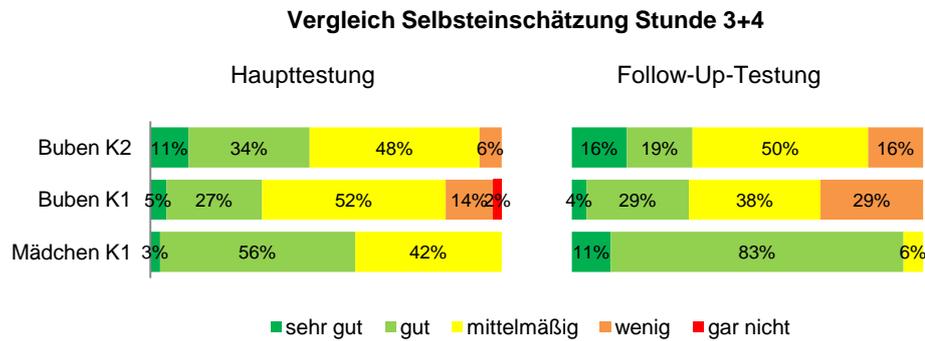


Abbildung 19: Auswertung - Selbsteinschätzung in Stunde 3 und 4 in Bezug auf das Geschlecht.

Die Mädchen in K1 schätzten ihr eigenes Wissen als *gut* ein, wohingegen die männlichen Probanden aus beiden Versuchsgruppen am häufigsten *mittelmäßig* ankreuzten. In der Follow-Up-Testung gibt es einen sprunghaften Anstieg des Kompetenzerlebens bei den Schülerinnen in K1 (von 56% mit *gut* zu 83%). Bei den Schülern in K2 ist die Selbsteinschätzung über die beiden Untersuchungen relativ stabil, aber bei den Buben in K1 gibt es einen leichten Abfall in den relativen Häufigkeiten bei der meistgegebenen Antwort. Diese Tatsache könnte einen Zusammenhang mit den in Kapitel 5.1.2.3 (Unterpunkt Follow-Up-Testung) für Stunde drei und vier darstellen.

5.2.2.3 Fachliche Leistungen im Vergleich Mädchen – Buben

Beim Vergleich der fachlichen Leistungen unter dem Geschlechteraspekt wird auf eine Darstellung mit Standardabweichung verzichtet. Die Entwicklung der Mittelwerte von der Haupttestung über die Follow-Up-Testung steht im Vordergrund und wird als wesentlich für repräsentative Aussagen erachtet. Eine grafische Darstellung der Entwicklung der fachlichen Leistungen in Hinblick auf das Geschlecht der Probandinnen und Probanden ist in Abbildung 20 zu finden.

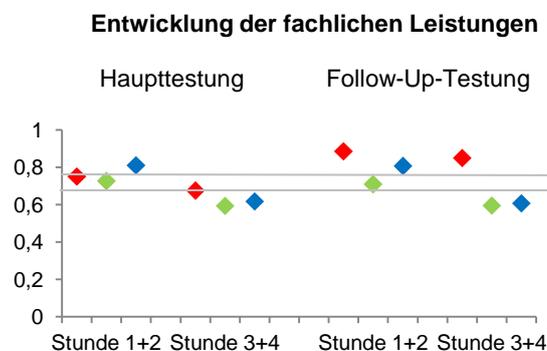


Abbildung 20: Vergleich der Entwicklung der fachlichen Leistungen von Mädchen und Buben.
 ◆ = Mittelwert Mädchen K1, ◆ = Mittelwert Buben K1, ◆ Mittelwert Buben K2.

In Abbildung 20 ist deutlich zu erkennen, dass sich die Leistungen der Buben sowohl in K1 als auch in K2 von der ersten Untersuchung bis zur abschließenden Untersuchung nicht gravierend verändert haben. Ein deutlicher Sprung im Wissen über die jeweiligen Unterrichtsstunden wird aber bei den Mädchen in K1 beobachtet. Dieser Sachverhalt wird deutlich, wenn die grauen horizontalen Hilfslinien in Abbildung 20 betrachtet werden.

Die Mädchen in K1 scheinen also der Grund für den deutlichen Leistungszuwachs in der Follow-Up-Testung im Vergleich zur Haupttestung zu sein. Damit kann eine durchaus repräsentative Antwort auf die Frage in Kapitel 5.1.2.3 gegeben werden.

5.2.3 Vergleich von K1 und K2 in Bezug auf den Beruf der Eltern der Lernenden

Um den fachlichen Leistungszuwachs in K1 in der Follow-Up-Untersuchung im Vergleich zur Haupttestung genauer zu untersuchen, findet außerdem eine Auswertung der Ergebnisse in Hinblick auf den Beruf der Eltern der Probandinnen und Probanden statt.

5.2.3.1 Physiknoten der Kinder mit Eltern in bzw. ohne naturwissenschaftlichem Beruf

In den beiden Versuchsgruppen gaben nur fünf der insgesamt 38 Probandinnen und Probanden an, dass ihre Eltern in einem naturwissenschaftlichen (kurz: nawi) Beruf arbeiten. Die Anzahl der Schülerinnen und Schüler, deren Eltern keiner bzw. einer naturwissenschaftlichen Tätigkeit nachgehen, ist in Tabelle 17 dargestellt, in Abbildung 21 sind die entsprechenden Lage- und Dispersionsmaße in einem Boxplot abgebildet.

Note	# Lernenden mit Eltern mit nawi Beruf	# Lernenden mit Eltern ohne nawi Beruf
Sehr Gut	1	9
Gut	2	8
Befriedigend	2	14
Genügend	0	2
Nicht Genügend	0	0

Tabelle 17: Physiknoten in Bezug auf den Beruf der Eltern.

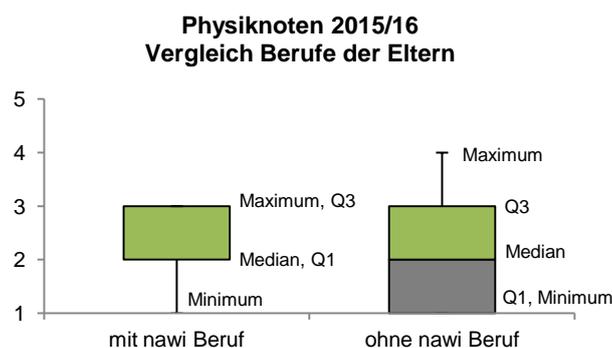


Abbildung 21: Boxplot - Physiknoten in Bezug auf den Beruf der Eltern.

In Abbildung 21 wird ersichtlich, dass der Median in beiden Klassifikationen (Eltern mit bzw. ohne naturwissenschaftlichen Beruf) gleich groß ist. Diese Darstellung spiegelt allerdings nicht die relativen Häufigkeiten wieder. In Tabelle 17 wird deutlich, dass die meisten Lernenden, deren Eltern nicht in einem naturwissenschaftlichen Beruf arbeiten, ein *Befriedigend* im Jahreszeugnis des Schuljahres 2015/16 erhielten. Wegen der geringen Anzahl der Schülerinnen und Schüler mit Eltern in einem naturwissenschaftlichen Beruf lässt sich über die Notenverteilung in dieser Gruppe keine vergleichbaren Aussagen mit den Lernenden aus der anderen Kategorie treffen.

5.2.3.2 Interesse und Selbsteinschätzung des eigenen Könnens der Kinder mit Eltern in bzw. ohne naturwissenschaftlichem Beruf

Von den Schülerinnen und Schülern, deren Eltern einen naturwissenschaftlichen Beruf ausüben, gaben in der Haupttestung 50% nach den ersten beiden Unterrichtseinheiten an, sich *sehr* für die Inhalte der vorangegangenen Stunden zu interessieren. Im Vergleich dazu interessierte sich ein Großteil der Befragten, deren Eltern laut Einschätzung der Lernenden nicht in einem naturwissenschaftlichen Beruf tätig waren, *etwas* für diese Themen, was auch in Abbildung 22 zu sehen ist.

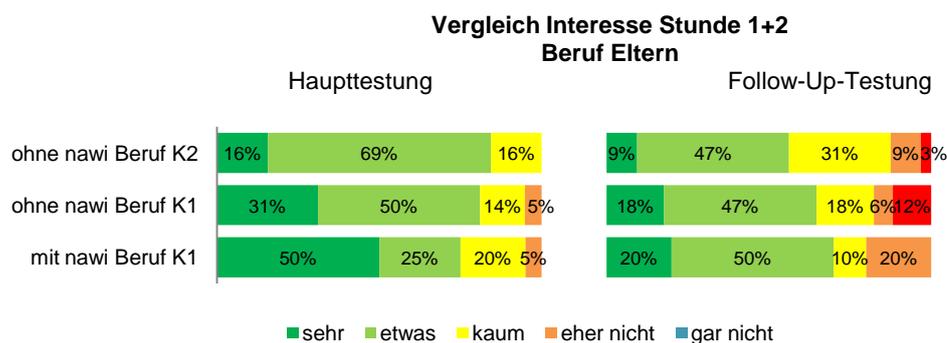


Abbildung 22: Auswertung - Interesse in Stunde 1 und 2 in Bezug auf den Beruf der Eltern.

In der Follow-Up-Testung ist ein Angleich der Angaben in Bezug auf das Interesse zu beobachten. Mit einem ähnlichen Prozentsatz von knapp der Hälfte der Probandinnen und Probanden gaben die meisten der Lernenden in allen drei Gruppen (mit nawi Beruf K1, ohne nawi Beruf K1 und ohne nawi Beruf K2) an, sich *etwas* für die Inhalte zu interessieren. Die relative Häufigkeit veränderte sich bei allen Schülerinnen und Schülern von der Haupttestung zur Follow-Up-Untersuchung zu negativeren Antworttendenzen (vgl. Abbildung 22).

In den letzten beiden Stunden sind die Motivationswerte in allen Versuchsgruppen stabiler als in den vorangegangenen Einheiten. Eine leichte Verschiebung zu negativen Antworttendenzen ist bei allen Schülerinnen und Schülern in K1 zu beobachten. Dies ist zwar auch bei den Lernenden aus K2 der Fall, jedoch verschiebt sich das Maximum der am

häufigsten gegebenen Antworten von *kaum* in der Haupttestung zu *etwas* in der Follow-Up-Testung. Dieser Sachverhalt wird in Abbildung 23 deutlich.

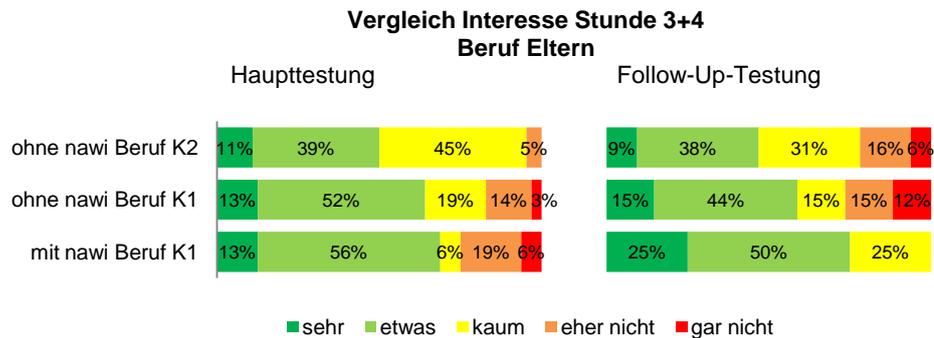


Abbildung 23: Auswertung - Interesse in Stunde 3 und 4 in Bezug auf den Beruf der Eltern.

In Bezug auf die Frage nach der Leistungssteigerung in K1 von der Haupttestung über die Follow-Up-Testung, lässt sich aufgrund von zwei Faktoren keine Aussage treffen. Einerseits gibt es eine zu geringe Anzahl an Befragten, die angaben, dass ihre Eltern einen naturwissenschaftlichen Beruf ausüben. Daher können keine repräsentativen statistischen Kennzahlen ermittelt werden. Auf der anderen Seite zeigen sich anhand der grafischen Darstellungen in den Abbildungen Abbildung 22 und Abbildung 23 keine Auffälligkeiten, die in einem Zusammenhang mit den fachlichen Leistungssteigerungen stehen könnten.

Bei der Selbsteinschätzung des eigenen Könnens verhält es sich im Vergleich der relativen Häufigkeiten in Bezug auf die berufliche Tätigkeit der Eltern ähnlich wie bei den Motivationswerten. Dies ist in Abbildung 24 und Abbildung 25 ersichtlich.

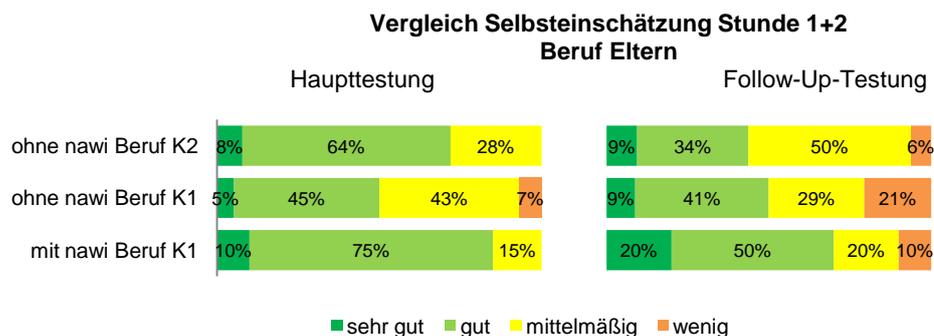


Abbildung 24: Auswertung Selbsteinschätzung in Stunde 1 und 2 in Bezug auf den Beruf der Eltern.

Von der Haupttestung bis zur Follow-Up-Testung kommt es bei den ersten beiden Unterrichtsstunden zu einem Abfall in den Werten, wie die Schülerinnen und Schüler aller Versuchsgruppen ihr eigenes Wissen einschätzen (vgl. Abbildung 24).

Der gleiche Effekt kann auch in Stunde drei und vier bei den Lernenden mit Eltern in einem naturwissenschaftlichen Beruf in K1 beobachtet werden (vgl. Abbildung 25).

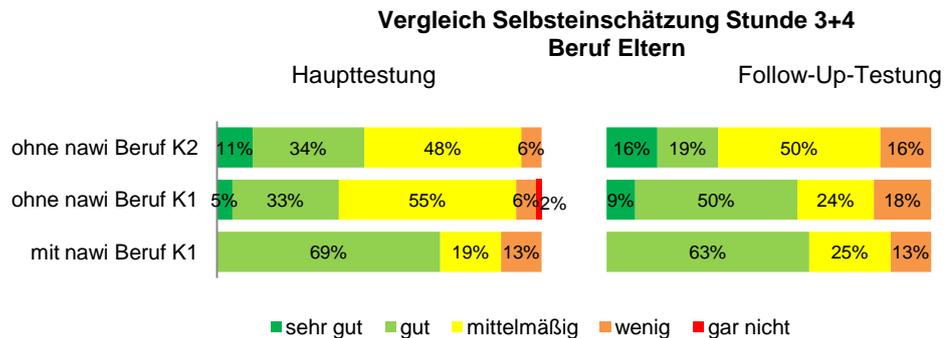


Abbildung 25: Auswertung - Selbsteinschätzung in Stunde 3 und 4 in Bezug auf den Beruf der Eltern.

Die Probandinnen und Probanden, deren Mutter bzw. Vater keiner naturwissenschaftlichen Tätigkeit nachgehen, schätzen sich in der Follow-Up-Testung jedoch tendenziell besser ein als noch in der Haupttestung.

Aus denselben Gründen wie auch bei der Betrachtung des Interesses der Versuchsgruppen in Bezug auf den Beruf der Eltern, kann bei der Selbsteinschätzung des eigenen Könnens der Schülerinnen und Schüler keine repräsentative Antwort auf die aufgetauchte Frage in Kapitel 5.1.2.3 gegeben werden.

5.2.3.3 Fachliche Leistungen im Vergleich unter Betrachtung des Berufs der Eltern

Im Gegensatz zur sichtbaren Stabilität der Leistungen der Probandinnen und Probanden aus K2 zeigt sich in der gesamten Versuchsgruppe aus K1 ein Leistungszuwachs. Bei den Mittelwerten der Lernenden aus K1, deren Eltern einer naturwissenschaftlichen Tätigkeit nachgehen, ist aber ein größerer Lernzuwachs zu beobachten als bei jenen mit Mutter und/oder Vater in einem nicht naturwissenschaftlichen Beruf. Dies wird auch in Abbildung 26 anhand der horizontalen grauen Hilfslinien deutlich.

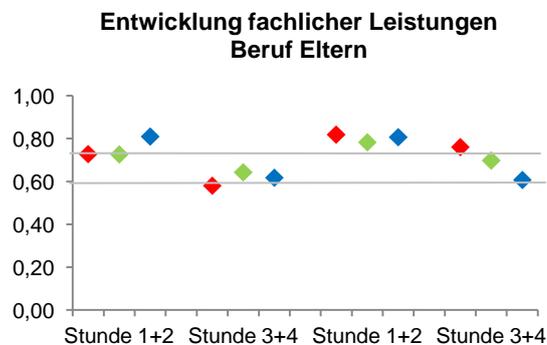


Abbildung 26: Vergleich der Entwicklung der fachlichen Leistungen in Bezug auf den Beruf der Eltern.
 ◆ = Mittelwert mit nawi Beruf K1, ◆ = Mittelwert ohne nawi Beruf K1, ◆ Mittelwert ohne nawi Beruf K2.

Es kann also durchaus behauptet werden, dass diese Schülerinnen und Schüler in K1 den größeren Anteil am Leistungszuwachs bereitstellen.

6 Analyse und Interpretation der Ergebnisse

In diesem Kapitel wird die Auswertung der Untersuchung analysiert und interpretiert. Dabei wird genauer darauf eingegangen, inwiefern die Forschungsfrage durch die gewonnenen Ergebnisse bewertet werden kann.

6.1 Physiknoten in K1 und K2

In Bezug auf die Physiknoten des Schuljahres 2015/16 wurde in den beiden Versuchsgruppen kein Zusammenhang mit den erzielten Lernleistungen bzw. den Werten für die Motivation und die Selbsteinschätzung des eigenen Könnens gefunden. Schon in der Vortestung wird klar, dass sich die Schülerinnen und Schüler nicht mehr für Physik interessieren oder ihr Wissen besser einschätzen, wenn sie im vorangegangenen Jahr gute Noten in diesem Fach gehabt haben. Bei den fachlichen Leistungen in der Vortestung sind die erreichten Punktzahlen außerdem ähnlich hoch – bei deutlichen Notenunterschieden im Schuljahr 2015/16. Daher kann kein signifikanter Zusammenhang der untersuchten Parameter mit den Noten aus dem vergangenen Jahr ausgemacht werden. Dies liegt höchstwahrscheinlich daran, dass die beiden Klassen im vorangegangenen Schuljahr verschiedene Physik-Lehrerinnen bzw. –Lehrer gehabt haben und somit kein Vergleich in Bezug auf frühere Bewertungen gemacht werden kann.

6.2 Interesse und Motivation in K1 und K2

Im Bereich der Motivation sind die beiden Versuchsgruppen mit ähnlichen Voraussetzungen in die Untersuchung gestartet. Der Prozentsatz jener Schülerinnen und Schüler, die sich mehr als *kaum* und auch weniger als *kaum* für das Fach Physik interessieren ist fast gleich groß.

Der Spaß an den behandelten Themen und die Bereitschaft, mehr in einem bestimmten Gebiet lernen zu wollen, war in K1 und K2 nach den ersten zwei Stunden größer als nach den letzten beiden. In Einheit eins und zwei wurden die Experimente in K1 entsprechend eingebettet, wohingegen dies in K2 nicht der Fall war.

Die Inhalte der ersten beiden Unterrichtsstunden, in denen die Lernenden u.a. selbst Experimente durchführen durften, und es um alltägliche Gegenstände bzw. das Erdmagnetfeld ging, interessierte die Probandinnen also mehr als jene der letzten zwei Einheiten. In diesen wurden Demonstrationsexperimente durchgeführt, und das Thema wird auch von der Lehrperson als relativ abstrakt im Vergleich zu den vorangegangenen zwei Stunden eingeschätzt, da der Schwerpunkt auf dem Zusammenhang von elektrischen mit magnetischen Phänomenen liegt. Das Thema Elektrizität allein ist für viele Lernende sehr schwer vorstellbar und das Verstehen der *key ideas* bereitet vielen Schülerinnen und Schülern Probleme.

Daher kann darauf geschlossen werden, dass die Unterrichtsmethode für die Motivation und das Interesse der Schülerinnen und Schüler über den kurzen Zeitraum der durchgeführten Untersuchung nicht entscheidend ist. Stattdessen ist es für die Lernenden wesentlich interessanter, wenn sie sich selbst mit den Versuchsgeschäften beschäftigen können und der Bezug zum Alltag deutlicher für sie wahrgenommen wird. Dieses Ergebnis deutet also darauf hin, dass, wie auch in verschiedenster fachdidaktischer Literatur festgestellt wird, Lernendenexperimente für die Schülerinnen und Schüler oft motivierender sind als Demonstrationsexperimente.

Werden außerdem noch die Werte aus der Follow-Up-Testung betrachtet, so zeigt sich, dass die Motivation und das Interesse, egal bei welcher Unterrichtsmethode, Monate später deutlich schlechter bewertet werden als noch in der Haupttestung. Durch die Ergebnisse wird ersichtlich, dass motivationale Faktoren bei den Lernenden zeitlich sehr instabil sind. Die Verschlechterung der Interessenswerte ergibt sich wahrscheinlich daraus, dass die Unterrichtssituation über den Zeitraum der Untersuchung neuartig war. Solche neue Gegebenheiten wirken oft motivierend auf die Lernenden, da es zu einer Abwechslung im Unterrichtsalltag kommt. Daher kann es zu einem positiven Bezug zur Lehrkraft, die nur die entsprechenden Unterrichtseinheiten der Untersuchung durchgeführt hat, kommen, der Monate später nicht mehr so gegeben ist. Dadurch wird das Thema zum Zeitpunkt der Haupttestung noch positiver wahrgenommen als es Monate später der Fall ist.

Deutlich zu erkennen ist aber trotzdem, dass beiden Versuchsgruppen die ersten beiden Einheiten besser gefallen haben. In diesem Punkt sind die Interessenswerte relativ stabil und bestätigen somit die Ergebnisse aus der Haupttestung.

6.3 Selbsteinschätzung des eigenen Könnens in K1 und K2

In der Vortestung bewertet K1 ihr eigenes Können noch deutlich besser als K2. Dies verändert sich im Laufe der Untersuchung. Wird die Unterrichtsmethode betrachtet, so ergibt sich ein ähnliches Bild wie schon beim Interesse und der Motivation. Beide Versuchsgruppen nehmen sich als kompetenter wahr, wenn in den Stunden Themen behandelt und Experimente durchgeführt werden, die einen größeren Bezug zum Alltag haben und bei denen die Lernenden mehr Gelegenheiten haben, um selbst zu experimentieren. Ob die Versuche entsprechend vor- und nachbereitet werden, scheint keinen so großen Einfluss auf die Selbsteinschätzung des eigenen Könnens zu haben.

Dieser Sachverhalt verändert sich aber bei der Betrachtung der Follow-Up-Testung. In der abschließenden Untersuchung wird deutlich, dass nun beide Versuchsgruppen angeben, sich besser bei den Stunden auszukennen, bei denen die Experimente mit Einbettung in den Unterrichtsverlauf durchgeführt wurden. Wurde ohne entsprechende Vor- und Nachbereitung experimentiert, zeigt sich hingegen eine Verschlechterung des Kompetenzerlebens. Die

Lernenden schätzen sich in der Follow-Up-Testung nicht mehr so gut ein wie noch in der Hauptuntersuchung.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Selbsteinschätzung des eigenen Könnens in der Hauptuntersuchung noch durch motivationale Faktoren überlagert war. Das bedeutet, dass die Schülerinnen und Schüler aufgrund ihres Interesses an bestimmten Themen sich dort kompetenter fühlen, wo die Motivation größer ist. Da die Werte für den Spaß und die Bereitschaft, mehr von einem Themengebiet lernen zu wollen, in der Follow-Up-Testung nicht mehr so hoch wie noch in der Haupttestung sind, kann davon ausgegangen werden, dass auch der Einfluss des Interesses nicht mehr so groß ist. Offensichtlich spielt die Unterrichtsmethode für die Selbsteinschätzung des Könnens und die Selbstwahrnehmung der eigenen Kompetenz vor allem dann eine Rolle, wenn schon einiges an Zeit vergangen ist. Dann liegt der Blickpunkt vermehrt darauf, was sich die Schülerinnen und Schüler von den Inhalten, die Monate zuvor besprochen wurden, gemerkt haben und wie diese unterrichtet wurden.

6.4 Fachliche Entwicklung in K1 und K2

In der Vortestung wird deutlich, dass beide Versuchsgruppen ähnliche Voraussetzungen für die Einführung in das Thema Magnetismus hatten, was das Vorwissen betrifft. Dabei gab es aber einen leichten Startvorteil für K2. Nachdem in den beiden Klassen die vier Unterrichtsstunden durchgeführt wurden, wird deutlich, dass die Unterrichtsmethode einen entscheidenden Beitrag zum Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler beigetragen hat. Wurden die Experimente entsprechend in den Unterrichtsverlauf eingebettet, so ist auch der Lernerfolg im betreffenden Stoffgebiet größer. War die Vor- und Nachbereitung nicht sichergestellt, so werden die Inhalte nicht so gut im Gedächtnis behalten. Mit diesen Ergebnissen wurden die bereits durchgeführten Studien und Forschungen, aus denen sich die Forschungsfrage abgeleitet hat, bestätigt. Die Einbettung von Versuchen in den Unterrichtsgang scheint ein entscheidendes Qualitätsmerkmal für den Physikunterricht zu sein.

Im Rahmen der Follow-Up-Testung ergab sich jedoch eine Auffälligkeit. Die Ergebnisse zeigen zwar noch immer, dass die Inhalte jener Stunden besser aufgenommen wurden, wenn die Versuche von einer guten Vor- und Nachbereitung begleitet wurden. Die Versuchsgruppe K1 zeigte in der Follow-Up-Testung im Vergleich zur Hauptuntersuchung jedoch eine Leistungssteigerung im Bereich aller vier Unterrichtsstunden, die in K2 so nicht beobachtet wurde. Darum wurde ein Filter über die beiden Versuchsgruppen gelegt, und Nachforschungen angestellt, die die Leistungssteigerung von K1 erklären könnten. Dabei wurde herausgefunden, dass beide Klassen kurz vor der abschließenden Untersuchung einen Physik-Test hatten, in dem auch die in den vier Unterrichtsstunden besprochenen

Themen abgefragt wurden. Dieser Sachverhalt erklärt aber noch nicht, warum nur die Leistungen von einer Versuchsgruppe besser wurden und von der anderen nicht.

6.4.1 Betrachtung des Geschlechts der Probandinnen und Probanden

Werden die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen danach analysiert, wie sich die fachlichen Leistungen der Mädchen und die der Buben entwickelt haben, so wird eine Erklärung für die Leistungssteigerung in K1 gefunden. Sowohl die Schüler in K1 als auch in K2 erzielen in der Follow-Up-Testung fast die gleichen Ergebnisse wie noch in der Haupttestung. Bei den Mädchen wird aber ein deutlicher Sprung nach oben hin beobachtet. Das bedeutet, dass die Schülerinnen in K1 alleine für die Leistungssteigerung verantwortlich zu sein scheinen. Werden die Ergebnisse auf den Physik-Test bezogen, der kurz vor der Follow-Up-Testung durchgeführt wurde, würde das heißen, dass die Mädchen entweder effizienter oder aber einfach mehr gelernt haben als die Buben in den beiden Versuchsgruppen.

Beim Interesse bzw. bei der Motivation der Schülerinnen und Schüler gibt es keine Entwicklung, die nur bei einem Geschlecht stattfindet. Die Interessenswerte entwickeln sich bei den Mädchen und Buben in K1 und K2 gleichermaßen. Das bedeutet, dass dieser Aspekt wahrscheinlich keinen Einfluss auf die Leistungssteigerung von K1 hat.

Wird jedoch die Selbsteinschätzung des eigenen Könnens betrachtet, so zeigt sich, dass die Steigerung im Kompetenzerleben von K1, die im Verlauf der Haupttestung zur Follow-Up-Testung stattfindet, alleine von den Mädchen wahrgenommen wird. Die Buben in K1 schätzen ihr eigenes Können in beiden Untersuchungen ähnlich hoch ein, nur die Mädchen fühlen sich in der Follow-Up-Testung deutlich kompetenter als noch in der Hauptuntersuchung. Diese Ergebnisse stehen auch in Übereinstimmung mit jenen Resultaten, die bei den fachlichen Leistungen erzielt wurden. Die Mädchen wissen in der Follow-Up-Testung mehr als noch in der Haupttestung und merken das anscheinend auch.

6.4.2 Betrachtung des Berufs der Eltern der Probandinnen und Probanden

Schülerinnen und Schüler, die angeben, dass ihre Eltern in einem naturwissenschaftlichen Beruf arbeiten, erzielen in der abschließenden Untersuchung im Vergleich zur Haupttestung eine Leistungssteigerung bei den fachlichen Fragen. Kinder, deren Eltern einer anderen beruflichen Tätigkeit nachgehen, schneiden bei den fachlichen Leistungen im Lauf der beiden Untersuchungen nicht besser ab, sondern bleiben in den Ergebnissen gleich. Damit kann die Leistungssteigerung von K1 in der Follow-Up-Testung erklärt werden, da nur in K1 angegeben wurde, dass zumindest ein Elternteil einen naturwissenschaftlichen Beruf ausübt. Warum die Leistungssteigerung in Zusammenhang mit dem Beruf der Eltern steht, kann von vielen Faktoren herrühren. Zum Beispiel könnte ein Elternteil, das einer

naturwissenschaftlichen Tätigkeit nachgeht, mehr mit ihren Kindern lernen. Natürlich kann es auch noch andere Gründe für die Leistungssteigerung geben, die aber nicht Gegenstand dieser Diplomarbeit sind und daher nicht näher besprochen werden.

Bei Kindern, deren Eltern einen naturwissenschaftlichen Beruf ausüben, ergibt sich bei der Betrachtung des Interesses bzw. der Motivation keine andere Entwicklung von der Haupttestung über die Follow-Up-Testung, als wenn die Mutter oder der Vater einer anderen beruflichen Tätigkeit nachgehen.

Wird hingegen die Selbsteinschätzung des eigenen Könnens betrachtet, so zeigt sich, dass sich die Schülerinnen und Schüler mit Eltern in einem naturwissenschaftlichen Beruf in der Follow-Up-Testung kompetenter fühlen als noch in der Haupttestung. Dies stimmt wie schon bei der Betrachtung des Geschlechts mit den fachlichen Ergebnissen überein. Wissen die Kinder mehr über ein bestimmtes Thema, so fühlen sie sich in diesem Gebiet auch kompetenter.

Abschließend kann also gesagt werden, dass die Leistungssteigerung der Versuchsgruppe K1 nachweislich aus zwei Gründen stattgefunden hat. Sowohl die Mädchen aus K1 als auch jene Lernenden in derselben Versuchsgruppe, deren Eltern einer naturwissenschaftlichen Tätigkeit nachgehen, konnten in der abschließenden Untersuchung bessere Ergebnisse erzielen als noch in der Haupttestung. Da vor der Follow-Up-Testung noch ein Physik-Test in beiden Klassen durchgeführt wurde, deutet das darauf hin, dass die Mädchen sowie die Kinder mit Eltern in einem naturwissenschaftlichen Beruf mehr oder effizienter gelernt haben als die anderen Probandinnen und Probanden in K1 und K2. Da in K2 keine Schülerinnen waren und auch niemand angab, dass entweder die Mutter oder der Vater in einem naturwissenschaftlichen Beruf arbeitet, kann kein Vergleich bzw. Zusammenhang in Bezug auf die jeweilige Unterrichtsmethode hergestellt werden.

Zusammenfassung und Ausblick

In Hinblick auf die Forschungsfrage wurden durch die Ergebnisse der empirischen Untersuchung die bisherigen Studien bestätigt. Die Einbettung von Experimenten in den Unterrichtsverlauf hat demnach einen Einfluss auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler. Werden die Versuche gut vor- und nachbereitet, dann steigt die Qualität des Physikunterrichts.

Für die Motivation bzw. das Interesse der Lernenden hat die Einbettung der Experimente in dieser Untersuchung keinen entscheidenden Beitrag geleistet. Für die Kinder spielt es wahrscheinlich eine viel größere Rolle, welche konkreten Themen im Unterricht behandelt werden, welchen Bezug sie selbst zu den Versuchen herstellen können und ob sie die Experimente selbst durchführen dürfen. Je abstrakter das Thema wird, desto geringer wird das Interesse, egal ob die Experimente in den Unterrichtsverlauf eingebettet sind oder nicht. Was die Selbsteinschätzung des eigenen Könnens und somit das Kompetenzerleben der Schülerinnen und Schüler betrifft, so zeigt sich anhand der Ergebnisse der Follow-Up-Testung, dass sich die Lernenden dann kompetenter fühlen, wenn die Einbettung der Versuche gewährleistet ist. Es kann durchaus davon ausgegangen werden, dass sich dieses positive Kompetenzerleben langfristig auch in einer Steigerung des Interesses am Physikunterricht auswirken könnte. Dies schafft ein Untersuchungsfeld, das in dieser Form bis jetzt noch nicht in der Fachdidaktik erforscht worden ist, und somit Gegenstand weiterer und länger andauernder Studien sein könnte.

Auch wenn bei dieser Untersuchung nur eine kleine Stichprobe der Grundgesamtheit ausgewählt worden ist und nur wenige Stunden im Cross-Over-Design unterrichtet worden sind, sind die Ergebnisse eindeutig. Das bedeutet wiederum, dass Lehrpersonen in der Klasse schon relativ bald nach der Umstellung der Unterrichtsmethode Lernerfolge bei den Schülerinnen und Schülern sehen können. Wichtig dabei ist die entsprechende Vorbereitung von Seiten der Lehrerin bzw. des Lehrers. Im Vorhinein ist eine intensive Auseinandersetzung mit dem behandelten Thema nötig, um eine vielfältige Vernetzung des Inhalts gewährleisten zu können. Natürlich eignet sich nicht jeder Bereich in der Physik dafür, Experimente durchzuführen. Wenn im Unterricht aber experimentiert wird, dann zeigen die Ergebnisse der Untersuchung, die im Rahmen dieser Diplomarbeit angestellt worden sind, wie wichtig die Einbettung der Versuche in den Unterrichtsverlauf sind.

Um den Bereich der Motivation bzw. des Interesses der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf die Einbettung der Experimente noch eingehender zu erforschen, würde sich eine größere Untersuchung eignen. Dabei könnte einerseits die Stichprobe vergrößert werden und auf der anderen Seite der Physikunterricht über eine viel längere Zeitspanne beobachtet werden. Da das Interesse und die Motivation zeitlich relativ instabile Faktoren sind, könnte

es durchaus sein, dass die Werte stabiler werden, wenn die Unterrichtsmethode nicht nur über wenige Stunden, sondern eventuell sogar über ein gesamtes Schuljahr eingesetzt wird. Außerdem könnten in einer groß angelegten Studie auch viele verschiedene Physikklassen, die sich in unterschiedlichen Schulstufen und in mehreren Bundesländern Österreichs befinden, untersucht werden.

Werden die eindeutigen Ergebnisse der in dieser Diplomarbeit angestellten Untersuchung betrachtet, dann stellt sich die Frage, warum in der Unterrichtspraxis die Experimente kaum in den Unterrichtsverlauf eingebettet sind, wie in der fachdidaktischen Literatur immer wieder betont wird (siehe Kapitel 1). Aus diesem Mangel an fehlender Vernetzung der Inhalte im Zusammenhang mit durchgeführten Experimenten ergibt sich ein breites Handlungsfeld für Fortbildungen im Bereich der Physikdidaktik. Wenn die Ergebnisse der bisher angestellten Forschungen und Studien von den Zuständigen im Fortbildungsbereich wahrgenommen werden würden, dann könnte eine entsprechende Weiterbildung der bereits ausgebildeten Physik-Lehrerinnen und –Lehrer erfolgen.

Von Seiten der universitären Ausbildung muss ebenfalls Aufklärungsarbeit bei den Studentinnen und Studenten geleistet werden. Dazu muss bei fachdidaktischen Lehrveranstaltungen nicht nur die mögliche Vielfalt beim Experimentieren hervorgehoben werden, sondern auch auf den wichtigen Aspekt der Vernetzung der Inhalte und somit der Einbettung der Versuche in den Unterrichtsverlauf hingewiesen werden.

Literaturverzeichnis

- Bundesinstitut Bifie: Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe. Wien, 2011. https://www.bifie.at/system/files/dl/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf (29.11.2016).
- Bundesministerium für Bildung: Physik. Wien, 2000. https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/lp/ahs16_791.pdf?5te5g0 (28.02.2017).
- Bundesministerium für Bildung: Lehrplan der Volksschule. Siebenter Teil. Wien, 2010. https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_vs_7_su_14051.pdf (28.02.2017).
- Bleichroth, Wolfgang/ Dahncke, Helmut/ Jung, Walter/ Kuhn, Wilfried/ Merzyn, Gottfried/ Weltner, Klaus: Fachdidaktik Physik. 2. Auflage, Köln, Aulis Verlag, 1999.
- Börlin, Johannes: Das Experiment als Lerngelegenheit. Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität. Inauguraldissertation, Berlin, 2012.
- Bybee, Rodger W.: The BSCS 5E Instructional Model. Creating Teachable Moments. Arlington, NSTA Press, 2015.
- Duit, Reinders: Initiativen zur Verbesserung des Physikunterrichts in Deutschland. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 2/5, S.83-96, 2006.
- Duller, Christine: Einführung in die Statistik mit EXCEL und SPSS. Ein anwendungsorientiertes Lehr- und Arbeitsbuch. 3. Auflage, Berlin Heidelberg, Springer Verlag, 2013.
- Harlen, Wynne: Effective Teaching of Science. A Review of Research. Glasgow, Bell & Bain, 1999.
- Hofstein, Avi/ Lunetta, Vincent N.: The Laboratory in Science Education. Foundations for the Twenty-First Century. Science Education, 88, S.28-54, 2004.
- Hofstein, Avi/ Shore, Relly/ Kipnis, Mira: Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an inquiry-type laboratory: a case study. International Journal of Science Education, 26/1, S.47-62, 2004.
- Kircher, Ernst/ Girwidz, Raimund/ Häußler, Peter: Physikdidaktik. Eine Einführung in Theorie und Praxis. Braunschweig/ Wiesbaden, Vieweg Verlag, 2000.
- Labudde, Peter: Fachdidaktik Naturwissenschaft. 2.Auflage, Wien, Böhlau Verlag, 2013.
- Leisen, Josef: Lernprozesse mithilfe von Lernaufgaben strukturieren. Informationen und Beispiele zu Lernaufgaben im kompetenzorientierten Unterricht. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 117/118, S. 9-13, 2010.
- Muckenfuß, Heinz: Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts. Berlin, Cornelsen Verlag, 1995.
- Müller, Rainer/ Wodzinski, Rita/ Hopf, Martin: Schülervorstellungen in der Physik. 3. Auflage, Köln, Aulis Verlag, 2011.
- Raab-Steiner, Elisabeth/ Benesch, Michael: Der Fragebogen. Von der Forschungsfrage zur SPSS-Auswertung. 4. Auflage, Wien, Facultas Verlag, 2015.
- Singer, Susan R./ Hilton, Margaret L./ Schweingruber, Heidi A.: America's Lab Report. Investigations in High School Science. Washington D.C., The National Academies Press, 2006.

Statistik Austria: Schülerinnen und Schüler im Schuljahr 2015/16 nach Schulstufen. Wien, 2016. https://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bildung_und_kultur/formales_bildungswesen/schulen_schulbesuch/index.html (29.11.2016).

Tesch, Maike/ Duit, Reinders: Zur Rolle des Experiments im Physikanfangsunterricht. Didaktik der Physik, Frühjahrstagung Leipzig, S.1-4, 2002.

Tesch, Maike/ Duit, Reinders: Experimentieren im Physikunterricht. Ergebnisse einer Videostudie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10, S.51-69, 2004.

Universität von Colorado/ Digital Learning Sciences (DLS): The Physical Setting. Electricity and Magnetism. 2001. <http://strandmaps.dls.ucar.edu/?id=SMS-MAP-2085> (28.02.2017).

Welzel, Manuela/ Haller, Kerstin/ Bandiera, Milena/ Hammelev, Dorte/ Koumaras, Panagiotis/ Niedderer, Hans/ Paulsen, Albert/ Robinault, Karine/ Von Aufschneiter, Stefan: Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden. Ergebnisse einer europäischen Umfrage. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 4/1, S.29-44, 1998.

Wiesner, Hartmut/ Schecker, Horst/ Hopf, Martin: Physikdidaktik kompakt. Köln, Aulis Verlag, 2011.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Charakterisierung der Versuchsgruppen	S.26
Abbildung 2: Boxplot - Physiknoten von K1 und K2	S.41
Abbildung 3: Auswertung der Vortestung - Interesse in K1 und K2	S.42
Abbildung 4: Auswertung der Vortestung - Selbsteinschätzung des Könnens in K1 und K2	S.42
Abbildung 5: Auswertung - Interesse in K1 und K2	S.43
Abbildung 6: Auswertung - Selbsteinschätzung des Könnens in K1 und K2	S.44
Abbildung 7: Auswertung - Entwicklung des Interesses in K1 und K2	S.46
Abbildung 8: Auswertung - Entwicklung der Selbsteinschätzung des eigenen Könnens in K1	S.47
Abbildung 9: Vergleich der Ergebnisse der fachlichen Fragen von K1 und K2	S.49
Abbildung 10: Vergleich der fachlichen Fragen von K1 und K2 nach Unterrichtsmethode	S.49
Abbildung 11: Vergleich der Ergebnisse der fachlichen Fragen in der Follow-Up-Testung	S.50
Abbildung 12: Vergleich der fachlichen Fragen nach Unterrichtsmethode in der Follow-Up-Testung	S.51
Abbildung 13: Vergleich der fachlichen Fragen aus der Haupt- und Follow-Up-Testung in K1	S.51
Abbildung 14: Vergleich der fachlichen Fragen aus der Haupt- und Follow-Up-Testung in K2	S.52
Abbildung 15: Boxplot - Physiknoten in Bezug auf das Geschlecht in K1 und K2	S.53
Abbildung 16: Auswertung – Interesse in Stunde 1 und 2 in Bezug auf das Geschlecht	S.53
Abbildung 17: Auswertung - Interesse in Stunde 3 und 4 in Bezug auf das Geschlecht	S.54
Abbildung 18: Auswertung - Selbsteinschätzung in Stunde 1 und 2 in Bezug auf das Geschlecht	S.54
Abbildung 19: Auswertung - Selbsteinschätzung in Stunde 3 und 4 in Bezug auf das Geschlecht	S.55
Abbildung 20: Vergleich der Entwicklung der fachlichen Leistungen von Mädchen und Buben	S.55
Abbildung 21: Boxplot - Physiknoten in Bezug auf den Beruf der Eltern	S.56
Abbildung 22: Auswertung - Interesse in Stunde 1 und 2 in Bezug auf den Beruf der Eltern	S.57
Abbildung 23: Auswertung - Interesse in Stunde 3 und 4 in Bezug auf den Beruf der Eltern	S.58
Abbildung 24: Auswertung Selbsteinschätzung in Stunde 1 und 2 in Bezug auf den Beruf der Eltern	S.58
Abbildung 25: Auswertung - Selbsteinschätzung in Stunde 3 und 4 in Bezug auf den Beruf der Eltern	S.59
Abbildung 26: Vergleich der Entwicklung der fachlichen Leistungen in Bezug auf den Beruf der Eltern	S.59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ziele beim Experimentieren im Physikunterricht	S.10
Tabelle 2: Funktionen beim Experimentieren	S.10
Tabelle 3: Vergleich des Lehr-Lern-Modells mit dem Ablauf beim Experimentieren und den 5E's	S.12
Tabelle 4: Cross-Over-Design für die beiden Versuchsgruppen	S.26
Tabelle 5: Allgemeine Fragen der Vortestung	S.32
Tabelle 6: Fachliche Fragen der Vortestung	S.32
Tabelle 7: Fragen zu Permanentmagneten	S.33
Tabelle 8: Fragen zum Magnetfeld von Permanentmagneten	S.33
Tabelle 9: Fragen zur magnetischen Wirkung elektrischer Ströme	S.33
Tabelle 10: Fragen zum Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule	S.34
Tabelle 11: Kodierte Fragen der Follow-Up-Testung	S.34
Tabelle 12: Fragen zur Motivation bzw. zur Selbsteinschätzung in der Follow-Up-Testung	S.35
Tabelle 13: Zeitrahmen der Unterrichtseinheiten	S.37
Tabelle 14: Zeitlicher Rahmen Haupttestung – Interesse und Selbsteinschätzung	S.38
Tabelle 15: Mögliche Punktzahlen bei den fachlichen Fragen	S.41
Tabelle 16: Notenverteilung in K1 und K2	S.52
Tabelle 17: Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die eine bestimmte Punktzahl in K1 bzw. K2 bei den fachlichen Fragen erreicht haben, sowie Mittelwert und Standardabweichung	S.56
Tabelle 18: Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die eine bestimmte Punktzahl in K1 bzw. K2 bei den fachlichen Fragen erreicht haben, sowie Mittelwert und Standardabweichung	S.71
Tabelle 19: Physiknoten in Bezug auf das Geschlecht	S.72
Tabelle 20: Physiknoten in Bezug auf den Beruf der Eltern	S.73

Anhang

A Tabellen

Frage	# richtigen Antworten	# mögliche Antworten	erreichbare Punkte
B1.1	4	9	0 / 0.25 / 0.5 / 0.75 / 1
B2.1	2	3	0 / 0.5 / 1
B2.1	1	2	0 / 1
B2.2	1	2	0 / 1
B3.1	1	2	0 / 1
B3.2	1	2	0 / 1
B4	2	3	0 / 0.5 / 1
C1	1	3	0 / 1
C2.1	1	3	0 / 1
C2.2	2	5	0 / 0.5 / 1
C3.1	2	3	0 / 0.5 / 1
C3.2	1	3	0 / 1
C4	2	4	0 / 0.5 / 1
D1	1	3	0 / 1
D2.1	2	4	0 / 0.5 / 1
D2.2	3	offen	0 / 0.33 / 0.67 / 1
D2.3	1	2	0 / 1
D2.4	1	3	0 / 1
E1	1	3	0 / 1
E2.1	1	2	0 / 1
E2.2	2	4	0 / 0.5 / 1
E2.3	3	3	0 / 0.33 / 0.67 / 1
E3.1	1	2	0 / 1
E3.2	1	3	0 / 1
F1.1	1	2	0 / 1
F1.2	2	3	0 / 0.5 / 1
F1.3	1	2	0 / 1
F2.1	2	4	0 / 0.5 / 1
F2.2	1	2	0 / 1
F2.3	2	2	0 / 0.5 / 1

Tabelle 18: Mögliche Punktzahlen bei den fachlichen Fragen.

der Schülerinnen und Schüler mit der entsprechenden Punktzahl

	Punkte	B1.1	B1.2	B2.1	B2.2	B3.1	B3.2	B4	MW	SD
K1	0	7	0	7	5	1	22	0	0,63	0,18
	0.5	-	22	-	-	-	-	9		
	1	15	1	15	17	21	0	13		
K2	0	5	0	4	3	0	16	1	0,64	0,14
	0.5	-	13	-	-	-	-	9		
	1	11	3	12	13	16	0	6		
	Punkte	C1	C2.1	C2.2	C3.1	C3.2	C4	MW	SD	
K1	0	2	0	5	0	0	2	0,80	0,09	
	0.5	-	-	8	19	-	0			
	1	17	19	6	0	19	17			
K2	0	1	0	0	0	0	0	0,90	0,06	
	0.5	-	-	1	12	-	1			
	1	13	14	13	2	14	13			
	Punkte	D1	D2.1	D2.2	D2.3	D2.4	MW	SD		
K1	0	0	16	0	2	12	0,67	0,13		
	0.33	-	-	13	-	-				
	0.5	-	-	-	-	-				
	0.67	-	-	6	-	-				
	1	20	4	1	18	8				
K2	0	2	9	1	0	10	0,73	0,13		
	0.33	-	-	2	-	-				
	0.5	-	-	-	-	-				
	0.67	-	-	9	-	-				
	1	14	7	4	16	6				
	Punkte	E1	E2.1	E2.2	E2.3	E3.1	E3.2	MW	SD	
K1	0	4	3	0	0	5	16	0,61	0,17	
	0.33	-	-	-	14	-	-			
	0.5	-	-	14	-	-	-			
	0.67	-	-	-	6	-	-			
	1	16	17	6	0	15	4			
K2	0	2	2	0	0	4	12	0,62	0,16	
	0.33	-	-	-	14	-	-			
	0.5	-	-	11	-	-	-			
	0.67	-	-	-	2	-	-			
	1	14	14	3	0	12	4			
	Punkte	F1.1	F1.2	F2	F3.1	F3.2	F3.3	MW	SD	
K1	0	6	3	5	1	4	0	0,65	0,17	
	0.5	-	17	-	11	-	19			
	1	14	0	15	8	16	1			
K2	0	8	2	2	3	7	0	0,61	0,19	
	0.5	-	11	-	4	-	15			
	1	8	3	14	9	9	1			

Tabelle 19: Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die eine bestimmte Punktzahl in K1 bzw. K2 bei den fachlichen Fragen erreicht haben, sowie Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) der Vortestung (B1.1 bis B4) und der einzelnen Stunden (C1 bis C4, D1 bis D2.4, E1 bis E3.2, F1.1 bis F3.3).

der Schülerinnen und Schüler mit der entsprechenden Punktzahl

	Punkte	B1.1	B1.2	B2.1	B2.2	B3.1	B3.2	B4	MW	SD
K1	0	11	0	4	2	0	17	0	0,71	0,12
	0.5	-	19	-	-	-	-	2		
	1	11	3	18	20	22	5	20		
K2	0	3	0	4	2	0	11	0	0,79	0,19
	0.5	-	6	-	-	-	-	2		
	1	13	10	12	14	16	5	14		
	Punkte	C1	C2.1	C2.2	C3.1	C3.2	C4	MW	SD	
K1	0	0	2	6	0	0	1	0,83	0,15	
	0.5	1	-	2	18	-	-			
	1	18	17	11	1	19	18			
K2	0	1	1	1	0	0	0	0,91	0,07	
	0.5	0	-	0	12	-	-			
	1	13	13	13	2	14	14			
	Punkte	D1	D2.1	D2.2	D2.3	D2.4	MW	SD		
K1	0	0	0	0	2	11	0,76	0,14		
	0.33	-	-	7	-	-				
	0.5	-	10	-	-	-				
	0.67	-	-	5	-	-				
	1	20	10	8	18	9				
K2	0	2	0	4	0	7	0,71	0,14		
	0.33	-	-	7	-	-				
	0.5	-	11	-	-	-				
	0.67	-	-	1	-	-				
	1	14	5	5	16	9				
	Punkte	E1	E2.1	E2.2	E2.3	E3.1	E3.2	MW	SD	
K1	0	4	1	0	0	3	7	0,77	0,19	
	0.33	-	-	-	13	-	-			
	0.5	-	-	5	-	-	-			
	0.67	-	-	-	6	-	-			
	1	16	19	15	1	17	13			
K2	0	4	2	1	0	7	11	0,58	0,12	
	0.33	-	-	-	14	-	-			
	0.5	-	-	11	-	-	-			
	0.67	-	-	-	2	-	-			
	1	12	14	4	0	9	5			
	Punkte	F1.1	F1.2	F2	F3.1	F3.2	F3.3	MW	SD	
K1	0	6	2	3	2	8	0	0,65	0,23	
	0.5	-	18	-	6	-	17			
	1	14	0	17	12	12	3			
K2	0	5	4	3	1	4	0	0,64	0,15	
	0.5	-	12	-	8	-	16			
	1	11	0	13	7	12	0			

Tabelle 20: Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die eine bestimmte Punktezahl in K1 bzw. K2 bei den fachlichen Fragen erreicht haben, sowie Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) der Follow-Up-Testung (B1.1 bis B4, C1 bis C4, D1 bis D2.4, E1 bis E3.2, F1.1 bis F3.3).

B Unterrichtsplanung

Stunde 1: Permanentmagnete

MIT Vor- und Nachbereitung	OHNE Vor- und Nachbereitung
<p>Frage an SuS: <i>Welche Gegenstände aus dem Alltag kennt ihr, die magnetisch sind?</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. <i>Diskutiert zuerst ein paar Minuten mit eurem Sitznachbarn/eurer Sitznachbarin und haltet eure Ideen im Heft fest.</i>2. <i>Gemeinsam mit den SuS wird ein Brainstorming an der Tafel gemacht. Weitere Ideen werden im Heft ergänzt.</i>3. <i>Es wird festgestellt, dass Magnete eine <u>unterschiedliche Form und Farbe</u> haben können.</i> → Magnete herzeigen und durchgehen lassen. → Deutlich auf Tafel schreiben. → Ins Heft schreiben!	<p><i>Magnete können verschiedene Formen und Farben haben.</i> → Magnete durchgehen lassen.</p>
<p><i>Worin sind sich aber alle Magneten ähnlich bzw. gleich? Bzw. Wozu braucht man Magnete im Alltag?</i> → Mögliche Antworten: Ziehen an, stoßen ab, bleiben haften/kleben,...</p>	
<p>→ Schlussfolgerung der SuS mit Lehrperson (auch ins Heft schreiben): <i>Magnete kann man an ihrer Wirkung erkennen!! – Sie üben Kräfte aus.</i></p>	<p>→ Magnete kann man an ihrer Wirkung erkennen, sie üben Kräfte aus. → ins Heft schreiben</p>
<u>Versuch 1: Magnetische Stoffe herausfinden</u>	
<ol style="list-style-type: none">1. Beschreibung des Versuchs durch die Lehrperson:<ul style="list-style-type: none">- SuS sollen von den Gegenständen, die ihnen gegeben wurden, jene ausfindig machen, die magnetisch sind. <i>Wie kann man das machen? A: Mit Magnet.</i>- Die Versuchsgegenstände werden deutlich hergezeigt und gemeinsam mit den SuS benannt (nicht die Stoffe, sondern nur ihre Funktion!) → Versuchsaufbau und Gegenstände ins Heft.2. Einteilung in Kleingruppen → 8 Schalen 8 Sets → 8 Kleingruppen zu je zwei Personen3. Je einer der Kleingruppe holt das Material vom Lehrertisch, bis auf den Magneten!4. Die SuS haben ein paar Minuten Zeit, um zu überlegen, welche der Stoffe in der Schale magnetisch sind, und warum das so sein könnte. Sie schreiben ihre Vermutung ins Heft. Die LP geht durch die Reihen.	<ol style="list-style-type: none">1. <i>Findet die Gegenstände heraus, die magnetisch sind. Ihr bekommt dazu eine Schale mit verschiedenen Stoffen und einen Magneten, mit dem ihr die magnetischen Stoffe aussortieren könnt.</i> → Versuchsaufbau bzw. Materialien und Frage ins Heft schreiben.2. Einteilung in Kleingruppen → 9 Schalen → 9 Kleingruppen zu je zwei bis drei Personen3. Eine Person aus der Kleingruppe holt die Materialien vom Lehrertisch.
<p>Durchführung: Die SuS erhalten Magnete (verschiedene Form und Farbe) und dürfen mit der Versuchsdurchführung beginnen → Notizen ins Heft</p>	
<p>5. bzw. 4. Die Ergebnisse werden zusammengetragen und an der Tafel notiert. Magnetisch: Büroklammern, Kupfermünzen, Tackerklammern Nicht magnetisch: 10c/20c-Münzen, Zahnstocher, Tintenpatrone, Radiergummi</p>	
<p>→ Alle bekommen die gleichen Ergebnisse, obwohl die Form und Farbe der Gegenstände unterschiedlich sind. <i>Warum sind diese Stoffe magnetisch?</i> A: Weil sie aus Eisen sind. (erwartete Antwort)</p>	<p>→ Die magnetischen Stoffe sind aus <u>Eisen</u>.</p>
<ol style="list-style-type: none">6. Wenn Antwort Metall kommt, dann mit Alu-Folie vorzeigen.7. Zusätzlich noch mit Nickel vorzeigen: 1€ - bzw. 2€ - Münzen sowohl im Ring als auch im Kern → Infos auch den SuS sagen.	

→ Geht nur mit starkem Magneten!

Sagen: Auch Kobalt ist magnetisch, kommt aber sehr selten im Alltag vor (ist in Meteoriten, im Erdkern).

→ Eisen, Nickel und Kobalt sind ferromagnetische Stoffe und werden von einem Magneten angezogen (auf Tafel und als Merksatz auch ins Heft).

8. *Als Schale wurde beim Versuch Kunststoff verwendet. Welche Materialien würden sich noch als Schale eignen? A:* Alle nicht magnetischen Materialien.
9. *Wer zieht jetzt wen an? Der Magnet die ferromagnetischen Stoffe oder umgekehrt?*
A: Beides – Die Anziehungskraft wirkt gegenseitig.

5. Nicht alle Metalle sind magnetisch – nur Eisen, Nickel und Kobalt. Eisen, Nickel und Kobalt nennt man ferromagnetische Stoffe.
→ Ins Heft schreiben.

Versuch 2: Pole eines Magneten

1. Beschreibung des Versuchs durch die Lehrperson:
→ *Ihr bekommt jetzt eine Schachtel voller Büroklammern und einen Magneten. Ihr sollt herausfinden, wo die Büroklammern hängen bleiben.*
→ SuS schreiben die benötigten Materialien und die Frage ins Heft.
2. Einteilung in Kleingruppen → 8 Magnete
8 Magnete → 8 Kleingruppen zu je zwei Personen
3. *Überlegt in Kleingruppen, wo die Büroklammern hängen bleiben könnten. Ihr habt dafür zwei bis drei Minuten Zeit.*
→ SuS schreiben Vermutung ins Heft.
4. Je einer der Kleingruppe holt das Material vom Lehrertisch.
→ Die hergegebenen Magnete sollten eine unterschiedliche Form und Farbe haben.
1. *Legt einen Magneten in eine Schale voll mit Büroklammern und hebt ihn anschließend hoch. Wo bleiben die Büroklammern hängen?*
→ Versuchsaufbau und Materialien ins Heft.
2. Einteilung in Kleingruppen → 9 Schalen
9 Sets → 9 Kleingruppen zu je zwei bis drei Personen
3. Eine Person aus der Kleingruppe holt die Materialien vom Lehrertisch.

Versuchsdurchführung → Ergebnisse ins Heft

5. bzw. 4. Besprechung der Ergebnisse: *Was wurde beobachtet?*
Die Büroklammern bleiben an den Enden bzw. den Polen des Magneten hängen.

6. *Was könnt ihr nun über die Anziehungskraft sagen?*
A: An den Enden bzw. Polen eines Magneten ist die Anziehungskraft am stärksten.
→ Ins Heft schreiben.
7. *Wie viele Pole hat ein Magnet also? A:* 2 Pole, also genau so viele wie er Enden hat.
8. *Sind beim vorigen Experiment die Stoffe auch schon an den Enden des Magneten hängen geblieben? Gibt es bei verschiedenen Magnetformen einen Unterschied?*
→ kurz überlegen lassen
→ ev. noch einmal kurz am Lehrertisch vorzeigen (nur, wenn gar keine Einsicht!)
→ Schlussfolgerung: Ja, muss so sein.
9. *Wie werden die beiden Pole eines Magneten bezeichnet?*
A: Nord- bzw. Südpol.
Erklärung: Der Nordpol ist der nach Norden weisende Pol eines Magneten, der frei beweglich ist (z.B. Kompass).
Der Südpol ist der nach Süden weisende Pol eines frei beweglichen Magneten (z.B. Kompass).
→ Ins Heft schreiben.
5. Dort ist die Anziehungskraft am größten. Ein Magnet hat also zwei Pole und diese werden Nord- und Südpol genannt.
→ Ins Heft schreiben.
6. Auch die Erde hat einen Nord- und einen Südpol. In einem Kompass befindet sich eine Magnetnadel, die uns die Himmelsrichtung weist.
- i. Himmelsrichtung im Klassenzimmer grob bestimmen (LP sollte schon vorher die Himmelsrichtungen wissen!)
→ Magnetnadel richtet sich nach dem Magnetfeld der Erde aus.

- ii. Mit Kompass mitten im Raum stehen (möglichst weit weg von elektrischen Geräten).
→ Bestätigung der obigen Definition.
- iii. Grobe Versuchsdurchführung ins Heft.
- iv. Aufpassen - Bezeichnung Nord- und Südpol der Erde: Das Innere der Erde besteht aus flüssigem Eisen und bewegt sich ständig. Daher sind die magnetischen Pole der Erde nicht genau an den Stellen des geografischen Nord- und Südpols.

Versuch 3: Wie verhalten sich Magnetpole zueinander?

- | | |
|---|--|
| <p>1. Beschreibung des Versuchs durch die LP:
→ Zwei Stabmagnete werden auf Rollen gelegt. Ihr habt gerade gelernt, dass ein Magnet zwei Pole – einen Nord- und einen Südpol – hat.
→ <i>Ihr sollt nun herausfinden, wie die Anziehungskraft zwischen zwei</i></p> <p style="margin-left: 20px;">(a) <i>Gleichnamigen Polen,</i>
(b) <i>Ungleichnamigen Polen ist.</i>
<i>Was sind überhaupt gleichnamige bzw. ungleichnamige Pole?</i>
<i>Wie kann man diesen Versuch durchführen?</i>
A: Die Magneten auf die Rollen legen und sie einander nähern.
→ Versuchsaufbau und Fragestellung ins Heft.</p> <p>2. <i>Überlegt gemeinsam mit eurem Sitznachbarn/ eurer Sitznachbarin, wie die Anziehungskraft im Fall (a) und (b) sein könnte und warum.</i>
→ Vermutung und Begründung ins Heft schreiben.</p> | <p>1. Erklärung, was passieren wird: Zwei Magnete auf Rollen werden zuerst mit der gleichen Farbenseite (=gleichnamige Pole) und danach mit verschiedenen Farbenseiten (=ungleichnamige Pole) genähert.</p> <p style="text-align: right;">→ Versuchsaufbau und Materialien ins Heft.</p> |
|---|--|

Versuchsdurchführung: Lehrendenexperiment → Ergebnisse ins Heft schreiben

- | | |
|--|-------------------------------------|
| <p>3. Besprechung der Ergebnisse (<i>Was wurde beobachtet?</i>)
Gleichnamige Pole stoßen einander ab, ungleichnamige Pole ziehen einander an.</p> <p>4. <i>Waren die Ergebnisse so wie erwartet bzw. vermutet?</i></p> <p>5. Anschließende Fragen:
<i>Welche Kraft ist im Alltag ersichtlich?</i> A: Meistens nur die Anziehungskraft.
<i>Wo kann man Abstoßung im Alltag beobachten?</i> A: Bei Magnetschwebbahn (ev. Video auf Youtube herzeigen).
<i>Was passiert bei anderen Magneten (Ringmagneten oder einer Kombination verschiedener Magnete)?</i> A: Gleicher Effekt wird beobachtet (herzeigen).</p> | <p>2. Vergleich der Ergebnisse.</p> |
|--|-------------------------------------|

Stunde 2: Magnetfeld von Permanentmagneten

MIT Vor- und Nachbereitung

OHNE Vor- und Nachbereitung

Versuch 1: Magnetische Feldlinien sichtbar machen

1. Erklärung was passieren soll:

Was habt ihr in der letzten Stunde gesehen bzw. beobachtet?

A: In der letzten Stunde haben wir gelernt bzw. gesehen, dass ein Magnet eine Kraftwirkung auf Eisen, Nickel, Kobalt und andere Magneten ausübt.

Sie können einander anziehen oder abstoßen – je nachdem welche Pole einander zugewandt sind.

Diese Kraftwirkung wollen wir heute untersuchen → Aufgabenstellung ins Heft.

1. Versuchsaufbau:

Overhead-Projektor: *Auf einen Stabmagneten wird eine Glasplatte gelegt. Danach werde ich Eisenfeilspäne auf die Glasplatte streuen.*

→ Versuchsaufbau und Materialien ins Heft.

2. Vermutungen:

Besprecht mit eurem Sitznachbarn/ eurer Sitznachbarin kurz eure Vermutungen, was passiert, wenn ich die Eisenfeilspäne auf die Glasplatte, die auf dem Magneten liegt, streue.

Versucht eure Vermutungen zu begründen.

→ Vermutungen ins Heft schreiben.

3. Diskussion im Plenum:

Ein paar SuS werden aufgefordert, ihre Vermutungen zu äußern und zu begründen.

→ LP schreibt mögliche Ergebnisse und Begründungen an Tafel.

→ SuS ergänzen ihre eigenen Vermutungen mit jenen der anderen im Heft.

1. Erklärung, was passieren soll:

Overhead-Projektor: *Wenn eine Glasplatte auf einen Stabmagneten gelegt wird, und dann Eisenfeilspäne auf die Glasplatte gestreut werden, können die magnetischen Feldlinien sichtbar gemacht werden.*

Magnetische Feldlinien zeigen an, dass magnetische Kräfte (d.h. Anziehung und Abstoßung) vorhanden sind, und wie diese gerichtet sind.

Als Magnetfeld bezeichnet man den Raum um den Magneten, in dem seine Kraft wirkt.

→ Versuchsaufbau und Materialien ins Heft.

Versuchsdurchführung: Die Eisenfeilspäne werden auf die Glasplatte gestreut, sie bilden Linien.

→ LP zeichnet Ergebnis auf Tafel.

→ SuS zeichnen Ergebnisse ins Heft.

4. *Die Linien werden als magnetische Feldlinien bezeichnet. Sie zeigen uns an, dass magnetische Kräfte vorhanden sind und wie diese gerichtet sind.*

Das Magnetfeld ist der Raum um den Magneten, in dem seine Kraft wirkt.

5. *Waren die Ergebnisse so wie erwartet bzw. vermutet?*

6. *Die magnetischen Feldlinien kann man auch mit Büroklammern sichtbar machen. Denkt dabei an den Versuch der letzten Stunde.*

7. *Was glaubt ihr wie verhalten sich die Büroklammern, wenn ich einen Magneten in eine Schale voll mit Büroklammern gebe?*

8. Versuch vorzeigen → Versuchsaufbau und Ergebnis ins Heft.

9. Magnetische Feldlinien sind geschlossen:

→ Sind die magnetischen Feldlinien offen bzw. geschlossen bei diesen beiden Versuchen (Eisenfeilspäne bzw. Büroklammern)? A: Sowohl die Eisenfeilspäne als auch die Büroklammern sind miteinander verbunden, also sind die magnetischen Feldlinien geschlossen.

→ Wie könnte man die magnetischen Feldlinien beim Stabmagneten an die Tafel bzw. ins Heft schreiben?

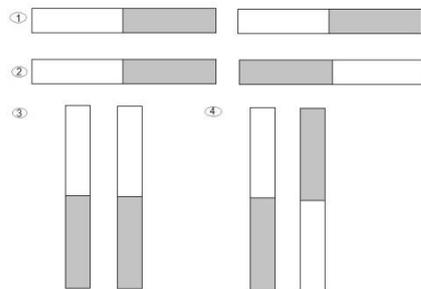
Ein oder zwei Personen dürfen ihren Vorschlag an der Tafel vorzeichnen. LP stellt entweder richtig oder stimmt bei der richtigen Version zu.

2. Es wird festgestellt, dass die magnetischen Feldlinien geschlossen sind.

- SuS zeichnen das Feldlinienbild ins Heft.
- LP zeigt Bilder aus dem Internet zum Vergleich her.
- Nord- und Südpol sind miteinander verbunden.
- Feldlinienbilder von anderen Magnetformen herzeigen (Internet).

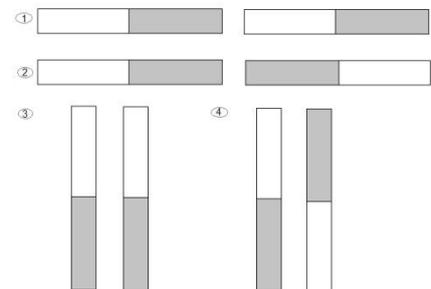
Versuch 2: Magnetfeld zwischen Magneten

1. Erklärung, was passieren soll:
Gerade eben haben wir die magnetischen Feldlinien eines (!) Stabmagneten sichtbar gemacht. Jetzt wollen wir untersuchen, wie die magnetischen Feldlinien ausschauen, wenn wir zwei statt einem Stabmagneten verwenden. Was müssen wir dazu am Versuchsaufbau verändern bzw. gleich lassen?
 A: Wir brauchen zwei statt einem Magnet. Alles andere kann man am Versuchsaufbau gleich lassen.
2. Versuchsaufbau:
 Overhead-Projektor: *Auf zwei Stabmagneten wird eine Glasscheibe gelegt, diese wird wieder mit Eisenfeilspänen bestreut* → Versuchsaufbau und Materialien ins Heft.
3. Vermutungen:
Wie muss ich die Stabmagneten am besten hinlegen, damit die Wirkung zwischen ihnen sichtbar gemacht werden kann? Gibt es mehrere Möglichkeiten?
 → *Erinnert euch: Es gibt unterschiedliche Wirkungen zwischen Magneten.*
4. Ein paar SuS werden aufgefordert, ihre Vermutungen zu äußern und zu begründen. Sie dürfen eine Skizze an die Tafel malen.
 → LP ergänzt ev. den Versuchsaufbau bzw. die Skizzen an der Tafel.
 → SuS zeichnen Skizzen ins Heft.



1. *Wir untersuchen jetzt, wie die magnetischen Feldlinien ausschauen, wenn zwei statt einem Stabmagneten verwendet werden.*

2. *Es gibt folgende Möglichkeiten, wie die Magneten liegen können:*



- LP zeichnet Möglichkeiten auf Tafel.
- SuS zeichnen Möglichkeiten ins Heft.

Versuchsdurchführung als Lehrendenexperiment

- (a) Möglichkeit 1 (siehe oben): Eisenfeilspäne werden auf Glasplatte gestreut.
 → Feldlinienbild auf Tafel bzw. SuS ins Heft.
 - (b) Möglichkeit 2 (siehe oben): Eisenfeilspäne werden auf Glasplatte gestreut.
 → Feldlinienbild auf Tafel bzw. SuS ins Heft.
 - (c) Wenn noch genügend Zeit: Möglichkeit 3 und 4 analog zu (a) und (b).
5. *Wie sind die magnetischen Feldlinien bei diesem Versuch? Offen oder geschlossen?*
 A: Die magnetischen Feldlinien sind geschlossen. *Welche magnetische Wirkungen werden durch die verschiedenen Möglichkeiten des Versuchsaufbaus beobachtet?*
 A: Wenn gleichnamigen Polen gegenüber liegen (Möglichkeit 2) ist die abstoßende Wirkung zwischen den Magneten sichtbar.
 3. *In (a) wird eine anziehende Wirkung beobachtet, in (b) eine abstoßende Wirkung.*

Wenn ungleichnamige Pole gegenüber liegen (Möglichkeit 1) ist die anziehende Wirkung zwischen den Magneten sichtbar.

→ Ins Heft schreiben.

Wie schaut die magnetische Wirkung für den einzelnen Stabmagneten aus?

A: Es gibt eine anziehende Wirkung zwischen Nord- und Südpol.

6. *Wenn wir nicht wüssten, welchen Magneten wir haben, dann könnten wir das mithilfe von magnetischen Feldlinien erkennen.*

7. Hufeisenmagnet wird mit Zeitungspapier eingewickelt, die Glasplatte darauf gelegt und mit Eisenfeilspänen bestreut → Die SuS sollen die Form des Magneten erraten.

8. *Warum verwenden wir nicht andere Dinge aus Eisen, um die magnetischen Feldlinien sichtbar zu machen? Warum gerade Eisenfeilspäne=*

Mögliche Antworten: Nägel sind zu groß, Büroklammern auch, Eisenfeilspäne sind fein genug,...

9. *Letzte Stunde habt ihr gelernt, dass die Erde ebenfalls einen Nord- und einen Südpol besitzt. Ist sie dann auch von einem magnetischen Feld umgeben? A: Ja.*

Bild vom Erdmagnetfeld aus Internet herzeigen. Erklärung: Der Nordpol einer Magnetnadel zeigt zum Nordpol der Erde (vgl. Definition der letzten Stunde). Aufgrund der Anziehung von Magneten kann dort also nur der magnetische Südpol der Erde liegen (vgl. durchgeführtes Experiment mit zwei Stabmagneten).

Umgekehrt ist dies auch der Fall.

→ geografischer Nordpol = magnetischer Südpol der Erde

→ geografischer Südpol = magnetischer Nordpol der Erde

→ Skizze vom Erdmagnetfeld auf Tafel bzw. ins Heft.

Außerhalb der Erde: Das Magnetfeld der Erde entspricht dem Magnetfeld eines Stabmagneten.

→ Vergleichsbilder herzeigen.

4. *Auch die Erde ist von einem Magnetfeld umgeben.*

→ Bild aus Internet herzeigen.

→ Aufschreiben lassen: geografischer

Südpol = magnetischer Nordpol

geografischer

Nordpol = magnetischer Südpol

→ Auf Ähnlichkeit des Feldlinienbildes zu dem eines Stabmagneten hinweisen.

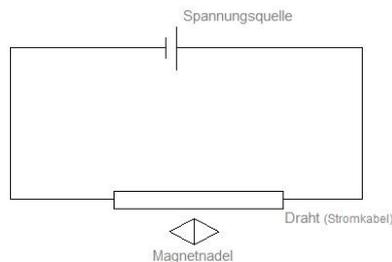
Stunde 3: Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters:

MIT Vor- und Nachbereitung

OHNE Vor- und Nachbereitung

Versuch: Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters

1. Erklärung, was passieren soll:
Wir wollen schauen, was passiert, wenn Strom durch ein Kabel fließt. Dazu wird eine Magnetnadel unter ein Stromkabel gestellt und geschaut, ob etwas mit der Magnetnadel passiert, wenn Strom fließt.
2. *Wie müssen die Gegenstände (1 Spannungsquelle, 3 Stromkabel, 2 Stative, 1 Magnetnadel) aufgebaut werden?*
Der Versuchsaufbau wird gemeinsam mit den SuS aufgebaut.
→ Versuchsaufbau und Materialien ins Heft.



3. Vermutungen:
Besprecht kurz mit eurem Sitznachbarn/ eurer Sitznachbarin eure Vermutungen, was mit der Magnetnadel passiert oder ob sich nichts tut. Ihr habt ein paar Minuten Zeit. Versucht außerdem eure Vermutungen zu begründen.
4. Diskussion im Plenum:
Ein paar Personen werden aufgefordert, ihre Vermutungen zu äußern und zu begründen.
→ LP schreibt an Tafel mit.
→ SuS ergänzen weitere Vermutungen und Begründungen in ihrem Heft.
5. *Was passiert, wenn man die Magnetnadel auf den Tisch stellt?*
A: Sie richtet sich in Nord-Süd-Richtung aus (wie bei einem Kompass, in dem auch eine frei bewegliche Magnetnadel ist).
Wie muss das Stromkabel im Vergleich zur Magnetnadel positioniert sein?
A: Das Stromkabel (Draht) wird so über der Magnetnadel positioniert, dass das Kabel und die Magnetnadel parallel zueinander sind, sie also die gleiche Ausgangsposition haben. So kann gut verglichen werden, ob und wie sich etwas verändert.
→ Wichtig: Auf Kurzschlussgefahr hinweisen: Stromstärke zu groß bei zu kleinem Widerstand → haut Sicherung raus.

Versuchsdurchführung: Der Schalter an der Spannungsquelle wird betätigt, sodass Strom fließen kann. Die Magnetnadel wird aus ihrer Ausgangsposition ausgelenkt. Die SuS werden darauf aufmerksam gemacht, auf die Farben der Magnetnadel zu achten (z.B. welche Farbe wird nach rechts ausgelenkt).
→ Ergebnis wird an Tafel bzw. im Heft notiert.

2. *Was wurde beobachtet?*
A: Wenn kein Strom fließt, dann wird die Magnetnadel nicht ausgelenkt. Wenn Strom fließt, dann schon. Elektrizität und Magnetismus hängen also irgendwie miteinander zusammen.
3. *Entspricht der Versuchsausgang den Erwartungen?*
4. Merksatz ins Heft: Ein stromdurchflossener Leiter ist von einem Magnetfeld umgeben.

1. Versuchsaufbau und Aufgabe
Eine Magnetnadel und ein Kabel werden parallel zueinander hingestellt (anhand des Versuchsaufbaus zeigen). Wir wollen schauen, was passiert, wenn Strom durch das Kabel fließt.
→ Versuchsaufbau auf Tafel zeichnen.
→ Versuchsaufbau und Materialien ins Heft schreiben.

1. Sammlung der Ergebnisse, damit alle das richtige Ergebnis im Heft haben.
Schlussfolgerung: Ein stromdurchflossener Leiter ist von einem Magnetfeld umgeben.
→ Erklärung der Linke-Hand-Regel

5. Erklärung der Linke-Hand-Regel.
6. *Der Strom ist beim vorigen Experiment in eine bestimmte Richtung geflossen.*
Was glaubt ihr, passiert, wenn der Strom in die andere Richtung durch das Kabel fließt?
 → Durch Skizze an Tafel verdeutlichen.
 → SuS schreiben Änderungen ins Heft.
Besprecht eure Vermutungen wieder mit eurem Sitznachbarn/ eurer Sitznachbarin und versucht eure Vermutungen zu begründen.
 → SuS schreiben Vermutungen ins Heft.
7. Ein paar Personen werden aufgefordert, ihre Vermutungen zu äußern und zu begründen.

Versuchsdurchführung: An der Spannungsquelle wird umgepolt, d.h. umgesteckt. Der Schalter an der Spannungsquelle wird betätigt, sodass Strom fließt. Die Magnetnadel wird wieder ausgelenkt. Die SuS sollen wieder auf die Farbe achten.
 → Ergebnisse werden auf der Tafel und im Heft notiert.

8. *Was wurde beobachtet?*
 A: Die Magnetnadel wird in die andere Richtung ausgelenkt.
 → Wenn sich die Stromrichtung ändert, dann ändert sich auch die Richtung der Auslenkung, also die Drehrichtung der Magnetnadel.
Warum ist das so?
 Mithilfe der Linke-Hand-Regel erklären (Draht in andere Richtung mit der Hand umschließen).
9. *Was passiert, wenn sich die Magnetnadel nicht unter, sondern über dem Draht befindet?*
Besprecht eure Vermutungen mit eurem Sitznachbarn/ eurer Sitznachbarin und versucht sie zu begründen.
 → Vermutungen ins Heft schreiben.
10. Ein paar Personen werden aufgefordert, ihre Vermutungen zu äußern und zu begründen.
2. Erneute Sammlung der Ergebnisse.

Versuchsdurchführung: Die Magnetnadel wird über dem Kabel positioniert. Wenn Strom durch das Kabel fließt, dreht sich die Magnetnadel in die andere Richtung als beim vorigen Experiment.
 → Auf der Tafel die Farbe notieren, die sich nun auf der vorher notierten Seite befindet.

11. *Was wurde beobachtet?*
 A: Wenn man die Magnetnadel über den Draht stellt und Strom fließt, dann wird die Magnetnadel in die andere Richtung ausgelenkt, als die Magnetnadel noch unter dem Kabel gestanden ist.
Warum ist das so? Mit Hilfe der Linke-Hand-Regel erklären (Draht mit der Hand ganz umschließen).
D.h. mit der Linke-Hand-Regel könnte auch herausgefunden werden, in welche Richtung das Magnetfeld links oder rechts vom stromdurchflossenen Kabel zeigt.
 → Ohne Strom mithilfe der Linke-Hand-Regel vorzeigen.
 → *Das kann man aber auch mit einem frei beweglichen Magneten zeigen, da müsst ihr aber genau (!) beobachten.*
12. Das Magnetfeld wird links und rechts vom Kabel mit einem frei beweglichen Magneten untersucht.
3. Erneute Sammlung der Ergebnisse.
4. Bild aus Internet herzeigen:
Magnetische Feldlinien haben die Form von konzentrischen Kreisen.
 → Ins Heft schreiben.
- *Kann man auch mit Eisenfeilspänen oder der Linke-Hand-Regel sichtbar machen.*

Magnetfeldlinien um einen stromdurchflossenen Leiter

Genauso wie die linke Hand einen Kreis bildet, wenn sie um den Draht geschlossen ist, so kann auch beim Versuch mit dem frei beweglichen Magneten erkannt werden, dass die Magnetfeldlinien kreisförmig sind.

- An der Tafel vier Positionen aufzeichnen.
- Youtube-Video (Elektromagnete – Schulfilm Physik) von 1:24 bis 1:38 herzeigen.
- Bilder aus Internet herzeigen.

Erklärung: Gemeinsames Zentrum/ Gemeinsame Mitte →
Konzentrische Kreise

Erzeugt jeder elektrische Strom ein Magnetfeld? A: Ja.
→ könnte man auch bei entsprechendem Versuchsaufbau und vorhandenen Materialien mit Eisenfeilspänen sichtbar machen.

Stunde 4: Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule

MIT Vor- und Nachbereitung

OHNE Vor- und Nachbereitung

Was haben wir in der letzten Stunde gemacht? A: Letzte Stunde haben wir das Magnetfeld eines geraden stromdurchflossenen Leiters untersucht (also eines Kabels).

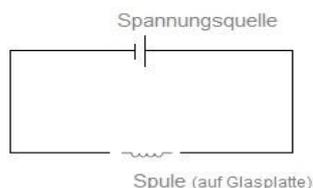
Wie haben wir das gemacht? A: Indem wir eine Magnethöhle parallel zu einem Kabel gestellt haben und dann geschaut haben, was passiert, wenn Strom durch dieses Kabel fließt.

Welche Regel habt ihr dabei kennen gelernt? A: Die Linke-Hand-Regel.

Heute wollen wir das Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule untersuchen.

Versuch: Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule

- | | |
|--|--|
| <p>1. Erklärung, was passieren soll:
<i>Wir brauchen für dieses Experiment wieder Eisenfeilspäne, um das Magnetfeld sichtbar zu machen. Außerdem haben wir eine Spule mit zwei Anschlussmöglichkeiten und zwei Stromkabel.</i></p> <p>2. Versuchsaufbau:
Gemeinsam mit den SuS wird der Versuchsaufbau erarbeitet. Anschließend werden die Eisenfeilspäne auf die Platte mit der Spule gestreut, wenn der Strom noch nicht fließt → Versuchsaufbau und Materialien ins Heft.</p> | <p>1. Versuchsaufbau und Aufgabe
<i>Die Spule ist über Kabel mit der Spannungsquelle verbunden, es fließt aber noch kein Strom. In diesem Zustand streue ich jetzt Eisenfeilspäne auf die Glasplatte mit der Spule → vorgegebener Versuchsaufbau und Materialien ins Heft.</i></p> |
|--|--|



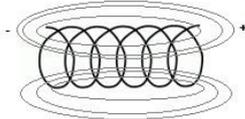
3. Vermutungen:
Was glaubt ihr passiert mit den Eisenfeilspänen, wenn Strom durch die Spule fließt? Besprecht eure Vermutungen mit eurem Sitznachbarn/ eurer Sitznachbarin und versucht die Vermutungen zu begründen.
4. Diskussion im Plenum:
Ein paar Personen werden aufgefordert, ihre Vermutungen zu äußern und zu begründen.
→ LP schreibt an Tafel mit.
→ SuS ergänzen neue Aspekte im Heft.

Versuchsdurchführung: An der Spannungsquelle wird der Knopf gedrückt, sodass Strom durch die Spule fließt. Die magnetischen Feldlinien werden sichtbar → Ergebnisse (inkl. Skizze) ins Heft schreiben.

5. Wir können jetzt schon einen Teil der magnetischen Feldlinien sehen. Wenn wir die Stromstärke noch mehr erhöhen könnten – geht aufgrund der in der letzten Stunde besprochenen Kurzschlussgefahr nicht – dann würde das Feldlinienbild wie ausschauen?

Die SuS überlegen und melden sich durch Aufzeigen. Ausgewählte Personen dürfen ihre Idee an der Tafel präsentieren.

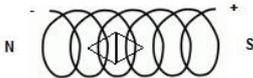
→ Sicherstellen, dass die richtige Variante dabei ist.



6. Wie sind die Feldlinien? Offen oder geschlossen? A: Offen.
→ Vergleich mit dem Magnetfeld beim stromdurchflossenen Leiter.

→ Bilder herzeigen und vergleichen.

7. Wird die Rechte-Hand-Regel benutzt, dann kann festgestellt werden, in welche Richtung eine Magnetnadel innerhalb der Spule zeigen würde → Bild herzeigen.



8. In welche Richtung würde die Magnetnadel zeigen, also wären der Nord- und Südpol über bzw. unter der Spule? Besprecht eure Vermutungen mit eurem Sitznachbarn/ eurer Sitznachbarin und versucht diese zu begründen.

→ Einige ausgewählten SuS äußern ihre Vermutungen und begründen sie auch.

9. Mit einem frei beweglichen Magneten wird überprüft, wie das Magnetfeld ober- bzw. unterhalb der Spule aussieht.

10. Was konntet ihr beobachten?

Ober- und unterhalb der Spule ist die Drehrichtung der Magnetnadel die gleiche, d.h. Nord- und Südpol schauen in die gleiche Richtung.

Sind die Ergebnisse so wie vermutet?

11. Ist die Drehrichtung auch links und rechts von der Spule gleich? Was vermutet ihr?

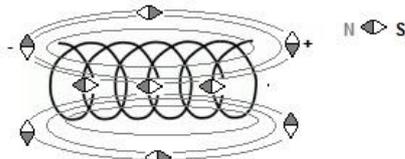
→ Ausgewählte SuS äußern ihre Vermutungen.

12. Mit einem frei beweglichen Magneten wird überprüft, wie das Magnetfeld links bzw. rechts von der Spule aussieht.

13. Was konntet ihr beobachten? A: Die Magnetnadel schaut links und rechts von der Spule nicht in die gleiche Richtung.

Sind die Ergebnisse so wie vermutet?

14. Mithilfe eines vorgegebenen Bildes machen die SuS eine Skizze vom Verlauf des Magnetfeldes in ihr Heft:

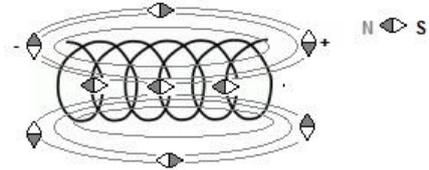


15. Mit welcher Magnetform hat das Magnetfeld der Spule eine Ähnlichkeit? A: Mit dem Magnetfeld eines Stabmagneten.

16. Was passiert, wenn sich die Stromrichtung ändert? A: Die Drehrichtung der Magnetnadel ändert sich, Nord- und Südpol werden vertauscht.

2. Wenn wir jetzt noch die Stromstärke erhöhen könnten (auf Kurzschlussgefahr hinweisen), dann würde das vollständige Feldlinienbild so ausschauen:

→ Bild herzeigen:



→ Anhand des Bildes folgendes erklären:

Ober- und unterhalb der Spule liegt der Nord- bzw. Südpol der Magnetnadel gleich.

Links und rechts von der Spule ist das nicht der Fall.

Wenn sich die Stromrichtung ändert, dann ändert sich auch die Drehrichtung der Magnetnadel.

→ Skizze ins Heft zeichnen.

3. Rechte-Hand-Regel vorzeigen und erklären.

C Fragebogen

Liebe Schülerinnen und Schüler! _____

Im Rahmen meiner Diplomarbeit, die ich an der Universität Wien im Fach Physik schreibe, möchte ich einige Daten erheben. Die Fragestellung, mit der ich mich näher beschäftige, ist, inwieweit sich verschiedene Methoden im Stoffgebiet Magnetismus auf den Lernerfolg und die Motivation der Schülerinnen und Schüler auswirken. Die gewonnenen Daten werde ich im Rahmen meiner Diplomarbeit analysieren und dienen rein wissenschaftlichen Zwecken.

Ich bitte euch darum, dass ihr die Fragen vollständig und aufrichtig ausfüllt, da jede Beantwortung für die Evaluation sehr wichtig ist.

Der Fragebogen wird anonym ausgewertet und hat keinerlei Einfluss auf eure Note!

Ich danke euch jetzt schon für das Mitmachen und die Bearbeitung des Fragebogens!

Hinweise zum Ausfüllen des Fragebogens:

- **Ankreuzfelder** dürfen mit einem blauen oder schwarzen Kugelschreiber oder einem dünnen Filzstift markiert werden.

Markiert bitte so:

Wenn ihr eine Korrektur vornehmen müsst, dann bitte nur so:
(Füllt das falsch markierte Kästchen ganz aus.)

- Bei **offenen Fragen** bitte leserlich schreiben und den Platz verwenden, der dafür vorgesehen ist.
- Es ist nicht immer nur eine Antwort richtig, bei manchen Fragen müssen auch mehrere Antworten angekreuzt werden.

A: Allgemeines

A1.1: Geschlecht

- männlich
 weiblich

A1.2: Wie alt bist du?

_____ Jahre

A2.1: Arbeitet ein Elternteil in einem technischen/ naturwissenschaftlichen Beruf?

- ja
 nein

Wenn ja, in welchem?

A3.1: Interessierst du dich für das Fach Physik?

- sehr stark etwas kaum eher nicht gar nicht

A3.2: Wie gut kennst du dich deiner Meinung nach in der Physik aus (also in dem, was du bis jetzt gelernt hast)?

- sehr gut gut mittelmäßig wenig gar nicht

A3.3: Welche Note hast du in Physik im letzten Schuljahr bekommen?

- Sehr gut Gut Befriedigend Genügend Nicht genügend

B: Magnetismus

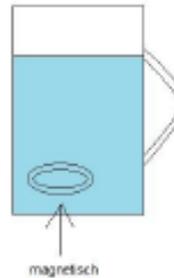
B1.1: Welche Stoffe zieht der Magnet an?

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Radiergummi | <input type="checkbox"/> Kreide |
| <input type="checkbox"/> Nagel | <input type="checkbox"/> Nadel |
| <input type="checkbox"/> Zettel | <input type="checkbox"/> Schere |
| <input type="checkbox"/> Büroklammer | <input type="checkbox"/> Glasstein |
| <input type="checkbox"/> Holzklammer | |

B1.2: Es werden nur Dinge aus _____ angezogen.

B2.1: Stell dir vor, ein magnetischer Gegenstand liegt in einem Glas mit Wasser. Kann man den Gegenstand mithilfe eines Magneten wieder herausholen, ohne dass man nass wird?

- ja
 nein



B2.2: Wirkt die Magnetkraft also auch durch andere Stoffe hindurch?

- ja
 nein

B3.1: Die magnetische Kraft nimmt mit der Entfernung

- zu ab

B3.2: Die magnetische Kraft reicht

- wenige Millimeter einige Meter ein paar Kilometer unendlich weit.

B4: Zwei Magneten können einander

- anziehen.
 abstoßen.
 reagieren nicht aufeinander.

C: Permanentmagnete

C1: Woran kann man Magnete erkennen?

- Form
- Farbe
- Wirkung (sie üben Kräfte aus)

C2.1: Was passiert wenn man einen Magnet festhält und Eisen in die Nähe gelangt und umgekehrt, wenn man Eisen festhält und ein Magnet in die Nähe gelangt?

- Magnet und Eisen ziehen einander an.
- Magnet und Eisen stoßen einander ab.
- Sie reagieren nicht aufeinander.

C2.2: Welche Stoffe sind neben Eisen noch magnetisch?

- Nickel
- Aluminium
- Kobalt
- alle anderen Metalle
- Stahl

C3.1: Wo werden magnetische Stoffe von einem Magneten besonders stark angezogen?

- In der Mitte des Magneten.
- An den Polen des Magneten.
- An den Enden des Magneten.

C3.2: Wie viele Pole hat ein Magnet?

- 1
- 2
- 3

C4: Welche Aussagen stimmen?

- Gleichnamige Pole stoßen einander ab.
- Ungleichnamige Pole stoßen einander ab.
- Gleichnamige Pole ziehen einander an.
- Ungleichnamige Pole ziehen einander an.

D: Magnetfeld von Permanentmagneten

D1: Wie nennt man die Linien, die magnetische Kräfte sichtbar machen?

- Elektrische Feldlinien
- Eisenspan – Feldlinien
- Magnetische Feldlinien

D2.1: Magnetische Feldlinien

- sind in sich geschlossen.
- schauen bei jeder Magnetform gleich aus.
- verlaufen vom N-Pol zum S-Pol.
- ändern sich nicht, wenn ein zweiter Magnet in die Nähe des ersten gebracht wird.

D2.2: Zeichne ein, wie das Erdmagnetfeld verläuft! Beschrifte den magnetischen und den geografischen Nord- bzw. Südpol!

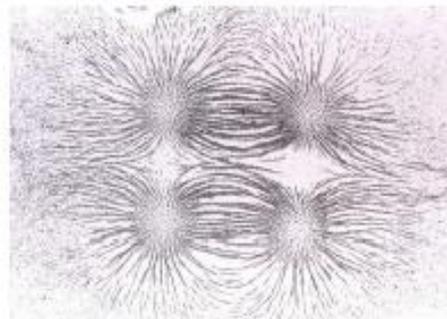


D2.3: Hat das Erdmagnetfeld Ähnlichkeit mit dem Magnetfeld eines Stabmagneten?

- Ja
- Nein

D2.4: Welche magnetische Wirkung findet hier zwischen den Polen statt?

- Abstoßende Wirkung
- Anziehende Wirkung
- Die Wirkung wird durch ein Stück aus Eisen abgeschirmt.



C: Permanentmagnete

C0.1: Wie gut kannst du dich noch an die letzte Stunde (Thema Permanentmagnete) erinnern?

- sehr gut gut mittelmäßig wenig gar nicht

C0.2: Hat dir die letzte Stunde Spaß gemacht?

- sehr etwas kaum eher nicht gar nicht

C0.3: Wie gut kennst du dich jetzt deiner Meinung nach mit Magneten und ihren Eigenschaften aus?

- sehr gut gut mittelmäßig wenig gar nicht

C0.4: Bist du schon gespannt, was dich beim nächsten Thema im Kapitel Magnetismus erwartet?

- sehr etwas kaum eher nicht gar nicht

D: Magnetfeld von Permanentmagneten

D0.1: Wie gut kannst du dich noch an die letzte Stunde (Thema Magnetfeld von Permanentmagneten) erinnern?

- sehr gut gut mittelmäßig wenig gar nicht

D0.2: Hat dir die letzte Stunde Spaß gemacht?

- sehr etwas kaum eher nicht gar nicht

D0.3: Wie gut kennst du dich jetzt deiner Meinung nach mit Magneten und ihren Magnetfeldern aus?

- sehr gut gut mittelmäßig wenig gar nicht

D0.4: Bist du schon gespannt, was dich beim nächsten Thema im Kapitel Magnetismus erwartet?

- sehr etwas kaum eher nicht gar nicht

E: Magnetische Wirkung elektrischer Ströme

E1: Wie wird der Kupferdraht vor Beginn des Oersted-Versuchs über die Magnetnadel gestellt?

- Er kann irgendwie hingestellt werden.
- Er muss normal (= 90° Winkel) zur Magnetnadel stehen.
- Er muss parallel zur Magnetnadel stehen.

E2.1: Wird die Magnetnadel abgelenkt, wenn Strom fließt?

- Ja
- Nein

E2.2: Welche Aussagen stimmen?

- Die Drehrichtung der Magnetnadel ist von der Stromrichtung abhängig.
- Die Drehrichtung der Magnetnadel ist nicht von der Stromrichtung abhängig.
- Die Drehrichtung der Magnetnadel ist von ihrer Position abhängig.
- Die Drehrichtung der Magnetnadel ist nicht von ihrer Position abhängig.

E2.3: Womit kann man das magnetische Feld sichtbar machen bzw. zeigen, in welche Richtung das Feld weist?

- Durch eine Magnetnadel.
- Durch die Linke-Hand-Regel.
- Durch Eisenfeilspäne.

E3.1: Jeder elektrische Strom erzeugt ein Magnetfeld.

- Stimmt
- Stimmt nicht

E3.2: Welche Form haben die magnetischen Feldlinien eines geraden stromdurchflossenen Leiters?

- Konzentrische Ellipsen
- Konzentrische Pyramiden
- Konzentrische Kreise

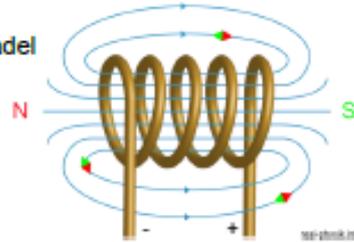
F: Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule

F1.1: Bei einer stromdurchflossenen Spule ist die Drehrichtung der Magnetnadel (also die Lage von Nord- und Südpol) von ihrer Position abhängig.

- Stimmt Stimmt nicht

F1.2: Wo stimmt die Drehrichtung einer Magnetnadel (also die Lage von Nord- und Südpol) überein?

- In der Spule – egal wo man die Magnetnadel innerhalb der Spule hinstellt.
 Vor und hinter der Spule.
 Über und unter der Spule.



F1.3: Bei einer stromdurchflossenen Spule ist die Drehrichtung der Magnetnadel (also die Lage von Nord- und Südpol) von der Stromrichtung abhängig.

- Stimmt Stimmt nicht

F2.1: Welche Aussagen stimmen?

- Die magnetischen Feldlinien einer stromdurchflossenen Spule bilden geschlossene Linien.
 Die magnetischen Feldlinien einer stromdurchflossenen Spule bilden offene Linien.
 Außerhalb der stromdurchflossenen Spule zeigen die Feldlinien wie Sonnenstrahlen nach außen.
 Außerhalb der stromdurchflossenen Spule gehen die Feldlinien in einem Bogen vom Nordpol zum Südpol.

F2.2: Hat das Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule eine Ähnlichkeit mit dem eines Stabmagneten?

- Ja
 Nein

F2.3: Womit kann man das magnetische Feld sichtbar machen bzw. zeigen, in welche Richtung das Feld weist?

- Durch eine Magnetnadel.
 Durch Eisenfeilspäne.

E: Magnetische Wirkung elektrischer Ströme

E0.1: Wie gut kannst du dich noch an die letzte Stunde (Thema Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiter) erinnern?

- sehr gut gut mittelmäßig wenig gar nicht

E0.2: Hat dir die letzte Stunde Spaß gemacht?

- sehr etwas kaum eher nicht gar nicht

E0.3: Wie gut kennst du dich jetzt deiner Meinung nach mit dem Thema aus?

- sehr gut gut mittelmäßig wenig gar nicht

E0.4: Bist du schon gespannt, was dich beim nächsten Thema im Kapitel Magnetismus erwartet?

- sehr etwas kaum eher nicht gar nicht

F: Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule

F0.1: Wie gut kannst du dich noch an die letzte Stunde (Thema Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule) erinnern?

- sehr gut gut mittelmäßig wenig gar nicht

F0.2: Hat dir die letzte Stunde Spaß gemacht?

- sehr etwas kaum eher nicht gar nicht

F0.3: Wie gut kennst du dich jetzt deiner Meinung nach aus, wenn es um das Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule geht?

- sehr gut gut mittelmäßig wenig gar nicht

F0.4: Bist du schon gespannt, was dich beim nächsten Thema im Kapitel Magnetismus erwartet?

- sehr etwas kaum eher nicht gar nicht

G: Permanentmagnete und ihre Magnetfelder

G0.1: Wie gut kannst du dich noch an die Stunden zum Thema Permanentmagnete und Magnetfelder von Permanentmagneten erinnern?

- sehr gut gut mittelmäßig wenig gar nicht

G0.2: Haben dir diese beiden Stunden Spaß gemacht?

- sehr etwas kaum eher nicht gar nicht

G0.3: Wie gut kennst du dich deiner Meinung nach mit Magneten, ihren Eigenschaften und Magnetfeldern aus?

- sehr gut gut mittelmäßig wenig gar nicht

G0.4: Würdest du gerne noch mehr über Permanentmagnete, ihre Eigenschaften und Magnetfelder lernen wollen?

- sehr etwas kaum eher nicht gar nicht

H: Magnetische Wirkung elektrischer Ströme, Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule

H0.1: Wie gut kannst du dich noch an die Stunden zum Thema Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters und Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule erinnern?

- sehr gut gut mittelmäßig wenig gar nicht

H0.2: Haben dir diese beiden Stunden Spaß gemacht?

- sehr etwas kaum eher nicht gar nicht

H0.3: Wie gut kennst du dich jetzt deiner Meinung nach mit dem Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters und dem Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule aus?

- sehr gut gut mittelmäßig wenig gar nicht

H0.4: Würdest du gerne noch mehr über die Magnetfelder eines stromdurchflossenen Leiters und einer stromdurchflossenen Spule lernen?

- sehr etwas kaum eher nicht gar nicht

Zusammenfassung

Da Experimente im Physikunterricht einen besonderen Stellenwert haben, wird in dieser Diplomarbeit die Einbettung von Versuchen in den Unterrichtsverlauf näher untersucht. Verschiedene Forschungen konnten bereits zeigen, dass die Vor- und Nachbereitung von Experimenten wichtig für die Qualität von Physikunterricht ist. In dieser Diplomarbeit wird jedoch nicht nur die Lernwirksamkeit von Versuchen in Hinblick auf ihre Einbettung untersucht, sondern auch die Motivation der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf die Vor- und Nachbereitung der Versuche. Auf diesen Aspekt wurde in den bisherigen Forschungen noch nicht näher eingegangen. Mittels einer systematischen Stichprobe werden zwei vierte Klassen (= 8.Schulstufe) einerseits mit und andererseits ohne entsprechender Einbettung der Experimente unterrichtet. Vor und nach diesen Einheiten findet eine Erhebung der Lernwirksamkeit und der Motivation der Lernenden mit Hilfe verschiedener Fragebögen statt. Das Ergebnis der Diplomarbeit ist, dass die Vor- und Nachbereitung der Versuche wirklich ein zentrales Kriterium für den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler ist. Für die Motivation und das Interesse der Lernenden zeigt sich in dem zeitlichen Rahmen, in dem die Untersuchung durchgeführt worden ist, kein Zusammenhang mit der Einbettung der Experimente. Stattdessen scheinen über diesen kurzen Zeitrahmen der direkte Bezug zum Alltag und die eigenständige Durchführung von Experimenten entscheidender zu sein.

Abstract

Due to the great significance of laboratory work in science teaching, there will be an investigation of the embedment of laboratory experiments in this diploma thesis. Multiple studies have already revealed that preparation and postprocessing of experiments is important for the quality of science education. Yet, this diploma thesis investigates not only the learning outcome, but also the students motivation regarding preparation and postprocessing of experiments. Previous studies haven't considered this aspect yet. By using a systematic random sample two classes consisting of fourth graders at a secondary school will either be instructed with or without embedment of laboratory experience. Before and after the respective lessons an investigation on learning outcome and motivation of the students will be conducted. The result of this diploma thesis is that preparation and postprocessing of experiments positively influences the learning outcome of the students. In terms of motivation and interest, no correlation with the embedment of laboratory experiences could be found during the time of investigation. Instead of that, direct reference to everyday life and the independent realization of experiments seems to be essential for this short period.