



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Entwicklung und Evaluation einer auf Schülerexperimenten gestützten Unterrichtssequenz zum Thema Licht und Farben“

verfasst von / submitted by

Marie-Theres Manhart

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

Wien, 2018 / Vienna, 2018

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

A 190 362 412

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

Lehramtsstudium UF Russisch UF Physik

Betreut von / Supervisor:

Mag. Dr. Hildegard Urban-Woldron, Privatdoz.

Abstract

Experimente sind im heutigen Physikunterricht gar nicht mehr wegzudenken, aber auf die Frage danach, wie und wann sie am besten in den Unterrichtsverlauf eingebettet werden sollen, gibt es noch keine hinreichende Antwort. Mit dieser Arbeit wird das Ziel verfolgt, eine Unterrichtssequenz bestehend aus vier Unterrichtseinheiten zum Thema „Licht und Farben“ für Schüler und Schülerinnen der 8. Schulstufe zu entwickeln. Kern der Sequenz sind Schülerexperimente, die entweder in der Einstiegs- oder Erarbeitungsphase durchgeführt werden. Durch eine anschließende Evaluierung der beiden Versionen der Unterrichtssequenz soll herausgefunden werden, welche Variante zu einem höheren Fachwissenszuwachs bei den Schülern und Schülerinnen führt und bei welcher sich die affektiven Aspekte Motivation, Interesse und Selbstkonzept positiver entwickeln. Bei der Auswertung der Fragebögen konnte eine minimal höhere Effektivität der Unterrichtssequenz basierend auf den Erarbeitungsexperimenten nachgewiesen werden. Außerdem konnte eine positive Entwicklung des Interesses und des Selbstkonzepts der Schüler und Schülerinnen festgestellt werden.

Experiments have become indispensable in today's physics classes, but there is still no adequate answer to the question of how and when preferably embed them in the lessons. The aim of this thesis is the development of a teaching sequence consisting of four lessons on the subject of "Light and Colours" for students in the 8th grade. The main core of the sequence are student experiments, which are carried out either during the entry or the development phase. Through a subsequent evaluation of the two versions of the lesson sequence it will be discovered, which variant leads to a higher increase in the knowledge of the students and in which the affective aspects of motivation, interest and self-concept develop more positively. In the evaluation of the questionnaires, a minimal increase in the effectiveness of the teaching sequence based on the experiments in the development phase is demonstrated. In addition, a positive growth of the interest and the self-concept of some students is determined.

Danksagung

Ein großer Dank gilt allen voran meinen Eltern, die mir nicht nur das Studium ermöglichten, sondern mich außerdem dazu inspirierten, eine Laufbahn als Lehrerin einzuschlagen. An dieser Stelle möchte ich mich auch bei meinen beiden Geschwistern und meinen Großeltern bedanken, die mich immer unterstützten und immer ein offenes Ohr für mich hatten.

Ein weiterer Dank gilt auch den Schülern und Schülerinnen, die freiwillig und konzentriert an der Durchführung der Unterrichtssequenz und der damit einhergehenden Untersuchung teilnahmen. Einen großen Dank möchte ich hiermit auch an Frau Prof. Mag. Sandra Sudhop richten, die mir ihre Klasse zur Verfügung stellte, mir mit Rat und Tat zur Seite stand und immer ein paar aufmunternde Worte für mich parat hatte.

Ein besonderer Dank geht vor allem an meine Diplomarbeitsbetreuerin Frau Mag. Dr. Hildegard Urban-Woldron, Privatdoz., die mir eine exzellente Betreuung zuteilwerden ließ und mich durch ihre motivierenden Worte immer wieder anspornte.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Theoretische Grundlagen	3
2.1	Experimente im Physikunterricht	3
2.1.1	Ziele und Funktionen von Experimenten	4
2.1.2	Klassifikation von Experimenten	5
2.1.3	Demonstrations- vs. Schülerexperiment	8
2.1.4	Einstiegs- vs. Erarbeitungsexperiment	11
2.2	Schülervorstellungen	12
2.2.1	Schülervorstellungen in der Fachdidaktik	12
2.2.2	Schülervorstellungen zum Thema „Licht und Farben“	15
2.3	Affektive Aspekte im Physikunterricht	20
2.3.1	Motivation	20
2.3.2	Interesse	21
2.3.3	Selbstkonzept	23
3	Unterrichtssequenz zum Thema „Licht und Farben“	25
3.1	Allgemeine Überlegungen	25
3.2	Erste Unterrichtseinheit	28
3.3	Zweite Unterrichtseinheit	32
3.4	Dritte Unterrichtseinheit	37
3.5	Vierte Unterrichtseinheit	42
4	Untersuchungsdesign	47
4.1	Forschungsfrage und Methodik	47
4.2	Der Zeitraum	48
4.3	Die Stichprobe	49
4.4	Die Testinstrumente	50
4.4.1	Der Prätest	50
4.4.2	Der Posttest	54
4.4.3	Fragen zur Unterrichtssequenz	57
5	Auswertung der Fragebögen	59
5.1	Auswertemethodik	59
5.2	Ergebnisse des Prätests	63
5.3	Ergebnisse des Posttests	72
5.4	Ergebnisse der Fragen zur Unterrichtssequenz	84

6	Interpretation der Ergebnisse.....	91
6.1	Fachwissenszuwachs durch Schülerexperimente in der Einstiegs- bzw. Erarbeitungsphase.....	91
6.2	Auswirkungen affektiver Aspekte auf den Fachwissenszuwachs.....	95
6.2.1	Motivation.....	95
6.2.2	Interesse	97
6.2.3	Selbstkonzept	98
6.3	Entwicklung affektiver Aspekte durch Schülerexperimente in der Einstiegs- bzw. Erarbeitungsphase.....	99
7	Zusammenfassung	103
8	Folgerungen und Ausblick	107
8.1	Schlussfolgerungen hinsichtlich der Unterrichtssequenz	107
8.2	Ausblick.....	108
9	Literaturverzeichnis	111
10	Abbildungsverzeichnis.....	115
11	Tabellenverzeichnis	117
12	Diagrammverzeichnis	118
13	Anhang.....	120

1 Einleitung

Experimente sind ein wesentlicher Bestandteil des heutigen Physikunterrichts an Schulen. Hinsichtlich der Organisationsform von Experimenten im physikalischen Unterricht existieren bereits einige Studien darüber, ob Demonstrations- oder Schülerexperimente einen besseren Einfluss auf den Lernerfolg von Schülerinnen und Schüler haben. Diese führten oft zu der Tatsache, dass Schülerexperimente nicht generell zu einem signifikant besseren Lernerfolg führen (Winkelmann 2014, Wiesner et al. 2015).

Ziel dieser Arbeit ist eine weiterführende Auseinandersetzung mit diesem Thema, indem eine Unterrichtssequenz zum Thema „Licht und Farben“ für Schüler und Schülerinnen der 8. Schulstufe entwickelt wird, bei der Schülerexperimente entweder in der Einstiegs- oder Erarbeitungsphase stattfinden, um anschließend die Auswirkungen einer unterschiedlichen Einbettung von schülerzentrierten Experimenten zu erforschen. Es wird also mittels einer empirischen Untersuchung überprüft, „ob das Lernen mit experimenteller Erfahrung oder theoretischer Konzeption begonnen“ (Tesch, Duit 2004, S. 58) werden soll.

Im Zuge des zweiten Kapitels der Arbeit werden alle notwendigen theoretischen Grundlagen angeführt, die für die Entwicklung der Sequenz und deren Evaluierung notwendig sind. Dies umschließt zu Beginn eine Beschreibung der Theorie hinter dem Experiment im Physikunterricht ganz allgemein. Neben der Anführung einer Definition für das Experiment wird auch auf die möglichen Ziele und die damit verbundenen funktionellen Aspekte eingegangen. Außerdem erfolgt eine Klassifikation der im Physikunterricht möglichen Experimente nach Art der Sachbegegnung, der Unterrichtsphase, der Organisationsform, dem Geräteeinsatz und der Ausführungsform (Girwidz 2015). Weiters folgt eine Analyse der gängigsten Schülervorstellungen zu diesem Thema, die bei der Planung der Sequenz berücksichtigt werden, um Fehlvorstellungen seitens der Schülerinnen und Schüler zu vermeiden. Abschließend erfolgt eine Beschreibung bestimmter affektiver Aspekte, die im Zuge der Untersuchung erforscht werden, und eine Darstellung aktueller Forschungsergebnisse in diesem Bereich.

Das dritte Kapitel beginnt mit einer Erläuterung der Überlegungen, anhand derer die Unterrichtssequenz entwickelt wurde, und einer Übersicht zum Ablauf der Sequenz abhängig davon, ob die Schülerexperimente in der Einstiegs- oder Erarbeitungsphase eingesetzt werden. In der anschließenden Darstellung der Sequenz werden alle vier Unterrichtseinheiten

unter der Angabe von bestimmten Zielen, die von den Schülern und Schülerinnen zu erreichen sind, detailliert beschrieben.

Im vierten Kapitel erfolgt die Vorstellung des Untersuchungsdesigns. Dazu gehören neben der Darlegung der zu untersuchenden Forschungsfragen die Angaben zur Methodik, die Durchführung und die verwendete Stichprobe der Studie. Im letzten Abschnitt lassen sich zudem die genauen Beschreibungen der Testinstrumente finden.

Das fünfte Kapitel widmet sich der Auswertung aller während der Untersuchung verwendeten Fragebögen. Nach einigen Angaben zur Auswertemethodik folgt die Analyse jeder einzelnen Aufgabe des Prä- und Posttests sowie der allgemeinen Fragen zur Unterrichtssequenz.

Im sechsten Kapitel werden die zuvor dargelegten Auswertungen herangezogen und eine die Beantwortung der Forschungsfragen verfolgende Interpretation durchgeführt, um festzustellen, ob Unterschiede der beiden Versionen der Unterrichtssequenz zu verzeichnen sind.

Im siebten Kapitel werden die Ergebnisse der empirischen Untersuchung zusammengefasst und mögliche Schlussfolgerungen die Unterrichtssequenz betreffend aufgezeigt.

Das achte Kapitel dient zur Beschreibung, wie eine weitere Forschung in diesem Gebiet aussehen könnte.

2 Theoretische Grundlagen

Im folgenden Kapitel werden jene theoretischen Grundlagen dargelegt, die für die Entwicklung und Evaluation der Unterrichtssequenz mittels empirischer Untersuchung notwendig sind. Nach einer Darstellung des Experiments im Physikunterricht folgt eine Auseinandersetzung mit dessen funktionellen Aspekten und möglichen Klassifikationen hinsichtlich des Einsatzgebietes Schule. Weiters erfolgt eine allgemeine Beschreibung von Schülervorstellungen in der Fachdidaktik und eine Analyse der bisher gängigsten Schülervorstellungen in Bezug auf das Thema Licht und Farben. Abschließend wird auf einige affektive Aspekte speziell in Bezug auf den Physikunterricht eingegangen. Wie Girwidz (2015, S. 228) bereits am Beginn seiner Ausführungen anmerkt, lässt sich in der Literatur keine konkrete Verwendung der beiden Ausdrücke „Versuch“ und „Experiment“ erkennen, daher stellen auch in den folgenden Beschreibungen diese Begriffe Synonyme dar.

2.1 Experimente im Physikunterricht

Die Gebiete, in denen das Experiment Anwendung findet, sind äußerst vielfältig. Darunter zählen im naturwissenschaftlichen Bereich neben der Biologie und Chemie natürlich auch die Physik. Aber auch hier kann das Experiment und dessen Verwendung in unterschiedlichste Gebiete eingeteilt werden. Auf der einen Seite gäbe es hier den Einsatz, unter Berücksichtigung des Ziels einen möglichst hohen Unterhaltungswert zu erreichen, wie es oft bei diversen Fernsehshows beabsichtigt wird. Hierbei ist die Funktion der dargestellten Experimente für jedermann leicht ersichtlich. Das Publikum soll beeindruckt und überrascht werden, wobei der physikalische Hintergrund meist nebensächlich behandelt wird und deutlich in den Hintergrund tritt. Auf der anderen Seite existiert der sich auf die dahinterliegende Physik fokussierende Aspekt des Experiments, welcher sich im Bereich der Wissenschaft ansiedelt. In diesem Fall dient die Verknüpfung von Experiment und Theorie dazu, die Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Bereich voranzutreiben (Wiesner et al. 2015, S. 106).

Das Einsatzgebiet des physikalischen Experiments, dem in dieser Arbeit besonderes Hauptaugenmerk geschenkt wird, betrifft den Unterricht und somit den pädagogischen Wert des Experiments.

2.1.1 Ziele und Funktionen von Experimenten

Nach Harlen (Harlen zit. nach Tesch, Duit 2004, S. 51) sind zwar viele Erwartungen, den Einsatz von Experimenten im Unterricht betreffend, vorhanden, allerdings kann die Realität dem nur wenig gerecht werden. Dies betrifft vor allem die Effektivität der eingesetzten Experimente. Schülerexperimente werden zudem oft sehr trivial gestaltet, und es wird wenig Rücksicht auf die Interessen der Schüler und Schülerinnen genommen (Tesch, Duit 2004, S. 51). Um Experimente im Physikunterricht sinnvoll einsetzen zu können, muss ein Bewusstsein für die damit erreichbaren Ziele geschaffen werden. Vom jeweilig angestrebten Ziel abhängig, richtet sich auch die Gestaltung bzw. der Einsatz der dafür ausgewählten Experimente (Tesch, Duit 2004, S. 52). Muckenfuß (Muckenfuß zit. nach Tesch, Duit 2004, S. 52) unterscheidet hierbei zwischen fachimmanenten, psychologischen und pädagogischen Zielen, denen in gleichem Maße Beachtung zu teil werden soll. Girwidz (2015, S. 229 fff.) liefert mit folgenden funktionellen Aspekten eine detaillierte Liste an möglichen Zielen von Experimenten im Physikunterricht:

1. *„Ein Phänomen klar und überzeugend darstellen (...)*
2. *Physikalische Konzepte veranschaulichen (...)*
3. *Grunderfahrungen aufbauen bzw. ausschärfen (...)*
4. *Physikalische Gesetzmäßigkeiten direkt erfahren (...)*
5. *Theoretische Aussagen qualitativ prüfen (...)*
6. *Vorstellungen (Schülervorstellungen) prüfen (...)*
7. *Physik in Technik und Alltag aufzeigen (...)*
8. *Denkanstöße zur Wiederholung oder Vertiefung (...)*
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“ (Girwidz, 2015, S. 229 fff.)*

Ein von Duit und Wodzinski (Piko-Brief 4, 2010, S. 4) angeführtes Merkmal, das einen ansprechenden und zielführenden physikalischen Unterricht ausmacht, lautet: „Bettet Experimente sinnvoll ein, erlaubt vielfältige Formen des Experimentierens“. Es hängt also nicht in erster Linie davon ab, wie viel der Unterrichtszeit dem Experimentieren gewidmet wird, sondern wie die Einbindung in den Unterrichtsverlauf stattfindet. Vor- und

Nachbereitung eines jeden Experiments sind daher ausschlaggebend, was den Lernerfolg der Schüler und Schülerinnen betrifft (Piko-Brief 4, Duit, Wodzinski 2010, S. 4). Der Lehrperson muss dabei bewusst sein, dass sich, je nach Einbettung in eine bestimmte Unterrichtsphase, dementsprechend die Funktion eines Experiments und in weiterer Folge auch das damit verbundene Ziel verändert (Tesch, Duit 2004, S. 58).

2.1.2 Klassifikation von Experimenten

Im Folgenden werden fünf ausgewählte Kategorien beschrieben, mit Hilfe derer die im Physikunterricht einsetzbaren Experimente eingeteilt bzw. eingeordnet werden können. Dabei ist zu beachten, dass immer mehr als ein Charakteristikum auf ein Experiment zutreffen. Beispielsweise kann ein Freihandversuch am Anfang einer Unterrichtsstunde als Einstiegsexperiment in einer lehrerzentrierten Organisationsform stattfinden.

Art der Sachbegegnung

Hinsichtlich der Art der Sachbegegnung können Experimente grob in zwei Bereiche eingeteilt werden. Zum einen existiert die Gruppe der Realexperimente und zum anderen, die der Modellexperimente (Wiesner et al. 2015, S. 108).

Bei ersterer werden physikalische Sachverhalte wie Gesetze oder Phänomene, mittels des Versuchsaufbaus direkt abgebildet. Von den Schülern und Schülerinnen wird also kein Umdenken verlangt, sondern sie können die Aussage des Experiments direkt erfahren. Realexperimente können zudem weiter in qualitative, quantitative und Freihandexperimente unterteilt werden. Hierbei wird einerseits die Wahl der Datenerfassung und andererseits der Aufwand bezüglich des Versuchsaufbaus als Kategorisierungselement verwendet (Wiesner et al. 2015, S. 108). Experimente quantitativer Natur stützen sich den gesamten Datensammlungs- und Auswertungsprozess betreffend auf eine objektive Erfassung der Daten, wohingegen die Bewertung qualitativer Experimente auf den mit Hilfe der eigenen Sinne entstandenen Eindrücke basiert (Girwidz 2015, S. 233).

In den Bereich der Modellexperimente fallen unter anderem Analogieversuche, Simulationen und Gedankenversuche. Sie alle unterscheiden sich verglichen mit Realexperimenten dahingehend, dass sie physikalische Inhalte nicht direkt wiedergeben können und somit nur Nachbildungen oder andere Darstellungsweisen bieten. Im Zuge von Analogieversuchen wird oft auf bereits bekannte Realexperimente zurückgegriffen, um den Schülern und Schülerinnen den Zugang zu erleichtern. Bei Simulationen macht man sich die grafische Darstellung von

Daten zu Nutze, um Inhalte physikalischer Natur mit Hilfe mathematischer Berechnungen, die einem vorausgehenden Modell entstammen, aufzuzeigen. Gedankenexperimente dienen dazu, den Ausgang oft schwer oder gar nicht realisierbarer Experimente auf Basis theoretischer Annahmen zu prognostizieren. Modellversuche haben zwar um keinen Deut weniger physikalischen Charakter als Realexperimente, dennoch muss den Schülern und Schülerinnen unmissverständlich kommuniziert werden, dass in diesen Fällen mit Modellvorstellungen gearbeitet wird, um die ansonst äußerst schwer verständlichen, realen Inhalte der Physik nachzubilden (Wiesner et al. 2015, S. 108).

Organisationsform

Hinsichtlich der Organisationsform kann ein Experiment danach eingeteilt werden, ob es lehrerzentriert oder schülerzentriert durchgeführt wird. Entscheidend ist hierbei, wer sozusagen die Hauptrolle bei der Durchführung des jeweiligen Versuches spielt. Dass die Lehrkraft den Hauptakteur eines Experimentes stellt, ist oft auf sicherheitstechnische Gründe sowie Fähigkeiten und Fertigkeiten der Lehrperson zurückzuführen. Dennoch können auch in diesem Szenario einzelne Schüler und Schülerinnen die Durchführung des Experiments unterstützen, beispielsweise durch das Ablesen benötigter Daten. In vielen Fällen besteht aber die Möglichkeit bzw. ist es sogar sinnvoller, Schüler und Schülerinnen selbst Experimente durchführen zu lassen. Dabei wird ihnen nicht nur die Möglichkeit geboten, physikalische Inhalte selbst zu erforschen, sondern auch naturwissenschaftliches Arbeiten anhand ausgewählter Versuche zu üben. Bei schülerzentrierten Versuchen erfolgt zudem eine weitere Unterteilung hinsichtlich der Organisationsform. Schülerexperimente können dementsprechend arbeitsteilig, arbeitsgleich, projektorientiert oder problemorientiert gestaltet werden (Wiesner et al. 2015, S. 109 f.).

Unterrichtsphase

Eine weitere Unterscheidung von Experimenten im Physikunterricht betrifft den Zeitpunkt, zu dem ein Versuch durchgeführt wird, also die Einbindung in den Unterricht selbst. Hierbei erfolgt eine Unterteilung in Einstiegs-, Erarbeitungs- und Anwendungsversuche. Während bei ersteren darauf abgezielt wird, dass das Interesse der Schüler und Schülerinnen aufgrund eines überraschenden Ergebnisses geweckt wird oder sie dazu aufgefordert werden, eine Lösung zu einem durch das Experiment dargestellten Problem zu finden, kommen bei zweiteren häufig schülerzentrierte Experimentierformen zum Einsatz. Aber auch Demonstrationsversuche können in der Erarbeitungsphase dazu beitragen, ein Gesetz oder dergleichen für die Schüler

und Schülerinnen zu verdeutlichen. Experimente in der Anwendungsphase dienen unter anderem zum Wiederholen und Üben bereits erlernter Inhalte und leisten einen wichtigen Anteil zum besseren Verständnis der Schüler und Schülerinnen (Wiesner et al. 2015, S. 110 f.). Um ein Experiment passend in den Unterricht einbinden zu können, sind natürlich Vorwissen der Schüler und Schülerinnen sowie das von der Lehrperson ausgewählte methodische Gesamtkonzept zu berücksichtigen. Voraussetzungen für den Einsatz von Einstiegsexperimenten sind ein gewisses Maß an Grundwissen über das behandelte Thema und eine gute Beobachtungsgabe seitens der Lernenden. Im Gegensatz dazu werden bei Versuchen in der Erarbeitungsphase vor allem Präzision bei der Durchführung und die Fertigkeit, Theorie und Praxis sinnvoll verknüpfen zu können, abverlangt (Girwidz 2015, S. 233 f.). Zusätzlich zu den bereits erwähnten Möglichkeiten der Einbettung kann ein Experiment im Physikunterricht auch als Hausaufgabe fungieren oder im Zuge einer Prüfung eingesetzt werden (Wiesner et al. 2015, S. 109).

Geräteeinsatz

Experimente können auch in Hinblick auf des dafür benötigten Aufwandes an Geräten klassifiziert werden. Man unterscheidet hierbei zwischen den schon erwähnten Freihandexperimenten, Simulationsversuchen, Gedankenexperimenten und diversen Versuchen, bei denen ein bestimmtes physikalisches Equipment erforderlich ist. Der enorme Vorteil von Freihandexperimenten liegt ganz deutlich darin, dass der Aufbau mit nur wenigen, im Normalfall aus lediglich einigen Alltagsgegenständen bestehenden, Materialien leicht nachzustellen ist und dennoch ein eindrucksvoller und oft überraschender Effekt hervorgerufen wird (Girwidz 2015, S. 234).

Ausführungsform

Die Einordnung nach der Ausführungsform eines Experiments liefert die Antwort auf die Frage, wie ein Experiment durchgeführt wird, um ein Ergebnis zu erlangen. Abgesehen vom sich selbsterklärenden Einzelversuch existiert noch die Möglichkeit eines Parallelversuchs und einer Versuchsserie. Wird ein Experiment mehrmals parallel, also nebeneinander ausgeführt, so stellt diese Art der Durchführung eine optimale Grundlage dar, um die Resultate der einzelnen Versuche miteinander zu vergleichen. Weiters können mit nur wenigen Handgriffen einzelne Parameter verändert und somit hinsichtlich ihrer Auswirkung auf den Aufbau direkt erforscht werden. In einzelnen Fällen kann ein entsprechend gewählter Versuchsaufbau auch zu einer unmittelbaren, grafischen Auswertung führen. Werden mehrere

Einzelversuche in Serie, also hintereinander ausgeführt, so nennt sich dies eine Versuchsreihe. Eine Möglichkeit der Anwendung wäre die Erforschung bestimmter Gesetze über gezielte Veränderungen des Systems (Girwidz 2015, S. 235).

2.1.3 Demonstrations- vs. Schülerexperiment

Experimente im Unterricht können in von der Lehrperson durchgeführte Demonstrationsexperimente und Schülerversuche eingeteilt werden. Aus Sicht der Schüler und Schülerinnen wirkt sich diese Änderung hinsichtlich der Organisationform vor allem dahingehend aus, dass von ihnen unterschiedliche Fähigkeiten eingefordert werden. Während bei einem lehrerzentrierten Demonstrationsexperiment die Beobachtung der Geschehnisse im Vordergrund liegt, wird beim Schülerversuch die selbständige Durchführung eines Experiments verlangt (Girwidz 2015, S. 233). Aber nicht nur im Anforderungsprofil an die Schüler und Schülerinnen unterscheiden sich die beiden Experimentierformen.

Die Aufgabe der Lehrperson in Bezug auf ein Demonstrationsexperiment besteht im Vorfeld darin, dass sie, abhängig von der Fülle an Geräten, Apparaturen und dementsprechender Literatur, die sich in der ihr zur Verfügung gestellten Sammlung befinden, den für die Schüler und Schülerinnen am geeignetsten Versuchsaufbau auswählt. Es muss ein Bewusstsein dafür entwickelt werden, welche Aufbauten die Schüler und Schülerinnen im Erlernen der physikalischen Inhalte unterstützen und welche aufgrund ihrer häufig zu komplexen und lebensfernen Erscheinung eher kontraproduktiv wirken. In vielen Fällen ist es daher von Vorteil, zuerst Versuchsaufbauten mit Hilfe von Alltagsgegenständen zu konstruieren, bevor anschließend auf die Gerätesammlung in der Schule zurückgegriffen wird. Somit fällt es den Schülern und Schülerinnen um einiges leichter, die Brücke zwischen Physikunterricht und Anwendung im Alltag zu schlagen (Bleichroth et al. 1999, S. 251).

Im Vergleich dazu erfordert die im Vorfeld notwendige Planung von Schülerexperimenten einen nicht zu unterschätzenden Mehraufwand. Es muss nicht nur sichergestellt werden, dass genügend Materialien, Geräte, Apparaturen oder Experimentiersätze vorhanden sind, sondern auch der zur Durchführung benötigte Platz. Eine hohe Anzahl an Geräten ist notwendig, um die Gruppengröße der Schüler und Schülerinnen zu minimieren, was zugleich die Notwendigkeit einer umfangreichen Arbeitsfläche nach sich zieht. Zudem kann je nach Experiment eine spezielle Ausstattung des Unterrichtsraumes vonnöten sein (Girwidz 2015, S. 242).

Im Allgemeinen gilt, dass jegliches Experiment, das im Zuge des Unterrichts vorgeführt wird und somit als Demonstrationsexperiment fungiert, gründlich vorbereitet und vor allem von der Lehrperson im Vorhinein mindestens einmal, wenn nicht öfter, ausprobiert werden muss. Denn sogar bei den banalsten Versuchen kann aus diversen Gründen etwas nicht nach Plan laufen bzw. besteht auch die Möglichkeit, dass auf eine vermeintlich lächerliche Kleinigkeit vergessen wurde. Um also ein missglücktes und für die Lernenden wenig hilfreiches Experiment weitestgehend zu vermeiden gilt es, hinsichtlich der Vorbereitung zwei unterschiedliche Phasen zu beachten. Erstere besteht darin, den Versuchsaufbau derart zu wählen, dass der gewünschte Effekt eindeutig zu beobachten ist. Dabei ist großes Augenmerk auf die Funktionstüchtigkeit des Aufbaus, die Zusammenstellung der Materialien und Apparaturen und auf die Festlegung eines geeigneten Messbereiches zu legen. Ist ein einwandfreier Ablauf des Experiments gewährleistet, beschäftigt sich die zweite Phase der Vorbereitung mit der Schülerperspektive. Es muss garantiert sein, dass jeder Schüler und jede Schülerin den Versuch in seiner Gänze einsehen kann. Zur Unterstützung können Stellische, Erhöhungen, Kameras und andere Hilfen eingesetzt werden. Ziel ist, das Experiment für die Schüler und Schülerinnen so übersichtlich zu gestalten, wie nur möglich, wobei auch Schaltskizzen und diverse Tabellen an der Tafel hilfreiche Ergänzungen darstellen können. Ist zudem bei einem Versuch ein bestimmter Ablauf zu verzeichnen, sollte dieser aus Sicht der Lernenden immer von links beginnend und nach rechts fortlaufend geschehen (Bleichroth et al. 1999, S. 251 f.).

Bei der Einbindung von Schülerexperimenten in den Unterricht muss neben der Vorbereitung des Experiments an sich auch eine gezielte Vorbereitung der Schüler und Schülerinnen erfolgen, für die der Lehrende verantwortlich ist. Die Lernenden müssen neben dem für den jeweiligen Versuch notwendigen Fachwissen auch den Anforderungen entsprechend ausgeprägte Fähigkeiten besitzen, ohne die eine selbständige Durchführung des Experiments nicht möglich wäre. Die Aufgabe der Lehrperson besteht darin, den Stand der Schüler und Schülerinnen dahingehend zu überprüfen bzw. sie dorthin zu führen. Weiters müssen von der Lehrkraft je nachdem, welche Ziele mit einem bestimmten Experiment verfolgt werden, entsprechende Arbeitsanleitungen und, wenn notwendig, noch nicht erlernte physikalische Inhalte richtig aufbereitet zur Verfügung gestellt werden (Girwidz 2015, S. 240 f.).

Im Falle von Demonstrationsexperimenten ist der größte Teil der Arbeit im Zuge der Planung und Vorbereitung schon erledigt. Allerdings sollte der Lehrperson bei der Durchführung bewusst sein, dass die Schüler und Schülerinnen im Gegensatz zu einem selbst den Experimentaufbau zum ersten Mal sehen und Zeit brauchen, um ein Verständnis für die

Vorgänge des gezeigten Versuchs zu entwickeln. Die Aufgabe der Lehrkraft besteht darin, diesen Prozess zu unterstützen, indem sie die einzelnen Elemente erklärt und auf den wesentlichen und zu beobachtenden Bestandteil des Versuchs direkt hinweist. Eine empfehlenswerte Variante, um dieses Vorhaben zu erleichtern, wäre die Versuchsanordnung erst vor den Augen der Schüler und Schülerinnen schrittweise aufzubauen. Vorteil hierbei ist auch, dass die Lernenden aktiver in das Geschehen eingebunden werden und eigene Vorschläge, was den Aufbau betrifft, einfließen lassen können. In diesen Fällen ist seitens der Lehrkraft ein gewisses Maß an Improvisation erforderlich, da es den Lernprozess unterstützen kann, wenn auf die zwar nicht immer korrekten Überlegungen und Beiträge der Lernenden eingegangen und der Experimentaufbau dementsprechend variiert wird (Bleichroth et al. 1999, S. 252).

Bei der Durchführung von Schülerexperimenten muss beachtet werden, dass sich der Zeitaufwand erheblich verändert. Für die Vor- und Nachbereitung der Versuche innerhalb der Unterrichtsstunde sollte immer genügend Zeit eingeplant werden, um Stress zu vermeiden. Weiters erfordert diese Organisationsform ein deutlich höheres Maß an Betreuung der einzelnen Schülergruppen. Hierbei kann die Lehrperson nicht nur aus Gründen der Sicherheit, sondern auch aufgrund möglicherweise mangelnder Disziplin seitens der Lernenden schnell an ihre Grenzen stoßen. (Girwidz 2015, S. 242).

Ob und inwieweit sich der Fachwissenszuwachs beim Einsatz von Demonstrations- bzw. Schülerexperimenten im Physikunterricht unterscheidet, wurde bereits in zahlreichen Studien mit teils unterschiedlichen, teils übereinstimmenden Ergebnissen untersucht. Nach Wiesner et al. (2015, S. 111) erwirkt die Durchführung von lehrerzentrierten Demonstrationsexperimenten keinerlei Verbesserung hinsichtlich des Fachverständnisses seitens der Schüler und Schülerinnen. Das Hauptproblem liegt dabei darin, dass die Lehrperson nur schwer abschätzen bzw. beeinflussen kann, was die Lernenden wirklich sehen und wie sie es, abhängig von all ihren unterschiedlichen Alltagsvorstellungen, interpretieren. Weiters können auch die zu geringe Vor- und Nachbereitung der Experimente im Unterricht dazu führen, dass die Lernwirksamkeit dieser Methode gedämpft wird. Auch beim Einsatz von Schülerversuchen bleibt der gewünschte Effekt, nämlich die Steigerung des Fachwissens, der Motivation und des Interesses aus. (Wiesner et al. 2015, S. 111 f.). Wiesner et al. (2015, S. 112) führen hierbei zu detaillierte und strikt abzuarbeitende Versuchsanleitungen sowie mangelndes Vorwissen seitens der Schüler und Schülerinnen als mögliche Gründe an. Winkelmann (2014, S. 15) beruft sich in seiner Studie über die Auswirkungen von

Demonstrations- und Schülerexperimenten auf eine breitgefächerte Forschungslage zu diesem Thema. Neben Studien, die Schülerversuchen einen positiven Effekt hinsichtlich des Erwerbs von physikalischem Fachwissen zuschreiben, existieren ebenso jene, die das Gegenteil behaupten und den Einsatz von Demonstrationsexperimenten als zielführender angeben. Zieht man Untersuchungen zu Rate, die sich mit dem persönlichen Meinungsbild der Lernenden und Lehrenden auseinandergesetzt haben, liegt die Organisationsform des Schülerexperiments wiederum an vorderster Front, um physikalische Inhalte erfolgsversprechend zu vermitteln (Winkelmann 2014, S. 15). Winkelmann (2014, S. 124 ff.) selbst hat im Zuge seiner Studie die unterschiedlichen Auswirkungen von Demonstrationsexperimenten und Schülerexperimenten mit bzw. ohne expliziter Versuchsanordnung erforscht und konnte keinen signifikanten Unterschied im Fachwissenszuwachs der untersuchten Schülergruppen nachweisen.

2.1.4 Einstiegs- vs. Erarbeitungsexperiment

Sowohl Wiesner et al. (2015, S. 113) als auch Tesch und Duit (2004, S. 51) geben an, dass es beim Einsatz von Experimenten nicht vorrangig auf die Menge oder Dauer ankommt, sondern darauf, wie sie in den Physikunterricht eingebettet werden. Um die Qualität und somit auch die Lernwirksamkeit des Unterrichts merklich zu erhöhen, ist es speziell bei Schülerexperimenten von großer Bedeutung, diese, ihrer Funktion entsprechend und dem Vorwissen der Schüler und Schülerinnen angepasst, gezielt einzubinden (Wiesner et al. 2015, S. 113; Tesch, Duit 2004, S. 51).

In den meisten Fällen werden Experimente an den Anfang des Unterrichts gesetzt, um den Lernenden Phänomene anschaulich darzustellen. Die zum Verständnis notwendigen physikalischen Inhalte lernen die Schüler und Schülerinnen erst anschließend kennen. Aber auch in der Erarbeitungs- und Vertiefungsphase haben Versuche einen fixen Platz im Physikunterricht. In diesem Zusammenhang dienen sie dazu, Konzepte oder Gesetzmäßigkeiten zu verdeutlichen. (Tesch, Duit 2004, S. 62). Um ein Experiment gezielt und passend in eine Unterrichtsstunde einbinden zu können, muss die Korrelation zwischen Theorie und Praxis beachtet werden. Ein Versuch alleine kann Lernenden nicht dazu dienen, einen physikalischen Inhalt besser oder schneller zu verstehen. Wichtig sind Kontext und Rahmen, in dem ein Experiment durchgeführt wird. Grafisch ist der eben genannte Zusammenhang in Abbildung 1 zu erkennen. Ein Experiment kann demnach nie unreflektiert und losgelöst vom eigentlich zu erlernenden Konzept Eingang in den Physikunterricht finden.

Ob dabei mit der Praxis, also dem Experiment selbst, oder der die Physik betreffenden Theorie begonnen wird, bleibt jedoch offen und ist bisweilen der Einschätzung der Lehrkraft überlassen. Um Praxis und Theorie sinnvoll verknüpfen zu können, werden den Schülern und Schülerinnen kommunikative, soziale, methodische und handwerkliche Fertigkeiten abverlangt. Andernfalls könnten die in der Abbildung 1 mittels Pfeilen dargestellten Prozesse nicht ablaufen, und eine Verbindung zwischen Experiment und Konzept wäre nicht gegeben. Wobei die Aufgabe der Lehrperson darin besteht, den Schülern und Schülerinnen eine an sie angepasste, experimentelle Anforderung zu bieten, die ein geeignetes Maß an Offenheit hinsichtlich der Durchführung aufweist (Tesch 2005, S. 55 f.).

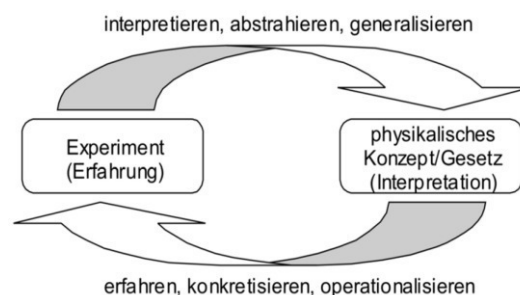


Abbildung 1: Schema zur Verdeutlichung des Zusammenhangs zwischen Experiment und Konzept im Physikunterricht¹

2.2 Schülervorstellungen

2.2.1 Schülervorstellungen in der Fachdidaktik

Mit den Begriffen Schülervorstellungen, Alltagsvorstellungen, Präkonzepte, Fehlvorstellungen etc. werden in der Fachdidaktik allgemein die Vorstellungen und Vorerfahrungen der Schüler und Schülerinnen bezeichnet, mit denen sie in den Unterricht kommen (Wodzinski 1996, S. 23). Im Folgenden werden diese Bezeichnungen synonym verwendet.

Die Tatsache, dass die Schüler und Schülerinnen nicht ohne jegliche Prägung in ihr Schulleben eintreten, ist nichts Neues und wurde auch schon in vielen empirischen Studien untersucht. Dadurch kann man im Bereich des Physikunterrichts mittlerweile auf einen gut ausgebauten Fundus an derzeit vorherrschenden Präkonzepten seitens der Schüler und Schülerinnen zurückgreifen (Duit 1993, S. 8).

¹ Quelle: Tesch 2005, S. 56.

Bedeutung von Schülervorstellungen

Sowohl bei der Planung als auch bei der Durchführung von Unterricht, und in diesem Fall speziell für den Physikunterricht, ist die Berücksichtigung von Schülervorstellungen von großer Wichtigkeit (Wiesner et al. 2015, S. 34). Wiesner et al. (2015, S. 34) liefern in diesem Zusammenhang einige bereits belegte Grundannahmen. Dazu gehört das Wissen darüber, dass die Vorstellungen und Denkweisen der Schüler und Schülerinnen aus den selbst gemachten Erfahrungen im Alltag heraus entstanden sind und sich durch den umgangssprachlichen Gebrauch gefestigt haben. Das Problem, das hierbei auftritt, ist, dass eben diese Präkonzepte sich in vielen Fällen als fälschlich gegenüber den physikalischen Konzepten herausstellen. Seitens der Lehrperson wirken diese zwar oft nicht als unüberlegt, aber dennoch nicht in sich schlüssig und konsistent. Weiters ist zu berücksichtigen, dass sich die einzelnen Vorstellungen und Präkonzepte aufgrund vieler Untersuchungen bereits in spezifische Muster einordnen lassen, allerdings trotzdem bei jedem Schüler und jeder Schülerin individuell ausgeprägt, entwickelt und verankert sind. Die Schüler und Schülerinnen müssen sich diesen Vorstellungen nicht bewusst sein und können diese in manchen Fällen auch intuitiv im Unterricht neu entwickeln, indem sie beispielsweise auf ihre bisherigen Erfahrungen zurückgreifen, um Schlüsse auf das aktuell durchgeführte Experiment ziehen zu können. Zusammen mit den im Physikunterricht neu gelernten Wissensinhalten bilden die Vorstellungen aus dem Alltag die Basis, mit der die Schüler und Schülerinnen versuchen, sich neue Inhalte zu erklären. Viele dieser Präkonzepte sind äußerst hartnäckig gegenüber dem Versuch, sie durch neue, der Physik entsprechenden Denkmuster, zu ersetzen (Wiesner et al. 2015, S. 34). Die bemerkenswerte Stabilität der diversen Schülervorstellungen ist nach Hashweh (Wodzinski 1996, S. 26) auf die Zugehörigkeit zum prozeduralen Wissen zurückführbar. Da den Vorstellungen im Laufe der Zeit nie widersprochen wurde, sondern sogar beim Anwenden aufgrund fehlenden Fachwissens immer wieder Bestätigung fanden, wurden sie gefestigt und allmählich unbewusst automatisiert (Wodzinski 1996, S. 26). Genau aus diesem Grund ist bei der Unterrichtsvorbereitung und -planung besonderes Augenmerk auf diese Präkonzepte zu legen, da gezielt und auch wiederholt mit diesen gearbeitet werden muss, um schlussendlich die festgesetzten Fehlvorstellungen aus den Köpfen der Schüler und Schülerinnen zu vertreiben (Wiesner et al. 2015, S. 34).

Schülervorstellungen und das Experiment

In Fächern wie Chemie, Biologie und eben auch Physik ist das Experiment im Unterricht gar nicht mehr wegzudenken. Was den naturwissenschaftlichen Unterricht angeht, hat das

Experiment also mittlerweile eine sehr wichtige Rolle eingenommen, wobei dessen Funktion ganz allgemein in zwei Aspekte unterteilt werden kann. In erster Linie soll den Schülern und Schülerinnen die Wichtigkeit des Experiments im Kontext naturwissenschaftlicher Forschung bewusstgemacht werden. Auf der anderen Seite sollen Experimente dazu dienen, die Schüler und Schülerinnen in ihrem Prozess des Erlernens und Verstehens physikalischer Konzepte zu unterstützen. Durch die jeweiligen Vorstellungen eines jeden Schülers und einer jeden Schülerin werden nicht nur das Verständnis der physikalischen Konzepte, sondern auch die Art, wie sie Experimente beobachten, beeinflusst. Die Schüler und Schülerinnen sehen oft nicht das, was aus wissenschaftlicher Sicht klar zu erkennen ist, sondern das, was sie aufgrund ihrer eigenen Alltagsvorstellungen erwarten. Auch das experimentelle Handeln richtet sich danach, was in der eigenen Vorstellung als richtig angesehen wird. Dadurch können auch das selbständige Durchführen von Experimenten und die anschließende Interpretation aufgrund diverser Präkonzepte seitens der Schüler und Schülerinnen maßgeblich beeinflusst sein (Duit 1989, S. 20). Darunter leidet im Weiteren die Überzeugungskraft von Beobachtungen, die im Zuge eines Experiments gemacht werden. Die empirische Evidenz alleine stellt nicht mehr den Grund für eine Einsicht der Fehlvorstellungen dar. Vielmehr werden anderweitige Lösungen für den widersprüchlichen Ausgang eines Versuches gesucht, die weiterhin die fest verankerte Alltagsvorstellung des Schülers oder der Schülerin unterstützen. Aus diesem Grund kann das Anführen eines einzelnen Experiments als Gegenbeweis oft nichts im Denken der Schüler und Schülerinnen ändern und überzeugt diese nicht, ihre Vorstellungen umzuwerfen (Duit 1989, S. 21). Für den Unterricht bedeutet diese Erkenntnis, dass bei der Wahl der Experimente nicht die Hinführung zur wissenschaftlichen Vorstellung eines Konzepts im Vordergrund stehen sollte, sondern in erster Linie die Zerstreuung der jahrelang manifestierten Fehlvorstellungen der Schüler und Schülerinnen (Duit 1989, S. 22).

Schülervorstellungen und notwendige Konsequenzen für den Unterricht

Mit dem Wissen über die Bedeutung der Schülervorstellungen ist offensichtlich, dass diese im Unterricht besondere Aufmerksamkeit benötigen. Das Lehren muss danach ausgerichtet sein, was die Schüler und Schülerinnen bereits wissen bzw. was sie glauben, schon verstanden zu haben. Es ist also für die Lehrperson als unumgänglich anzusehen herauszufinden, wo im Prozess des Erlernens physikalischer Konzepte sich die Schüler und Schülerinnen aufgrund ihrer vorunterrichtlichen Vorstellungen befinden. Mit der Kenntnis über den Stand der Schüler und Schülerinnen kann der Unterricht dann dementsprechend aufgebaut und die

Lernenden eben dort abgeholt werden, wo gemeinsam mit ihnen, unter Berücksichtigung ihrer Vorstellungen, am besten gearbeitet werden kann (Duit 2015, S. 662).

Wichtige Aspekte im Zusammenhang mit der Planung sowie Durchführung physikalischen Unterrichts und dem erfolgreichen Verständnis der Konzepte seitens der Schüler und Schülerinnen sind vor allem die dafür notwendige Zeit und die zu erbringende Geduld seitens der Lehrperson. Dem physikalisch richtigen Denken muss man sich, vor allem wenn sich dabei diverse Alltagsvorstellungen in den Weg stellen, Schritt für Schritt annähern. Nur so kann die Entwicklung eines tiefen und andauernden Verständnisses in den Köpfen der Schüler und Schülerinnen gefördert werden. Es gilt dabei, nichts zu überstürzen und die Präkonzepte immer im Auge zu behalten. Auch die Unterrichtsmedien und -methoden müssen hinsichtlich der vorherrschenden Schülervorstellungen analysiert und ihr Einsatz entsprechend optimal angepasst werden. Ein wichtiger Punkt in diesem Prozess ist die genaue und immerwährende Auseinandersetzung mit den Schülern und Schülerinnen sowie ihren Vorstellungen und Einstellungen. Physikalische Denk- und Handlungsmuster können nicht einfach vorgeführt und daraufhin erlernt werden (Duit 2015, S. 667). Allgemein ist das Lernen in den naturwissenschaftlichen Fächern davon geprägt, eine neue Sichtweise kennenzulernen und zu verstehen. Um dies zu ermöglichen, muss ein Konzeptwechsel in den Köpfen der Schüler und Schülerinnen stattfinden. Sollte der Lehrende dabei dem Wunsch nachgehen, dass sich die Lernenden gänzlich von ihren vorherrschenden Alltagsvorstellungen loslösen, wird dieser mit großer Sicherheit eine Enttäuschung erleben müssen. Ein realistischer Ansatz wäre allerdings, die Schüler und Schülerinnen davon überzeugen zu wollen, dass sich die erarbeiteten Konzepte aus physikalischer Sicht als passender und zielführender auch für weitere und komplexere Bereiche darstellen (Duit 2015, S. 666). Bei diesem Vorgang, der ausgehend von den bestehenden Präkonzepten beginnt, müssen die Schüler und Schülerinnen selbst Hand anlegen und daran arbeiten, ihre tief verankerten Denkmuster zu überarbeiten und hin zum Verständnis physikalischer Konzepte weiterzuentwickeln. Es wird in diesem Zusammenhang ein hohes Maß an Eigenständigkeit sowie eine aktive Auseinandersetzung mit dem Thema seitens der Lernenden gefordert, wobei die Anregung und Förderung dieses notwendigen Verhaltens im Aufgabenfeld des Lehrenden liegt (Duit 2015, S. 677).

2.2.2 Schülervorstellungen zum Thema „Licht und Farben“

Wiesner et al. (2015, S. 42) führen zu den Vorstellungen seitens der Schüler und Schülerinnen im Bereich der Lichtzerlegung und Farbmischung zwei grundlegende und bei der Planung des

Physikunterrichts unbedingt zu beachtende Erkenntnisse an. Einerseits sind viele Lernende in Bezug auf das weiße Licht nicht von der Auffassung überzeugt, dass es sich aus unterschiedlichen Lichtsorten zusammensetzt. Sie sind also nicht der Ansicht, dass das Sonnenlicht aus unter anderem roten, blauen oder grünen Teilen besteht. Der zweite Punkt betrifft die Mischung von Farben. In diesem Bereich herrscht unter den Schülern und Schülerinnen eine gängige Alltagsvorstellung vor, die von Wiesner et al. auch als „Tuschkastenvorstellung“ (2015, S. 42) bezeichnet wird. Die Lernenden sind in diesem Fall davon überzeugt, dass sich jegliche Kombination oder Überlagerung von Farben nach dem Prinzip eines Malkastens richtet (Wiesner et al. 2015, S. 42). Neben diesen beiden grundlegenden Präkonzepten existiert aber noch eine Reihe weiterer Schülervorstellungen zum Thema Licht und Farben, die im Folgenden genauer aufgeschlüsselt und analysiert werden.

Schülervorstellungen zu weißem Licht

Wiesner et al. (2015, S. 42) haben eine Auflistung einiger Vorstellungen seitens der Schüler und Schülerinnen, die vorrangig das Konzept von weißem Licht und seiner Aufspaltung in Spektralfarben betrifft, zusammengestellt:

- *„Licht an sich hat keine Farbe.*
- *Licht kann verschiedene Farben haben (z.B. rot nach Durchgang durch eine rote Folie), die sich beim Auftreffen auf weißem Papier zeigen.*
- *Beim Auftreffen von Licht auf eine Oberfläche entsteht farbiges Licht, das auf der Oberfläche liegt, die dadurch farbig gesehen wird.*
- *Wenn Licht auf eine farbige Oberfläche trifft, entsteht dort farbiges Licht mit der Farbe der Oberfläche.“ (Wiesner et al. 2015, S. 42)*

Auch bei den Untersuchungen von Blumör (1993, S. 84) kann man Übereinstimmungen zu den hier angeführten Alltagsvorstellungen finden. Bei einer Befragung von Grundschulern wurden erhebliche Probleme beim Verständnis von Licht und dessen Eigenschaften entdeckt. Licht hat nach den Vorstellungen eines Großteils der Schüler und Schülerinnen keine Farbe und wird stattdessen mit den Ausdrücken unsichtbar, weiß oder hell beschrieben (Blumör 1993, S. 84). Auf die direkte Frage hin, ob die Schüler und Schülerinnen der Ansicht sind, Sonnenlicht oder das Licht einer Lampe bestünde aus mehreren Farben, entgegneten einige, dies nicht zu glauben, da sie es noch nie gesehen hätten. Auf dem im Unterricht typischen

Demonstrationsversuch, das Licht anhand eines Prismas in seine farbigen Anteile aufzuspalten, konnten lediglich ein Bruchteil der Befragten von der physikalischen Sicht des Lichts überzeugt werden. Stattdessen erklärten die Schüler und Schülerinnen ihre Beobachtungen damit, dass das weiße Licht mit Hilfe des Prismas gefärbt wurde bzw. die unterschiedlichen Farben erst in dem Objekt entstehen. Ein weiteres Problem stellt das punktuelle Denken der Lernenden dar. Sie beobachteten, dass die Farben erst hinter dem Prisma auf einem Schirm zu sehen sind, und lassen sich dadurch nicht davon überzeugen, dass die Farben bereits im Licht der Lampe vorhanden sind, da diese schlichtweg bei der Lampenöffnung nicht sichtbar sind (Blumör 1993, S. 146 ff.).

Weiters existieren aufgrund einer weiteren Schülervorstellung widersprüchliche Anschauungen in Bezug auf die Zusammensetzung von weißem Licht. Denn einige Schüler und Schülerinnen sind der Meinung, dass Licht, auch wenn es selbst keine Farbe besitzt, dennoch eine annehmen kann. Dies geschieht laut den Lernenden zum Beispiel, indem es durch eine farbige Folie scheint (Blumör 1993, S. 84).

Schülervorstellungen zur Farbmischung

Ausgehend davon, dass die Zusammensetzung bzw. die mögliche Zerlegung des weißen Lichts auf Unverständnis seitens der Schüler und Schülerinnen stoßen, haben diese auch Probleme mit der Vorstellung über die Wiedervereinigung von Farben. Auch Haagen-Schützenhöfer (2013, S. 4) führt an, dass viele Lernende der Ansicht sind, dass sich die einzelnen Farben des Lichts genauso verhalten wie die Malfarben im Kunstunterricht. Wiesner et al. (2015, S. 42) geben als Beispiel die Fehleinschätzung von Schülern und Schülerinnen in Bezug auf ein mit blauem Licht angestrahlten gelben Gegenstand. Ausgehend von den Erfahrungen, die die Lernenden im Alltag gesammelt haben, folgen sie ihrer Intuition und sind der Meinung, dass in solch einem Fall der Gegenstand grün wahrgenommen wird (Wiesner et al. 2015, S. 42).

Schülervorstellungen zu Körperfarben

Wiesner et al. (2015, S. 42) haben auch im Bereich der Körperfarben einige Schülervorstellungen zusammengefasst, die das Verständnis der physikalischen Konzepte verhindern können:

- *„Gegenstände haben eine Eigenfarbe, die durch Beleuchten sichtbar wird (die Abhängigkeit vom beleuchteten Licht wird nicht in Erwägung gezogen).“*

- *„Helle“ Farben (gelb, orange, rot) sind auch bei (absoluter) Dunkelheit sichtbar, so wie weiße Gegenstände auch in der Dunkelkammer nach Schülererwartung noch immer zu sehen sind. „Dunkle“ Farben (blau, violett) sieht man im Dunkeln nicht.“*
(Wiesner et al. 2015, S. 42)

Die Tatsache, dass Schüler und Schülerinnen oft eine falsche Vorstellung davon haben, was überhaupt dafür notwendig ist, um Farben sehen zu können, und wovon die Farbe eines Gegenstandes abhängt, hat auch schon Blumör (1993, S. 77) bei seinen Untersuchungen entdeckt. Auf die Frage nach der Farbe eines Gegenstandes hat der Großteil der Grundschüler und Grundschülerinnen verwundert reagiert und gab an, dass die Farbe eines Objekts eine Eigenschaft ebendieses darstellt. In einem weiteren Schritt konnte herausgefunden werden, dass die Voraussetzung, um Farben sehen zu können, lediglich in Zusammenhang mit den Augen gebracht wird. Dass allerdings Helligkeit und Licht notwendige Komponenten dieses Prozesses darstellen, war nur eine Antwort unter vielen. Die Schüler und Schülerinnen sind sich also weder bewusst, dass die Farbe eines Gegenstandes vom damit beleuchteten Licht abhängt, noch, dass das Vorhandensein von Helligkeit unumgänglich ist, um Farben sehen zu können. Dies ist natürlich auch der Grund, warum die Lernenden oft der Ansicht sind, dass in einem Raum ohne Licht ein Unterschied zwischen der Wahrnehmung heller und dunkler Farben besteht. Bei den Schülern und Schülerinnen, die einem Zusammenhang zwischen Objekt und beleuchtendem Licht zustimmen, konnte allerdings nicht eruiert werden, ob sie bei der Beantwortung der entsprechenden Frage die Wahrnehmung verschiedener Farben oder deren Intensität im Sinn hatten (Blumör 1993, S. 77 f.).

Nach Haagen-Schützenhöfer (2014, S. 1) ist das Problem der sich hartnäckig haltenden Präkonzepten der Schüler und Schülerinnen in Bezug auf die Körperfarben auf einen zu mangelhaft durchgeführten Konzeptwechsel zum Verständnis von weißem Licht zurückzuführen. Wie in Abbildung 2 ersichtlich besitzen viele Schüler und Schülerinnen die durch den Alltag gefestigten Vorstellungen, dass jegliche Körper bereits ihre Farben besitzen und diese lediglich durch den Einsatz von Licht für unser Auge sichtbar werden. Eben diese Farben sind ihrer Ansicht nach unveränderlich und auch ohne Beleuchtung bereits vorhanden. Diese Schülervorstellung schließt demnach auch die Abhängigkeit der Farbe vom beleuchteten Licht aus (Haagen-Schützenhöfer 2014, S. 1).

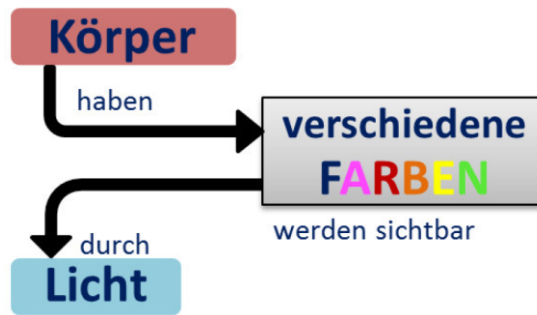


Abbildung 2: Schema zur Alltagsvorstellung von Körperfarben²

Um die Schüler und Schülerinnen zu einem physikalisch adäquaten Verständnis des Konzepts von Körperfarben führen zu können, ist die sichere Kenntnis darüber, dass weißes Licht sich aus den unterschiedlichen Farben des Spektrums zusammensetzt, unabdinglich. Davon ausgehend kann man, wie in Abbildung 3 erkennbar ist, auf die Erkenntnis, dass die Farbe eines Objekts durch die selektive Reflexion von Licht sichtbar wird, aufbauen (Haagen-Schützenhöfer 2014, S. 2).

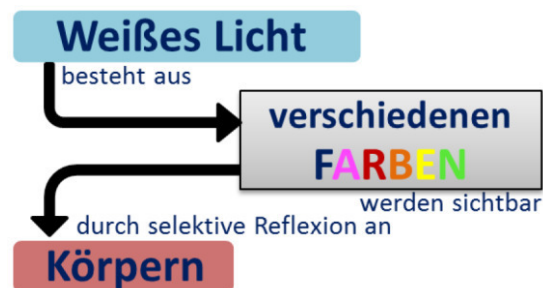


Abbildung 3: Schema zur physikalischen Vorstellung von Körperfarben³

Haagen-Schützenhöfer (2014, S. 2 f.) bietet überdies eine für Schüler und Schülerinnen geeignete und ausreichend fachliche Klärung des Konzepts von weißem Licht, die als Grundlage für das Verständnis der Körperfarben dienen soll:

„Weißes Licht ist eine Zusammensetzung aus allen Spektralfarben (Regenbogenfarben). Weißes Licht kann in diese Bestandteile (Regenbogenfarben) zerlegt werden, z.B. mit Hilfe eines Prismas. Sonnenlicht bzw. Tageslicht sind weißem Licht ähnlich in ihrer Zusammensetzung.“ (Haagen-Schützenhöfer 2014, S. 3)

² Quelle: Haagen-Schützenhöfer 2014, S. 1.

³ Quelle: Haagen-Schützenhöfer 2014, S. 2.

2.3 Affektive Aspekte im Physikunterricht

Dass Lernen im Allgemeinen nicht nur von der Vernunft der Schüler und Schülerinnen gesteuert wird, sondern auch auf gefühlsgesteuerte Faktoren zurückzuführen ist, stellt kein neues oder überraschendes Faktum dar. Lernende werden nicht alleinig davon angetrieben, weil sie den Inhalt schlichtweg als sinnvoll erachten. Entscheidend sind auf diesem Weg auch die sogenannten affektiven Aspekte wie individuelle Bedürfnisse, persönliches Interesse, Motivation, die eigene Einstellung und das Selbstkonzept eines jeden Schülers und einer jeden Schülerin. All diese Faktoren beeinflussen nicht nur die Art des Lernens, sondern sollen zudem im Laufe des jeweiligen Unterrichts hinsichtlich ihrer positiven Entwicklung unterstützt werden. Diese Anforderung soll aber nicht damit verwechselt werden, den Physikunterricht dahingehend zu verändern, dass er für die Schüler und Schülerinnen mehr Unterhaltungswert bietet. Dadurch würde das Fach Physik zwar möglicherweise im Ranking hinsichtlich der Beliebtheit gegenüber den anderen Schulfächern steigen, jedoch ist dies in dem Fall nicht die mit Vorrang zu verfolgende Absicht. Eher sollten das Hervorrufen einer positiven Haltung gegenüber dem Lernen sowie bleibendes Interesse und die Festigung bestimmter Einstellungen als Ziel angestrebt werden (Piko-Brief 2, Rabe 2010, S. 1). Die nachstehenden Kapitel führen genauere Definitionen der affektiven Aspekte an, die im Kontext von Lernen einen bedeutenden Stellenwert einnehmen. Mit der Motivation beginnend folgt eine Beschreibung des Interesses, und zuletzt wird auf das Selbstkonzept eingegangen, wobei immer ein direkter Bezug auf den Physikunterricht genommen wird.

2.3.1 Motivation

Motivation lässt sich als der Ansporn eines Individuums beschreiben, der notwendig ist, um Handlungen in die Tat umzusetzen, die positive Auswirkungen nach sich ziehen. Allgemein kann hierbei zwischen intrinsischer und extrinsischer Motivation unterschieden werden. Bei ersterer liegt der Grund für den Antrieb, etwas zu erlernen, beim Lernenden selbst. Es passiert aufgrund eigener Interessen und Bedürfnisse. Im Gegensatz dazu wird bei der extrinsischen Form die Motivation von außen her gesteuert. Faktoren hierbei können die Erreichung einer positiven Note bzw. das Umgehen einer schlechten Beurteilung sein (Piko-Brief 2, Rabe 2010, S. 1). Nach Fuß und von Rhöneck (2001, S. 169) kann derartig gesteuerte Motivation oft auf die Erfüllung von Erwartungshaltungen seitens der Eltern zurückzuführen sein. Inwieweit die Motivation Lernende wirklich dazu bringt, eine Handlung auszuführen, ist abhängig vom Schwierigkeitsgrad der Aufgabe und der Art der Hindernisse, die sich ihnen

dabei in den Weg stellen. Erscheinen für einen Schüler oder eine Schülerin die Anforderungen als zu groß oder unüberwindbar, ist zum Bewältigen der gestellten Herausforderung eine beachtliche Willenskraft erforderlich. (Piko-Brief 2, Rabe 2010, S. 2). Fuß und von Rhöneck (2001, S. 170) geben an, dass sowohl die intrinsische als auch die extrinsische Form der Motivation in Bezug auf den Physikunterricht bei Schülern deutlich höher nachgewiesen werden konnte als bei Schülerinnen. Es konnte demnach eine geschlechterabhängige Differenz entdeckt werden (Fuß, von Rhöneck 2001, S. 170). Aus pädagogischer Sicht wird bei den Schülern und Schülerinnen das Vorhandensein intrinsischer Motivation angestrebt. Studien zufolge wirkt sich diese Art der Motivation besonders positiv auf den Lernerfolg der Schüler und Schülerinnen aus, ist aber leider seltener anzutreffen als die extrinsische Form (Piko-Brief 2, Rabe 2010, S. 2).

2.3.2 Interesse

Im alltäglichen Gebrauch wird der Ausdruck „Interesse“ in einer Vielzahl an Bereichen mit unterschiedlichsten Bedeutungen eingesetzt. Hinsichtlich der Verwendung im pädagogischen Kontext muss also ein differenzierter Blick auf diesen Begriff erfolgen. Hierbei ist nämlich nicht nur die Rede von realen Gegenständen, denen in irgendeiner Form Interesse zugeschrieben werden kann, sondern auch von denen kognitiver Art. Als Interessensgegenstand kann demnach auch der Erwerb von Wissen und bestimmten Fähigkeiten identifiziert werden. Wahrhaftiges Interesse an etwas zeichnet sich dadurch aus, dass dieser Gegenstand als wertvoll und bedeutsam angesehen wird, und die Auseinandersetzung und Widmung eben diesem im positiven Sinne wahrgenommen wird. Im Kontext des Unterrichts in der Schule sollte prinzipiell zwischen dem situationalen und dem individuellen Interesse differenziert werden. Ersteres ist Folge einer Veränderung der aktuellen Interessantheit des Unterrichtsgegenstandes, die von der Gestaltung der Lernumgebung abhängig ist. Beim Auftauchen eines situationalen Interesses besteht auch die Möglichkeit, dass der Lernende auf ein bereits in ihm verankertes Interesse aufmerksam wird und dieses anschließend weiterentwickelt. Im Unterricht kann das situationale Interesse bei Schülern und Schülerinnen beispielsweise mit Hilfe eines von der Lehrperson durchgeführten Experiments angeregt werden. Hält dieses Interesse über die Unterrichtsstunde hinweg an, kann es die Schüler und Schülerinnen dazu bewegen, sich außerhalb des Physikunterrichts oder im Idealfall auch außerhalb der Schule mit dem Thema weiter zu beschäftigen. Auf diese Weise entsteht eine Basis, auf der sich das individuelle Interesse festsetzen und entfalten

kann. Diese Form des Interesses ist nicht mehr situationsabhängig, sondern fortwährend (Wiesner et al. 2015, S. 99 f.).

Im Kontext des Physikunterrichtes ist es zudem notwendig, die Unterteilung in Fach- und Sachinteresse zu beachten. Das Fachinteresse richtet sich primär nach der Zuneigung zum Gegenstand im schulischen Umfeld, wohingegen das Sachinteresse sich auf die Physik an sich und deren Einsatz bezieht. Es kommt vor, dass letzteres stark und ersteres gleichzeitig spärlich ausgeprägt ist, was oft auf die im Unterricht eingesetzten Methoden zurückzuführen ist (Piko-Brief 2, Rabe 2010, S. 2). Neben der Umsetzung des Unterrichts fließen aber auch andere Faktoren, wie die diversen und individuell ausgebildeten Einstellungen der einzelnen Schüler und Schülerinnen, in das Fachinteresse ein. Der Stellenwert des Faches bei den dem Lernenden nahestehenden Personen, die eigene Meinung darüber, wie kompliziert und schwer verständlich der Gegenstand erscheint, und die bereits erlebten Begegnungen mit den unterschiedlichsten Typen an Lehrpersonen des entsprechenden Faches sind maßgeblich entscheidend für die Entwicklung des Fachinteresses. Das Sachinteresse hingegen wird zunehmend von, die Physik betreffenden, Fernsehshows und Zeitschriften geprägt und korreliert mit dem Unterhaltungswert eben dieser. Studien, die das Auftreten von Fach- und Sachinteresse bei Schülern und Schülerinnen hinsichtlich des Physikunterrichts untersucht haben, zeigen, dass die Mittelwerte beider Formen im mittleren Bereich angesiedelt sind, wobei sich das Fachinteresse während der Sekundarstufe I auf einen Wert einpendelt, und das Sachinteresse über die gesamte Schulzeit hinweg fortlaufend weniger wird. Außerdem ist bei den männlichen Lernenden im Falle des Fachinteresses ein merklich höherer Wert zu verzeichnen, als bei den weiblichen (Wiesner et al. 2015, S. 101 f.).

Bei der Erforschung des Interesses von Schülern und Schülerinnen hinsichtlich des Unterrichtsfaches Physik kommen vor allem Testitems zum Einsatz, bei denen die Lernenden mit Hilfe einer mehrstufigen Skala Auskunft darüber geben sollen, in welchem Maße sie bestimmte Annahmen bestätigen oder ablehnen. Zu diesem Thema wurden schon viele Untersuchungen durchgeführt, und es konnten einige nennenswerte Resultate gefunden werden, vor allem im Bezug darauf, dass es einen signifikanten Unterschied bei den Geschlechtern gibt. Es hat sich beispielsweise herausgestellt, dass Schülerinnen lediglich im Fach Physik durchschnittlich gesehen deutlich schlechter abschneiden als Schüler. Auch das Sachinteresse ist bei männlichen Studienteilnehmer merklich größer. Das Interesse im Allgemeinen ist aber bei beiden Geschlechtern sehr kontextorientiert und richtet sich danach, wie die einzelnen Themen in den Unterricht integriert werden. Durch das Zurückgreifen auf alltägliche Erlebnisse und Erfahrungen kann das Interesse bei den Lernenden gesteigert

werden. Seitens der Schülerinnen funktioniert dies allerdings nur bei der Verknüpfung mit Ereignissen, die sich für sie selbst auch wirklich als erfahrbar herausstellen. Auch auf emotionaler Ebene kann das Interesse der Lernenden für Physik angeregt werden. Während Schülerinnen vor allem von Naturphänomenen oder anderen Erscheinungen, die die menschlichen Sinne ansprechen, angezogen werden, begeistern sich Schüler vorwiegend für beeindruckende Fortschritte in der Technik. Bei beiden Geschlechtern lässt sich zudem ein im Alter steigendes Interesse hinsichtlich des gesellschaftlichen Nutzens der Physik, vor allem im medizinischen Bereich, verzeichnen. Wohingegen das schlichte Ermitteln und Überprüfen physikalischer Gesetze und Gegebenheiten, welches oft auch mit mathematischen Berechnungen verbunden ist, eher die Entwicklung des Interesses hemmt, anstatt diese zu fördern. Sowohl Schüler als auch Schülerinnen bevorzugen es, selbst Hand anzulegen. Sie wollen aktiv am Unterricht teilnehmen, indem sie Experimente aufbauen und durchführen (Piko-Brief 2, Rabe 2010, S. 3).

2.3.3 Selbstkonzept

Um den Terminus des Selbstkonzepts beschreiben zu können, werden die Begriffe Selbstwahrnehmung, Selbstwertgefühl und Selbstwirksamkeitserwartung benötigt. Mit Hilfe der Selbstwahrnehmung können alle Lernenden, unabhängig von der Meinung anderer, Aussagen darüber treffen, wie gut und schnell sie physikalische Inhalte aufnehmen, verstehen und in anderen Kontexten anwenden können. Aus dem Bewusstsein über die eigenen Fähigkeiten und einer persönlichen Wertung dieser Wahrnehmung setzt sich dann das individuelle Selbstwertgefühl eines jeden Schülers und einer jeden Schülerin zusammen. Je nachdem, ob die Lernenden das Ergebnis ihrer Selbsteinschätzung als akzeptabel oder unbefriedigend empfinden, wirkt sich dies auch auf die Bearbeitung zukünftiger Aufgaben aus. Sie bilden demnach eine gute oder schlechte Selbstwirksamkeitserwartung aus, die ihr Lernen beeinflusst. Ist das Selbstkonzept eher mit Aussicht auf Erfolg ausgerichtet, wirkt sich dies auch positiv auf die Hingabe und Ausdauer beim Bewältigen einer Herausforderung aus. Ein positives Selbstkonzept steht dabei auch im direkten Zusammenhang mit der Entwicklung und Manifestierung von Interessen. Die Untersuchung des Selbstkonzepts bei Schülern und Schülerinnen erfolgt normalerweise im Zuge eines Tests, bei dem die Lernenden mittels Skala abschätzen sollen, inwiefern gewisse Aussagen auf sie zutreffen (Piko-Brief 2, Rabe 2010, S. 3 f.). Mögliche Testitems nach Häußler und Hoffmann (1995, S. 115) gestalten sich wie folgt:

- „Ich verstehe den Stoff in Physik (sehr gut, gut, mittel, schlecht, sehr schlecht).
- Meine Leistungen in Physik sind nach meiner eigenen Einschätzung (.....).
- Ich glaube, daß (sic!) mich meine Mitschüler in Physik für (.....) halten.
- Ich erwarte, daß (sic!) in Zukunft meine Leistungen in Physik (.....) sein werden.
- Wenn in Physik eine Aufgabe kompliziert und schwierig wird, macht mir das gerade Spaß, und ich bin gespannt, wie ich die Sache hinkriege.
- Wenn ich eine neue Aufgabe in Physik bearbeiten soll, bin ich sicher, daß (sic!) ich sie schaffen werde.“ (Häußler, Hoffmann 1995, S. 115)

Wie schon bei den bisher behandelten affektiven Aspekten weisen auch im Falle des Selbstkonzepts die Untersuchungen bezogen auf das Lernen im Physikunterricht einen erwähnenswerten Unterschied hinsichtlich des Geschlechts der teilnehmenden Personen auf. Im Vergleich zu den Burschen konnte bei den getesteten Mädchen im Allgemeinen ein weniger positiv ausgeprägtes Selbstkonzept nachgewiesen werden (Piko-Brief 2, Rabe 2010, S. 4). Stampfl und Saurer (2016, S. 134) sind außerdem im Zuge einer Befragung darauf gestoßen, dass mangelndes Interesse am Physikunterricht bei Schülern und vorzugsweise Schülerinnen auf ein negatives Selbstkonzept zurückzuführen sind. Die Lernenden gaben an, dass fehlendes Verständnis gegenüber physikalischen Konzepten oder ein ihrer Ansicht nach vorhandener Mangel an Anwendungsgebieten das Interesse zum Fach negativ beeinflussen (Stampfl, Saurer 2016, S. 135).

3 Unterrichtssequenz zum Thema „Licht und Farben“

In diesem Abschnitt wird die Unterrichtssequenz vorgestellt, die, bezogen auf die im Kapitel 2 beschriebene Theorie, entwickelt wurde. Hierzu wird anfangs eine Einordnung der Sequenz in die entsprechende Schulstufe, ausgehend vom Inhalt des Lehrplans, angeführt. Weiters werden die grundlegenden Überlegungen, die zur Erstellung der Sequenz geführt haben, vorgestellt. Anschließend erfolgt eine genaue Beschreibung der einzelnen Unterrichtseinheiten inklusive detaillierter Ausführungen zu den Experimenten.

3.1 Allgemeine Überlegungen

Die Inhalte des für diese Unterrichtssequenz gewählten Themas „Licht und Farben“ finden sich im Kernbereich des Lehrplans der 4. Klasse AHS-Unterstufe im Abschnitt „Die Welt des Sichtbaren“ wieder und sind dort vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (2000, S. 4 f.) wie folgt festgelegt worden:

„Ausgehend von Alltagserfahrungen sollen die Schülerinnen und Schüler grundlegendes Verständnis über Entstehung und Ausbreitungsverhalten des Lichtes erwerben und anwenden können.

- *Die Voraussetzungen für die Sichtbarkeit von Körpern erkennen und die Folgeerscheinungen der geradlinigen Lichtausbreitung verstehen;*
- *(...)*
- *grundlegendes Wissen über das Zustandekommen von Farben in der Natur erwerben.“ (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung 2000, S. 4 f.)*

Ausgehend von diesen Vorgaben wurden auch die Ziele der einzelnen Unterrichtseinheiten so festgelegt, dass der Auftrag des Lehrplans damit erfüllt wird. Um die Auswirkungen der unterschiedlichen Einbettung von Schülerexperimenten überprüfen zu können, sind im Folgenden zwei Versionen der Unterrichtssequenz zu finden. In der einen werden die Experimente an den Anfang der Unterrichtseinheit gestellt, und in der anderen werden sie erst zum Ende hin durchgeführt. Die inhaltlichen Ziele der einzelnen Einheiten bleiben dabei gleich, allerdings verändern sich aufgrund der unterschiedlichen Funktionen der eingesetzten Experimente in weiterer Folge auch deren Ziele, die die unterschiedliche Art des Wissenserwerbs der Schüler und Schülerinnen betrifft (siehe Kapitel 2.1.1). Werden die Versuche in Form von Einstiegsexperimenten eingesetzt, verfolgen sie das Ziel, ein den

Schülern und Schülerinnen anschauliches Phänomen zu liefern (siehe Kapitel 2.1.4), während Experimente in der Erarbeitungsphase dazu dienen, den Lernenden die Bestätigung für ein physikalisches Konzept oder Gesetz zu erbringen (siehe Kapitel 2.1.4). Dementsprechend müssen auch die Vor- und Nachbereitungsphase des Unterrichts an die Art der Experimente angepasst werden. Bei der Version der Unterrichtssequenz mit dem Einsatz von Einstiegsexperimenten werden Schüler und Schülerinnen am Anfang der Stunde lediglich mit Hilfe einiger ausgewählter Impulsfragen auf das Thema vorbereitet. Anschließend erfolgt sofort die Experimentierphase, in der sich die Lernenden nach Erlangung der Arbeitsblätter und Versuchsmaterialien selbständig in Zweier- bzw. Dreiergruppen mit der Durchführung der Experimente beschäftigen. Der zweite, größere Teil der Unterrichtsstunde dient dazu, nach einer gemeinsamen Besprechung der Beobachtungen, den Schülern und Schülerinnen den physikalischen Hintergrund zu den durchgeführten Experimenten beizubringen. Beginnend mit dem Theorieteil werden in der zweiten Version der Sequenz den Lernenden zuerst die Fachinhalte dargelegt, und erst anschließend in der Erarbeitungsphase dürfen die Schüler und Schülerinnen selbst Hand anlegen. In der hier verhältnismäßig kurzen Nachbereitungsphase werden die Erklärungsversuche der Lernenden zu den einzelnen Experimenten gemeinsam besprochen und Anwendungen im Alltag diskutiert. Der genaue Ablauf der beiden Formen der Unterrichtssequenz ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

Schülerexperimente in der Einstiegsphase		Schülerexperimente in der Erarbeitungsphase	
Vorbereitung 5-10 Minuten	<u>Impulsfragen</u> Methode: Unterrichtsgespräch Die Schüler und Schülerinnen werden mit Hilfe alltagsbezogener Fragen auf das Thema eingestimmt. Ihr Interesse, sich mit den physikalischen Hintergründen zu beschäftigen, soll geweckt und ihre Neugier angeregt werden. Gleichzeitig wird ihnen dadurch aufgezeigt, mit welchen Inhalten sich die jeweilige Unterrichtseinheit beschäftigen wird.	Vorbereitung 15-20 Minuten	<u>Theorie</u> Methode: Frontalunterricht Den Schülern und Schülerinnen wird anhand eines Frontalvortrages durch die Lehrperson das physikalische Wissen zum entsprechenden Thema beigebracht. Die Tafel fungiert hier als Medium, wobei auch Zeichnungen und Skizzen zur besseren Erklärung angefertigt werden.
Experimentieren 25 Minuten	<u>Experimente</u> Methode: Schülerexperiment Die Schüler und Schülerinnen führen selbständig in Zweiergruppen bzw. Dreiergruppen eine Reihe an Experimenten durch. Sie folgen dabei der Anleitung mittels eines Arbeitsblattes. Ihre Aufgabe besteht darin, ihre Beobachtungen zu den einzelnen Experimenten festzuhalten.	Experimentieren 25 Minuten	<u>Experimente</u> Methode: Schülerexperiment Die Schüler und Schülerinnen führen selbständig in Zweiergruppen bzw. Dreiergruppen eine Reihe an Experimenten durch. Sie folgen dabei der Anleitung mittels eines Arbeitsblattes. Ihre Aufgabe besteht darin, mit Hilfe des vorhergehend erlernten Wissens eigens formulierte Erklärungen für die auftretenden Phänomene zu verfassen.
Nachbereitung 15-20 Minuten	<u>Theorie</u> Methode: Frontalunterricht Nach einer gemeinsamen Zusammenfassung der von den Schülern und Schülerinnen gemachten Beobachtungen wird eben diesen anhand eines Frontalvortrages durch die Lehrperson das physikalische Wissen zum entsprechenden Thema beigebracht. Die Tafel fungiert hier als Medium, wobei auch Zeichnungen und Skizzen zur besseren Erklärung angefertigt werden.	Nachbereitung 5-10 Minuten	<u>Besprechung</u> Methode: Unterrichtsgespräch Gemeinsam mit den Schülern und Schülerinnen werden die Ergebnisse der Experimente zusammengefasst und besprochen. Zuletzt liefert die Lehrperson noch ein passendes Beispiel aus der Lebenswelt der Lernenden, um die Unterrichtseinheit abzurunden.

Tabelle 1: Übersicht Schema Unterrichtseinheiten

3.2 Erste Unterrichtseinheit

In Tabelle 2 ist ein Überblick der Ziele, der Impulsfragen und der Besprechung der ersten Einheit ersichtlich.

Lichtzerlegung	
Ziele	Die Schüler und Schülerinnen sollen wissen, dass ... • ... weißes Licht aus mehreren farbigen Anteilen besteht. • ... ein Prisma dazu dient, weißes Licht in seine farbigen Anteile zu zerlegen. • ... die Verwendung eines Prismas nicht die einzige Möglichkeit darstellt, um die farbigen Anteile des weißen Lichts sichtbar zu machen.
Impulsfragen	Mit folgenden Fragen sollen die Schüler und Schülerinnen dazu angeregt werden, über die Entstehung eines für sie bereits bekannten Naturphänomens, nämlich des Regenbogens, genauer nachzudenken. Weiters soll ihr Interesse für die Erforschung und somit das Finden einer Erklärung dieses prächtigen Naturschauspiels geweckt werden. Außerdem wird dadurch die Möglichkeit gegeben, dass die Schüler und Schülerinnen die Anordnung der beim Experimentieren sichtbar werdenden Farben mit dem Erscheinungsbild eines Regenbogens in Verbindung setzen und das Wissen daher leichter in ihren Köpfen gespeichert wird. ➤ Wer von euch hat schon einmal einen Regenbogen gesehen? ➤ Wie sieht so ein Regenbogen aus? ➤ Welche Farben hat ein Regenbogen und wie sind sie angeordnet? ➤ Woher kommen die Farben eines Regenbogens?
Besprechung	Zur Abrundung dieser Einheit verweist die Lehrperson auf ein in der Natur vorkommendes Beispiel der Farbzerlegung von weißem Licht. Der Grund für die Entstehung eines Regenbogens ist nämlich der, dass das Sonnenlicht innerhalb der Regentropfen gebrochen und dementsprechend, wie beispielsweise bei einem Prisma, in seine farbigen Anteile zerlegt wird (Boxhofer et al. 2007, S. 72).

Tabelle 2: Übersicht 1. Einheit – Lichtzerlegung

Theorie

Beim Theorieteil der Unterrichtseinheit sollen die Schüler und Schülerinnen in erster Linie ein paar grundlegende Eigenschaften von Licht kennenlernen. Dazu gehört, dass sich Licht immer geradlinig und mit einer Geschwindigkeit von rund 300 000 km/s ausbreitet (Lewisch, Eisenzopf 2006, S. 54 f.). Außerdem setzt sich Licht aus mehreren Farben zusammen, welche auch Spektralfarben genannt werden. Mit Hilfe eines Prismas kann weißes Licht in eben diese zerlegt werden, wodurch die im weißen Licht bereits enthaltenen farbigen Anteile für den Menschen sichtbar werden. Grund hierfür ist die unterschiedliche Brechung der Farbanteile, wobei rotes Licht im Gegensatz zu blauem weniger stark gebrochen wird. Die Farben dieses sogenannten Spektrums lauten: Rot – Orange – Gelb – Grün – Blau – Violett (Lewisch,

Eisenzopf 2006, S. 77). Weiters muss den Schülern und Schülerinnen erklärt werden, dass Sonnenlicht, was die Zusammensetzung der Spektralfarben betrifft, dem weißen Licht sehr nahekommt und somit für Experimente sehr gut geeignet ist (Haagen-Schützenhöfer 2014, S. 3). Zum besseren Verständnis der Vorgänge in einem Prisma können noch entsprechende Zeichnungen zusammen mit den Schülern und Schülerinnen angefertigt werden (siehe Abb. 4).

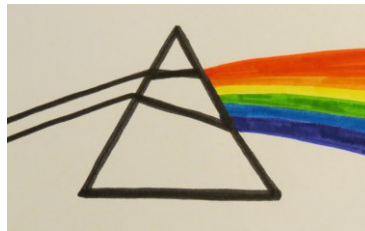


Abbildung 4: Skizze: Farbzerlegung von weißem Licht mit Hilfe eines Prismas⁴

Experimente

Anhand folgender Experimente sollen die Schüler und Schülerinnen die Lichtzerlegung mit Hilfe unterschiedlicher Materialien und Versuchsanordnungen erforschen. Dies soll dazu beitragen, die Fehlvorstellung zu vermeiden, dass die Zerlegung weißen Lichts nur unter dem Einsatz eines Prismas aufgezeigt werden könne.

Lichtzerlegung am Prisma

- Lichtquelle (Lampe, Taschenlampe etc.)
- Karton mit schmalem Schlitz
- kleines Prisma
- weiße Wand

Durchführung

Suche dir einen Tisch, der vor einer weißen Wand steht. Platziere die Lichtquelle so auf dem Tisch, dass das Licht in Richtung der Zimmerdecke leuchtet. Stülpe den Karton so über die Lichtquelle, dass sich der schmale Schlitz direkt über dem Lichtstrahl befindet. Nimm das kleine Prisma zur Hand und halte es der Länge nach und in einem Abstand von ein paar Zentimetern über den ausgeleuchteten Schlitz. Drehe das Prisma langsam um seine Längsachse und beobachte, was auf der weißen Wand passiert. Beachte dabei, dass das Prisma sich immer über dem Lichtschlitz befinden muss (siehe Abb. 5).

⁴ Quelle: in Anlehnung an LEIFI-Physik (1) <https://www.leifiphysik.de/optik/farben/spektralfarben> [letzter Zugriff: 30.04.2018]

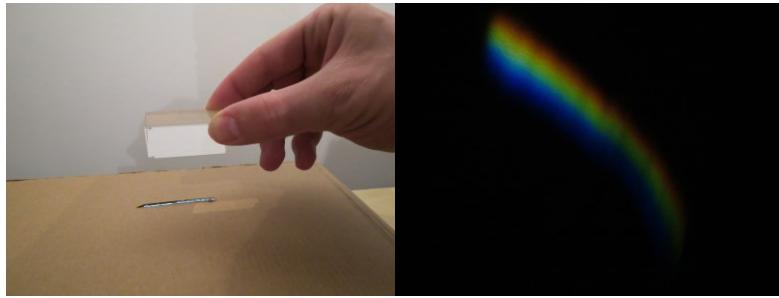


Abbildung 5: Lichtzerlegung am Prisma – Versuchsaufbau und Ergebnis

Beobachtung

Das weiße Licht der Quelle strahlt durch den Schlitz im Karton und trifft auf das Prisma. Hinter dem Prisma macht der Lichtstrahl einen Knick und verläuft somit in Richtung der weißen Wand gegenüber dem Versuchsaufbau. Auf der Wand sind mehrere Farben zu erkennen. Die Reihenfolge von oben nach unten ist Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau und Violett (siehe Abb. 5).

Erklärung:

Der weiße Lichtstrahl tritt in das Prisma ein und wird wegen der Brechung in seine farbigen Anteile aufgespalten. Die Brechung ist auch der Grund, warum der Lichtstrahl nach dem Durchlaufen des Prismas einen anderen Weg eingeschlagen hat. Auf der weißen Wand gegenüber der Versuchsanordnung sind die einzelnen Spektralfarben des Lichts aufgefächert abgebildet.

Lichtzerlegung an einer CD

- Lichtquelle (Lampe, Taschenlampe etc.)
- CD
- weiße Wand

Durchführung

Halte die CD mit der Unterseite in Richtung einer weißen Wand. Beleuchte diese Seite der CD mit der Lichtquelle und beobachte, was auf der weißen Wand geschieht. Bewege dabei die CD auch seitlich und variiere ebenso ihren Abstand zur Lichtquelle.

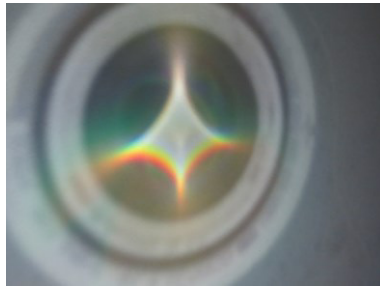


Abbildung 6: Ergebnis der Lichtzerlegung an einer CD

Beobachtung

Der Lichtstrahl trifft, ausgehend von der verwendeten Lichtquelle, auf die CD und verläuft anschließend in die entgegengesetzte Richtung. Beim Auftreffen auf die weiße Wand sind wieder dieselben Farben wie schon im vorherigen Experiment zu beobachten (siehe Abb. 6).

Erklärung

Der weiße Lichtstrahl erfährt beim Auftreffen auf die CD wiederum die Zerlegung in seine farbigen Anteile (Apolin 2017, S. 62). Diese werden aufgrund der Reflexion auf die gegenüberliegende, weiße Wand geleitet und dort abgebildet.

Lichtzerlegung mit Hilfe einer Spektralbrille

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">▪ verschiedene Lichtquellen (Sonne, Lampe, Taschenlampe etc.)▪ Spektralbrille |
|--|

Durchführung

Setze die Spektralbrille (siehe Abb. 7) auf und betrachte verschiedene Lichtquellen damit. Blicke dabei nie direkt in eine der Quellen, sondern beobachte sie von der Seite.

Beobachtung

Ausgehend von der beobachteten Lichtquelle ist eine Reihe von farbigen Flecken, die um die Quelle herum angeordnet sind und sich mehrmals wiederholen, zu sehen. Die Farben und deren Reihenfolge sind wiederum ident, verglichen mit den vorhergehenden Experimenten (siehe Abb. 7).



Abbildung 7: Spektralbrille – Sicht durch die Spektralbrille

Erklärung

Mit Hilfe der Spektralbrille werden die farbigen Teile des weißen Lichts aufgespalten und somit für den Träger der Brille sichtbar.

3.3 Zweite Unterrichtseinheit

Tabelle 3 zeigt eine Übersicht der Ziele, der Impulsfragen und der Besprechung bei der zweiten Unterrichtseinheit.

Farbmischung	
Ziele	Die Schüler und Schülerinnen sollen wissen, dass ... • ... durch die Wiedervereinigung der Spektralfarben weißes Licht entsteht. • ... die additive Farbmischung auf Überlagerung und die subtraktive auf Absorption zurückzuführen ist.
Impulsfragen	Mit Hilfe folgender Fragen soll den Schülern und Schülerinnen bewusst werden, dass die Anwendung des Wissens über die Farbmischung Einzug in unser aller Alltag gefunden hat. Sie sollen sich weiters Gedanken darüber machen, was hinter der Wahl der Tintenpatronen eines herkömmlichen Druckers steckt. ➤ Wer von euch hat einen Drucker zu Hause? ➤ Welche Patronen braucht der Drucker? ➤ Welche Farben braucht der Drucker? ➤ Warum braucht man gerade diese Farben, um etwas Farbiges auszudrucken?

Besprechung	Ein für die Schüler und Schülerinnen greifbares Alltagsbeispiel im Zusammenhang mit Farbmischungen stellt der in vielen Haushalten vorkommende Drucker dar. Die Farben der Patronen eines Tintenstrahldruckers sind Cyan, Magenta und Gelb. Jede dieser Farben fungiert als Farbfilter, wobei immer die entsprechende Komplementärfarbe subtrahiert wird (Kaufmann et al. 2014, S. 19). Bei vielen Druckern gibt es aufgrund dieser Funktionsweise zwei interessante Phänomene, die von den Schülern und Schülerinnen selbst getestet werden können. Einerseits ist es nicht möglich, weiße Schrift auf farbiges Papier zu drucken, und andererseits verweigert der Drucker bei leeren Farbpatronen oft auch den Druck schwarzer Schrift. Erklärungen hierfür können ganz leicht aufgrund der subtraktiven Farbmischung gefunden werden. Weiß stellt bei der subtraktiven Farbmischung keine Mischfarbe dar, Schwarz allerdings schon. Daher kann Weiß nicht gedruckt, und Schwarz aber mit Hilfe der Farbpatronen erzeugt werden.
--------------------	---

Tabelle 3: Übersicht 2. Einheit – Farbmischung

Theorie

Den Schülern und Schülerinnen sollen im Laufe dieser Unterrichtseinheit die grundlegenden Zusammenhänge der Farbmischung beigebracht werden, außerdem sollen sie über Alltagsanwendungen informiert werden.

Zuerst muss den Lernenden die Unterteilung in die additive sowie subtraktive Farbmischung aufgezeigt werden (Kaufmann et al. 2014, S. 18 f.). Mit Hilfe der beiden Grafiken in Abbildung 8 können die aus den Kombinationen der Grundfarben resultierenden Mischfarben besprochen werden. Demnach existieren folgende mögliche Mischungen (Kaufmann et al. 2014, S. 18 f.), wobei die additive Farbmischung auf der Überlagerung von Licht basiert und die subtraktive durch Absorption der Komplementärfarben zustande kommt:

<u>Additive Farbmischung</u>	<u>Subtraktive Farbmischung</u>
Blau + Rot = Magenta	Cyan + Magenta = Blau
Rot + Grün = Gelb	Magenta + Gelb = Rot
Grün + Blau = Cyan	Gelb + Cyan = Grün
Blau + Rot + Grün = Weiß	Cyan + Magenta + Gelb = Schwarz

Bühnenbeleuchtungen und diverse Bildschirme sind daher Beispiele für Alltagsanwendungen der ersten Mischungsart, und die Wahl der Patronen im Drucker sowie die Mischung der Farben eines Malkastens verdeutlichen den Alltagsbezug der subtraktiven Farbmischung. Die Schüler und Schülerinnen sollen zudem den Unterschied zwischen Grundfarben und Mischfarben der beiden Farbmischungen erlernen und wissen, dass Lichtfarben, die bei ihrer

Überlagerung weiß ergeben, Komplementärfarben genannt werden (Kaufmann et al. 2014, S. 18 f.).

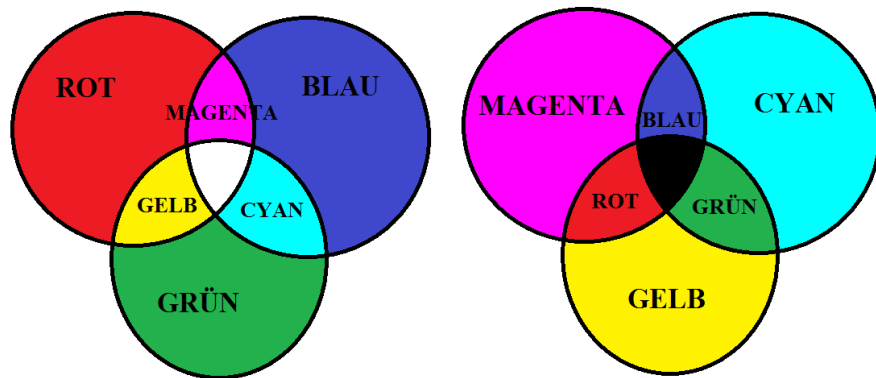


Abbildung 8: Schema der additiven (links) und subtraktiven (rechts) Farbmischung⁵

Experimente

Die für diese Unterrichtseinheit ausgewählten Experimente sollen die Schüler und Schülerinnen einerseits dahingehend unterstützen zu erkennen, dass additive Farbmischung nur bei Lichtern vorkommt und subtraktive Farbmischung auf die bereits bekannte Verwendung der Farben eines Malkastens zurückzuführen ist. Weiters soll ihnen verdeutlicht werden, dass bei der Mischung von Farben nicht immer Schwarz das Resultat ist.

Additive Farbmischung: Farbmischung bei Lichtstrahlen

(Kamata, Matsunaga 2007)

- LED-Farbstrahler in den Farben Rot, Grün und Blau

Durchführung

Leuchte mit den unterschiedlich farbigen Strahlern auf einen schwarzen Hintergrund. Wenn du anstatt der Lichtstrahlen lieber Lichtkegel haben möchtest, musst du lediglich die Deckel der Strahler entfernen.

⁵ Quelle: in Anlehnung an Kaufmann et al. 2014, S. 18 f.

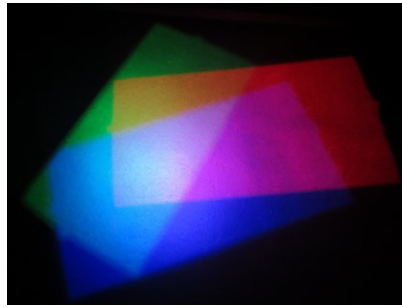


Abbildung 9: additive Farbmischung

Beobachtung

Richtet man den roten und blauen Farbstrahler auf dieselbe Stelle, wird eine Farbe, die als rosa oder pink zu bezeichnen ist, sichtbar. Bei der Überlagerung des blauen und grünen Lichtstrahls erscheint ein helles Blau und mischt man Rot und Grün, ist ein gelber Farbfleck an dieser Stelle zu erkennen. Überlagert man die Lichtstrahlen aller drei Farbstrahler, erscheint der beleuchtete Bereich nahezu weiß (siehe Abb. 9).

Erklärung

Die entstandenen Farben sind eine Folge der additiven Farbmischung von Licht.

Additive Farbmischung: Farbmischung beim Spektrum von weißem Licht

- zwei Lichtquellen (Lampe, Taschenlampe etc.)
- Spektralbrille

Durchführung

Beobachte mit Hilfe der Spektralbrille zwei voneinander nicht allzu weit entfernte (einige Dezimeter) Lichtquellen. Betrachte die Quellen dabei von der Seite und versuche, dass sich die Farbzerlegungen beider Lampen überlagern.

Beobachtung

Überlagert sich beispielsweise der rote Anteil der Farbzerlegung einer Lichtquelle mit dem blauen Anteil einer zweiten Quelle, erscheint ein sattes Pink.

Erklärung

Wie schon beim vorherigen Versuch können, durch die Überlagerung einzelner Farbanteile zweier Lichtquellen, die Mischfarben der additiven Farbmischung beobachtet werden.

Subtraktive Farbmischung: Farbmischung bei Klebezetteln

- Klebezettel in den Farben Gelb, Magenta (helles Purpur) und Cyan (Blaugrün)

Durchführung

Klebe die einzelnen Zettel so auf die Abbildung, wie es die farbigen Rahmen vorgeben (siehe Abb. 10).

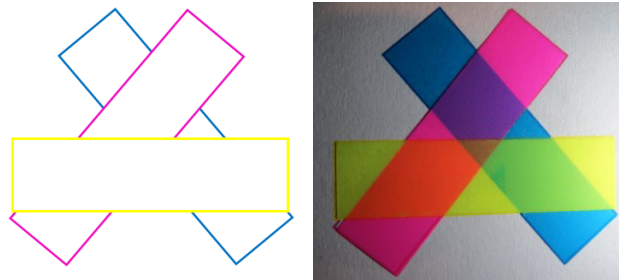


Abbildung 10: Rahmenschema ohne und mit Klebezettel

Beobachtung

Werden die Zettel mit den Farben Magenta und Cyan kombiniert, lässt sich ein etwas dunkleres Blau beobachten. Die Mischung von Cyan und Gelb ergibt Grün und eine Kombination von Gelb und Magenta liefert Rot. Die Stelle in der Mitte, dort, wo sich alle drei Klebezettel überlappen, erscheint nahezu schwarz (siehe Abb. 10).

Erklärung

Die neuen Farben sind auf die subtraktive Farbmischung zurückzuführen.

Subtraktive Farbmischung: Farbmischung bei Filzstiften

- Filzstifte in den Farben Gelb, Magenta (helles Purpur) und Cyan (Blaugrün)

Durchführung

Male die Felder mit Hilfe von Filzstiften aus. Beginne dabei mit der hellsten Farbe (Gelb) und ende mit der dunkelsten (Cyan).

Beobachtung

Wie beim vorangegangenen Experiment lassen sich je nach Kombination die Farben Blau, Grün und Rot beobachten (siehe Abb. 11).

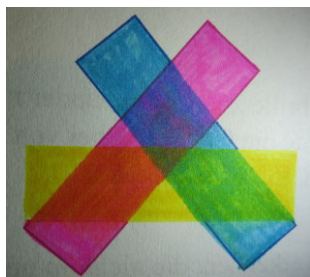


Abbildung 11: Rahmenschema ausgemalt mit Filzstiften

Erklärung

Wie bei den Klebezetteln lässt sich auch bei diesem Versuch die subtraktive Farbmischung verdeutlichen.

3.4 Dritte Unterrichtseinheit

Tabelle 4 liefert einen Überblick der Ziele, der Impulsfragen und der Besprechung zur dritten Unterrichtseinheit.

Körperfarben	
Ziele	Die Schüler und Schülerinnen sollen wissen, dass in das Auge fallendes Lichts notwendig ist, um etwas sehen zu können. ... die Farbe eines Körpers davon abhängt, welche Teile des einfallenden Lichts reflektiert und welche absorbiert werden.
Impulsfragen	Mittels der nachstehenden Fragen soll das Interesse der Schüler und Schülerinnen geweckt werden, ohne viel über den physikalischen Inhalt der Stunde zu verraten. Gibt es in der Klasse viele zauberbegeisterte Kinder, kann alleine schon das Angebot, einen Trick zu erlernen, ausreichend Motivation zur Durchführung der Experimente liefern. ➤ Wer von euch besucht gerne Zaubershows? ➤ Welche typischen Tricks fallen euch ein? ➤ Wer möchte ausprobieren, mit Hilfe der Physik etwas verschwinden zu lassen?
Besprechung	Am Ende der Unterrichtsstunde können die Schüler und Schülerinnen durch die Lehrperson dazu animiert werden, die durchgeführten Experimente als Zaubertricks zu tarnen, um so ihre Verwandten und Freunde zu beeindrucken. Durch das Wissen über Körperfarben können demnach sehr leicht Illusionen über verschwundene Gegenstände erzeugt werden.

Tabelle 4: Übersicht 3. Einheit – Körperfarben

Theorie

Im Zuge dieser Theorieeinheit sollen die Schüler und Schülerinnen aufbauend auf das Wissen über die Farbmischung lernen, wie für den Menschen Farbeindrücke entstehen.

Dazu müssen sie in erster Linie verstehen, dass der Mensch nur dann etwas sehen kann, wenn Licht in sein Auge fällt. Abhängig davon, welche Farbe das einfallende Licht hat, entsteht für den Sehenden ein dementsprechender Farbeindruck. Weiters muss ihnen klar werden, dass die Wahrnehmung der Farbe eines Körpers von der Reflexion und Absorption der farbigen Anteile des auf den Körper einfallenden Lichts abhängt. Welche Farbanteile reflektiert oder absorbiert werden, wird dabei durch die Eigenfarbe des Körpers und durch die Farbe des beleuchtenden Lichts bestimmt. Zusätzlich können im Rahmen dieses Abschnittes geeignete Grafiken eingesetzt werden, um den Vorgang besser zu verdeutlichen. In der Abbildung 12 ist beispielsweise erkennbar, dass ein schwarzer Farbeindruck die Absorption aller Farben und ein weißer die Reflexion aller Farben bedeutet. Ebenso verhält es sich bei Farbeindrücken Blau und Magenta (siehe Abb. 13). Hierbei werden entweder nur die blauen Anteile oder Rot und Blau reflektiert, während alle anderen Farben absorbiert werden. Mit Hilfe der Abbildung 14 ist ersichtlich, was passiert, wenn ein im weißen Licht farbig erscheinender Gegenstand mit farbigem Licht beleuchtet wird. Entweder können die im Licht enthaltenen Farben reflektiert werden oder nicht. Im letzteren Fall ergibt sich ein schwarzer Farbeindruck des Gegenstandes (Lewisch, Eisenzopf 2006, S. 80).

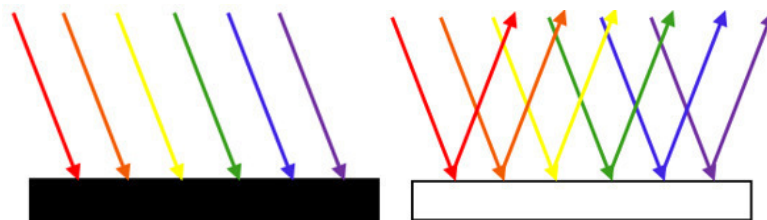


Abbildung 12: Farbeindruck Schwarz/Weiß⁶

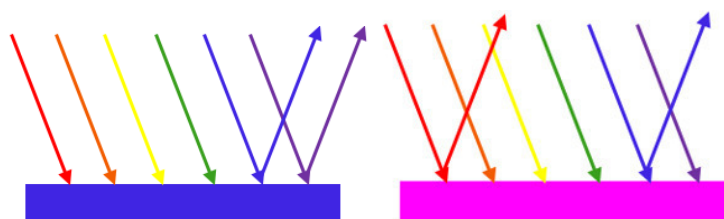


Abbildung 13: Farbeindruck Blau/Magenta⁷

⁶ Quelle: in Anlehnung an Lewisch, Eisenzopf 2006, S. 80.

⁷ Quelle: in Anlehnung an Lewisch, Eisenzopf 2006, S. 80.

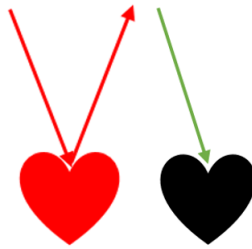


Abbildung 14: rote Beleuchtung – Farbeindruck Rot / grüne Beleuchtung – Farbeindruck Schwarz⁸

Experimente

Die folgenden Versuche verfolgen alle das Ziel, dass die Schüler und Schülerinnen ein Gespür dafür bekommen sollen, dass der Farbeindruck eines Gegenstandes und die Farbe des auf ihn einfallenden Lichts zusammenhängen. Die Schüler und Schülerinnen sind es gewohnt, ihren Alltag unter der Beleuchtung mit weißem Licht zu durchleben und können sich wahrscheinlich gar nicht vorstellen, dass diese beiden Komponenten voneinander abhängen.

Farbeindrücke mit einer 3D-Brille

- Filzstifte in den Farben Blau und Rot
- 3D-Brille

Durchführung

Schreibe mit dem blauen Filzstift irgendeinen Satz. Überschreibe anschließend die Nachricht durch einen weiteren Satz, den du mit Hilfe des roten Stiftes schreibst (siehe Abb. 15).



Abbildung 15: roter und blauer Satz ohne und mit 3D-Brille

Beobachtung

Beim Betrachten der übereinander geschriebenen Sätze mit Hilfe des roten Teils der 3D-Brille wirkt die rote Nachricht nahezu verschwunden, während der in Blau geschriebene Teil deutlich, aber in schwarzer Schrift, erkennbar ist. Umgekehrt ist mit der blauen Seite der

⁸ Quelle: in Anlehnung an LEIFI-Physik (2) <https://www.leifiphysik.de/optik/farben/versuche/koerperfarben> [letzter Zugriff: 30.04.2018]

Brille der zuvor in Rot niedergeschriebene Satz in Schwarz zu erkennen, während der blaue quasi unsichtbar geworden ist (siehe Abb. 15).

Erklärung

Betrachtet man die Nachricht mit dem roten Teil der 3D-Brille, reflektiert die rote Schrift die roten Anteile zurück. In der blauen Schrift sind jedoch keine roten Anteile vorhanden, daher kann auch nichts davon reflektiert werden. Für das Auge des Betrachters erscheint diese Schrift demnach schwarz. Gleiches gilt beim Einsatz des blauen Teils der Brille.

Farbeindruck einer Mischfarbe bei unterschiedlich farbigem Licht

(Neumann 2014, S. 40 f.)

- Filzstift in der Farbe Magenta (helles Purpur)
- 3D-Brille

Durchführung

Beobachte den magentafarbenen Stift abwechseln einmal durch den roten und dann durch den blauen Teil der 3D-Brille.

Beobachtung

Bei der Beobachtung des Stiftes durch den roten Teil der 3D-Brille erscheint dieser orangerot und bei der blauen Seite der Brille zeigt er sich in einem dunklen Blau (siehe Abb. 16).

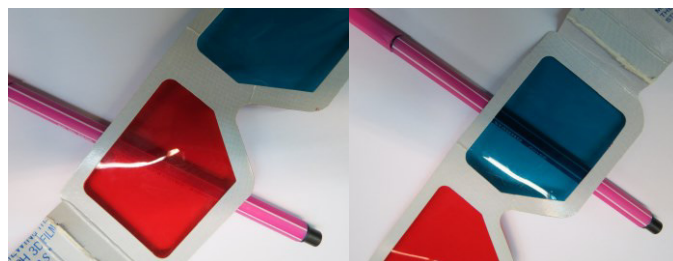


Abbildung 16: Farbeindruck eines Stiftes in Magenta mit 3D-Brille

Erklärung

Da Magenta eine Mischfarbe aus Rot und Blau ist, kann, je nachdem durch welche Seite der Brille der Filzstift betrachtet wird, entweder nur der rote oder nur der blaue Teil reflektiert werden. Der jeweils andere Teil wird absorbiert und hat daher keinen Einfluss auf die Sicht des Beobachters.

Farbeindrücke von Körpern bei unterschiedlich farbigem Licht

(Rentzsch 1997, S. 76)

- 8 Kärtchen in verschiedenen Farben
- Lichtquelle (Lampe, Taschenlampe etc.)
- Farbfolien in den Farben Rot und Blau

Durchführung

Führe diesen Versuch in einem verdunkelten Raum durch. Lege die 8 Kärtchen, während sie von dem weißem Licht der Lampe beleuchtet werden, in derselben Reihenfolge vor dir auf, wie in der Tabelle angegeben (siehe Abb. 17). Halte abwechselnd zuerst die rote und anschließend die blaue Farbfolie vor deine Lichtquelle, damit alle Karten mit dem farbigen Licht angestrahlt werden.

<i>Licht</i>	<i>Kärtchen</i>			
Weiß	GRAU	GELB	ORANGE	ROT
Rot				
Blau				
Weiß	TÜRKIS	GRÜN	BLAU	LILA
Rot				
Blau				

Abbildung 17: Tabelle – Reihenfolge der farbigen Kärtchen

Beobachtung

Abgesehen von der roten und blauen Karte, die unter der Bestrahlung des jeweils gleichfarbigen Lichts keinen Unterschied erkennen lassen, ändert sich die Farbe jedes anderen Kärtchens, abhängig von der gewählten Farbfolie. Beispielsweise erscheint das grüne Kärtchen im roten Licht gelblich und im blauen Licht hellblau. Die gelbe Karte wiederum zeigt sich unter der Verwendung der blauen Folie sehr dunkel, und bei der roten Folie lässt sich ein helles Rot erkennen (siehe Abb. 18).

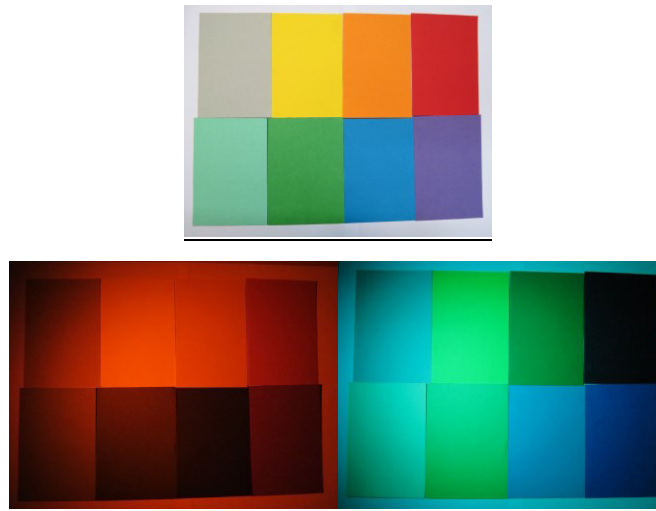


Abbildung 18: Farbeindruck der Kärtchen – weißes/rotes/blaues Licht

Erklärung

Je nachdem welche Farbfolie vor die Lichtquelle gehalten wird, werden bestimmte Farbanteile der einzelnen Kärtchen entweder reflektiert oder absorbiert. Das unter weißem Licht blau beobachtbare Kärtchen erscheint beispielsweise unter der Beleuchtung mit der blauen Farbfolie blau, da diese Anteile reflektiert und in das Auge des Beobachters zurückgeworfen werden. Das rote Licht allerdings wird vollkommen absorbiert und keinerlei Farbe kann reflektiert werden. Die Karte erscheint dem Betrachter schwarz.

3.5 Vierte Unterrichtseinheit

In Tabelle 5 sind die Ziele, die Impulsfragen und die Besprechung der vierten Einheit im Überblick ersichtlich.

Farbige Schatten	
Ziele	Die Schüler und Schülerinnen sollen ...
	... wissen, dass die geradlinige Ausbreitung von Licht Grund für die Entstehung eines Schattens ist. ... ihr Wissen über die additive Farbmischung und die Körperfarben festigen.

Impulsfragen	Zu Beginn der Unterrichtsstunde soll vorerst das möglicherweise bereits vorhandene Wissen der Schüler und Schülerinnen bezüglich der Entstehung von Schatten mittels nachstehender Fragen aktiviert werden. Dabei wird wiederum versucht, die Motivation der Lernenden zu wecken, einerseits durch die Erwähnung der bei vielen Kindern beliebten Schattenfiguren und andererseits durch ein für die Schüler und Schülerinnen wahrscheinlich irritierendes Bild (siehe Abb. 19). Der auf der Zeichnung abgebildete rote Schatten eines Eimers und die Tatsache, dass der abgebildete Mann seinen eigenen Schatten übermalt, sollen dazu dienen, die Lernenden anzuregen, mehr über das Thema erfahren zu wollen. ➤ Wer von euch hat schon einmal versucht eine Schattenfigur zu machen? ➤ Wie entsteht ein Schatten? ➤ Welche Farbe hat ein Schatten? ➤ Hat jemand von euch schon einmal einen roten Schatten gesehen? Abbildung 19: Roter Schatten – möglich oder erfunden?⁹
Besprechung	Die Lehrperson kann die Schüler und Schülerinnen zum Abschluss noch darauf hinweisen, dass sie sich das physikalische Wissen über farbige Schatten zu Nutze machen können, um ihre Freunde und Verwandten mit den etwas anderen Schattenspielen ins Staunen zu versetzen.

Tabelle 5: Übersicht 4. Einheit – Farbige Schatten

Theorie

Die Schüler und Schülerinnen sollen im Laufe dieser Unterrichtseinheit unter anderem erfahren, dass Schatten aufgrund der geradlinigen Ausbreitung von Licht entstehen (Lewisch, Eisenzopf 2006, S. 55). Weiters sollen sie den Unterschied hinsichtlich der Schattenbildung kennenlernen, wenn ein Körper von einer oder mehreren Lichtquellen beleuchtet wird. Im Falle der Beleuchtung eines Gegenstandes mittels einer einzigen, punktförmigen Lichtquelle bilden sich ein Schattenbild, ein Selbstschatten und ein dazwischenliegender Schattenraum. Wenn ein Gegenstand aber von zwei punktförmigen Lichtquellen bzw. einer großen Quelle beleuchtet wird, sind hinter dem Gegenstand sowohl ein Kern- als auch ein Halbschatten zu beobachten, wobei ersterer den dunkleren Bereich ausmacht und letzterer sich links bzw. rechts vom beleuchteten Gegenstand zeigt (Kaufmann et al. 2014, S. 8).

⁹ Quelle: Muckenfuß 2006, S. 1.

Experimente

Die nachstehenden Experimente sollen die Schüler und Schülerinnen langsam an das Phänomen eines farbigen Schattens heranzuführen. Während beim ersten Versuch noch die Entstehung eines gewohnten Schattens beabsichtigt wird, sollen beim zweiten schon die Begriffe des Kern- und Halbschattens sowie die Regeln der additiven Farbmischung Anwendung für eine ausreichende Erklärung des Geschehens finden.

Schatten eines Gegenstandes bei Beleuchtung mit einer farbigen Lichtquelle

(Neumann 2014, S. 36 f.)

- Farbfolien in den Farben Rot, Grün und Blau
- Lichtquelle (Lampe, Taschenlampe etc.)
- beliebiger (undurchsichtiger) Gegenstand

Durchführung

Stelle einen beliebigen, undurchsichtigen Gegenstand gegenüber einer weißen Wand auf. Verdunkle den Raum und beleuchte den Gegenstand von vorne mit einer Lichtquelle. Bringe nacheinander eine der drei Farbfolien zwischen die Quelle und den Gegenstand.



Abbildung 20: Beleuchtung mit einer farbigen Lichtquelle

Beobachtung

Hinter dem beleuchteten Gegenstand bildet sich ein dunkler nahezu schwarzer Schatten. Der Rest der ursprünglich weißen Wand erscheint in der beleuchteten Farbe (siehe Abb. 20).

Erklärung

Da sich Licht immer geradlinig ausbreitet, gibt es hinter dem Gegenstand einen Bereich, in den kein Licht gelangt. Er bleibt also unbeleuchtet und erscheint dem Betrachter bei idealen Umständen völlig schwarz. Dort wo die farbigen Lichtstrahlen den Gegenstand nicht treffen, können sich diese ungehindert ausbreiten. Die weiße Wand, die alle Farbanteile des weißen

Lichts enthält, kann die farbigen Anteile jeder Folie reflektieren und zeigt sich daher immer in derselben Farbe wie das hinter der Farbfolie austretende Licht.

Schatten eines Gegenstandes bei Beleuchtung mit zwei unterschiedlich farbigen Lichtquellen (Neumann 2014, S. 36 f.)

- Farbfolien in den Farben Rot, Grün und Blau
- zwei Lichtquellen (Lampe, Taschenlampe etc.)
- beliebiger (undurchsichtiger) Gegenstand

Durchführung

Der Aufbau dieses Experiments ist nur geringfügig anders als beim vorherigen. Der einzige Unterschied besteht darin, dass der Gegenstand diesmal von zwei Lichtquellen beleuchtet werden soll. Dabei steht eine etwas weiter links und die andere etwas weiter rechts vor dem Objekt. Halte immer gleichzeitig eine farbige Folie zwischen eine der Lichtquellen und dem Gegenstand und eine anders farbige Folie zwischen die andere Quelle und den Gegenstand (siehe Abb. 21).

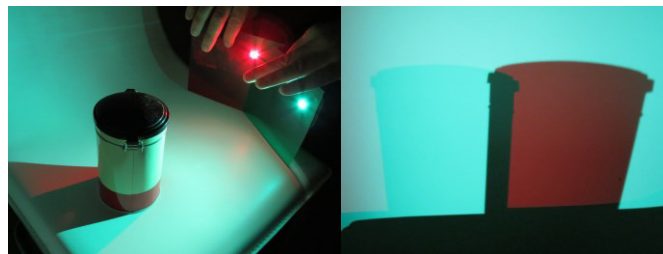


Abbildung 21: Beleuchtung mit zwei farbigen Lichtquellen

Beobachtung

Unter der Verwendung der grünen Farbfolie vor der linken Lichtquelle und der roten Folie vor der rechten sieht man jeweils links hinter dem beschienenen Gegenstand einen grünen und rechts einen roten Schatten. Ein kleiner Teil, bei dem sich diese beiden Schatten treffen, ist sehr dunkel bzw. schwarz. Die übrige eigentlich weiße Wand hat einen gelblichen Ton (siehe Abb. 21). Die Schatten links und rechts vom Gegenstand haben immer die Farbe der auf derselben Seite befindlichen Farbfolie. Die restliche Wand erscheint bei einer Kombination von rot und blau in einer blass rosa Farbe und bei blau und grün sieht die Wand hellblau aus.

Erklärung

Die Schatten zu beiden Seiten des Gegenstandes stellen Bereiche dar, in denen nur das Licht einer Quelle gelangen kann. Der kleine schwarze Teil kann jedoch von keiner der Lichtquellen erreicht werden. Die Wand rund um die Schatten wird von beiden farbigen Lichtquellen erreicht, und demnach kann hier das Phänomen der additiven Farbmischung beobachtet werden.

4 Untersuchungsdesign

In diesem Kapitel werden alle Informationen die Evaluierung der Unterrichtssequenz betreffend dargelegt. Dazu gehören einerseits die Klärung der Forschungsfrage und andererseits die Beschreibung der Vorgehensweise der empirischen Untersuchung. Hierzu werden auch Angaben bezüglich Zeitraum und Stichprobe der Studie sowie eine detaillierte Ausführung zu den verwendeten Testinstrumenten gegeben.

4.1 Forschungsfrage und Methodik

Es gibt bereits viele Forschungen im Bereich der Optik, und es werden immer wieder Unterrichtsmaterialien entwickelt, neu erstellt und auch daraufhin getestet, ob ihr Einsatz ein besseres Verständnis physikalischer Konzepte seitens der Schüler und Schülerinnen nach sich zieht (Haagen-Schützenhöfer 2013, Wiesner 1994). Um die Wirksamkeit der entwickelten Unterrichtssequenz bzw. die Überlegenheit einer der beiden vorgestellten Versionen nachzuweisen, muss mittels empirischer Forschung herausgefunden werden, welche Auswirkungen der Einsatz der Sequenzen auf die Schüler und Schülerinnen hat. Die mit Hilfe der Untersuchung zu eruiierenden Fragen lauten also:

Forschungsfrage 1: Gibt es Unterschiede in Bezug auf den Fachwissenszuwachs von Schülern und Schülerinnen beim Thema „Licht und Farben“, abhängig davon, ob der Unterricht mit Hilfe schülerzentrierter Einstiegsversuche oder Erarbeitungsversuche durchgeführt wird?

Forschungsfrage 2: Gibt es Unterschiede in Bezug auf die Entwicklung affektiver Aspekte von Schülern und Schülerinnen beim Thema „Licht und Farben“, abhängig davon, ob der Unterricht mit Hilfe schülerzentrierter Einstiegsversuche oder Erarbeitungsversuche durchgeführt wird?

Bevor die eigentliche Untersuchung stattfinden konnte, wurden mittels Elternbrief die Erziehungsberechtigten der Schüler und Schülerinnen der ausgewählten vierten Klasse einer Wiener AHS-Unterstufe über das Vorhaben informiert und um deren Einverständnis mittels Unterschrift gebeten. Erst nach dem Erhalt aller Einverständniserklärungen wurde mit der Testung und Unterrichtsdurchführung begonnen.

Während der Durchführung der beiden Versionen der Unterrichtssequenz wurde die Klasse in zwei gleich große Gruppen aufgeteilt. Gruppe A erfuhr in vier hintereinander folgenden Unterrichtseinheiten das Thema „Licht und Farben“ mittels Einsatz der schülerzentrierten Einstiegsexperimente, und Gruppe B wurde anschließend mittels der schülerzentrierten Erarbeitungsexperimente unterrichtet, wobei derselbe physikalische Fachinhalt durchgenommen wurde.

Die Untersuchung setzte sich aus einem Prä-Post-Test Design sowie einigen allgemeinen Fragen zur Unterrichtssequenz zusammen. Der Prätest wurde vor der Durchführung der Unterrichtssequenz zum Thema „Licht und Farben“ abgehalten. Alle Schüler und Schülerinnen bekamen hier denselben Fragebogen. Der Posttest wurde jeweils 18 Tage nach Beendigung der Unterrichtssequenz in den beiden Teilen der Klasse durchgeführt. Die offenen Fragen zur Unterrichtssequenz haben die Lernenden direkt nach dem Posttest erhalten, wurden von ihnen zu Hause ausgearbeitet und anschließend in der nächsten Stunde an den Klassenlehrer zurückgegeben.

Sowohl der Prä- als auch der Posttest benötigten zur Bearbeitung durch die Schüler und Schülerinnen nicht länger als 10 bis höchstens 15 Minuten. Die Fragen zum Unterricht sollten mit 2-3 kurzen Sätzen beantwortet werden. Die Dauer dieser Beantwortung ist hierbei abhängig vom jeweiligen Schüler bzw. der jeweiligen Schülerin, sollte sich aber auch in einem Zeitraum von 10 Minuten abgespielt haben. Während beim Prä- und Posttest fachliche Kenntnisse sowie affektive Merkmale der Schüler und Schülerinnen abgeprüft werden, dienen die allgemeinen Fragen zur Unterrichtssequenz dazu, die Meinungen der Lernenden hinsichtlich der durchgeführten Einheiten einzuholen.

4.2 Der Zeitraum

Die Untersuchung wurde im Schuljahr 2017/18 in einer vierten Klasse der AHS-Unterstufe (8.Schulstufe) einer Wiener Schule durchgeführt. Nach der Durchführung des Prätests am 13.11.2017 wurde die Klasse, bestehend aus 28 Schülern und Schülerinnen, in zwei gleich große Gruppen zu je 14 Personen aufgeteilt. Angefangen mit der Gruppe A, die mit der Sequenz, basierend auf schülerzentrierten Einstiegsexperimenten, unterrichtet wurde, wurden die jeweils vier Unterrichtseinheiten bei jeder Gruppe innerhalb von zwei bis drei Wochen durchgeführt. Die Abhaltung der Unterrichtsstunden erstreckte sich somit über den Zeitraum vom 17.11. – 22.12.2017. Der Posttest und die Ausgabe der Fragen zur Unterrichtssequenz erfolgten bei Gruppe A am 22.12.2017 und bei Gruppe B am 09.01.2018. In beiden Fällen gab es einen Abstand zwischen der Beendigung der Unterrichtssequenz bis hin zur

Bearbeitung der beiden letzten Fragebögen von genau 18 Tagen. Die genauen Angaben zum Zeitraum sind in Tabelle 6 und 7 angeführt.

Gruppe – Sequenz	Prätest	Posttest	Ausgabe der Fragen zur Unterrichtssequenz
A – Einstieg	Montag 13.11.2017	Freitag 22.12.2017	Freitag 22.12.2017
B - Erarbeitung	Montag 13.11.2017	Dienstag 09.01.2018	Dienstag 09.01.2018

Tabelle 6: Zeitraum der Testung

Datum	Unterrichtsstunde	Gruppe – Sequenz – Unterrichtseinheit
Freitag 17.11.2017	6. Stunde – 13:05-13:55	A – Einstieg – 1
Montag 20.11.2017	2. Stunde – 09:00-09:50	A – Einstieg – 2
Montag 27.11.2017	2. Stunde – 09:00-09:50	A – Einstieg – 3
Montag 04.12.2017	2. Stunde – 09:00-09:50	A – Einstieg – 4
Montag 11.12.2017	2. Stunde – 09:00-09:50	B – Erarbeitung – 1
Freitag 15.12.2017	6. Stunde – 13:05-13:55	B – Erarbeitung – 2
Montag 18.12.2017	2. Stunde – 09:00-09:50	B – Erarbeitung – 3
Freitag 22.12.2017	6. Stunde – 13:05-13:55	B – Erarbeitung – 4

Tabelle 7: Zeitraum der Unterrichtseinheiten

4.3 Die Stichprobe

Voraussetzung für die Auswertung der Daten einer Stimme ist einerseits, dass der Schüler oder die Schülerin alle drei Fragebögen ausgefüllt und vollständig retourniert hat und andererseits, dass nicht mehr als eine der vier Unterrichtsstunden versäumt wurde. Andernfalls würde das Ergebnis der Auswertung zu sehr verfälscht werden.

Die Klasse wurde vor Beginn der Unterrichtsabhaltung wahllos in zwei gleich große Gruppen eingeteilt, wobei zur späteren Vergleichbarkeit der Ergebnisse lediglich darauf geachtet wurde, dass die Gruppen eine gleiche Anzahl an Mädchen und Burschen aufweisen. Somit bestehen beide Gruppen aus jeweils acht Mädchen und sechs Burschen.

Bei den Schülern und Schülerinnen, die mit Hilfe der Einstiegsexperimente unterrichtet wurden, haben alle am Prätest, allerdings nur 13 Teilnehmer und Teilnehmerinnen am Posttest und bei der Beantwortung der Fragen zur Unterrichtssequenz teilgenommen. Zudem konnte ein Mädchen nur bei der Hälfte der Einheiten anwesend sein.

Bei der Gruppe mit den Erarbeitungsexperimenten haben alle Schüler und Schülerinnen alle drei Fragebögen bearbeitet, und keiner der Lernenden blieb mehr als einmal dem Unterricht fern.

Auf dieser Grundlage lassen sich hinsichtlich der Gruppe A 12 und im Falle der Gruppe B 14 verwertbare Stimmen zur Analyse heranziehen, wobei sich die Stimmen der ersten Gruppe aus sieben weiblichen und fünf männlichen und die der zweiten aus acht weiblichen und sechs männlichen zusammensetzen. Die genaue Zusammensetzung der erhobenen Stimmen ist in Tabelle 8 ersichtlich.

	Gruppe A – Einstieg			Gruppe B - Erarbeitung		
	Mädchen	Burschen	Gesamt	Mädchen	Burschen	Gesamt
Teilnahme Prätest	8	6	14	8	6	14
Teilnahme Posttest	8	5	13	8	6	14
Teilnahme Fragen zur Unterrichtssequenz	8	5	13	8	6	14
Verwertbare Stimmen	7	5	12	8	6	14

Tabelle 8: Stichprobe

4.4 Die Testinstrumente

4.4.1 Der Prätest

Der Prätest stellt den ersten Schritt der empirischen Untersuchung dar. Die Schüler und Schülerinnen füllen diesen aus, bevor die Durchführung der verschiedenen Unterrichtssequenzen beginnt. Der Fragebogen besteht aus fünf Aufgaben, die entweder durch Ankreuzen oder Verfassen einer eigenen Antwort bearbeitet werden sollen. Die ersten vier Aufgaben dienen dazu, den Wissensstand bzw. mögliche Fehlvorstellungen der Schüler und Schülerinnen zum Thema „Licht und Farben“ zu ermitteln, wohingegen die letzte Aufgabe unter Verwendung einer mehrstufigen Skala den Stand der affektiven Merkmale der einzelnen Lernenden aufzeigen soll. Um eine Zuordnung der Prätests zu den anderen Fragebögen und gleichzeitig die Wahrung der Anonymität zu ermöglichen, werden die Schüler und Schülerinnen dazu aufgefordert, den Bogen mit einem Erkennungszeichen zu versehen. Damit dieses nicht von den Lernenden im Laufe der Untersuchung vergessen wird, ist die Zusammensetzung der Kennung vorgegeben. Es werden die drei Anfangsbuchstaben der Namen der Mutter und des Vaters, sowie die Hausnummer kombiniert.

Aufgabe 1

Abbildung 22 zeigt den Ausschnitt des Prätests, auf dem die erste Aufgabe zu erkennen ist. Diese Aufgabe ist in zwei Teile gegliedert. Zuerst werden die Schüler und Schülerinnen

danach gefragt, ob es für sie grundsätzlich vorstellbar ist, dass farbige Anteile in weißem Licht enthalten sind. Diese Frage wurde mit abgeändertem Design direkt von Rüdiger Blumör (1993, S. 146) übernommen, der damit bereits Studien zu Schülervorstellungen durchgeführt hat. Auch der zweite Teil der Aufgabe stammt von Rüdiger Blumör (1993, S. 148), wobei die hier gebotenen Antwortmöglichkeiten aus seiner Befragung einiger Schüler und Schülerinnen hervorgingen. Ziel dieser Aufgabe ist es herauszufinden, was die Lernenden über den Zusammenhang von weißem Licht und Farben denken, wer von ihnen überhaupt ein Prisma kennt und welches Wissen über die Vorgänge an einem Prisma bereits vorhanden ist.

Aufgabe 1

Kannst du dir vorstellen, dass im Licht der Sonne oder einer Lampe bereits mehrere Sorten farbigmachenden Lichts enthalten sind?

☐ Ja

☐ Nein

Was passiert, wenn Licht von der Sonne oder einer Lampe auf ein Prisma fällt?

- ☐ Es entstehen Farben.
- ☐ Das Prisma färbt das Licht.
- ☐ Das Prisma zerlegt das Licht in seine farbigen Anteile.
- ☐ Ich weiß es nicht.

Abbildung 22: Aufgabe 1 – Prätest¹⁰

Aufgabe 2

Die in Abbildung 23 ersichtliche zweite Aufgabe des Prätests wurde in Anlehnung eines LEIFI-Quizzes über Farben erstellt und zielt auf das Verständnis über die additive Farbmischung sowie das Konzept der Körperfarben ab.¹¹ Die Schüler und Schülerinnen sollen angeben, welcher Farbeindruck entsteht, wenn eine zuerst weiße Wand mit rotem und grünem Licht beleuchtet wird. Die von den Lernenden zu liefernde Antwort gibt Aufschluss darüber, ob sie das Konzept der Überlagerung von Licht innehaben. Der zweite Teil der Aufgabe scheint auf den ersten Blick dasselbe Ziel zu haben. Allerdings werden durch die Angabe, dass eine rote Wand mit grünem Licht beleuchtet wird, die Schülervorstellungen zu den Körperfarben abgefragt.

¹⁰ Quelle: in Anlehnung an Blumör 1993, S. 146 & 148.

¹¹ Quelle: in Anlehnung an LEIFI-Physik (3)

<https://www.leifiphysik.de/optik/farben/aufgaben#lightbox=/themenbereiche/farben/lb/quiz-farben> [letzter Zugriff: 01.05.2018]

Aufgabe 2

Eine weiße Wand wird gleichzeitig mit rotem und grünem Licht beleuchtet. In welcher Farbe siehst du die Wand?

.....

Eine rote Wand wird mit einem grünen Licht beleuchtet. In welcher Farbe siehst du die Wand?

.....

Abbildung 23: Aufgabe 2 – Prätest¹²

Aufgabe 3

Die Aufgabe 3, siehe Abbildung 24, wurde wieder aus den Untersuchungen von Rüdiger Blumör (1993, S. 79) übernommen. Mit der Frage danach, was in einem komplett abgedunkelten Raum für einen Menschen noch zu sehen ist, wird gezielt überprüft, ob sich die Schüler und Schülerinnen der Bedingungen, um etwas mit dem Auge sehen zu können, bewusst sind. Im Vergleich zur Studie von Blumör wurde in diesem Fall die Aufgabe um eine Begründung seitens der Schüler und Schülerinnen erweitert. Dies soll verhindern, dass die richtige Antwort schlichtweg erraten wird und somit die Auswertung nicht mehr hinreichend aussagekräftig ist.

Aufgabe 3

Ein Mädchen ist in einem dunklen Raum mit verschiedenen Gegenständen. Wähle aus, welche Gegenstände das Mädchen deiner Meinung nach sieht.

- | | |
|--|--|
| ☐ Sie sieht nichts. | ☐ Sie kann rote Gegenstände sehen. |
| ☐ Sie kann schwarze Gegenstände sehen. | ☐ Sie kann gelbe Gegenstände sehen. |
| ☐ Sie kann dunkelblaue Gegenstände sehen. | ☐ Sie kann weiße Gegenstände sehen. |

Begründe deine Antwort!

.....
.....

Abbildung 24: Aufgabe 3 – Prätest¹³

Aufgabe 4

Die mit Hilfe der Abbildung 25 dargestellte Aufgabe 4 besteht aus mehreren Teilen und wurde wiederum mit Änderungen im Design auf der Grundlage der von Rüdiger Blumör (1993, S. 78 f.) durchgeführten Studie erstellt. Mit der Frage, warum man einen Gegenstand

¹² Quelle: in Anlehnung an LEIFI-Physik (3)
<https://www.leifiphysik.de/optik/farben/aufgaben#lightbox=/themenbereiche/farben/lb/quiz-farben> [letzter Zugriff: 01.05.2018]

¹³ Quelle: in Anlehnung an Blumör 1993, S. 79.

in einer bestimmten Farbe sieht, wird überprüft, ob die Schüler und Schülerinnen wissen, dass Licht auf das menschliche Auge treffen muss, um etwas sehen bzw. Farben unterscheiden zu können. Weiters wird mit der Frage nach dem Farbeindruck unter farbiger Beleuchtung wiederum auf das Konzept der Körperfarben verwiesen. Da bei Blumörs Studie (1993, S. 79) viele der Teilnehmer und Teilnehmerinnen bei dieser Frage zwischen Wahrnehmung und Wirklichkeit differenzieren, wird bei dieser Aufgabe eine Begründung der Antwort gefordert, um die möglichen Fehlvorstellungen der Schüler und Schülerinnen zu ermitteln.

Aufgabe 4

Weshalb sieht man einen Baustein, der von Sonnenlicht beleuchtet wird, blau?

- ☐ Weil der Baustein blau angemalt ist.
- ☐ Weil der Baustein von der Sonne beleuchtet wird.
- ☐ Weil wir Farben unterscheiden können.
- ☐ Weil der Baustein blaumachendes Licht in meine Augen sendet.

Ein Baustein liegt im Sonnenlicht und wird grün gesehen. In welcher Farbe wird der Baustein gesehen, wenn er mit rotem Licht beleuchtet wird?

Begründe deine Antwort!
.....

Abbildung 25: Aufgabe 4 – Prätest¹⁴

Aufgabe 5

Im Zuge der fünften Aufgabe, die in Abbildung 26 zu sehen ist, wird neben dem Geschlecht auch die aktuelle Note im Fach Physik mittels Ankreuzmöglichkeiten ermittelt. Die restliche Aufgabe besteht aus elf Aussagen, die affektiven Aspekte speziell auf den Physikunterricht bezogen betreffend, bei der die Schüler und Schülerinnen mittels einer vierstufigen Skala angeben sollen, inwieweit die Behauptungen auf sie zutreffen oder nicht. Die ersten beiden Aussagen geben Aufschluss über das Fachinteresse sowie die Einstellung gegenüber dem Unterrichtsfach Physik. Behauptung 3 und 4 hingegen beschäftigen sich mit dem Sachinteresse. Die Einstufung der intrinsischen Motivation erfolgt bei Punkt 5 und die der extrinsischen bei Punkt 6. Aufgrund der Angaben zu den Aussagen 7 bis 11 erfährt man mehr über das Selbstkonzept der Schüler und Schülerinnen.

¹⁴ Quelle: in Anlehnung an Blumör 1993, S. 78 f.

Aufgabe 5 (Kreuze Zutreffendes an!)					
Geschlecht: ☐ weiblich ☐ männlich					
Aktuelle Note in Physik (oder letzte Note): ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5					
		trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft völlig zu
1. Physik ist eines meiner Lieblingsfächer.	☐	☐	☐	☐	☐
2. Physik zählt für mich zu einem der wichtigsten Fächer.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Ich kann mir vorstellen, später einen Beruf zu ergreifen, der mit Physik zu tun hat.	☐	☐	☐	☐	☐
4. Die Inhalte, die wir in Physik lernen, finde ich sehr interessant.	☐	☐	☐	☐	☐
5. Ich lerne für das Fach Physik, weil ich es wirklich verstehen möchte.	☐	☐	☐	☐	☐
6. Ich lerne für das Fach Physik, weil ich eine gute Note haben möchte.	☐	☐	☐	☐	☐
7. Die Inhalte im Physikunterricht sind schwierig.	☐	☐	☐	☐	☐
8. Das Lernen für das Fach Physik fällt mir nicht schwer.	☐	☐	☐	☐	☐
9. Bei der Bearbeitung neuer Aufgaben im Physikunterricht bin ich mir sicher, dass ich sie schaffe.	☐	☐	☐	☐	☐
10. Es macht mir Spaß, besonders schwierige Aufgaben im Physikunterricht zu lösen.	☐	☐	☐	☐	☐
11. Meiner Einschätzung nach sind meine Leistungen im Physikunterricht sehr gut.	☐	☐	☐	☐	☐

Abbildung 26: Aufgabe 5 – Prätest

4.4.2 Der Posttest

Der Posttest stellt den zweiten Teil der empirischen Untersuchung dar und wird von beiden Schülergruppen nach der Durchführung der Unterrichtssequenz bearbeitet. Die einzelnen Testbögen werden ebenfalls mit dem im Zuge des Prätests schon beschriebenen Erkennungszeichen versehen. Der Aufbau und die Wahl der Aufgaben ähneln sehr dem Prätest, wobei es teils geringfügige Änderungen teils komplett neue Ergänzungen gibt. Der Fragebogen besteht aus insgesamt 6 Aufgaben, wobei den ersten fünf die Überprüfung des Fachwissens zuteilwird, und sich der letzte Abschnitt mit den Auswirkungen der eingesetzten Experimente auf die affektiven Merkmale beschäftigt. Dementsprechend ist dies auch die einzige Aufgabe, die sich bei den Gruppen, je nachdem, in welcher Phase die Experimente eingesetzt wurden, leicht unterscheidet. Da die Aufgaben 2 und 3 ident mit denen des Prätests sind, werden diese in diesem Abschnitt nicht näher beschrieben.

Aufgabe 1

Die erste Aufgabe des Posttests, siehe Abbildung 27, unterscheidet sich im Vergleich zum Prätest lediglich darin, dass die zuvor durch Ankreuzen zu beantwortende Frage nach den Vorgängen an einem Prisma durch eine offene Frage ausgetauscht wurde. Die Schüler und

Schülerinnen sollen also ohne vorgegebene Antwortmöglichkeiten frei und mit eigenen Worten beschreiben, was ihrer Ansicht nach mit dem auf ein Prisma einfallenden weißen Licht passiert.

Aufgabe 1

Kannst du dir vorstellen, dass im Licht der Sonne oder einer Lampe bereits mehrere Sorten farbigmachenden Lichts enthalten sind?

☐ Ja

☐ Nein

Beschreibe was passiert, wenn Licht von der Sonne oder einer Lampe auf ein Prisma fällt!

.....
.....

Abbildung 27: Aufgabe 1 – Posttest¹⁵

Aufgabe 4

Auch bei der vierten Aufgabe, siehe Abbildung 28, wurden die Antwortmöglichkeiten weggelassen, wodurch die Schüler und Schülerinnen dazu angehalten werden, selbst eine Erklärung zur gestellten Frage zu liefern.

Aufgabe 4

Weshalb sieht man einen Baustein, der von Sonnenlicht beleuchtet wird, blau?

.....

Ein Baustein liegt im Sonnenlicht und wird grün gesehen. In welcher Farbe wird der Baustein gesehen, wenn er mit rotem Licht beleuchtet wird?

Begründe deine Antwort!

.....

Abbildung 28: Aufgabe 4 – Posttest¹⁶

Aufgabe 5

Die in der Abbildung 29 ersichtliche Aufgabe 5 befindet sich nur im Posttest und wurde ebenfalls in Anlehnung an eine von Rüdiger Blumör (1993, S. 83) im Laufe seiner Untersuchung gestellten Frage erstellt. Sie stellt ein weiteres Beispiel für die Erforschung des Fachwissens der Lernenden im Bereich der Körperfarben dar. Die Aufgabe der Schüler und Schülerinnen besteht darin anzugeben, in welcher Farbe ein vorerst weiß erscheinendes Blatt

¹⁵ Quelle: in Anlehnung an Blumör 1993, S. 146 & 148.

¹⁶ Quelle: in Anlehnung an Blumör 1993, S. 78 f.

Papier bei der Bestrahlung mit rotfarbenem Licht zu sehen ist, wobei sie ihre Antwort anschließend begründen sollen.

Aufgabe 5

Ein Blatt Papier wird mit einer Lampe beleuchtet und von einem Jungen weiß gesehen. Nun wird eine durchsichtige, rote Folie vor die Lampe gehalten. In welcher Farbe sieht der Junge das Blatt?

Begründe deine Antwort!

.....

Abbildung 29: Aufgabe 5 – Posttest¹⁷

Aufgabe 6

Abbildung 30 zeigt die sechste Aufgabe des Posttests für die Schüler und Schülerinnen der Gruppe A, und in Abbildung 31 ist die auf die Gruppe B abgestimmte Version zu erkennen. Neben der Angabe des Geschlechts sollen die Lernenden anhand einer vierstufigen Skala das Ausmaß des Einflusses der im Zuge der Sequenz durchgeführten Experimente einschätzen. Somit besteht die Möglichkeit, Unterschiede hinsichtlich der Motivation, des Interesses und des Selbstkonzeptes der Schüler und Schülerinnen beider Gruppen nachzuweisen.

Aufgabe 6

(Bitte Zutreffendes ankreuzen!)

Geschlecht: ☐ weiblich ☐ männlich

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft völlig zu
1. Die Einstiegsexperimente haben dazu beigetragen, dass ich die Inhalte des Physikunterrichts besser verstanden habe.	☐	☐	☐	☐
2. Aufgrund der Einstiegsexperimente habe ich das Gefühl, die physikalischen Inhalte auf längere Sicht verstanden zu haben.	☐	☐	☐	☐
3. Wegen der Einstiegsexperimente stieg meine Motivation, die physikalischen Inhalte wirklich verstehen zu wollen.	☐	☐	☐	☐
4. Durch die Einstiegsexperimente wurde mein Interesse für das Fach Physik deutlich größer.	☐	☐	☐	☐
5. Da die Experimente zu Beginn jeder Stunde stattfanden, war ich motivierter als im normalen Physikunterricht.	☐	☐	☐	☐
6. Würden wir jedes Mal am Anfang der Unterrichtsstunde selbständig Experimente durchführen, würde mir der Physikunterricht besser gefallen.	☐	☐	☐	☐

Abbildung 30: Aufgabe 6 – Posttest Einstiegsexperimente

¹⁷ Quelle: in Anlehnung an Blumör 1993, S. 83.

Aufgabe 6 (Bitte Zutreffendes ankreuzen!)

Geschlecht: ☐ weiblich ☐ männlich

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft völlig zu
1. Die Erarbeitungsexperimente haben dazu beigetragen, dass ich die Inhalte des Physikunterrichts besser verstanden habe.	☐	☐	☐	☐
2. Aufgrund der Erarbeitungsexperimente habe ich das Gefühl, die physikalischen Inhalte auf längere Sicht verstanden zu haben.	☐	☐	☐	☐
3. Wegen der Erarbeitungsexperimente stieg meine Motivation, die physikalischen Inhalte wirklich verstehen zu wollen.	☐	☐	☐	☐
4. Durch die Erarbeitungsexperimente wurde mein Interesse für das Fach Physik deutlich größer.	☐	☐	☐	☐
5. Da die Experimente am Ende jeder Stunde stattfanden, war ich motivierter als im normalen Physikunterricht.	☐	☐	☐	☐
6. Würden wir jedes Mal am Ende der Unterrichtsstunde selbständig Experimente durchführen, würde mir der Physikunterricht besser gefallen.	☐	☐	☐	☐

Abbildung 31: Aufgabe 6 – Posttest Erarbeitungsexperimente

4.4.3 Fragen zur Unterrichtssequenz

Die allgemeinen Fragen zur Unterrichtssequenz bilden den dritten und letzten Teil der empirischen Untersuchung. Sie werden direkt nach der Bearbeitung des Posttests an die Schüler und Schülerinnen ausgegeben, sollen anschließend zu Hause ausgefüllt und wieder an die Lehrperson retourniert werden. Der Fragebogen beinhaltet jeweils vier Aufgaben, die von den Schülern und Schülerinnen essayartig mit 2-3 Sätzen bearbeitet werden sollen. Sie haben dabei keinerlei Vorgabe oder Ankreuzmöglichkeit und können daher schreiben, was sie wollen. Das Erkennungszeichen und die Angabe des Geschlechts sollen auch hier mit den vorhergehenden Tests übereinstimmen.

Fragen 1 & 2

Die ersten beiden Aufgaben, siehe Abbildung 32, lassen den Schülern und Schülerinnen viel Spielraum bezüglich der Beantwortung. Sie sollen dabei jegliche positive als auch negative Erinnerung an die Unterrichtssequenz anführen, die ihnen einfällt. Dadurch besteht die Möglichkeit, die Unterrichtssequenz auch hinsichtlich des Erlebens durch die Lernenden zu verbessern.

1. Beschreibe mit eigenen Worten, was dir an den vergangenen vier Unterrichtsstunden besonders gut gefallen hat.

2. Beschreibe mit eigenen Worten, was dir an den vergangenen vier Unterrichtsstunden überhaupt nicht gefallen hat.

Abbildung 32: Fragen zur Unterrichtssequenz 1 & 2

Fragen 3 & 4

Die Fragen 3 und 4, dargestellt in den Abbildungen 33 und 34, unterscheiden sich, abhängig davon, welcher Gruppe der Schüler oder die Schülerin zugehörig ist. Ziel dieser Fragen ist, dass die Schüler und Schülerinnen selbst darüber nachdenken, wie sie die Unterrichtseinheiten erlebt haben und einschätzen, ob diese Art des Unterrichts einen Mehrwert für sie darstellt bzw. für sie ansprechend ist.

3. Fandest du es gut, dass du den Ausgang der Experimente nicht im Vorhinein wusstest? Begründe!

4. Hättest du vor der Durchführung der Experimente lieber mehr über die Theorie dahinter erfahren? Begründe!

Abbildung 33: Fragen zur Unterrichtssequenz 3 & 4 – Einstiegsexperimente

3. Hättest du dir lieber selbst Gedanken über den physikalischen Hintergrund gemacht? Begründe!

4. Halfen dir die Experimente dabei, die vorher gelernten physikalischen Inhalte besser zu verstehen? Begründe!

Abbildung 34: Fragen zur Unterrichtssequenz 3 & 4 – Erarbeitungsexperimente

5 Auswertung der Fragebögen

Dieses Kapitel beinhaltet die Auswertung der im Zuge der empirischen Untersuchung erhaltenen Daten, basierend auf den drei von den Schülern und Schülerinnen ausgefüllten Fragebögen. Hierzu erfolgt zuerst eine Beschreibung der verwendeten Auswertemethodik und anschließend eine ausführliche mit Diagrammen unterstützte Darstellung der Ergebnisse des Prä- und Posttests sowie der Fragen zur Unterrichtssequenz.

5.1 Auswertemethodik

Die Auswertung der unterschiedlichen Antworten der Schüler und Schülerinnen beim Prä- und Posttest erfolgte, basierend auf die im Kapitel 2.2 zu findenden Ausführungen bezüglich der bereits wohlbekannten Schülervorstellungen zum Thema „Licht und Farben“. Tabelle 9 bietet einen Überblick über die bei den Lernenden vorhandenen Schülervorstellungen und liefert neben einer für die Erstellung der Diagramme dienliche Abkürzung auch eine kurze und präzise Beschreibung der Fehlvorstellungen, um eine geeignete Basis für die Auswertung und Analyse der Daten zu gewährleisten.

Schülervorstellungen	
Abkürzung	Beschreibung
KB	Die Schüler und Schülerinnen haben die Vorstellung, dass, wenn weißes Licht auf ein Prisma fällt, Farben entstehen. Sie sind also der Ansicht, dass die Farben nicht bereits im weißen Licht enthalten sind.
RT	Den Lernenden ist bekannt, dass unter der Verwendung eines Prismas die farbigen Anteile des weißen Lichts für unser Auge sichtbar werden. Allerdings ist dies ihrer Meinung nach auf eine Reflexion im Prisma zurückzuführen.
RO	Die Schüler und Schülerinnen wissen, dass mit Hilfe eines Prismas die farbigen Anteile des weißen Lichts sichtbar werden, haben aber keine Erklärung dafür, wieso dies so ist.
PF	Die Lernenden sind der Ansicht, dass das weiße, einfallende Licht vom Prisma gefärbt wird. Sie sehen also im Prisma selbst den Grund für die Farben.
WV	Die Schüler und Schülerinnen denken, dass es keine Möglichkeit der Wiedervereinigung von Farben gibt. Sie glauben, dass bei der Überlagerung von verschiedenfarbigem Licht entweder eine Farbe dominiert oder beide voneinander unbeeinflusst erkennbar sind.
FF	Die Lernenden haben eine Fehlvorstellung bezüglich der additiven Farbmischung. Ihnen ist nicht bewusst, welche Farben aus der Überlagerung von farbigem Licht möglich sind bzw. sind sie der Ansicht, dass sich die Farben des Lichts bei Mischung wie Malfarben verhalten.
ZF	Den Schülern und Schülerinnen ist nicht klar, dass der Farbeindruck eines Körpers einerseits von dessen Eigenfarbe und andererseits von der Farbe des beleuchteten Lichts

	abhängt. Einer der beiden Aspekte wird bei dieser Vorstellung vom Lernenden übergangen.
FM	Die Lernenden wissen nicht, dass die wahrgenommene Farbe eines Körpers mit der Reflexion und Absorption der farbigen Anteile des einfallenden Lichts zusammenhängt. Stattdessen haben sie die Vorstellung, dass bei der Beleuchtung mit farbigem Licht eine Farbmischung mit der Eigenfarbe des Körpers vorliegt.
HF	Die Schüler und Schülerinnen haben die Vorstellung, dass in einem komplett abgedunkelten Raum helle Farben erkennbar sind. Ihnen ist demnach nicht bewusst, dass ein in unser Auge fallendes Licht benötigt wird, um etwas sehen zu können.
EK	Die Lernenden sind der Ansicht, dass der Farbeindruck, den wir von einem Körper haben, eine Eigenschaft eben dieses darstellt.
BS	Die Schüler und Schülerinnen denken, dass der Farbeindruck eines mittels Sonnenlicht beleuchteten Körpers nur von der Beleuchtung durch die Sonne abhängig ist.
FU	Die Lernenden meinen, dass unsere Möglichkeit zur Unterscheidung von Farben den Grund für den von uns wahrgenommenen Farbeindruck eines Körpers darstellt.

Tabelle 9: Überblick der für die Auswertung notwendigen Schülervorstellungen

Auswertemethodik beim Prätest

Der Prätest besteht aus vier Aufgaben, die das fachliche Wissen der Schüler und Schülerinnen und demnach auch die bei ihnen möglicherweise vorhandenen Schülervorstellungen eruieren sollen. Die fünfte Aufgabe thematisiert die affektiven Aspekte der Lernenden wie Fach- und Sachinteresse, intrinsische und extrinsische Motivation und das Selbstkonzept. Außerdem werden die Schüler und Schülerinnen im Zuge dieser Aufgabe dazu aufgefordert, ihr Geschlecht und ihren aktuellen Notenstand in Physik anzugeben. Die graphische Auswertung aller Aufgaben mittels Diagrammen erfolgte unter Verwendung von Microsoft Excel.

Die erste Aufgabe des Prätests besteht aus zwei Teilen und beinhaltet bereits mögliche Antworten zur Vorstellung darüber, woraus weißes Licht besteht und was damit an einem Prisma passiert, die von den Lernenden lediglich angekreuzt werden müssen. Im Zuge der Auswertung wurde die Anzahl der jeweils angekreuzten Antwortmöglichkeiten dokumentiert und anschließend die Anzahl der resultierenden Antwortkombinationen beider Gruppen und innerhalb der Geschlechter miteinander verglichen.

Bei der zweiten Aufgabe werden einerseits die Schülervorstellungen zur Farbmischung und andererseits zu den Körperfarben eruiert. Da beide Teile unabhängig voneinander richtig beantwortet werden können, werden diese auch dementsprechend getrennt ausgewertet. Die von den Schülern und Schülerinnen falsch gelieferten Antworten werden den in Tabelle 5 beschriebenen Schülervorstellungen zugeordnet und wiederum hinsichtlich Gruppe und Geschlecht gegenübergestellt.

Bei Aufgabe 3 sollen die Schüler und Schülerinnen aus einer Liste an Antwortmöglichkeiten die für sie richtig erscheinende ankreuzen und anschließend ihre Auswahl mit eigenen Worten begründen. Im Zuge dieser Frage wird festgestellt, ob die Lernenden das Konzept des Sehens verstanden haben. Der erste Teil der Frage wird entweder als richtig oder falsch gewertet, während die darauffolgenden Begründungen den entsprechenden Schülervorstellungen zugewiesen werden. Die Auswertung erfolgt dann mittels Zählung und anschließender Gegenüberstellung der Antwortkombinationen.

Die vierte Aufgabe bestehend aus zwei Teilen zielt darauf ab, das Verständnis der Schüler und Schülerinnen zum Konzept der Körperfarben zu testen. Der erste Teil kann mittels Auswahl einer der vier Antwortmöglichkeiten bearbeitet werden und wird dementsprechend durch Zählung und im Weiteren einer Gegenüberstellung der ausgewählten Vorstellungen analysiert. Die Auswertung des zweiten Teils erfolgt analog zur Aufgabe 3. Es werden demnach die Antworten der Schüler und Schülerinnen als richtig oder falsch gewertet und zusammen mit den zu den Schülervorstellungen zugeordneten Erklärungen als Antwortkombinationen hinsichtlich Gruppe und Geschlecht gegenübergestellt.

Bei Aufgabe 5 geben die Lernenden mittels einer vierstufigen Skala Auskunft, wie sehr sie mit den einzelnen Aussagen übereinstimmen. Durch Berechnung der Mittelwerte der Aussagen bezüglich des Fach- und Sachinteresses, der intrinsischen und extrinsischen Motivation und des Selbstkonzeptes kann das Ausmaß der einzelnen affektiven Merkmale im Gruppen- und Geschlechtervergleich aufgezeigt werden.

Auswertemethodik beim Posttest

Der Posttest beinhaltet 5 Aufgaben, die das entsprechende Fachwissen der Schüler und Schülerinnen zum Thema „Licht und Farben“ eruieren sollen. Die sechste und letzte Aufgabe des Fragebogens beschäftigt sich mit dem Einfluss der beiden unterschiedlichen Versionen der Unterrichtssequenz. Abgesehen von der fünften Aufgabe beinhaltet der Posttest dieselben fachlichen Fragen wie der Prätest. Allerdings wurde bei manchen von ihnen ein offeneres Format gewählt.

Aufgabe 1 unterscheidet sich vom Prätest darin, dass im zweiten Teil der Frage keine Antwortmöglichkeiten mehr gegeben sind, und die Lernenden eigens formulierte Erklärungen liefern sollen. Diese werden bei der Analyse den in Tabelle 5 angeführten Schülervorstellungen zugeordnet, und zusammen mit dem ersten Teil der Aufgabe werden die resultierenden Antwortkombinationen im Gruppen- und Geschlechtervergleich gegenübergestellt.

Die Form der Aufgaben 2 und 3 gestaltet sich analog zu der im Prätest, und die Aufgaben werden dementsprechend auch auf die gleiche Art und Weise ausgewertet und analysiert.

In Aufgabe 4 liegt der Unterschied darin, dass der erste Teil der Frage eine offene Form hat. Die Schüler und Schülerinnen müssen also eigenständige Antworten formulieren, die anschließend mittels der zugrundeliegenden Fehlvorstellungen kategorisiert und gezählt werden. Die Auswertung des zweiten Teils erfolgt analog zum Prätest mittels Gegenüberstellung der vorkommenden Antwortkombinationen hinsichtlich der beiden Gruppen und der Geschlechter.

Bei Aufgabe 5 des Posttests wird nochmals das Konzept der Körperfarben thematisiert. Beim ersten Teil der Aufgabe erfolgt die Einteilung in Richtig oder Falsch, und die anschließenden Begründungen werden wiederum den möglichen Schülervorstellungen zugeordnet. Die daraus folgenden Antwortkombinationen werden hinsichtlich der Häufigkeit bei den unterschiedlichen Gruppen und Geschlechtern analysiert und graphisch gegenübergestellt.

Die letzte Aufgabe soll Aufschluss darüber geben, wie die Schüler und Schülerinnen die Unterrichtssequenz mit den Schülerexperimenten in den unterschiedlichen Unterrichtsphasen erlebt haben, und unterscheidet sich dementsprechend in beiden Gruppen. Den Lernenden steht dabei eine vierstufige Skala zur Verfügung, mit Hilfe derer sie ihrer Zustimmung zu den sechs verschiedenen Aussagen die Sequenz betreffend Ausdruck geben sollen. Die Auswertung dieser Aufgabe gestaltet sich analog zur Aufgabe 5 des Prätests, unter Berechnung der Mittelwerte in Bezug auf die beiden Gruppen und Geschlechter. Die Ergebnisse jeder einzelnen Aussage werden anschließend graphisch gegenübergestellt.

Auswertemethodik bei den Fragen zur Unterrichtssequenz

Der dritte und letzte Fragebogen besteht aus vier Fragen zur Unterrichtssequenz, die von den Schülern und Schülerinnen essayartig mittels kurzen Sätzen beantwortet werden sollen. Zur Analyse und Auswertung werden die Antworten jeder einzelnen Frage gesammelt und miteinander verglichen, wobei die dritte und vierte Frage bei den beiden Gruppen unterschiedlich sind. Den Antworten entsprechend werden die Aussagen und Begründungen der Schüler und Schülerinnen bei jeder einzelnen Frage kategorisiert und höchstens vier daraus entstehenden Überbegriffen zugeordnet. Anhand dieser erfolgt anschließend eine Zählung und Gegenüberstellung hinsichtlich der beiden Gruppen und Geschlechter.

5.2 Ergebnisse des Prätests

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der Auswertung der einzelnen Aufgaben des Prätests angeführt und mittels entsprechenden Diagrammen graphisch dargestellt. Eine genaue Beschreibung der jeweiligen Aufgaben findet sich im Kapitel 4.4.1.

Im Zuge der ersten Aufgabe wurden die Schüler und Schülerinnen gefragt, ob sie sich vorstellen können, dass weißes Licht farbige Anteile enthält, und in weiterer Folge sollen die Lernenden angeben, was ihrer Meinung nach mit weißem Licht passiert, wenn es auf ein Prisma einstrahlt. Diese Aufgabe wird als richtig gewertet, wenn die Lernenden beim ersten Teil zustimmen und anschließend die richtige Erklärung abgeben. Alle anderen Antwortkombinationen werden den entsprechenden Fehlvorstellungen zugeordnet.

Gruppe A betreffend haben 25% der Lernenden im ersten Teil ihre Zustimmung angegeben und die richtige Erklärung im zweiten Teil angekreuzt. 17% der Schüler und Schülerinnen hatten trotz Zustimmung eine falsche und 50% sogar keine Erklärung für den Vorgang an einem Prisma. 8% gaben im ersten Teil eine Ablehnung der Annahme an und dementsprechend auch keine Erklärung. Verglichen mit Gruppe B hatten hier 29% der Schüler und Schülerinnen die richtige Antwortkombination. 21% gaben aufgrund ihrer Fehlvorstellung eine falsche und 29% gar keine Erklärung an. 14% der Lernenden aus Gruppe B lehnten die Annahme des ersten Teils ab und gaben auch keine Erklärung dazu an.

Von den Mädchen der Gruppe A haben 29% die Aufgabe richtig gelöst, während 14% der Ansicht sind, dass Farben im Prisma entstehen und 57% keinerlei Erklärung dafür angaben. Im Gegensatz dazu haben bei Gruppe B nur 13% der Schülerinnen die richtige Antwort geliefert, 38% gaben an, dass die Farben im Prisma entstehen, 38% hatten keine Erklärung für die Farben und 13% gaben weder die Zustimmung noch eine Erklärung.

20% der Burschen aus Gruppe A kreuzten die richtige Antwort an, 20% entschieden sich für die Fehlvorstellung bezüglich der Entstehung von Farben im Prisma, 40% lieferten keine Erklärung und 20% verneinten die Annahme im ersten Teil und gaben keine Erklärung ab. Unter den Burschen der Gruppe B haben 50% die Aufgabe richtig gelöst, jeweils 17% vertreten die Vorstellung, dass das Licht vom Prisma gefärbt wird, konnten ihre Zustimmung nicht begründen oder haben weder die Vorstellung von im weißen Licht enthaltenen Farben noch eine Erklärung dafür.

Im Diagramm 1 ist die Gegenüberstellung der Antworten und Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen im Gruppenvergleich graphisch dargestellt.

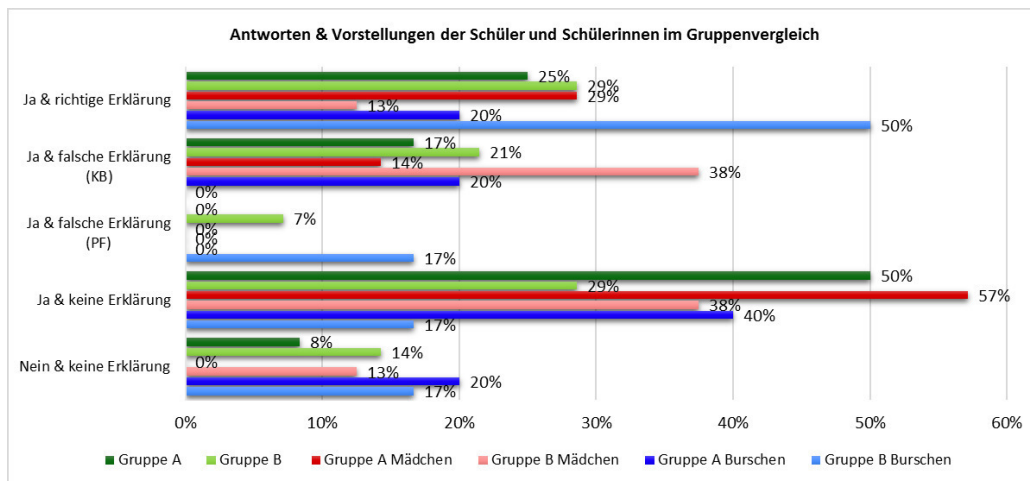


Diagramm 1: Antworten & Vorstellungen (Aufg. 1, Prätest)

Der erste Teil der zweiten Aufgabe thematisiert die additive Farbmischung, während im zweiten Teil das Konzept der Körperfarben behandelt wird. Aufgrund der unterschiedlichen Thematik der beiden Teile werden die Ergebnisse getrennt ausgewertet. Entspricht eine Antwort nicht der physikalisch richtigen Lösung, wird diese der entsprechenden Schülervorstellung zugeordnet und als falsch gewertet.

Bei der Aufgabe 2a haben 8% der Schüler und Schülerinnen der Gruppe A die richtige Antwort geliefert. 50% der Antworten konnten der Vorstellung, dass sich farbiges Licht nicht wiedervereint, zugeordnet werden, 17% gaben ein falsches Resultat der Farbmischung an und 25% lieferten keine Antwort. In Gruppe B dagegen konnte keiner die richtige Lösung bieten. 36% vertraten die Vorstellung, dass sich die farbigen Lichter nicht mischen würden, 50% gaben eine der additiven Farbmischung nicht entsprechenden Farbe an und 14% hatten keine Antwort parat.

Die Mädchen der Gruppe A hatten bei dieser Aufgabe mit 72% entweder eine falsche oder mit 29% gar keine Lösung. Bei den Mädchen der Gruppe B vertraten 88% eine Fehlvorstellung und 13% gaben keine Antwort.

Die Burschen der Gruppe A stellten mit 20% den gesamten Teil an Schüler und Schülerinnen, die eine richtige Antwort lieferten, dar. 60% sind nicht der Ansicht, dass sich farbigen Lichter wiedervereinen können, und 20% nannten keine Antwort. Die Burschen der Gruppe B gaben zu 84% eine die falsche Vorstellung verfolgende Antwort an und 17% entschieden sich, keine Antwort zu geben.

Die Verteilung der Antworten und Vorstellungen des ersten Teils der Aufgabe 2 im Gruppenvergleich und unter den Mädchen und Burschen ist im Diagramm 2 ersichtlich.

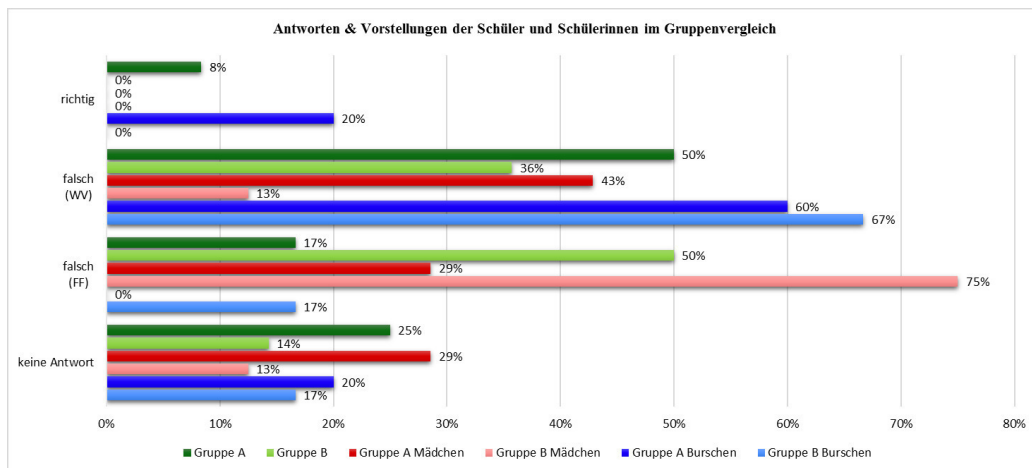


Diagramm 2: Antworten & Vorstellungen (Aufg. 2a, Prätest)

Beim zweiten Teil der Aufgabe konnten 8% der Gruppe A eine richtige Antwort liefern, 75% der Schüler und Schülerinnen gaben Antworten einer falschen Vorstellung entsprechend an, und 17% ließen die Antwort aus. Im Gegensatz dazu hat keiner der Lernenden aus Gruppe B die richtige Antwort angegeben. 86% der Antworten aus dieser Gruppe lagen einer falschen Vorstellung zugrunde und 14% gaben keine Lösung der Aufgabe an.

Die Mädchen der Gruppe A lieferten mit 14% die einzigen, richtigen Antworten aller Schüler und Schülerinnen. Allerdings hatten jeweils 29% entweder eine falsche Vorstellung davon, wovon der Farbeindruck eines Körpers abhängt, dass Reflexion und Absorption des einfallenden Lichts maßgeblich für den Farbeindruck ist, oder hatten keine Antwort parat. Den Antworten der Mädchen aus Gruppe B lagen zu 88% Fehlvorstellungen zugrunde, während 13% keine Antwort angaben.

Die Burschen der Gruppe A entschieden sich entweder zu 60% für eine Antwort, die auf fehlendes Verständnis hinsichtlich der Abhängigkeit eines Farbeindrucks zurückzuführen ist, oder zu 40% für eine Antwort basierend auf einer Schülervorstellung die Reflexion und Absorption betreffend. Die Burschen der Gruppe B gaben zu 83% eine falsche Antwort und zu 17% gar keine Antwort.

Die Verteilung der Antworten und Vorstellungen der Lernenden im Gruppenvergleich des zweiten Teils der zweiten Aufgabe ist im Diagramm 3 zu erkennen.

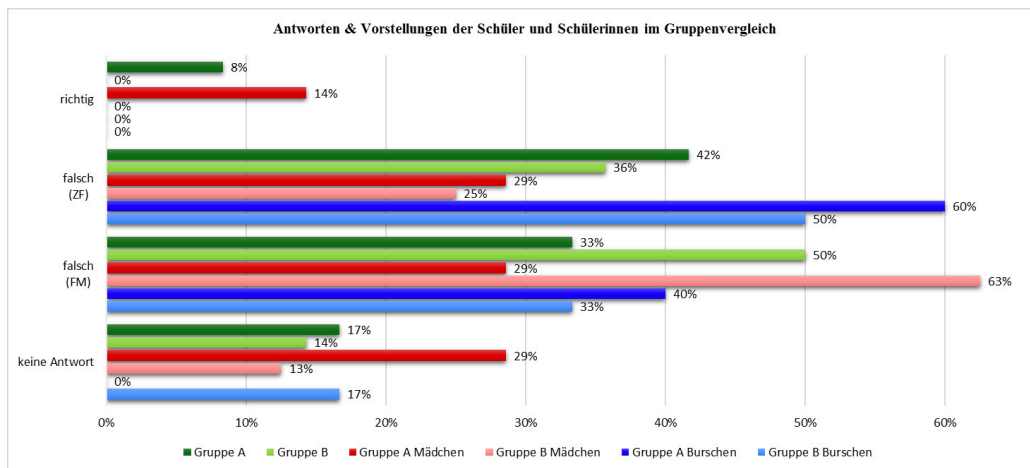


Diagramm 3: Antworten & Vorstellungen (Aufg. 2b, Prätest)

Mit Hilfe der Aufgabe 3 wird herausgefunden, ob die Lernenden verstanden haben, dass Licht auf unser Auge treffen muss, damit wir etwas sehen können bzw. wir den Farbeindruck eines Körpers bekommen können. Bei der Auswertung dieser Aufgabe wird unterschieden, ob die Schüler und Schülerinnen die Aufgabe komplett richtig gelöst haben, also die passende Antwort angekreuzt und die richtige Erklärung geschrieben haben oder, ob sie zwar die richtige Antwort ausgewählt, aber eine falsche bzw. keine Begründung geliefert haben. Die dritte Möglichkeit besteht darin, dass weder Antwort, noch Erklärung richtig bzw. vorhanden sind.

Bei Gruppe A haben 17% der Schüler und Schülerinnen die richtige Antwortkombination geliefert, 8% die passende Antwort angekreuzt, aber eine falsche oder gar keine Begründung gegeben und 75% eine völlig falsche Antwortkombination aufgewiesen. Bei Gruppe B konnte bei 36% die richtige Kombination verzeichnet werden, bei 7% lediglich eine falsche oder nicht vorhandene Erklärung und bei 50% lag eine falsche Kombination vor. Eine Schülerin dieser Gruppe hat sogar die falsche Antwort angekreuzt, anschließend aber eine fachlich richtige Begründung geliefert.

14% der Mädchen aus Gruppe A haben die Aufgabe entweder völlig richtig oder teilweise falsch und 71% komplett falsch gelöst. Bei den Mädchen der Gruppe B waren 38% richtige und 50% falsche Kombinationen vorhanden. Ein Mädchen aus Gruppe B hatte sogar die Antwort falsch, allerdings eine richtige Erklärung.

Die Burschen der Gruppe A hatten entweder zu 20% eine richtige Kombination oder zu 80% eine falsche. Bei den Burschen der Gruppe B lagen 33% komplett richtig, 17% nur teilweise und 50% völlig falsch.

Die Antworten der Schüler und Schülerinnen im Gruppenvergleich bei Aufgabe 3 sind im Diagramm 4 ersichtlich.

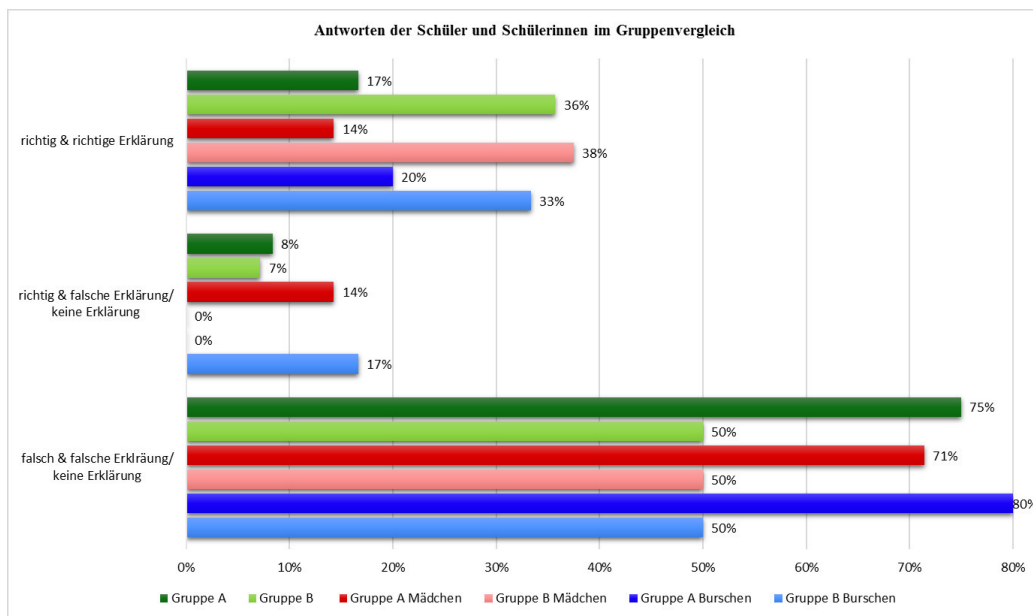


Diagramm 4: Antworten (Aufg. 3, Prätest)

14% der Mädchen aus Gruppe A gaben neben einer richtigen Antwort keine Erklärung ab. 43% vertraten bei einer falschen Antwortkombination die Fehlvorstellung, dass helle Farben auch in absolut dunklen Räumen noch zu sehen sind und jeweils 14% gaben diverse falsche Erklärungen ab oder lagen falsch und lieferten auch keine Begründung. Bei den Mädchen aus Gruppe B vertraten jeweils 13% die Vorstellung helle Farben wären sichtbar bzw. hatten andere Erklärungen parat. 25% allerdings konnten weder eine richtige Antwort noch eine Erklärung liefern.

Die Burschen der Gruppe A, die eine falsche Antwort ankreuzten, gaben alle eine Begründung basierend auf die Fehlvorstellung heller Farben ab und machten dabei 80% aus. Bei den Burschen aus Gruppe B lag entweder zu 17% eine richtige Antwort ohne Erklärung oder zu 33% eine falsche Antwort mit der Schülervorstellung bezüglich der hellen Farben vor. Zu den diversen falschen Erklärungen zählen beispielsweise die Annahme, dass manche Farben mit der Zeit durch die Gewöhnung der Augen an die Dunkelheit sichtbar werden, schwarze Gegenstände sichtbar sind, weil sie etwas, von den Lernenden nicht weiter Definiertes, blockieren oder absorbieren oder, dass allgemein dunkle Farben erkennbar sind, da sie laut Schüler und Schülerinnen mehr herausstechen als andere.

Das Diagramm 5 zeigt die Verteilung der Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen bei Aufgabe 3.

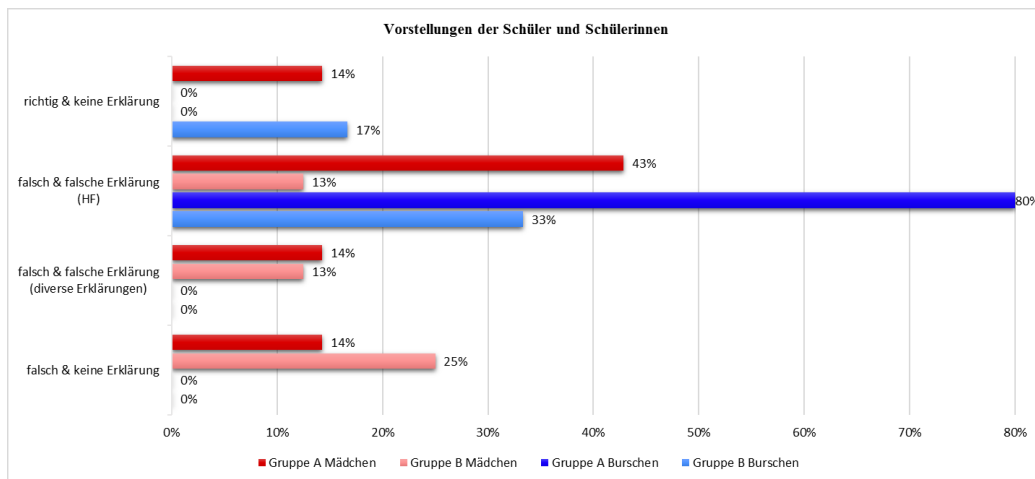


Diagramm 5: Vorstellungen (Aufg. 3, Prätest)

Die Aufgabe 4 dient dazu, das Verständnis zum Konzept der Körperfarben zu eruieren. Hierbei werden der erste und zweite Teil der Aufgabe getrennt ausgewertet. Beim ersten Teil sollen die Schüler und Schülerinnen die physikalisch richtige Erklärung ankreuzen. Die übrigen Antworten werden den entsprechenden Schülervorstellungen zugeordnet. Beim zweiten Teil wird zwischen mehreren Antwortkombinationen unterschieden. Dieser Teil der Aufgabe gilt als richtig gelöst, wenn Antwort und Erklärung als richtig ausgewertet werden. Die anderen Kombinationen wären, wenn die Antwort richtig, aber eine falsche oder gar keine Erklärung vorhanden sind, eine falsche Antwort mit einer falschen oder nicht vorhandenen Erklärung kombiniert ist oder der ganze Teil der Aufgabe nicht bearbeitet wurde.

Beim ersten Teil der Aufgabe haben 42% der Gruppe A die richtige, 33% eine falsche und 25% gar keine Antwort angekreuzt. Bei Gruppe B haben 36% der Schüler und Schülerinnen eine richtige, 56% eine falsche und 7% gar keine Antwort angegeben.

Bei den Mädchen der Gruppe A lagen 14% mit ihrer Antwort richtig, 29% haben die Antwort angekreuzt, die angibt, dass der Farbeindruck die Eigenschaft eines Körpers anzeigt, 14% machten die Beleuchtung der Sonne als Grund aus und 43% gaben keine Antwort. Im Vergleich dazu lagen 38% der Mädchen der Gruppe B richtig und 63% basierend auf eine Fehlvorstellung falsch.

Die Burschen von Gruppe A haben zu 80% die richtige Antwort ausgewählt und lediglich 20% gaben die Möglichkeit des Menschen, Farben unterscheiden zu können, als Grund für den Farbeindruck an. Die Burschen von Gruppe B lagen mit 33% richtig, und der Rest verteilte sich mit je 17% auf die drei angegebenen Schülervorstellungen bzw. lieferte keine Antwort.

Die genaue Verteilung der Antworten und Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen im Gruppenvergleich im Zuge des ersten Teils der vierten Aufgabe zeigt sich im Diagramm 6.

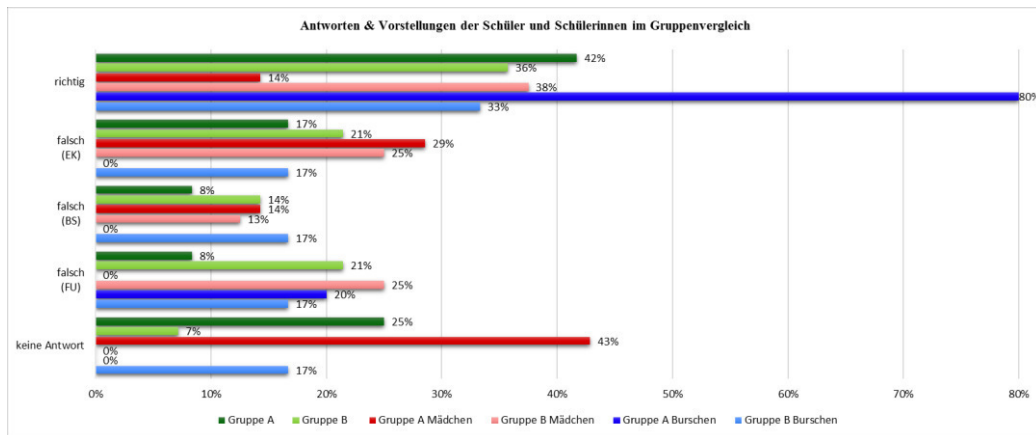


Diagramm 6: Antworten & Vorstellungen (Aufg. 4a, Prätest)

Beim zweiten Teil der vierten Aufgabe gab es keinen unter den Schüler und Schülerinnen mit einer völlig richtigen oder teilweise richtigen Antwortkombination.

Die Schüler und Schülerinnen der Gruppe A verteilten sich mit 58% auf eine Kombination mit einer falschen Antwort und falschen oder nicht vorhandenen Erklärung und 42% machten keinerlei Angabe. Die Verteilung bei Gruppe B unterscheidet sich im Bereich von 1%. Denn hier haben 57% eine falsche Kombination und 43% gar keine Antwort geliefert.

Die Mädchen der Gruppe A gaben zu 43% eine falsche und zu 57% keine Antwort, während die Schülerinnen der Gruppe B mit 75% eine falsche und mit 25% keine Lösung parat hatten. 80% der Burschen aus Gruppe A lieferten eine falsche und 20% keine Antwort, während 33% der Schüler aus Gruppe B falsch lagen und 67% keine Angaben machten.

Die Antwortkombinationen der Schüler und Schülerinnen im Gruppenvergleich sind im Diagramm 7 abgebildet.

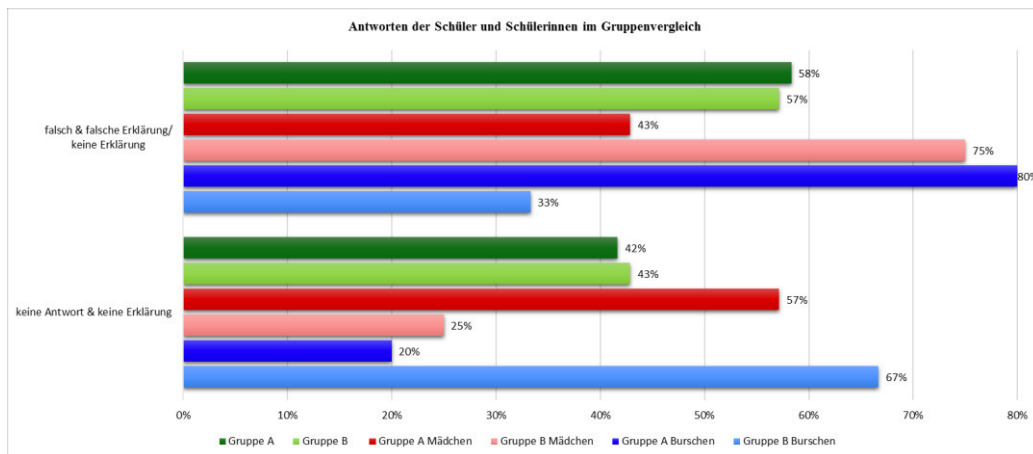


Diagramm 7: Antworten (Aufg. 4b, Prätest)

Die Burschen der Gruppe A waren die einzigen Lernenden, die mit einem Prozentsatz von 60 die Vorstellung vertraten, dass der Farbeindruck eines Körpers nicht vom beleuchteten Licht abhängt. Daneben verdeutlichten die Antworten von 50% der Mädchen der Gruppe B und von 33% der Burschen der Gruppe B die Fehlvorstellung, dass sich die Farbe des beleuchteten Lichts mit der Eigenfarbe des Körpers mischt.

43% der Mädchen aus Gruppe A, 25% der Mädchen aus Gruppe B und 20% der Burschen aus Gruppe A hatten keine Erklärung für ihre falsche Annahme.

Die Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen zu diesem Teil der Aufgabe sind dem Diagramm 8 zu entnehmen.

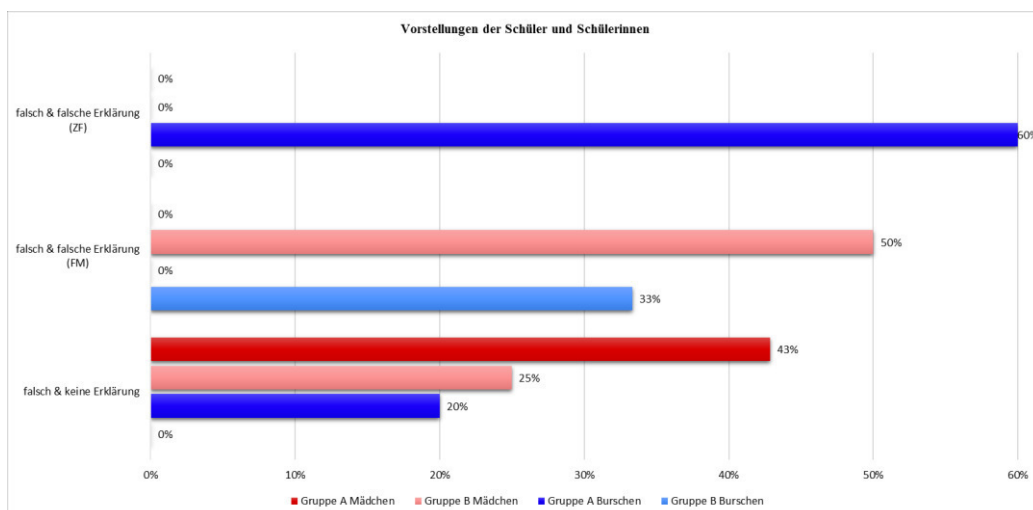


Diagramm 8: Vorstellungen (Aufg. 4b, Prätest)

Mittels der Aufgabe 5 wird neben der Eruiierung des Geschlechts und des aktuellen Notenstandes im Fach Physik vor allem das Ausmaß der affektiven Aspekte wie intrinsischer

und extrinsischer Motivation, Fach- und Sachinteresse und nicht zuletzt das Selbstkonzept thematisiert.

Hinsichtlich der Motivation lässt sich bei den Schülern und Schülerinnen beider Gruppen ein deutlicher Unterschied erkennen. Während die extrinsische Motivation, in diesem Fall verdeutlicht durch die Erreichung einer besseren Note, bei den Mädchen beider Gruppen sehr hoch ausgeprägt ist, fällt die intrinsische merklich geringer aus, vor allem bei den Schülerinnen der Gruppe A. Bei den Burschen beider Gruppen ist die extrinsische Motivation zwar ein bisschen geringer als im Vergleich zu den Mädchen, allerdings liegt diese auch in etwa gleichauf mit der intrinsischen. Lediglich bei den Burschen der Gruppe B ist sie etwas geringer.

Was das Fach- und Sachinteresse angeht liegen die Burschen aus Gruppe B im Gegensatz zu allen anderen deutlich vorne, wobei das Interesse am Fach Physik selbst am stärksten ausgeprägt ist. Die Werte aller anderen Lernenden liegen im mittleren Bereich. Dabei ist ein ganz kleiner Vorsprung des Sachinteresses zu erkennen.

Auch das Selbstkonzept ist bei den Burschen der Gruppe B am höchsten. Auffallend ist, dass Selbstvertrauen in das eigene Tun bei den Schülerinnen sichtlich geringer ist als bei den Schülern beider Gruppen.

Mit Hilfe des Diagramms 9 lassen sich Motivation, Interesse und Selbstkonzept der Schüler und Schülerinnen im Gruppenvergleich erkennen.

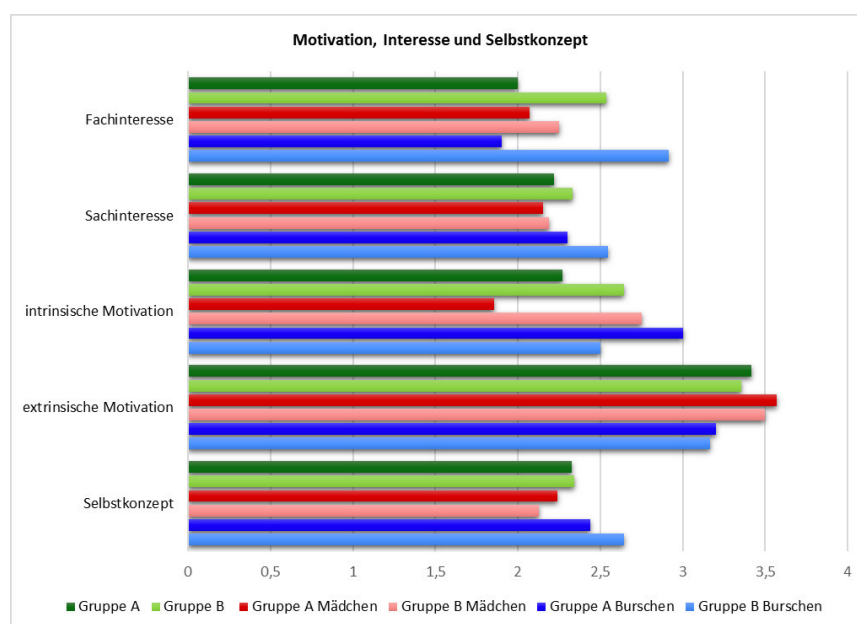


Diagramm 9: Motivation, Interesse und Selbstkonzept (Aufg. 5, Prätest)

5.3 Ergebnisse des Posttests

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Auswertung der jeweiligen Aufgaben des Posttests näher beschrieben und mit Hilfe von Diagrammen graphisch verdeutlicht. Die genaue Beschreibung der einzelnen Aufgaben befindet sich im Kapitel 4.4.2.

Im Zuge der ersten Aufgabe wird eruiert, ob die Schüler und Schülerinnen die Vorstellung vertreten, dass weißes Licht aus Farben besteht und, ob sie auch erklären können, was passiert, wenn eben dieses auf ein Prisma trifft. Im Vergleich zum Prätest sollen die Lernenden ihre Erklärung diesmal selbst formulieren. Zur Auswertung werden demnach Antwortkombinationen herangezogen, die entweder eine richtige, teilweise richtige oder falsche Lösung der Aufgabe darstellen. Die falschen Erklärungen werden anschließend den entsprechenden Schülervorstellungen zugeordnet.

Bei Gruppe A konnten 8% die Aufgabe komplett richtig lösen und 92% nur teilweise. Bei Gruppe B schafften 36% die richtige Lösung, 57% hatten eine falsche oder gar keine Erklärung und 7% sind nicht davon überzeugt, dass weißes Licht aus mehreren Farben besteht.

Bei den Mädchen der Gruppe A haben 14% eine völlig richtige und 86% eine nur teilweise richtige Antwort geben können. Die Mädchen der Gruppe B haben zu 25% die richtige und zu 75% eine Teillösung liefern können.

Bei den Burschen der Gruppe A waren 100% davon überzeugt, dass weißes Licht Farben beinhaltet, jedoch konnte keiner eine korrekte Erklärung bezüglich der Vorgänge in einem Prisma liefern. 50% der Burschen aus Gruppe B hatten die richtige Antwortkombination, 33% hatten eine falsche oder keine Erklärung und 17% sind nicht damit einverstanden, dass weißes Licht aus Farben besteht.

Im Diagramm 10 sind die Antworten der Schüler und Schülerinnen von Aufgabe 1 im Gruppenvergleich ersichtlich.

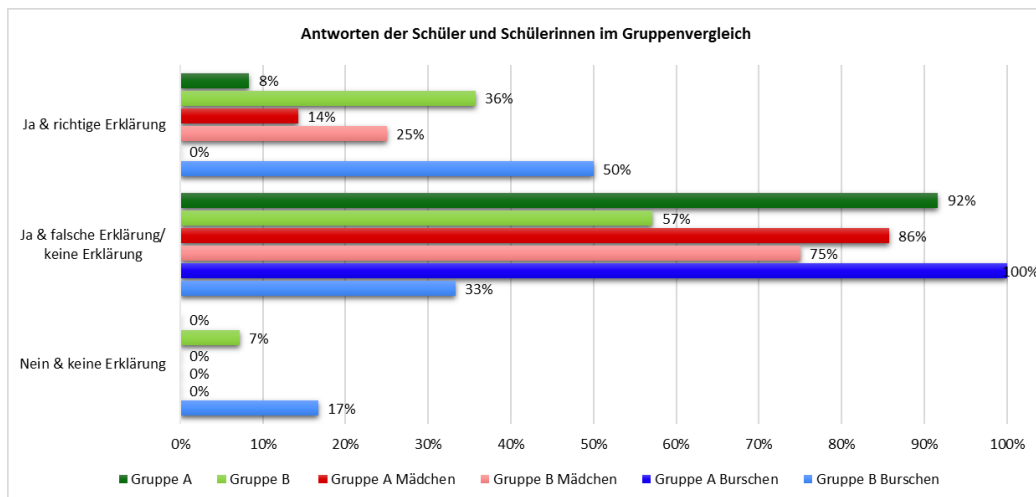


Diagramm 10: Antworten (Aufg. 1, Posttest)

29% der Mädchen aus Gruppe A gaben im Zuge ihrer Erklärung an, dass die farbigen Anteile weißen Lichtes mit Hilfe eines Prismas sichtbar werden, allerdings geschieht dies ihrer Meinung nach durch Reflexion. 43% führten keinen genauen Grund für das Sichtbarwerden der farbigen Anteile an und 14% sind der Ansicht, dass die Farben nicht im weißen Licht enthalten sind. Bei den Mädchen aus Gruppe B sind 38% der Meinung, dass die Farben bereits vorhanden sind und 25%, dass diese erst im Prisma entstehen. 13% gaben diverse andere Erklärungen an.

Bei den Burschen der Gruppe A gaben 20% an, dass Farben sichtbar werden, führten aber nicht genauer an, warum und 80% lieferten andere den Schülervorstellungen nicht zuordenbare Erklärungen an. Unter den Burschen der Gruppe B gaben jeweils 17% die schiere Sichtbarwerdung von Farben an bzw. haben die Fehlvorstellung, dass weißes Licht keine Farben beinhaltet.

Zu den erwähnten diversen Erklärungen zählen die Beschreibung, dass Farben mit Hilfe eines Prismas sichtbar werden, weil sich diese im Prisma spiegeln, die Annahme, dass der weiße Lichtstrahl das Prisma unverändert durchquert oder die Angabe, dass der Lichtstrahl lediglich im Prisma weitergeleitet wird, wobei keine Rede von der Sichtbarwerdung irgendwelcher Farben ist.

Die Aufteilung der Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen ist im Diagramm 11 dargestellt.

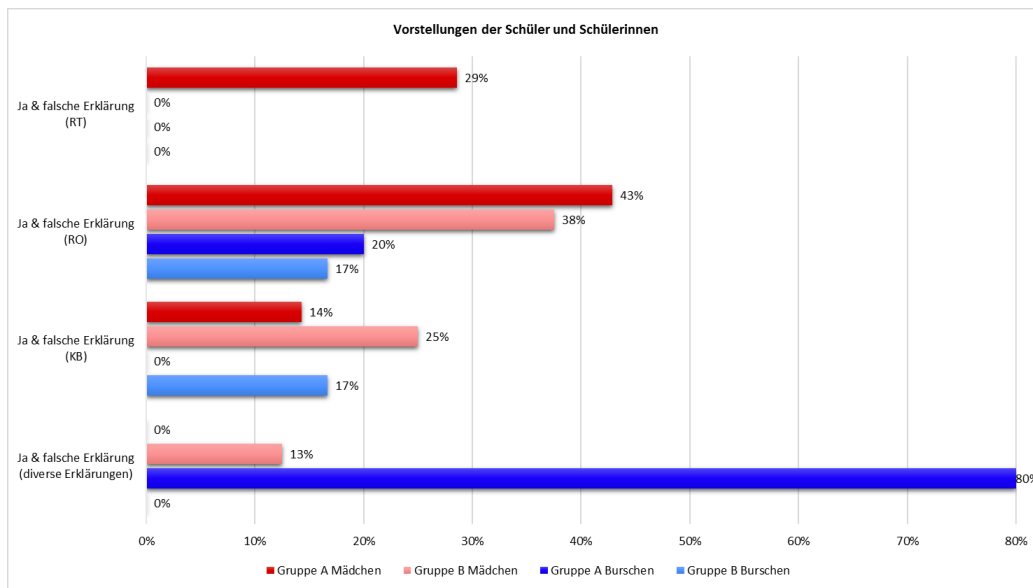


Diagramm 11: Vorstellungen (Aufg. 1, Posttest)

Aufgabe 2 des Posttests ist analog zu der im Prätest und zielt demnach auf das Verständnis der additiven Farbmischung und des Konzepts der Körperfarben ab. Die beiden Teile der Aufgabe werden gesondert ausgewertet, wobei die falschen Antworten den entsprechenden Schülervorstellungen zugeordnet werden.

Beim ersten Teil der Aufgabe lieferten die Schüler und Schülerinnen der Gruppe A zu 8% eine richtige, 83% eine falsche und zu 8% keine Antwort. Bei Gruppe B jedoch konnten 36% der Lernenden die richtige, 57% eine falsche und 7% keinerlei Antwort angeben.

Der Großteil der Mädchen aus Gruppe A gab mit 71% eine falsche Antwort, die auf eine falsche Vorstellung bezüglich der Resultate einer additiven Farbmischung zurückzuführen ist. Lediglich 14% hatten die richtige Lösung parat, und ebenso viele können sich nicht vorstellen, dass sich farbige Lichter zu einer neuen Farbe mischen. Bei den Mädchen der Gruppe B hatte ebenfalls der Großteil von 75% eine falsche Farbmischung angegeben, während nur 25% die richtige Antwort liefern konnten.

Die Antworten der Burschen der Gruppe A lagen jeweils zu 40% einer der falschen Vorstellungen zugrunde, während bei 20% keinerlei Antwort verzeichnet werden konnte. Allerdings konnten 50% der Burschen aus Gruppe B die richtige Lösung geben, und lediglich 33% waren von einer falschen Farbmischung überzeugt. 17% hatten bei der Bearbeitung der Aufgabe keine Idee, was stimmen könnte.

Die Antworten und entsprechenden Vorstellungen der Lernenden bei dieser Aufgabe kann dem Diagramm 12 entnommen werden.

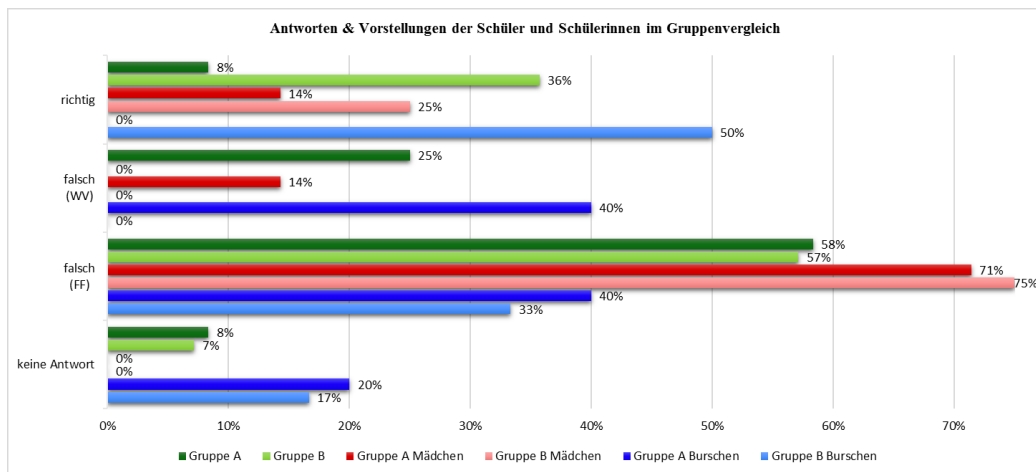


Diagramm 12: Antworten & Vorstellungen (Aufg. 2a, Posttest)

Den zweiten Teil der Aufgabe konnten 25% der Schüler und Schülerinnen aus Gruppe A richtig beantworten, und 75% lagen mit ihrer Antwort falsch. Bei Gruppe B gaben 29% die richtige und 65% eine falsche Antwort. 7% dieser Gruppe ließen die Aufgabe unbearbeitet.

Die Antworten der Mädchen aus Gruppe A waren zu 29% richtig. 57% lieferten eine Antwort, die auf eine Fehlvorstellung hinsichtlich des Zusammenhangs der Eigenfarbe des Körpers und der Farbe des beleuchtenden Lichts zurückzuführen ist, und 14% gaben eine Antwort, die dem Ergebnis einer Mischung der Farben entsprechen würde.

Unter den Schülerinnen der Gruppe B lagen jeweils 38% mit ihrer Antwort richtig bzw. gaben eine Mischung der Farben an und lagen somit falsch. 25% haben eine falsche Vorstellung bezüglich der Entstehung des Farbeindrucks.

Die Burschen der Gruppe A entschieden sich mit 60% für eine Antwort, basierend auf einer falschen Annahme bezüglich des Zustandekommens eines Farbeindrucks, während jeweils 20% die Aufgabe entweder richtig beantworteten oder eine der zweiten Fehlvorstellung zuzuordnenden Antwort angaben. Bei den Burschen aus Gruppe B verteilten sich jeweils 33% auf die beiden Schülervorstellungen, und jeweils 17% beantworteten die Frage richtig oder gar nicht.

Die Antworten und Vorstellungen der Lernenden beider Gruppen sind dem Diagramm 13 zu entnehmen.

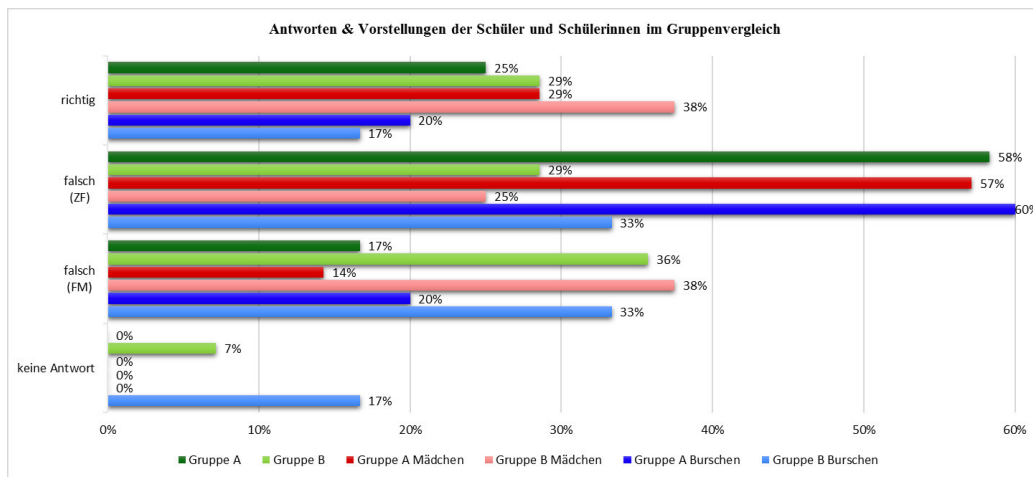


Diagramm 13: Antworten & Vorstellungen (Aufg. 2b, Posttest)

Aufgabe 3 des Posttests gestaltet sich analog zur identisch nummerierten Aufgabe des Prätests. Hierbei werden die Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen zum Vorgang des Sehens erforscht. Dazu werden zuerst die möglichen Antwortkombinationen gezählt und anschließend die falschen Lösungen den entsprechenden Schülervorstellungen zugeordnet.

67% der Lernenden aus Gruppe A konnten sowohl die richtige Antwort ankreuzen als auch die passende Erklärung liefern. 8% lagen zwar mit ihrer Vermutung richtig, dass in einem vollkommen dunklen Raum keine Gegenstände gesehen werden können, allerdings konnten sie dies anschließend nicht richtig begründen. Der Rest der Schüler und Schülerinnen von 25% lagen falsch und hatten entweder eine falsche oder keine Erklärung parat. Die Lernenden aus Gruppe B hatten entweder zu 64% eine völlig richtige oder zu 29% eine komplett falsche Antwortkombination. Ein Mädchen aus Gruppe B wies bei dieser Aufgabe sogar die Kombination aus einer falsch angekreuzten Antwort und einer fachlich korrekten Erklärung auf.

Sage und schreibe 86% der Schülerinnen aus Gruppe A konnten die Aufgabe vollständig lösen, und nur 14% lagen mit ihrer Ausarbeitung völlig daneben. Bei Gruppe B lieferten 63% der Mädchen eine richtige und 25% eine falsche Kombination der Antworten.

Die Burschen aus Gruppe A lagen mit 40% entweder richtig oder falsch. Wobei 20% beim ersten Teil die korrekte Antwort auswählten, diese jedoch falsch begründeten. Bei den Burschen aus Gruppe B wiesen 67% die richtige und 33% eine falsche Antwortkombination auf.

Die Verteilung der Antwortkombinationen der Schüler und Schülerinnen beider Gruppen ist im Diagramm 14 abgebildet.

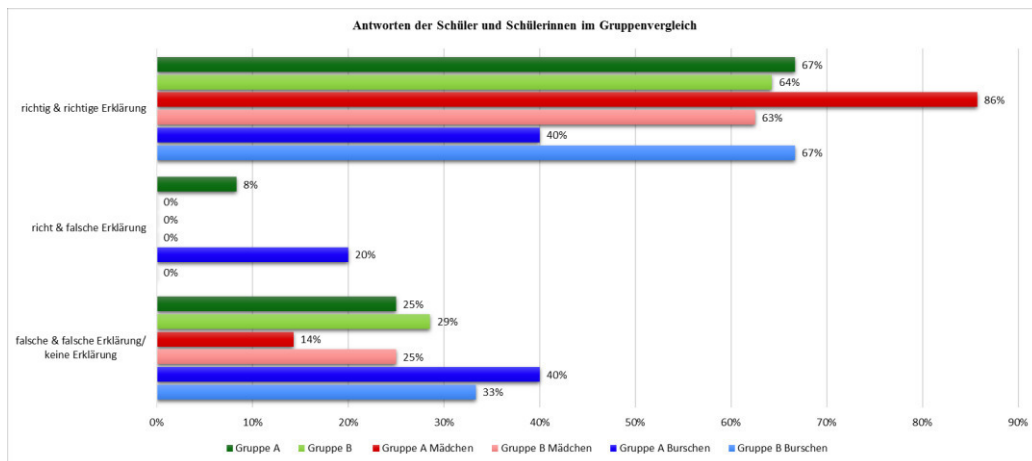


Diagramm 14: Antworten (Aufg. 3, Posttest)

14% der Schülerinnen aus Gruppe A kreuzten die falsche Antwort an und gaben Erklärungen an, die keiner bestimmten Schülervorstellung zuordenbar sind. Jeweils 13% der Mädchen aus Gruppe B kombinierten eine falsche Lösung mit einer Begründung basierend auf der Vorstellung, dass helle Farben im Dunkeln noch sichtbar sind, oder mit diversen anderen falschen Erklärungen.

Jeweils 20% der Burschen aus Gruppe A verteilten sich auf Kombinationen mit einer richtigen Antwort, aber einer falschen nicht weiter kategorisierbaren Erklärung, oder mit einer falschen Antwort und einer der Schülervorstellung entsprechenden Begründung bzw. keiner Erklärung. Nach einer falsch angekreuzten Antwort gaben bei den Burschen der Gruppe B jeweils 17% eine den Fehlvorstellungen nicht zuordenbare oder überhaupt keine Erklärung ab.

Unter den diversen Erklärungen der Lernenden lassen sich analog zum Prätest Vorstellungen bezüglich der Sichtbarkeit schwarzer Gegenstände finden, die etwas nach den Schülern und Schülerinnen nicht weiter Definiertes blockieren oder absorbieren.

Im Diagramm 15 ist die Verteilung der einzelnen Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen sichtbar.

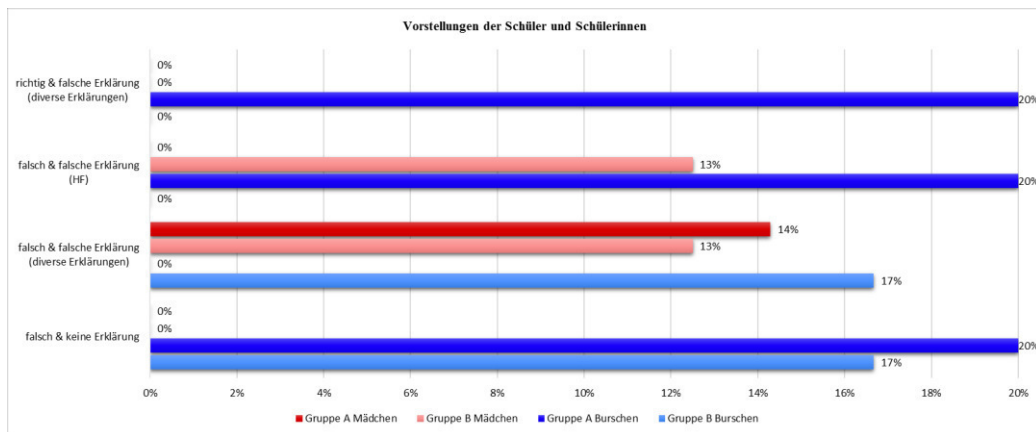


Diagramm 15: Vorstellungen (Aufg. 3, Posttest)

Aufgabe 4 des Posttests unterscheidet sich von der im Prätest verwendeten Aufgabe nur minimal. Der Unterschied liegt darin, dass den Schülern und Schülerinnen beim ersten Teil der Aufgabe keine vorgefertigten Antworten zur Verfügung gestellt wurden, sondern eigene Erklärungen verlangt wurden. Diese werden dementsprechend als richtig oder einer Fehlvorstellung zugrundeliegend als falsch gewertet. Die Auswertung des zweiten Teils erfolgt wiederum anhand einer Zählung der Antwortkombinationen und einer anschließenden Kategorisierung hinsichtlich der vorkommenden Schülervorstellungen.

Den ersten Teil der Aufgabe betreffend konnten jeweils 25% der Lernenden aus Gruppe A eine physikalisch richtige oder gar keine Erklärung angeben. 51% dieser Gruppe verteilten sich auf unterschiedliche Schülervorstellungen. Gruppe B lieferte zu jeweils 21% richtige bzw. keine Erklärungen, und 57% der Schüler und Schülerinnen lagen mit ihrer Begründung falsch.

43% der Mädchen aus Gruppe A gaben die richtige Erklärung ab, und 29% ließen die Aufgabe unbearbeitet. 14% waren der Ansicht, dass der Farbeindruck eines Gegenstandes aufgrund der Beleuchtung durch die Sonne zustande kommt, und weitere 14% hatten anderweitige Erklärungen parat. Bei den Mädchen der Gruppe B verfolgten 38% die Vorstellung, dass die für uns erkennbare Farbe eines Gegenstandes eine fixe Eigenschaft dessen ausmacht, jeweils 25% wählten eine Erklärung anhand der Beleuchtung durch die Sonne bzw. gaben keine Begründung an und lediglich 13% der Schülerinnen lieferten die richtige Antwort.

Keiner der Schüler aus Gruppe A konnte die richtige Lösung dieser Aufgabe erbringen. Mit 40% lag der Großteil mit der Annahme, dass die Farbe eine fixe Eigenschaft ist, falsch. Die restlichen Burschen lagen mit jeweils 20% entweder falsch, basierend auf der Fehlvorstellung bezüglich des Einflusses des Sonnenlichtes, gaben diverse andere nicht zuordenbare

Erklärungen ab, oder die Antwort blieb ganz aus. Bei Gruppe B gaben die Schüler zu jeweils 33% entweder eine richtige oder eine diverse falsche Antwort, und mit jeweils 17% vertraten sie die Fehlvorstellung bezüglich der Farbeigenschaft eines Körpers bzw. ließen die Aufgabe gänzlich unbearbeitet.

Unter den diversen anderen den Schülervorstellungen nicht explizit zuordenbaren Erklärungen reihen sich Angaben ein wie, dass das „Herausstechen“ einer Farbe, das Vorhandensein einer Farbmischung oder eine vom Schüler nicht näher ausgeführte Schattierung der Grund für den Farbeindruck eines Gegenstandes darstellen.

Die Antworten und Vorstellungen der Lernenden im Gruppenvergleich bezüglich des ersten Teils der Aufgabe zeigt das Diagramm 16.

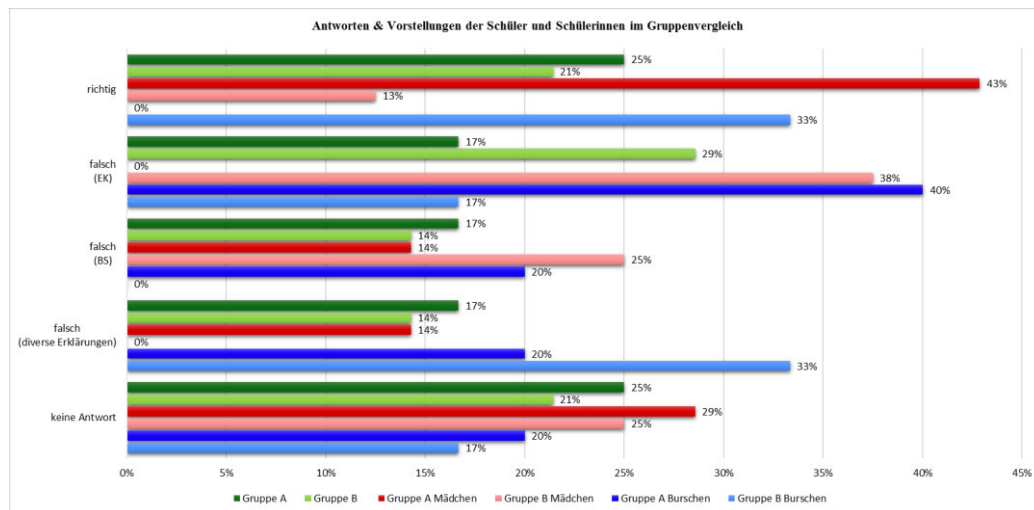


Diagramm 16: Antworten & Vorstellungen (Aufg. 4a, Posttest)

Den zweiten Teil der Aufgabe konnten 8% der Lernenden aus Gruppe A komplett lösen. Jeweils 8% konnten ihre richtige Antwort nicht korrekt begründen bzw. ließen die Bearbeitung der Aufgabe aus, und 67% wiesen eine völlig falsche Antwortkombination auf. Eine Schülerin dieser Gruppe gab zwar eine falsche Antwort, ihre Erklärung war aber fachlich korrekt. Dagegen konnten 36% der Schüler und Schülerinnen aus Gruppe B eine richtige Antwortkombination liefern. 50% lagen mit ihrer Antwort komplett falsch und jeweils 7% hatten entweder immerhin eine richtige Antwort, jedoch ohne passende Erklärung, oder gaben keinerlei Lösung an.

Die Mädchen aus Gruppe A lagen mit ihrer Antwortkombination entweder mit 14% richtig, mit 57% falsch oder machten mit 14% keine Angabe zu dieser Aufgabe. Bei Gruppe B lieferten 38% der Schülerinnen korrekte Kombinationen, 13% konnten keine passende Erklärung abgeben und 50% hatten eine falsche Antwortkombination.

Die Burschen der Gruppe A lagen mit 20% ihrer Antworten nur teilweise richtig, und die restlichen 80% konnten die Aufgabe in keinsten Weise lösen. Die Schüler der Gruppe B wiesen mit 33% völlig richtige Kombinationen auf. 50% der Burschen aus dieser Gruppe lagen mit ihren Vermutungen allerdings komplett falsch oder ließen mit 17% die Bearbeitung aus.

Die Antworten der Schüler und Schülerinnen im Gruppenvergleich hinsichtlich des zweiten Teils der vierten Aufgabe lassen sich dem Diagramm 17 entnehmen.

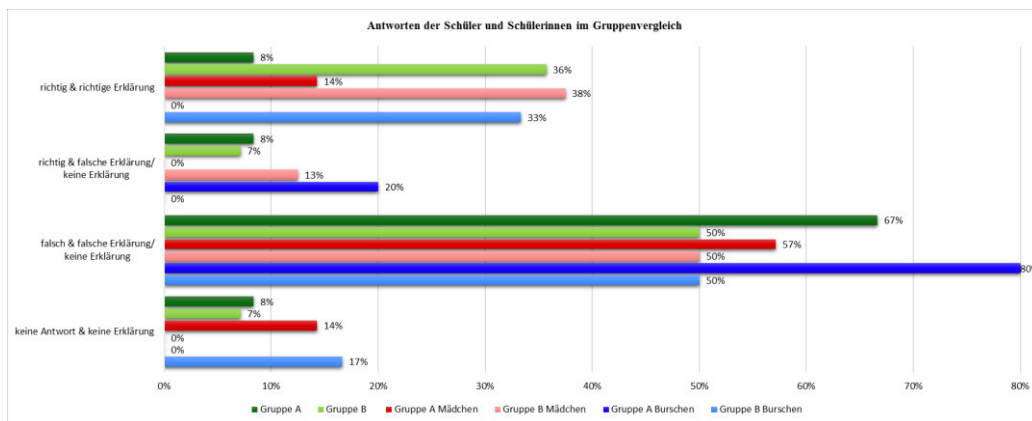


Diagramm 17: Antworten (Aufg. 4b, Posttest)

Bei den Mädchen der Gruppe A hatten 25% eine falsche Antwortkombination basierend auf der Vorstellung, dass der Farbeindruck eines Gegenstandes nicht von der Eigenfarbe des Körpers und der Farbe des beleuchteten Lichts abhängt, und 8% lagen aufgrund der Schülervorstellung, dass es sich in diesem Fall um die Mischung von Farben handelt, völlig falsch. Die Mädchen der Gruppe B konnten in 20% der Fälle keine Erklärung abgeben, unabhängig davon, ob sie eine richtige Antwort hatten oder nicht. 7% von ihnen konnten sich nicht vorstellen, dass der Farbeindruck von zwei Komponenten abhängt, und 14% hatten aufgrund einer Farbmischvorstellung eine falsche Antwortkombination.

28% der Burschen aus Gruppe A gaben keine Erklärung an, 17% wussten nicht, wovon das Zustandekommen eines Farbeindrucks abhängt, und 8% hatten anstatt des Konzepts der Körperfarben die Mischung von Farben im Kopf, wodurch eine komplett falsche Antwortkombination entstand. Die Burschen der Gruppe B teilten sich zu je 7% auf die beiden angegebenen Schülervorstellungen auf.

Im Diagramm 18 sind die Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen des zweiten Teils von Aufgabe 4 ersichtlich.

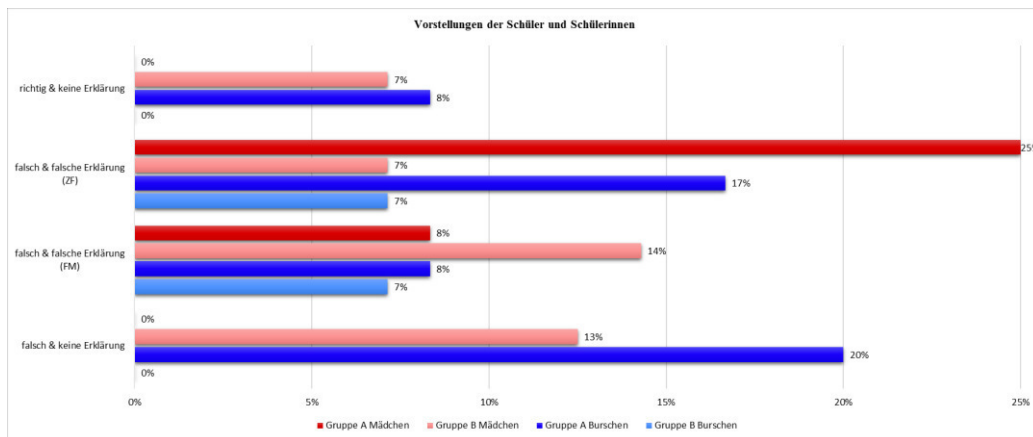


Diagramm 18: Vorstellungen (Aufg. 4b, Posttest)

Aufgabe 5 kommt nur beim Posttest vor und thematisiert wie Aufgabe 4 das Konzept der Körperfarben. Die Auswertung gestaltet sich hierbei analog zum zweiten Teil der vierten Aufgabe. Anfangs werden die aus den Antworten der Schüler und Schülerinnen resultierenden Antwortkombinationen hinsichtlich Gruppe und Geschlecht gegenübergestellt, und im Weiteren erfolgt eine genaue Analyse und Einordnung der den Antworten und Erklärungen zugrundeliegenden Schülervorstellungen.

Bei den Lernenden der Gruppe A konnte zu 17% eine richtige und jeweils zu 42% eine teilweise richtige bzw. falsche Antwortkombination ausgewertet werden. Die Schüler und Schülerinnen der Gruppe B lagen entweder mit 43% völlig richtig oder mit 57% nur teilweise richtig.

Die Mädchen aus Gruppe A lagen mit je 29% richtig oder falsch und hatten mit 43% eine richtige Antwort ohne passende Erklärung. Bei den Mädchen der Gruppe B lagen 38% mit ihren Angaben richtig, und 63% fehlte die richtige Erklärung.

Die Burschen der Gruppe A hatten mit 40% eine teilweise richtige Antwortkombination und mit 60% eine völlig falsche. Die Hälfte der Burschen aus Gruppe B lag mit ihren Antworten goldrichtig, während die andere Hälfte ihre passende Antwort fachlich nicht ausreichend begründen konnten.

Das Diagramm 19 stellt die Antworten der Lernenden bei Aufgabe 5 im Gruppenvergleich graphisch dar.

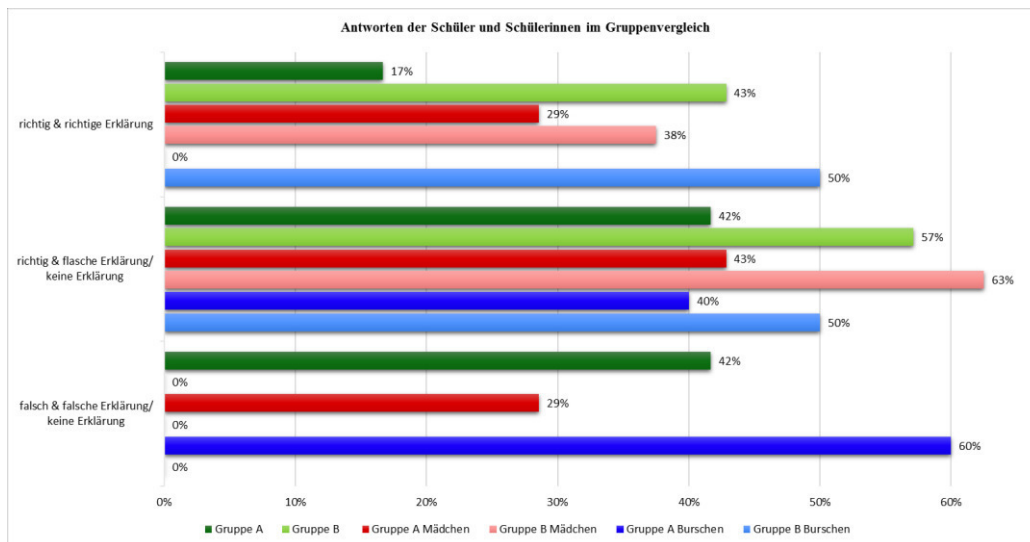


Diagramm 19: Antworten (Aufg. 5, Posttest)

29% der Schülerinnen aus Gruppe A lieferten eine falsche Erklärung, die auf der Fehlvorstellung basiert, dass kein Zusammenhang zwischen Eigenfarbe eines Körpers und der Farbe des beleuchtenden Lichts besteht. Jeweils 14% hatten entweder die richtige Antwort ohne Erklärung, eine falsche Antwort ohne Erklärung oder eine falsche Antwort und eine nicht kategorisierbare Begründung. Bei den Schülerinnen der Gruppe B vertraten 38% die Vorstellung eines fehlenden Zusammenhangs zwischen Eigenfarbe und Farbe des Lichts. Zu je 13% hatten die Schülerinnen eine Lösung basierend auf die Mischung von Farben im Sinn oder gaben diverse andere Erklärungen an.

Die Burschen der Gruppe A lieferten zu je 40% eine Kombination aus einer richtigen Antwort und einer das Zustandekommen des Farbeindrucks betreffenden Fehlvorstellung oder eine falsche Antwort, begründet durch das Auftreten einer Farbmischung. 20% hingegen konnten ihre inkorrekte Antwort nicht erklären. Die andere Hälfte der Burschen aus Gruppe B, die keine richtige Antwortkombination lieferten, gaben neben einer richtigen Antwort eine den Zusammenhang von Eigenfarbe und Farbe des beleuchtenden Lichts betreffende fachlich falsche Erklärung.

Die Vorstellungen der Schüler und Schülerinnen bei Aufgabe 5 sind mit Hilfe des Diagramms 20 abgebildet.

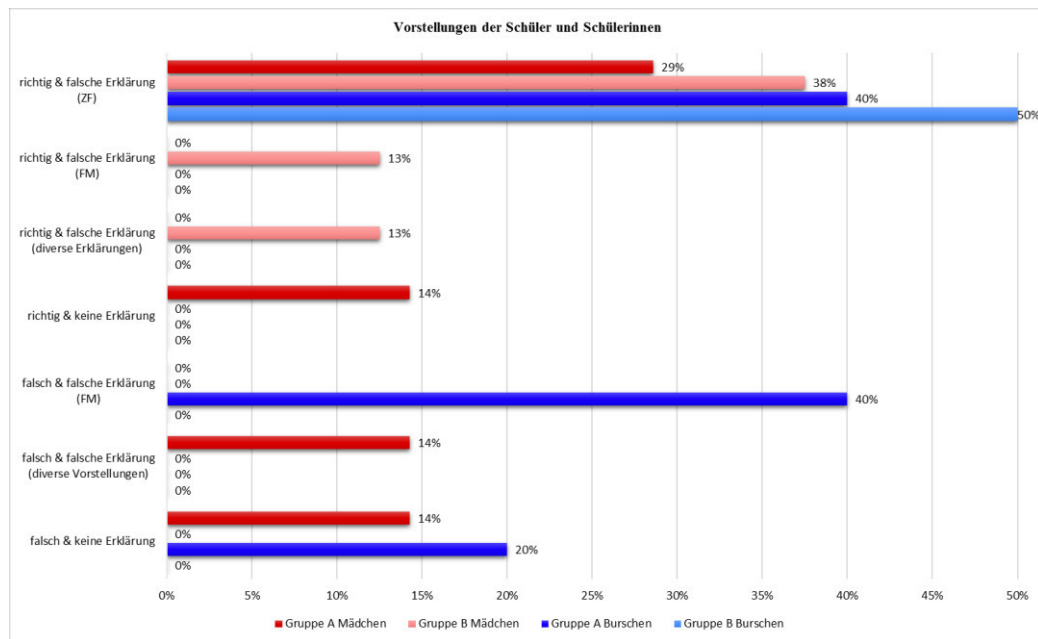


Diagramm 20: Vorstellungen (Aufg. 5, Posttest)

Aufgabe 6 ist der letzte Bestandteil des Posttests und thematisiert die Auswirkungen der in den unterschiedlichen Unterrichtsphasen eingesetzten Schülerexperimente. Analog zur Aufgabe 5 des Prätests, bei der das Ausmaß der affektiven Merkmale bestimmt wurde, erfolgt auch in diesem Fall die Auswertung und Analyse mit Hilfe der Mittelwerte, basierend auf den von den Schülern und Schülerinnen angegebenen Stufen der vierteiligen Skala.

Betrachtet man die Einschätzung der Lernenden darüber, ob sie im Laufe des durchgeführten Unterrichts den physikalischen Inhalt besser und auf längere Sicht anhaltend verstanden haben, weisen die Antworten der Schülerinnen beider Gruppen einen herausragend höheren Wert auf als die der Burschen. Dabei sind die Mädchen, die die Schülerexperimente in der Einstiegsphase erlebten, sichtlich mehr von einem prinzipiell besseren Verständnis und die Mädchen, die die Schülerexperimente in der Erarbeitungsphase erfahren haben, von der Langzeitwirkung der eingesetzten Experimente überzeugt. Auffallend ist weiters, dass sowohl die Schülerinnen als auch die Schüler der Gruppe B angaben, eine nennenswerte Steigerung ihrer Motivation, den Fachinhalt verstehen zu wollen, verspüren. Im Gegensatz dazu weisen die Lernenden aus Gruppe A im Gruppenvergleich einen größeren Zuwachs des Fachinteresses auf, wenn auch der gesamte Wert lediglich im mittleren Bereich liegt. Was den Zusammenhang der Motivation mit der Wahl der Unterrichtsphase, in der die Experimente durchgeführt wurden, betrifft, liefern die Angaben der Mädchen aus Gruppe A einen hervorstechend hohen Wert. Sie sind also im Vergleich zu den anderen Schülern und Schülerinnen davon überzeugt, dass ihre Motivation durch den Einsatz der Experimente in der

Einstiegsphase für sie merklich stieg, wobei der Wert der Burschen aus der Vergleichsgruppe an zweiter Stelle steht. Weiters ist deutlich zu erkennen, dass der Unterricht für die Schüler der Gruppe B durch die Möglichkeit des selbständigen Experimentierens eine im Vergleich zu den Burschen der anderen Gruppe besonders höhere Attraktivität aufwies. Auch die Mädchen beider Gruppen gaben an, dass sich der Unterricht für sie dadurch viel interessanter gestaltete. Die genaue Auswertung der von den Schülern und Schülerinnen in Aufgabe 6 bearbeiteten Aussagen zur Einschätzung der positiven Wirkung der Experimente anhand ihres spezifischen Einsatzes in der jeweiligen Unterrichtsphase ist dem Diagramm 21 zu entnehmen.

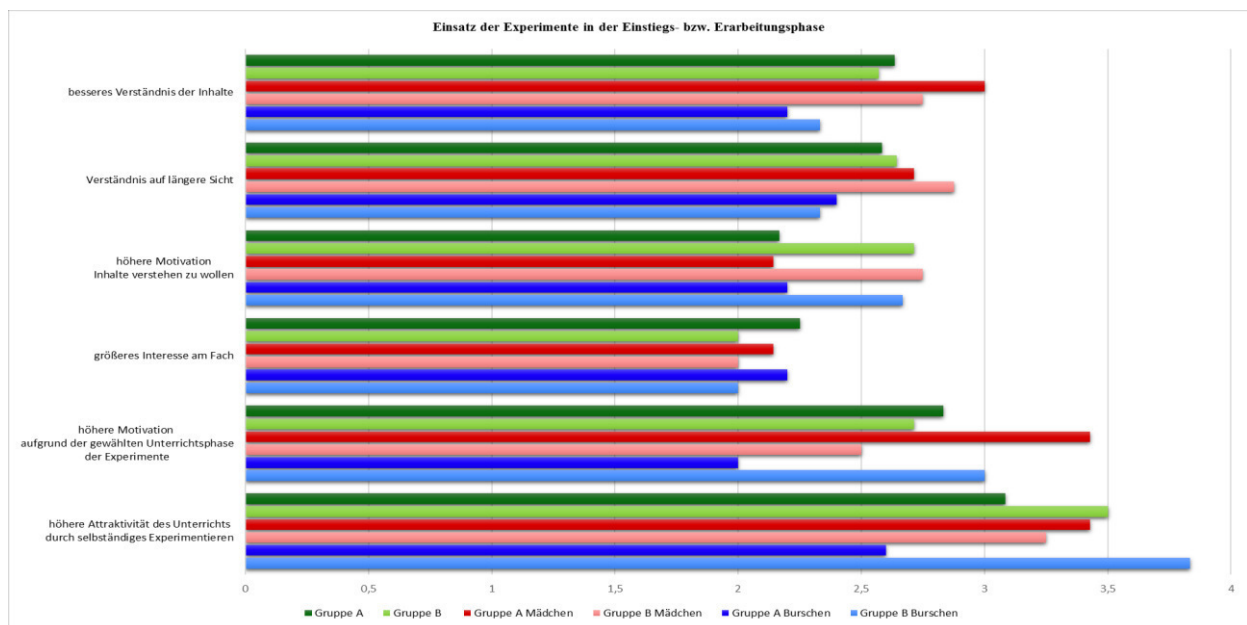


Diagramm 21: Fragen zum Einsatz der Experimente (Aufg. 6, Posttest)

5.4 Ergebnisse der Fragen zur Unterrichtssequenz

In den nachstehenden Abschnitten werden die Ergebnisse der Auswertung der vier Fragen zur Unterrichtssequenz angeführt und mittels entsprechender Diagramme verdeutlicht. Die detaillierte Beschreibung der jeweiligen Fragen findet sich im Kapitel 4.4.3.

Für die Auswertung dieses Fragebogens werden die Antworten jeder Frage gesammelt, analysiert und je nach Diversität der Angaben zu höchstens vier dem Sinn gleichenden Bereichen zusammengefasst. Anschließend erfolgt eine Zählung der zu jedem Bereich zugeteilten Antworten und eine Gegenüberstellung anhand der Gruppen und Geschlechter.

Im Zuge der ersten Frage gaben alle Schüler und Schülerinnen der Gruppe B an, dass ihnen die Experimente und allem voran das selbständige Experimentieren am meisten gefallen hat. Lediglich bei den Mädchen der Gruppe A haben sich nur 86% für diesen Aspekt entschieden.

Der Unterricht im Allgemeinen gefiel 8% der Lernenden aus Gruppe A und 14% der Schüler und Schülerinnen aus Gruppe B besonders gut.

Demnach gaben 14% der Mädchen aus Gruppe A, 13% der Mädchen aus Gruppe B und 17% der Burschen aus Gruppe B unter anderem diese Antwort an. In diesen Bereich zählen auch Aussagen der Lernenden darüber, dass ihnen das Thema gut gefiel, dass die Erklärungen geeignet waren, dass zu ihrer Freude das Stellen von Fragen erlaubt war, und dass sie die Stunden als abwechslungsreich erlebt haben.

Die Antwortverteilung der Lernenden bei Frage 1 im Gruppenvergleich lässt sich im Diagramm 22 erkennen.

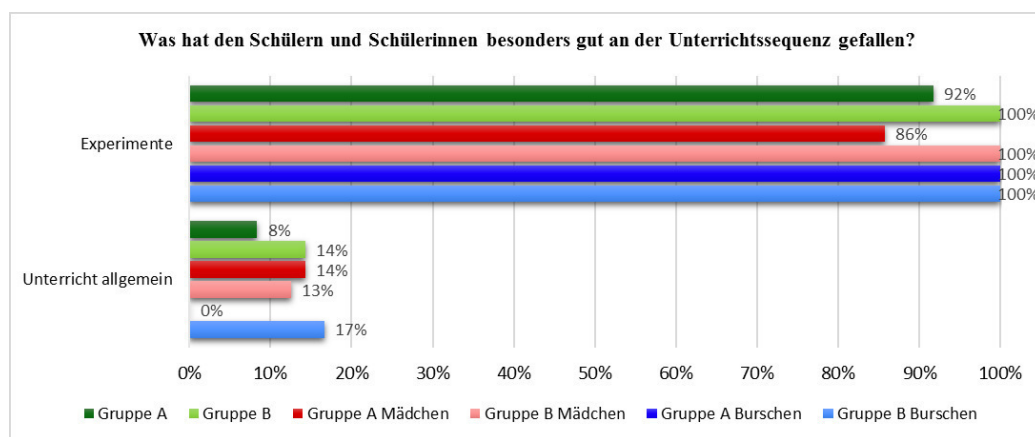


Diagramm 22: Frage 1 zur Unterrichtssequenz

Bei Frage 2 gaben 50% der Schüler und Schülerinnen von Gruppe A ein für sich übermäßig erlebtes Schreiben als negativen Aspekt der Unterrichtseinheiten an. 17% gefielen diverses Verhalten der Lehrperson nicht und 50% gaben keinen oder andere Gründe für das Missfallen der Einheiten an. Bei Gruppe B äußerten sich 43% negativ über das Schreiben, 29% hatten etwas Negatives am Verhalten der Lehrkraft auszusetzen und 32% der Antworten haben keine oder andere negative Aspekte an.

Die Mädchen der Gruppe A gaben zu 57% an, dass ihnen das Schreiben nicht gefiel. 14% der Aussagen hatten mit der Lehrperson zutun, 14% hatten nichts an den Stunden auszusetzen und 29% lieferten diverse andere Antworten. Die Mädchen aus Gruppe B gaben jeweils zu 38% das Schreiben, das Auftreten der Lehrperson und andere Aspekte als ihnen missfallend an.

Die Antworten der Burschen von Gruppe A bezogen sich zu je 40% auf das Schreiben oder nichts und zu je 20% auf die Lehrperson oder andere Dinge. Die Hälfte der Burschen aus

Gruppe B schloss sich dem Argument über ein zu häufiges Schreiben an. Der Rest verteilte sich mit je 17% auf die drei übrigen Bereiche.

Das Verhalten der Lehrperson betreffend gaben die Schüler und Schülerinnen an, dass sie zu schnell und zu viel geredet, zu groß geschrieben und während des Schreibens erklärt hatte. Im Bereich „Anderes“ lassen sich Angaben dazu finden, dass für die Lernenden zu wenig Zusammenhang zwischen Theorie und Praxis bestand, die Fragen am Arbeitsblatt teilweise unklar formuliert waren, die Lichtquellen, die bei den Experimenten Einsatz fanden, geblendet hatten oder der Unterricht in der letzten Stunde anstrengend war.

Im Diagramm 23 ist die Verteilung der Antworten der Schüler und Schülerinnen zu Frage 2 im Gruppenvergleich gegeben.

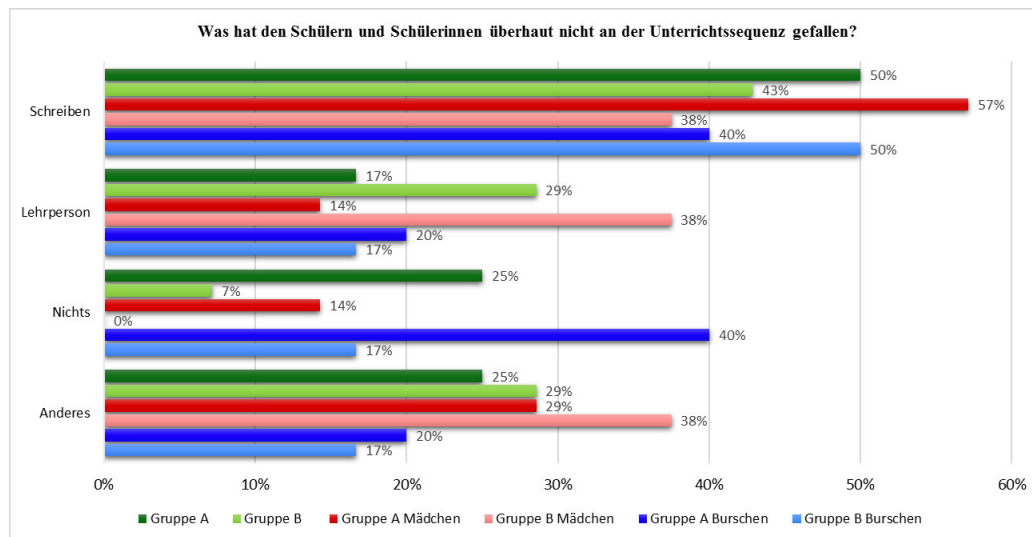


Diagramm 23: Frage 2 zur Unterrichtssequenz

17% der Schüler und Schülerinnen aus Gruppe A fanden es gut, dass sie den Ausgang der Einstiegsexperimente nicht kannten, da dies mehr Spannung und Spaß für sie bedeutete. 50% dieser Gruppe gefiel der Rätselcharakter, den die Experimente nach sich zogen und freuten sich, überrascht zu werden. 33% gaben an, dass sie auf diese Weise den Inhalt nachhaltiger verstehen werden und 8% der Lernenden war es egal.

Die Mädchen aus dieser Gruppe waren zu 14% aufgrund der Spannung und des Spaßes, zu 57% wegen des Überraschungsmoments und 29% aus Gründen der Nachhaltigkeit des Lernens von dieser Vorgehensweise überzeugt. 14% gaben an, dass es ihnen egal wäre, den Ausgang der Experimente zu kennen oder eben nicht.

Die Burschen der Gruppe, in der die Einstiegsexperimente durchgeführt wurden, führten zu je 40% den Rätselcharakter und die Nachhaltigkeit als ausschlaggebendes Argument, den

Ausgang der Experimente nicht kennen zu wollen, an. 20% der Antworten der Schüler fielen in die Kategorie „Spannung und Spaß“.

Mit Hilfe des Diagramms 24 sind die Antworten der Lernenden aus Gruppe A zu Frage 3 graphisch dargestellt.

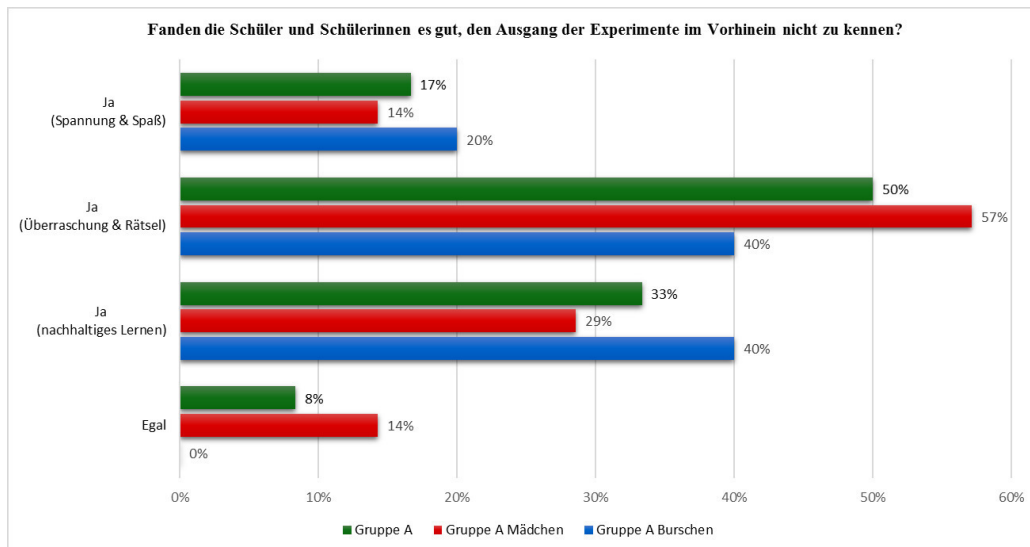


Diagramm 24: Frage 3 zur Unterrichtssequenz – Einstiegsexperimente

33% der Gruppe A hätten gerne mehr über den theoretischen Hintergrund der Experimente erfahren, um besser informiert zu sein. 50% gaben verneinend an, dass in solch einem Fall weder Spannung noch Spaß mehr vorhanden wäre, kein Interesse besteht, bzw. bekamen sie ihrer Ansicht nach ausreichend Informationen geliefert. 17% der Lernenden standen der Frage neutral gegenüber und antworteten, dass es ihnen egal wäre.

Die Mädchen gaben zu je 29% an, dass sie gerne mehr Informationen gehabt hätten, die Information ausreichend war oder es ihnen egal wäre. 14% der Mädchen reichte die Theorie aus, da sich dies ihrer Meinung nach sonst negativ auf die Spannung und den Spaßfaktor ausgewirkt hätte.

Die Antworten der Burschen zogen nach sich, dass je 40% mehr Informationen gehabt hätten bzw. der Spaß durch die Angabe weiterer Informationen verloren gegangen wäre, während 20% der Schüler aus Gruppe A angaben, dass sie schlichtweg kein Interesse an ausführlicherer Information hatten.

Dem Diagramm 25 können die Antworten der Lernenden aus Gruppe A zu Frage 4 entnommen werden.

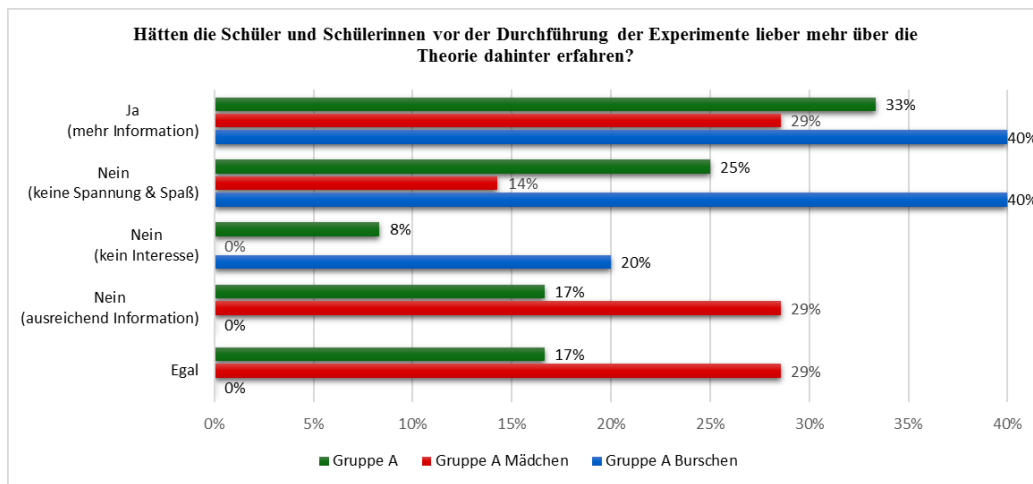


Diagramm 25: Frage 4 zur Unterrichtssequenz – Einstiegsexperimente

Bei Gruppe B, die anhand der Erarbeitungsexperimente unterrichtet wurde, gaben 14% der Lernenden an, dass sie sich lieber selbst Gedanken über den physikalischen Hintergrund gemacht hätten, da sie die Inhalte dadurch besser verstanden hätten. 7% entschieden sich aus reinem Interesse dafür, während 43% die Frage verneinten und als Grund fehlendes Interesse angaben. 36% der Lernenden befürchteten, dass sie durch die Selbstauseinandersetzung mit den physikalischen Inhalten zu fachlich falschen Schlussfolgerungen gekommen wären und lehnten diese Möglichkeit daher ab.

Bei den Mädchen dieser Gruppe gaben jeweils 13 % an, dass sie entweder aus reinem Interesse oder aufgrund eines besseren Verständnisses die fachlichen Hintergründe gerne selbst erforscht hätten. Währenddessen verneinten jeweils 38% die Frage entweder aufgrund möglicher falscher Schlussfolgerungen oder wegen fehlenden Interesses.

Die Hälfte der Burschen hatte kein Interesse daran, sich selbst Gedanken über das Thema zu machen und 33% schreckten wegen eventuell falscher Schlussfolgerungen zurück. Allerdings gaben 17% an, dass sie besser lernen würden, wenn sie sich selbst Gedanken machen könnten. Die Antworten der Lernenden aus Gruppe B zu Frage 3 sind im Diagramm 26 abgebildet.

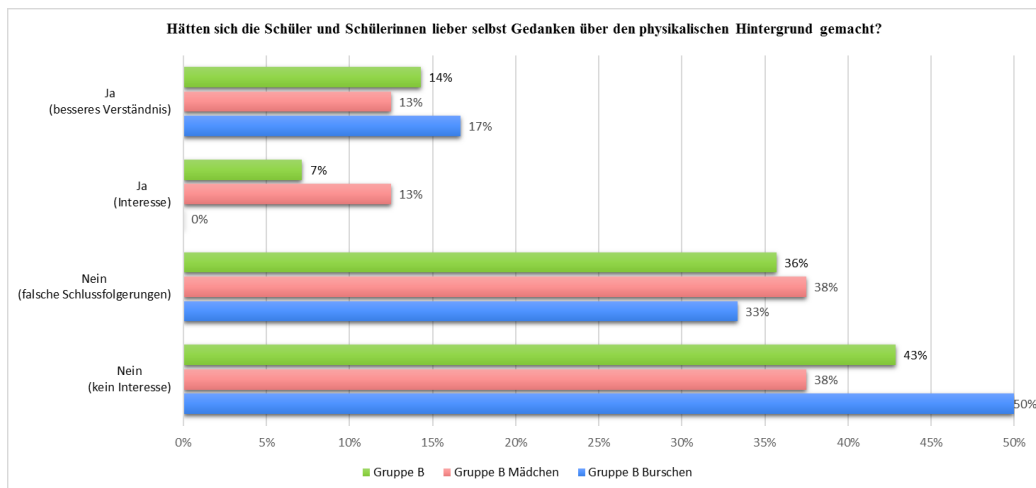


Diagramm 26: Frage 3 zur Unterrichtssequenz – Erarbeitungsexperimente

Auf die Frage, ob die Experimente dazu beigetragen haben, den davor gelernten Stoff besser zu verstehen, bejahten dies 57% der Schüler und Schülerinnen der Gruppe B mit der Begründung, dass sie dadurch eine Bestätigung erlangten. Weitere 21% gaben gesteigerte Motivation und Spaß als positiven Aspekt dieser Vorgehensweise an. Während jeweils 14% keinen Nutzen in den Experimenten sahen, da diese entweder zu kompliziert oder nicht funktionsfähig waren bzw. gelang es den Schülern und Schülerinnen nicht, die genannten physikalischen Inhalte zu erkennen.

Die Hälfte der Mädchen aus Gruppe B gaben an, dass die Experimente durch Bestätigung der vorher dargebrachten Inhalte den Lernerfolg unterstützten. 38% führten eine höhere Motivation und Spaß als Folge der Erarbeitungsexperimente an, und jeweils 13% waren entweder anhand der Experimente selbst oder aufgrund des physikalischen Inhaltes nicht von der Annahme, dass die Experimente den Lernprozess positiv beeinflussen, überzeugt.

Die Burschen lieferten zu 67% eine Antwort, anhand der den Experimenten eine positiv wirkende Bestätigung zugewiesen werden kann. Zu je 17% verteilten sich die restlichen Antworten der Burschen auf die beiden Bereiche der verneinenden Antworten.

Im Diagramm 27 sind die Antworten der Lernenden aus Gruppe B zu Frage 4 zu sehen.

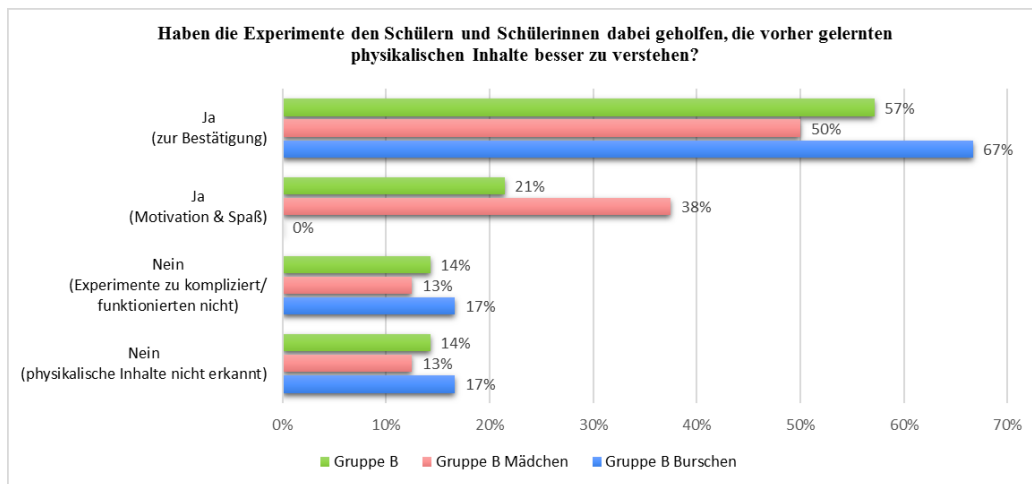


Diagramm 27: Frage 4 zur Unterrichtssequenz – Erarbeitungsexperimente

6 Interpretation der Ergebnisse

Dieses Kapitel umfasst die Auseinandersetzung und Interpretation der in Kapitel 5 angeführten Ergebnisse der empirischen Untersuchung. Angefangen mit der Bearbeitung der Frage danach, inwieweit sich bei den Schülern und Schülerinnen ein Fachwissenszuwachs abhängig davon, ob die Schülerexperimente in der Einstiegs- oder Erarbeitungsphase durchgeführt wurden, abzeichnet, wird auch auf den Zusammenhang zwischen den affektiven Aspekten und dem Lernerfolg eingegangen. Abschließend wird die Entwicklung der affektiven Aspekte anhand des Einsatzes der Schülerexperimente in den unterschiedlichen Unterrichtsphasen genauer betrachtet.

6.1 Fachwissenszuwachs durch Schülerexperimente in der Einstiegs- bzw. Erarbeitungsphase

Grundlage für die Analyse eines möglichen Fachwissenszuwachses der Schüler und Schülerinnen abhängig davon, in welcher Unterrichtsphase sie die Schülerexperimente erleben durften, bietet die in Kapitel 5.2 und 5.3 beschriebene Auswertung der das physikalische Wissen betreffenden Aufgaben des Prä- und Posttests. Für eine geeignete Interpretation werden die Ergebnisse beider Fragebögen miteinander verglichen, wobei die Aufgaben zu den entsprechenden, fachlichen Inhalten zusammengefasst werden. Es wird demnach der Verlauf der von den Lernenden richtig abgegebenen Antworten bezüglich der Zerlegung weißen Lichts, der Farbmischung, des Sehvorgangs und des Konzepts der Körperfarben betrachtet.

Vor der Analyse der einzelnen Themenbereiche erfolgt eine Darstellung des Verlaufs aller richtigen Antworten der Schüler und Schülerinnen vom Prä- zum Posttest. Beim Prätest konnten bei beiden untersuchten Gruppen nur 17% der Aufgaben richtig gelöst werden. Die Ausgangssituation beider Gruppen war demnach dieselbe. Die Betrachtung der Ergebnisse des Posttests ergibt, dass sich bei beiden Gruppen ein Fachwissenszuwachs ergeben hat, wobei Gruppe A zu 15% weniger die richtigen Antworten abgegeben hat und somit den Schülern und Schülerinnen, die in der Erarbeitungsphase Schülerexperimente durchführten, unterlegen war. Grund hierfür ist, dass sich die Burschen aus Gruppe A als einzige nicht verbessern konnten, sondern sogar schlechtere Ergebnisse lieferten als beim Prätest. Während das Ausmaß ihrer richtigen Antworten von 10% auf 4% hinunter sank, konnten sich die restlichen Schüler und Schülerinnen von 8-10% auf 18-19% steigern. Dieses Ergebnis kann mit dem Ausmaß der affektiven Aspekte zusammenhängen. Genaue Ausführungen befinden

sich im Kapitel 6.2 und 6.3. Aus den Ergebnissen lässt sich schließen, dass dem Einsatz von Schülerexperimenten in der Erarbeitungsphase ein, wenn auch nur geringerer, Vorteil bezüglich des Zuwachses an Fachwissen zugesagt werden kann. Allerdings liegt der Anteil an richtigen Antworten mit 38% sehr niedrig, was nicht von einer allgemeinen Effektivität hinsichtlich des Lernerfolgs der Unterrichtssequenz überzeugt.

Das Diagramm 28 zeigt den Verlauf richtiger Antworten beim Prä- und Posttest im Gruppenvergleich.

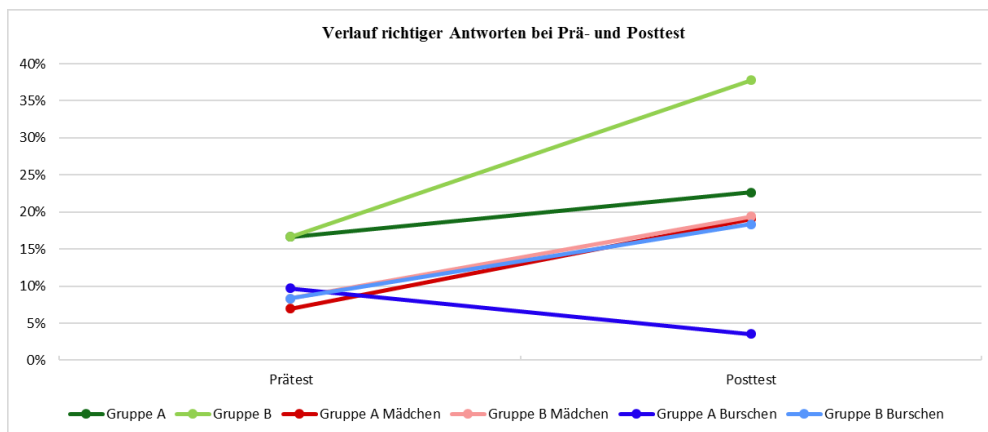


Diagramm 28: Verlauf der richtigen Antworten bei Prä- und Posttest

Um den Fachwissenszuwachs hinsichtlich der Tatsache, dass weißes Licht aus mehreren farbigen Anteilen besteht, zu eruieren, werden die Anzahl und Verteilung der richtigen Antworten bei Aufgabe 1 des Prä- und Posttests miteinander verglichen.

Anfangen bei 29% und 20% haben die Mädchen und Burschen der Gruppe A beim Posttest mit nur noch 14% bzw. 0% die richtige Antwort liefern können. Dies ist auch der Grund, warum Gruppe A beim Posttest im Vergleich zum Prätest sichtlich schlechter abschneidet. Die Burschen der Gruppe B konnten mit 50% ihren Anteil an richtigen Antworten halten, und lediglich die Mädchen aus Gruppe B konnten 13% auf 25% steigern. Demzufolge konnten die Lernenden von Gruppe B einen Fachwissenszuwachs bei diesem Themengebiet ausmachen. Was die vorher getätigte Annahme, dass Schülerexperimente in der Erarbeitungsphase effektiver sind, weiter unterstreicht.

Der genaue Verlauf der richtig abgegebenen Antworten der Schüler und Schülerinnen bei Aufgabe 1 ist im Diagramm 29 abgebildet.

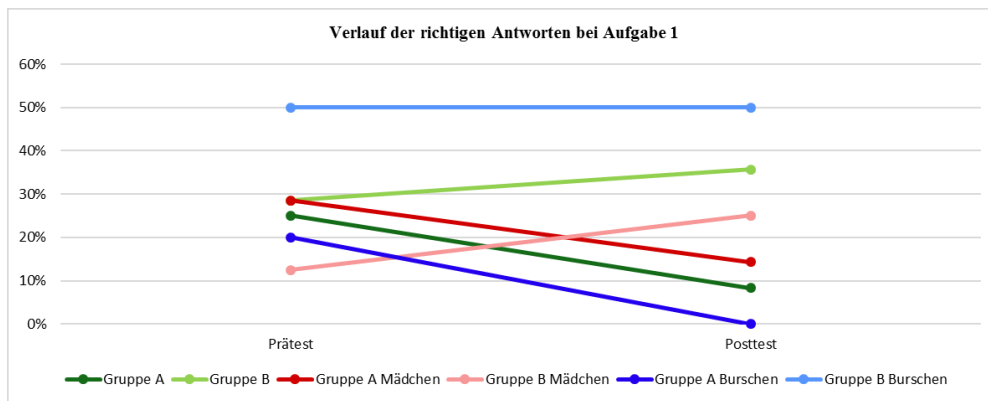


Diagramm 29: Verlauf der richtigen Antworten bei Aufgabe 1

Für die Interpretation der Ergebnisse in Bezug auf das Thema der Farbmischung werden die richtigen Antworten des ersten Teils von Aufgabe 2 beider Fragebögen herangezogen. Anhand des Verlaufs der korrekten Antworten lässt sich erkennen, dass die Burschen aus Gruppe A die einzigen Lernenden waren, die beim Prätest mit 20% die Aufgabe richtig lösen konnten. Bei allen anderen Schülern und Schülerinnen konnte kein einziger die Aufgabe korrekt bearbeiten. Faszinierend sind daher die Ergebnisse des Posttests, bei dem nun keiner der Schüler aus Gruppe A mehr eine richtige Antwort liefern konnte. Die restlichen Lernenden konnten sich hingegen alle verbessern. Bei den Mädchen aus Gruppe A konnten 14%, bei denen aus Gruppe B 25% und bei den Burschen aus Gruppe B sogar 50% nach der Durchführung des Unterrichts die Aufgabe richtig lösen. Wiederum ergibt sich daraus ein Unterschied von 28% der Ergebnisse beider Gruppe im Zuge des Posttests, wobei Gruppe B erneut besser abschneidet und dadurch die Schülerexperimente in der Erarbeitungsphase weiterhin vorteilhafter wirken.

Der Verlauf der richtigen Antworten beim ersten Teil der Aufgabe 2 im Gruppenvergleich ist im Diagramm 30 ersichtlich.

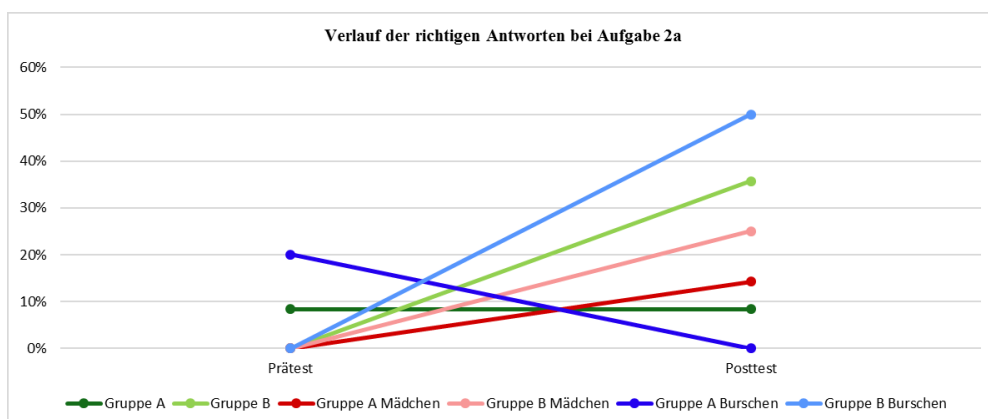


Diagramm 30: Verlauf der richtigen Antworten bei Aufgabe 2a

Der Vergleich von Aufgabe 3 des Prä- und Posttests gibt Aufschluss darüber, wie viele Schüler und Schülerinnen verstanden haben, dass ein in unser Auge fallendes Licht benötigt wird, um sehen zu können.

Diese Aufgabe betreffend konnte ein Fachwissenszuwachs bei allen Schülern und Schülerinnen ausgemacht werden. Die Mädchen der Gruppe A haben sich in diesem Fall mit 72% am meisten gesteigert. Die Mädchen aus Gruppe B wiesen eine 12%ige Verbesserung, die Burschen von Gruppe A eine 20%ige und die Burschen der Gruppe B eine 19%ige auf. Da der Anteil an richtig abgegebenen Antworten bei Gruppe A und B bei 67% bzw. 64% liegt, kann keine Aussage darüber getätigt werden, welche Version der Unterrichtssequenz hinsichtlich dieser Aufgabe vorteilhafter ist.

Das Diagramm 31 zeigt den Verlauf an korrekten Antworten bei Aufgabe 3 im Gruppenvergleich.

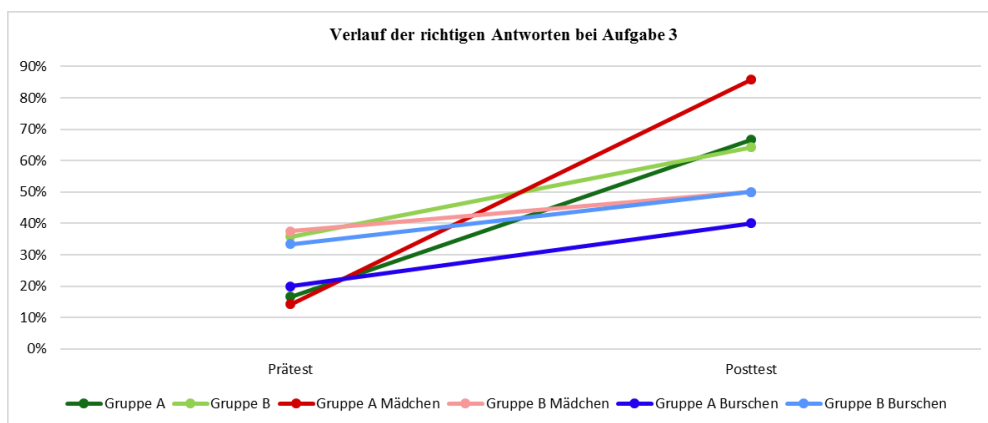


Diagramm 31: Verlauf der richtigen Antworten bei Aufgabe 3

Da das Verständnis über das Konzept der Körperfarben anhand mehrerer Fragen getestet werden, werden zur Interpretation die korrekt gelieferten Antworten beider Fragebögen vom zweiten Teil der zweiten Aufgabe, von Aufgabe 4 und zusätzlich von der nur im Posttest vorkommenden Aufgabe 5 herangezogen.

Auffällig beim Verlauf der richtigen Antworten genannter Aufgaben ist, dass zum dritten Mal die Burschen aus Gruppe A beim Prätest mit 27% die meisten richtigen Antworten lieferten, während die Quote richtig gelöster Aufgaben beim Posttest nur mehr bei 5% lag. Die restlichen Schüler und Schülerinnen haben sich, angefangen bei 10-13%, allesamt gesteigert und lieferten korrekte Antworten mit einer Quote von 29-33%. Dementsprechend konnte sich Gruppe A insgesamt um nur 2% steigern, während bei Gruppe B hinsichtlich der Ergebnisse von Prä- und Posttest ein Fachwissenszuwachs von 20% zu verzeichnen ist. Es lässt sich

demnach erneut ein Vorteil durch den Einsatz von schülerzentrierten Erarbeitungsexperimenten erkennen.

Der Verlauf der richtigen Antworten beim zweiten Teil der Aufgabe 2, bei Aufgabe 4 und 5 im Gruppenvergleich ist mit Hilfe des Diagramms 32 graphisch dargestellt.

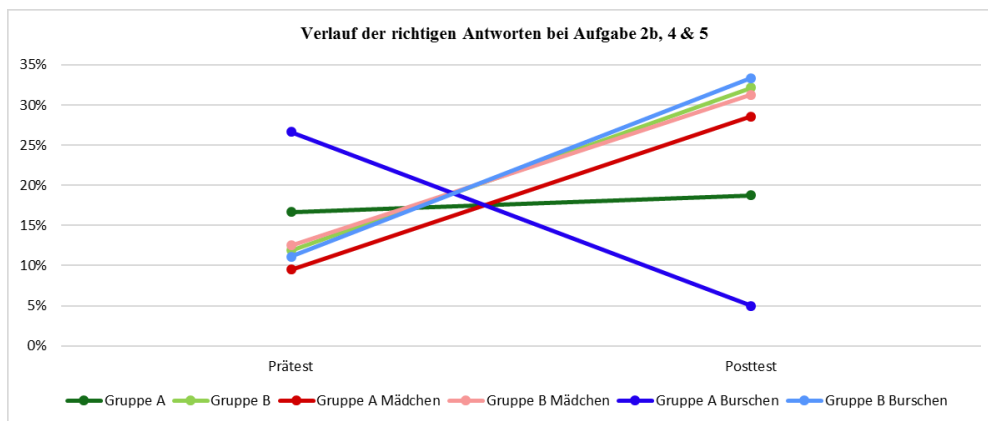


Diagramm 32: Verlauf der richtigen Antworten bei Aufgabe 2b, 4 & 5

6.2 Auswirkungen affektiver Aspekte auf den Fachwissenszuwachs

Im Zuge dieses Kapitels wird der Zusammenhang zwischen den im Kapitel 2.3 beschriebenen affektiven Aspekten und dem Fachwissenszuwachs thematisiert. Hierzu werden die Ergebnisse der Aufgabe 5 des Prätests und die Anzahl an richtig gelösten Aufgaben beim Posttest verglichen. Die Schüler und Schülerinnen sollten bei der Aufgabe zu den affektiven Aspekten ihre Zustimmung zu bestimmten Aussagen mittels einer vierstufigen Skala angeben. Die Werte 1 und 2 stellen hierbei eine niedrige und die Werte 3 und 4 eine hohe Ausprägung der einzelnen Merkmale dar. Da auch bei der Analyse und Auswertung des Posttests eine weitere Unterteilung in sieben Teilaufgaben stattfand, wird auch an dieser Stelle von sieben möglichen, richtigen Antworten ausgegangen. Da allerdings keiner der Schüler und Schülerinnen alle sieben Teilaufgaben richtig lösen konnte, liegt die maximale Anzahl an korrekten Antworten, die ein Schüler oder eine Schülerin erreichen konnte, bei sechs.

6.2.1 Motivation

Bezüglich der intrinsischen Motivation kann festgestellt werden, dass diese vor allem bei den Burschen beider Gruppen erhöht zu bemerken ist. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Aussage von Fuß und von Rhöneck (2001, S. 170) damit, dass die intrinsische Motivation hinsichtlich des Physikunterrichts bei Burschen merklich höher liegt als bei Mädchen.

29% der Mädchen aus Gruppe A konnten zwar trotz niedriger, intrinsischer Motivation mindestens vier Aufgaben richtig lösen, was den restlichen Schülern und Schülerinnen nicht möglich war, allerdings hatte mit 71% die Mehrheit der Schülerinnen dieser Gruppe neben einer niedrigen, intrinsischen Motivation nur maximal drei der Aufgaben richtig. Die Schüler und Schülerinnen aus Gruppe B, bei denen eine hohe intrinsische Motivation zu verzeichnen ist, konnten mit 50% bzw. 38% sehr gute Ergebnisse erzielen. Den Schülern aus Gruppe A brachte ein hohes Maß an intrinsischer Motivation keinen allzu großen Erfolg, da keiner von ihnen mehr als höchstens drei Aufgaben richtig beantworten konnte.

Der Zusammenhang intrinsischer Motivation mit dem Fachwissenszuwachs ist im Diagramm 33 ersichtlich.

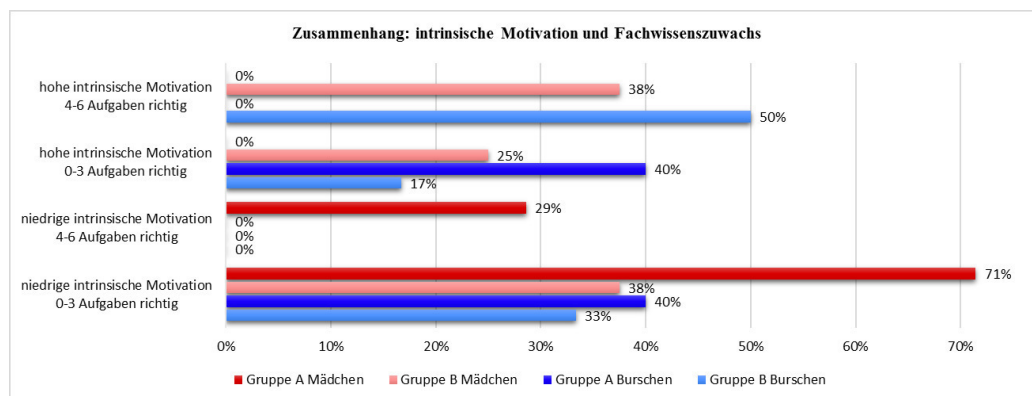


Diagramm 33: Zusammenhang: intrinsische Motivation und Fachwissenszuwachs

Die extrinsische Motivation betreffend ist auffallend, dass kein Schüler und keine Schülerin bei einer geringen Ausprägung des Aspekts einen hohen Lernerfolg erzielen konnte. Demnach war es nur Schülern aus Gruppe B und Schülerinnen aus beiden Gruppen möglich, mehr als vier Aufgaben korrekt zu bearbeiten unter der Voraussetzung, dass bei ihnen ein hohes Maß an extrinsischer Motivation vorhanden ist. Bei den Mädchen beider Gruppen konnte eine hohe extrinsische Motivation in den meisten Fällen nicht zu einem hohen Fachwissen führen. Bei den Burschen aus Gruppe A dagegen machte es keinen Unterschied, ob eine hohe oder niedrige extrinsische Motivation vorhanden ist, da keiner von ihnen mehr als maximal 3 Aufgaben richtig lösen konnte. Allgemein kann die Aussage getroffen werden, dass bei nahezu allen Lernenden eine hohe extrinsische Motivation vorhanden ist. Dies bestätigt die Aussage von Rabe (Piko-Brief 2, 2010, S. 2), der angab, dass die extrinsische Form der Motivation vergleichsweise häufiger anzutreffen ist als die intrinsische.

Das Diagramm 34 zeigt den Zusammenhang extrinsischer Motivation mit dem Fachwissenszuwachs im Geschlechtervergleich.

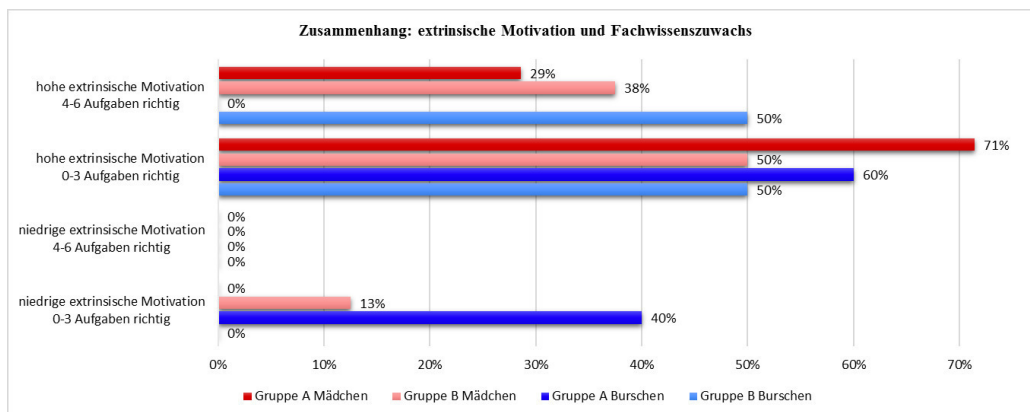


Diagramm 34: Zusammenhang: extrinsische Motivation und Fachwissenszuwachs

6.2.2 Interesse

Nur den Schülerinnen aus Gruppe A war es möglich, neben einem niedrig ausgeprägten Fachinteresse, zu 14% mindestens vier der gestellten Aufgaben korrekt zu bearbeiten. Auffällig ist, dass vor allem bei den Burschen der Gruppe B zu 83% ein hoher Wert an fachlichem Interesse zu verzeichnen ist. Diese Entdeckung steht im Einklang mit der Aussage von Wiesner et al. (2015, S. 101 f.), dass bei Schülern generell ein ausgeprägteres Fachinteresse vorhanden ist als bei ihren weiblichen Kolleginnen. Bei den Burschen aus Gruppe A ist wiederum kein höherer Lernerfolg zu erkennen, egal welchen Wert ihr Fachinteresse annimmt. Keiner von ihnen konnte mehr als drei der Aufgaben richtig lösen.

Der Zusammenhang von Fachinteresse und Fachwissenszuwachs ist anhand des Diagramms 35 graphisch dargestellt.

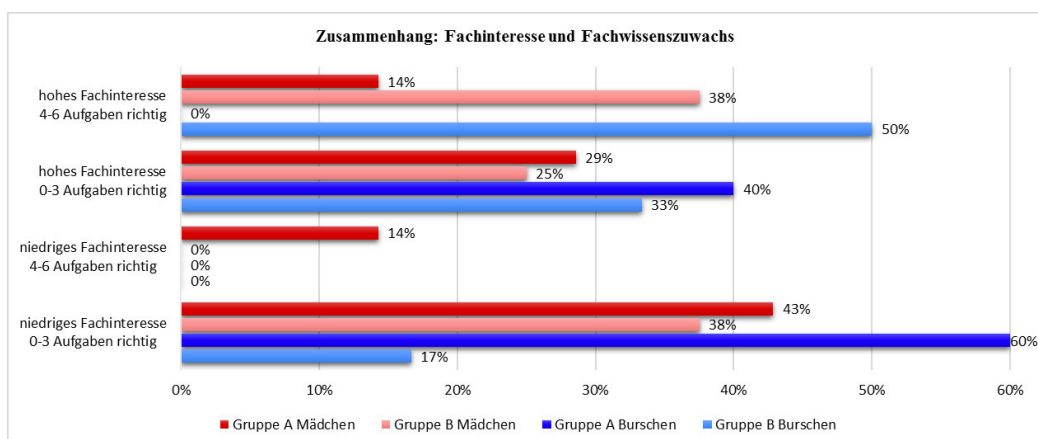


Diagramm 35: Zusammenhang: Fachinteresse und Fachwissenszuwachs

Dass das Sachinteresse im Gegensatz zum Fachinteresse stärker ausgeprägt ist (Piko-Brief 2, Rabe 2010, S. 2), widerspricht sich mit den im Zuge dieser Untersuchung erlangten Ergebnissen. Bei den Burschen und Mädchen aus Gruppe A ist das Ausmaß beider Interessensformen ident. Gleichzeitig weisen die Schüler und Schülerinnen sogar einen geringeren Wert beim Sachinteresse auf. Diese Ergebnisse widersprechen auch den Resultaten anderen Untersuchungen (Piko-Brief 2, Rabe 2010, S. 3), bei denen das Sachinteresse männlicher Lernender stärker ausgeprägt sein soll als bei Mädchen.

Die Burschen aus Gruppe A konnten wie schon zuvor beim Fachwissen keinen hohen Fachwissenszuwachs aufweisen, unabhängig davon, welches Ausmaß ihr Sachinteresse annimmt. Bei der Betrachtung dieses Aspekts konnten neben 14% der Mädchen aus Gruppe A auch 25% der Schülerinnen und 17% der Schüler aus Gruppe B trotz minderem Sachinteresses mindestens vier Aufgaben korrekt lösen und erzielten demnach einen hohen Fachwissenszuwachs.

Im Diagramm ist der Zusammenhang des Sachinteresses zum Fachwissenszuwachs zu sehen.

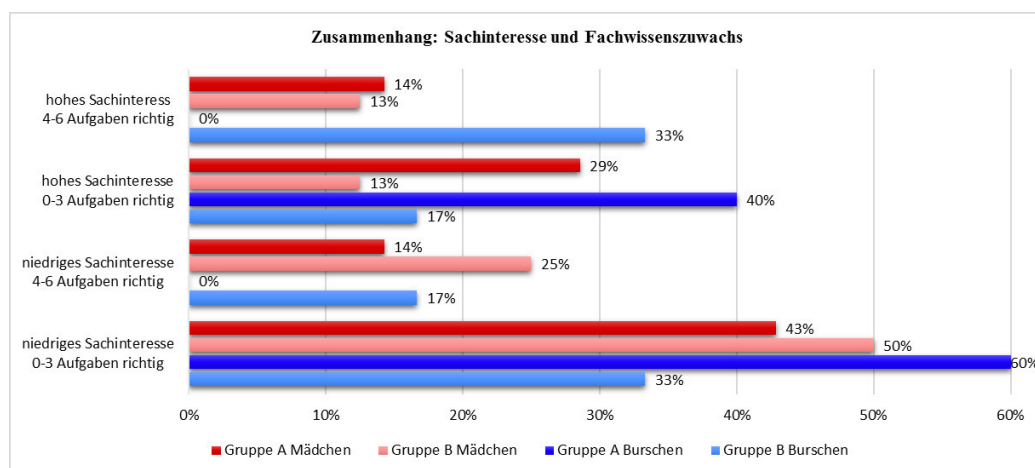


Diagramm 36: Zusammenhang: Sachinteresse und Fachwissenszuwachs

6.2.3 Selbstkonzept

Dass 72% der Schülerinnen aus Gruppe A und 75% der Schülerinnen aus Gruppe B ein niedriges Selbstkonzept haben, geht mit den Untersuchungen konform (Piko-Brief 2, Rabe 2010, S.4), bei denen nachgewiesen werden konnte, dass weibliche Lernende allgemein ein gering ausgeprägtes Selbstkonzept aufzeigen. Dennoch konnten insgesamt 54% der Schülerinnen mit einem eher negativen Selbstkonzept einen guten Lernerfolg erzielen, da sie bei mindestens vier der gestellten Aufgaben die richtigen Antworten liefern konnten. Der Anteil an Mädchen, die ein positiv ausgeprägtes Selbstkonzept haben und bei denen ein hoher Fachwissenszuwachs nachgewiesen werden konnte, liegt mit 13% sogar niedriger als bei

weiblichen Lernenden aus dieser Gruppe, die nicht von ihrem Können im Zuge des Physikunterrichts überzeugt sind. Bei den Ergebnissen der Burschen aus Gruppe A lässt sich wiedererkennen, dass das Maß an Selbstvertrauen keinen Unterschied hinsichtlich des Lernerfolgs macht. Kein Schüler dieser Gruppe konnte mehr als maximal 3 Ausgaben lösen. Bei den Burschen der anderen Gruppe hingegen hängt ein hohes Maß an Vertrauen in das eigene Können stark mit der Höhe des Fachwissens zusammen. Die Hälfte dieser Schüler konnte neben einem positiv ausgeprägten Selbstkonzept mindestens vier Aufgaben richtig bearbeiten.

Der Zusammenhang zwischen Selbstkonzept und Fachwissenszuwachs ist im Diagramm 37 zu erkennen.

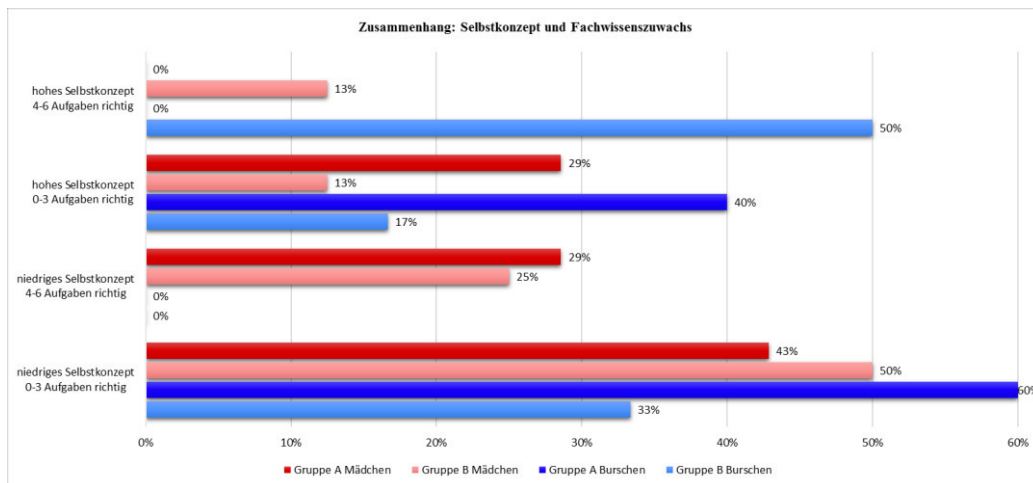


Diagramm 37: Zusammenhang: Selbstkonzept und Fachwissenszuwachs

6.3 Entwicklung affektiver Aspekte durch Schülerexperimente in der Einstiegs- bzw. Erarbeitungsphase

Um die Frage beantworten zu können, welchen Einfluss die in der Einstiegs- bzw. Erarbeitungsphase eingesetzten Schülerexperimente auf die Entwicklung der affektiven Aspekte Motivation, Interesse und Selbstkonzept haben, werden die Ergebnisse der Aufgabe 5 des Prätests und die der Aufgabe 6 des Posttests miteinander verglichen. Da in beiden Fällen Aussagen mit Hilfe der Einordnung auf einer vierstufigen Skala von den Schülern und Schülerinnen bestätigt werden sollen, können zum Vergleich des Ausmaßes der einzelnen Aspekte die jeweiligen Mittelwerte herangezogen werden. Bei der Aufgabe des Prätests existiert eine genauere Aufteilung der zu beurteilenden Äußerungen nach intrinsischer und extrinsischer Motivation sowie Fach- und Sachinteresse. Diese Differenzierung liegt bei

Aufgabe 6 des Posttests nicht vor, daher werden beim Prätest die Mittelwerte der einzelnen Bereiche herangezogen.

Bezüglich der Motivation beider Gruppen kann die Aussage getroffen werden, dass die Motivation für den Physikunterricht in gleichem Maße etwas zurückging. Während bei den Mädchen aus Gruppe A eine minimale Steigung zu erkennen ist, sinkt der Wert bei den Mädchen der anderen Gruppe deutlich. Bei den Burschen aus Gruppe B blieb diesbezüglich alles unverändert, während bei den Schülern aus Gruppe A die Motivation steil bergab ging und sich im Mittelfeld eingependelt hatte.

Auffallend in Bezug auf den in Kapitel 6.1 beschriebenen Verlauf des Fachwissens ist, dass die Burschen aus Gruppe B nicht nur stark an Motivation eingebüßt haben, sondern dass diese Gruppe an Schülern bei vielen Aufgaben die einzige war, die sich im Verlauf der Testung rapide verschlechtert hat.

Die Entwicklung der Motivation ist anhand des Diagramms 38 verdeutlicht.

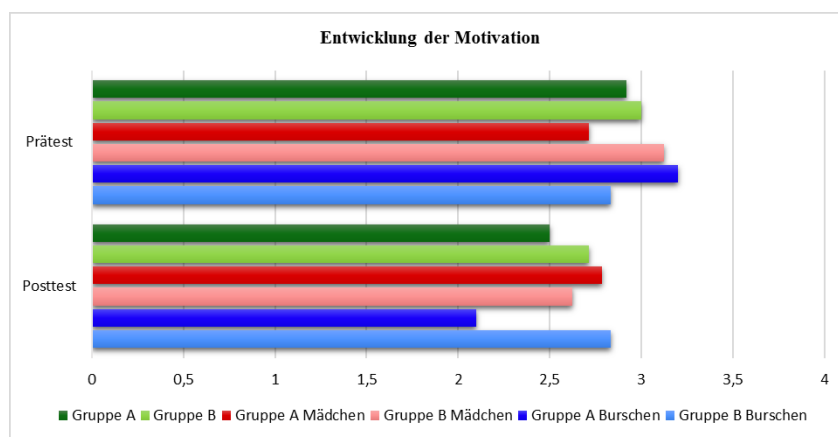


Diagramm 38: Entwicklung der Motivation

Im Gegensatz zur Motivation wirkte sich die Unterrichtseinheit auffallend positiv auf die Entwicklung des Interesses aus. Während Gruppe B einen leichten Anstieg verzeichnet, erfolgte bei Gruppe A eine verhältnismäßig starke positive Entwicklung. Bei allen Schülern und Schülerinnen zeigt sich ein gesteigertes Interesse nach der Durchführung der Unterrichtssequenz, wobei der Anstieg bei den Mädchen aus Gruppe A am stärksten ausgeprägt ist.

Die Entwicklung des Interesses ist im Diagramm 39 ersichtlich.

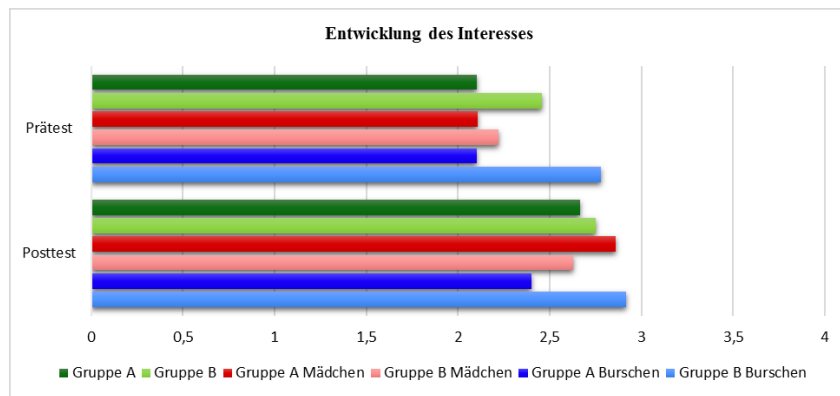


Diagramm 39: Entwicklung des Interesses

Auch das Selbstkonzept der Lernenden beider Gruppen hat eine positive Entwicklung erfahren, wobei dies nur auf die weiblichen Lernenden zurückzuführen ist. Bei den Burschen beider Gruppen ging nämlich das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten zwar nur geringfügig aber doch zurück. Währenddessen lässt sich bei den Mädchen beider Gruppen ein deutlicher Anstieg erkennen.

Die positive Entwicklung des Selbstkonzepts lässt laut Stampfl und Saurer (2016, S. 134) Rückschlüsse auf die ebenso stärkere Ausprägung des Interesses schließen, denn nach ihnen ist ein geringes Interesse vor allem bei Schülerinnen oft auf ein wenig ausgeprägtes Selbstkonzept zurückzuführen.

Im Diagramm 40 ist die Entwicklung des Selbstkonzepts abgebildet.

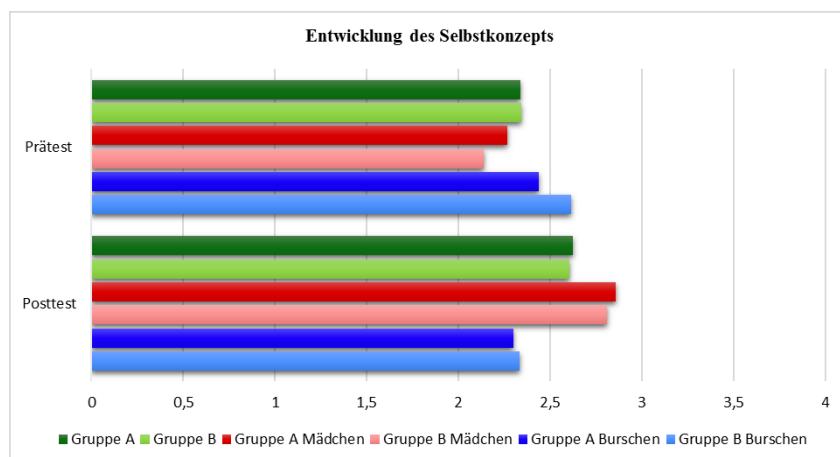


Diagramm 40: Entwicklung des Selbstkonzepts

7 Zusammenfassung

Der Einsatz von Experimenten im Physikunterricht ist ein beliebtes Mittel, um die Schüler und Schülerinnen beim Verstehen der Konzepte zu unterstützen. Da bereits im Zuge einiger Studien zu den unterschiedlichen Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs bezüglich Demonstrations- und Schülerexperimenten (Winkelmann 2014, Wiesner et al. 2015) noch kein expliziter, signifikanter Vorteil einer der beiden Organisationsformen nachgewiesen werden konnte, war Ziel dieser Arbeit, einen Schritt weiter zu gehen und die unterschiedliche Einbettung einer der genannten Formen, nämlich die der Schülerexperimente, in den Physikunterricht genauer zu untersuchen.

Die Absicht dieser Arbeit bestand demnach darin, eine für den Physikunterricht der 8. Schulstufe geeignete Unterrichtssequenz zum Thema „Licht und Farben“ zu entwickeln und im Zuge dessen die Wirksamkeit in unterschiedlichen Phasen des Unterrichts eingesetzten Schülerexperimenten hinsichtlich der Steigerung des Fachwissens und positiven Entwicklung der affektiven Merkmale zu erforschen. Anhand der daraus resultierenden Ergebnisse soll einerseits eine Aussage über die Effektivität beider Versionen der Unterrichtssequenz hinsichtlich eines Fachwissenszuwachses und andererseits anhand der Entwicklung der affektiven Merkmale, zusammen mit den Angaben der Schüler und Schülerinnen in Bezug darauf, wie sie die Sequenz erlebt haben, mögliche Verbesserungen der Unterrichtseinheiten aufgezeigt werden.

Forschungsfrage 1: Gibt es Unterschiede in Bezug auf den Fachwissenszuwachs von Schülern und Schülerinnen beim Thema „Licht und Farben“ abhängig davon, ob der Unterricht mit Hilfe schülerzentrierter Einstiegsversuche oder Erarbeitungsversuche durchgeführt wird?

Entwicklung und Unterschiede des Fachwissenszuwachses beider Gruppe konnte mittels Vergleich der Anzahl richtig bearbeiteter Aufgaben bei Prä- und Posttest analysiert werden. Werden die Fragebögen gesamt miteinander verglichen, kann ein deutlicher Vorteil der Schüler und Schülerinnen, die mit Hilfe der Erarbeitungsexperimente unterrichtet wurden, festgestellt werden. Dies ist allerdings nur auf den starken Rückgang des Fachwissens der Burschen aus Gruppe A rückzuführen. Bei der Interpretation der Ergebnisse der einzelnen Themengebiete dieser Unterrichtssequenz fielen die Resultate von Gruppe B manchmal mehr manchmal weniger schlecht aus. Bei der Aufgabe zur Lichtzerlegung konnte sich Gruppe B insgesamt verbessern, während sowohl Schülern als auch Schülerinnen aus Gruppe A sogar

eine Verschlechterung ihres Fachwissens nachgewiesen werden konnte. Bezüglich der Farbmischung wiesen die Burschen aus Gruppe A einen Abfall der richtigen Antworten auf, während sich die restlichen Lernenden durchwegs verbesserten. Die Schülerinnen aus Gruppe A wiesen dennoch den geringsten Anstieg an Fachwissen auf. Bei der Aufgabe zum Vorgang des Sehens konnten wider Erwarten die Mädchen aus Gruppe A am meisten punkten. Auch die übrigen Lernenden konnten sich allesamt steigern, wobei die Schüler aus Gruppe A mit der Anzahl an richtigen Antworten den letzten Platz einnahm. Das Konzept der Körperfarben betreffend hat sich das Fachwissen aller Schüler und Schülerinnen deutlich erhöht, abgesehen bei den Burschen aus Gruppe A. Bei ihnen sank das Fachwissen im Vergleich zum Prätest enorm. Die Schülerinnen aus Gruppe A konnten sich zwar steigern, allerdings lagen sie mit der Anzahl an richtig beantworteten Fragen immer noch leicht hinter den Lernenden aus Gruppe B. Anhand dieser Ergebnisse kann im Gesamtbild der Analyse ein merklicher Vorteil der Unterrichtssequenz basierend auf den Schülerexperimenten in der Erarbeitungsphase bezüglich eines Fachwissenszuwachses nachgewiesen werden. Dennoch muss dabei erwähnt werden, dass der prinzipielle Lernerfolg beider Gruppe noch zu wünschen übrig lässt.

Wird in einem weiteren Schritt der Zusammenhang zwischen den affektiven Aspekten und dem Fachwissenszuwachs herangezogen, kann bezüglich der intrinsischen Motivation das Ergebnis der Untersuchung von Fuß und von Rhöneck (2001, S. 170) bestätigt werden, dass diese bei Schülern deutlich höher ist als bei Schülerinnen. Gleichzeitig stimmt das Resultat eines erhöhten Vorkommens der extrinsischen Form der Motivation bei nahezu allen Lernenden, unabhängig vom Geschlecht, mit Rabes (Piko-Brief 2, 2010, S. 2) Aussage überein. Weiters konnte festgestellt werden, dass keiner der Lernenden neben einer niedrig ausgeprägten, extrinsischen Motivation einen erhöhten Lernerfolg erzielen konnte. Im Vergleich dazu waren nur die Mädchen aus Gruppe A in der Lage, vermehrt richtige Antworten zu liefern, obwohl sie eine geringe, intrinsische Motivation aufwiesen. Die Burschen aus Gruppe A waren die einzigen Lernenden, bei denen das Vorkommen einer erhöhten Motivation, egal welcher Form, keine positiven Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs ausmachte. Bezüglich des Interesses widersprechen die Ergebnisse Rabes Aussage (Piko-Brief 2, 2010, S. 2), der dem Sachinteresse eine stärkere Ausprägung zuschreibt als dem Fachinteresse. Im Zuge dieser Untersuchung konnte bei den Lernenden aus Gruppe A ein ident ausgeprägtes Sach- und Fachinteresse und bei den Lernenden aus Gruppe B sogar ein erhöhtes Fachinteresse nachgewiesen werden. Allerdings kann eine weitere Anführung Rabes (Piko-Brief 2, 2010, S. 2) darüber, dass Schüler ein höheres Sachinteresse

aufweisen als Schülerinnen, bestätigt werden. Im Zusammenhang mit einem Fachwissenszuwachs kann anhand der Ergebnisse der Untersuchung aufgezeigt werden, dass ein niedriges Fachinteresse und ein Fachwissenszuwachs sich lediglich bei den Mädchen aus Gruppe A nicht widersprechen, während ein niedriges Sachinteresse bei der Erreichung eines hohen Lernerfolgs nur bei den Burschen aus Gruppe A im Weg steht. Auffallend ist, dass eben diese Schüler weder mit hohem noch niedrigem Sach- sowie Fachinteresse einen Fachwissenszuwachs verzeichnen können. Das Ergebnis eines hohen Anteils an Schülerinnen, die ein geringes Selbstkonzept aufweisen, stimmt mit den Untersuchungen nach Rabe (Piko-Brief 2, 2010, S.4) überein. Trotzdem war es nach den Ergebnissen der Untersuchung nur Mädchen möglich, auf der Basis eines niedrigen Selbstkonzepts dennoch einen hohen Fachwissenszuwachs aufzuweisen. Bei den Burschen aus Gruppe B existiert ein hohes Selbstkonzept nur mit einer hohen Anzahl an richtigen Antworten, während bei den Burschen aus Gruppe A wiederum kein hoher Fachwissenszuwachs nachgewiesen werden konnte, egal wie stark ihr Selbstkonzept ausgeprägt ist. Die Ergebnisse hinsichtlich der Ausprägung der einzelnen, affektiven Aspekte im Vergleich der Geschlechter gehen in den meisten Fällen konform mit den bisher durchgeführten Untersuchungen. Den Zusammenhang der affektiven Aspekte und den Fachwissenszuwachs betreffend kann die Aussage getätigt werden, dass oft, aber nicht immer ein stark ausgeprägter Aspekt mit einem hohen Fachwissenszuwachs zusammenhängt. Vor allem bei den weiblichen Lernenden konnte vermehrt ein hoher Lernerfolg trotz eines gering ausgeprägten Merkmals nachgewiesen werden.

Forschungsfrage 2: Gibt es Unterschiede in Bezug auf die Entwicklung affektiver Aspekte von Schülern und Schülerinnen beim Thema „Licht und Farben“ abhängig davon, ob der Unterricht mit Hilfe schülerzentrierter Einstiegsversuche oder Erarbeitungsversuche durchgeführt wird?

Die Motivation der Lernenden ging in beiden Gruppen im Verlauf der Untersuchung in einem geringen Maß zurück. Der größte Rückgang ist bei den Burschen aus Gruppe A zu verzeichnen. Das Interesse hingegen verändert sich bei allen Lernenden beider Gruppen hin in eine positive Richtung, wobei die Mädchen aus Gruppe A die größte Steigerung aufweisen. Auch auf die Entwicklung des Selbstkonzepts hatte die Durchführung der Unterrichtssequenz einen positiven Effekt. Dieser ist allerdings nur bei den Schülerinnen beider Gruppen zu vermerken. Die in gleichermaßen positive Ausprägung von Interesse und Selbstkonzept der

Mädchen stimmt mit den Untersuchungsergebnissen von Stampfl und Saurer (2016, S. 134) überein.

8 Folgerungen und Ausblick

8.1 Schlussfolgerungen hinsichtlich der Unterrichtssequenz

Nahezu alle Schüler und Schülerinnen gaben an, dass ihnen vor allem das selbständige Experimentieren an den Unterrichtseinheiten gefallen hat. Dieses Ergebnis bestätigt die Wahl des Einsatzes von schülerzentrierten Experimenten, was auch nach Stampfl und Saurer (2016, S. 136) das Interesse am Physikunterricht positiv beeinflusst. Weiters geben Stampfl und Saurer (2016, S. 137) an, dass neben dem eigenständigen Arbeiten ebenso der Einsatz verschiedenster Methoden sowie die Bearbeitung von Aufgaben mit einem Partner bzw. einer Partnerin oder in einer Gruppe von den Schülern und Schülerinnen gern gesehen wird. Demnach stellen die in dieser Arbeit beschriebenen schülerzentrierten Experimente, die in Partnerarbeit durchgeführt werden sollen, eine den Wünschen der Lernenden entsprechende Form des Unterrichts dar. Sie sollten jedoch keinen übertriebenen Einsatz im Physikunterricht finden, sondern sich mit diversen anderen lernwirksamen Methoden abwechseln.

Der am häufigsten genannte negative Aspekt der Unterrichtssequenz betrifft das Schreiben im Zuge des Theorieteils jeder Einheit. Dem kann entgegengewirkt werden, indem die Inhalte beispielsweise mittels Arbeitsblättern an die Schüler und Schülerinnen ausgeteilt werden, anstatt die Tafel als Medium einzusetzen. Diese Maßnahme würde auch das Problem lösen, dass die Lehrperson gleichzeitig schreiben und erklären muss, um den Zeitplan der Unterrichtsstunde einzuhalten. Denn auch dieser Aspekt wurde von ein paar Schülern und Schülerinnen negativ angemerkt. Was die restlichen Kritikpunkte der Lernenden hinsichtlich des Verhaltens der Lehrkraft betrifft, so können an dieser Stelle keine idealen Lösungsvorschläge gegeben werden, da jede Lehrperson schlichtweg einen anderen Unterrichtsstil verfolgt, und es natürlich auch Gewöhnungssache ist bzw. vom Typ der Lernenden abhängt, ob dieser positiv oder negativ aufgenommen wird.

Die Durchführung der beiden Versionen der Unterrichtssequenz betreffend war auffallend, dass einige Schüler und Schülerinnen Probleme mit der Versuchsdurchführung hatten. Trotz detaillierter Beschreibung und Anleitung hatten die Lernenden oft viele Fragen bezüglich des Aufbaus. Weiters kam es nicht allzu selten vor, dass die Schüler und Schülerinnen direkte, von der Lehrperson formulierte Anweisungen oder Hinweise, die auf den Arbeitsblättern vermerkt sind, missachteten. Beispielsweise gab ein Schüler an, ihm habe nicht gefallen, dass ihn ständig das Licht geblendet hat. Der Sicherheitshinweis, nie direkt in die Lichtquelle zu blicken, stand allerdings auf jedem dafür relevanten Arbeitsblatt. Es fiel außerdem auf, dass die Materialliste der Versuche oftmals nicht berücksichtigt wurde und dementsprechend vor allem die Spektralbrille bei diversen Experimenten verwendet wurde, obwohl dies gar nicht

notwendig bzw. verlangt war. Weiters waren viele der Lernenden schlichtweg damit überfordert, lediglich Beobachtungen der Vorgänge der Experimente zu dokumentieren. Es gab hierbei Verwirrung seitens der Schüler und Schülerinnen, da ihnen diese Art der Aufgabe zu leicht erschien. In diesem Fall fehlte den Lernenden möglicherweise einfach die Übung hinsichtlich der Erledigung solcher Aufgabenstellungen. Dass die Schüler und Schülerinnen augenscheinlich etwas unaufmerksam beim Lesen und Bearbeiten von Aufgaben waren, machte sich auch bei den Fragen zur Unterrichtssequenz bemerkbar. Es wurde hierbei ausdrücklich eine Beantwortung der Fragen mittels kurzer Sätze und die Anführung einer Begründung der gegebenen Antworten verlangt. Die Anforderungen wurden allerdings in den seltensten Fällen von den Lernenden erfüllt. Die Art der Bearbeitung und die Antworten selbst lassen auf sprachliche Probleme seitens der Schüler und Schülerinnen schließen. Dieses Hindernis bedarf ausreichender Berücksichtigung bei der Durchführung des Unterrichts. Nach Stampfl und Saurer (2016, S. 135) kann die Verwendung einer den Schülern und Schülerinnen zu schwierig erscheinenden Fachsprache zu einem negativen Selbstkonzept führen und somit das Interesse am Physikunterricht negativ beeinflussen. Bei Instruktionen muss also bedacht werden, die Sprache möglichst einfach zu halten und diverse Fachausdrücke nur in geringem Maße und gezielt zu verwenden.

Aufgrund der Aussagen der Schüler und Schülerinnen beider Gruppen den Unterrichtsverlauf und den Einsatz der Experimente betreffend, konnte keine Überlegenheit einer der beiden Unterrichtssequenzen festgestellt werden. Dies ist allerdings nicht allzu verwunderlich, da die Zahl an Lerntypen in einer Klasse sehr unterschiedlich sein kann und jeder Schüler und jede Schülerin andere Aspekte des Unterrichts bevorzugt bzw. besser mit ihnen zurechtkommt.

8.2 Ausblick

Das Ergebnis dieser Untersuchung, dass der Einsatz der Unterrichtssequenz mit Schülerexperimenten in der Erarbeitungsphase eine minimale, aber erkennbare Effektivität hinsichtlich der Erreichung eines Fachwissenszuwachses aufweist, und der beschriebene Einfluss sowie die nachgewiesene Entwicklung der affektiven Aspekte Motivation, Interesse und Selbstkonzept können aufgrund der geringen Stichprobe an Schüler und Schülerinnen natürlich keine allgemein signifikante Aussage darstellen. Allerdings kann diese Arbeit als Grundlage weiterer größer angelegter Studien auf diesem Gebiet dienen.

Außerdem können andere Lehrkräfte auf die im Zuge dieser Arbeit entwickelte und entsprechend evaluierte Unterrichtssequenz mitsamt den für die Durchführung notwendigen Unterlagen zurückgreifen und selbst durchführen, da die Experimente vor allem so

ausgewählt wurden, dass sich die Materialliste in Grenzen hält und keine für den schulischen Unterricht zu abwegigen Materialien enthält.

Zudem besteht die Möglichkeit, die hier beschriebene Vorgehensweise bei der Entwicklung der Sequenz auf weitere im Lehrplan vertretene physikalische Themen anzuwenden, um somit nach und nach geeignete Unterrichtsplanungen und Materialien zu erstellen, die auf dem Einsatz von Schülerexperimenten basieren und wiederum anderen Lehrkräften zugutekommen können.

9 Literaturverzeichnis

Apolin, M. (2017). Big Bang. Physik 6 RG. Wien: Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG.

Bleichroth, W. et al. (1999). Fachdidaktik Physik (2. überarbeitete und erweiterte Auflage). Köln: Aulis Verlag Deubner & CO KG.

Blumör, R. (1993). Schülerverständnisse und Lernprozesse in der elementaren Optik. Ein Beitrag zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts in der Grundschule. Magdeburg, Essen: Westarp Wissenschaften.

Boxhofer, E., Stütz, E. & Urban-Woldron, H. (2007). Physikstunde 4 (4. Auflage). Linz: Veritas-Verlag.

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (2000). Lehrpläne der AHS-Unterstufe. Pflichtgegenstand Physik. Abrufbar unter:
https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/unterricht/lp/ahs16_791.pdf?61ebzq [letzter Zugriff: 01.05.2018]

Duit, R. (1989). Vorstellung und Experiment. Von der eingeschränkten Überzeugungskraft experimenteller Beobachtungen. In: Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M. (Hrsg.). (2011), Schülervorstellungen in der Physik (3. unveränderte Auflage) (S. 20-22). Hallbergmoos: Aulis Verlag.

Duit, R. (1993). Schülervorstellungen – von Lerndefiziten zu neuen Unterrichtsansätzen. In: Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M. (Hrsg.). (2011), Schülervorstellungen in der Physik (3. unveränderte Auflage) (S. 8-14). Hallbergmoos: Aulis Verlag.

Duit, R. (2015). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In: Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.). (2015). Physikdidaktik. Theorie und Praxis (3. Auflage) (S. 657-680). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Duit, R. et al. (2010). PIKO-Briefe. Der fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst. In: Physik im Kontext. Seelze: Friedrich Verlag. Abrufbar unter: <https://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko/pikobriefe032010.pdf> [letzter Zugriff: 19.05.2018]

Fuß, S. & von Rhöneck, C. (2001). Einfluss sozialer Faktoren auf motivationale und emotionale Aspekte des Lernens im Fach Physik: Erziehungsverhalten der Eltern und pädagogisches Verhalten des Lehrers aus Schülersicht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 7, S. 167-175.

Girwidz, R. (2015). Medien im Physikunterricht. In: Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.). (2015). Physikdidaktik. Theorie und Praxis (3. Auflage) (S. 193-246). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Haagen-Schützenhöfer, C. (2013). Das Optikprojekt. Wie SchülerInnen der 4. Klasse im Optikunterricht ein Licht aufgehen soll. PLUS LUCIS, 1-2/2013, S. 3-7.

Haagen-Schützenhöfer, C. et al. (2014). Vorstellungen zu weißem Licht. Didaktik der Physik, Frühjahrstagung – Frankfurt.

Häußler, P. & Hoffmann, L. (1995). Physikunterricht – an den Interessen von Mädchen und Jungen orientiert. Unterrichtswissenschaft, 23, 2, S. 107-126.

Kamata, M. & Matsunaga, A. (2007). Optical experiments using mini-torches with red, green and blue light emitting diodes. Physics Education, 42, S. 572-578.

Kaufmann, E., Zöchling, A., Mašin, C. & Grois, G. (2014). Physik verstehen 4. Wien: Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG.

LEIFI-Physik (1). Abrufbar unter: <https://www.leifiphysik.de/optik/farben/spektralfarben> [letzter Zugriff: 30.04.2018]

LEIFI-Physik (2). Abrufbar unter: <https://www.leifiphysik.de/optik/farben/versuche/koerperfarben> [letzter Zugriff: 30.04.2018]

LEIFI-Physik (3). Abrufbar unter:

<https://www.leifiphysik.de/optik/farben/aufgaben#lightbox=/themenbereiche/farben/lb/quiz-farben> [letzter Zugriff: 01.05.2018]

Lewisch, I. & Eisenzopf, W. (2006). Physik ist überall 4. für die 4. Klasse der Hauptschule und der allgemein bildenden höheren Schule (2. Auflage). Wien: Westermann.

Muckenfuß, H. (2006). Farbige Schatten als didaktischer Zugang zur Farbenlehre. Abrufbar unter:

http://pluslucis.univie.ac.at/FBW0/FBW2008/Material/Muckenfuss_Wien_2008/Workshop_Optik/03Aufsaetze_Optik/DGAO_Proceedings_Schatten.pdf [letzter Zugriff: 19.05.2018]

Neumann, S. (2014). Physik. 50 Experimente. 5. – 8. Schulstufe. Brunn am Gebirge: ikon VerlagsGesmbH.

Rentzsch, W. (1997). Experimente mit Spaß. Optik. Wien: Verlag Hölder-Pichler-Tempsky.

Stampfl, M. & Saurer, W. (2016): Verstehen, Interesse und Fachsprache im Physikunterricht. In: Hinger, B. (Hrsg.). (2016). Zweite „Tagung der Fachdidaktik“ 2015. Sprachsensibler Sach-Fach-Unterricht – Sprachen im Sprachunterricht. Innsbruck: University Press.

Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 10, S. 51-69.

Tesch, M. (2005). Das Experiment im Physikunterricht. Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie. In: Niedderer, H., Fischler, H. & Sumfleth, E. (Hrsg.). (2005). Studien zum Physik- und Chemielernen (42). Berlin: Logos Verlag.

Wiesner, H. (1994): Ein neuer Optikkurs für die Sekundarstufe I, der sich an Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen orientiert. NiU-Physik 5, Nr. 22, S. (51) 7 – (59) 15.

Wiesner, H., Schecker, H. & Hopf, M. (Hrsg.). (2015). Physikdidaktik kompakt. Hallbergmoos: Aulis Verlag.

Winkelmann, J. (2014). Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf affektive Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht. In: Niedderer, H., Fischler, H. & Sumfleth, E. (Hrsg.). (2015). Studien zum Physik- und Chemielernen (179). Berlin: Logos Verlag.

Wodzinski, R. (1996). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. In: Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M. (Hrsg.). (2011), Schülervorstellungen in der Physik (3. unveränderte Auflage) (S. 23-36). Hallbergmoos: Aulis Verlag.

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schema zur Verdeutlichung des Zusammenhangs zwischen Experiment und Konzept im Physikunterricht	12
Abbildung 2: Schema zur Alltagsvorstellung von Körperfarben.....	19
Abbildung 3: Schema zur physikalischen Vorstellung von Körperfarben	19
Abbildung 4: Skizze: Farbzerlegung von weißem Licht mit Hilfe eines Prismas	29
Abbildung 5: Lichtzerlegung am Prisma – Versuchsaufbau und Ergebnis	30
Abbildung 6: Ergebnis der Lichtzerlegung an einer CD	31
Abbildung 7: Spektralbrille – Sicht durch die Spektralbrille.....	32
Abbildung 8: Schema der additiven (links) und subtraktiven (rechts) Farbmischung	34
Abbildung 9: additive Farbmischung	35
Abbildung 10: Rahmenschema ohne und mit Klebezettel.....	36
Abbildung 11: Rahmenschema ausgemalt mit Filzstiften	37
Abbildung 12: Farbeindruck Schwarz/Weiß	38
Abbildung 13: Farbeindruck Blau/Magenta	38
Abbildung 14: rote Beleuchtung – Farbeindruck Rot / grüne Beleuchtung – Farbeindruck Schwarz.....	39
Abbildung 15: roter und blauer Satz ohne und mit 3D-Brille	39
Abbildung 16: Farbeindruck eines Stifts in Magenta mit 3D-Brille	40
Abbildung 17: Tabelle – Reihenfolge der farbigen Kärtchen.....	41
Abbildung 18: Farbeindruck der Kärtchen – weißes/rotes/blau Licht	42
Abbildung 19: Roter Schatten – möglich oder erfunden?	43
Abbildung 20: Beleuchtung mit einer farbigen Lichtquelle	44
Abbildung 21: Beleuchtung mit zwei farbigen Lichtquellen.....	45
Abbildung 22: Aufgabe 1 – Prätest	51
Abbildung 23: Aufgabe 2 – Prätest	52
Abbildung 24: Aufgabe 3 – Prätest	52
Abbildung 25: Aufgabe 4 – Prätest	53
Abbildung 26: Aufgabe 5 – Prätest	54
Abbildung 27: Aufgabe 1 – Posttest.....	55
Abbildung 28: Aufgabe 4 – Posttest.....	55
Abbildung 29: Aufgabe 5 – Posttest.....	56

Abbildung 30: Aufgabe 6 – Posttest Einstiegsexperimente.....	56
Abbildung 31: Aufgabe 6 – Posttest Erarbeitungsexperimente	57
Abbildung 32: Fragen zur Unterrichtssequenz 1 & 2.....	58
Abbildung 33: Fragen zur Unterrichtssequenz 3 & 4 – Einstiegsexperimente.....	58
Abbildung 34: Fragen zur Unterrichtssequenz 3 & 4 – Erarbeitungsexperimente	58

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Schema Unterrichtseinheiten	27
Tabelle 2: Übersicht 1. Einheit – Lichtzerlegung	28
Tabelle 3: Übersicht 2. Einheit – Farbmischung.....	33
Tabelle 4: Übersicht 3. Einheit – Körperfarben	37
Tabelle 5: Übersicht 4. Einheit – Farbige Schatten.....	43
Tabelle 6: Zeitraum der Testung	49
Tabelle 7: Zeitraum der Unterrichtseinheiten	49
Tabelle 8: Stichprobe.....	50
Tabelle 9: Überblick der für die Auswertung notwendigen Schülervorstellungen.....	60

12 Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Antworten & Vorstellungen (Aufg. 1, Prätest).....	64
Diagramm 2: Antworten & Vorstellungen (Aufg. 2a, Prätest).....	65
Diagramm 3: Antworten & Vorstellungen (Aufg. 2b, Prätest).....	66
Diagramm 4: Antworten (Aufg. 3, Prätest)	67
Diagramm 5: Vorstellungen (Aufg. 3, Prätest)	68
Diagramm 6: Antworten & Vorstellungen (Aufg. 4a, Prätest).....	69
Diagramm 7: Antworten (Aufg. 4b, Prätest)	70
Diagramm 8: Vorstellungen (Aufg. 4b, Prätest)	70
Diagramm 9: Motivation, Interesse und Selbstkonzept (Aufg. 5, Prätest).....	71
Diagramm 10: Antworten (Aufg. 1, Posttest).....	73
Diagramm 11: Vorstellungen (Aufg. 1, Posttest).....	74
Diagramm 12: Antworten & Vorstellungen (Aufg. 2a, Posttest).....	75
Diagramm 13: Antworten & Vorstellungen (Aufg. 2b, Posttest)	76
Diagramm 14: Antworten (Aufg. 3, Posttest).....	77
Diagramm 15: Vorstellungen (Aufg. 3, Posttest).....	78
Diagramm 16: Antworten & Vorstellungen (Aufg. 4a, Posttest).....	79
Diagramm 17: Antworten (Aufg. 4b, Posttest)	80
Diagramm 18: Vorstellungen (Aufg. 4b, Posttest).....	81
Diagramm 19: Antworten (Aufg. 5, Posttest).....	82
Diagramm 20: Vorstellungen (Aufg. 5, Posttest).....	83
Diagramm 21: Fragen zum Einsatz der Experimente (Aufg. 6, Posttest)	84
Diagramm 22: Frage 1 zur Unterrichtssequenz	85
Diagramm 23: Frage 2 zur Unterrichtssequenz	86
Diagramm 24: Frage 3 zur Unterrichtssequenz – Einstiegsexperimente	87
Diagramm 25: Frage 4 zur Unterrichtssequenz – Einstiegsexperimente	88
Diagramm 26: Frage 3 zur Unterrichtssequenz – Erarbeitungsexperimente	89
Diagramm 27: Frage 4 zur Unterrichtssequenz – Erarbeitungsexperimente	90
Diagramm 28: Verlauf der richtigen Antworten bei Prä- und Posttest	92
Diagramm 29: Verlauf der richtigen Antworten bei Aufgabe 1	93
Diagramm 30: Verlauf der richtigen Antworten bei Aufgabe 2a	93
Diagramm 31: Verlauf der richtigen Antworten bei Aufgabe 3	94

Diagramm 32: Verlauf der richtigen Antworten bei Aufgabe 2b, 4 & 5.....	95
Diagramm 33: Zusammenhang: intrinsische Motivation und Fachwissenszuwachs	96
Diagramm 34: Zusammenhang: extrinsische Motivation und Fachwissenszuwachs	97
Diagramm 35: Zusammenhang: Fachinteresse und Fachwissenszuwachs.....	97
Diagramm 36: Zusammenhang: Sachinteresse und Fachwissenszuwachs.....	98
Diagramm 37: Zusammenhang: Selbstkonzept und Fachwissenszuwachs	99
Diagramm 38: Entwicklung der Motivation	100
Diagramm 39: Entwicklung des Interesses.....	101
Diagramm 40: Entwicklung des Selbstkonzepts.....	101

13 Anhang

A	Arbeitsblatt – 1. Einheit – Gruppe A	121
B	Arbeitsblatt – 2. Einheit – Gruppe A	124
C	Arbeitsblatt – 3. Einheit – Gruppe A	127
D	Arbeitsblatt – 4. Einheit – Gruppe A	130
E	Arbeitsblatt – 1. Einheit – Gruppe B	133
F	Arbeitsblatt – 2. Einheit – Gruppe B	136
G	Arbeitsblatt – 3. Einheit – Gruppe B	139
H	Arbeitsblatt – 4. Einheit – Gruppe B	142
I	Elternbrief	145
J	Prätest	147
K	Posttest – Gruppe A	150
L	Posttest – Gruppe B	153
M	Fragen zur Unterrichtssequenz – Gruppe A	156
N	Fragen zur Unterrichtssequenz – Gruppe B	158

A Arbeitsblatt – 1. Einheit – Gruppe A

NAME:

Sicherheitshinweis: Blicke nie direkt in eine Lichtquelle! Du könntest damit deine Augen schädigen!

Experiment 1

Material:

- Lichtquelle (Lampe, Taschenlampe etc.)
- Karton mit schmalem Schlitz
- kleines Prisma
- weiße Wand

Durchführung:

Suche dir einen Tisch, der vor einer weißen Wand steht. Platziere die Lichtquelle so auf dem Tisch, dass das Licht in Richtung der Zimmerdecke leuchtet. Stülpe den Karton so über die Lichtquelle, dass der schmale Schlitz sich direkt über dem Lichtstrahl befindet. Nimm das kleine Prisma zur Hand und halte es der Länge nach und in einem Abstand von ein paar Zentimetern über den ausgeleuchteten Schlitz. Drehe das Prisma langsam um seine Längsachse und beobachte, was auf der weißen Wand passiert. Beachte dabei, dass das Prisma sich immer über dem Lichtschlitz befinden muss.

Beobachtung:

Beschreibe den Weg und die Farbe des Lichtstrahls vom Karton bis zur Wand!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Experiment 2

Material:

- Lichtquelle (Lampe, Taschenlampe etc.)
- CD
- weiße Wand

Durchführung:

Halte die CD mit der Unterseite in Richtung einer weißen Wand. Beleuchte diese Seite der CD mit der Lichtquelle und beobachte, was auf der weißen Wand geschieht. Bewege dabei die CD auch seitlich und variiere ebenso ihren Abstand zur Lichtquelle.

Beobachtung:

Beschreibe den Weg und die Farbe des Lichtstrahls von der Lichtquelle bis zur Wand.

.....

.....

.....

.....

Experiment 3

Material:

- verschiedene Lichtquellen (Sonne, Lampe, Taschenlampe etc.)
- Spektralbrille

Durchführung:

Setze die Spektralbrille auf und betrachte verschiedene Lichtquellen damit. Blicke dabei nie direkt in eine der Quellen, sondern beobachte sie von der Seite.

Beobachtung: Beschreibe, was du siehst!

.....

.....

B Arbeitsblatt – 2. Einheit – Gruppe A

NAME:

Sicherheitshinweis: Blicke nie direkt in eine Lichtquelle! Du könntest damit deine Augen schädigen!

Experiment 1

Material:

- LED-Farbstrahler in den Farben Rot, Grün und Blau

Durchführung:

Leuchte mit den unterschiedlich farbigen Strahlern auf einen schwarzen Hintergrund. Wenn du anstatt der Lichtstrahlen lieber Lichtkegel haben möchtest, musst du lediglich die Deckel der Strahler entfernen.

Beobachtung: Welche Farben siehst du, wenn du jeweils zwei bzw. alle drei Farbstrahler auf dieselbe Stelle richtest?

.....

.....

.....

.....

Experiment 2

Material:

- zwei Lichtquellen (Lampe, Taschenlampe etc.)
- Spektralbrille

Durchführung:

Beobachte mit Hilfe der Spektralbrille zwei voneinander nicht allzu weit entfernte (einige Dezimeter) Lichtquellen. Betrachte die Quellen dabei von der Seite und versuche, dass sich die Farbzerlegungen beider Lampen überlagern.

Beobachtung: Kannst du Farben erkennen, die nicht im ursprünglichen Spektrum enthalten sind? Wenn ja, welche?

.....

.....

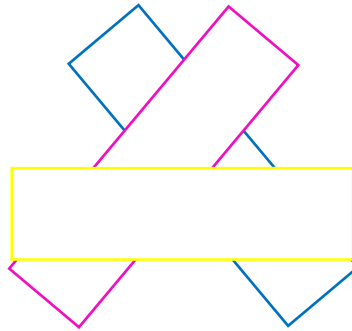
Experiment 3

Material:

- Klebezettel in den Farben Gelb, Magenta (helles Purpur) und Cyan (Blaugrün)

Durchführung:

Klebe die einzelnen Zettel so auf die Abbildung, wie es die farbigen Rahmen vorgeben.



Beobachtung: Welche zusätzlichen Farben kannst du erkennen?

.....

.....

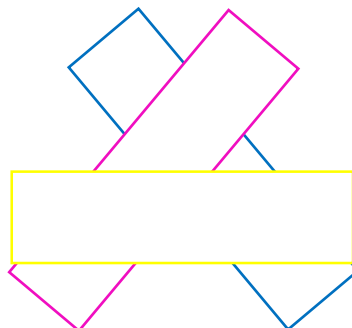
Experiment 4

Material:

- Filzstifte in den Farben Gelb, Magenta (helles Purpur) und Cyan (Blaugrün)

Durchführung:

Male die Felder mit Hilfe von Filzstiften aus. Beginne dabei mit der hellsten Farbe (Gelb) und ende mit der dunkelsten (Cyan).



Beobachtung: Welche zusätzlichen Farben kannst du erkennen?

.....

.....

C Arbeitsblatt – 3. Einheit – Gruppe A

NAME:

Experiment 1

Material:

- Filzstifte in den Farben Blau und Rot
- 3D-Brille

Durchführung:

Schreibe mit dem blauen Filzstift irgendeinen Satz in das untere Kästchen. Überschreibe anschließend die Nachricht durch einen weiteren Satz, den du mit Hilfe des roten Stiftes schreibst.

Beobachtung: Was beobachtest du, wenn du das Kästchen durch den roten bzw. den blauen Teil der Brille ansiehst?

Experiment 2

Material:

- Filzstift in der Farbe Magenta (helles Purpur)
- 3D-Brille

Durchführung:

Beobachte den magentafarbenen Stift abwechseln einmal durch den roten und dann durch den blauen Teil der 3D-Brille.

Beobachtung: In welcher Farbe siehst du den Filzstift, wenn du ihn durch den roten bzw. blauen Teil der Brille ansiehst?

Sicherheitshinweis: Blicke nie direkt in eine Lichtquelle! Du könntest damit deine Augen schädigen!

Experiment 3

Material:

- Kärtchen in verschiedenen Farben
- Lichtquelle (Lampe, Taschenlampe etc.)
- Farbfolien in den Farben Rot und Blau

Durchführung:

Führe diesen Versuch in einem verdunkelten Raum durch. Lege die 8 Kärtchen, während sie von dem weißem Licht der Lampe beleuchtet werden, in derselben Reihenfolge vor dir auf, wie in der Tabelle angegeben. Halte abwechselnd zuerst die rote und anschließend die blaue Farbfolie vor deine Lichtquelle, damit alle Karten mit dem farbigen Licht angestrahlt werden.

<i>Licht</i>		<i>Kärtchen</i>		
Weiß	GRAU	GELB	ORANGE	ROT
Rot				
Blau				
Weiß	TÜRKIS	GRÜN	BLAU	LILA
Rot				
Blau				

Beobachtung: Fülle in der Tabelle aus, in welcher Farbe du die Kärtchen siehst, wenn du sie mit dem roten bzw. blauen Licht beleuchtest.

D Arbeitsblatt – 4. Einheit – Gruppe A

NAME:

Sicherheitshinweis: Blicke nie direkt in eine Lichtquelle! Du könntest damit deine Augen schädigen!

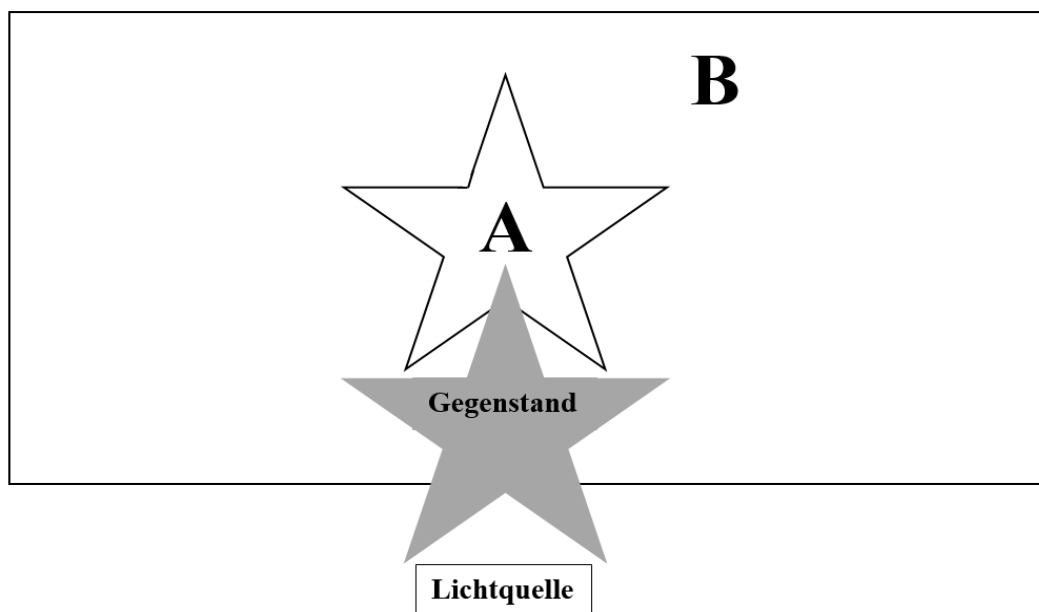
Experiment 1

Material:

- Farbfolien in den Farben Rot, Grün und Blau
- Lichtquelle (Lampe, Taschenlampe etc.)
- beliebiger (undurchsichtiger) Gegenstand

Durchführung:

Stelle einen beliebigen, undurchsichtigen Gegenstand gegenüber einer weißen Wand auf. Verdunkle den Raum und beleuchte den Gegenstand von vorne mit einer Lichtquelle. Bringe nacheinander eine der drei Farbfolien zwischen die Quelle und den Gegenstand.



Beobachtung: Notiere bei jeder Folie, in welcher Farbe du den Schatten des Gegenstandes (A) und in welcher Farbe du die weiße Wand hinter dem Gegenstand (B) siehst.

.....

.....

.....

.....

.....

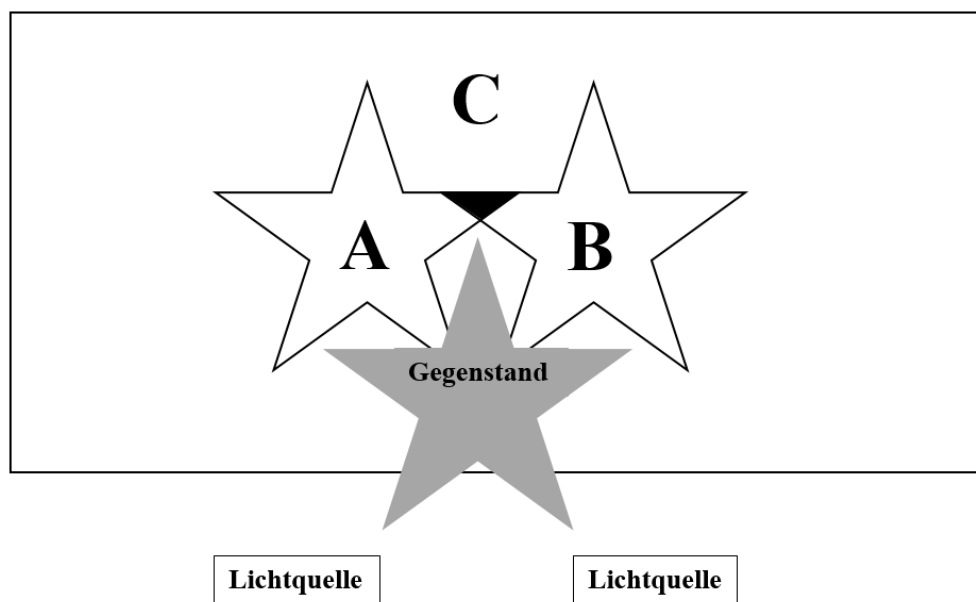
Experiment 2

Material:

- Farbfolien in den Farben Rot, Grün und Blau
- zwei Lichtquellen (Lampe, Taschenlampe etc.)
- beliebiger (undurchsichtiger) Gegenstand

Durchführung:

Der Aufbau dieses Experiments ist nur geringfügig anders als beim vorherigen. Der einzige Unterschied besteht darin, dass der Gegenstand diesmal von zwei Lichtquellen beleuchtet werden soll. Dabei steht eine etwas weiter links und die andere etwas weiter rechts vor dem Objekt. Halte immer gleichzeitig eine farbige Folie zwischen eine der Lichtquellen und dem Gegenstand und eine anders farbige Folie zwischen die andere Quelle und den Gegenstand.



Beobachtung: Notiere bei jedem Folienpaar, in welcher Farbe du den linken (A) und den rechten (B) Schatten des Gegenstandes (A) sowie in welcher Farbe du die weiße Wand hinter dem Gegenstand (C) siehst.

.....

.....

.....

.....

.....

E Arbeitsblatt – 1. Einheit – Gruppe B

NAME:

Sicherheitshinweis: Blicke nie direkt in eine Lichtquelle! Du könntest damit deine Augen schädigen!

Experiment 1

Material:

- Lichtquelle (Lampe, Taschenlampe etc.)
- Karton mit schmalem Schlitz
- kleines Prisma
- weiße Wand

Durchführung:

Suche dir einen Tisch, der vor einer weißen Wand steht. Platziere die Lichtquelle so auf dem Tisch, dass das Licht in Richtung der Zimmerdecke leuchtet. Stülpe den Karton so über die Lichtquelle, dass sich der schmale Schlitz direkt über dem Lichtstrahl befindet. Nimm das kleine Prisma zur Hand und halte es der Länge nach und in einem Abstand von ein paar Zentimetern über den ausgeleuchteten Schlitz. Drehe das Prisma langsam um seine Längsachse und beobachte, was auf der weißen Wand passiert. Beachte dabei, dass das Prisma sich immer über dem Lichtschlitz befinden muss.

Erklärung:

Erkläre das Verhalten des Lichtstrahls hinsichtlich dessen Weg und Farbe zwischen dem Karton und der Wand!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Experiment 2

Material:

- Lichtquelle (Lampe, Taschenlampe etc.)
- CD
- weiße Wand

Durchführung:

Halte die CD mit der Unterseite in Richtung einer weißen Wand. Beleuchte diese Seite der CD mit der Lichtquelle und beobachte, was auf der weißen Wand geschieht. Bewege dabei die CD auch seitlich und variiere ebenso ihren Abstand zur Lichtquelle.

Erklärung:

Erkläre das Verhalten des Lichtstrahls hinsichtlich dessen Weg und Farbe zwischen der Lichtquelle und der Wand.

.....

.....

.....

.....

Experiment 3

Material:

- verschiedene Lichtquellen (Sonne, Lampe, Taschenlampe etc.)
- Spektralbrille

Durchführung:

Setze die Spektralbrille auf und betrachte verschiedene Lichtquellen damit. Blicke dabei nie direkt in eine der Quellen, sondern beobachte sie von der Seite.

Erklärung: Erkläre, was du siehst!

.....

.....

F Arbeitsblatt – 2. Einheit – Gruppe B

NAME:

Sicherheitshinweis: Blicke nie direkt in eine Lichtquelle! Du könntest damit deine Augen schädigen!

Experiment 1

Material:

- LED-Farbstrahler in den Farben Rot, Grün und Blau

Durchführung:

Leuchte mit den unterschiedlich farbigen Strahlern auf einen schwarzen Hintergrund. Wenn du anstatt der Lichtstrahlen lieber Lichtkegel haben möchtest, musst du lediglich die Deckel der Strahler entfernen.

Erklärung: Notiere, welche Farben du siehst, wenn du jeweils zwei bzw. alle drei Farbstrahler auf dieselbe Stelle richtest und erkläre, wie diese zustande kommen.

.....

.....

.....

.....

Experiment 2

Material:

- zwei Lichtquellen (Lampe, Taschenlampe etc.)
- Spektralbrille

Durchführung:

Beobachte mit Hilfe der Spektralbrille zwei voneinander nicht allzu weit entfernte (einige Dezimeter) Lichtquellen. Betrachte die Quellen dabei von der Seite und versuche, dass sich die Farbzerlegungen beider Lampen überlagern.

Erklärung: Notiere, welche Farben du erkennen kannst, die nicht im ursprünglichen Spektrum enthalten sind und erkläre, wie diese zustande kommen.

.....

.....

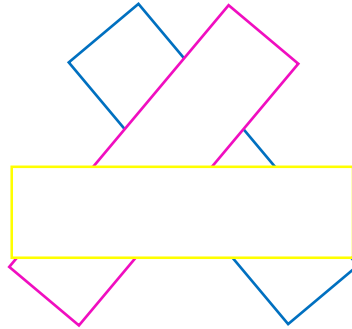
Experiment 3

Material:

- Klebezettel in den Farben Gelb, Magenta (helles Purpur) und Cyan (Blaugrün)

Durchführung:

Klebe die einzelnen Zettel so auf die Abbildung, wie es die farbigen Rahmen vorgeben.



Erklärung: Notiere, welche zusätzlichen Farben du erkennen kannst und erkläre, wie diese zustande kommen.

.....

.....

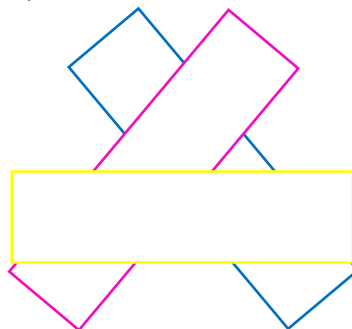
Experiment 4

Material:

- Filzstifte in den Farben Gelb, Magenta (helles Purpur) und Cyan (Blaugrün)

Durchführung:

Male die Felder mit Hilfe von Filzstiften aus. Beginne dabei mit der hellsten Farbe (Gelb) und ende mit der dunkelsten (Cyan).



Erklärung: Notiere, welche zusätzlichen Farben du erkennen kannst und erkläre, wie diese zustande kommen?

.....

.....

G Arbeitsblatt – 3. Einheit – Gruppe B

NAME:

Experiment 1

Material:

- Filzstifte in den Farben Blau und Rot
- 3D-Brille

Durchführung:

Schreibe mit dem blauen Filzstift irgendeinen Satz in das untere Kästchen. Überschreibe anschließend die Nachricht durch einen weiteren Satz, den du mit Hilfe des roten Stiftes schreibst.

Erklärung: Erkläre die von dir beobachteten Farbeindrücke, wenn du das Kästchen durch den roten bzw. den blauen Teil der Brille ansiehst.

Experiment 2

Material:

- Filzstift in der Farbe Magenta (helles Purpur)
- 3D-Brille

Durchführung:

Beobachte den magentafarbenen Stift abwechseln einmal durch den roten und dann durch den blauen Teil der 3D-Brille.

Erklärung: Erkläre die von dir beobachteten Farbeindrücke des Filzstiftes, wenn du diesen durch den roten bzw. blauen Teil der Brille ansiehst.

Sicherheitshinweis: Blicke nie direkt in eine Lichtquelle! Du könntest damit deine Augen schädigen!

Experiment 3

Material:

- Kärtchen in verschiedenen Farben
- Lichtquelle (Lampe, Taschenlampe etc.)
- Farbfolien in den Farben Rot und Blau

Durchführung:

Führe diesen Versuch in einem verdunkelten Raum durch. Lege die 8 Kärtchen, während sie von dem weißem Licht der Lampe beleuchtet werden, in derselben Reihenfolge vor dir auf, wie in der Tabelle angegeben. Halte abwechselnd zuerst die rote und anschließend die blaue Farbfolie vor deine Lichtquelle, damit alle Karten mit dem farbigen Licht angestrahlt werden.

<i>Licht</i>		<i>Kärtchen</i>		
Weiß	GRAU	GELB	ORANGE	ROT
Rot				
Blau				
Weiß	TÜRKIS	GRÜN	BLAU	LILA
Rot				
Blau				

Erklärung: Fülle in der Tabelle aus, in welcher Farbe du die Kärtchen siehst, wenn du sie mit dem roten bzw. blauen Licht beleuchtest. Wie kannst du diese Farbeindrücke erklären?

.....

.....

.....

.....

H Arbeitsblatt – 4. Einheit – Gruppe B

NAME:

Sicherheitshinweis: Blicke nie direkt in eine Lichtquelle! Du könntest damit deine Augen schädigen!

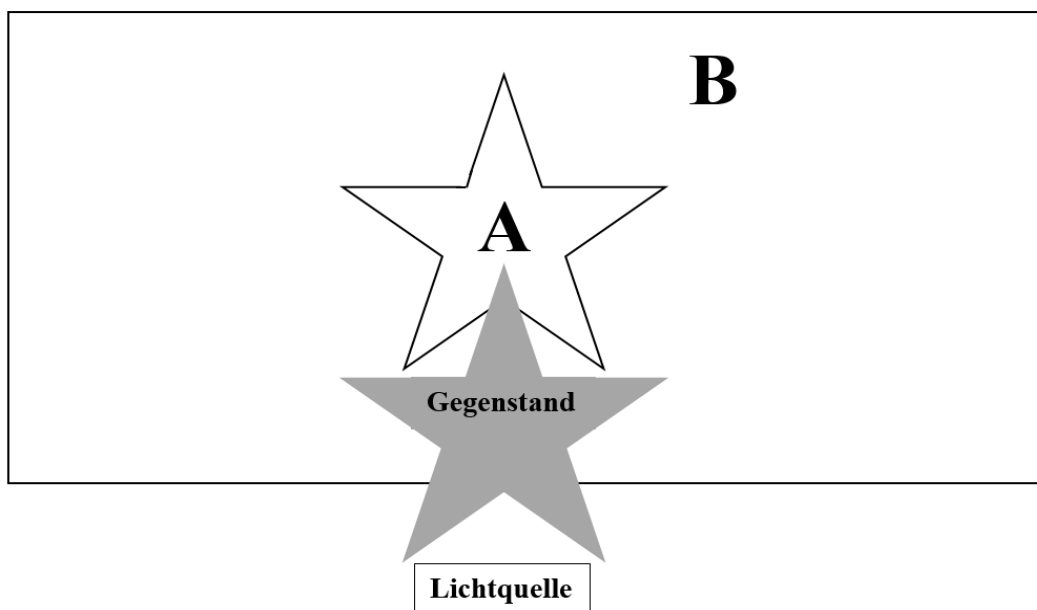
Experiment 1

Material:

- Farbfolien in den Farben Rot, Grün und Blau
- Lichtquelle (Lampe, Taschenlampe etc.)
- beliebiger (undurchsichtiger) Gegenstand

Durchführung:

Stelle einen beliebigen, undurchsichtigen Gegenstand gegenüber einer weißen Wand auf. Verdunkle den Raum und beleuchte den Gegenstand von vorne mit einer Lichtquelle. Bringe nacheinander eine der drei Farbfolien zwischen die Quelle und den Gegenstand.



Erklärung: Notiere bei jeder Folie, in welcher Farbe du den Schatten des Gegenstandes (A) und in welcher Farbe du die weiße Wand hinter dem Gegenstand (B) siehst. Erkläre, warum der Gegenstand einen Schatten wirft und wie die von dir beobachteten Farben zustande kommen.

.....

.....

.....

.....

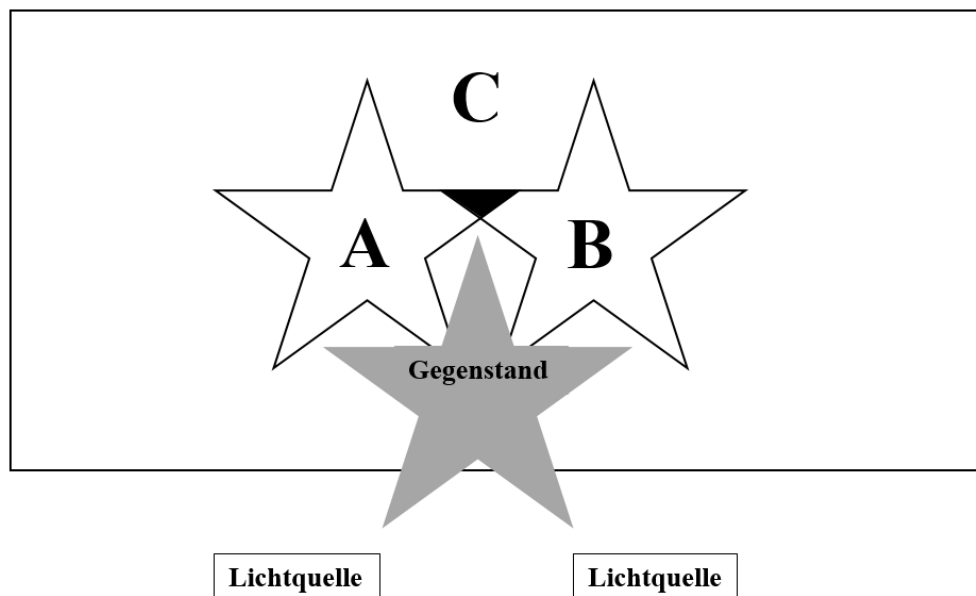
Experiment 2

Material:

- Farbfolien in den Farben Rot, Grün und Blau
- zwei Lichtquellen (Lampe, Taschenlampe etc.)
- beliebiger (undurchsichtiger) Gegenstand

Durchführung:

Der Aufbau dieses Experiments ist nur geringfügig anders als beim vorherigen. Der einzige Unterschied besteht darin, dass der Gegenstand diesmal von zwei Lichtquellen beleuchtet werden soll. Dabei steht eine etwas weiter links und die andere etwas weiter rechts vor dem Objekt. Halte immer gleichzeitig eine farbige Folie zwischen eine der Lichtquellen und dem Gegenstand und eine anders farbige Folie zwischen die andere Quelle und den Gegenstand.



Erklärung: Notiere bei jedem Folienpaar, in welcher Farbe du den linken (A) und den rechten (B) Schatten des Gegenstandes (A) sowie in welcher Farbe du die weiße Wand hinter dem Gegenstand (C) siehst. Erkläre, welche Arten von Schatten bei diesem Experiment auftreten und wie die von dir beobachteten Farben zustande kommen.

.....

.....

.....

.....

.....

I Elternbrief

Elternbrief

Sehr geehrte Eltern der 4A-Klasse,

mein Name ist Marie-Theres Manhart und ich bin Studentin an der Universität Wien. Im kommenden Semester werde ich mein Lehramtsstudium in den Fächern Physik und Russisch mit einer Diplomarbeit abschließen. In dieser Diplomarbeit soll es einen empirischen Untersuchungsteil geben. Dazu habe ich die Gelegenheit bekommen, Schüler und Schülerinnen der AHS Brigittenauer Gymnasium über die Wirksamkeit verschieden eingebetteter Schülerexperimente zum Thema „Licht und Farben“ im Physikunterricht der 4. Klasse zu befragen. In den nächsten Monaten soll in der Klasse, die Ihr Kind besucht, die Befragung durchgeführt werden. Diese Befragung bezweckt die Erhebung wissenschaftlicher Daten für meine Diplomarbeit. Auf den Fragebögen werden den Kindern Fragen zum Fachwissen sowie zu Motivation, Interesse und Selbstkonzept in Bezug auf den Physikunterricht gestellt. Die Fragebögen werden anonym auszufüllen sein, und die erhobenen Daten werden nur zur Forschung für meine Arbeit verwendet.

Ich bitte Sie, den unten angefügten Abschnitt auszufüllen und der Klassenlehrerin zukommen zu lassen.

Vielen Dank für Ihre Mithilfe!
Marie-Theres Manhart

Ich bestätige, dass mein Kind
(Schulstufe 8, 4. Klasse) an der Befragung über die Wirksamkeit verschieden eingebetteter Schülerexperimente zum Thema „Licht und Farben“ im Physikunterricht der 4. Klasse teilnehmen darf:

☐ ja

☐ nein

Datum, Unterschrift des/der Erziehungsberechtigten:

J Prätest

Erkennungszeichen:

Prätest zum Thema „Licht und Farben“

Aufgabe 1

Kannst du dir vorstellen, dass im Licht der Sonne oder einer Lampe bereits mehrere Sorten farbigmachenden Lichts enthalten sind?

☐ Ja

☐ Nein

Was passiert, wenn Licht von der Sonne oder einer Lampe auf ein Prisma fällt?

- ☐ Es entstehen Farben.
- ☐ Das Prisma färbt das Licht.
- ☐ Das Prisma zerlegt das Licht in seine farbigen Anteile.
- ☐ Ich weiß es nicht.

Aufgabe 2

Eine weiße Wand wird gleichzeitig mit rotem und grünem Licht beleuchtet. In welcher Farbe siehst du die Wand?

.....

Eine rote Wand wird mit einem grünen Licht beleuchtet. In welcher Farbe siehst du die Wand?

.....

Aufgabe 3

Ein Mädchen ist in einem dunklen Raum mit verschiedenen Gegenständen. Wähle aus, welche Gegenstände das Mädchen deiner Meinung nach sieht.

- | | |
|--|--|
| ☐ Sie sieht nichts. | ☐ Sie kann rote Gegenstände sehen. |
| ☐ Sie kann schwarze Gegenstände sehen. | ☐ Sie kann gelbe Gegenstände sehen. |
| ☐ Sie kann dunkelblaue Gegenstände sehen. | ☐ Sie kann weiße Gegenstände sehen. |

Begründe deine Antwort!

.....

.....

Aufgabe 4

Weshalb sieht man einen Baustein, der von Sonnenlicht beleuchtet wird, blau?

- ☐ Weil der Baustein blau angemalt ist.
- ☐ Weil der Baustein von der Sonne beleuchtet wird.
- ☐ Weil wir Farben unterscheiden können.
- ☐ Weil der Baustein blaumachendes Licht in meine Augen sendet.

Ein Baustein liegt im Sonnenlicht und wird grün gesehen. In welcher Farbe wird der Baustein gesehen, wenn er mit rotem Licht beleuchtet wird?

Begründe deine Antwort!

.....

Aufgabe 5 (Kreuze Zutreffendes an!)

Geschlecht: ☐ weiblich ☐ männlich

Aktuelle Note in Physik (oder letzte Note): ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft völlig zu
1. Physik ist eines meiner Lieblingsfächer.	☐	☐	☐	☐
2. Physik zählt für mich zu einem der wichtigsten Fächer.	☐	☐	☐	☐
3. Ich kann mir vorstellen, später einen Beruf zu ergreifen, der mit Physik zu tun hat.	☐	☐	☐	☐
4. Die Inhalte, die wir in Physik lernen, finde ich sehr interessant.	☐	☐	☐	☐
5. Ich lerne für das Fach Physik, weil ich es wirklich verstehen möchte.	☐	☐	☐	☐
6. Ich lerne für das Fach Physik, weil ich eine gute Note haben möchte.	☐	☐	☐	☐
7. Die Inhalte im Physikunterricht sind schwierig.	☐	☐	☐	☐
8. Das Lernen für das Fach Physik fällt mir nicht schwer.	☐	☐	☐	☐
9. Bei der Bearbeitung neuer Aufgaben im Physikunterricht bin ich mir sicher, dass ich sie schaffe.	☐	☐	☐	☐
10. Es macht mir Spaß, besonders schwierige Aufgaben im Physikunterricht zu lösen.	☐	☐	☐	☐
11. Meiner Einschätzung nach sind meine Leistungen im Physikunterricht sehr gut.	☐	☐	☐	☐

K Posttest – Gruppe A

Erkennungszeichen:

Posttest zum Thema „Licht und Farben“

Aufgabe 1

Kannst du dir vorstellen, dass im Licht der Sonne oder einer Lampe bereits mehrere Sorten farbigmachenden Lichts enthalten sind?

☐ Ja

☐ Nein

Beschreibe was passiert, wenn Licht von der Sonne oder einer Lampe auf ein Prisma fällt!

.....
.....

Aufgabe 2

Eine weiße Wand wird gleichzeitig mit rotem und grünem Licht beleuchtet. In welcher Farbe siehst du die Wand?

.....

Eine rote Wand wird mit einem grünen Licht beleuchtet. In welcher Farbe siehst du die Wand?

.....

Aufgabe 3

Ein Mädchen ist in einem dunklen Raum mit verschiedenen Gegenständen. Wähle aus, welche Gegenstände das Mädchen deiner Meinung nach sieht.

☐ Sie sieht nichts.

☐ Sie kann rote Gegenstände sehen.

☐ Sie kann schwarze Gegenstände sehen.

☐ Sie kann gelbe Gegenstände sehen.

☐ Sie kann dunkelblaue Gegenstände sehen.

☐ Sie kann weiße Gegenstände sehen.

Begründe deine Antwort!

.....
.....

Aufgabe 4

Weshalb sieht man einen Baustein, der von Sonnenlicht beleuchtet wird, blau?

.....

Ein Baustein liegt im Sonnenlicht und wird grün gesehen. In welcher Farbe wird der Baustein gesehen, wenn er mit rotem Licht beleuchtet wird?

Begründe deine Antwort!

.....

Aufgabe 5

Ein Blatt Papier wird mit einer Lampe beleuchtet und von einem Jungen weiß gesehen. Nun wird eine durchsichtige, rote Folie vor die Lampe gehalten. In welcher Farbe sieht der Junge das Blatt?

Begründe deine Antwort!

.....

Aufgabe 6 (Bitte Zutreffendes ankreuzen!)

Geschlecht: ☐ weiblich ☐ männlich

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft völlig zu
1. Die Einstiegsexperimente haben dazu beigetragen, dass ich die Inhalte des Physikunterrichts besser verstanden habe.	☐	☐	☐	☐
2. Aufgrund der Einstiegsexperimente habe ich das Gefühl, die physikalischen Inhalte auf längere Sicht verstanden zu haben.	☐	☐	☐	☐
3. Wegen der Einstiegsexperimente stieg meine Motivation, die physikalischen Inhalte wirklich verstehen zu wollen.	☐	☐	☐	☐
4. Durch die Einstiegsexperimente wurde mein Interesse für das Fach Physik deutlich größer.	☐	☐	☐	☐
5. Da die Experimente zu Beginn jeder Stunde stattfanden, war ich motivierter als im normalen Physikunterricht.	☐	☐	☐	☐
6. Würden wir jedes Mal am Anfang der Unterrichtsstunde selbständig Experimente durchführen, würde mir der Physikunterricht besser gefallen.	☐	☐	☐	☐

L Posttest – Gruppe B

Erkennungszeichen:

Posttest zum Thema „Licht und Farben“

Aufgabe 1

Kannst du dir vorstellen, dass im Licht der Sonne oder einer Lampe bereits mehrere Sorten farbigmachenden Lichts enthalten sind?

☐ Ja

☐ Nein

Beschreibe was passiert, wenn Licht von der Sonne oder einer Lampe auf ein Prisma fällt!

.....
.....

Aufgabe 2

Eine weiße Wand wird gleichzeitig mit rotem und grünem Licht beleuchtet. In welcher Farbe siehst du die Wand?

.....

Eine rote Wand wird mit einem grünen Licht beleuchtet. In welcher Farbe siehst du die Wand?

.....

Aufgabe 3

Ein Mädchen ist in einem dunklen Raum mit verschiedenen Gegenständen. Wähle aus, welche Gegenstände das Mädchen deiner Meinung nach sieht.

☐ Sie sieht nichts.

☐ Sie kann rote Gegenstände sehen.

☐ Sie kann schwarze Gegenstände sehen.

☐ Sie kann gelbe Gegenstände sehen.

☐ Sie kann dunkelblaue Gegenstände sehen.

☐ Sie kann weiße Gegenstände sehen.

Begründe deine Antwort!

.....
.....

Aufgabe 4

Weshalb sieht man einen Baustein, der von Sonnenlicht beleuchtet wird, blau?

.....

Ein Baustein liegt im Sonnenlicht und wird grün gesehen. In welcher Farbe wird der Baustein gesehen, wenn er mit rotem Licht beleuchtet wird?

Begründe deine Antwort!

.....

Aufgabe 5

Ein Blatt Papier wird mit einer Lampe beleuchtet und von einem Jungen weiß gesehen. Nun wird eine durchsichtige, rote Folie vor die Lampe gehalten. In welcher Farbe sieht der Junge das Blatt?

Begründe deine Antwort!

.....

Aufgabe 6 (Bitte Zutreffendes ankreuzen!)

Geschlecht: ☐ weiblich ☐ männlich

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft völlig zu
1. Die Erarbeitungsexperimente haben dazu beigetragen, dass ich die Inhalte des Physikunterrichts besser verstanden habe.	☐	☐	☐	☐
2. Aufgrund der Erarbeitungsexperimente habe ich das Gefühl, die physikalischen Inhalte auf längere Sicht verstanden zu haben.	☐	☐	☐	☐
3. Wegen der Erarbeitungsexperimente stieg meine Motivation, die physikalischen Inhalte wirklich verstehen zu wollen.	☐	☐	☐	☐
4. Durch die Erarbeitungsexperimente wurde mein Interesse für das Fach Physik deutlich größer.	☐	☐	☐	☐
5. Da die Experimente am Ende jeder Stunde stattfanden, war ich motivierter als im normalen Physikunterricht.	☐	☐	☐	☐
6. Würden wir jedes Mal am Ende der Unterrichtsstunde selbständig Experimente durchführen, würde mir der Physikunterricht besser gefallen.	☐	☐	☐	☐

M Fragen zur Unterrichtssequenz – Gruppe A

Erkennungszeichen:

Fragen zur Durchführung des Unterrichts

Geschlecht: ☐ weiblich ☐ männlich

Beantworte folgende Fragen in kurzen Sätzen!

1. Beschreibe mit eigenen Worten, was dir an den vergangenen vier Unterrichtsstunden besonders gut gefallen hat.

2. Beschreibe mit eigenen Worten, was dir an den vergangenen vier Unterrichtsstunden überhaupt nicht gefallen hat.

3. Fandest du es gut, dass du den Ausgang der Experimente nicht im Vorhinein wusstest? Begründe!

4. Hättest du vor der Durchführung der Experimente lieber mehr über die Theorie dahinter erfahren? Begründe!

N Fragen zur Unterrichtssequenz – Gruppe B

Erkennungszeichen:

Fragen zur Durchführung des Unterrichts

Geschlecht: ☐ weiblich ☐ männlich

Beantworte die folgenden Fragen in kurzen Sätzen!

1. Beschreibe mit eigenen Worten, was dir an den vergangenen vier Unterrichtsstunden besonders gut gefallen hat.

2. Beschreibe mit eigenen Worten, was dir an den vergangenen vier Unterrichtsstunden überhaupt nicht gefallen hat.

3. Hättest du dir lieber selbst Gedanken über den physikalischen Hintergrund gemacht? Begründe!

4. Halfen dir die Experimente dabei, die vorher gelernten physikalischen Inhalte besser zu verstehen? Begründe!