

Bei dieser Arbeit handelt es sich um eine Wissenschaftliche Hausarbeit, die an der Universität Kassel angefertigt wurde. Die hier veröffentlichte Version kann von der als Prüfungsleistung eingereichten Version geringfügig abweichen. Weitere Wissenschaftliche Hausarbeiten finden Sie hier: <https://kobra.bibliothek.uni-kassel.de/handle/urn:nbn:de:hebis:34-2011040837235>

Diese Arbeit wurde mit organisatorischer Unterstützung des Zentrums für Lehrerbildung der Universität Kassel veröffentlicht. Informationen zum ZLB finden Sie unter folgendem Link:

www.uni-kassel.de/zlb

Universität Kassel
Fachbereich 10
Mathematik und Naturwissenschaften
Institut für Physik
Didaktik der Physik

Examensarbeit im Fach Physik

**Der Einfluss von Lego Mindstorms
Experimenten auf das Interesse von
Lernenden und deren
Vorstellungen zum Energiebegriff**

Erstgutachter: Prof. Dr. Rita Wodzinski

Bearbeitungszeitraum: 27.08.2015 – 19.11.2015

Ausgearbeitet von Michael Siegel

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Motivation.....	1
1.2	Aufgabenstellung, Zielsetzung und Abgrenzung	2
1.3	Aufbau der Arbeit.....	4
2	Theoretische Grundlagen.....	6
2.1	Fachwissenschaftliche Betrachtung der Energie.....	8
2.2	Der Energiebegriff im Physikunterricht	10
2.3	Energie in der Fachdidaktik	13
2.3.1	Duit (1984, 1986).....	15
2.3.2	Crossley und Starauschek (2009, 2010a, 2010b).....	16
2.4	Interessenstudien zur Physik und dem Physikunterricht	22
2.4.1	Fachinteresse, Sachinteresse und Beliebtheit	24
2.4.2	Erhebung des Fachinteresses	26
2.4.3	Erhebung des Sachinteresses	30
2.4.4	Selbstkonzept in Bezug auf das Fach Physik	37
2.4.5	Prädiktorvariablen des Sach- und Fachinteresses.....	39
2.4.6	Schlussfolgerungen aus den Interessenstudien.....	41
2.5	Spielen und Spielzeug im Physikunterricht	42
2.6	Studien zu den Lego Mindstorms Experimenten	43
2.6.1	Studie zur Entwicklung und Bereitstellung von Anwendungssystemen (Opel, 2011)	44
2.6.2	Lego Mindstorms im Physikpraktikum für das Lehramt Physik (Frank & Jessen, 2014).....	45

2.6.3	Lego Mindstorms aus Sicht der Lernpsychologie (Rugen, 2004)	46
2.7	Zusammenfassung des Theorieteils	47
3	Beschreibung der Untersuchungsmethode	49
3.1	Rahmenbedingungen	49
3.2	Lego Mindstorms Experimente	50
3.2.1	Lego Mindstorms EV3	51
3.2.2	Physikexperimente mit Lego Mindstorms	53
3.2.3	Lego Mindstorms Experimente zur Energie	55
3.3	Untersuchungsdesign und Durchführung der Untersuchung	58
3.4	Untersuchungsinstrumente	59
3.4.1	Fragebogen	59
3.4.2	Schülerinterviews	64
3.4.3	Beobachtungsbogen	65
3.5	Entwicklung eines Kategoriensystems	65
3.6	Bewertung des Untersuchungsdesigns	73
4	Auswertung der Studie	75
4.1	Stichprobenbeschreibung	75
4.2	Befunde der Untersuchung	76
4.2.1	Schülerassoziationen zum Energiebegriff	76
4.2.2	Veränderung des Fachinteresses am Schulfach Physik	82
4.2.3	Veränderung des Selbstkonzepts	84
4.2.4	Veränderung des Sachinteresses über Energie	90
4.2.5	Beurteilung der Lego Mindstorms Experimente	95
4.2.6	Auswertung der Schülerinterviews	97

4.2.7	Auswertung der Beobachtungsbögen.....	101
4.2.8	Zusammenfassung der Auswertung.....	102
5	Bewertung der Ergebnisse	105
5.1	Bewertung der Untersuchungsergebnisse	105
5.2	Reflexion der Untersuchungsergebnisse.....	110
5.3	Einsetzbarkeit der Lego Mindstorms Experimente im Physikunterricht.....	110
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	112
	Literaturverzeichnis.....	114

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Untersuchungsgegenstände der Lego Mindstorms Experimente	7
Abbildung 2: Übersicht über verschiedene Energieformen (Inhalt entnommen aus Leitner & Finkh, 2011).....	9
Abbildung 3: Inhaltliche Konzepte/Inhaltsfelder aus dem Kerncurriculum für das Fach Physik (Hessisches Kultusministerium, 2015, S. 17).....	11
Abbildung 4: Assoziationen zum Wort Energie (Duit, 1984, S. 240).....	15
Abbildung 5: Assoziationen zur Energie in Kategorien	17
Abbildung 6: Vergleich der Assoziationen von Mädchen und Jungen (Crossley&Starauschek, 2010a, S. 3).....	19
Abbildung 7: Begriffsassoziationen zur Energie (Gymnasium, Klasse 9; aus: Crossley & Starauschek, 2009, S. 4).....	20
Abbildung 8: Interesse am Physikunterricht (Hoffmann et al., 1998, S. 20).....	26
Abbildung 9: Fachinteresse der Mädchen an naturwissenschaftlichen Fächern (Hoffmann et al., 1998, S. 22)	27
Abbildung 10: Fachinteresse der Jungen an naturwissenschaftlichen Fächern (Hoffmann et al., 1998, S. 22)	27
Abbildung 11: Die Beliebtheit der Fächer (Muckenfuß, 1995, S. 76).....	28
Abbildung 12: Die Beliebtheit der Fächer nach Geschlecht (Muckenfuß, 1995, S. 77)	29
Abbildung 13: Sachinteresse Physik (Hoffmann et al., 1998, S. 32)	31
Abbildung 14: Sachinteresse an physikalischen Themen (Muckenfuß, 1995, S. 36)	35
Abbildung 15: Interessendifferenz bei physikalischen Themen (Muckenfuß, 1995, S. 82).....	36

Abbildung 16: Das auf den Physikunterricht bezogene Selbstkonzept
(Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998, S. 66)..... 38

Abbildung 17: Prädiktorvariablen für die Auswirkungen auf das Fach- und
Sachinteresse (eigene Darstellung, Prädiktorvariablen
entnommen aus Hoffmann et al., S. 117-128)..... 40

Abbildung 18: Lego Mindstorms EV3 Stein (Kehlet, 2013, S. 4 und S. 7)..... 51

Abbildung 19: Motoren der Lego Mindstorms Experimente (Kehlet, 2013,
S. 10) 52

Abbildung 20: Bedienoberfläche Lego Mindstorms EV3 53

Abbildung 21: Physikexperimente der Lego Mindstorms EV3 Software 54

Abbildung 22: Datenauswertung und –analyse mit der Lego Mindstorms
Software..... 54

Abbildung 23: Experiment „Schwerkraft“ 55

Abbildung 24: Lego Mindstorms Experiment „Energieumwandlung“ 56

Abbildung 25: Einleitungstext zum Versuch „Energieumwandlung“ 56

Abbildung 26: Lego Mindstorms Experiment „Elektromobilität“ (1)..... 57

Abbildung 27: Lego Mindstorms Experiment „Elektromobilität“ (2)..... 57

Abbildung 28: Studienablauf zu den Lego Mindstorms Experimenten..... 58

Abbildung 29: Auswertekategorien für die Assoziationen (Duit, 1984, S. 217)..... 66

Abbildung 30: Begriffsnennungen zur Energie 77

Abbildung 31: Anzahl der Begriffsnennungen zur mechanischen Energie pro
Fragebogen sowie Fragebögen mit Begriffsnennung „Solar-
/Sonnenergie“ im Prä-Post-Vergleich 78

Abbildung 32: Begriffsassoziationen zur Energie im Vergleich Prä-/Posttest 80

Abbildung 33: Vergleich der Begriffsassoziationen (Posttest) mit den
Ergebnissen von Crossley und Starauschek 81

Abbildung 34: Fachinteresse im Prä- und Posttest 83

Abbildung 35: Fachinteresse am Schulfach Physik im Vergleich (links: eigene Untersuchungsergebnisse im Prä-Post-Vergleich, rechts: Ergebnisse der IPN-Interessenstudie, aus: Hoffmann et al., 1998, S. 20)	84
Abbildung 36: Übersicht Frageitens zum Selbstkonzept Teil I Prä- und Posttest.....	85
Abbildung 37: Selbstkonzept in Bezug auf das Fach Physik im Prä-Post- Vergleich	86
Abbildung 38: Das auf den Physikunterricht bezogene Selbstkonzept (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998, S. 66).....	86
Abbildung 39: Übersicht Frageitens zum Selbstkonzept, Teil II, Prä- und Posttest.....	87
Abbildung 40: Frageitens zum Selbstkonzept Teil II, Jungen im Prä-Post- Vergleich	88
Abbildung 41: Frageitens zum Selbstkonzept Teil II, Mädchen im Prä-Post- Vergleich	89
Abbildung 42: Sachinteresse an Energie, physikalisch-technischer Kontext, Prätest	90
Abbildung 43: Sachinteresse an Energie, physikalisch-technischer Kontext, Posttest.....	91
Abbildung 44: Sachinteresse physikalisch-technischer-Kontext, Prä-Post Vergleich	92
Abbildung 45: Sachinteresse an Energie, lebensweltlich-gesellschaftlicher Kontext, Prätest.....	93
Abbildung 46: Sachinteresse an Energie, lebensweltlich-gesellschaftlicher Kontext, Posttest	94
Abbildung 47: Sachinteresse lebensweltlich-gesellschaftlicher-Kontext, Prä- Post Vergleich.....	94

Abbildung 48: Prä-Post-Vergleich physikalisch-technischer Kontext und lebensweltlich-gesellschaftlicher Kontext	95
Abbildung 49: Bewertung der Lego Mindstorms Experimente	96
Abbildung 50: Auswertung des Beobachtungsbogens zum Versuch „Elektromobilität“	101
Abbildung 51: Auswertung des Beobachtungsbogens zum Versuch „Energieumwandlung“	101

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Energieformen im Curriculum des Fachs Physik (Hessisches Kultusministerium, 2010).....	12
Tabelle 2: Übersicht der Ergebnisse der Studien von Duit (1984, S.240) sowie Crossley und Starauschek (2009, S. 2).....	18
Tabelle 3: Über- und unterrepräsentierte Kontexte des Physikunterrichts (Hoffmann et al., 1998, S. 52f).....	33
Tabelle 4: Bewertung der Tätigkeiten des Physikunterrichts (Hoffmann et al., 1998, S. 54f).....	34
Tabelle 5: Frageitems zum Sachinteresse an Energie getrennt nach Kontexten.....	63
Tabelle 6: Kategoriensystem zur Kodierung der Begriffsassoziationen zur Energie.....	72
Tabelle 7: Einordnung der Aussagen aus den Schülerinterviews eins und zwei.....	99
Tabelle 8: Einordnung der Aussagen aus den Schülerinterviews drei und vier.....	100
Tabelle 9: Übersicht der Variablen Sach- und Fachinteresse sowie Selbstkonzept.....	103

Folgende Anlagen können auf der beiliegenden CD eingesehen werden:

- Vollständige Transkriptionen der Schülerinterviews
- Fragebögen des Prä- und Posttests
- Beobachtungsprotokoll
- Interviewleitfaden
- Literatur, die aus dem Internet bezogen wurde

1 Einleitung

Diese Examensarbeit untersucht die Auswirkungen von Lego Mindstorms Physikexperimenten auf das Interesse der Lernenden am Physikunterricht sowie deren Vorstellungen zum Energiebegriff.

In Kapitel 1.1 werden Beweggründe für die Erstellung dieser Arbeit aufgezeigt. Ausgehend von der Motivation zur Wahl des Themas werden in Kapitel 1.2 die Aufgabenstellung sowie die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit formuliert. Gleichzeitig wird das gewählte Thema inhaltlich von anderen Forschungsgebieten der Physik-Fachdidaktik abgegrenzt.

Abschließend gibt Kapitel 1.3 einen Überblick über den formalen Aufbau der Arbeit.

1.1 Motivation

Studien zufolge ist das Schulfach Physik eines der unbeliebtesten Schulfächer (vgl. Fruböse, 2010; Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998; Merzyn, 2009; Muckenfuß, 1995 u.v.a.m.). Die Beweggründe für diese Einstellungen sind vielfältig: Kaum ein Schulfach verwendet eine so künstliche Sprache und begibt sich in eine derart abstrakte und „nüchterne Gedanken- und Zahlenwelt“ (Rauhfuß, 1989, S. 53). Darüber hinaus wirkt die Verwendung abstrakter physikalischer Größen wie der Energie, der Entropie oder des Impulses abschreckend auf viele Lernende. Folglich wurde in einigen Untersuchungen ein negativ geprägtes Selbstkonzept der Lernenden in Bezug auf den Physikunterricht festgestellt (vgl. u.a. Hoffmann et al., 1998, S. 65ff). Zudem findet sich das Fach Physik in verschiedenen Interessenstudien meistens auf einem der hinteren Plätze (vgl. Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998; Merzyn, 2013; Muckenfuß, 1995). Sowohl das Interesse am Fach Physik als auch das Interesse an physikalischen Sachverhalten ist gemäß einiger Studien gering ausgeprägt.

Um diese Defizite zu überwinden, gab es in den vergangenen Jahren immer wieder Versuche von Lehrmittelherstellern, aktuelle Forschungsergebnisse der Physik-Fachdidaktik in die Entwicklung von Lehrmitteln für den Physikunterricht einfließen zu lassen. Auch der dänische Spielzeughersteller Lego bietet seit 1998 mit seinem Lego Mindstorms System ein Lehrmittel an, das neben dem Einsatz im Informatik- und Mathematikunterricht auch Möglichkeiten zur Anwendung im Physikunterricht zulässt. Die aktuellste Version der Lego Mindstorms bietet zahlreiche Versuche zu verschiedenen Bereichen der Physik an. Lego Mindstorms Experimente ermöglichen so einen spielerischen und positiv belegten Zugang zu Physikexperimenten.

Allerdings stellt sich die Frage, inwiefern die Lego Mindstorms Experimente geeignet sind, die eingangs benannten Defizite des Physikunterrichts zu verringern. Kann der Einsatz von Lego Mindstorms Physikexperimenten also dazu beitragen, Lernbarrieren und Hemmnisse abzubauen, das Selbstkonzept der Lernenden sowie deren Interesse am Physikunterricht zu verbessern und gleichzeitig einen kontextorientierten und fachwissenschaftlich fundierten Unterricht zu ermöglichen?

1.2 Aufgabenstellung, Zielsetzung und Abgrenzung

Im Rahmen dieser Arbeit werden Lego Mindstorms Physikexperimente mit Blick auf zahlreiche fachdidaktische Aspekte bewertet. Auf der Grundlage von Daten aus einer Untersuchung einer 10. Klasse können abschließend zahlreiche Auswirkungen von Lego Mindstorms Experimenten auf verschiedene Variablen der Physik-Fachdidaktik bewertet werden.

Wie eingangs beschrieben wird der Physikunterricht aufgrund seiner abstrakten Sprache und schwer greifbaren Begriffe wie beispielsweise der Energie als sehr unbeliebt bewertet (vgl. Fruböse, 2010; Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998; Merzyn, 2013). Zudem zeigte sich in o.g. Untersuchungen, dass leistungsstarke und leistungsschwache Lernende oftmals zwei Lager in einer Klasse bilden. Physikdidaktiker sprechen daher auch von der „polarisierenden Wirkung des Physikunterrichts“ (Fruböse, 2010, S. 388 zitiert nach Merzyn, 2009). Darüber hinaus herrscht im Physikunterricht eine ausgeprägte Gender-Problematik: während das Fach Physik bei den Jungen recht beliebt ist, herrscht auf Seiten der Mädchen oftmals eine große Abneigung (Muckenfuß, 1995, S. 77). Ähnliche Unterschiede zeigen sich auch in der Erhebung des Selbstkonzepts der Lernenden in Bezug auf das Schulfach Physik (vgl. Hoffmann et al., 1998, S. 65).

Ausgehend von diesen Überlegungen befasst sich die vorliegende Arbeit daher mit folgenden Forschungsfragen:

Inwieweit verändert sich das Fachinteresse zum Fach Physik durch den Einsatz von Lego Mindstorms Experimenten?

Inwieweit verändert sich das Selbstkonzept der Lernenden in Bezug auf das Schulfach Physik durch den Einsatz von Lego Mindstorms Experimenten?

Neben der Untersuchung der Variablen Fachinteresse sowie Selbstkonzept wird in einem weiteren Abschnitt der hier vorliegenden Arbeit die inhaltliche Wirksamkeit von Lego Mindstorms Experimenten erforscht.

Wie eingangs erwähnt nutzt die Physik zahlreiche abstrakte und vor allem für die Lernenden schwer definierbare Begriffe wie der Energie. Der Energiebegriff ist ein theoretisches Gedankenkonstrukt, mit dessen Hilfe zahlreiche Vorgänge in der Natur beschrieben werden können. Für viele Schüler¹ ist das physikalische Konzept der Energie allerdings nur schwer greifbar und zudem sehr abstrakt. Zahlreiche Untersuchungen zeigten dementsprechend Lernschwierigkeiten und Fehlvorstellungen zum Energiebegriff (vgl. Duit, 1986).

Um den physikalischen Terminus Energie anschaulicher vermitteln zu können, kann dieser in unterschiedliche Kontexte des Physikunterrichts eingebettet werden. Allerdings empfinden Lernende nicht jeden Kontext des Physikunterrichts als interessant und ansprechend. So genannte Assoziationstests können helfen, Kontexte zu erfragen, die bei den Lernenden ein hohes Interesse hervorrufen. So können auf Grundlage der Schülerassoziationen sowohl schüler- als auch kontextorientierte Unterrichte geplant werden. Darüber hinaus geben Assoziationstests Aufschluss über das Maß der Ausdifferenzierung eines Fachterminus auf Seiten der Lernenden.

Im Rahmen dieser Untersuchung werden daher die Schülerassoziationen zur Energie abgefragt. In diesem Abschnitt der Arbeit ist die Frage zentral, welche Auswirkungen die Lego Mindstorms Experimente auf die Assoziationen zum Energiebegriff haben. In entsprechenden Tests vor und nach der Durchführung der Lego Mindstorms Experimente werden diese Assoziationen zur Energie erhoben.

Um einen Vergleich der eigenen Daten mit Untersuchungsergebnissen bereits bestehender Studien anstellen zu können, werden in der eigenen Untersuchung die Studien von Duit (1986) sowie Crossley und Starauschek (2010a) repliziert.

Diesem Untersuchungsabschnitt werden folgende Forschungsfragen vorangestellt:

Wie sehen die Schülerassoziationen zum Energiebegriff aus? Inwiefern lassen sich die Ergebnisse zu den Assoziationen des Energiebegriffs aus den Studien von Duit (1986) und Crossley & Starauschek (2010a) reproduzieren?

Neben dem eingangs genannten Fachinteresse wird in zahlreichen Untersuchungen auch das Interesse an verschiedenen physikalischen Aspekten und Kontexten untersucht. In der Fachliteratur ist hier auch häufig vom Sachinteresse die Rede (vgl. Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998; Muckenfuß, 1995). Im Rahmen dieser Arbeit wird neben dem Interesse am Fach Physik auch das Sachinteresse der Lernenden an verschiedenen Kontexten zur Energie erfragt. Für die Untersuchung dieses Teilaspekts wird folgende Forschungsfrage formuliert:

¹ Im Folgenden wird der Begriff "Schüler" synonym für beide Geschlechter verwendet.

Inwieweit kann durch den Einsatz der Lego Mindstorms Experimente das Sachinteresse zur Energie gesteigert werden?

Die Schüler werden in der Untersuchung Experimente zur Energieumwandlung von elektrischer in kinetische Energie durchführen. Zudem wird in einem der beiden Experimente eine Photozelle zur Energiegewinnung genutzt. Es ist damit zu rechnen, dass die Schülerassoziationen im Bereich der mechanischen Energie und der Solarenergie/Sonnenenergie weiter ausdifferenziert wird. Daher wird folgende Hypothese aufgestellt und abschließend geprüft:

Die Lernenden werden durch den Einsatz der Lego Mindstorms Experimente den Energiebegriff im Bereich der mechanischen Energie sowie der Solarenergie/Sonnenenergie weiter ausdifferenzieren.

Ziel dieser Arbeit ist es nicht, allumfassende Aussagen zu den erhobenen Fragen zu treffen. Bedingt durch die geringe Stichprobe sind die Ergebnisse dieser Arbeit nicht repräsentativ. Vielmehr sind sie als erster Indikator für potentielle Auswirkungen der Lego Mindstorms Physikexperimente zu verstehen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Nachdem in Kapitel 1 Motivation, Aufgabenstellung und Zielsetzung dieser Arbeit formuliert wurden, gibt Kapitel 2 einen Überblick über relevante theoretische Grundlagen aus der aktuellen Forschung der Physik-Fachdidaktik.

Zentrales Thema dieses Kapitels ist zunächst die Ausführung wesentlicher fachwissenschaftlicher sowie fachdidaktischer Aspekte zum Energiebegriff (Kapitel 2.1 bis 2.3). Kapitel 2.4 gibt anschließend einen Überblick über den derzeitigen Forschungsstand bedeutender Interessenstudien des Physikunterrichts. Während Kapitel 2.5 fachdidaktische Aspekte des Spielens im Unterricht darstellt, werden in Kapitel 2.6 Studien zum Einsatz von Lego Mindstorms Experimenten vorgestellt. Abschließend fasst Kapitel 2.7 wesentliche Ergebnisse des Theorieteils zusammen.

In Kapitel 3 wird die für diese Arbeit verwendete Untersuchungsmethode beschrieben. Neben der Darstellung und Beschreibung der Untersuchungsgruppe sowie einzelner Untersuchungsinstrumente werden an dieser Stelle auch die untersuchten Lego Mindstorms Experimente vorgestellt (Kapitel 3.2). Des Weiteren werden in diesem Kapitel das Untersuchungsdesign (Kapitel 3.3) sowie die genutzten Untersuchungsinstrumente dargestellt (Kapitel 3.4). Es

folgt die Beschreibung des Kategoriensystems zur Einordnung der Schülerassoziationen (Kapitel 3.5) sowie die Bewertung der hier verwendeten Untersuchungsmethode (Kapitel 3.6).

In Kapitel 4 werden wesentliche Ergebnisse der Untersuchung dargestellt und analysiert.

Anknüpfend an Kapitel 4 folgt in Kapitel 5 die Diskussion und Bewertung der Untersuchungsergebnisse vor dem Hintergrund des aktuellen Forschungsstands der Physik-Fachdidaktik. Zudem können die eingangs gestellten Forschungsfragen auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse beantwortet werden. Die Reflexion über die erlangten Erkenntnisse ist ebenfalls Bestandteil dieses Abschnitts.

Kapitel 6 fasst abschließend zentrale Ergebnisse der Untersuchung zusammen. Zudem werden an dieser Stelle der Arbeit weiterführende Forschungsfragen formuliert, die Untersuchungsgegenstand größer angelegter Studien sein können.

2 Theoretische Grundlagen

Wie eingangs beschrieben werden im Rahmen dieser Arbeit zahlreiche Aspekte des Einsatzes von Lego Mindstorms Experimenten untersucht. In diesem Kontext ist die Bezugnahme zum aktuellen Forschungsstand der Physik-Fachdidaktik und -methodik von großer Bedeutung, um die hier untersuchten Lehrmittel vor dem Hintergrund der aktuellen Forschung zu bewerten. Daher werden in diesem Kapitel bedeutende Untersuchungen der Fachdidaktik und -methodik zu allen hier untersuchten Forschungsfragen vorgestellt. Einen entsprechenden Überblick über die Abschnitte dieses Kapitels zeigt Abbildung 1 (Seite 7).

In den ersten Abschnitten dieses Kapitels wird zunächst der Energiebegriff aus rein fachwissenschaftlicher Sicht betrachtet und beschrieben (Kapitel 2.1). Darauf folgend wird die Bedeutung des Energiebegriffs in der Schule näher beschrieben (Kapitel 2.2). Anhand der aktuellen Lehrpläne sowie des Kerncurriculums für das Fach Physik werden Konzepte und Inhaltsfelder zur Energie im Physikunterricht dargelegt. Im darauf folgenden Kapitel 2.3 wird mit den Untersuchungen von Duit (1984, 1986) sowie Crossley und Starauschek (2009, 2010a, 2010b) der Forschungsstand zu Schülerassoziationen und Schülervorstellungen zur Energie dargelegt.

Kapitel 2.4 gibt einen Überblick über wesentliche Interessenstudien zum Schulfach Physik. Im Zentrum dieses Kapitels steht die IPN-Interessenstudie (Hoffmann et al., 1998), auf dessen Daten in der Auswertung und Diskussion Bezug genommen wird. Neben den Ergebnissen dieser Studie werden hier auch wesentliche Aspekte der Untersuchung von Heinz Muckenfuß (1995) dargestellt und diskutiert.

In den Kapiteln 2.5 und 2.6 werden Studienergebnisse zum Einsatz von Spielzeug im Physikunterricht sowie zum Einsatz der Lego Mindstorms Experimente vorgestellt.

Kapitel 2.7 fasst schließlich wesentliche Aspekte des aktuellen fachdidaktischen Forschungsstandes zusammen. Auf Grundlage dessen können in diesem Abschnitt der Arbeit bereits zu erwartende Untersuchungsergebnisse auf Grundlage des derzeitigen Forschungsstandes der Physik-Fachdidaktik formuliert werden. Die hier verfassten Thesen werden in der abschließenden Bewertung (Kapitel 4) geprüft.



Abbildung 1: Untersuchungsgegenstände der Lego Mindstorms Experimente

2.1 Fachwissenschaftliche Betrachtung der Energie

Der Terminus Energie hat seinen Wurzeln im Altgriechischen. Er setzt sich zusammen aus den Silben en (=in) und érgon (=Werk, Wirken) (Scholze-Stubenbrecht & Wermke, 1996). Gemäß dieser Definition ist Energie also etwas, das von innen heraus wirkt.

Geprägt wurde der Energiebegriff von den Wissenschaftlern Julius Robert Mayer, James Prescott Joule sowie Hermann von Helmholtz in den Vierzigerjahren des 19. Jahrhunderts (Simonyi, 1995, S. 366). Sie prägten die Idee von der Energie als Erhaltungsgröße. Darüber hinaus wurde der Energiebegriff auch von Justus Liebig weiterentwickelt: er untersuchte die Rolle der Wärmeenergie in der Chemie sowie energetische Aspekte bei Lebensvorgängen (ebd.). Auch Robert Mayer trug einen Teil zur Entwicklung des Energiebegriffs bei. Er untersuchte vor allem physiologische Aspekte der Energie.

Im heutigen physikalischen Kontext nimmt die Energie eine zentrale Rolle ein: die Energie stellt eine Verbindung aller Bereiche der klassischen und modernen Physik dar. Somit ist sie die alles verbindende physikalische Größe. Dieses Bild bestätigt sich bei genauer Betrachtung gängiger Nachschlagewerke der Physik (vgl. Demtröder, 2013a, 2013b; Gerthsen & Meschede, 2006; Harten, 2005; Tipler, Mosca & Wagner, 2015).

Trotz der prominenten Stellung im fachwissenschaftlichen Kontext ist eine genaue Definition des Begriffs Energie nur schwer möglich. Zwar gelingt die Beschreibung der Eigenschaften und Wirkung der Energie und es können verschiedene Energieformen benannt werden. Dennoch bleibt die Definition der Energie in allen Quellen recht vage. So tun sich selbst anerkannte Physiker wie der amerikanische Nobelpreisträger Richard Feynman bei der Definition des Energiebegriffs schwer. Feynman sagt über die Energie:

Es ist wichtig, einzusehen, dass wir in der heutigen Physik nicht wissen, was Energie ist. Wir haben kein Bild davon, dass Energie in kleinen Klumpen definierter Größe vorkommt.

Feynman, 2007, S. 46

Auch der Physikdidaktiker Helmut Hilscher (1995, S. 39) schreibt, dass sich „physikalische Begriffe wie die Energie [...] nicht durch Definitionen fassen [lassen]“. Allerdings stellt Energie ein „Mittel dar, verschiedene, scheinbar unzusammenhängende Phänomene als zusammengehörig, als Einheit zu begreifen“ (ebd.). Ferner charakterisiert Hilscher (ebd.) Energie als Erhaltungsgröße, die eine „Abhängigkeit zwischen allen Naturerscheinungen erkennen lässt.“

Duit (1986, S. 7) stellt Energie als einen universellen „Treibstoff“ dar, der aus „bestimmten Quellen“ gewonnen werden kann. Ferner entsteht Energie aus „Phänomen [wie] Wärme, Licht und Bewegung“ (ebd.). Energie kann hingegen auch diese Phänomene auslösen. Im Gegensatz zur physikalischen Kraft scheint „Energie [...] etwas Speicherbares zu sein“ (ebd.).

Nach Tipler et al. (2015, S. 168) ist die „Energie [...] eine der wichtigsten vereinheitlichenen Begriffsbildungen in der Wissenschaft überhaupt. Die Energie eines Systems ist seine Fähigkeit, Arbeit zu verrichten. Je nach den herrschenden Bedingungen bzw. Zuständen gibt es verschiedene Arten Energie“. Darüber hinaus ist die Energie eine so genannte Erhaltungsgröße, d.h. die „Gesamtenergie eines abgeschlossenen Systems bleibt zeitlich konstant, wobei die verschiedenen Energieformen ganz oder teilweise ineinander umgewandelt werden können“ (Demtröder, 2013a, S. 123).

Energie kann in den unterschiedlichsten Erscheinungsformen vorkommen. Die Physiklehrer Ernst Leitner und Ulrich Finkh geben auf ihrer Internetseite LEIFI-Physik eine Übersicht über verschiedene Energieformen in der Physik:

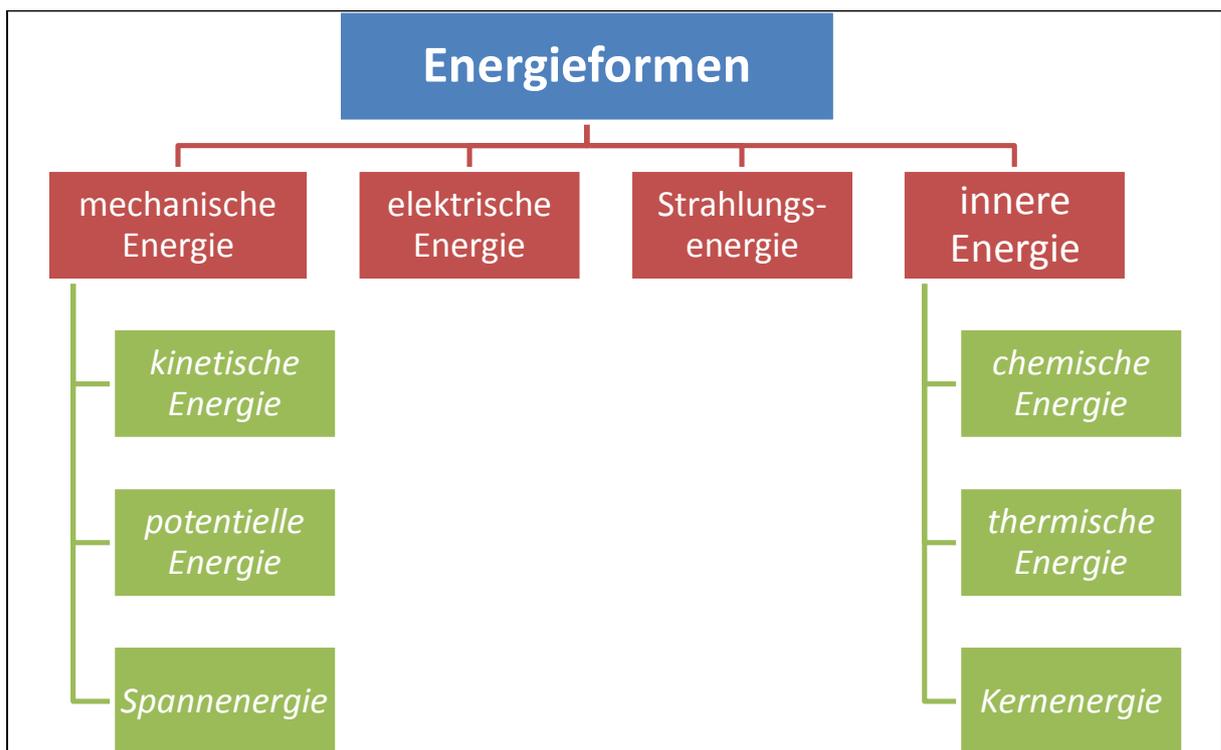


Abbildung 2: Übersicht über verschiedene Energieformen (Inhalt entnommen aus Leitner & Finkh, 2011)

Abbildung 2 (Leitner & Finckh, 2011) zeigt einen Großteil gängiger Energieformen und die entsprechende Klassifizierung in die Bereiche mechanische Energie, innere Energie, Strahlungsenergie und elektrische Energie. Einige dieser Energieformen sind in andere hier aufgeführte Formen umwandelbar, jedoch sind nur einige dieser Umwandlungsprozesse reversibel.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Energie Zusammenhänge zwischen scheinbar nicht zusammenhängenden Naturphänomenen herstellt und so die Teilbereiche der Physik und der Naturwissenschaften verbindet. Der Energiebegriff ist somit das Rückgrat aller Naturwissenschaften, der Technik und der Wirtschaft. Energie verbindet als „interdisziplinärer Begriff“ (Duit, 1984, S. 4) all diese Bereiche. Gleichzeitig stellt sich das physikalische Konzept der Energie als sehr abstrakt und theoretisch dar. Trotz der genauen Beschreibung der Eigenschaften von Energie bleibt der Begriff dennoch eine abstrakte physikalische Größe, die durch Definitionen kaum greifbar ist.

2.2 Der Energiebegriff im Physikunterricht

Wie eingangs erwähnt hat der Energiebegriff im fachwissenschaftlichen Kontext eine herausragende Funktion (vgl. Kapitel 2.1). Doch welche Bewandnis hat Energie im Physikunterricht der Sekundarstufe I und II? In welchen Bereichen des Schulunterrichts begegnet den Schülern der Begriff der Energie und wo ist er im Lehrplan für das Fach Physik verankert?

Nach Crossley & Starauschek (2010b, S. 113) hat der Energiebegriff in der Schule eine „zentrale Rolle“. Bedingt durch die gegenwärtige „Energieproblematik“ zählen sie den Begriff der Energie zu einem „epochaltypischen Schlüsselsystem“ (ebd.). Die große Bedeutung des Energiebegriffs für die Physik spiegelt sich auch im Kerncurriculum für das Fach Physik wider: Energie gehört neben den Begriffen Materie, Wechselwirkung und System zu den vier Basiskonzepten im Bereich der inhaltlichen Konzepte (vgl. Hessisches Kultusministerium, 2015, S. 17). Hier ist sie die einzige physikalische Größe, die den vier Basiskonzepten zugeordnet wird.

Im Bereich der Inhaltsfelder wird Energie zudem in den Kontexten „Energie in Umwelt und Technik“ sowie „Zukunftssichere Energieversorgung“ genannt (Hessisches Kultusministerium, 2015, S. 17). Eine entsprechende Übersicht der inhaltlichen Konzepte sowie der Inhaltsfelder zeigt Abbildung 3:



Abbildung 3: Inhaltliche Konzepte/Inhaltsfelder aus dem Kerncurriculum für das Fach Physik (Hessisches Kultusministerium, 2015, S. 17)

Die zentrale Bedeutung des Energiebegriffs wird in einem späteren Abschnitt des Curriculums erneut unterstrichen. Hier wird die Energie folgendermaßen charakterisiert (Hessisches Kultusministerium, 2015, S. 18):

Energie ist eine der wichtigsten Größen der Physik. Dieses Basiskonzept umfasst sowohl die physikalische wie auch die gesellschaftliche Relevanz der Energie. Energie ist ein trag- und entwicklungsfähiges Konzept und findet sich auch in den Fächern Biologie und Chemie wieder.

Zudem ist Energie in zahlreichen Bereichen des Lehrplans für das Fach Physik konkret benannt und zieht sich „als roter Faden durch alle Inhaltsfelder“ (Hessisches Kultusministerium, 2015, S. 23). So können nachfolgend Stellen aufgeführt werden, in denen der Energiebegriff im Lehrplan für das Gymnasium genannt wird.

Sekundarstufe I	Sekundarstufe II
Wärmeenergie (S. 11)	Energieerhaltungssatz, Energieumwandlung und verschiedene Energieträger (S. 22)
Mechanische Energie (S. 18)	Elektrische und magnetische Feldenergie (S. 24)
Wärmeenergie und Energieerhaltung (S. 18)	
Erzeugung und Nutzung der verschiedenen Energieformen, Bereitstellung von Energie, Möglichkeiten sparsamer Energieverwendung, Möglichkeiten zum Energiesparen (S. 19)	
Kernenergie (S. 20)	

Tabelle 1: Übersicht der Energieformen im Curriculum des Fachs Physik (Hessisches Kultusministerium, 2010)

Der Energiebegriff ist also in allen in Abbildung 2 benannten Energieformen auch verbindlich im Lehrplan für das Fach Physik verankert. Somit ist die Energie ein wesentlicher und bedeutsamer Aspekt des Physikunterrichts in der Sekundarstufe I und II. Duit (1991, S. 12) beschreibt den „Energiebegriff“ sogar als eine „Leitlinie des gesamten Physikunterrichts“, die den Lernenden die „Grundidee eines der zentralen Begriffe der Physik und der mit diesem Begriff verbundenen Denkweise“ vermitteln soll. Darüber hinaus lassen sich mit der Energie „notwendige Bedingungen für die Realisierung von Prozessen aufstellen“ (Crossley & Staraschek, 2009, S. 1).

Ferner ist die bereits erwähnte Problematik der Energieversorgung ein Aspekt, der die gesellschaftliche Relevanz des Energiebegriffs unterstreicht. Die Einbettung von Energie im Physikunterricht erbringt daher auch einen „Beitrag des Faches Physik zur Energieerziehung“ (Duit, 1991, S. 12) und regt die Schüler so zu einem nachhaltigen Denken und Handeln über Energie an. Dieser Beitrag zur Energieerziehung erhält daher eine explizite Erwähnung im Kerncurriculum für das Fach Physik (Hessisches Kultusministerium, 2015, S. 11):

Die Lernenden sollen sich eine Meinung darüber bilden können, was es dem Einzelnen und der Menschheit nützt oder schadet, wenn bestimmte naturwissenschaftliche Kenntnisse angewandt werden. Physikalischer Bildung kommt insofern eine große Bedeutung für das Verstehen von Gesamtzusammenhängen und den Umgang mit zentralen Problemen unserer Zeit zu. Die [...] Versorgung der Menschheit mit Energie stellen die Menschheit vor globale Herausforderungen.

Eine differenzierte Betrachtung des physikalischen Energiebegriffs kann daher auch einen Beitrag zur Bildung für nachhaltige Entwicklung leisten. Vor allem in Zeiten komplexer Energiefragen kann der Physikunterricht mit der Behandlung der Energie einen wertvollen gesellschaftlichen Beitrag für die Energieerziehung der Lernenden erbringen.

Abschließend kann gesagt werden, dass dem Energiebegriff im Schulkontext somit eine hervorgehobene Stellung zuerkannt wird. Neben der Einbettung des Energiebegriffs in die vier Basiskonzepte wird Energie auch in den Inhaltsfeldern sowie den inhaltlichen Konzepten des Physikunterrichts genannt. Zudem ist der Energiebegriff durch die explizite Nennung in den Lehrplänen verbindlicher Unterrichtsinhalt. Die enorme Bedeutung der Energie wird zudem an den entsprechenden Stellen im Kerncurriculum unterstrichen (vgl. Hessisches Kultusministerium, 2015, S. 11). Die herausragende Bedeutung der Energie im fachwissenschaftlichen Kontext spiegelt sich folglich in den Lehrplänen für das Fach Physik wider.

2.3 Energie in der Fachdidaktik

Der derzeitige aktuelle fachdidaktische Forschungsstand zum Kontext der Energie basiert auf zentralen Studien von Reinders Duit (1984, 1986) sowie Anthony Crossley und Erich Starauschek (2009, 2010a, 2010b).

Der Physikdidaktiker Reinders Duit veröffentlichte im Jahr 1984 eine Studie zum Energiebegriff. In seiner Untersuchung an Gymnasien in Kiel in den Jahrgangsstufen sechs und zehn wurden Lernende zu ihren Assoziationen des Begriffs der Energie befragt. Crossley und Starauschek replizierten die Deutsche Studie im Jahr 2008 an Schulen in Baden-Württemberg. Durch die Untersuchungen der Schülerassoziationen zum Energiebegriff konnten Duit sowie Crossley und Starauschek Einblicke in die Schülersicht zur Energie erlangen.

Der Assoziationstest zum Wort Energie umfasste in beiden Studien drei Fragen (Crossley & Starauschek, 2010b, S. 113; Duit, 1986, S. 8):

1. Bitte versuche in wenigen Worten zu umschreiben, was Du unter Energie verstehst!
2. Schreibe einige Sätze auf, in denen du das Wort Energie verwendest.
3. Manchmal ist es ganz schön schwer zu umschreiben, welche Bedeutung ein Wort hat. Man hilft sich dann damit, dass man Beispiele gibt. Bitte gib Beispiele für Energie an!

Crossley und Staraschek nutzten in ihrer Studie die gleichen Fragen wie Duit, um eine Replizierbarkeit ihrer Ergebnisse mit den Daten von Duit zu überprüfen.

Da beide Studien in verschiedenen Jahrgangsstufen von der sechsten bis zur zehnten Klasse durchgeführt wurden, konnten anhand der Untersuchungsergebnisse auch Rückschlüsse auf die Auswirkungen des Physikunterrichts gezogen werden. Somit ließ sich abschließend beantworten, inwieweit die Behandlung des Energiebegriffs im Unterricht sich auf die Assoziationen der Lernenden zur Energie auswirkt. Der Assoziationstest zum Wort Energie kann daher auch als Indikator für die Wirksamkeit des Physikunterrichts beschrieben werden.

Die Assoziationen zum Begriff der Energie sind insofern wichtig, als dass sie zentrale Anknüpfungspunkte bieten, um fachwissenschaftliche Konzepte zur Energie fachdidaktisch zu rekonstruieren. So gesehen sind die Assoziationen zur Energie die inhaltliche Grundlage für kontextorientierte Konzeptionen eines Physikunterrichts zur Energie. Die Erhebung der Schülerassoziationen zur Energie bietet zudem Einblicke in typische Schülervorstellungen. Diese Schülervorstellungen werden durch die Alltagssprache der Lernenden geprägt. So hat das Wort Energie in der Alltagssprache eine Vielzahl von Bedeutungen, die bei der Planung und Konzeption eines Unterrichts zur Energie berücksichtigt werden müssen (vgl. Duit, 1984, S. 256). Darüber hinaus liefern die Schülerassoziationen zur Energie Informationen über das Vorwissen der Schüler.

Die Untersuchungsergebnisse von Duit (1984, 1986) sowie Crossley und Staraschek (2010a) sind somit eine wertvolle Grundlage für die Planung und Konzeption eines Unterrichts über Energie, der Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen berücksichtigt.

Die in dieser Arbeit durchgeführte Untersuchung repliziert den von Duit sowie Crossley und Staraschek durchgeführten Assoziationstest zur Energie. Daher sind die im Verlauf dieses Kapitels vorgestellten Untersuchungen eine wesentliche theoretische Grundlage dieser Arbeit.

In den folgenden Kapiteln werden relevante Ergebnisse der Studien von Duit (Kapitel 2.3.1) sowie Crossley und Staraschek (Kapitel 2.3.2) vorgestellt. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit

sind die Forschungsergebnisse von großer Bedeutung, da eine Replizierbarkeit der Ergebnisse der vorliegenden Studien mit den eigenen Untersuchungsergebnissen überprüft wird.

2.3.1 Duit (1984, 1986)

In Duits Untersuchung (1984, 1986) wurden u.a. 171 Lernenden an Gymnasien in Kiel befragt, was sie mit dem Begriff Energie assoziieren. Das Ergebnis der Erhebung der zehnten Jahrgangsstufe zeigt Abbildung 4. Die

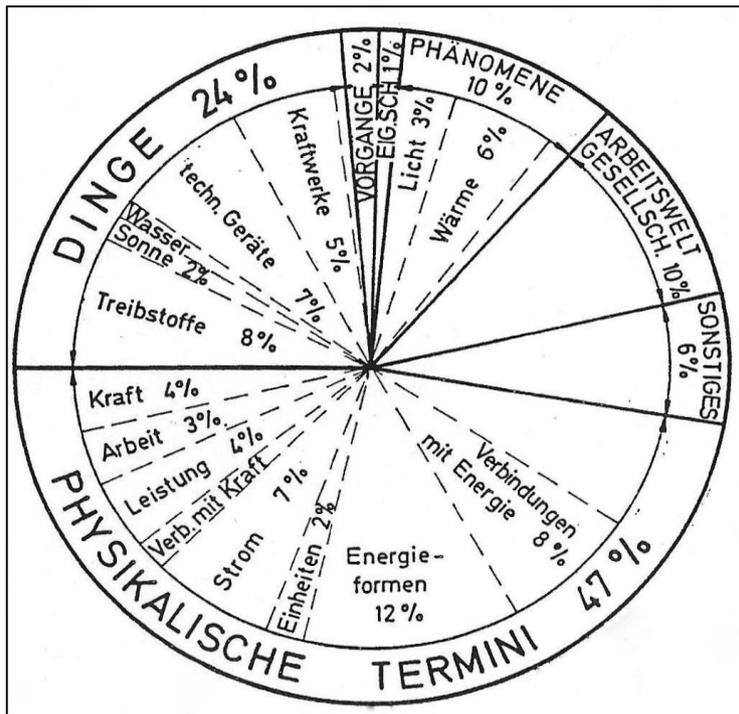


Abbildung 4: Assoziationen zum Wort Energie (Duit, 1984, S. 240)

Lernenden der zehnten Klasse können nach einigen Jahren des Physikunterrichts zahlreiche Energieformen benennen und assoziieren diese entsprechend mit dem Wort Energie (Duit, 1984, S. 255). Zudem zeigt sich insgesamt ein starker Bezug zu physikalischen Termini: beinahe die Hälfte alle Begriffsassoziationen kann dementsprechend physikalischen Fachbegriffen zugeordnet werden (vgl. Duit, 1984, S. 240 und S. 255). Darüber hinaus verbinden die

Schüler der zehnten Klassen oftmals Dinge, die mit der „Erzeugung und Nutzung der Energie“ sowie mit dem Bereich „Strom/Elektrizität“ verbunden werden (Duit, 1984, S. 255).

Die Lernenden verbinden hingegen kaum die Begriffe „Nahrung“ oder „mechanische Vorgänge“ mit dem Wort Energie (Duit, 1986, S. 7). Es werden durchaus Bewegungen mit kinetischer Energie in Verbindung gebracht. Es fällt vielen Lernenden jedoch schwer sich vorzustellen, dass in „hochgehobenen oder gespannten Körpern [...] Energie steckt (ebd.). Diese Ergebnisse gelten zum Teil auch noch für Lernende der Sekundarstufe II (ebd.). Zudem bietet die fachwissenschaftliche Definition der Energie, nämlich die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten, kaum Erwähnung in den Schülerassoziationen zum Energiebegriff (ebd.).

Die Assoziationen zur Energie zeigen zudem, dass die Schüler wenige konzeptionelle Begriffe zur Energie nennen. So werden die Begriffe „Energieumwandlung“, „Energietransport“,

Energieerhaltung“ und „Energieentwertung“ kaum oder gar nicht genannt (Duit, 1984, S. 255). Ferner erhebt Duit den Vorwurf gegen den Physikunterricht der 80er Jahre, dass sowohl die fachliche als auch die gesellschaftliche Relevanz des Energiebegriffs nicht in ausreichendem Maße herausgestellt wird (Duit, 1984, S. 266). Zudem sei der Energiebegriff, den die Schüler erlernen, nicht genügend ausdifferenziert und es fehlten wesentliche relevante Aspekte (ebd.).

Duit (1986) kam in seiner Untersuchung dennoch zu dem Ergebnis, dass in der Sekundarstufe I „tragfähige Anknüpfungspunkte“ zum „Erlernen der Aspekte Energieumwandlung und Energietransport“ vorhanden sind (Duit, 1986, S. 8). Allerdings wird das physikalische Konzept der Energieerhaltung nur selten für die Erklärung von Phänomenen herangezogen (ebd.). Vielmehr wird der „Ablauf von Vorgängen durch die Weitergabe eines Etwas und dessen Erscheinen in verschiedener Gestalt erklärt“ (ebd.). Im Verlauf der geistigen Entwicklung der Lernenden komme es daher auch nicht zu einer Entwicklung der Energieerhaltungsvorstellung (vgl. ebd.).

Auch die Definition von Energie als der Fähigkeit, Arbeit zu verrichten, wird zwar von den meisten Lernenden genutzt, allerdings bilden sich in diesem Kontext „kaum tiefgreifende, über die formale Definition hinausgehende Beziehungen zwischen Arbeit und Energie aus.“ (Duit, 1986, S. 8). Duit (1986, S. 9) folgert daraus, dass es dem Physikunterricht nur in sehr geringem Maße gelingt, „Vertrauen in die [...] physikalische Sichtweise“ herzustellen.

Die von Reinders Duit durchgeführte Studie stellt eine der ersten Arbeiten dar, die den physikalischen Energiebegriff aus fachdidaktischer Blickweise untersucht. Die in seiner Arbeit erforschten Schülerassoziationen zur Energie geben einen differenzierten und ausführlichen Einblick in die Sichtweise der Lernenden zum Energiebegriff. Auf Grundlage dessen lassen sich Rückschlüsse auf typische Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen ziehen. Zudem bieten die Schülerassoziationen die Möglichkeit, Anknüpfungspunkte für schülerzentrierte Unterrichtskonzepte zu finden.

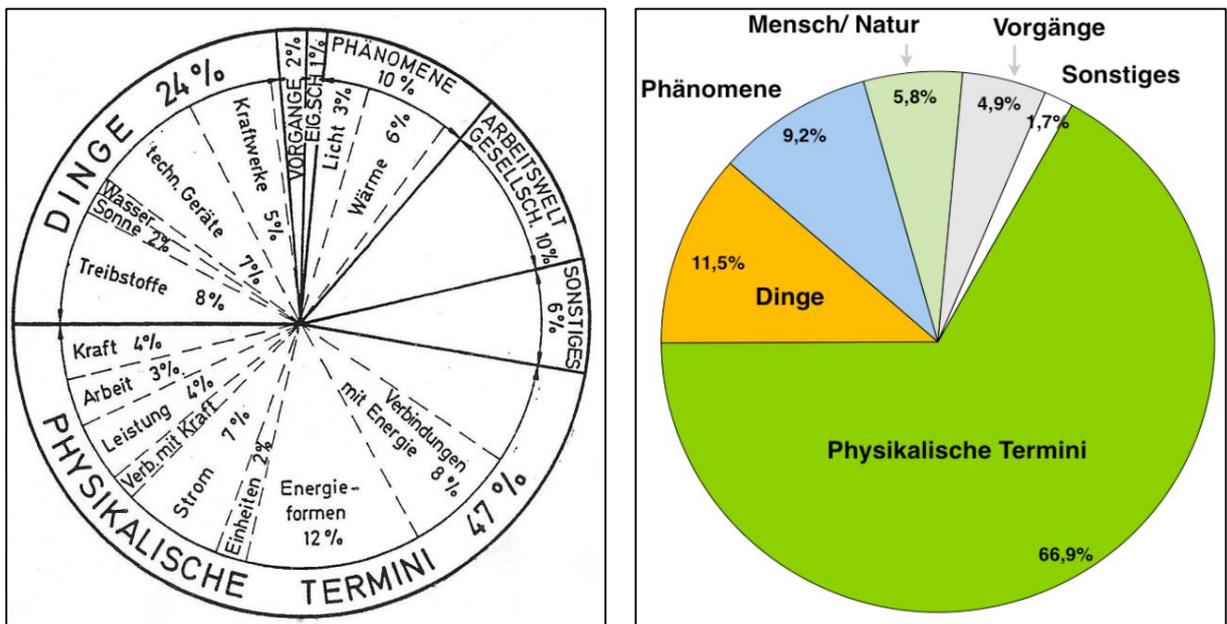
2.3.2 Crossley und Starauschek (2009, 2010a, 2010b)

Crossley und Starauschek (2009, 2010a, 2010b) führten im Jahr 2008 eine Replikationsstudie der in Kapitel 2.3.1 vorgestellten Studie von Duit durch. Ihr Ziel war die Untersuchung der Entwicklung von Assoziationen zum Energiebegriff in den vergangenen Jahren. Crossley und Starauschek (2010a, S. 1) stellten sich dabei die Frage, ob die Ergebnisse aus Duits Studie der-

zeit noch eine Gültigkeit besitzen oder ob sich in den vergangenen 25 Jahren neue Begriffsassoziationen zur Energie herausgebildet haben. Ihre Studie stellt daher den aktuellsten Beitrag der Physik-Fachdidaktik zu den Schülerassoziationen zur Energie dar und bietet so eine wesentliche wissenschaftliche Grundlage für einen modern konzipierten, kontextorientierten Physikunterricht zur Energie.

In der Studie aus dem Jahr 2008 wurden insgesamt 1081 Lernenden verschiedener Schulformen und Jahrgangsstufen zum Begriff der Energie befragt (Crossley & Starauschek, 2010a, S. 1). Crossley und Starauschek nutzten identische Fragen wie Duit, um eine Vergleichbarkeit zwischen beiden Studien herzustellen. Zudem nutzten sie auf Grundlage Duits Arbeit ein ähnliches Kategoriensystem zur Begriffseinordnung, um den Vergleich beider Studien übersichtlich darzustellen. Im Rahmen dieser Arbeit werden lediglich relevante Ergebnisse aus der Untersuchung von Crossley und Starauschek vorgestellt.

Den direkten Vergleich der Studienergebnisse von Duit sowie Crossley und Starauschek zeigt Abbildung 5 (Vergleich des Assoziationstest der Klasse zehn bzw. neun an Gymnasien):



Kiel (1986), Gymnasium Klasse 10, n = 171 (Duit, 1984, S. 240)

Baden-Württemberg (2008) Gymnasium Klasse 9, n=126 (Crossley & Starauschek, 2009, S. 2)

Abbildung 5: Assoziationen zur Energie in Kategorien

Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse beider Studien zeigt Tabelle 2:

Kategorie	Duit (1984)	Crossley & Starauschek (2010a), (gerundete Werte)
Physikalische Termini	47%	67%
Arbeitswelt & Gesellschaft	10%	-
Dinge	24%	12%
Phänomene	10%	9%
Vorgänge	2%	5%
Mensch & Natur	-	6%

Tabelle 2: Übersicht der Ergebnisse der Studien von Duit (1984, S.240) sowie Crossley und Starauschek (2009, S. 2)

Der Vergleich beider Studien ergab sowohl Übereinstimmungen als auch Unterschiede: bei Crossley und Starauschek (2010a) ist die Kategorie „physikalische Termini“ mit etwa 67% im Vergleich zu 47% bei Duit deutlich stärker vertreten. Crossley und Starauschek sind sich allerdings bei der Benennung von Gründen für dieses Forschungsergebnis nicht sicher. Zudem bleibt die Frage unbeantwortet, ob mit der Benennung vieler physikalischer Fachtermini auch ein Anstieg von Fachwissen impliziert ist (Crossley & Starauschek, 2010a, S. 3). Die Autoren führen die häufigere Assoziation mit physikalischen Termini u.a. auf die häufigere und fächerübergreifende Behandlung des Bereichs Energie im Unterricht zurück (vgl. ebd.).

Während die Kategorie „Dinge“ bei Duit noch zu 24% genannt wurde, wird sie bei Crossley und Starauschek nur mit 12% mit Energie assoziiert. Begriffsnennungen wie technische Geräte, Kraftwerke und vor allem Treibstoffe sind daher bei Crossley und Starauschek weniger stark ausgeprägt.

Die Begriffsnennungen zu physikalischen Phänomenen wie „Licht“ oder „Wärme“ liegt mit 9% im gleichen Bereich wie bei Duit (10%). Die Kategorie Mensch/Natur wurde bei Crossley und Starauschek neu gebildet und beschreibt „Assoziationen in Verbindung mit Nahrung und Sport“ (ebd.). Diese Erkenntnis kann bereits als ein großer Unterschied zu Duits Studie genannt werden, in der die Lernenden selten Nahrung mit dem Wort Energie assoziieren (vgl. Duit, 1986, S. 7).

Begriffe der Kategorie „Arbeitswelt/Gesellschaft“ wurden in der Studie von Crossley und Starauschek nicht mehr genannt. Daher fiel die Kategorie in dieser Studie weg und kann entsprechend als ein Unterschied zu Duits Studie genannt werden.

Crossley und Starauschek stellten die Ergebnisse ihres Assoziationstests zudem nach Geschlechtern getrennt dar. Die Forschungsergebnisse sind in Abbildung 6 illustriert:

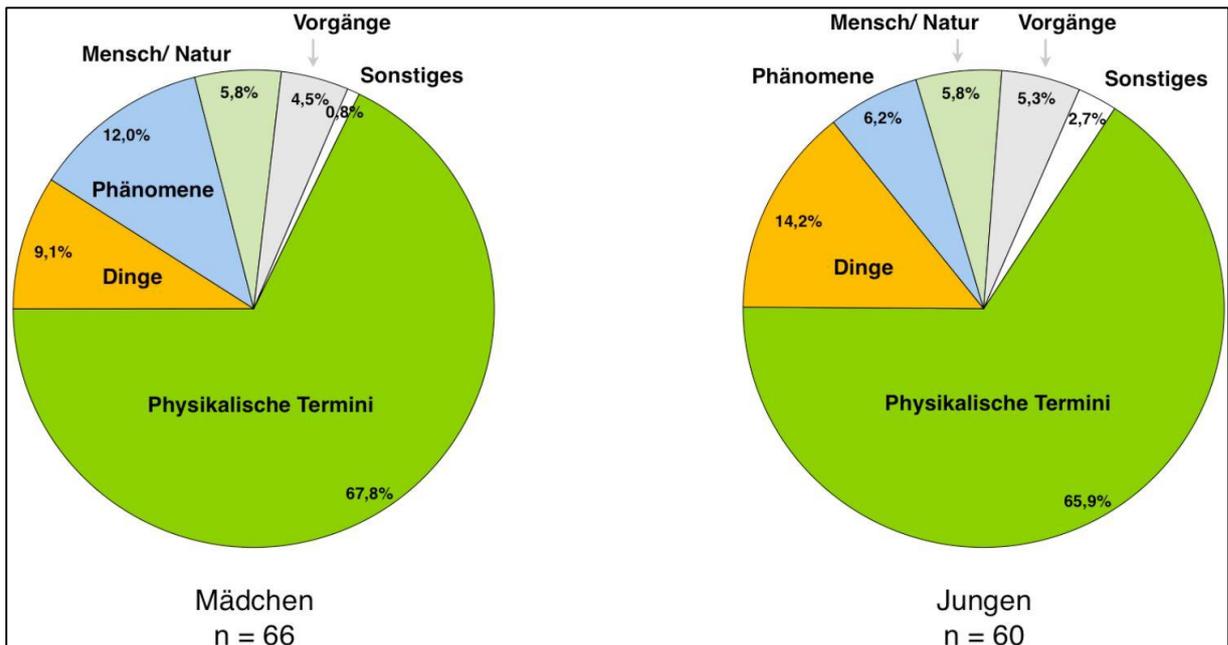


Abbildung 6: Vergleich der Assoziationen von Mädchen und Jungen (Crossley&Starauschek, 2010a, S. 3)

Während die Ergebnisse des Assoziationstest in Klasse sechs noch große Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen aufwiesen (vgl. Crossley & Starauschek, 2010a, S. 3), sind die Assoziationen zur Energie von Jungen und Mädchen in Klasse neun sehr ähnlich. Lediglich die Kategorien „Dinge“ (9% der Mädchen, 14% der Jungen) sowie „Phänomene“ (12% der Mädchen und 6% der Jungen) unterscheiden sich, wohingegen die Begriffe der Kategorien „Physikalische Termini“, „Mensch/Natur“, „Vorgänge“ sowie „Sonstiges“ in etwa gleicher Gewichtung mit dem Begriff Energie assoziiert werden.

Neben der eingangs beschriebenen qualitativen Auswertung nach Kategorien wurden die Assoziationstests auch quantitativ ausgewertet. Hier wurde jeweils ermittelt, in welchem Prozentsatz an Fragebögen eine Kategorie genannt wurde. Die entsprechenden Ergebnisse zeigt Abbildung 7:

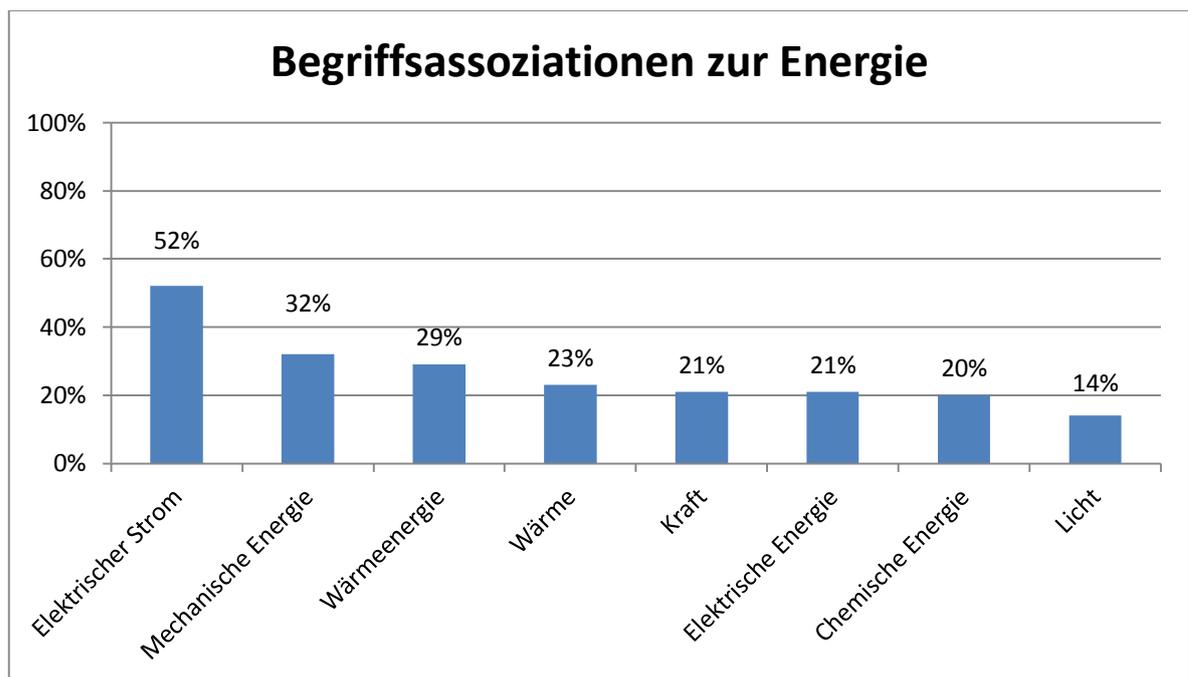


Abbildung 7: Begriffsassoziationen zur Energie (Gymnasium, Klasse 9; aus: Crossley & Starauschek, 2009, S. 4)

Die Auswertung zeigt deutlich, dass Lernende der neunten Jahrgangsstufe an Gymnasien nach einigen Jahren des Physikunterrichts bereits sehr viele physikalische Fachtermini mit dem Wort Energie assoziieren. So sind vor allem Begriffe der Energieformen wie der mechanischen, thermischen, elektrischen oder chemischen Energie sehr präsent in den Vorstellungen der Lernenden. Auch einige physikalische Phänomene wie Wärme und Licht werden häufig genannt. Zudem verbinden ca. 20% der Lernenden den Kraftbegriff mit Energie.

Sowohl die qualitative als auch die quantitative Analyse des Assoziationstests von Crossley und Starauschek zeigt insgesamt eine Dominanz physikalischer Termini (vgl. Crossley & Starauschek, 2010a, S. 4). Crossley und Starauschek führen diesen Umstand auf die Behandlung physikalischer Fachwörter im Unterricht zurück und bewerten dieses Ergebnis positiv (vgl. ebd.). Dennoch stellt sich für sie die Frage, ob mit der häufigen Nennung physikalischer Fachtermini auch ein tiefgründiges Verständnis des Begriffs Energie einhergeht.

Abschließend bleibt zu den Untersuchungen von Crossley und Starauschek sowie Duit kritisch anzumerken, dass die Assoziationen zum Energiebegriff auf Seiten der Lernenden von zahlreichen Faktoren abhängen: vermutlich sind die Assoziationen sehr stark von den aktuellen Lehrinhalten des Physikunterrichts abhängig. Nicht zuletzt die individuelle Gewichtung des Energiebegriffs im Unterricht durch die Lehrperson beeinflusst die Schülerassoziationen mit

dem Wort Energie in erheblichem Maße. Zudem beeinflussen aktuelle politische und gesellschaftliche Geschehnisse die Assoziationen der Lernenden zur Energie.

Darüber hinaus bringt die Replikation des Assoziationstests einige Schwierigkeiten mit sich: Vor allem die Kodierung des Kategoriensystems ist nicht bei jeder Begriffsnennung präzise nachvollziehbar. So muss bei der Betrachtung der Ergebnisse der Replikationsuntersuchung bedacht werden, dass eine Vergleichbarkeit beider Untersuchungen nur in gewissem Maße möglich ist.

Dennoch liefern die o.g. Untersuchungen eine wissenschaftliche Grundlage für die Konzeption eines schülerorientierten Physikunterrichts zur Energie. Sowohl die Studien von Duit sowie von Crossley und Staraschek zeigen durch die Benennung von Schülerassoziationen zur Energie zahlreiche Anknüpfungspunkte für einen Physikunterricht, der sich an den Interessenkontexten der Lernenden orientiert. Zudem können durch die Forschungsergebnisse typische Schülervorstellungen erkannt werden. Die hier vorgestellten Studien sind daher als wesentliche Grundlage für einen sowohl schülerzentrierten als auch kontextorientierten Physikunterricht anzusehen.

2.4 Interessenstudien zur Physik und dem Physikunterricht

Ich hab' gut vor Augen diese vorgefertigten Waagen, für die wir immer Formeln aufschreiben sollten. Oder, ja diese, diese Flaschen, die Flaschenzüge, die aufgebaut wurden mit den verschiedenen Scheiben. Aber es war alles, es war alles so steril, es war da alles irgendwie aufgebaut, und eigentlich wollte man ja damit spielen. [...] Fand das irgendwie schon interessant, aber ich fand das nicht interessant unter dem Gesichtspunkt, jetzt sagen zu sollen, durch wieviel ich das teilen muss oder multiplizieren muss, um rauszukriegen, welche Erleichterung da Weg mal Kraft oder was ist. In diesem Bereich lag meine Schädigung vielleicht.

Ein Lehrer erinnert sich an seinen Physikunterricht. Aus: Landwehr, 2002, S. 185.

Das Eingangszitat scheint symptomatisch zu sein für die Beliebtheit des Physikunterrichts. Auch wenn das Zitat sich auf einen Physikunterricht bezieht, der womöglich einige Jahre oder gar Jahrzehnte zurückliegt, so sind einige der Vorwürfe auch heute noch aktuell: Studien zufolge sehen Lernende beispielsweise das Berechnen physikalischer Größen oder die Arbeit mit technischen Geräten im Physikunterricht als deutlich überrepräsentiert (vgl. Kapitel 0). Zudem wird das Schulfach Physik als sehr anspruchsvoll bewertet und wirkt auf viele Lernende nicht zuletzt durch seinen oftmals künstlichen oder gar sterilen Charakter entsprechend abschreckend. Die inhaltliche Betonung komplexer physikalischer Gesetze im Physikunterricht mag hier sicherlich auch seinen Beitrag dazu leisten, dass sich viele Schüler im Physikunterricht überfordert fühlen.

Diese und noch andere Gründe spiegeln sich auch in der Erhebung des Interesses am Schulfach Physik wider: Physik gehört gemeinsam mit dem Fach Chemie zu den unbeliebtesten aller Schulfächer (vgl. Merzyn, 2013, S. 14; Muckenfuß, 1995, S. 76 u.v.a.m.). Um Gründe für diesen Umstand zu benennen, wurden bereits seit Beginn des 20. Jahrhunderts zahlreiche Studien zur Beliebtheit der naturwissenschaftlichen Fächer angefertigt.

Eine der prominentesten und vor allem umfangreichsten Untersuchungen zum Physikunterricht ist die Studie des Leibniz-Instituts für die Pädagogik der Naturwissenschaften in Kiel (auch IPN-Interessenstudie genannt). Diese Untersuchung steht in der Tradition bereits durchgeführter Studien zum Interesse am Fach Physik und gibt Aufschluss über zahlreiche Interessenvariablen des Physikunterrichts. Neben der Erhebung des Interesses am Schulfach Physik war in dieser Studie auch die Erforschung potentieller Gründe für ein oftmals mangelndes Interesse an Physik ein Untersuchungsgegenstand. Die Entwicklung von Strategien für die Ver-

besserung der derzeitigen Situation auf Grundlage der erhobenen Daten war zudem eine Motivation zur Durchführung der IPN-Interessenstudie (vgl. Hoffmann et al., 1998, S. 9). Mit ihr liegt nun ein „Forschungsbericht vor, der sich auf die Erfassung, Auswertung und Interpretation von physikbezogenen Interessendaten Jugendlicher und ihren Zusammenhang mit Persönlichkeitsvariablen sowie Variablen des häuslichen und schulischen Umfelds bezieht“ (Hoffmann et al., 1998, S. 7). Diese Studie stellt somit eine Erhebung zentraler Daten für die didaktische und inhaltliche Konzeption von Physikunterricht dar. Zudem gibt die IPN-Interessenstudie ein sehr detailliertes und differenziertes Bild des derzeitigen Forschungsstands zu verschiedenen Interessenkontexten des Physikunterrichts.

Auch Heinz Muckenfuß (1995) erhob als wissenschaftliche Grundlage für die Entwicklung eines kontextorientierten Physikunterrichts die Beliebtheit des Fachs Physik. Zudem stellte er zahlreiche Korrelationen zwischen verschiedenen Interessenvariablen her, die entsprechende Schlussfolgerungen für den Physikunterricht zuließen. Auch diese Daten zum Fach- und Sachinteresse an Physik und dem Physikunterricht werden im Rahmen dieses Kapitels vorgestellt.

Im Rahmen der eigenen Untersuchung wurde neben der Erhebung der Assoziationen zum Energiebegriff auch das Interesse am Physikunterricht sowie an verschiedenen Kontexten der Energie erhoben. Die in der Untersuchung genutzten Frageitems waren aus der IPN-Interessenstudie entnommen bzw. eng an dieser orientiert, um abschließend einen Vergleich beider Untersuchungen herzustellen. Die IPN-Interessenstudie wurde als Referenz herangezogen, da sie zum einen die verschiedenen Interessen am Physikunterricht sehr differenziert und ausführlich darstellt, zum anderen aber auch über eine große Stichprobe verfügt. So wurde die Untersuchung von Hoffmann et al. in unterschiedlichen deutschen Bundesländern durchgeführt (Hoffmann et al., 1998, S. 14). Die Untersuchungsergebnisse gelten aufgrund der großen Stichprobe als repräsentativ. Im Rahmen dieses Kapitels werden daher die für diese Arbeit relevante Stellen der IPN-Interessenstudie dargestellt und diskutiert.

Darüber hinaus wird ergänzend ein Überblick über wesentliche Ergebnisse der Interessenstudie von Heinz Muckenfuß gegeben.

Die Anzahl der Studien zum Interesse am Physikunterricht ist mittlerweile enorm. Es ist daher kaum möglich, einen Überblick über den gesamten Forschungsstand zu geben. Dementsprechend beschränkt sich diese Arbeit auf die Vorstellung o.g. Interessenstudien zum Fach Physik.

Im Rahmen dieses Kapitels werden die unterschiedlichen Forschungsarbeiten nach ihren inhaltlichen Sachgebieten getrennt vorgestellt. Während Kapitel 2.4.1 zunächst eine kurze Einführung über wesentliche Fachtermini der Interessenforschung gibt, wird in Kapitel 2.4.2 die Beliebtheit des Fachs Physik bzw. das Interesse am Schulfach Physik dargestellt. Kapitel 2.4.3 gibt einen Überblick über das Interesse der Lernenden an verschiedenen physikalischen Kontexten. In den Interessenstudien wurde zudem das Selbstkonzept der Lernenden in Bezug auf das Schulfach Physik dargestellt. Eine entsprechende Übersicht über den derzeitigen Forschungsstand gibt Abschnitt 2.4.4. Auf der Grundlage der erhobenen Variablen können in Kapitel 2.4.5 so genannte Prädiktorvariablen für die Ausprägung von Sach- und Fachinteresse formuliert werden. Kapitel 2.4.6 gibt schließlich noch eine kurze Zusammenfassung der hier vorgestellten Interessenstudien.

2.4.1 Fachinteresse, Sachinteresse und Beliebtheit

Bevor in den folgenden Kapiteln der hier vorliegenden Arbeit die Ergebnisse aus verschiedenen Interessenstudien dargelegt werden, gibt Kapitel 2.4.1 eine kurze Einführung in die Fachtermini der Interessenforschung der Physik-Fachdidaktik.

In der IPN-Interessenstudie wurden im Wesentlichen vier Variablen untersucht: zum einen erforschten Hoffmann et al. die Einstellungen der Lernenden zum Physikunterricht. Hier wurden persönliche Einstellungen der Lernenden in Bezug zum Schulfach Physik gestellt. Darüber hinaus wurde in der Studie das Selbstkonzept der Lernenden in Bezug auf das Fach Physik erforscht. Das Interesse am Physikunterricht wurde in der Untersuchung aufgegliedert in das „Interesse am Schulfach Physik“ (auch *Fachinteresse* genannt) „sowie das „Interesse an der Physik“ (hier *Sachinteresse* genannt) (Hoffmann et al., 1998, S. 9).

Die beiden Interessenvariablen Fachinteresse sowie Sachinteresse wurden voneinander getrennt untersucht. Sollte das, „was Jugendliche an der Physik interessiert, im Physikunterricht gar nicht vorkommt, wäre es plausibel, daß [sic] diese beiden Interessenkonstrukte ganz unterschiedliches messen“ (ebd.). Zudem wird vor allem das Fachinteresse von zahlreichen Faktoren bestimmt, die per se nicht unbedingt etwas mit physikalischen Sachverhalten zu tun haben müssen. Neben den persönlichen Einstellungen zum Schulfach Physik prägen beispielsweise auch das öffentliche Ansehen sowie die Einstellung von Eltern und Mitschülern das Interesse am Fach Physik (Wiesner, Schecker & Hopf, 2011, S. 101).

Das Sachinteresse wurde in der IPN-Interessenstudie als „dreidimensionales Konstrukt“ angesehen, in dem es neben der „Sache“ auch um den „Kontext“ eines fachwissenschaftlichen Sachverhaltes und um die damit verbundenen „Tätigkeiten“ geht (Hoffmann et al., 1998, S. 10). Ferner verstehen Hoffmann et al. (ebd.) unter dem Sachinteresse „eine überdauernde Vorliebe eines Individuums für einen bestimmten Inhaltsbereich“. Darüber hinaus meint Sachinteresse aber auch kurzfristiges Interesse. In diesem Sinne hängt das Interesse an der Physik auch von „situativen Bedingungen“ ab wie beispielsweise dem „Kontext, in den ein Inhaltsbereich der Physik eingebettet ist oder von den in einer bestimmten Situation angebotenen Handlungsmöglichkeiten“ (ebd.).

Wie auch Hoffmann et al. untersucht Heinz Muckenfuß das Interesse an physikalischen Kontexten und Themen unter dem Oberbegriff des Sachinteresses. Muckenfuß (1995, S. 74) gibt allerdings zu bedenken, dass das „Interesse an einem bestimmten Lerngegenstand [...] *nicht-physikalischen* Aspekten des Gegenstandes“ gelten kann. Folglich impliziert das hohe Sachinteresse an einem Kontext nicht per se ein Interesse an physikalischen Aspekten und muss daher auch nicht zwangsläufig zu einem erhöhten Fachinteresse führen (ebd.).

Heinz Muckenfuß (ebd.) erforscht im Gegensatz zur IPN-Interessenstudie die „Beliebtheit eines Fachs oder Unterrichtsgegenstandes“ und nicht etwa das Fachinteresse. Er grenzt seine Forschungsarbeit hier zu Hoffmann et al. (1998) ab. Muckenfuß begründet diese Entscheidung mit der unterschiedlichen Konnotation von Interesse und Beliebtheit: Während dem Interesse „eine kognitive Komponente zugeschrieben wird“ (Muckenfuß, 1995, S. 74), beschreibt die Beliebtheit einen „Indikator für einen vorwiegend emotionalen Person/Gegenstand-Bezug“ (ebd.). Nach Muckenfuß ist außerdem das Desinteresse ggü. einer Sache oder einem Schulfach von passiver „Gleichgültigkeit“ geprägt, wohingegen die Unbeliebtheit die „aktive Abwendung einer Person, verknüpft mit einem mehr oder weniger ausgeprägten Abschreckungscharakter des Gegenstands“ beschreibt (Muckenfuß, 1995, S. 75). Muckenfuß versucht so, die durch die Alltagssprache verursachte „Verflachung“ (ebd.) des Interessenbegriffs zu umgehen. Von der „Erhebung der Beliebtheit bzw. Unbeliebtheit“ erhofft sich Muckenfuß eine „stärkere Ausprägung in den Forschungsbefunden“ (ebd.).

2.4.2 Erhebung des Fachinteresses

An drei Stellen des Fragebogens der IPN-Interessenstudie wurde durch Frageitems das Fachinteresse am Schulfach Physik in Relation zu anderen Schulfächern erhoben und anschließend in einer Korrelations- sowie Regressionsanalyse ein Summenscore gebildet (Hoffmann et al., 1998, S. 20). Den Verlauf des Mittelwertes des Fachinteresses zeigt Abbildung 8²:

Während das Fachinteresse der Mädchen im mittleren Interessenbereich angesiedelt ist und im Verlauf der Klassen sieben bis zehn etwas abnimmt, ist das Interesse der Jungen am Fach

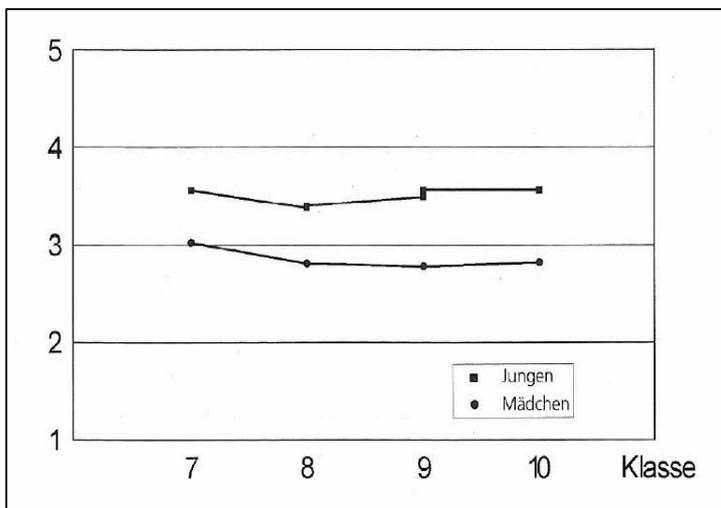


Abbildung 8: Interesse am Physikunterricht (Hoffmann et al., 1998, S. 20)

Physik etwas höher und bleibt nach einem leichten Anstieg von Klasse acht nach Klasse neun konstant. Die Auswertung der entsprechenden Untersuchung macht deutlich, dass die „Interessenunterschiede zwischen Jungen und Mädchen [...] deutlich ausgeprägt“ sind (Hoffmann et al., 1998, S. 21). Auch das Interesse am Physikunterricht im Vergleich zu anderen naturwissenschaftlichen Fächern zeigt Unter-

schiede zwischen Jungen und Mädchen: Während das Interesse an den Naturwissenschaften und Mathematik bei den Jungen in etwa gleich ausgeprägt ist und insgesamt recht hoch ist (vgl. Abbildung 10), ist auf Seiten der Mädchen vor allem das Fach Biologie sehr beliebt. Auch in diesem Vergleich ist das Fach Physik bei den Mädchen relativ gesehen unbeliebt (vgl. Abbildung 9). Physik findet sich hier durchweg auf dem unbeliebtesten Platz und hat zudem die „größte Interesseneinbuße“ vor allem in den Schuljahren sieben bis neun (Hoffmann et al., 1998, S. 21).

² Auf der y-Achse ist die Beliebtheit auf einer Skala von 1 = sehr geringes Interesse bis 5 = sehr großes Interesse aufgetragen (vgl. Hoffmann et al., 1998, S. 21)

Zu ähnlichen Forschungsergebnissen bezüglich des Fachinteresses bzw. der Beliebtheit des Fachs Physik gelangt auch Heinz Muckenfuß (1995).³ Er erhob in einer Untersuchung das „Polaritätsprofil“ der Schulfächer (Muckenfuß, 1995, S. 75): Lernende wurden gefragt, welche drei Schulfächer bei ihnen am beliebtesten oder am unbeliebtesten waren. Während das Fach Physik bei 12,9% aller Schüler zu den drei beliebtesten Fächern gehört und somit auf etwa gleicher Höhe mit Englisch und Biologie (jeweils 14,6%) liegt, erfährt es von 41,4% aller Lernenden große Ablehnung. Die Ergebnisse der Studie zeigt

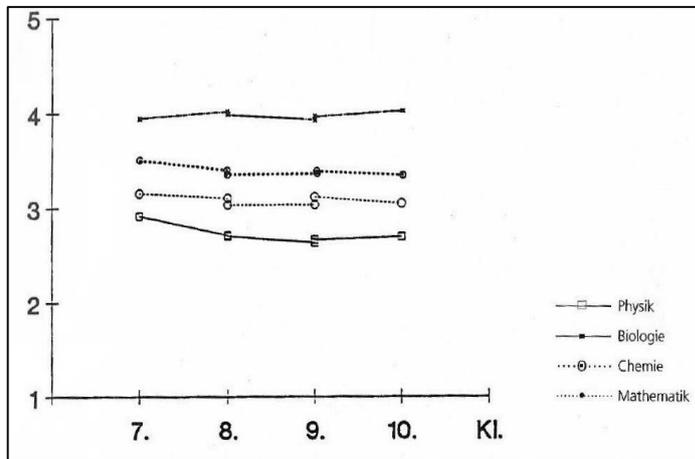


Abbildung 9: Fachinteresse der Mädchen an naturwissenschaftlichen Fächern (Hoffmann et al., 1998, S. 22)

Abbildung 11 (Seite 28). Eine Differenzierung der oben beschriebenen Studie nach Geschlechtern zeigt Abbildung 12 (Seite 29). Während das Fach Physik bei den Jungen zu einem Schulfach mittlerer Beliebtheit zählt, ist es bei den Mädchen das mit Abstand unbeliebteste Fach. Bei gerade einmal 3,6% der Mädchen gehört Physik zu den beliebtesten Fächern wohingegen es 61,3% der weiblichen Befragten ablehnen. Bei den Jungen gehört Physik nach den Fächern Sport (58,6%), Mathematik (39,0%) und Deutsch (22,9%) mit einem Wert von 20,5% zum viertliebsten Fach, wohingegen Physik von 25,3% aller Jungen eine Ablehnung erfährt. Mit diesem Wert liegt das Schulfach Physik in etwa gleichauf mit Englisch (24,6%), Mathematik (27%) und Musik (25%). Lediglich Chemie (34%) ist bei den Jungen noch unbeliebter.

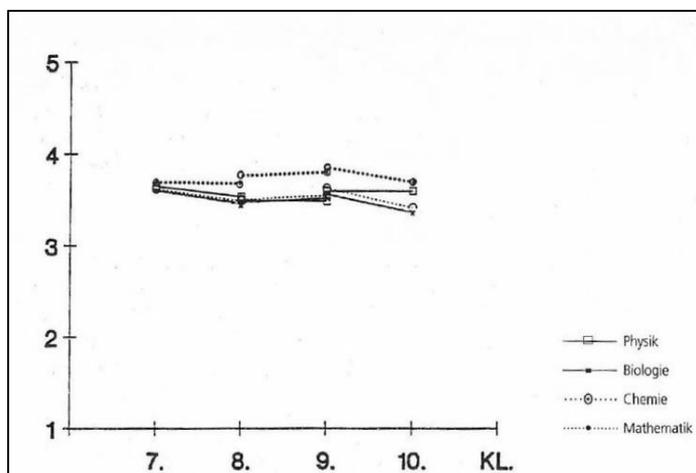


Abbildung 10: Fachinteresse der Jungen an naturwissenschaftlichen Fächern (Hoffmann et al., 1998, S. 22)

Abbildung 12 (Seite 29). Während das Fach Physik bei den Jungen zu einem Schulfach mittlerer Beliebtheit zählt, ist es bei den Mädchen das mit Abstand unbeliebteste Fach. Bei gerade einmal 3,6% der Mädchen gehört Physik zu den beliebtesten Fächern wohingegen es 61,3% der weiblichen Befragten ablehnen. Bei den Jungen gehört Physik nach den Fächern Sport (58,6%), Mathematik (39,0%) und Deutsch (22,9%) mit einem Wert von 20,5% zum viertliebsten Fach, wohingegen Physik von 25,3% aller Jungen eine Ablehnung erfährt. Mit diesem Wert liegt das Schulfach Physik in etwa gleichauf mit Englisch (24,6%), Mathematik (27%) und Musik (25%). Lediglich Chemie (34%) ist bei den Jungen noch unbeliebter.

³ Alle folgenden Daten sind zitiert aus Muckenfuß, 1995, S. 76ff

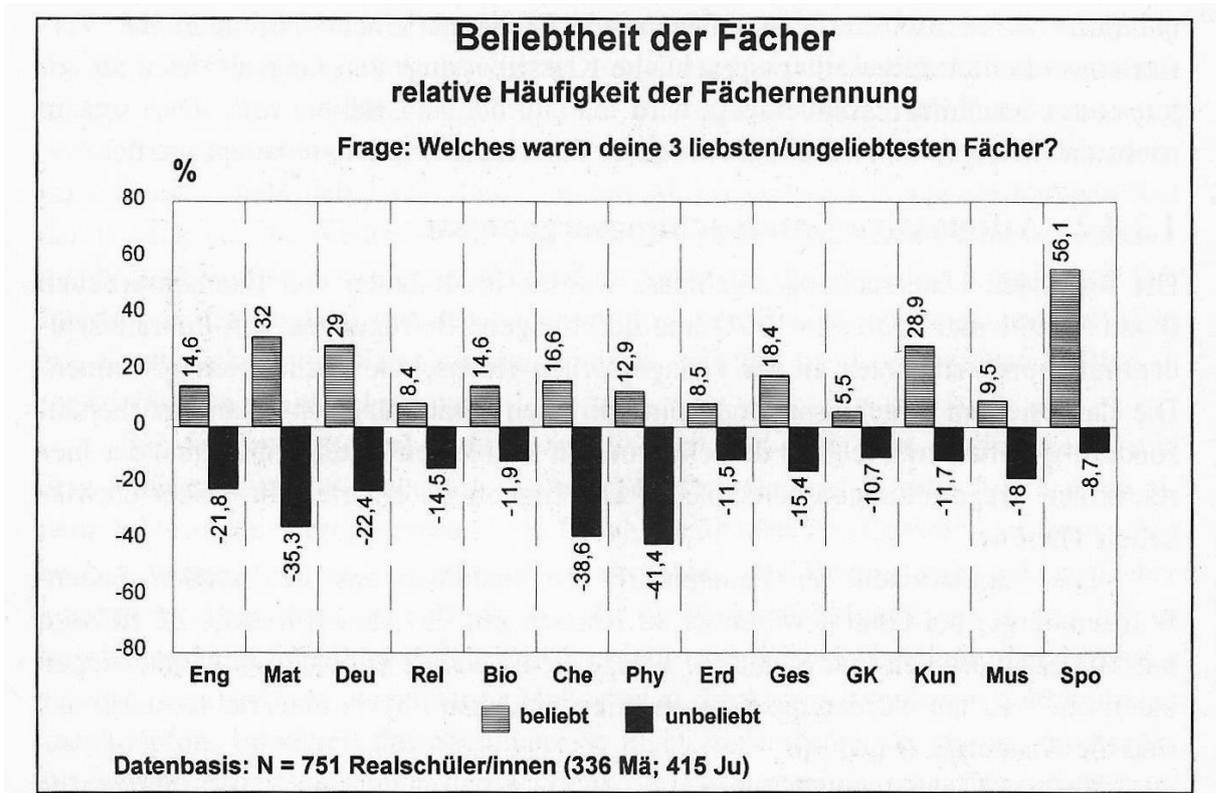


Abbildung 11: Die Beliebtheit der Fächer (Muckenfuß, 1995, S. 76)

Muckenfuß sieht auf Grundlage seiner erhobenen Daten die These Martin Wagenscheins bestätigt, der dem Physikunterricht eine „spaltende Wirkung“ vorwirft (Muckenfuß, 1995, S. 21). Wagenschein sieht die Schülerschaft im Physikunterricht zudem als Gruppe, die „einige wenige fachliche Begeisterte, die Mehrheit aber durch Unverstandenes eingeschüchtert“ beinhaltet (Wagenschein, 1983, S. 78).

Auch wenn Muckenfuß sowie Hoffmann et al. mit der Beliebtheit bzw. dem Interesse ihre Untersuchungsvariablen unterschiedlich benannt haben, so zeigen doch beide Studien einige Gemeinsamkeiten: während das Fach Physik bei einem Großteil der Jungen beliebt ist bzw. von ihnen als interessant empfunden wird, erfährt das Fach Physik von vielen Mädchen Ablehnung. Die Interessen- bzw. Beliebtheitsunterschiede werden in beiden Studien klar herausgestellt und können als wesentliches Ergebnis der Untersuchungen genannt werden. Im Rahmen der eigenen Untersuchung wird es daher von großem Interesse sein, ob die Befragung der Lernenden ähnliche Ergebnisse aufweist wie o.g. Studien und inwiefern sich eventuell auftretende Interessenunterschiede zwischen Jungen und Mädchen durch den Einsatz von Lego Mindstorms Experimenten verringern lassen.

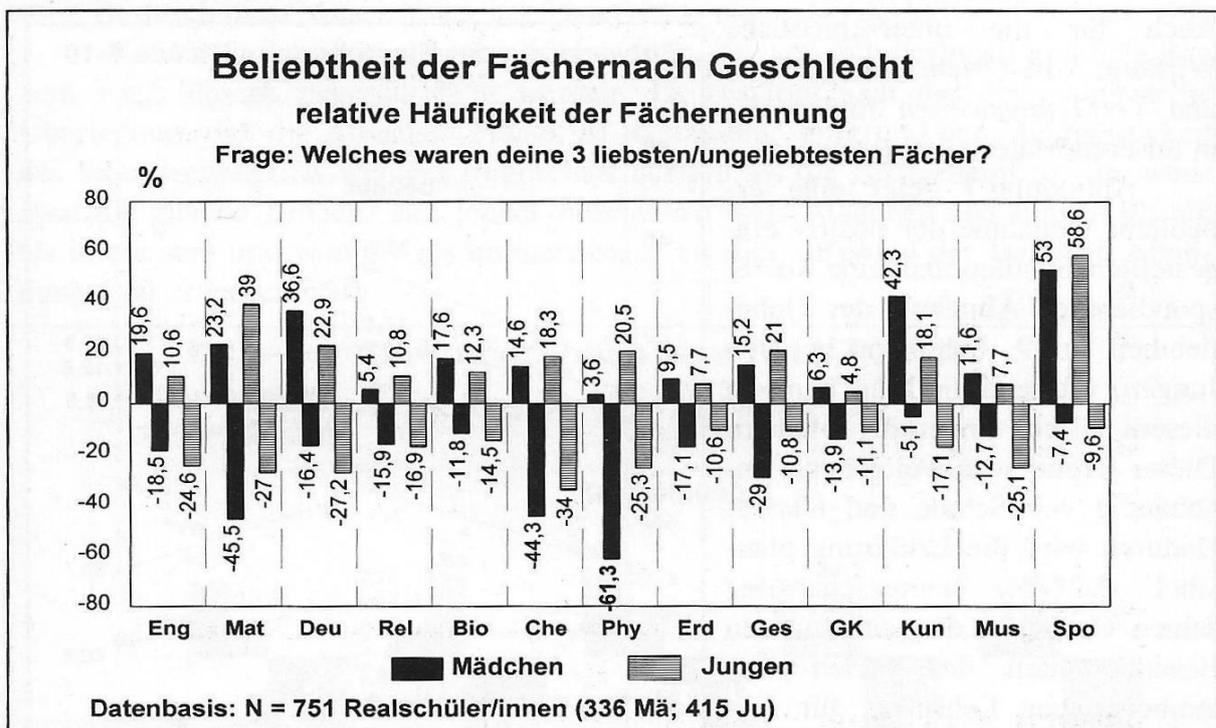


Abbildung 12: Die Beliebtheit der Fächer nach Geschlecht (Muckenfuß, 1995, S. 77)

Exkurs: Gründe für mangelndes Interesse der Mädchen am Physikunterricht

Die in diesem Kapitel vorgestellten Interessenstudien zeigen deutliche Abweichungen in der Ausprägung des Fachinteresses bzw. der Beliebtheit des Physikunterrichts zwischen Jungen und Mädchen. Rita Wodzinski (2007, S. 560f) benennt in ihrem Text „Mädchen im Physikunterricht“ zahlreiche Gründe für diese Interessenunterschiede am Physikunterricht: Neben „gesellschaftlich [...] verankerten Geschlechterstereotypen“, nach „denen Weiblichkeit und Interesse an der Physik als unvereinbar gelten“ spielen auch häufig unterschiedliche „Erfahrungen im Umgang mit physikalischen Themen“ eine große Rolle. Zudem herrschen „ungleiche Interaktionsmuster von Lehrkräften und Mitschülern gegenüber Jungen und Mädchen“ (Wodzinski, 2007, S. 561), was sich wiederum auf das Selbstkonzept der Lernenden auswirkt (ebd.). Ferner wird der Physikunterricht häufig an den Interessen der Mädchen vorbei gestaltet (Wodzinski, 2007, S. 562f).

Es bieten sich zahlreiche Möglichkeiten, den Interessenrückstand der Mädchen ggü. den Jungen auszugleichen: einige Organisationen bieten mittlerweile spezielle Projekte nur für

Mädchen an. Hier können sie in „geschlechtshomogenen Gruppen“ Erfahrungen im naturwissenschaftlich-technischen Kontext sammeln und so den „Erfahrungsrückstand“ ggü. den Jungen kompensieren (Wodzinski, 2007, S. 563).

Darüber hinaus kann ein „Reattributionstraining“ (Wodzinski, 2007, S. 563) dazu beitragen, Lehrkräfte auf die Problematik des unterschiedlich ausgeprägten Interesses und Selbstkonzepts von Mädchen und Jungen aufmerksam zu machen. So kann versucht werden, „die Mechanismen aufzubrechen, die zu einer Verstärkung ihres eher negativen Selbstbildes beitragen“ (ebd.).

Ferner führt Rita Wodzinski (ebd.) Studien an, bei denen die Koedukation von Jungen und Mädchen im naturwissenschaftlichen Unterricht aufgehoben wurde. Diese Form des Unterrichts führte nachweislich zu einer besseren Förderung der Mädchen im naturwissenschaftlichen Unterricht (ebd.). Dennoch wird der Aufhebung der Koedukation allein wenig Kraft beimessen, um die Situationen der Mädchen im Physikunterricht zu verbessern. Wodzinski (2007, S. 564) empfiehlt zusätzlich zur „Aufhebung der Koedukation“ eine Gestaltung des Unterrichts, der die „Interessen, Voraussetzungen und Lernformen der Mädchen“ berücksichtigt. In einer derartigen Ausrichtung des naturwissenschaftlichen Unterrichts wäre der Physikunterricht sowohl für die Mädchen als auch Jungen von größerem Interesse (ebd.).

2.4.3 Erhebung des Sachinteresses

Neben der Erhebung des Fachinteresses wurde in zahlreichen Interessenstudien auch das Interesse an verschiedenen Kontexten zur Physik erhoben. In der Fachliteratur ist hier auch häufig vom Begriff des Sachinteresses die Rede (vgl. (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998; Muckenfuß, 1995). Bisher wurden bereits zahlreiche Studien zum Interesse an Physik und dem Physikunterricht durchgeführt, um potentielle Gründe für die mangelnde Beliebtheit zu erfassen. Nach Hoffmann et al. (1998, S. 25) bleiben diese Studien aber „wenig theoriegeleitet“. Zudem wird kritisiert, dass das Interesse oftmals als „eindimensionales Konstrukt“ eingeführt wird und es nicht immer klar war, „was mit einem Interessentest gemessen wird“ (ebd.).

Wie zu Beginn dieses Kapitels beschrieben wird das Sachinteresse in der IPN-Interessenstudie daher als „dreidimensionales Konstrukt“ (Hoffmann et al., 1998, S. 26) eingeführt, um ein tiefergehendes Bild zum Interesse der Schüler an Physik zu erhalten. Diese drei Dimensionen sollen „alle Lebenssituationen, Erscheinungsformen und Betätigungen in Verbindung mit Phy-

sik“ (Hoffmann et al., 1998, S. 26) erfassen, um die Vielschichtigkeit des Sachinteresses entsprechend differenziert darzustellen. Hoffmann et al. (1998, S. 26) beschreiben die einzelnen Interessendimensionen des Sachinteresses wie folgt:

1. Physikalischer Kontext

Unter diesem Begriff subsumieren Hoffmann et al. (1998, S. 26) das Interesse an Kontexten, in denen physikalische Inhalte in den Unterricht eingebracht werden.

2. Physikalisches Gebiet

Hierunter verstehen Hoffmann et al. (ebd.) physikalische Gebiete, die für die Schüler bedeutsam und relevant sind.

3. Physikalische Tätigkeit

Physikalische Tätigkeiten beschreiben Vorgänge, mit denen man physikalische *Kontexte* oder *Gebiete* erarbeiten kann (beispielsweise in der Durchführung eines Experiments oder in einer Diskussion über Energiefragen).

Wie das Fachinteresse wurden auch die Frageitems zum Sachinteresse nach Geschlechtern getrennt ausgewertet, um ggf. Rückschlüsse auf die unterschiedlich ausgeprägten Interessenlagen von Jungen und Mädchen in Bezug auf Physik zu erhalten.

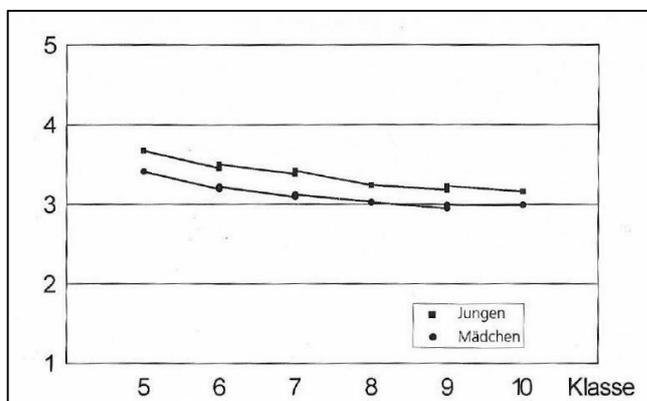


Abbildung 13: Sachinteresse Physik (Hoffmann et al., 1998, S. 32)

Die Untersuchungsergebnisse der Studien zum Sachinteresse zeigen im Schnitt einen „Interessenvorsprung der Jungen gegenüber den Mädchen“ (Hoffmann et al., 1998, S. 50). Insgesamt nimmt zudem das Sachinteresse an Physik im Verlauf der Sekundarstufe I ab (vgl. Hoffmann et al., 1998, S. 31). Der Unterschied zwischen beiden Geschlechtern ist jedoch geringer ausgeprägt als beim Fachinteresse

(ebd.). Eine Übersicht des Sachinteresses im Verlauf der Jahrgangsstufen fünf bis zehn zeigt Abbildung 13. Hier wird der Mittelwert über alle 88 gestellten Frageitems dargestellt (vgl. ebd.). Gemäß diesem Untersuchungsergebnis ist der Mittelwert des Sachinteresses sowohl bei Jungen als auch bei Mädchen rückläufig, wobei beide Werte zur zehnten Klasse hin leicht konvergieren.

Vor allem in den Kontexten „optische Instrumente“, „Wärme“, „Bewegung von Fahrzeugen“ sowie „Elektrizität und Elektronik“ haben die Jungen einen Interessenvorsprung ggü. den Mädchen (Hoffmann et al., 1998, S. 50). Am Ende der Sekundarstufe I zeigt sich bei der gesamten Untersuchungsgruppe ein gleichsam hoch ausgeprägtes Interesse an den Bereichen „Radioaktivität und Kernenergie“ sowie „Interesse am Diskutieren und Bewerten“ (ebd.).

In den Kontexten „Geräte in der Medizin“ sowie „Naturphänomenen“ zeigen die Mädchen hingegen ein höheres Interesse als die Jungen (ebd.). Insgesamt ist das Interesse an diesen Kontexten bei beiden Geschlechtern recht hoch ausgeprägt. Bei den Kontexten „Lärmschutz, Klangzeugung, die Welt im Kleinen und [...] Bau und das Ausprobieren von Geräten“ (ebd.) zeigen sich gleiche Ergebnisse für Mädchen und Jungen (ebd.).

Hoffmann et al. untersuchten neben dem Interesse an physikalischen Kontexten, wie häufig verschiedene Kontexte und Tätigkeiten im Physikunterricht vorkamen. Setzt man die Häufigkeit des Vorkommens sowie das Interesse an einem Item in Relation zueinander, so kann bestimmt werden, was nach Ansicht der Lernenden im Physikunterricht über- oder unterrepräsentiert ist (vgl. Hoffmann et al., 1998, S. 52). So wurden die beiden Interessendimensionen Kontext sowie Tätigkeiten auf das Maß ihrer Repräsentation im Physikunterricht hin untersucht.

Sowohl die Mädchen als auch die Jungen bewerteten folgende **Kontexte** als über- bzw. unterrepräsentiert (Hoffmann et al., 1998, S. 52f):

Überrepräsentierte Kontexte	Unterrepräsentierte Kontexte
Die Beschreibung und Erklärung von physikalischen Versuchen.	Die Art und Weise, wie in bestimmten physikalisch-technischen Berufen gearbeitet wird.
Naturgesetze, die es erlauben, bestimmte physikalische Größen exakt zu berechnen.	Technische Anwendungen, die jetzt oder zukünftig für uns alle von großem Nutzen sein können.
Technische Geräte, mit denen man es häufig zu tun hat.	Wie man in früheren Jahrhunderten bestimmte Erscheinungen physikalisch gedeutet hat.
	Technische Anwendungen, die mit großem Risiko für uns alle und für unsere Umwelt behaftet sind.
	Vorgänge und Erscheinungen, die man in der Natur beobachten und erleben kann.

Tabelle 3: Über- und unterrepräsentierte Kontexte des Physikunterrichts (Hoffmann et al., 1998, S. 52f)

Zusammenfassend sehen beide Geschlechter die „Beschreibung und Erklärung von physikalischen Versuchen, Vorgängen und Erscheinungen sowie Naturgesetze, die es erlauben, bestimmte physikalische Größen exakt zu berechnen“ (Hoffmann et al., 1998, S. 53f) als überrepräsentiert an. Zu den unterrepräsentierten Kontexten gehören hingegen „Physik und Gesellschaft, Physik und Beruf oder Physik und Natur“ (Hoffmann et al., 1998, S. 54).

Analog zur Untersuchung der Kontexte des Physikunterrichts wurden im Unterricht vorkommende Tätigkeiten untersucht. Demnach sind folgende **Tätigkeiten** im Unterricht unter- bzw. überrepräsentiert (Hoffmann et al., 1998, S. 54f):

Überrepräsentierte Tätigkeiten	Angemessen repräsentierte Tätigkeiten	Unterrepräsentierte Tätigkeiten
Etwas berechnen, den Ausgang eines Versuchs exakt vorhersagen, Aufgaben lösen.	Etwas bauen, einen Versuch aufbauen oder ein Gerät konstruieren.	Sich eine Meinung zu Fragen aus Physik und Technik machen.
Beobachten, wie der Lehrer oder andere Schüler einen Versuch durchführen.	Einen Versuch selber durchführen, Messungen machen.	Den Wert oder Nutzen einer physikalisch-technischen Neuerung beurteilen.
Einen Physiktext lesen.		Mit anderen über eine bestimmte technische Neuerung diskutieren.
Einem Vortrag über Physik (Lehrer oder Schüler) zuhören.		Etwas ausprobieren, ein Gerät auseinandernehmen oder zusammensetzen.
Sich ausdenken, wie man eine bestimmte Vermutung durch einen Versuch prüfen könnte.		Etwas erfinden, sich ein bestimmtes Gerät ausdenken.

Tabelle 4: Bewertung der Tätigkeiten des Physikunterrichts (Hoffmann et al., 1998, S. 54f)

Hoffmann et al. (1998, S. 55) fassen zusammen, dass vor allem „reproduktive Tätigkeiten“, beispielsweise also das Beobachten eines Versuchs oder das Lesen eines Textes, überrepräsentiert erscheinen. Dies gilt auch für „die kognitiv anspruchsvollen Tätigkeiten berechnen [...] und Vermutungen prüfen“ (ebd.). Die von den Autoren als kognitiv anspruchsvoll eingestufte Tätigkeit „etwas erfinden, sich ein bestimmtes Gerät ausdenken“ (ebd.) wird von den Lernenden hingegen genauso so als unterrepräsentiert eingestuft wie die „bewertenden Tätigkeiten“ (ebd.).

Auch Heinz Muckenfuß (1995, S. 80ff) untersuchte verschiedene Kontexte des Sachinteresses an Physik. Er differenzierte in seiner Untersuchung Schülergruppen, bei denen das Fach

Physik sehr beliebt bzw. sehr unbeliebt ist und beziffert jeweils die Interessenunterschiede zwischen beiden Gruppen. Einen Überblick seiner Auswertung zeigt Abbildung 14:

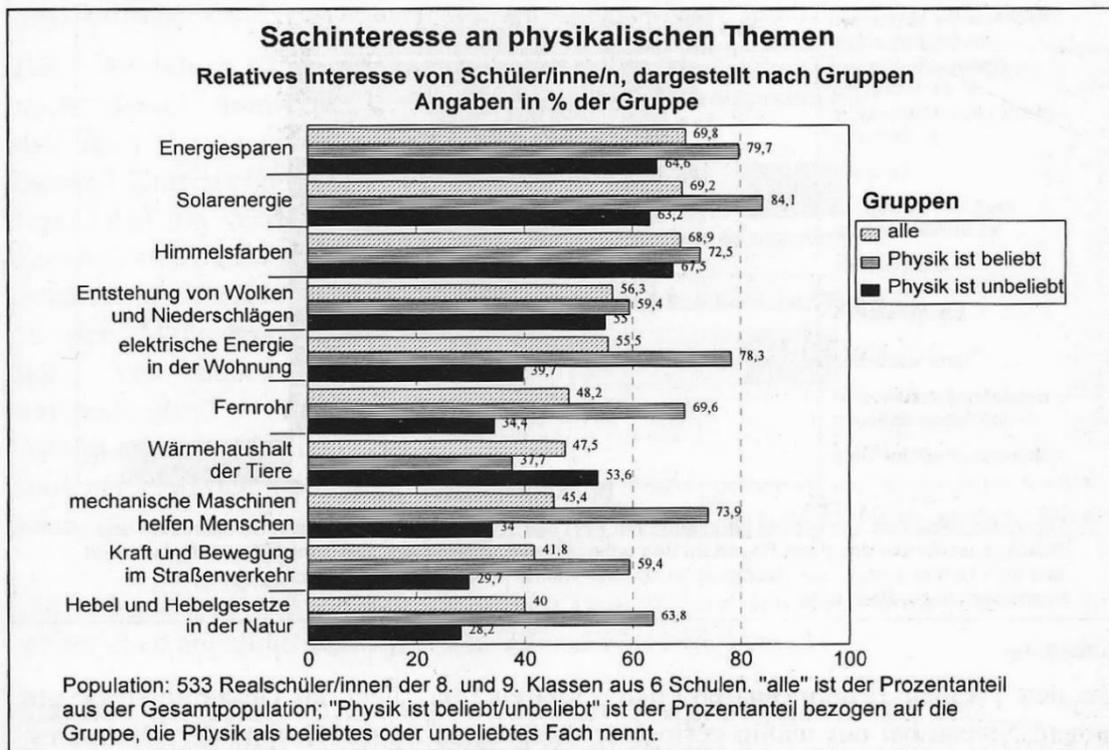


Abbildung 14: Sachinteresse an physikalischen Themen (Muckenfuß, 1995, S. 81)

Abgesehen von den Kontexten „Himmelsfarben“, „Entstehung von Wolken und Niederschlägen“ sowie „Wärmehaushalt der Tiere“ (Muckenfuß, 1995, S. 81) treten insgesamt große Differenzen zwischen beiden Gruppen auf. Die Interessendifferenzen der Kontexte „Solarenergie“ sowie „Energiesparen“ liegen im Vergleich der aufgezählten Kontexte im mittleren Bereich (ca. 15-20%).

Die Auswertung dieser Untersuchung unterstreicht den in Kapitel 2.4.2 geäußerten Vorwurf der „spaltenden Wirkung“ des Physikunterrichts (Muckenfuß, 1995, S. 21): Die Gruppe der Physikunterricht-mögenden Schüler zeigt einen insgesamt großen Interessenvorsprung in zahlreichen physikalischen Kontexten. Muckenfuß (1995, S. 81f) unterstützt diese Erkenntnis mit einer weiteren Abbildung, in der die Interessenunterschiede der o.g. Untersuchungsgruppe dargestellt werden (vgl. Abbildung 15).

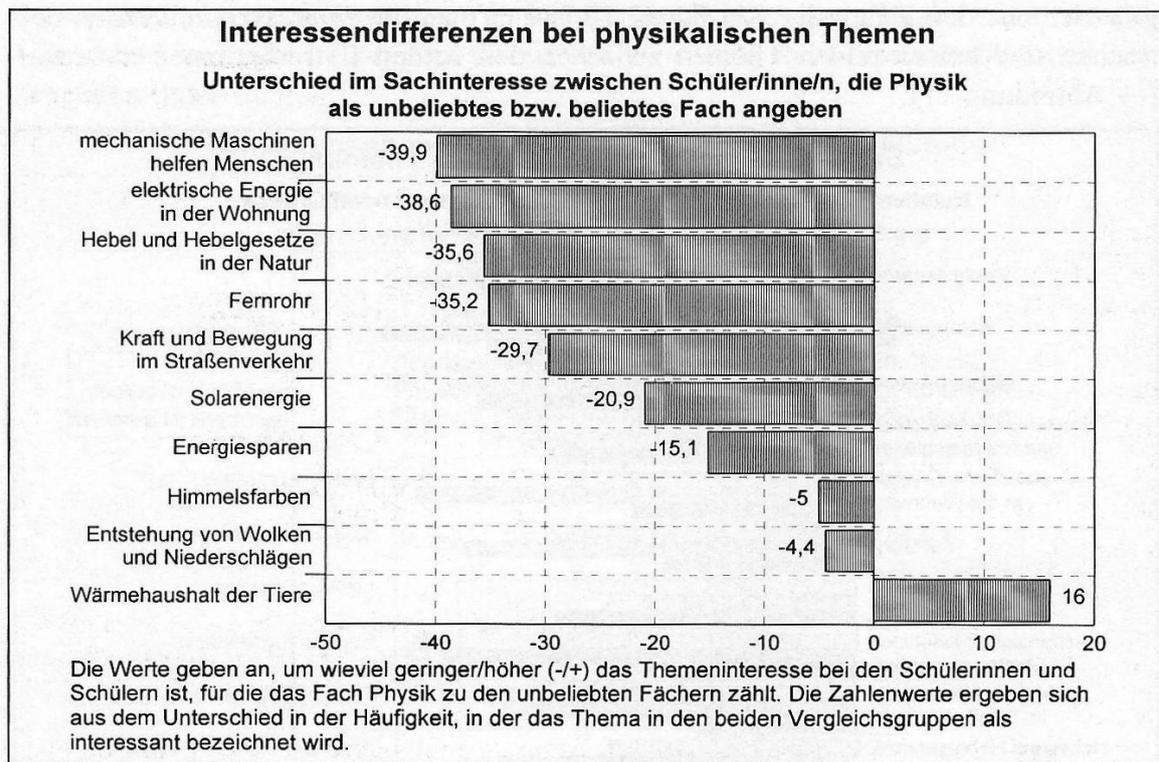


Abbildung 15: Interessendifferenz bei physikalischen Themen (Muckenfuß, 1995, S. 82)

Vor allem die sehr technisch-physikalisch geprägten Kontexte wie „mechanische Maschinen helfen Menschen“, „elektrische Energie in der Wohnung“, „Hebelgesetze in der Natur“ sowie „Fernrohr“ weisen Interessendifferenzen von ca. 35% - 40% auf.

Die geringen Interessendifferenzen sowie die insgesamt recht hohe Ausprägung des Interesses in den Kontexten „Solarenergie“ sowie „Energiesparen“ sieht Muckenfuß als Bestätigung seiner These, den Physikunterricht an „Nützlichkeit [und] Alltagserfahrung“ zu orientieren (Muckenfuß, 1995, S. 65). Die beiden Kontexte weisen zum einen ein insgesamt hohes Sachinteresse und zum anderen geringe Interessendifferenzen zwischen interessierten und uninteressierten Schülern auf. Muckenfuß stellte bei der Auswertung der Daten fest, dass vor allem Kontexte aus dem Bereich der „Naturerkenntnis“ (Muckenfuß, 1995, S. 81) für die Lernenden interessant zu sein scheinen. Kontexte aus dem Bereich der „Naturbeherrschung“ (ebd.) hingegen zeigen größere Interessendifferenzen sowie ein insgesamt geringeres Interesse auf.

Auf der Grundlage der hier dargestellten Untersuchungen von Hoffmann et al. sowie Muckenfuß kann gesagt werden, dass ein kontext- und schülerorientierter Physikunterricht sich an den Kontexten Physik und Gesellschaft, Physik und Beruf oder Physik und Natur orientiert

(vgl. Hoffmann et al., 1998, S. 54). Zudem sollte der Physikunterricht einen Beitrag zur „Naturerkenntnis“ (Muckenfuß, 1995, S. 81) erbringen und sich an „Nützlichkeit [und] Alltagserfahrung“ orientieren (Muckenfuß, 1995, S. 65). In diesem Kapitel wurden zudem zahlreiche Tätigkeiten und Kontexte benannt, die bislang nach Ansicht der Lernenden im Physikunterricht unterrepräsentiert waren (vgl. Tabelle 3 sowie Tabelle 4). Unter Berücksichtigung dieser Aspekte kann ein Physikunterricht konzipiert werden, der sich an den Interessen der Schüler orientiert.

2.4.4 Selbstkonzept in Bezug auf das Fach Physik

Das Selbstkonzept eines Lernenden hat nicht selten einen erheblichen Einfluss auf seine Leistung sowie Motivation. Es gibt Auskunft darüber, wie sich eine Schülerin oder ein Schüler selbst einschätzt. Diese Selbsteinschätzungen aus der Meta-Ebene können sich beispielsweise auf ein Schulfach beziehen und werden durch „subjektive Interpretationen aufgebaut und verändert, und umgekehrt beeinflussen sie aktiv die Erlebens- und Verhaltensprozesse angesichts neuer Umweltanforderungen“ (Zumhasch, 2010, S. 30). Selbstkonzepte in Bezug auf ein Schulfach werden „aufgrund eigener Lern- und Leistungserfahrungen in Schule und Unterricht sukzessive herausgebildet“ und „umfassen subjektive Überzeugungen bzw. Einschätzungen über die eigenen Fähigkeiten, den schulischen Anforderungen zu genügen“ (ebd.). Selbstkonzepte in Bezug auf die Schulfächer bilden sich zum Teil sehr verschiedenartig aus. Zumhasch (2010, S. 31) merkt hierzu an, „daß [sic] man nicht von einem integralen Gesamt-Fähigkeitsselbstbild [...] ausgehen kann, sondern daß insbesondere die Selbstkonzepte in den Bereichen Mathematik/Naturwissenschaften einerseits und Sprachen andererseits [...] voneinander unabhängig sind, ja oft sogar negativ miteinander korreliert sind.“

Gelingt es der Lehrperson, ein positives Unterrichtsklima zu schaffen, so ist dies für das fachliche Selbstkonzept der Schüler sehr förderlich (Zumhasch, 2010, S. 32). Zudem prägen vor allem Leistungen in entsprechenden Prüfungssituationen das Selbstkonzept eines Lernenden in Bezug auf ein Schulfach (ebd.). Umgekehrt ist ein positiv geprägtes Selbstkonzept häufig ein recht aussagekräftiger Prädiktor für gute schulische Leistungen. Oftmals stehen Fähigkeitsselbstbild und schulische Leistungen in einem kausalen Zusammenhang (Zumhasch, 2010, S. 31).

Neben der Erhebung von Daten zum Fach- und Sachinteresse wurden in der IPN-Interessenstudie auch Frageitems zum Selbstkonzept der Lernenden in Bezug auf das Schulfach Physik

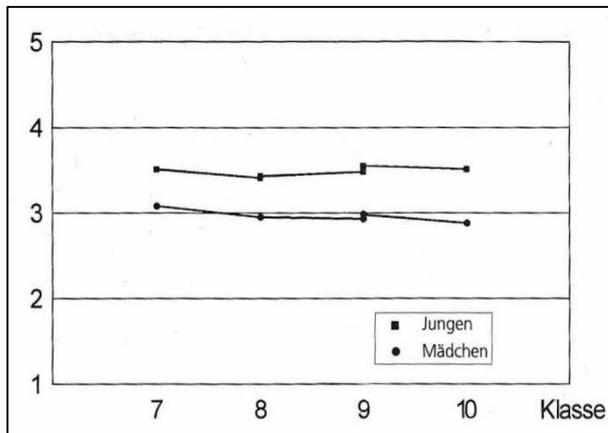


Abbildung 16: Das auf den Physikunterricht bezogene Selbstkonzept (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998, S. 66)

erhoben. Auf Grundlage der Selbsteinschätzung ließen sich nach Hoffmann et al. (1998, S. 65) die Aspekte „Erfolgszuversicht und Hoffnungslosigkeit“ erfassen. Im Rahmen dieser Examensarbeit sind die Ergebnisse von Hoffmann et al. relevant, da sie eine wissenschaftliche Grundlage für den Vergleich der eigenen Forschungsergebnisse darstellen. In der abschließenden Bewertung kann so erfasst werden, wie sich das Selbstkonzept der Lernenden der Untersuchungsgruppe im

Vergleich zu den Forschungsergebnissen der IPN-Studie darstellt und ob durch den Einsatz der Lego Mindstorms Experimente Veränderungen des Selbstkonzeptes in Bezug auf das Fach Physik auftreten.

Das Selbstkonzept der Lernenden in Bezug auf das Fach Physik weist Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen auf (vgl. Abbildung 16): So haben „die Jungen in allen Schuljahren ein signifikant positiveres Selbstkonzept als die Mädchen. Die Differenz nimmt im Laufe der Schulzeit zu.“ (Hoffmann et al., 1998, S. 65). Es kann gesagt werden, dass der Physikunterricht in Bezug auf das Selbstkonzept ähnlich wie das Fach- sowie Sachinteresse eine „polarisierende Wirkung“ hat (Fruböse, 2010, S. 388).

Im Rahmen dieser Arbeit stellt sich die Frage, ob sich durch den Einsatz von Lego Mindstorms Experimenten das Selbstkonzept der Lernenden in Bezug auf den Physikunterricht verändert. In der abschließenden Auswertung der Ergebnisse werden die eigenen Ergebnisse mit den Daten von Hoffmann et al. verglichen. Die hier vorgestellten Ergebnisse der IPN-Interessenstudie stellen somit eine Referenz für einen abschließenden Vergleich mit den eigenen Untersuchungsergebnissen dar.

2.4.5 Prädiktorvariablen des Sach- und Fachinteresses

Nachdem Hoffmann et al. die Kennzahlen Fachinteresse, Sachinteresse sowie Selbstkonzept dargelegt hatten, wurden in einem abschließenden Kapitel Zusammenhänge zwischen den erhobenen Daten hergestellt. Letztlich benannte man Variablen, die das Sach- oder Fachinteresse beeinflussen. Hoffmann et al. (1998, S. 116) bezeichnen diese Variablen auch Prädiktoren bzw. Prädiktorvariablen. Die Benennung der Prädiktoren gilt in etwa gleichem Maße sowohl für Mädchen als auch für Jungen und ist über die untersuchten Jahrgangsstufen hinweg stabil (Hoffmann et al., 1998, S. 109). Daher sind die im Folgenden aufgelisteten Variablen für beide Geschlechter und die Jahrgangsstufen sieben bis zehn gültig.

Hoffmann et al. (1998, S. 117 und S. 125) kamen zu dem Ergebnis, dass vor allem das Selbstkonzept in Bezug auf das Fach Physik ein zuverlässiger Prädiktor für die Ausprägung des Fach- und Sachinteresses ist. Demzufolge haben Lernende mit einem positiv geprägten Selbstkonzept mit hoher Wahrscheinlichkeit auch ein positiv ausgeprägtes Fach- und Sachinteresse.

Als weitere gemeinsame Prädiktorvariablen sowohl für das Sach- als auch das Fachinteresse benennen Hoffmann et al. (ebd.) die elterliche Unterstützung sowie die persönliche und gesellschaftliche Relevanz von Physikkenntnissen.

Während Lernende mit einem hohen Maß an Faszination für technische Geräte auch häufig ein großes Sachinteresse zeigen, wirkt sich diese Variable kaum auf das Fachinteresse aus (Hoffmann et al., S. 117 und S. 125). Starke Prädiktorvariablen für ein hohes Fachinteresse sind hingegen Variablen, die primär nichts mit physikalischen Dingen zu tun haben. Hoffmann et al. (S. 124f) benennen als Prädiktoren für die Ausprägung des Fachinteresses einen „Unterricht mit stimulierendem Unterrichtsklima“ sowie ein „positives Selbstkonzept“. Darüber hinaus prägt das Maß an außerschulischer Beschäftigung mit Physik ebenfalls das Fachinteresse am Physikunterricht. Diese Variable ist allerdings schwächer ausgeprägt als die beiden oben genannten (ebd.).

Die Variablen Fach- und Sachinteressen haben demnach keinen direkten Einfluss aufeinander. Ein stark ausgeprägtes Sachinteresse impliziert folglich nicht automatisch auch ein stark ausgeprägtes Fachinteresse. Diese Aussage bekräftigt Muckenfuß (1995, S. 74).

Eine Übersicht über die Prädiktorvariablen des Fach- und Sachinteresses zeigt Abbildung 17:

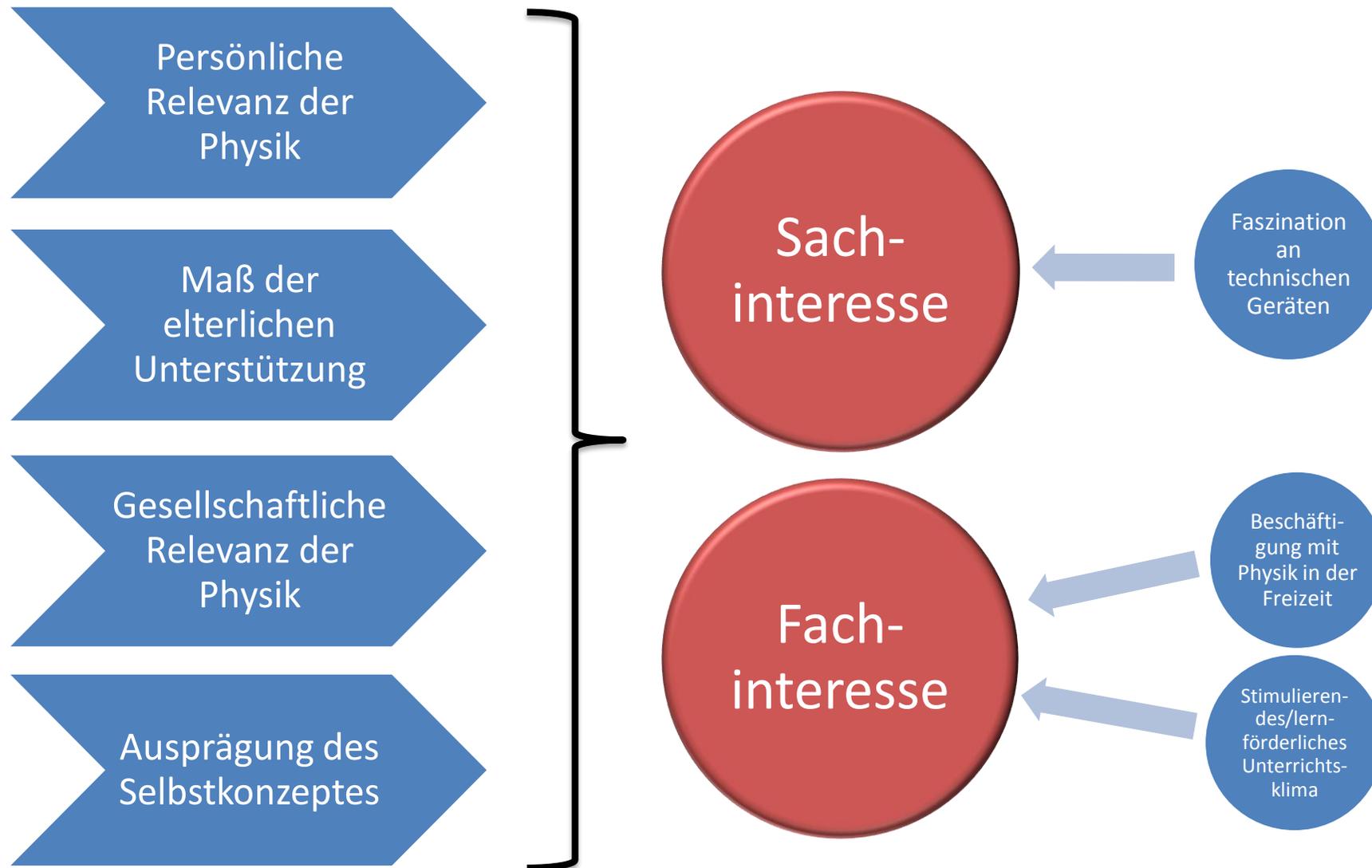


Abbildung 17: Prädiktorvariablen für die Auswirkungen auf das Fach- und Sachinteresse (eigene Darstellung, Prädiktorvariablen entnommen aus Hoffmann et al., S. 117-128)

2.4.6 Schlussfolgerungen aus den Interessenstudien

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln die Ergebnisse verschiedener Interessenstudien vorgestellt wurden, können abschließend einige Schlussfolgerungen für die Konzeption eines Physikunterrichts gezogen werden, der sich an den Interessen der Lernenden orientiert.

In Kapitel 2.4.5 wurden Variablen benannt, die sowohl das Fach- als auch das Sachinteresse in besonderem Maße beeinflussen. Bei einem positiv ausgeprägten Selbstkonzept sowie ausreichender elterlicher Unterstützung zeigen Schüler auch mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit ein hohes Fach- und Sachinteresse. Zudem beeinflusst das Maß an persönlicher und gesellschaftlicher Relevanz des behandelten Unterrichtsinhaltes sowohl das Fach- als auch das Sachinteresse. Lehrkräfte sollten daher bemüht sein, zum einen das Selbstkonzept der Lernenden positiv zu prägen und zum anderen Kontexte für den Unterricht zu wählen, die die persönliche und gesellschaftliche Bedeutung der Physik betonen.

In diesem Sinne ist eine Orientierung des Physikunterrichts an alltäglichen und gesellschaftlichen Kontexten ratsam, um die Bedeutung von Physik für das tägliche Leben zu unterstreichen. Neben technischen Anwendungen, die für die Gesellschaft von großem Nutzen sind, könnte beispielsweise auch die Vorstellung physikalisch-technischer Berufe im Physikunterricht thematisiert werden, um die Relevanz der Physik für die Gesellschaft hervorzuheben. Darüber hinaus könnten im Physikunterricht auch technische Neuerungen vorgestellt und deren gesellschaftlicher Nutzen diskutiert werden.

Auch Muckenfuß kommt abschließend zu ähnlichen Ergebnissen und Forderungen wie Hoffmann et al. Er fordert eine inhaltliche Orientierung des Physikunterrichts an alltäglichen und gesellschaftlich relevanten Kontexten. Zudem müsse der Physikunterricht vor allem am Bereich der „Naturkenntnis“ ausgerichtet sein (Muckenfuß, 1995, S. 86). Zudem spricht Muckenfuß in seinen Forderungen existenzielle Aspekte an. Die Lernenden sollten durch den Physikunterricht in die Lage gebracht werden, die „Bedingungen ihrer Existenz und ihres Handelns zu verstehen!“ (Muckenfuß, 1995, S. 65). Muckenfuß sieht außerdem dringenden Handlungsbedarf für eine Neuorientierung des Physikunterrichts. In seiner jetzigen Form teilt der Physikunterricht die Schülerschaft in „Experten und Eingeschüchterte. [...] Der Physikunterricht wirkt daher elitestiftend und antidemokratisch“ (Muckenfuß, 1995, S. 86).

Es erscheint insgesamt sinnvoll, den Physikunterricht vermehrt an lebensweltlichen und alltäglichen Kontexten zu orientieren, um sowohl das Sach- als auch das Fachinteresse der Lernenden zu steigern. So würde die Konzeption eines lebensnahen und schülerzentrierten Physikunterrichts gelingen, der die Beliebtheit des Fachs steigern würde.

2.5 Spielen und Spielzeug im Physikunterricht

„Das Spiel ist der Weg der Kinder zur Erkenntnis der Welt, in der sie leben.“

Maxim Gorki, russischer Schriftsteller ⁴

Während bedeutende Menschen wie der oben zitierte russische Schriftsteller Maxim Gorki bereits früh den Sinn des Spielens für den Wissenserwerb von Kindern erkannt haben, scheint das Spielen im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe I und II kaum präsent zu sein (vgl. Mikelskis-Seifert & Behrendt, 2012, S. 174f). Dem Spielen bzw. den Spielzeugen scheint bei einem Großteil der Lehrkräfte der Ruf anzuhaften, etwas Simplex zu sein, das ein gewisses Maß an Ernsthaftigkeit im Lernprozess vermissen lässt (Mikelskis-Seifert & Behrendt, 2012, S. 174). Spielen wird hier oft als „Spielerei“ (ebd.) abgetan, die lediglich oberflächlich und wenig ernsthaft sei.

Dennoch benennen einige Physikdidaktiker/-innen zahlreiche positive Effekte des Spielens auf den Lernerfolg im naturwissenschaftlichen Unterricht. Spielzeuge lassen ihre Funktion oftmals nicht sofort erkennen und setzen ihren Betrachter zunächst in Erstaunen und Verblüffen (Kluge, 1973, S. 6). Gleichzeitig werfen sie Fragen auf und regen zum Nachdenken an (ebd.). So gesehen stehen sie auch am Anfang eines naturwissenschaftlichen Arbeitsprozesses, da die nicht ersichtliche Funktionsweise eines Spielzeuges den Beobachter zu Vermutungen und Hypothesen anleitet (ebd.).

Otto Ernst Berge (1972, S. 11ff) sieht vor allem im Anfangsunterricht der Sekundarstufe I viele Chancen für den Einsatz von Spielzeug im Physikunterricht. Während Physikunterricht häufig unter Laborbedingungen mit entsprechend weltfremden Experimentiermaterialien stattfindet, bieten Spielzeuge den Zugang zu Physik mit einem „Umweltgerät“ der Lernenden (Berge, 1982, S. 11). So gesehen stehen die Spielzeuge für eine Verbindung der Physik zur realen Welt (ebd.). Zudem bieten Spielzeuge die Möglichkeit, technische Aspekte unter realen Bedingungen darzustellen, wohingegen Experimentiermaterial des Physikunterrichts häufig

⁴ <http://www.klein-ep.de>, Stand 19.10.2015

idealisierte Laborbedingungen schafft (ebd.). Berge (1972, S. 11) differenziert daher zwischen der „Realphysik“ (z.B. mit Spielzeugen) und der Physik unter Laborbedingungen.

Silke Mikelskis-Seifert und Helga Behrendt (2012, S. 176) beschreiben in ihrem Artikel zudem das Lernen im „Huckepackeffekt“: bedingt durch das gesteigerte Interesse und die höhere Motivation durch den Einsatz des Spielzeuges lernen Schüler den Unterrichtsstoff eher beiläufig und spielerisch. Dieser Effekt könne daher auch für den Physikunterricht von Nutzen sein, da sich durch die Spielfreude die Möglichkeit ergibt, das Lernen zu erleichtern (Mikelskis-Seifert & Behrendt, 2012, S. 177).

Vor dem Hintergrund der genannten Aspekte scheint der Einsatz von Spielzeugen wie den Lego Mindstorms Experimenten im Physikunterricht ein interessanter und vielversprechender Zugang zu Physik zu sein. Spielzeuge können als „Umweltgeräte“ (Berge, 1982, S. 11) einen lebensweltlichen Bezug herstellen und Physikexperimenten ihren künstlichen Laborcharakter nehmen.

2.6 Studien zu den Lego Mindstorms Experimenten

Seit dem Jahr 1998 ist der dänische Spielzeughersteller Lego auch mit einem Lehrmittel im Unterricht der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer sowie Informatik präsent. Mit dem Lego Mindstorms System ist nun ein programmierbarer Roboter verfügbar, der zusammen mit entsprechend kompatiblen Motoren und Sensoren zahlreiche Möglichkeiten bietet, Unterrichtsinhalte in den o.g. Fächern zu erarbeiten.

Durch die Verknüpfung mathematisch-naturwissenschaftlicher Aspekte mit spielerischen Komponenten wurde ein völlig neuer Zugang zu Mathematik, den naturwissenschaftlichen Fächern sowie Informatik geschaffen.

Da es sich bei den Lego Mindstorms Experimenten um ein sehr neues Lehrmittel handelt, gibt es derzeit noch keine repräsentativen Forschungsberichte über den Einsatz dieses Lehrmittels im Physikunterricht. Zwar erschienen erste Untersuchungen zu den Auswirkungen der Lego Mindstorms im Schulunterricht. Allerdings sind diese Untersuchungen zum Teil auf andere Fachgebiete als den Einsatz im Physikunterricht ausgerichtet. Dennoch werden im Nachfolgenden die wesentlichen Ergebnisse von drei Studien zum Einsatz von Lego Mindstorms Experimenten in verschiedenen Unterrichtsfächern dargestellt (Kapitel 2.6.1-2.6.3).

2.6.1 Studie zur Entwicklung und Bereitstellung von Anwendungssystemen (Opel, 2011)

Simone Opel (2011) untersuchte im Rahmen des Unterrichts an einer Berufsschule die „Akzeptanz des Unterrichtsmittels Mindstorms“ (Opel, 2011, S. 21). Die Lego Experimente wurden im ersten Ausbildungsjahr der Berufsschulklasse Fachinformatiker Systemintegration eingesetzt. Ziel der Unterrichtseinheit bzw. des Lernfeldes waren erste Erfahrungen in der Programmierung einfacher Anwendungssysteme. Im Rahmen der Unterrichtseinheit wurde im Gegensatz zur eigenen Untersuchung das Vorgängermodell Lego Mindstorms NXT genutzt.

Opels Studie wurde über einen Zeitraum von insgesamt acht Unterrichtsstunden durchgeführt. Simone Opel wählte hierfür zwei Klassen, wobei eine der Klassen als Kontrollgruppe diente und bisher eingesetzte Unterrichtsmaterialien erhielt (vgl. Opel, 2011, S. 21). In der anderen Klasse wurden die Lego Mindstorms Roboter verwendet. Vor der Durchführung der Untersuchung hatten beide Klassen jeweils zwei Unterrichtsblöcke à zwei Unterrichtsstunden im Fach Anwendungsentwicklung und Programmierung (vgl. ebd.).

Die Leistungen und Einstellungen zum Unterricht wurden in beiden Gruppen durch Tests im Prä-Post-Design vor und nach der Unterrichtseinheit untersucht.

Opel kam zu dem Ergebnis, dass die Experimentiergruppe mit den Lego-Mindstorms Experimenten den Unterricht wesentlich interessanter empfand als die Kontrollgruppe (vgl. Opel, 2011, S. 24).

In den Wissenstests gibt es in dieser Untersuchung keine signifikanten Unterschiede zwischen Kontroll- und Experimentiergruppe (vgl. ebd.). Der Wissenszuwachs beider Gruppen war im Verlauf der Unterrichtseinheit sowohl im „regulären“ Unterricht als auch im Unterricht mit den Lego Mindstorms Experimenten vergleichbar (vgl. ebd.). Auch die Befürchtung einiger Lehrkräfte, dass durch den Einsatz eines Spielzeuges „die wesentlichen Inhalte verloren gehen würden, hat sich also nicht bewahrheitet“ (ebd.).

Opel fasst abschließend zusammen, dass in der Experimentiergruppe im Nachtest die Leistungen der Lernenden sehr ausgeglichen waren. Selbst in der eigentlich sehr heterogenen Lerngruppe einer Berufsschule scheint der Einsatz von Lego Mindstorms ihrer Ansicht nach sehr geeignet (vgl. Opel, 2011, S. 24f).

Trotz des positiven Resümées merkt Opel (2011, S. 25) an: „Die [Lego Mindstorms] Roboter sind nur ein Medium, nicht der Inhalt des Unterrichts“ (Opel, 2011, S. 25). So ist die „sorgfältige Entwicklung entsprechender Konzepte und Materialien [...] eine wichtige Aufgabe, um

sinnvolle Lernsituationen in der Zukunft zu gestalten.“ (ebd.). Der Einsatz der Lego Mindstorms Roboter kann folglich nicht als Allheilmittel angesehen werden.

Die hier beschriebene Studie befasst sich zwar nicht mit dem Einsatz der Lego Mindstorms Experimente im Physikunterricht. Dennoch werden in der Beschreibung der Untersuchungsergebnisse einige allgemeine Tendenzen in Bezug auf Leistung und Motivation der Lernenden deutlich. Im Rahmen der Auswertung der eigenen Untersuchung wird daher auch die Frage zu beantworten sein, ob sich ähnliche Effekte wie in der von Simone Opel durchgeführten Untersuchungen zeigen.

2.6.2 Lego Mindstorms im Physikpraktikum für das Lehramt Physik (Frank & Jessen, 2014)

Thomas Frank und Karsten Jessen (2014) untersuchten in ihrer Arbeit, inwiefern sich der Einsatz von Lego Mindstorms Experimenten im Physikpraktikum für das Lehramt Physik eignet. Wie bereits in der Studie von Simone Opel (2011) nutzten auch Frank und Jessen das Lego Mindstorms NXT-System, welches das Vorgängermodell zum derzeit aktuellen EV-3-System ist.

Die Autoren führten zusammen mit Studenten des Lehramts für Realschulen an der Ludwig-Maximilians-Universität München einfache Versuche aus den Bereichen Thermodynamik und Mechanik durch und bewerteten anschließend die Arbeit mit den Lego Mindstorms Experimenten.

Frank & Jessen (2014, S. 5) beurteilten zunächst die „spielerische Vermittlung von experimenteller Erfahrung“ als sehr positiv. Zudem konnte in den Experimenten die „erwartete Theorie qualitativ bestätigt werden.“ (ebd.). Frank & Jessen (2014, S. 5) stuften die „Relevanz solcher Systeme für Studenten des Lehramts Physik [...] für den späteren Unterrichtsalltag sehr hoch“ ein, da die Lernenden mit den Lego Materialien „problemlos selbstständig experimentieren“ können.

2.6.3 Lego Mindstorms aus Sicht der Lernpsychologie (Rugen, 2004)

Gwendolin Rugen (2004) betrachtet in ihrer Dissertation Lernsoftwares aus der Sichtweise einer Lernpsychologin. Im Rahmen ihrer Arbeit werden u.a. die Lego Mindstorms Experimente analysiert und bewertet.

Rugen benennt mit der großen Flexibilität und Erweiterbarkeit des Systems zunächst einen großen Vorteil der Lego Mindstorms Experimente im Gegensatz zu anderen Lehrmitteln (Rugen, 2004, S. 313). So „bleibt noch genug Freiraum für eigene Kreationen“ (ebd.) und es ergeben sich Möglichkeiten für die Anwender, die vorliegenden Versuchsanleitungen zu verändern und zu erweitern.

Aus Sicht der Lernpsychologie beurteilt Rugen die Lego Mindstorms Experimente ebenfalls sehr positiv. So „spricht [die Software] verschiedene Lerntypen an“ und es werden die „verschiedenen theoretischen Lernkonzepte [...] vereint“, indem den Lernenden „eine Mischung aus Lernen am Modell, Trial and Error, Learning-by-Doing, sowie dem entdeckenden Lernen geboten werden“ (Rugen, 2004, S. 314). Der Lernweg wird nach Rugen (2004, S. 314) zudem als angenehm empfunden und die Schüler lernen implizit und intrinsisch motiviert. Der Lernweg weist eine Mischung verschiedener Lerntheorien auf und beinhaltet sowohl behavioristische als auch kognitivistische sowie konstruktivistische Lernansätze (vgl. (Rugen, 2004, S. 315). Daher bewertet Rugen (ebd.) den „Aufbau der Lernumgebung als optimal“. Die „Vereinigung der verschiedenen theoretischen Lernkonzepte bietet optimale Lernbedingungen“ (ebd.). Da die Lego Mindstorms Experimente die Lernenden dazu anregen, neue Ideen zu entwickeln und zudem zahlreiche Lerntheorien berücksichtigen sind sie nach Rugen (2004, S. 314) „über normale Lernsoftware (Edutainmentsoftware) hinausgewachsen.“

Die Forschungsarbeit von Gwendolin Rugen bietet eine lernpsychologische Sichtweise auf die Lego Mindstorms Experimente. Nachdem bisher weitestgehend fachdidaktische Aspekte in der hier vorliegenden Arbeit benannt wurden, ermöglichen die von Rugen beschriebenen Argumente aus dem Bereich der Lernpsychologie eine differenziertere Bewertung der Lego Mindstorms Experimente.

2.7 Zusammenfassung des Theorieteils

In den vorangegangenen Kapiteln wurden zahlreiche relevante Aspekte des derzeitigen aktuellen Forschungsstandes der Physik-Fachdidaktik vorgestellt. Zum Abschluss dieses Kapitels können auf der Grundlage des aktuellen Forschungsstandes einige zu erwartende Untersuchungsergebnisse formuliert werden. Ausgehend von den in Kapitel 1.2 benannten Forschungsfragen werden hier erste Voraussagen über den Ausgang der Untersuchung getroffen.

Eine Schlüsselvariable, die sich auf die Ausprägung des Fach- und Sachinteresses auswirkt, ist das Selbstkonzept der Lernenden in Bezug auf das Schulfach Physik (vgl. Kapitel 2.4.4 sowie 2.4.5). Auch in der vorliegenden Arbeit werden die Ausprägung und die Entwicklung des Selbstkonzepts untersucht. Die entsprechende Forschungsfrage hierzu lautete wie folgt:

Inwieweit verändert sich das Selbstkonzept der Lernenden in Bezug auf das Schulfach Physik durch den Einsatz von Lego Mindstorms Experimenten?

Wie in Kapitel 2.4.4 beschrieben kann bereits ein angenehmes und lernförderliches Unterrichtsklima zu einer Verbesserung des Selbstkonzepts der Lernenden führen. Mit den Lego Mindstorms Experimenten kann ein spielerischer Zugang zu Physik geschaffen werden, der Hemmnisse auf Seiten der Schüler abbaut und die Durchführung von Physikexperimenten positiv färbt. Ausgehend von dieser Überlegung kann die Hypothese aufgestellt werden, dass sich im Verlauf der Untersuchung das Selbstkonzept der Schüler positiv entwickelt.

Darüber hinaus wurden eingangs zwei Forschungsfragen zur Entwicklung des Fach- und Sachinteresses formuliert. Diese lauteten:

Inwieweit verändert sich das Fachinteresse zum Fach Physik durch den Einsatz von Lego Mindstorms Experimenten?

Inwieweit kann durch den Einsatz der Lego Mindstorms Experimente das Sachinteresse zur Energie gesteigert werden?

Auf Grundlage der in Kapitel 2.4.5 dargestellten Prädiktoren führt eine positive Ausprägung des Selbstkonzeptes zu einem erhöhten Sach- und Fachinteresse. Sollte sich die oben beschriebene These der Verbesserung des Selbstkonzepts im Verlauf der Untersuchung bewahrheiten, so würde das zu einer Verbesserung von Fach- und Sachinteresse führen.

Darüber hinaus wird mit den in dieser Untersuchung durchgeführten Experimenten zur Elektromobilität sowie zur Energieumwandlung die gesellschaftliche Relevanz von Physik herausgestellt. Dieses Argument stützt die oben formulierte These einer Steigerung sowohl des

Fach- als auch des Sachinteresses. Sollten die Lego Mindstorms Physikexperimente eine Faszination an technischen Geräten hervorrufen und zudem ein lernförderliches Unterrichtsklima schaffen, so ist ebenfalls von einer Steigerung des Fach- und Sachinteresse auszugehen.

Neben den beschriebenen Forschungsfragen zu Selbstkonzept, Fach- und Sachinteresse sind auch die Schülerassoziationen zur Energie Forschungsgegenstand dieser Arbeit. Eine vierte Forschungsfrage bzgl. der Schülerassoziationen lautete wie folgt:

Wie sehen die Schülerassoziationen zum Energiebegriff aus? Inwiefern lassen sich die Ergebnisse zu den Assoziationen des Energiebegriffs aus den Studien von Duit (1986) und Crossley & Staraschek (2010a) reproduzieren?

Die Lernenden werden zwei Experimente zum Bereich der Energie durchführen. In den Versuchen werden der Terminus der Energieumwandlung sowie die Kontexte der Bewegungsenergie und Sonnen-/Solarenergie thematisiert. Dementsprechend ist davon auszugehen, dass die Lernenden nach der Durchführung der Lego Mindstorms Experimente vermehrt Begriffe wie „Energieumwandlung“, „Solar-/Sonnenenergie“ sowie Begriffe aus dem Bereich der mechanischen Energie mit dem Energiebegriff in Verbindung bringen.

Eine allgemeine Vorhersage der Ausprägung der Schülerassoziationen zur Energie ist nicht möglich, da diese von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst wird. So können neben den durchgeführten Experimenten auch aktuelle politische Ereignisse, die Thematisierung des Energiebegriffs im Physikunterricht oder persönliche Alltagserfahrungen die Schülerassoziationen zur Energie beeinflussen. Es können daher nur Vorhersagen über die Entwicklung der Assoziationen zum Begriff der Energie im zeitlichen Rahmen der Untersuchung getroffen werden.

3 Beschreibung der Untersuchungsmethode

Nachdem im Theorieteil (Kapitel 2) wesentliche fachdidaktische Grundlagen zu den Forschungsgegenständen dargestellt wurden, wird im Verlauf von Kapitel 3 die Untersuchungsmethode dieser Forschungsarbeit vorgestellt.

Die Rahmenbedingungen dieser Studie sind in Kapitel 3.1 aufgeführt. In Kapitel 3.2 wird ein Überblick über das Lego Mindstorms System sowie die in dieser Untersuchung verwendeten Physikexperimente gegeben. Kapitel 3.3 hingegen beschreibt das Untersuchungsdesign sowie die Durchführung der Untersuchung.

Mit diversen Testinstrumenten (Kapitel 3.4) wurden verschiedene Untersuchungsparameter erfasst, um die Auswirkungen der Lego Mindstorms Experimente auf die Lernenden zu überprüfen. Um Gründe für eventuell auftretende Einstellungsänderungen der Schüler in Erfahrung zu bringen, wurden einige Lernende nach Abschluss der Experimentierphase in kurzen Interviews befragt. Die Planung und Durchführung der Interviews ist in Kapitel 3.4.2 beschrieben.

Um die Schülerassoziationen zur Energie in ähnlicher Weise wie Duit sowie Crossley und Starauschek kategorisieren zu können, wurde auch für diese Forschungsarbeit ein entsprechendes Kategoriensystem zur Einordnung der Begriffsassoziationen entworfen (Kapitel 3.5).

In Kapitel 3.6 wird abschließend diskutiert, ob die verwendete Untersuchungsmethode zur Erhebung reliabler und valider Untersuchungsergebnisse geeignet ist.

Während in Kapitel 4 die Untersuchungsergebnisse ausgewertet werden, dient dieses Kapitel lediglich zur Beschreibung der Untersuchungsmethode und des Untersuchungsdesigns. Es werden daher ausschließlich Aspekte zur Art und Weise der Untersuchung dargelegt.

3.1 Rahmenbedingungen

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden mit einer Schülergruppe Experimente mit dem Lego Mindstorms System durchgeführt. Die Untersuchung dauerte insgesamt zwei Schultage. Am ersten Tag der Untersuchung waren 13 Lernenden anwesend. Am zweiten Tag erkrankten zwei Schüler und die Stichprobe verringerte sich dementsprechend auf elf Schüler.

Die Lernenden besuchten zum Zeitpunkt der Untersuchung die zehnte Klasse einer integrierten Gesamtschule. Die an der Untersuchung teilnehmenden Schüler haben eine Gymnasialempfehlung erhalten und werden nach Beendigung der zehnten Klasse die gymnasiale Oberstufe besuchen.

In der Untersuchungsgruppe hatten drei Lernende bereits Erfahrung mit den Lego Mindstorms Robotern. Für die übrigen Schüler war die Arbeit mit diesem System neu.

Da für die Durchführung der Experimente lediglich zwei vollständige Experimentierkästen zur Verfügung standen, konnten jeweils nur zwei Experimentiergruppen à zwei Schüler gleichzeitig einen Versuch durchführen.

Die Versuchsdurchführung wurde vom Autor dieser Arbeit sowie einer weiteren Lehrkraft betreut. Bei Fragen stand daher immer ein Ansprechpartner zur Seite. Zusätzlich zu den in der Versuchsanleitung gestellten Fragen und Problematisierungen wurde der Experimentierprozess durch Verständnisfragen seitens der anwesenden Lehrpersonen ergänzt. Diese Verständnisfragen regten zum Teil kleine Diskussionen sowie Gespräche rund um die Experimente und deren fachlichen Hintergründe an.

3.2 Lego Mindstorms Experimente

Die Lego Mindstorms Experimente sind eine Produktreihe des dänischen Spielzeugherstellers Lego. Mit der RCX-Version wurde im Jahr 1998 erstmals ein programmierbarer Roboter als Lehrmittel für den Informatik- und Mathematikunterricht präsentiert. Auf die im Jahr 2006 vorgestellte zweite Generation der Lego Mindstorms Experimente (NXT) folgte im Jahr 2013 schließlich das derzeit aktuelle EV3-System, mit dem in dieser Untersuchung gearbeitet wurde.

Der amerikanische Mathematiker und Erforscher der künstlichen Intelligenz, Seymour Papert, entwickelte am Massachusetts Institute of Technology (MIT) Mitte der 90er Jahre erstmals Software, mit der Legosteine bewegt werden konnten. Kurze Zeit später begann schließlich die Zusammenarbeit mit dem dänischen Spielzeughersteller, der das Potential Paperts Idee erkannte und zu vermarkten wusste (Rugen, 2004, S. 271). Vor der ersten Markteinführung in den USA wurde der programmierbare Legostein auf den Namen ‚Mindstorms‘ getauft, was frei übersetzt Sturm des Geistes oder des Verstandes heißt.

Bereits bei der ersten Lego Mindstorms Version RCX wurde mit den Roboterbausätzen entsprechende Software zur Steuerung der Motoren und Sensoren mitgeliefert. Zudem war eine Weiterentwicklung der Software durch den Nutzer möglich, der so die Programme zur Steuerung der Mindstorms Roboter beliebig erweitern oder ändern konnte. Die Programmierung geschieht hier nicht wie üblich in einem entsprechenden Editor sondern über die grafische Oberfläche der Lego Mindstorms Software. So sind für die Weiterentwicklung von Programmen keine Programmierkenntnisse nötig (Rugen, 2004, S. 274). Diese Form der Programmierung wurde bis zur aktuellsten Version EV3 beibehalten.

Nachdem Lego Mindstorms anfangs primär einem Zugang zur Programmierung von Bewegungsabläufen eines Roboters dienten und folglich für den Einsatz im Informatikunterricht geeignet waren, wurden nach und nach auch andere Schulfächer „erschlossen“. So sind mit der aktuellsten Version EV3 erstmals auch verschiedene Experimente im Physikunterricht möglich.

Im Rahmen dieses Kapitels wird die aktuellste Version der Lego Mindstorms Experimente mit seinen zahlreichen Eigenschaften und Möglichkeiten kurz vorgestellt (Kapitel 3.2.1). Im Anschluss daran werden die Möglichkeiten für den Einsatz im Physikunterricht beschrieben (Kapitel 3.2.2). Abschließend stellt Kapitel 3.2.3 die in dieser Untersuchung durchgeführten Experimente zur Energie vor.

3.2.1 Lego Mindstorms EV3

Der Kern der Lego Mindstorms Experimente⁵ ist der so genannte EV3-Stein (siehe Abbildung 18). Er ist die zentrale Schalteinheit des Lego Roboters. Zur Verbindung mit dem Computer stehen ihm entsprechende kabelgebundene sowie kabellose Schnittstellen zu Verfügung. An den EV3 Stein können zahlreiche Motoren und Sensoren angeschlossen werden (u.a. Berührungssensoren, Farbsensoren oder Infrarotsensoren). Zudem bietet der Stein Vorrichtungen, um Legosteine an ihm zu befestigen und ihn so in Roboter einzubauen.



Abbildung 18: Lego Mindstorms EV3 Stein (Kehlet, 2013, S. 4 und S. 7)

Im Lieferumfang eines Basispakets sind zudem zwei unterschiedlich starke Motoren zum Antrieb des Lego Mindstorms Roboters inbegriffen (siehe Abbildung 19).

⁵ Im Nachfolgenden ist hier immer von der aktuellste Version EV3 die Rede



Abbildung 19: Motoren der Lego Mindstorms Experimente (Kehlet, 2013, S. 10)

Wie eingangs erwähnt ist der Anschluss verschiedener Sensoren an den EV3 Stein möglich. Mit Hilfe dieser Sensoren eröffnen sich für die Lego Mindstorms Roboter zahlreiche Einsatzmöglichkeiten zur Anwendung in den unterschiedlichsten Kontexten.

Der *Farbsensor* kann sowohl unterschiedliche Farben als auch deren Intensität unterscheiden. So kann ein Roboter beispielsweise einen farblich markierten Parcours nachfahren oder bei Erkennung einer bestimmten Farbe eine vorab bestimmte Aktion durchführen.

Der analoge *Berührungssensor* erkennt an einem Taster die Stellungen ‚gedrückt‘ sowie ‚losgelassen‘.

Mit Hilfe dieses Sensors kann ein Roboter so programmiert werden, dass er auf Tastendruck eine bestimmte Tätigkeit durchführt.

Durch den digitalen *Infrarotsensor* kann der Lego Mindstorms Roboter über eine entsprechende Fernbedienung gesteuert werden. Zudem kann der Sensor im „Nähemodus“ (Kehlet, 2013, S. 13) den Abstand zu einem Objekt beziffern. Im „Signalmodus“ (ebd.) kann der Roboter ein ausgesendetes Infrarotsignal erkennen und folgt der Richtung des Senders.

Zur Steuerung der Roboter wird mit dem Basisset die entsprechende Lego Mindstorms EV3 Software mitgeliefert. Im Programm werden zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten samt Bauanleitungen und entsprechenden Programmen zur Steuerung angeboten (siehe Abbildung 20⁶). Neben einem kurzen Demonstrationsvideo, indem die Möglichkeiten des Roboters gezeigt werden, enthält die Software auch eine entsprechende Bauanleitung sowie das passende Programm zur Steuerung des Roboters. Das jeweilige Programm wird auf den EV3 Stein geladen und hier manuell gestartet.

⁶ Alle in diesem Kapitel verwendeten Screenshots sind entnommen aus der aktuellen Software zu den Lego Mindstorms EV3 in der Lehrer-Edition

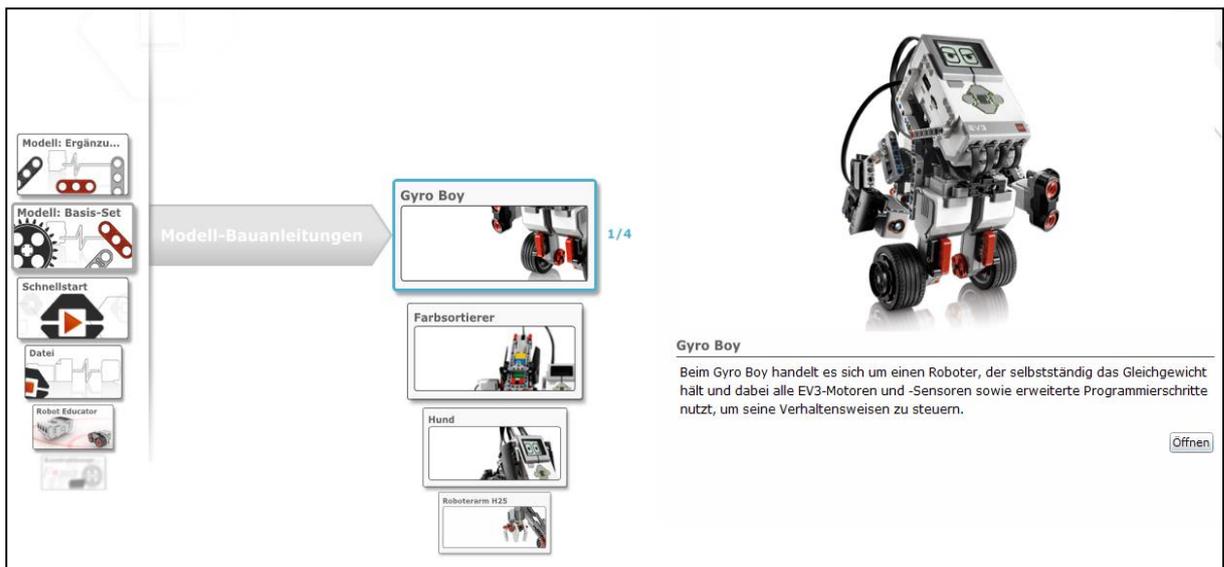


Abbildung 20: Bedienoberfläche Lego Mindstorms EV3

Neben zahlreichen Bauanleitungen für verschiedene Roboter enthält das Programm auch eine Bedienungsanleitung sowie Einführungsvideos für die Funktionsweise der Programmierung von Programmen und der Messwerverfassung. Durch die Möglichkeit, Programme selbst zu schreiben, kann das Lego Mindstorms EV3 System beinahe beliebig erweitert und angepasst werden. Entsprechende Programme und neue Bauanleitungen können dann in die Benutzeroberfläche eingearbeitet werden und stehen so für andere Nutzer zur Verfügung.

3.2.2 Physikexperimente mit Lego Mindstorms

In der aktuellsten Version der Lego Mindstorms wurden erstmals Lego Roboter für die Durchführung von Physikexperimenten entwickelt. Hierfür wird das Basisset für den Aufbau von Robotern um entsprechende Erweiterungspakete wie beispielsweise dem Erneuerbare-Energien-Set erweitert. Das mitgelieferte Programm enthält zahlreiche Experimente zu den Bereichen Energie, Mechanik/Kinematik, Optik sowie Thermodynamik (siehe Abbildung 21).

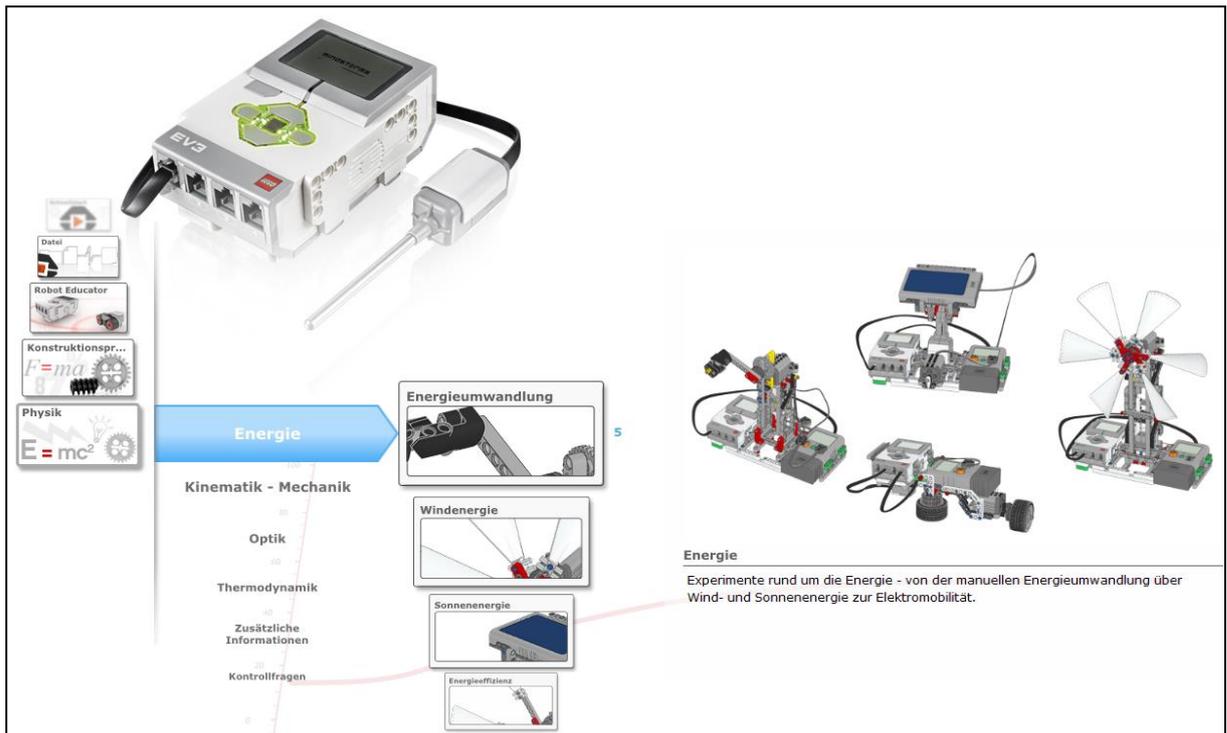


Abbildung 21: Physikexperimente der Lego Mindstorms EV3 Software

Die Physikexperimente sind immer in zehn oder elf Abschnitte eingeteilt. Während in der *Einleitung* ein physikalisches Problem geschildert wird, geht die *Vorüberlegung* auf bereits erlangtes Vorwissen ein oder lässt Raum für Vermutungen der Schüler. Mit Hilfe der *Bauanleitung* können die Lernenden das Experiment selbst aufbauen, um anschließend das *Programm herunterzuladen* (Schritt vier). In einem weiteren Schritt gibt das Programm noch *Hinweise zur Nutzung des Modells* sowie zum *Experimentieren und Messen*. Mit Hilfe der Software können anschließend Messwerte erfasst werden, die in den Schritten *Analysieren eins* und *zwei* ausgelesen werden können (siehe Abbildung 22). Hier gibt es auch die Möglichkeit, Wertetabellen mit den entsprechenden Messwerten zu verfassen.

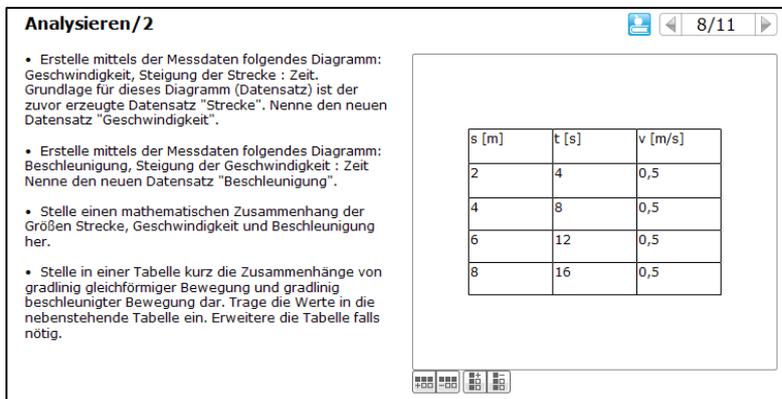


Abbildung 22: Datenauswertung und –analyse mit der Lego Mindstorms Software

Die Physikexperimente sind immer in zehn oder elf Abschnitte eingeteilt. Während in der *Einleitung* ein physikalisches Problem geschildert wird, geht die *Vorüberlegung* auf bereits erlangtes Vorwissen ein oder lässt Raum für Vermutungen der Schüler. Mit Hilfe der *Bauanleitung* können die Lernenden das Experiment selbst aufbauen, um anschließend das *Programm herunterzuladen* (Schritt vier). In einem weiteren Schritt gibt das Programm noch *Hinweise zur Nutzung des Modells* sowie zum *Experimentieren und Messen*. Mit Hilfe der Software können anschließend Messwerte erfasst werden, die in den Schritten *Analysieren eins* und *zwei* ausgelesen werden können (siehe Abbildung 22). Hier gibt es auch die Möglichkeit, Wertetabellen mit den entsprechenden Messwerten zu verfassen.



Abbildung 23: Experiment „Schwerkraft“

Nach der Analyse erfolgt eine Zusammenfassung der Ergebnisse. Hierfür stehen in der Software Möglichkeiten der Tabellenkalkulation sowie der Textfassung zur Verfügung. Abschließend wird noch die Aufforderung gegeben, Erlerntes mit den Mitschülern zu teilen und evtl. Schlussfolgerungen aus dem Experiment zu ziehen.

Die Erfassung von Messwerten kann zum Teil auch automatisch geschehen. So ist im Experiment „Schwerkraft“ die Fallzeit eines Gegenstandes (üblicherweise einer kleinen Bleikugel) automatisch messbar. Die Messung der Fallzeit wird durch Auslösen eines Schalters gestartet, wodurch auch die Kugel zu fallen beginnt. Beim Aufprall der Bleikugel auf einem zweiten Berührungssensor am Boden der Vorrichtung wird die Fallzeit gestoppt. Die Fallhöhe kann hier sehr leicht variiert werden, wodurch die Proportionalität $h \propto t^2$ anschließend dargestellt werden kann.

Neben der qualitativen Darstellung der Zusammenhänge des freien Falls kann folglich auch eine quantitative Auswertung auf komfortable Weise durchgeführt werden.

3.2.3 Lego Mindstorms Experimente zur Energie

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden mit einer Schülergruppe zwei Versuche aus dem Kontext „Energie“ durchgeführt. Hierbei handelte es sich um die Versuche „Energieumwandlung“ sowie „Elektromobilität“. Neben den ausgewählten Experimenten gibt es im Bereich „Energie“ noch weitere Versuche zu Energieeffizienz, zu Sonnenenergie sowie zur Windenergie.

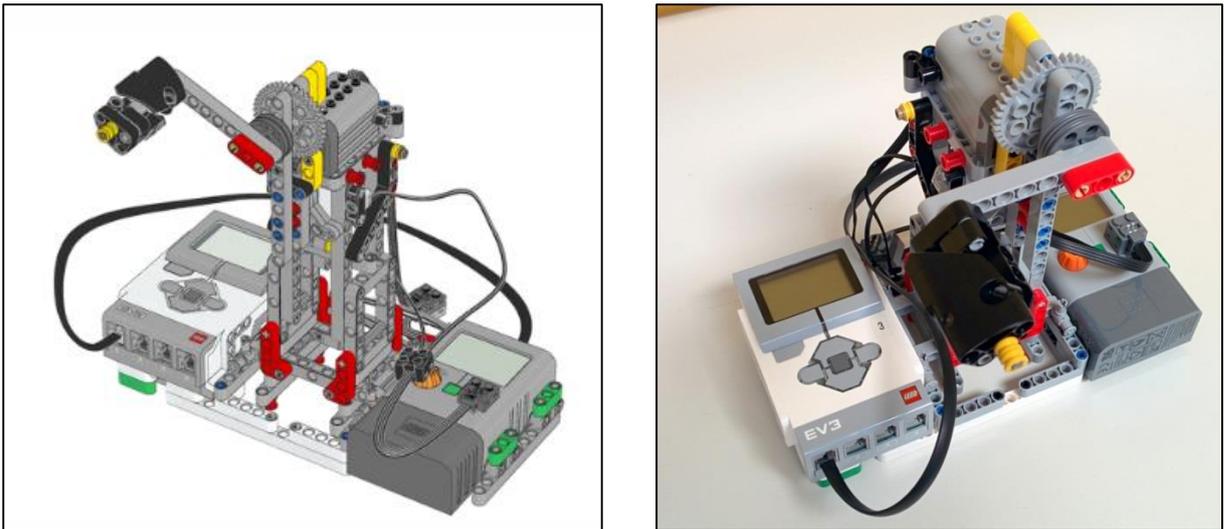


Abbildung 24: Lego Mindstorms Experiment „Energieumwandlung“

Im Versuch „Energieumwandlung“ kann das Prinzip der Umwandlung von Bewegungsenergie in elektrische Energie anschaulich dargestellt werden. Für den Aufbau des Experiments ist neben dem Lego Mindstorms Basisset noch das Erweiterungspaket „Erneuerbare Energien“ nötig. Den Versuchsaufbau zeigt Abbildung 24:

In diesem Versuch wird mittels einer Handkurbel ein elektrischer Strom erzeugt. So kann der im EV3 Stein befindliche Akku mit elektrischer Energie geladen werden. Nach dem Aufladevorgang kann die Kurbel durch den Motor gedreht werden. Der Motor bezieht seine Energie aus dem zuvor per Hand geladenen Akku im EV3 Stein.

Einleitung

Energie entsteht nicht aus dem Nichts, sondern unterliegt einer ständigen Umwandlung. Strom kann nur dann genutzt werden, wenn elektrische Energie verfügbar ist. Elektrische Energie kann unter anderem aus Windenergie (Windkraftwerke), aus der Bewegung von Wasser (Wasserkraftwerke) und auch mit Muskelkraft erzeugt werden.

- Wie können wir selbst elektrische Energie "herstellen"?
- Wie kann man Energie speichern, um sie später nutzen zu können?

Das folgende Experiment geht diesen Fragen nach, indem mit einer Handkurbel Strom "erzeugt" wird, der gespeichert wird und später einen Motor antreibt, der den Strom wieder "verbraucht".

Auf diese Weise kann das Prinzip der Umwandlung von Bewegungsenergie in elektrische Energie sowie die Reversibilität dieses Vorgangs veranschaulicht werden.

Auch dieser Versuch wird durch eine zehnschrittige Versuchsanleitung durch die Software begleitet. In der Einleitung

Abbildung 25: Einleitungstext zum Versuch „Energieumwandlung“

(Abbildung 25) wird eine Problematisierung formuliert. Wie bereits in den anderen Experimenten folgen die Schritte *Vorüberlegungen*, die *Bauanleitung*, das *Herunterladen des Programms* und *Hinweise zur Nutzung des Modells*. Im Schritt *Experimentieren – Messen* können wieder

Messwerte in einer Wertetabelle aufgenommen werden. Zudem erhalten die durchführenden Schüler eine genaue Anleitung für den Versuch. Im Folgeschritt (*Analyse*) werden die Lernenden aufgefordert, Vergleiche zwischen den Betriebszeiten des Motors und der geladenen Energiemenge anzustellen. So kann die Proportionalität zwischen geladener Energie sowie der Aufladezeit gezeigt werden. Abschließend geben die Schritte *Was haben wir herausgefunden* sowie *Das haben wir gelernt* noch die Möglichkeit, den Lernzuwachs zu formulieren und sich über die Ergebnisse auszutauschen.

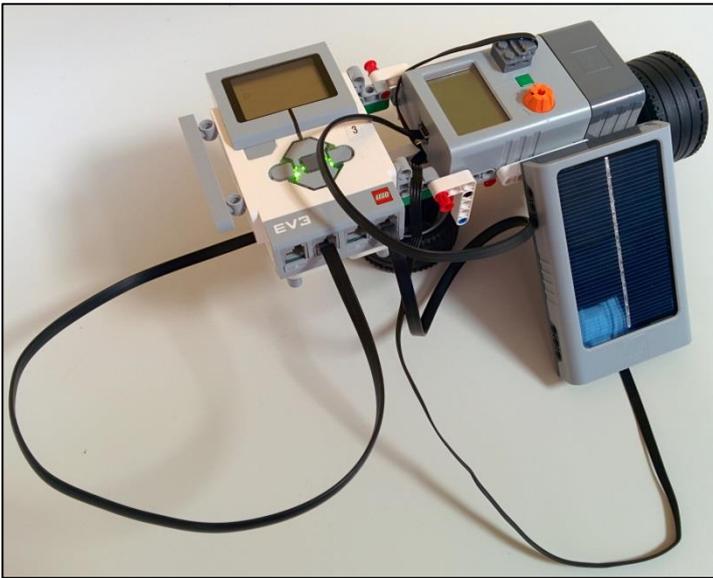


Abbildung 26: Lego Mindstorms Experiment „Elektromobilität“ (1)

Der zweite durchgeführte Versuch zur Elektromobilität (siehe Abbildung 26 und Abbildung 27) befasst sich ebenfalls mit der Energieumwandlung von elektrischer Energie in kinetische Energie. In diesem Versuch wird der Akku im EV3 Stein mit Hilfe einer Photozelle aufgeladen. Anschließend kann die gespeicherte elektrische Energie wieder umgewandelt werden, in dem der Motor durch die gespeicherte Energie angetrieben wird.

Der Ablauf des Versuchs erfolgt analog zum oben beschriebenen Versuch zur Energieumwandlung.

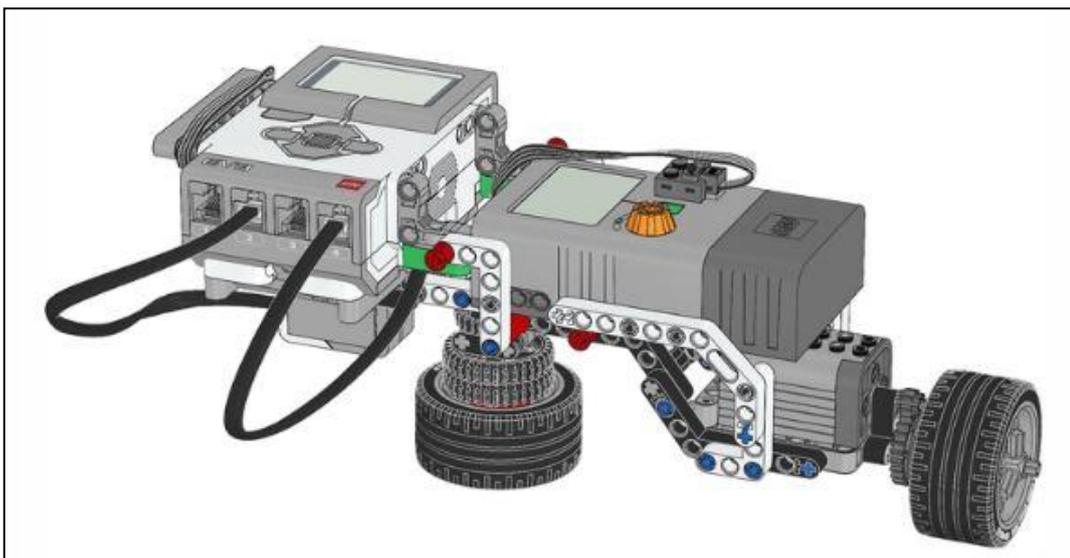


Abbildung 27: Lego Mindstorms Experiment „Elektromobilität“ (2)

3.3 Untersuchungsdesign und Durchführung der Untersuchung

Bei der hier durchgeführten Untersuchung handelt es sich um eine Längsschnittstudie im Prä-Post-Design (vgl. Theyßen, 2014, S. 71). Die untersuchte Lerngruppe wurde vor und nach der Durchführung der Lego Mindstorms Experimente mit Hilfe identischer Fragebögen getestet, um Entwicklungen der Variablen „Assoziationen zur Energie“, „Sach- und Fachinteresse“ sowie „Selbstkonzept“ zu erfassen. Im Posttest wurden lediglich noch einige Frageitems zur Bewertung der Lego Mindstorms Experimente hinzugefügt, um die Versuche auf Grundlage von Schüleraussagen bewerten zu können. Im Anschluss an die Experimentierphase wurden die Lernenden in kurzen Schülerinterviews befragt.

Den zeitlichen Ablauf der Studie zeigt Abbildung 28:

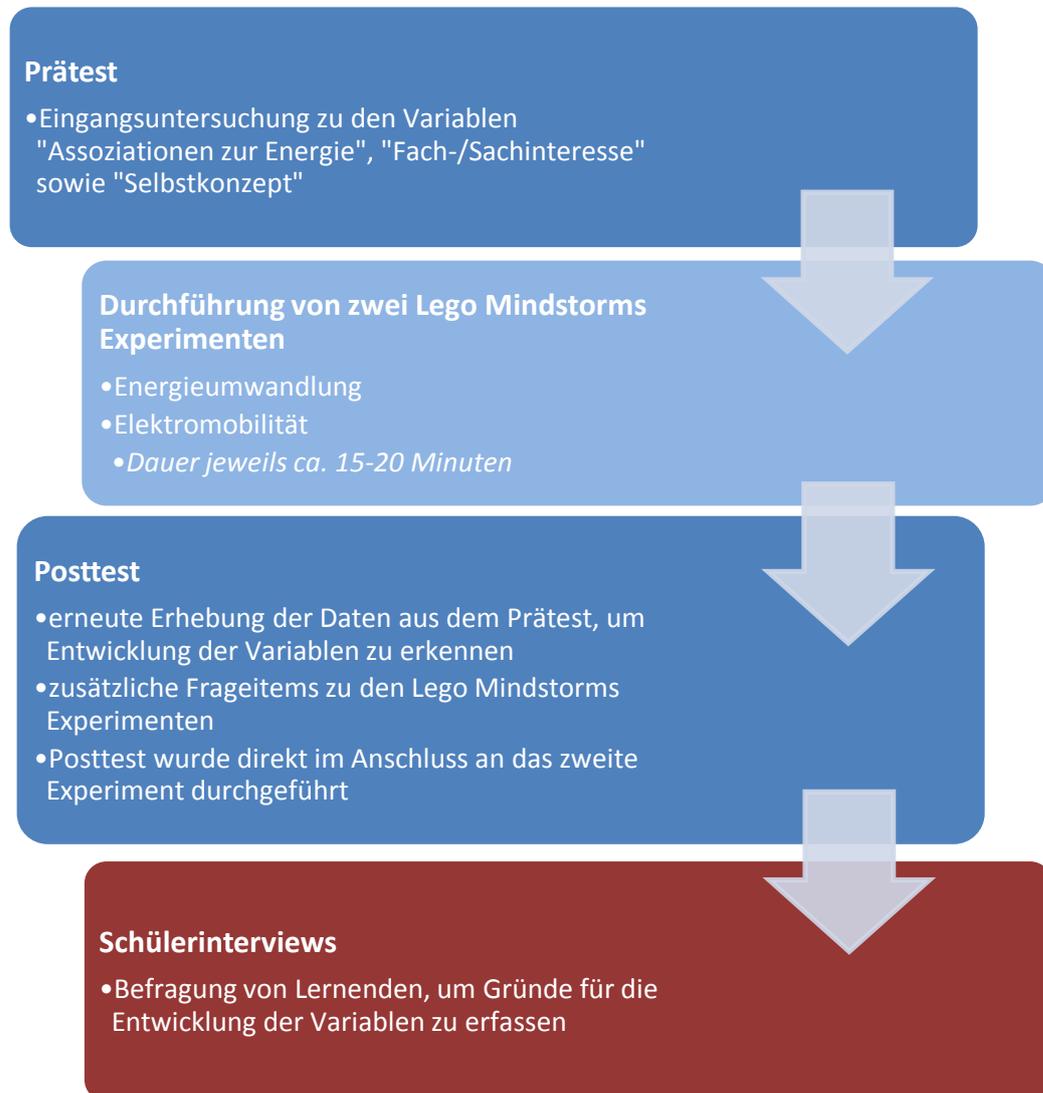


Abbildung 28: Studienablauf zu den Lego Mindstorms Experimenten

Zur „Absicherung von Forschungsaussagen“ wurde in dieser Studie ein „Multi-Method-Design“ (Schecker, Parchmann & Krüger, 2014, S. 12) gewählt: Neben den Fragebögen wurden die Lernenden in kurzen Schülerinterviews zu ihren Aussagen befragt. So fließen in die Auswertung der Untersuchungsergebnisse neben quantitativen Ergebnissen aus den Fragebögen auch qualitative Aspekte ein, indem in Interviews Gründe für Aussagen erfragt werden. So können „Einblicke und Ergebnisse aus verschiedenen Blickwinkeln“ gewonnen werden (ebd.).

Die Auswertung der Fragebögen diene zunächst der Messung „summativer Effekte“ (Theyßen, 2014, S. 71) und somit einer quantitativen Analyse. Die Schülerassoziationen zur Energie wurden zudem qualitativ ausgewertet, indem die assoziierten Begriffe der Lernenden in ein entsprechendes Kategoriensystem eingeordnet wurden (siehe Kapitel 3.5).

In der Untersuchung wurde jedem Schüler ein Schülercode zugewiesen, der auf dem Fragebogen eingetragen wurde. Nach dem Ausfüllen der Fragebögen wurden diese auf mögliche Einstellungsänderungen der Lernenden hin untersucht. In den anschließenden Schülerinterviews wurden die jeweiligen Schüler schließlich zu Gründen ihrer Einstellungsänderungen befragt.

3.4 Untersuchungsinstrumente

Um die Auswirkungen der Lego Mindstorms Experimente bewerten zu können, wurden Daten zu verschiedenen Aspekten erhoben. Die Datenerhebung fand durch unterschiedliche Testinstrumente statt.

Während Kapitel 3.4.1 den Aufbau sowie die entsprechende Auswertung der Fragebögen beschreibt, wird im folgenden Kapitel 3.4.2 die inhaltliche Konzeption der Schülerinterviews dargestellt. In Abschnitt 3.4.3 wird schließlich das Beobachtungsprotokoll der Untersuchung vorgestellt.

3.4.1 Fragebogen

Im Rahmen der Datenerhebung wurden verschiedene Untersuchungsinstrumente genutzt. Eines dieser Instrumente war ein Fragebogen, der jeweils vor und nach der Durchführung der Lego Mindstorms Experimente von den Untersuchungsteilnehmern/-innen beantwortet wurde. Die Frageitems waren in beiden Tests identisch. Um abschließend Rückschlüsse auf die Auswirkungen der Experimente zu ziehen, wurde ein Prä-Post-Vergleich beider Fragebögen vorgenommen. Die entsprechenden Fragebögen können auf der beiliegenden CD eingesehen werden.

Als personenbezogene Daten wurde lediglich das Geschlecht erfragt. Da die Untersuchung in einer zehnten Klasse durchgeführt wurde, war eine Erhebung des Alters der Testprobanden nicht nötig. Zudem wurde auf dem Eingangsbogen ein Schülercode notiert, der den Schülern vor der Untersuchung im Losverfahren zugeordnet wurde. Dieser Code diente lediglich zur statistischen Rückverfolgung der Schülerantworten. Zudem wurde eingangs erfragt, ob der Testteilnehmer bereits mit dem Lego Mindstorms System gearbeitet hat.

Zur Bewertung der Experimente wurden in den Posttest einige Frageitems zu den Lego Mindstorms Versuchen eingefügt.

Die für diese Arbeit durchgeführte Studie untersucht die Replizierbarkeit einiger Forschungsarbeiten, die in Kapitel 2 vorgestellt wurden. Um eine Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse zu ermöglichen, wurden zahlreiche Frageitems aus den entsprechenden Studien übernommen.

Die Fragen zu der Schülerassoziationen zur Energie wurden vollständig aus den Studien von Duit (1986, S. 8) bzw. Crossley und Starauschek (2010b, S. 113) übernommen. Sie lauteten:

1. Bitte versuche in wenigen Worten zu umschreiben, was Du unter Energie verstehst!
2. Schreibe einige Sätze auf, in denen du das Wort Energie verwendest.
3. Manchmal ist es ganz schön schwer zu umschreiben, welche Bedeutung ein Wort hat. Man hilft sich dann damit, dass man Beispiele gibt. Bitte gib Beispiele für Energie an!

Die offenen Fragen zu den Assoziationen der Lernenden zum Begriff Energie lassen zahlreiche Nennungen zu und ermöglichen anschließend sowohl qualitative als auch quantitative Auswertungen. Um die Replizierbarkeit der Daten mit den Ergebnissen von Duit und Crossley und Starauschek zu prüfen, wurden wie die Begriffsennungen sowohl quantitativ als auch qualitativ ausgewertet.

Bei der quantitativen Auswertung wurde lediglich die Häufigkeit der Nennung einzelner Begriffe verglichen und in Relation zur Gesamtzahl der Fragebögen gesetzt. So kann beziffert werden, in welchem Prozentsatz der Fragebögen ein Begriff genannt wurde.

Die Auswertung der Untersuchung dient ebenfalls zur Überprüfung eingangs aufgestellter Hypothesen. Eine zu Beginn dieser Arbeit formulierte These lautete wie folgt:

Die Lernenden werden durch den Einsatz der Lego Mindstorms Experimente den Energiebegriff im Bereich der mechanischen Energie sowie der Solarenergie/Sonnenenergie weiter ausdifferenzieren.

Zur Prüfung der Hypothese wurde zunächst quantitativ beziffert, wie viele Begriffe zum Bereich der mechanischen Energie pro Fragebogen genannt wurden. Unter dem Begriff der mechanischen Energie wurden folgende Begriffe subsumiert:

- Kinetische Energie/Bewegungsenergie (wurden als Synonym gezählt)
- Potentielle Energie/Lageenergie (wurden als Synonym gezählt)
- Spannenergie
- Verformung

Mehrfachnennungen eines Begriffs wurden jeweils einfach gezählt.

Zudem wurde untersucht, in welchem Prozentsatz der Fragebögen der Begriff Sonnen- oder Solarenergie genannt wurde.

Um neben den quantitativen Ergebnissen auch eine qualitative Auswertung zu ermöglichen, wurden die Begriffsassoziationen zur Energie in Kategorien eingeordnet, um auch hier die Replizierbarkeit zu den Arbeiten von Crossley und Starauschek sowie Duit zu prüfen. Der Aufbau eines entsprechenden Kategoriensystems ist in Kapitel 3.5 beschrieben.

Die weiteren Fragen des Fragebogens beziehen sich auf das Fach- und Sachinteresse sowie auf das Selbstkonzept der Lernenden in Bezug auf das Fach Physik. Da auch hier die Replizierbarkeit einiger Ergebnisse zu der in Kapitel 2.4 vorgestellten IPN-Interessenstudie geprüft wird, wurden identische Frageitems der Originalstudie verwendet.

Jede Frage konnte mit verschiedenen Antwortmöglichkeiten auf einer fünfstufigen Likert-Skala beantwortet werden (etwa von „stimmt gar nicht“ bis „Stimmt vollkommen“ oder „sehr gut“ bis „sehr schlecht“). Ziel dieser Fragen war es, die „Interessen, Einstellungen oder Einschätzungen der Probanden“ (Schecker et al., 2014, S. 12) zu ermitteln.

Bei der Erhebung des Fachinteresses wurde zunächst die Beliebtheit aller Fächer im Vergleich dargestellt, um einen generellen Überblick verschiedener Schulfächer zu erhalten. Um die Prä-Post-Entwicklung zu erfassen, wurde anschließend das Fachinteresse des Schulfachs Physik im entsprechenden Prä-Post-Vergleich dargestellt. Die entsprechende Frage in Abschnitt 3a im Fragebogen wurde entnommen aus Hoffmann et al. (1998, S. 203).

Die Frageitems zum Selbstkonzept waren auf die Abschnitte 3b und 3c im Fragebogen aufgeteilt. Sie waren identisch zur Arbeit von Hoffmann et al. (1998, S. 209 und S. 210). Im Abschnitt 3b wurde zunächst eine Übersicht der einzelnen Ergebnisse dargestellt. Anschließend konnte aus allen sieben Antworten je ein Mittelwert für die Mädchen, die Jungen sowie die Gesamtheit der Gruppe berechnet werden. Auch diese Werte wurden der Übersicht halber im

Prä-Post-Vergleich dargestellt und anschließend den Ergebnissen der IPN-Interessenstudie gegenübergestellt.

Der zweite Teil der Fragen zum Selbstkonzept (Fragen 3c im Fragebogen) wurden wie alle anderen Items auch zunächst in der Übersicht dargestellt. Da hier invertierte Fragen genutzt wurden, ist eine Darstellung eines Mittelwertes nicht sinnvoll. Daher wurden anschließend jeweils die einzelnen Items im Prä-Post-Vergleich dargestellt.

Abschnitt 3d im Fragebogen erforschte Einstellungen der Lernenden zum Sachinteresse an verschiedenen Kontexten der Energie. In Anlehnung an Fragen der IPN-Interessenstudie wurden hierfür eigene Fragen zu Einstellungen und Interessen der Lernenden entworfen.

Die Fragen in diesem Abschnitt waren aufgeteilt in zwei unterschiedliche Kontexte: Im Bereich „Physikalisch-technischer Kontext“ wurden Aspekte abgefragt, die sehr fachwissenschaftlich orientiert waren. Im „Lebensweltlich-gesellschaftlichen Kontext“ hingegen wurden Aspekte aus der Lebenswelt der Lernenden sowie gesellschaftlich relevante Aspekte der Energie abgefragt. Die Einordnung der einzelnen Items in die entsprechenden Kontexte ist in Tabelle 5 aufgeführt:

Physikalisch-technischer Kontext:	Lebensweltlich-gesellschaftlicher Kontext:
<i>Ich möchte mehr darüber erfahren,...</i>	
...wie die Energie in technischen Geräten genutzt wird.	...wie viel Energie durch Sonnenlicht gewonnen werden kann.
...welche Energieformen in der Physik vorkommen.	...wie regenerative Energiegewinnung funktioniert (z.B. Windenergie, Solarenergie, Bioenergie).
...was der Energieerhaltungssatz ist.	...welche gesellschaftliche Bedeutung Energie hat.
...wie die Bewegungsenergie eines Fahrzeugs aus seiner Geschwindigkeit berechnet werden kann.	...welche Energieformen im Haushalt genutzt werden.
... welche Bedeutung Energie im physikalischen Kontext hat.	...welche Bedeutung Energie im Alltag besitzt.
	...wie viel Energie ein Haushalt am Tag benötigt.

Tabelle 5: Frageitems zum Sachinteresse an Energie getrennt nach Kontexten

Um einen Einblick in die Einstellungen der Schüler zu den Lego Mindstorms Experimenten zu erhalten, wurden im Posttest noch weitere Frageitems erhoben. Auch diese Fragen wurden als Multiple Choice Fragen mit einer fünfstufigen Likert-Antwortskala gestellt und sind im Posttest im Abschnitt 3e aufgelistet.

In diesem Abschnitt des Fragebogens wurden Einstellungen zu Aufbau und Durchführung der Experimente gestellt. Zudem wurde erfragt, ob der Name Lego bei der Lernenden positiv konnotiert ist und ob die Lernenden bereits als Kind mit Lego oder Lego Technik gespielt haben. Zudem wurde von den Lernenden angegeben, ob sie sich einen häufigeren Einsatz der Lego Mindstorms Experimente im Physikunterricht wünschen.

3.4.2 Schülerinterviews

Während der in 3.4.1 beschriebene Fragebogen weitestgehend quantitative Daten erhob, wurde in ergänzenden Schülerinterviews auf qualitative Aspekte eingegangen. Interviews eignen sich sehr gut zum „Erfassen prä- und post-instruktionaler Vorstellungen [und] Interessen“ (Niebert & Gropengießer, 2014, S. 121). Zudem ermöglichen sie im Gegensatz zu Fragebögen mit Multiple Choice Antworten eine größere Offenheit der Antwortmöglichkeiten. Die hier durchgeführte Untersuchung wurde wie eingangs beschrieben im „Multiple-Method-Design“ (Schecker et al., 2014, S. 12) durchgeführt, um die Forschungsergebnisse aus verschiedenen Blickwinkeln beurteilen zu können. So konnten neben der quantitativen Messung der Einstellung eines Lernenden auch Gründe für dessen Einstellungen erfragt werden. Zudem dienten die Schülerinterviews der Absicherung von Forschungsergebnissen. Ferner ist die Intention des Interviews, „Breite, Tiefe und Qualität individueller Denkstrukturen“ zu erfassen (Niebert & Gropengießer, 2014, S. 123).

Der Aufbau der Interviews orientierte sich an der Form von Niebert & Gropengießer (2014, S. 122): hier wird nach einer kurzen Einführungsphase mit einer „erzählgenerierenden Aufforderung“ den Interviewten die Möglichkeit gegeben, Gründe für ihre Antworten zu geben. Es folgen „spontane Interventionen wie vertiefende Nachfragen oder Impulse“ (ebd.), um ein tiefergehendes Verständnis der Ideen der Interviewten zu erlangen. Jedem Interview zu Grunde liegt ein vorab ausgearbeiteter Interviewleitfaden (siehe Anlage), an dem das Gespräch entwickelt wurde.

Die Interviews wurden immer in 2er-Gruppen durchgeführt. Die Zusammensetzung der entsprechenden Gruppen ergab sich aus den zuvor gebildeten Gruppen für die Durchführung der Experimente. Der Interviewtyp war charakterisiert durch das „Erfassen von Urteilen und Bewertungen“ sowie durch eine „stark strukturierte Reihenfolge von Fragen“ (Niebert & Gropengießer, 2014, S. 125) und kann demnach dem „Dilemma-Interview“ nach Colby und Kohlberg zugeordnet werden (ebd.).

Die Interviews wurden mit einem digitalen Aufnahmegerät mitgeschnitten und anschließend transkribiert. Daraufhin wurden die Interviewdaten aufbereitet und so für eine qualitative Inhaltsanalyse vorbereitet. Hierbei wurde zunächst der Dialekt bereinigt und die Aussagen der Lernenden paraphrasiert, um sie in grammatikalisch korrekte Formen zu bringen (vgl. Krüger & Riemer, S. 133ff).

Im Anschluss an die Vorbereitung des Interviewmaterials wurden die Transkripte inhaltlich analysiert. Hier wurden aus dem Interviewmaterial Gründe herausgefiltert, die einen Einfluss

der Lego Mindstorms Experimente auf die Einstellungen der Lernenden hinweisen. Die in den Interviews genannten Gründe wurden anschließend noch klassifiziert in die Kategorien „Begriffsassoziationen zur Energie“, „Einstellung zum Schulfach Physik“, „Selbstkonzept in Bezug auf das Fach Physik“, „Einstellungen zum Sachinteresse an Energie“ sowie „Einstellung zu den Lego Mindstorms Experimenten“.

In der Auswertung wurden alle durchgeführten Interviews dahingehend untersucht, welche Argumente für eventuell auftretende Einstellungsänderungen von den Lernenden hervorgebracht wurden. Als Kriterium für die Sortierung der Argumente diente die Frage, ob die Lego Mindstorms Experimente Auswirkungen auf die Einstellungen der Lernenden hatten. Die entsprechende Kategorisierung der Schüleraussagen wird tabellarisch in Kapitel 4.2.6 aufgeführt.

3.4.3 Beobachtungsbogen

Die Ergebnisse fachdidaktischer Studien werden nicht selten von seinen äußeren Rahmenbedingungen beeinflusst. Das Maß an Motivation oder Aufmerksamkeit während der Durchführung der Experimente kann die Untersuchungsergebnisse erheblich beeinflussen.

Um die Rahmenbedingungen in die Auswertung der Untersuchung mit einzubeziehen, wurden die Lernenden der Untersuchungsgruppe während der Durchführung der Experimente beobachtet. In entsprechend vorgefertigten Beobachtungsprotokollen (siehe Anlage auf der CD) wurden die für die Durchführung der Experimente benötigte Zeit, das Maß der Aufmerksamkeit während der Versuche sowie die Freude am Experimentieren dokumentiert. Zudem wurde notiert, ob die Lernenden Hilfestellungen beim Experimentieren benötigten und ob es besondere Auffälligkeiten gab.

Mit Hilfe der Beobachtungsprotokolle kann abschließend die Validität der Untersuchungsergebnisse besser beurteilt werden.

3.5 Entwicklung eines Kategoriensystems

Die Auswertung der Assoziationen zum Energiebegriff wurde zunächst rein quantitativ durchgeführt. Im Rahmen dieses Untersuchungsabschnittes wurden die Begriffe zur Energie notiert und nach Häufigkeit sortiert. Dies gibt zunächst einen „Einblick in die Bedeutung eines Wortes für die Schüler“ (Duit, 1984, S. 216). Dennoch ist die Einordnung der Begriffe in ein „Kategorienschema notwendig [um] [...] den üblichen wissenschaftlichen Gütekriterien [zu] entsprechen“ (ebd.). Zudem bietet ein Kategoriensystem, wie es bereits Duit, Crossley und Starauscheck nutzten, eine größere Übersichtlichkeit der Ergebnisse (vgl. Crossley & Starauscheck,

2010a, S. 2). Daher wurde in Anlehnung an o.g. Studien ein Kategoriensystem entwickelt, um anschließend die Begriffsnennungen der Lernenden in entsprechende Kategorien einordnen zu können. Ferner bietet sich so die Möglichkeit, ein gewisses Maß an Vergleichbarkeit aller Untersuchungsergebnisse herzustellen.

Da der Kommilitone René Heinemann zeitgleich zur Anfertigung dieser Arbeit eine Examenarbeit zu den Assoziationen des Energiebegriffs auf Grundlage der Studien von Duit sowie Crossley und Starauscek durchführte, wurde die Entwicklung des Kategoriensystems gemeinsam durchgeführt. Daher sind die Entwicklung der Kategorien sowie die nachfolgende Beschreibung der Auswertung der Assoziationen zum Energiebegriff als gemeinsame Leistung zu bewerten.

Als wesentliche Grundlage für die Entwicklung eines Kategoriensystems diente Duits Kategorisierung (Duit, 1984, S. 217). Diese ist in Abbildung 29 illustriert:

<p><u>1. DINGE</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Menschen / Tiere (weitere Dinge der Natur) - technische Geräte (Haushaltsgeräte/Motoren, Maschinen/Batterie, Dynamo, Generator/Fahrzeuge) - großtechnische Einrichtungen (z. B. Kraftwerke) - Geräte aus dem Physikunterricht <p><u>2. VORGÄNGE</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tätigkeiten (körperliche/geistige) - sonstige Vorgänge <p><u>3. EIGENSCHAFTEN</u> (z. B. Stärke, flüssig, heiß)</p> <p><u>4. NICHT-PHYSIKALISCHE TERMINI</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Phänomene (z. B. Licht/Wärme) - Bereich Schule (z. B. Klassenarbeiten, Zensuren) - Bereich Arbeitswelt, Gesellschaft, Politik (z. B. Arbeitsamt, Energiekrise, Geld, Arbeiter) - Bereich Haus, Freizeit, Sport - Emotionales (z. B. Streß, Schweiß, Lob) <p><u>5. PHYSIKALISCHE TERMINI</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Einheiten/Formeln - Termini des Energiekonzeptes - spezifische Kategorien für die unterschiedlichen Termini

Abbildung 29: Auswertekategorien für die Assoziationen (Duit, 1984, S. 217)

Duit (1984, S. 217f) benennt in seiner Arbeit einige Anmerkungen zu der Einordnung von Begriffen in o.g. Kategorien. So meint Duit unter Vorgängen Tätigkeiten, die „real ablaufen

oder doch wenigstens real ablaufen könnten“ (Duit, 1984, S. 217). Die Tätigkeiten werden differenziert nach „körperlichen“ („Heben, Laufen, Springen, Schieben“) und „geistigen Tätigkeiten“ („Denken, Lernen, Lesen“) (ebd.). Bei der Einordnung von Begriffen in die Kategorie „Physikalische Termini“ ergaben sich zum Teil „Schwierigkeiten bei den Termini, die sowohl in der Alltagssprache wie auch in der physikalischen Fachsprache verwendet werden“ (Duit, 1984, S. 218). Daher wurden „Termini, die in der Alltagssprache häufig vorkommende Phänomene (wie z.B. Licht, Wärme und Bewegung) kennzeichnen, [...] nicht als physikalische Termini eingeordnet. Termini wie Kraft, Arbeit, Leistung, Strom und Spannung [...] werden in diese Kategorie eingeordnet, obwohl nicht klar entschieden werden kann, ob sie in physikalischer Bedeutung gemeint sind.“ (ebd.).

Auch Crossley und Starauschek (2010a, S. 2) orientierten ihr Kategoriensystem an der Einordnung von Duit. Da es in ihrer Studie zu neuen Begriffsnennungen kam bzw. weil einige Begriffe aus der Deutschen Studie nicht mehr genannt wurden, war eine Anpassung der Kategorien notwendig (vgl. ebd.). Daher ordneten Crossley und Starauschek die Begriffsassoziationen zur Energie in folgende Kategorien ein (Crossley & Starauschek, 2010a, S. 2):

- **Physikalische Termini**

Hierzu zählen Begriffe aus dem naturwissenschaftlichen Unterricht wie z.B. Formeln, Einheiten, physikalische Größen.

- **Phänomene**

z.B. Licht und Wärme.

- **Dinge**

Zum einen Gegenstände wie ein Kühlschrank oder Fernseher, aber auch Kraftwerke, Planeten oder Wasser.

- **Mensch/Natur**

Dies ist eine neu gebildete Kategorie, die bei Duit nicht in Erscheinung trat und überwiegend Assoziationen in Verbindung mit Nahrung und Sport umfasst, z.B. Energy-Drinks, Energy-Riegel und Lebensmittel. Des Weiteren wurden Sportarten genannt.

- **Vorgänge**

Diese Kategorie beinhaltet Assoziationen zu Bewegungen, z.B. Laufen, Schwimmen, Springen, Rad fahren, Bergsteigen, usw.

- **Sonstiges** (als Restkategorie)

Die Kategorie „Arbeitswelt/Gesellschaft (ebd.)“ wurde bei Crossley und Starauschek nicht mehr genannt und fiel daher weg.

Die Entwicklung des eigenen Kategoriensystems beruht auf den hier beschriebenen Grundlagen aus den Studien von Duit (1984) sowie Crossley und Starauscheck (2010a). Die bereits bestehenden Kategorien wurden zur exakteren Einordnung der Begriffe lediglich genauer beschrieben.

Um eine präzise Zuordnung von Begriffen in Kategorien nachvollziehen zu können, sind klare Kodierungsregeln vonnöten. Daher wurden die den Kategorien zugeordneten Begriffe nach dem Kodierleitfaden von Mayring (2010, S. 106f) beschrieben, um eine klarere Abgrenzung zwischen den Kategorien zu gewährleisten. Im Rahmen der Ausarbeitung des Kodierleitfadens wurden jeder Kategorie aus den o.g. Untersuchungen Unterkategorien zugeordnet. Jede Unterkategorie wurde anschließend kurz definiert und es wurden „Ankerbeispiele“ (Mayring, 2010, S. 106) benannt. Zudem wurden kurze Kodierregeln festgelegt, nach denen ein Begriff einer Kategorie zugeordnet wurde oder nach der eine Kategorie zu einer anderen abgegrenzt wurde. Tabelle 6 zeigt die detaillierte Ausarbeitung und Beschreibung des für diese Arbeit genutzten Kategoriensystems:

Oberkategorie	Unterkategorie	Definition	Ankerbeispiel	Kodierregeln
<i>Physikalische Termini</i>	<i>Einheiten</i>	Einheit zur Energie	Joule, Kalorien	Eine Nennung einer Einheit
	<i>Energieform</i>	Unterschiedliches Vorkommen von Energie	Kinetische Energie, potentielle Energie, elektrische Energie, Sonnenenergie, „Kartoffelenergie“, Solarenergie, Wärmeenergie	Eine Nennung eines Beispiels; Solar-, Sonnen und Lichtenergie werden als Synonym gezählt
	<i>Energieerhaltung</i>	Energie ist eine Erhaltungsgröße; per Definition bleibt die Gesamtenergie eines Systems erhalten	Energieerhaltungssatz; „Energie kann nicht verloren gehen.“	Nennung des Begriffs oder eines Satzes mit nebenstehender Bedeutung
	<i>Energieumwandlung</i>	Energie bleibt erhalten, kann aber in	Energieumwandlung; „Energie kann unterschiedliche	Eine Nennung eines Beispiels eines Satzes

		andere Energieformen umgewandelt werden	Formen annehmen“, „Energie kann von Energieform zu Energieform umgewandelt werden	mit nebenstehender Bedeutung
	<i>Arbeit</i>	Physikalische Arbeit ist Kraft mal Weg	Physikalische Arbeit; Arbeit	Nennung des Begriffs; Abgrenzung zur Erwerbstätigkeit
	<i>Definition des Begriffs Energie</i>	Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten	Formulierung der Definition; „Energie als Fähigkeit, Strom zu erzeugen“	Formulierung der Definition; auch Schülerdefinitionen, die fachlich nicht oder nur teilweise korrekt sind
	<i>Strom</i>	Strom im physikalischen Sinne; Bewegung elektrischer Teilchen aufgrund einer Potentialdifferenz	Strom, elektrischer Strom, „Energie braucht man für die Stromversorgung“, Elektrizität	Nennung eines Begriffs; Strom und Elektrizität als Synonym
	<i>Kraft</i>	Kraft (im physikalischen Sinne) ist Masse mal Beschleunigung	Begriff „Kraft“	Nennung des Begriffs
	<i>Leistung</i>	Leistung (im physikalischen Sinne) ist Energie pro Zeit	Begriff „Leistung“	Nennung des Begriffs
	<i>Mechanik</i>	Mechanik als Bereich der Physik	Begriff „Mechanik“	Nennung des Begriffs
Mensch und Natur	<i>Nahrung</i>	Alles, was Schüler mit Energie und Nahrung verbinden	Schokolade, Energydrink	Eine Nennung eines Beispiels
	<i>Körper eigene Prozesse</i>	Prozesse, die im menschlichen Körper ablaufen	Verdauung, „Energie sind alle Lebensprozesse“, Leben, Energieverbrauch	Eine Nennung eines Beispiels oder Beispielsatzes

			beim Sport; „Energie braucht man zum Leben“	
	<i>Prozesse in der Natur</i>	Energetische Prozesse in der Natur	Photosynthese	Nennung eines Beispiels
Nicht-physikalische Termini	<i>Energie in der Gesellschaft und Politik</i>	Energiebedarf der Gesellschaft oder im täglichen Leben	„Wir brauchen jeden Tag viel Energie“ „Ohne Energie kein Leben“ „Man braucht Energie in seinem Leben“ „Energie ist grün“ „Atomkraft nein Danke“	Nennung eines Beispielsatzes mit nebenstehender o.ä. Bedeutung
	<i>Energie als Erfindung des Menschen</i>	Schüler nehmen Energie als Erfindung der Menschheit an	„Ohne Energie wäre man in der heutigen Zeit aufgeschmissen“	Nennung eines entsprechenden Beispielsatzes
	<i>Emotionale Energie</i>	Energie eines Menschen	„Er hatte kriminelle Energie“ „Du hast eine Menge Energie“	Eine Nennung eines Beispiels
Vorgänge	<i>Bewegung</i>	Bewegung eines Menschen	Laufen, Wandern, Schwimmen, Radfahren	Eine Nennung eines Beispiels, das mit der Bewegung eines Menschen zusammenhängt
	<i>Tätigkeiten</i>	Vorgänge, bei denen Energie benötigt/umgewandelt wird	Kochen, Handy laden, „Energie braucht man für Licht“	Eine Nennung eines Beispiels
Dinge	<i>Energiespeicher</i>	Speichermedien für Energie	Batterien/Akkus etc., Energiereserven	Eine Nennung eines Beispiels
	<i>Natur</i>	Natürliche Vorkommen von Energie	Wasser, Sonne, Wind, Materie, Baum (wenn in Zusammenhang genutzt)	Eine Nennung eines Beispiels

	<i>Treibstoff</i>	Energieträger, die zur Energieumwandlung oder zum Antrieb genutzt werden können und dabei verbrannt werden	Öl, Gas, Biomasse, Benzin, Holz („aus Wind/Sonne kann Energie gewonnen werden“)	Eine Nennung eines Beispiels
	<i>Technische Geräte</i>	Kleine technische Geräte	Haushaltsgeräte (TV, Lampe); Bagger, Auto, Steckdose, Handy, Solarzellen, Windrad	Eine Nennung eines Beispiels
	<i>Großtechnische Geräte</i>	Große technische Einrichtungen, in denen Energie benötigt wird/umgewandelt wird	Kraftwerk	Eine Nennung eines Beispiels
Phänomene	<i>Wärme</i>	Prozess zwischen zwei thermodynamischen Systemen aufgrund von Temperaturunterschieden	Begriff der „Wärme“ als Einzelbegriffe	Nennung des Begriffs
	<i>Licht</i>	Für das Auge sichtbare Licht	Begriff des „Lichts“	Nennung des Begriffs
	<i>Blitze</i>	Schüler erkennen Blitz als energetisches Phänomen	Begriff „Blitz“	Nennung des Begriffs
	<i>Sonne</i>	Sonne wird als energetisches Phänomen erkannt	Begriff „Sonne“	Nennung des Begriffs
	<i>Feuer</i>	Feuer wird als energetisches Phänomen erkannt	Begriff „Feuer“	Nennung des Begriffs
	<i>Wind</i>	Wind wird als energetisches Phänomen erkannt	Begriff „Wind“	Nennung des Begriffs
Sonstiges		Begriffe und Beispielsätze, die keiner Kategorie klar	„Energie ist wichtig“	Begriffsnennungen, die

		zugeordnet werden können		keine Kategorisierung zulassen
--	--	--------------------------	--	--------------------------------

Tabelle 6: Kategoriensystem zur Kodierung der Begriffsassoziationen zur Energie

Für die Entwicklung des Kategoriensystems wurden je die Hälfte der Fragebögen aus Herr Heinemanns und Herr Siegels Untersuchung genutzt. Da die Begriffsnennungen sich bei Mädchen und Jungen zum Teil unterscheiden, wurden hierfür zudem je zur Hälfte Fragebögen von Mädchen und Jungen verwendet. So wurde bei der Entwicklung des Kategoriensystems eine recht hohe Bandbreite an Begriffsnennungen berücksichtigt.

Im Anschluss an die Erstellung des Kategoriensystems wurde die noch nicht ausgewertete Hälfte der Fragebögen sowohl von Herrn Heinemann als auch von Herrn Siegel getrennt ausgewertet. Abschließend wurde die Übereinstimmung beider Kodierungen bestimmt (auch Interkoderreliabilität genannt), um ein Maß für die Reliabilität der Begriffszuordnungen in die entwickelten Kategorien zu bestimmen.

Zu Beginn der Arbeit wurde die Hypothese angestellt, dass sich durch die Durchführung der Lego Mindstorms Experimente die Begriffsassoziationen in den Bereichen der mechanischen Energie sowie der Sonnen- und Solarenergie weiter ausdifferenzieren lassen. Die Auswertung der Fragebögen in diesem Bereich verlief wie folgt: Unter dem Begriff der mechanischen Energie wurden folgende Begriffsnennungen subsumiert (als Einzelbegriff oder in einem Beispielsatz):

- Kraft (die etwas bewegt)
- Kinetische Energie/Bewegungsenergie oder Bewegung (bei Nennung beider Begriffe wurden sie als Synonym gewertet und einfach gezählt)
- Potentielle Energie/Lageenergie (bei Nennung beider Begriffe wurden sie als Synonym gewertet und einfach gezählt)
- Verformung/Verformungsenergie

Um entsprechende Entwicklungen vom Prä- zum Posttest quantitativ auswerten zu können, wurden jeweils die Begriffsnennungen gezählt und anschließend die Zu- bzw. Abnahme der Begriffsassoziationen beziffert.

Zur Untersuchung der Ausdifferenzierung des Begriffs der Solar-/Sonnenenergie wurde jeweils geprüft, ob einer der beiden Begriffe im Assoziationstest aufgeführt wurde. Anschließend

wurde ausgewertet, in welchem Prozentsatz der Fragebögen die Begriffe der Solar- oder Sonnenenergie genannt wurden.

3.6 Bewertung des Untersuchungsdesigns

Im Rahmen dieses Kapitels wurden die Untersuchungsmethode sowie die Durchführung der Untersuchung beschrieben. Abschließend wird in diesem Abschnitt der Arbeit diskutiert, inwiefern die Methodik der Untersuchung zur Erhebung sowohl reliabler als auch valider Ergebnisse geeignet ist.

Zunächst kann gesagt werden, dass das hier verwendete Multi-Method-Design die Erfassung sowohl qualitativer als auch quantitativer Daten zulässt. Durch die Auswertung der Fragebögen konnten zunächst quantitative Angaben erhoben werden, die im weiteren Verlauf als Grundlage der qualitativen Auswertung dienen (u.a. bei der Kategorisierung der Begriffsassoziationen zur Energie). Zudem zeigt das Prä-Post-Design der Untersuchung Unterschiede auf, die in der Durchführung der Lego Mindstorms Experimente begründet liegen können. Die im Anschluss geführten Schülerinterviews geben zudem Aufschluss über eventuelle Gründe der Einstellungsänderungen der Lernenden. Im Rahmen dieser Interviews konnte erfasst werden, ob Änderungen der Einstellungen auf die Experimente oder auf externe Faktoren zurückzuführen waren.

Die Kategorisierung der Begriffsassoziationen zur Energie wurde in Anlehnung an die Kategorisierung von Duit sowie Crossley und Starauschek durchgeführt. Als Grundlage für die Erstellung des Kategoriensystems dienten die in der Literatur aufgeführten Kriterien. Die Kategorisierung wurde bei der Hälfte der Fragebögen doppelt durchgeführt, um anschließend die Interkoderreliabilität beziffern zu können. Somit ist die Reliabilität der Begriffskategorisierung als hoch einzustufen.

Um mögliche Störfaktoren wie Unaufmerksamkeit, Ablenkungen etc. in der Untersuchung benennen zu können, wurde in entsprechenden Beobachtungsbögen zudem das Maß an Freude beim Experimentieren, die Aufmerksamkeit beim Experimentieren sowie die Anzahl an gegebenen Hilfestellungen notiert. Anhand dieser Daten kann eine Aussage darüber gemacht werden, wie aufmerksam die Experimente durchgeführt wurden und ob ggf. äußere (Stör-) Faktoren die Einstellungen der Schüler beeinflusst haben.

Dennoch bleibt an dieser Stelle kritisch anzumerken, dass der Stichprobenumfang der Untersuchung recht klein war. Zudem erkrankten zwei Schüler nach dem ersten Tag der Untersuchung, weshalb sich im Verlauf der Untersuchung verkleinerte. Bei einem Stichprobenumfang von 13 bzw. elf Schülern sind die Ergebnisse dieser Untersuchung nicht repräsentativ sondern

zeigen lediglich Tendenzen innerhalb der Untersuchungsgruppe auf. Diese müssten in Studien mit größeren Stichproben erneut geprüft werden, um allgemeine Aussagen bzgl. der Auswirkungen von Lego Mindstorms Experimenten auf die Einstellungen der Lernenden treffen zu können.

Des Weiteren lag dieser Arbeit nur eine Untersuchung im zeitlichen Umfang von zwei Unterrichtstagen zu Grunde. Der Posttest wurde unmittelbar am Ende der Experimentierphase ausgefüllt. Daher waren die Einstellungen der Lernenden noch sehr „frisch“. Die hier aufgezeigten Ergebnisse zeigen daher zunächst nur kurzfristige Tendenzen. Um mittel- und langfristige Einstellungsänderungen zu erfassen, wären Follow-Up Tests im Abstand von sechs bis acht Wochen vonnöten gewesen, was aus organisatorischen Gründen im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich war. So können die Ergebnisse dieser Untersuchung auch von einem „Neuigkeitseffekt“ (Theyßen, 2014, S. 70) geprägt sein. Dieser Umstand muss bei der abschließenden Bewertung der Untersuchungsergebnisse berücksichtigt werden.

Idealerweise hätte die Untersuchung mit zwei Lerngruppen stattgefunden, wobei eine der Gruppen als Experimentiergruppe und die andere Gruppe als Kontrollgruppe gedient hätte. So wäre ein Vergleich zwischen beiden Gruppen möglich gewesen.

Dennoch kann mit der in dieser Untersuchung genutzten Untersuchungsmethode der Einfluss der Lego Mindstorms Experimente auf die Einstellungsänderungen der Lernenden im Verlauf der Untersuchung erfasst werden.

4 Auswertung der Studie

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Untersuchung durchgeführt, in der die Auswirkungen von Lego Mindstorms Physikexperimenten auf Lernende einer zehnten Klasse untersucht wurden.

In den vorangegangenen Kapiteln wurde neben dem derzeitigen aktuellen fachdidaktischen Forschungsstand die Untersuchungsmethode der Studie vorgestellt. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über wesentliche Ergebnisse der Untersuchung. Eine entsprechende Bewertung und Diskussion der Untersuchungsergebnisse findet sich schließlich in Kapitel 5.

Während in Kapitel 4.1 die Stichprobe beschrieben wird, werden in Kapitel 4.2 sämtliche erhobene Daten ausgewertet und grafisch aufbereitet. Die Unterkapitel 4.2.1 bis 4.2.5 stellen jeweils die Ergebnisse der entsprechenden Daten der einzelnen Teilaspekte des Fragebogens dar. In Kapitel 4.2.6 werden die Aussagen der Lernenden aus den Schülerinterviews dargestellt und kategorisiert. Kapitel 4.2.7 gibt letztlich noch einen Überblick über die Auswertung der Beobachtungsbögen während in Kapitel 4.2.8 wesentlichen Ergebnisse dieser Auswertung zusammengefasst werden.

4.1 Stichprobenbeschreibung

An der Untersuchung zu den Lego Mindstorms Experimenten nahmen am ersten Tag der Untersuchung 13 Schüler teil. Hiervon waren sechs weiblich und sieben männlich. Am zweiten Tag erkrankten leider zwei männliche Teilnehmer, so dass sich die Teilnehmerzahl auf elf verringerte (sechs weiblich, fünf männlich).

Die Lernenden besuchten zum Zeitpunkt der Untersuchung die zehnte Klasse einer integrierten Gesamtschule. Hier erhielten sie nach Beendigung der neunten Jahrgangsstufe eine Gymnasialempfehlung und wurden in der zehnten Klasse getrennt von den Schülern mit Realschulempfehlung unterrichtet.

Von den Teilnehmern der Untersuchung haben bereits drei der männlichen Teilnehmer an anderer Stelle (u.a. in Arbeitsgemeinschaften) Erfahrungen mit dem Lego Mindstorms System gesammelt. Für alle anderen Teilnehmer/-innen war die Arbeit mit Lego Mindstorms daher neu.

4.2 Befunde der Untersuchung

In den nun folgenden Kapiteln 4.2.1 bis 4.2.7 werden die Ergebnisse der in den Fragebögen sowie Beobachtungsbögen erhobenen Daten dargestellt. Zudem werden die Inhalte der Schülerinterviews ausgewertet. Kapitel 4.2.8 fasst abschließend wesentliche Ergebnisse der Auswertung zusammen.

4.2.1 Schülerassoziationen zum Energiebegriff

Eine der zu Beginn dieser Arbeit gestellten Forschungsfragen bezog sich auf die Assoziationen der Lernenden zum Begriff der Energie. Die Forschungsfragen hierzu lauteten:

Wie sehen die Schülerassoziationen zum Energiebegriff aus? Inwiefern lassen sich die Ergebnisse zu den Assoziationen des Energiebegriffs aus den Studien von Duit (1986) und Crossley & Starauschek (2010a) reproduzieren?

Um die Auswirkungen der Lego Mindstorms Physikexperimente auf die Begriffsassoziationen zur Energie zu untersuchen, wurde wie in Kapitel 3.4.1 beschrieben eine sowohl quantitative als auch qualitative Auswertung vorgenommen.

Bei der quantitativen Auswertung wurden die Nennungen einzelner Begriffe gezählt sowie nach deren Häufigkeit sortiert (siehe Kapitel 3.4.1). Anschließend wurde ermittelt, in welchem Prozentsatz der Fragebögen ein Begriff genannt wurde. Die entsprechende Auswertung des Prä-Post-Vergleichs zeigt Abbildung 30:

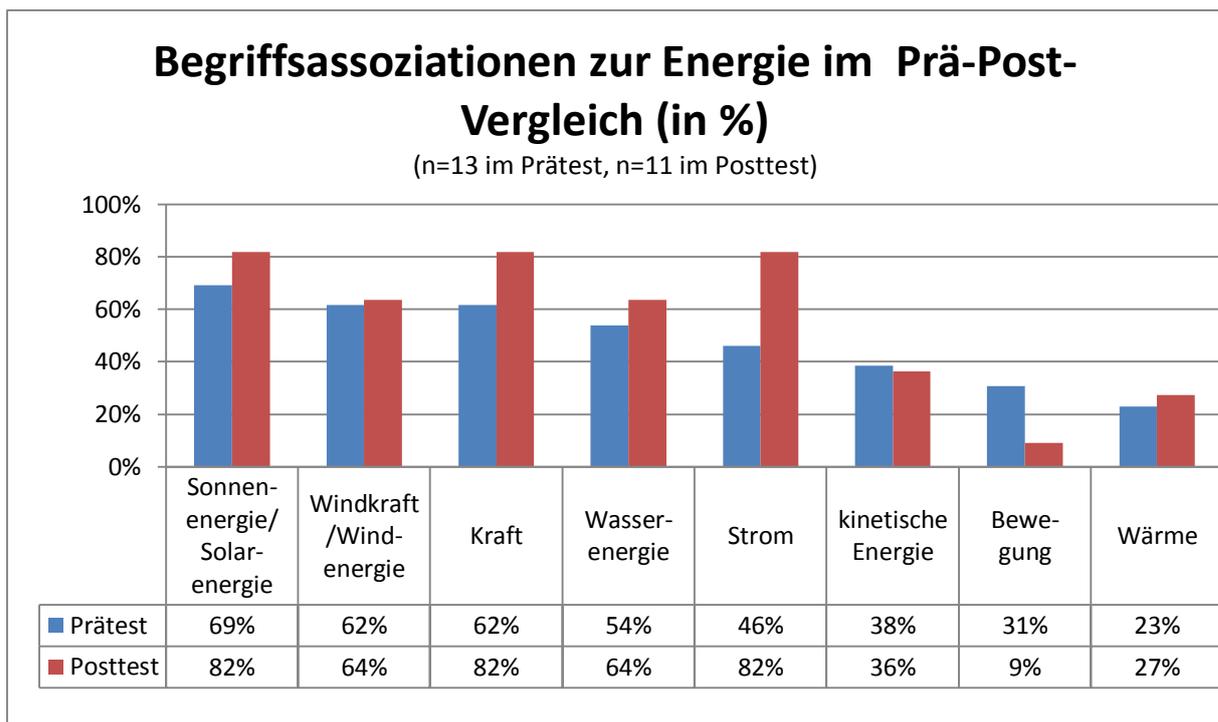


Abbildung 30: Begriffsennungen zur Energie

Bereits im Prätest werden die Begriffe „Sonnen-/Solarenergie“ (wurden als Synonym gezählt), „Windkraft/Windenergie“ (ebenfalls als Synonym gewertet) sowie „Kraft“ am häufigsten in den Fragebögen mit dem Wort Energie in Verbindung gebracht. Die Werte für diese Begriffe liegen im Prätest bei 62%-69%. Ebenfalls häufig genannt werden die Energieformen der „Wasserenergie“ (54%) sowie der Begriff „Strom“ (46%) gefolgt von „kinetische Energie“ (38%), „Bewegung“ (31%) sowie „Wärme“ (23%).

Während die Begriffe „Windkraft/Windenergie“, „kinetische Energie“ sowie „Wärme“ sowohl im Prä- als auch Posttest in etwa gleichem Maße genannt wurden, kommt es bei einigen Begriffen zur Steigerung der Häufigkeit der Nennungen: die Worte „Sonnen-/Solarenergie“, „Kraft“ sowie „Strom“ werden im Posttest am häufigsten genannt (jeweils in 82% der Fragebögen) und steigern sich um 13%-36%. Ebenfalls häufiger genannt wird der Begriff „Wasserenergie“ (Steigerung von 54% auf 64%) wohingegen „Bewegung“ im Posttest nach anfänglichen 31% nur noch in 9% der Fragebögen mit Energie assoziiert wurde.

Die in dieser Untersuchung gesammelten Daten dienten ebenfalls zur Überprüfung von Forschungsfragen und Hypothesen. Eine dieser Thesen, die zu Beginn der Arbeit aufgestellt wurden, lautete:

Die Lernenden werden durch den Einsatz der Lego Mindstorms Experimente den Energiebegriff im Bereich der mechanischen Energie sowie der Solarenergie/Sonnenenergie weiter ausdifferenzieren.

Um diese These überprüfen zu können, wurden die Fragebögen wie in Kapitel 3.4.1 beschrieben ausgewertet. Die grafische Darstellung dieser Ergebnisse zeigt Abbildung 31:

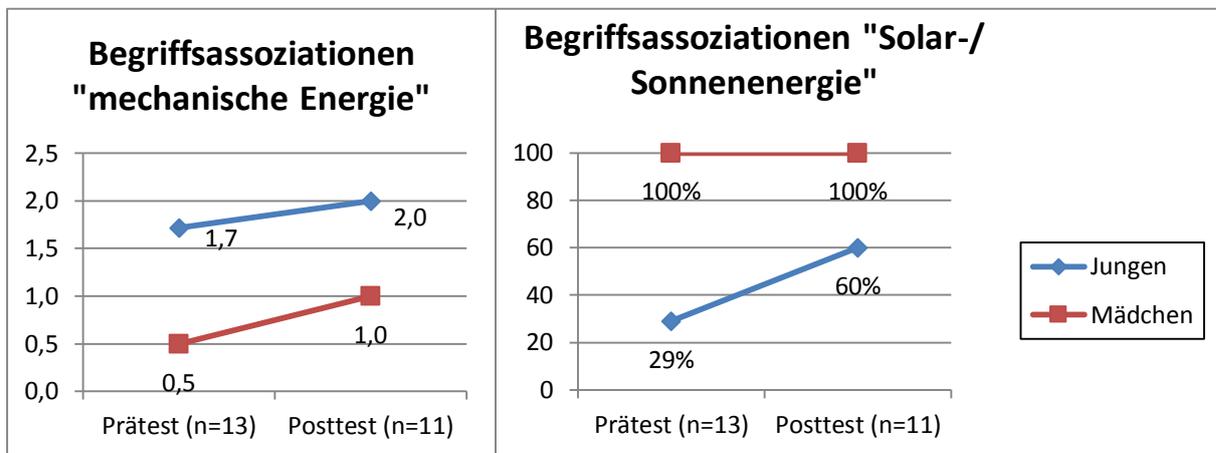


Abbildung 31: Anzahl der Begriffsnennungen zur mechanischen Energie pro Fragebogen sowie Fragebögen mit Begriffsnennung „Solar-/Sonnenenergie“ im Prä-Post-Vergleich

Bereits im Prätest nannten die Jungen der Untersuchungsgruppe im Mittel 1,7 Begriffe zur mechanischen Energie im Assoziationstest. Dieser Wert wurde im Posttest auf im Schnitt 2,0 Nennungen von Begriffen der mechanischen Energie pro Fragebogen gesteigert. Während die Mädchen der Untersuchungsgruppe zu Beginn noch 0,5 Begriffe der mechanischen Energie pro Fragebogen im Assoziationstest notierten, steigerte sich dieser Wert im Posttest auf den doppelten Wert (im Durchschnitt 1,0 Nennung pro Fragebogen).

Die Mädchen der Gruppe nannten bereits in allen Fragebögen des Prätests den Begriff Sonnen- oder Solarenergie. Dieser Wert wurde im Posttest bestätigt. Dieses Bild unterscheidet sich deutlich vom Antwortverhalten der Jungen: sie nannten zu Beginn lediglich in 29% der Fragebögen den Begriff Solar-/Sonnenenergie. Dieser Wert wurde jedoch im Posttest etwa verdoppelt (60%).

Wie in Kapitel 3.5 beschrieben wurden die Begriffsnennungen bzw. -assoziationen zur Energie in ein entsprechendes Kategoriensystem eingeordnet, um neben den eingangs beschriebenen quantitativen Auswertungen auch qualitative Ergebnisse des Assoziationstests zu erhalten. Die Ergebnisse des Prä- und Posttests zeigt Abbildung 32 auf Seite 80.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Begriffsnennungen im Bereich der physikalischen Termini um etwa 10% zunahm. Während die Bereiche „Mensch und Natur“ (6,3% im Prätest und 5,3% im Posttest), „Phänomene (13,8% zu 13,2%) und Dinge (5% im Prä- und 5,3% im Posttest) stabil blieben, verringerten sich der Bereich der Nicht-physikalischen-Termini von 17,5% auf 9,2%.

Die Untersuchungsergebnisse vor allem des Posttest sind in einigen Bereichen mit den Daten von Crossley und Staraschek vergleichbar (siehe Abbildung 33). In beiden Studien liegen die Bereiche „Physikalische Termini“, „Phänomene“ sowie „Mensch und Natur“ in etwa in gleichen Größenordnungen. Für die Maßzahl der Interkoderreliabilität wurde ein Wert von $\kappa = 1,0$ ermittelt. Somit lag die Übereinstimmung beider Kodierungen bei 100%.

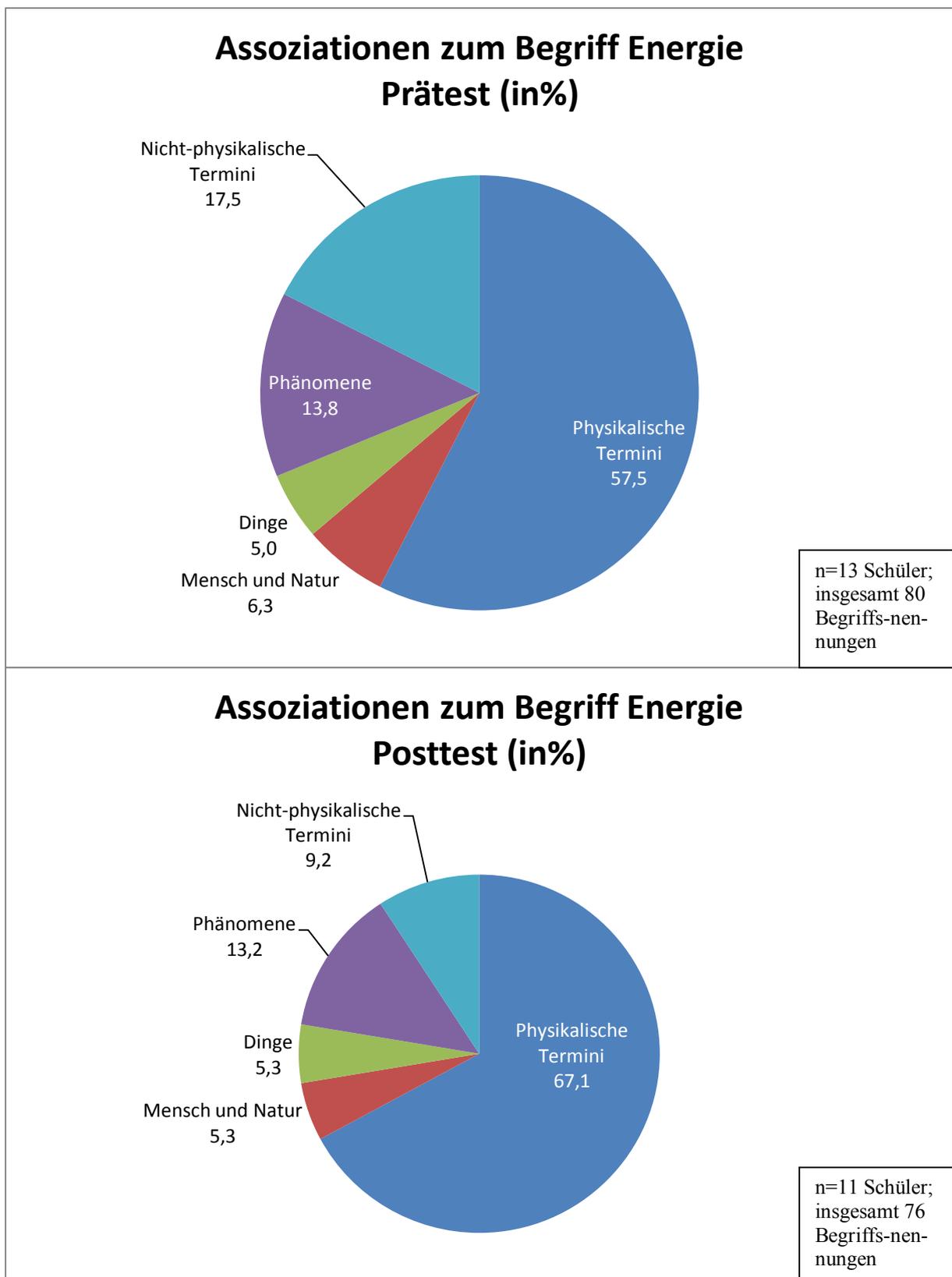


Abbildung 32: Begriffsassoziationen zur Energie im Vergleich Prä-/Posttest

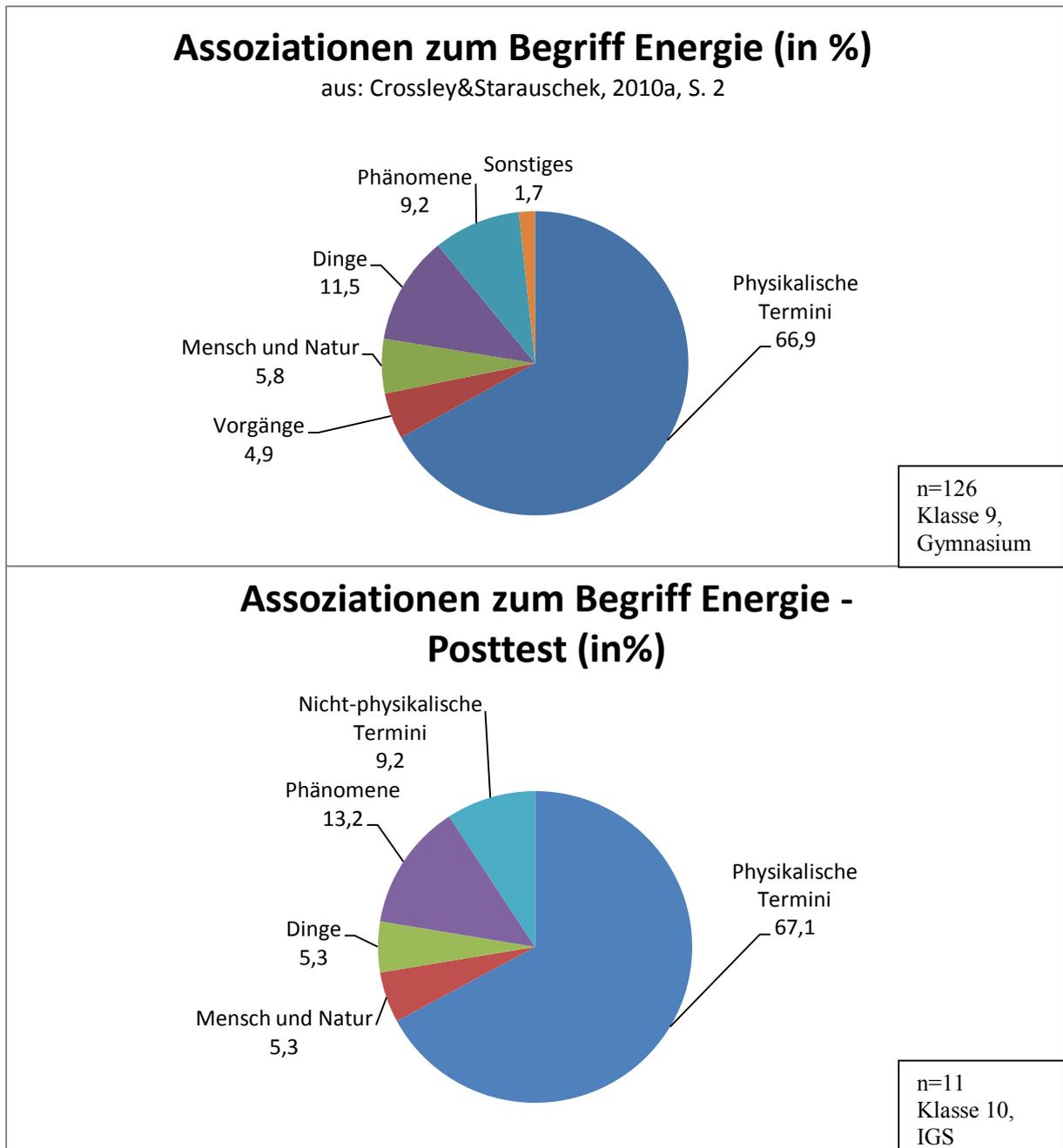


Abbildung 33: Vergleich der Begriffsassoziationen (Posttest) mit den Ergebnissen von Crossley und Starauschek

Abschließend kann gesagt werden, dass sich sowohl in der quantitativen als auch der qualitativen Auswertung Veränderungen im Prä-Post-Vergleich zeigten. Die Begriffsnennungen in den Bereichen der physikalischen Termini und hier vor allem die Begriffe zur mechanischen Energie sowie der Solarenergie konnten im Verlauf der Untersuchung gesteigert werden.

4.2.2 Veränderung des Fachinteresses am Schulfach Physik

Im Rahmen dieses Abschnitts der vorliegenden Arbeit wird das in der Untersuchung erhobene Fachinteresse in Bezug auf das Fach Physik dargestellt. Als Messskala der Auswertung wurde wie in der zum Vergleich herangezogenen IPN-Interessenstudie eine fünfstufige Likert-Skala verwendet, wobei der Wert „1“ für ein sehr geringes Interesse und der Wert „5“ für ein sehr großes Interesse stand.

Die Auswertung des Interesses am Fach Physik ergab folgende Ergebnisse: Die Jungen haben bzgl. des Interesses am Schulfach Physik einen Interessenvorsprung ggü. den Mädchen. Auf der fünfstufigen Skala erreichten die Jungen Werte von etwa 3,7 (Prätest) bzw. 3,8 (Posttest) wohingegen die Mädchen hier im Schnitt bei 2,3 im Prätest und 2,4 im Posttest lagen.

Insgesamt bleibt das Fachinteresse am Schulfach Physik im Prä-Post-Vergleich stabil. In der statistischen Auswertung sind keine signifikanten Änderungen aufgetreten.

Die entsprechende grafische Auswertung der Übersicht des Fachinteresses an verschiedenen Schulfächern im Prä-Post-Vergleich zeigt Abbildung 34.

Die erhobenen Daten lassen zum Teil einen Vergleich mit entsprechenden Daten der IPN-Interessenstudie zu. Während das Fachinteresse an Physik bei den Jungen der Untersuchungsgruppe mit den Daten der IPN-Studie vergleichbar ist, liegt das Maß des Fachinteresses der Mädchen ggü. dem Wert der IPN-Studie zurück. Der Vergleich der eigenen Untersuchungsdaten wurde mit den Daten der zehnten Klasse der IPN-Studie angestellt. Ein Überblick über beide Auswertungen gibt Abbildung 35.

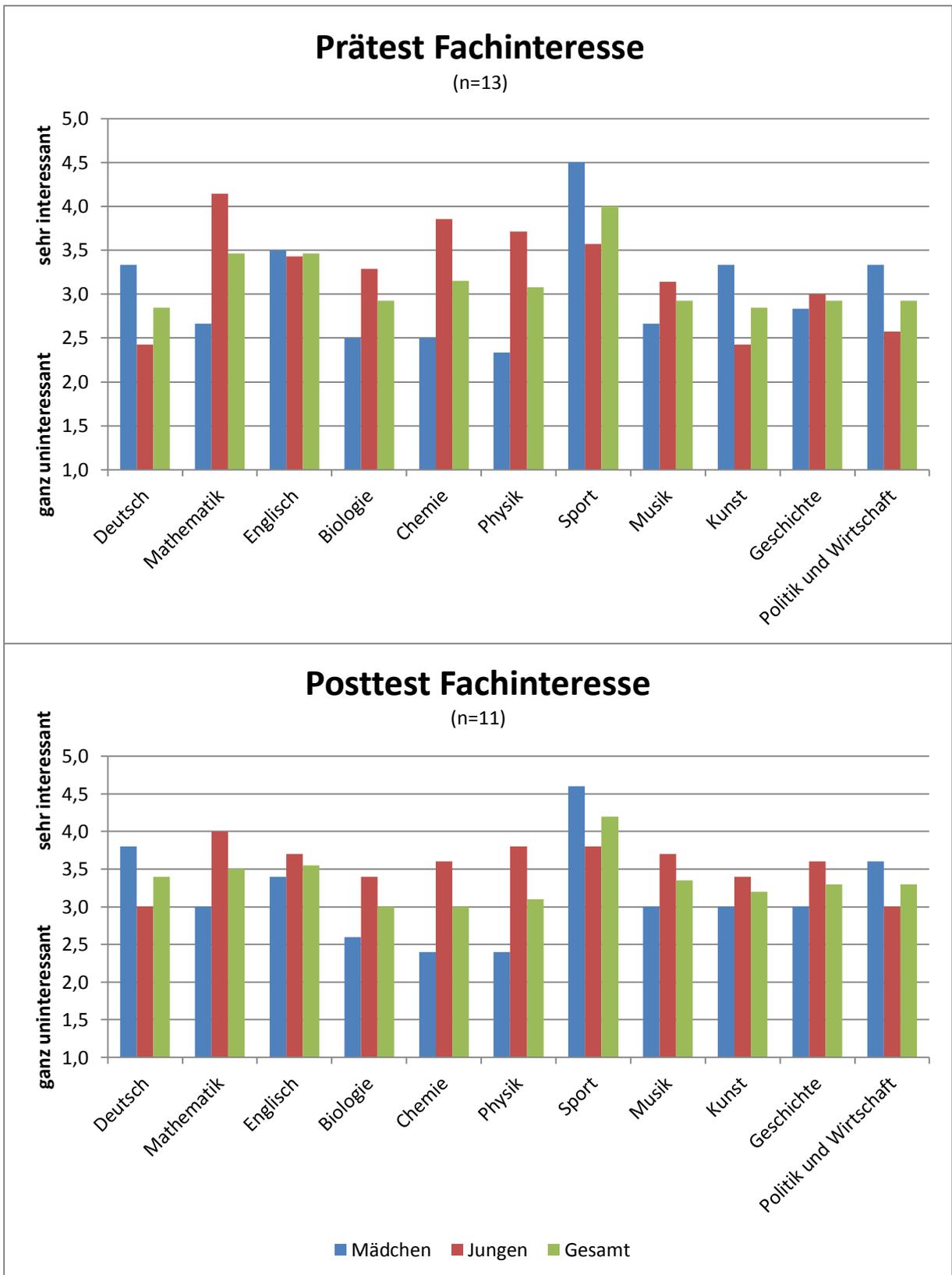


Abbildung 34: Fachinteresse im Prä- und Posttest

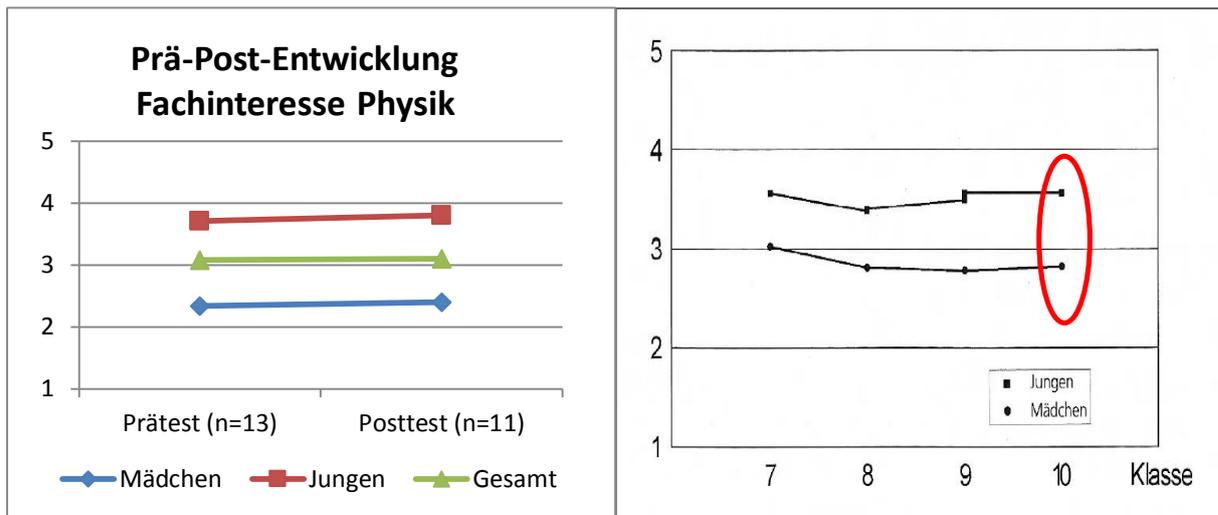


Abbildung 35: Fachinteresse am Schulfach Physik im Vergleich (links: eigene Untersuchungsergebnisse im Prä-Post-Vergleich, rechts: Ergebnisse der IPN-Interessenstudie, aus: Hoffmann et al., 1998, S. 20)

4.2.3 Veränderung des Selbstkonzepts

Der Fragebogen der Untersuchung erhob ebenfalls Daten zum Selbstkonzept der Lernenden in Bezug auf das Schulfach Physik. Analog zu Frageitems der IPN-Interessenstudie wurden auch hier Daten erhoben, die Aufschluss über das Selbstkonzept der Schüler darstellen. Die Erhebung der Daten zum Selbstkonzept der Lernenden war in zwei Bereiche aufgeteilt: Teil I findet sich im Fragebogen im Bereich 3b, Teil II ist auf der Folgeseite im Abschnitt 3c abgedruckt.

Die ersten Frageitems zum Selbstkonzept umfassen Daten, die allgemeine Angaben zur Selbsteinschätzung der Lernenden in Bezug auf das Fach Physik machen. Neben der Selbsteinschätzung aus unterschiedlichen Metaebenen (eigene Perspektive, Lehrer sowie Mitschüler) geben die Frageitems noch Auskunft über das Maß der Zuversicht in Bezug auf zukünftige Leistungen im Schulfach Physik.

Die Auflistung der Ergebnisse aus den Prä- und Posttests zeigt Abbildung 36:

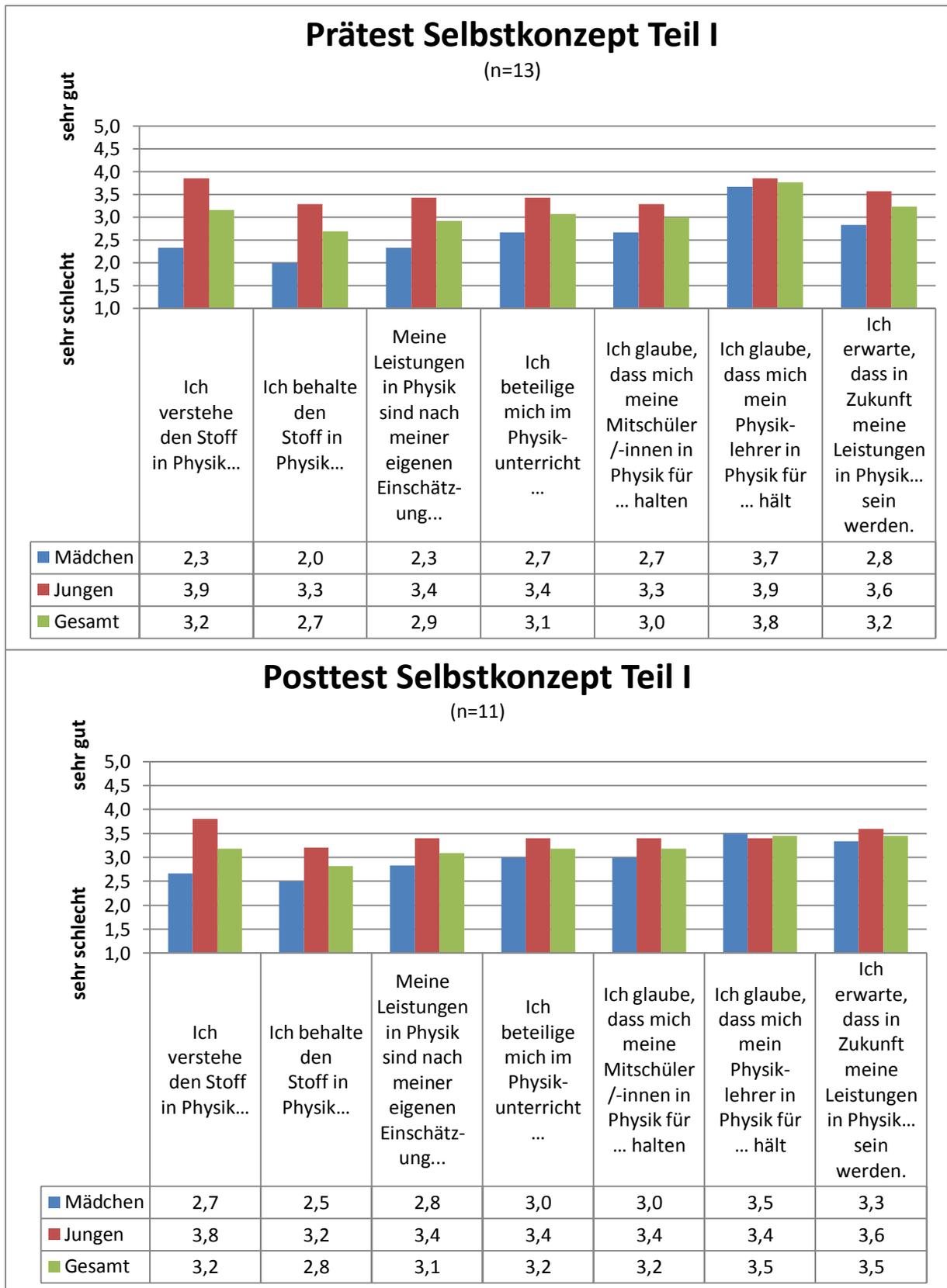


Abbildung 36: Übersicht Frageitems zum Selbstkonzept Teil I Prä- und Posttest

Um das Selbstkonzept der Lernenden in Bezug auf das Schulfach Physik übersichtlich darstellen zu können, wurden die Ergebnisse aus den Frageitems gemittelt. Abbildung 37 zeigt die

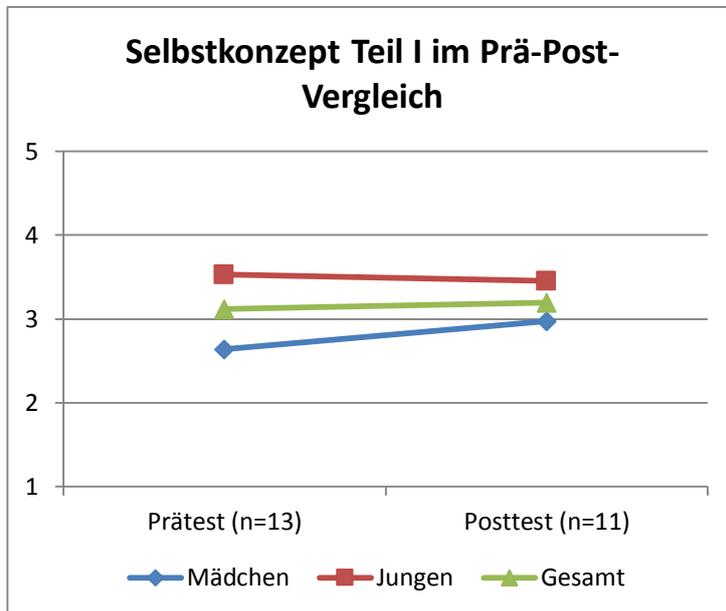


Abbildung 37: Selbstkonzept in Bezug auf das Fach Physik im Prä-Post-Vergleich

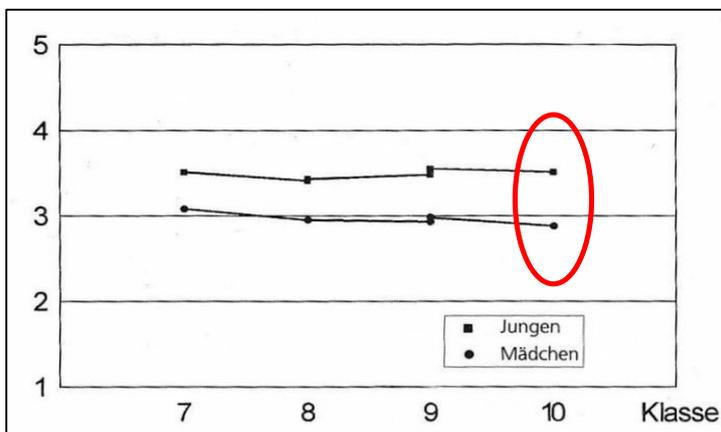


Abbildung 38: Das auf den Physikunterricht bezogene Selbstkonzept (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998, S. 66)

Entwicklung des Mittelwertes des Selbstkonzepts im Prä-Post-Vergleich.

Die Auswertung des Prätests brachte folgende Ergebnisse zu Tage: insgesamt stellt sich das Selbstkonzept der Jungen im Vergleich zu den Mädchen besser dar. Der Vorsprung der Jungen ggü. den Mädchen konnte hier auf einen Wert von etwa 0,9 auf der fünfstufigen Skala beziffert werden. Im Posttest hingegen steigerte sich das Selbstkonzept der Mädchen von 2,6 auf 3,0 während das Selbstkonzept der Jungen leicht rückläufig war. Folglich wurde die Differenz beider Werte für das Selbstkonzept auch geringer (ca. 0,5 im Posttest). Die Ergebnisse des Posttest sind daher vergleichbar mit den Ergebnissen von Hoffmann et al. (1998, S. 66, siehe Abbildung 38).

Im zweiten Teil der Fragen zum Selbstkonzept wurden invertierte Fragen genutzt. Daher wird hier

kein Mittelwert dargestellt sondern lediglich die Übersicht über alle Frageitems.

Inhaltlich erfragt dieser Bereich des Fragebogens die Zuversicht in Bezug auf die eigene Leistungsfähigkeit im Fach Physik, die Freude an komplizierten Aufgaben sowie das Maß an Zuversicht, derartige Aufgaben lösen zu können. Frageitem drei gibt zudem Aufschluss darüber, ob komplizierte Aufgaben eine abschreckende Wirkung auf die Lernenden haben.

Die Auswertung der Antworten zum Selbstkonzept (Teil II) zeigt Abbildung 39:



Abbildung 39: Übersicht Frageitems zum Selbstkonzept, Teil II, Prä- und Posttest

Die nach Geschlechtern getrennte Auswertung der Prä-Post-Vergleiche ergab folgende Werte:

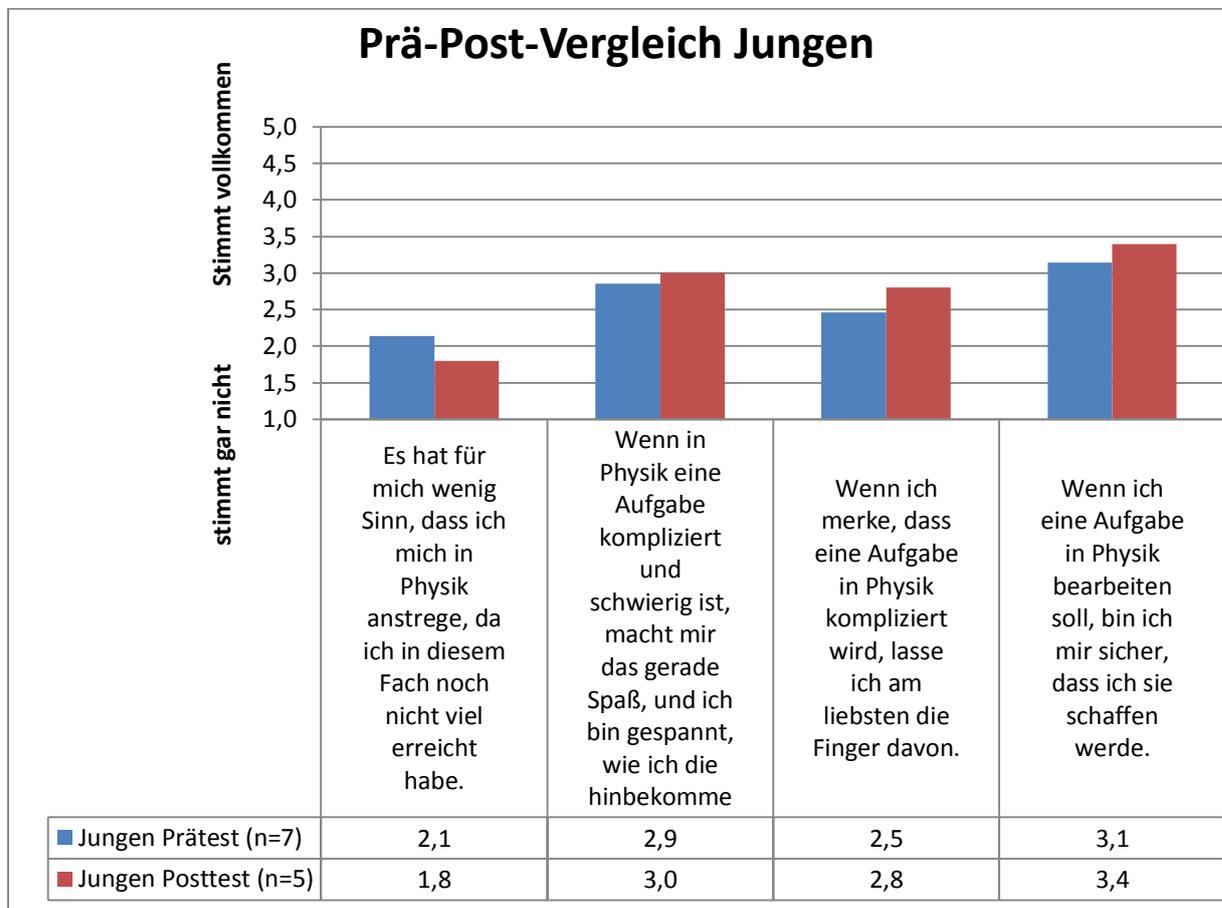


Abbildung 40: Frageitems zum Selbstkonzept Teil II, Jungen im Prä-Post-Vergleich

Bei den Jungen der Untersuchungsgruppe kam es auch im Frageteil II zu einer leichten Verbesserung des Selbstkonzeptes. Die Jungen trauen sich in Bezug auf ihr physikalisches Wissen und ihre Fähigkeiten in Bezug auf das Fach Physik nach der Durchführung der Lego Mindstorms Experimente mehr zu und sind zuversichtlich, auch in Zukunft gute Leistungen in Physik erbringen zu können. Diese allgemeine Aussage zeigt Item eins, in dem das Maß an Zuversicht in Bezug auf die Leistungsfähigkeit im Fach Physik abgefragt wird. Das Ergebnis der Jungen zeigt hier eine Verminderung des Mittelwertes, was wiederum eine positive Entwicklung des Selbstkonzeptes belegt. Zudem sind die Jungen der Gruppe nach der Durchführung der Lego Mindstorms Experimente zuversichtlicher, dass sie komplizierte Physikaufgaben korrekt werden lösen können (Frageitem vier). Der Wert liegt hier im oberen mittleren Bereich. Dieses Ergebnis bestätigt auch das Ergebnis von Item zwei. Hier ist die Änderung jedoch nicht signifikant.

Lediglich Frageitem drei zeigt eine Verschlechterung des Selbstkonzepts der Jungen im Kontext des Lösens von komplizierten Aufgaben. Auch wenn die Veränderung hier mit einem Wert von 0,3 im niedrigen Bereich liegt, widerspricht die Verschlechterung den oben beschriebenen Verbesserungen des Selbstkonzepts der Jungen.

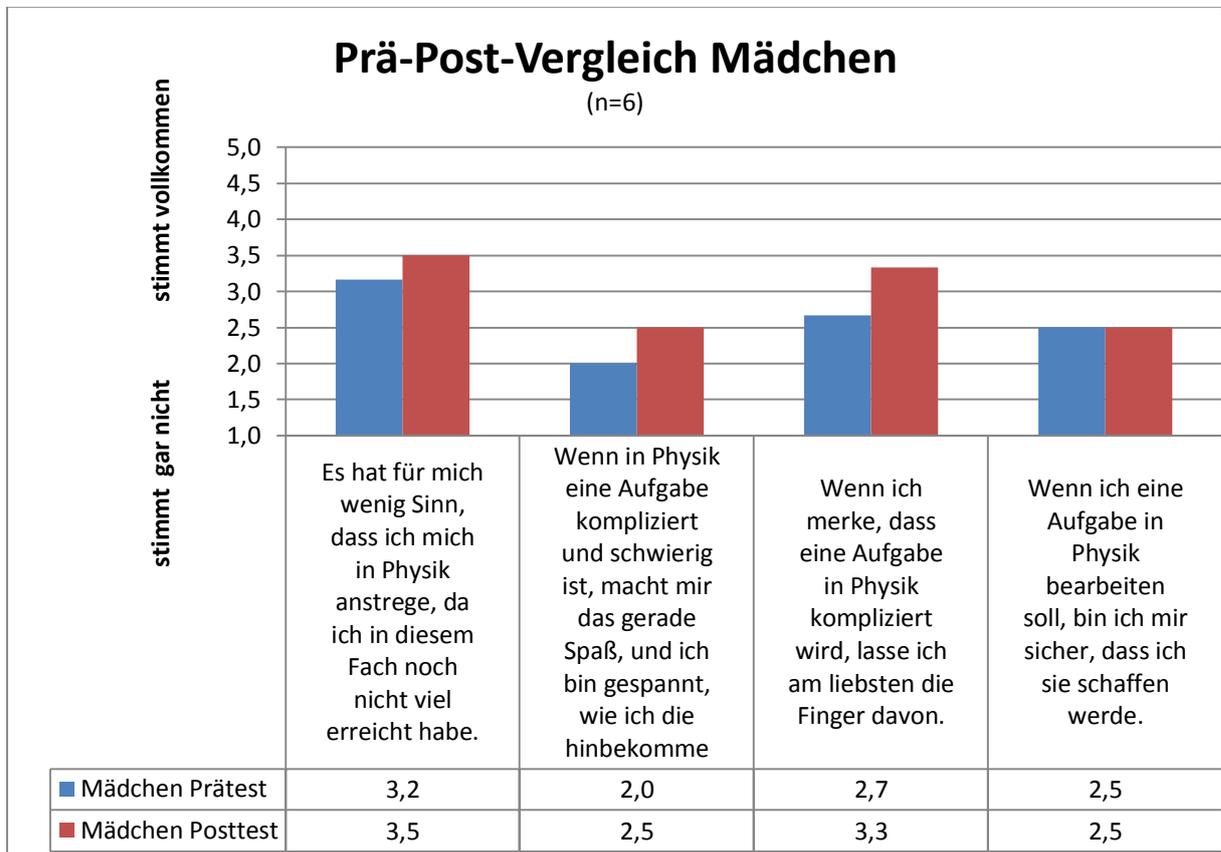


Abbildung 41: Frageitems zum Selbstkonzept Teil II, Mädchen im Prä-Post-Vergleich

Während sich bei den Mädchen im ersten Teil der Fragen zum Selbstkonzept in Bezug auf das Schulfach Physik noch eine klare Verbesserung abzeichnete, war das Bild in Teil II gemischt: Die Antworten auf die Fragen eins und drei weisen auf eine Verschlechterung des Selbstkonzeptes hin. Das Maß an Zuversicht in Bezug auf die Leistungen in Physik nimmt folglich im Prä-Post-Vergleich ab. Zudem steigt das Maß an Abschreckung komplizierter Physikaufgaben (Item drei, Anstieg um etwa 0,7). Antwort zwei hingegen zeigt tendenziell eine Verbesserung des Selbstkonzepts im Kontext der Freude an komplizierten und schwierigen Physikaufgaben während die Ergebnisse bei Frageitem vier konstant bleiben. Diese Ergebnisse zeigen im Gegensatz zum ersten Fragenkomplex zum Selbstkonzept keine eindeutige Entwicklung.

4.2.4 Veränderung des Sachinteresses über Energie

Im Fragebogen wurden einige Frageitems zum Sachinteresse an Energie abgefragt. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgt nach Kontexten getrennt. Wie in Kapitel 3.4.1 beschrieben wurden die Fragen für die Auswertung nach Kontexten sortiert, um anschließend Rückschlüsse auf verschiedene Entwicklungen des Interesses ziehen zu können.

Die Auswertung der Fragebögen zum Sachinteresse an Energie im physikalisch-technischen Kontext ergab für den Prätest folgende Ergebnisse:

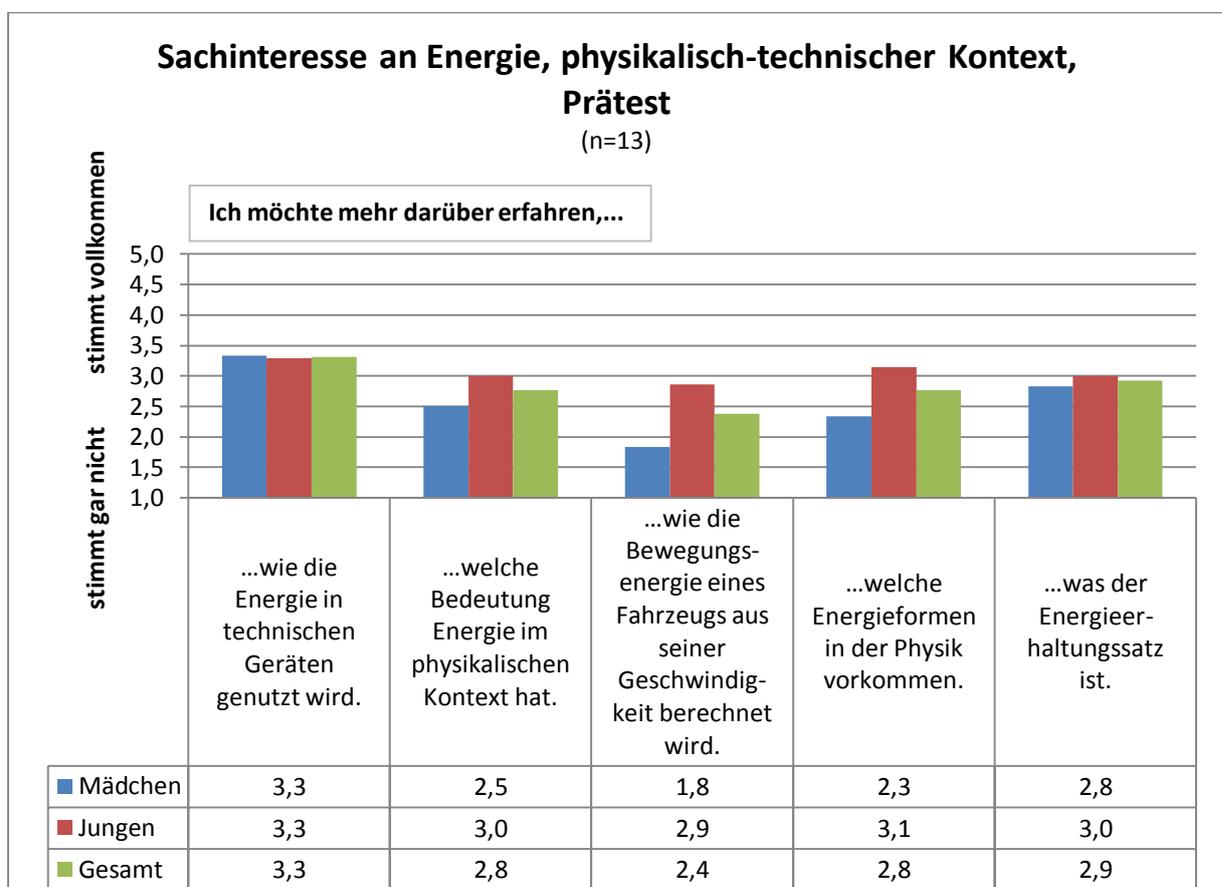


Abbildung 42: Sachinteresse an Energie, physikalisch-technischer Kontext, Prätest

Vor allem die Ergebnisse auf die Fragen zwei bis vier zeigen, dass die Jungen ggü. den Mädchen einen Interessenvorsprung in diesem Kontext haben. Im Prätest kann die Differenz zwischen Jungen und Mädchen im Mittelwert auf etwa 0,5 beziffert werden. Insgesamt liegt das Sachinteresse an o.g. Kontexten im mittleren oder unteren Bereich (2,6 bei den Mädchen und 3,1 bei den Jungen). Die Auswertung der Fragebögen zum Sachinteresse an Energie im physikalisch-technischen Kontext ergab für den Posttest folgende Ergebnisse:

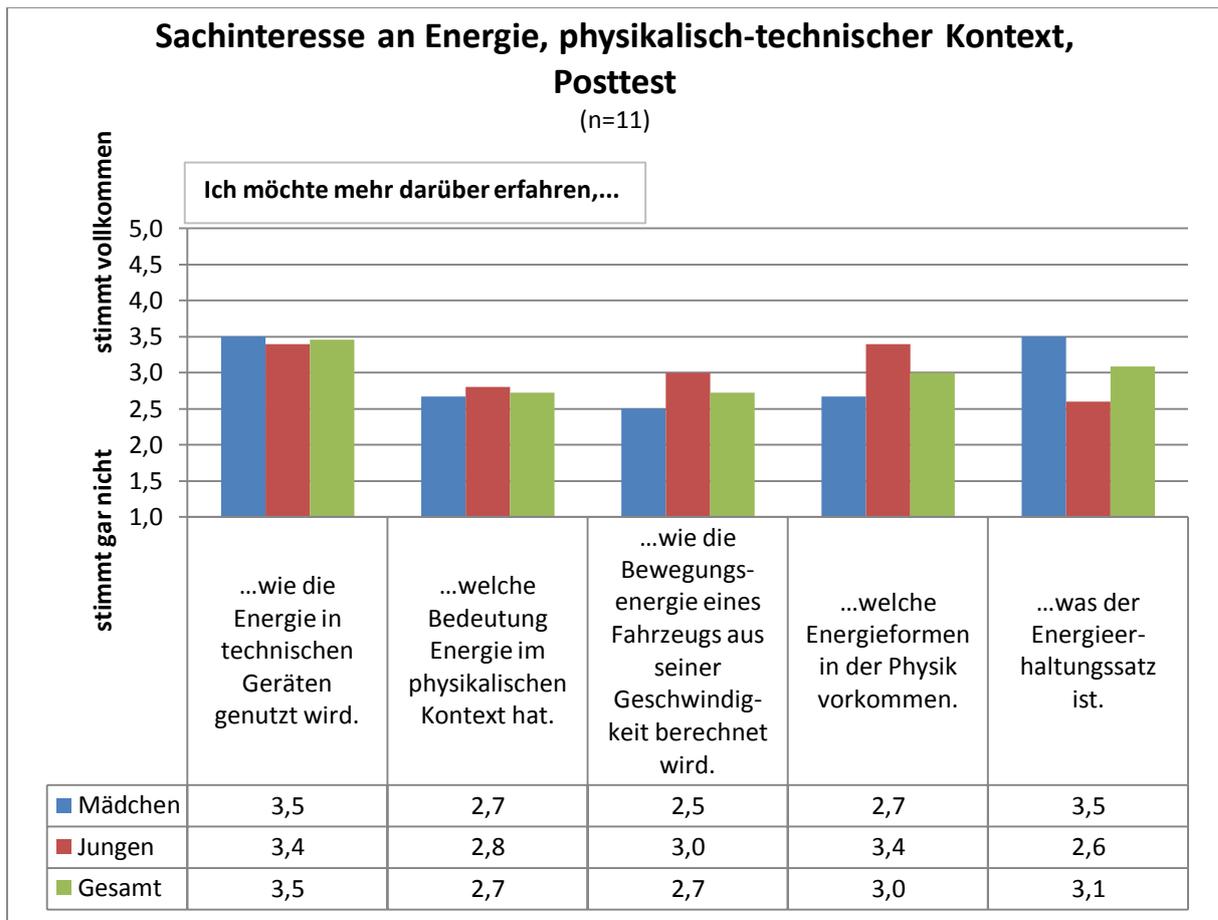


Abbildung 43: Sachinteresse an Energie, physikalisch-technischer Kontext, Posttest

Während das Sachinteresse an den Frageitems eins und zwei im Posttest keine großen Unterschiede aufweist, haben die Jungen bei den Fragen zur Bewegungsenergie sowie zu den Energieformen in der Physik erneut einen Interessensvorsprung. Bei der Frage nach dem Interesse am Energieerhaltungssatz hingegen zeigten die Mädchen der Untersuchungsgruppe ein größeres Interesse. Während die Mädchen im Prätest noch einen *Interessenrückstand* von 0,2 hatten, hatten sie im Posttest einen *Interessevorsprung* von etwa 0,9.

Die Ergebnisse des Sachinteresses am physikalisch-technischen Kontext wurden abschließend gemittelt und im direkten Prä-Post-Vergleich dargestellt. Die entsprechenden Ergebnisse zeigt Abbildung 44.

Bei den Mädchen der Untersuchungsgruppe zeigte sich ein Interessenzuwachs in allen Frageitems zum physikalisch-technischen-Kontext. Die Interessenanstiege auf der fünfstufigen Skala liegen bei Werten zwischen 0,2 und 0,7. Die Mittelwerte des Sachinteresses liegen beide im mittleren Bereich (2,6 im Prätest sowie 3 im Posttest).

Bei den Jungen hingegen war das Bild gemischt: neben leichten Anstiegen des Interesses bei den Fragen zum Einsatz von Energie in technischen Geräten, zur Bewegungsenergie sowie zu

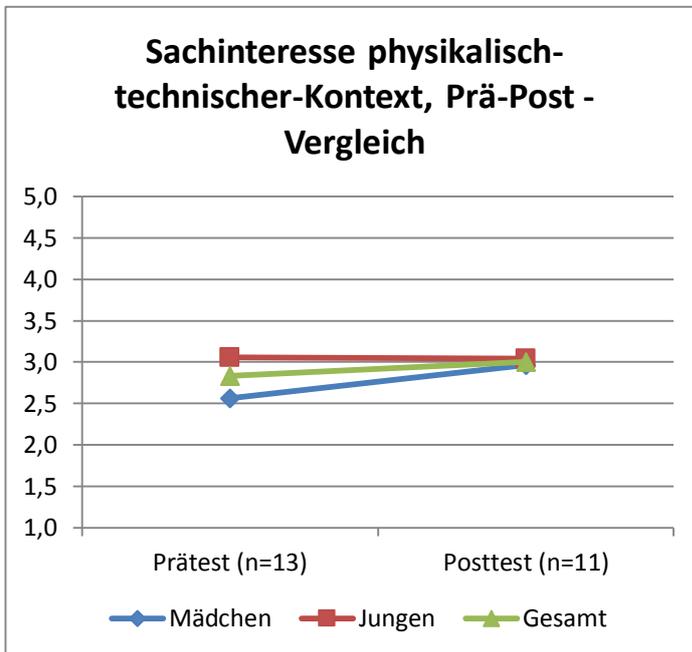


Abbildung 44: Sachinteresse physikalisch-technischer-Kontext, Prä-Post Vergleich

den Jungen sich im Posttest nicht reproduzierte. Hier konnte kein Interessenunterschied am physikalisch-technischen Kontext mehr festgestellt werden. Die Mädchen konnten folglich ihren Interessenrückstand im Vergleich zu den Jungen aufholen.

Neben dem ersten Fragenkomplex zum physikalisch-technischen Bereich wurden auch Frageitems zu lebensweltlichen und gesellschaftlichen Kontexten erfragt. Die entsprechenden Auswertungen wurden analog zum physikalisch-technischen Kontext durchgeführt und sind in den folgenden Abbildungen (Abbildung 45 und Abbildung 46) dargestellt:

den Energieformen kam es bei einigen Frageitems zum Interessenrückgang. In Summe liegen jedoch die Werte von Prä- und Posttest bei den Jungen jeweils bei etwa 3,0.

Die Betrachtung des Sachinteresses der Gesamtheit der Untersuchungsgruppe zeigte schließlich konstante bzw. leicht steigende Werte für das Sachinteresse am physikalisch-technischen Kontext. Der Mittelwert der gesamten Gruppe stieg von 2,8 auf 3,1.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass der eingangs diagnostizierte Interessenrückstand der Mädchen ggü.

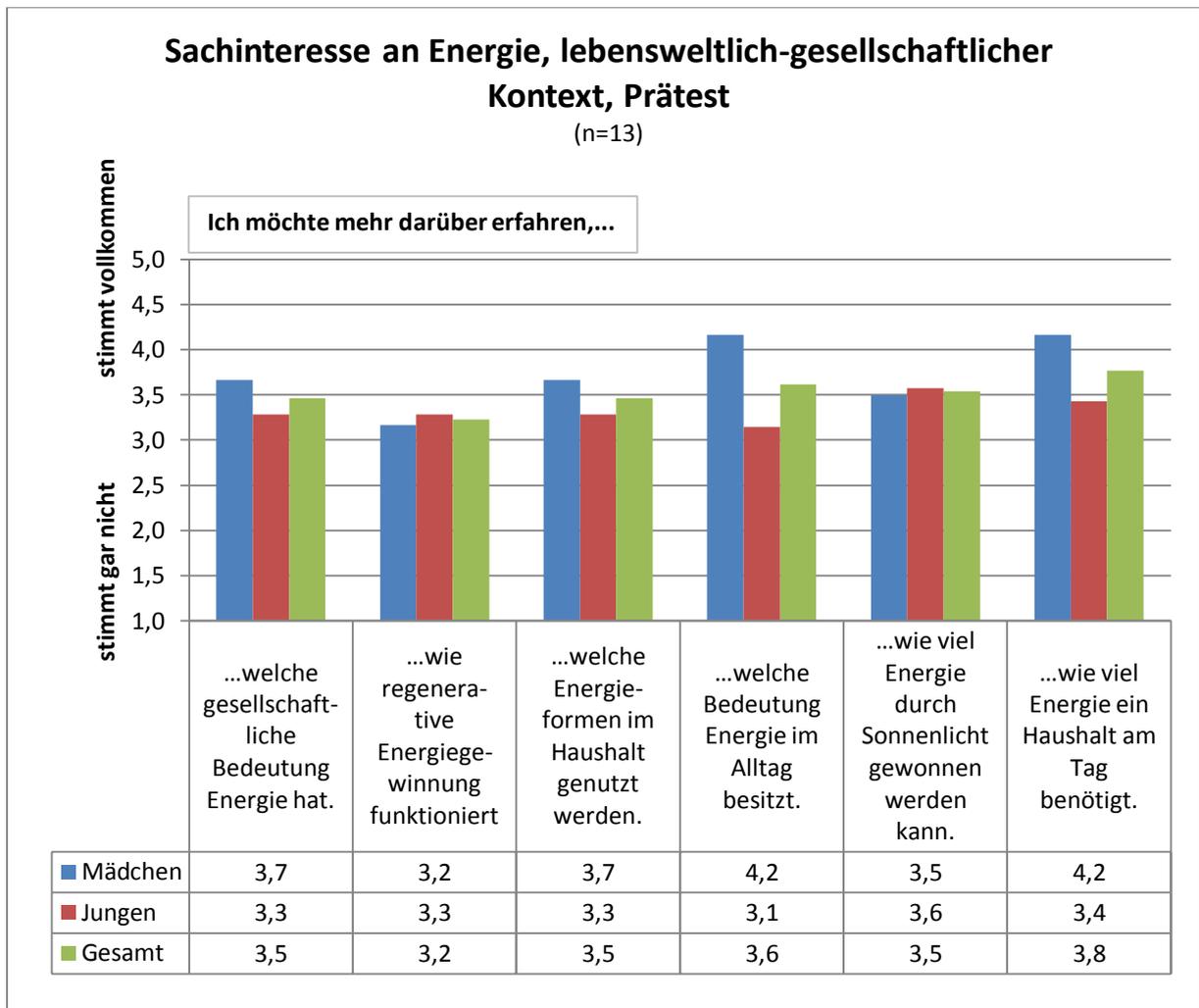


Abbildung 45: Sachinteresse an Energie, lebensweltlich-gesellschaftlicher Kontext, Prätest

Während das Interesse von Mädchen und Jungen in der Untersuchungsgruppe bei Fragen zu regenerativen Energieformen sowie zur Energiegewinnung durch Sonnenlicht nahezu gleich ist, zeigen die Mädchen in den restlichen Frageitems zum lebensweltlich-gesellschaftlichen Kontext durchweg einen Interessenvorsprung ggü. den Jungen der Experimentiergruppe. Der Unterschied zwischen Jungen und Mädchen ist hier im Mittel auf einen Wert von etwa 0,4 zu beziffern. Im Mittelwert kann das Sachinteresse der gesamten Gruppe an o.g. Kontexten auf einen Wert von 3,5 beziffert werden.

Die Auswertung des entsprechenden Posttest ergab folgende Ergebnisse:

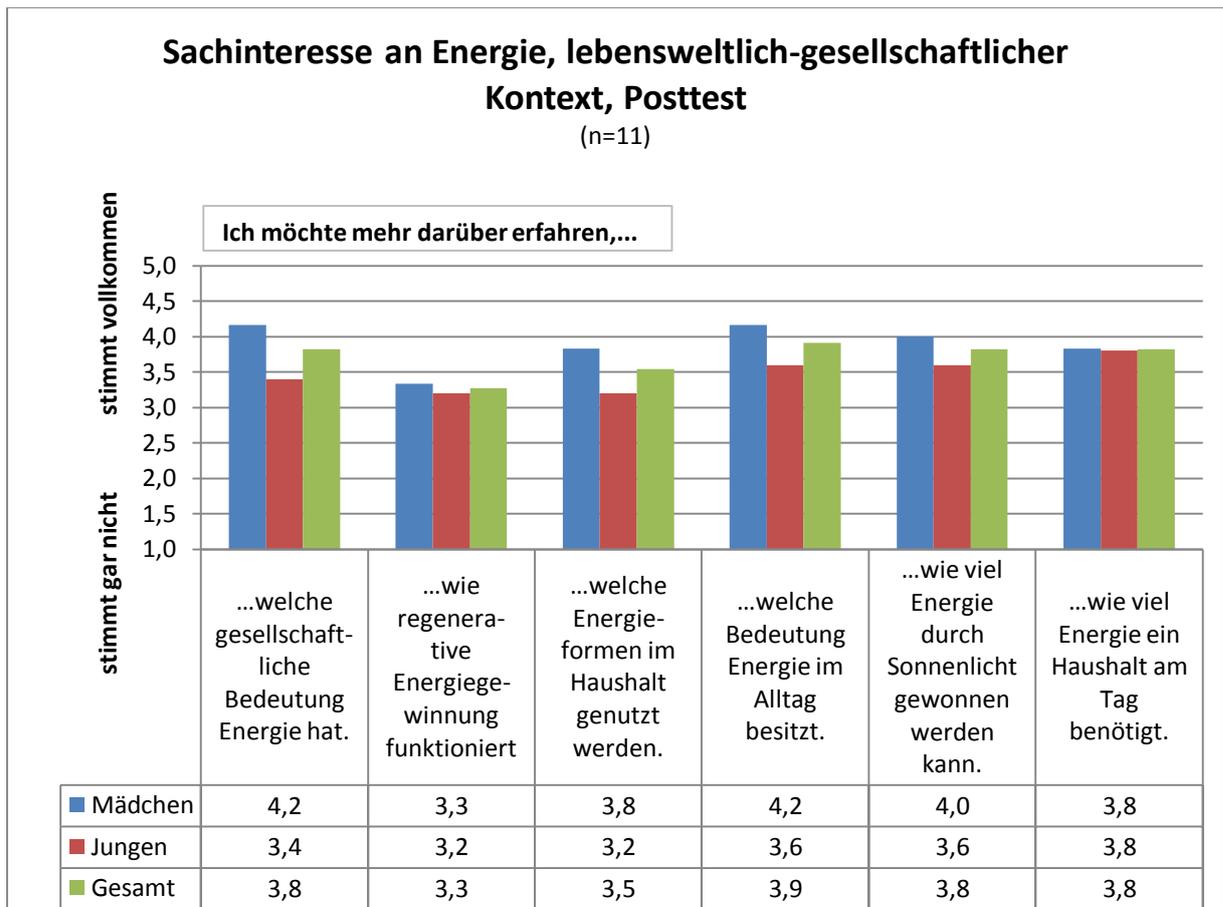


Abbildung 46: Sachinteresse an Energie, lebensweltlich-gesellschaftlicher Kontext, Posttest

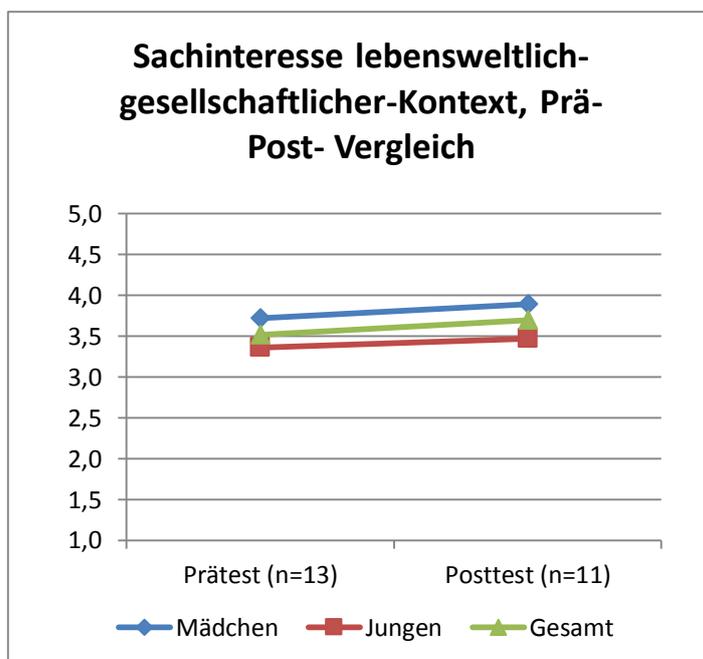


Abbildung 47: Sachinteresse lebensweltlich-gesellschaftlicher-Kontext, Prä-Post Vergleich

Im Posttest zeigt sich erneut ein Interessenvorsprung der Mädchen im Vergleich zu den Jungen. Die bereits im Prätest festgestellte Differenz von 0,4 konnte im Posttest reproduziert werden. Vor allem in den Kontexten „Energie im Alltag“, „Bedeutung der Energie für die Gesellschaft“, „Energiegewinnung durch Sonnenlicht“ sowie „Nutzen der Energie in einem Haushalt“ zeigt sich durchweg ein stärker ausgeprägtes Sachinteresse der Mädchen im Vergleich zu den Jungen.

Insgesamt konnte im Prä-Post-Vergleich ein leichter Interessenzuwachs sowohl der Mädchen als auch der Jungen festgestellt werden. Die Mittelwerte von Prä- und Posttest der gesamten Gruppe beziffern sich hier auf 3,5 (Prätest) bzw. 3,7 (Posttest). Die entsprechende Prä-Post-Entwicklung des Sachinteresses am lebensweltlich-gesellschaftlichen Kontext ist in Abbildung 47 abgebildet.

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass das Sachinteresse der Lernenden an lebensweltlich-gesellschaftlichen Kontexten insgesamt stärker ausgeprägt ist als das Interesse am physikalisch-technischen Bereich.

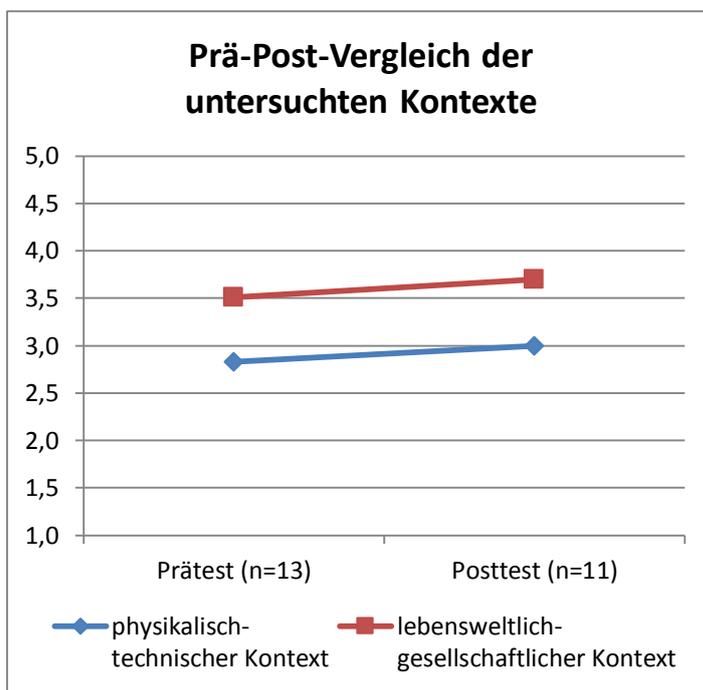


Abbildung 48: Prä-Post-Vergleich physikalisch-technischer Kontext und lebensweltlich-gesellschaftlicher Kontext

beider Kontexte.

Im Bereich des lebensweltlich-gesellschaftlichen Kontextes konnten sowohl im Prä- als auch im Posttest höhere Interessenwerte als am physikalisch-technischen Kontext festgestellt werden. Im Verlauf der Untersuchung stieg das Sachinteresse der Lernenden an beiden untersuchten Kontexten leicht an. Der entsprechende Anstieg kann jeweils auf einen Wert von etwa 0,2 beziffert werden.

Zusammenfassend illustriert Abbildung 48 die Prä-Post-Entwicklung der Mittelwerte des Sachinteresses

4.2.5 Beurteilung der Lego Mindstorms Experimente

Im Posttest wurden zusätzlich noch einige Frageitems zu den Lego Mindstorms Experimenten erhoben. Die entsprechende Auswertung der Fragebögen zeigt Abbildung 49:

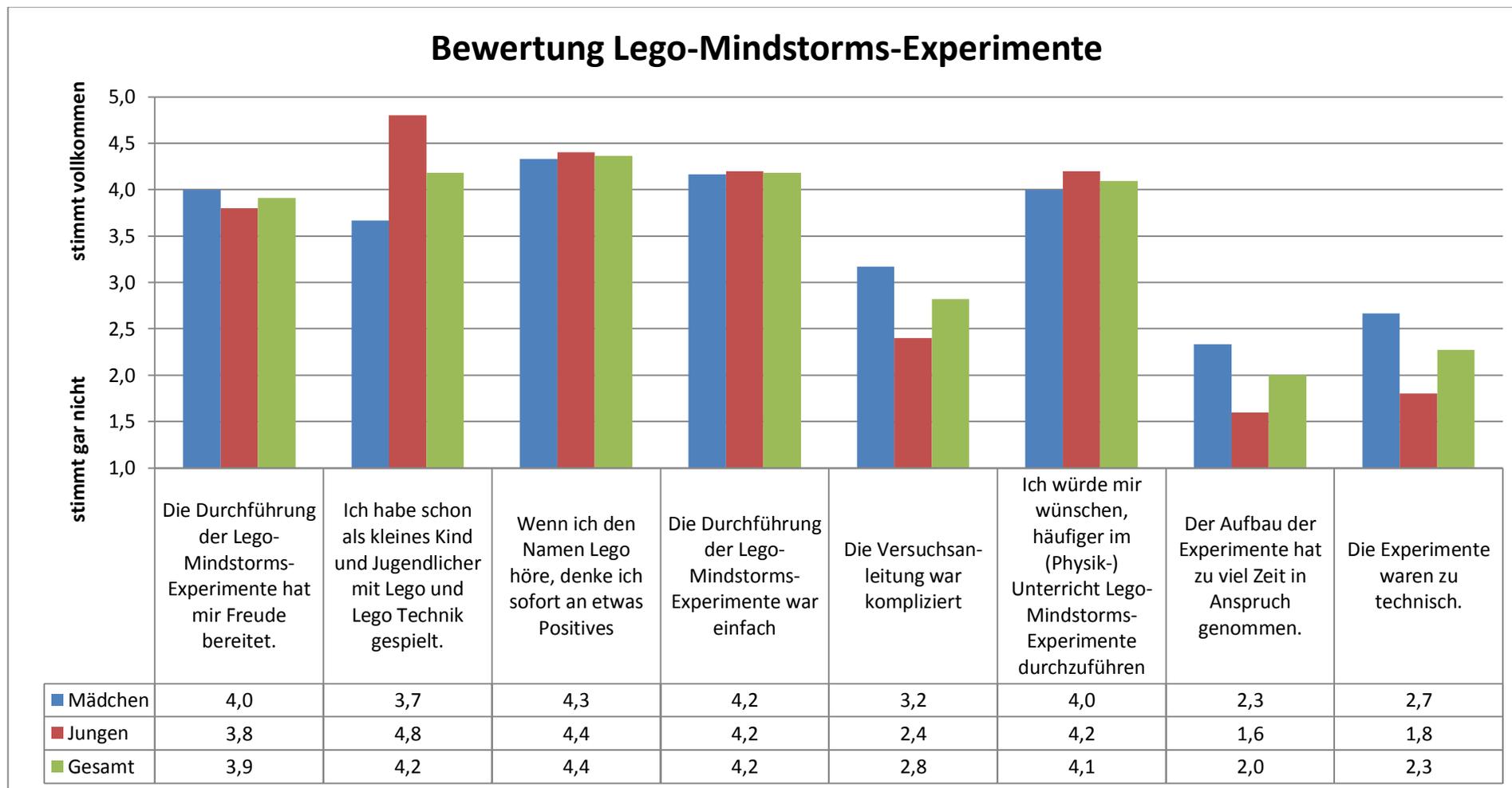


Abbildung 49: Bewertung der Lego Mindstorms Experimente

Die Lernenden gaben im Fragebogen an, dass ihnen die Arbeit mit Lego Mindstorms Freude bereitet hat. Zudem verbindet ein überwiegender Teil der Untersuchungsgruppe etwas Positives mit dem Namen ‚Lego‘. Ferner wurde die Durchführung der Experimente als einfach eingestuft und die Lernenden wünschen sich, dass Lego Mindstorms häufiger im Unterricht eingesetzt wird. Das Antwortverhalten bei diesen Frageitems war bei der gesamten Gruppe sehr gleichmäßig (die Unterschiede auf der fünfstufigen Skala konnten auf maximal 0,2 beziffert werden). Während beinahe alle Jungen der Untersuchungsgruppe bereits im Kindesalter mit Lego gespielt haben, lag der Wert bei den Mädchen hier nur bei 3,7 was der Antwort „Stimmt zum Teil“ oder „Stimmt überwiegend“ entspricht.

Unterschiede im Antwortverhalten von Jungen und Mädchen ergaben sich zudem in den Frageitems fünf, sieben und acht: Die Frage, ob die Versuchsanleitung zu kompliziert sei, ergab bei den Jungen einen Wert von 2,4 (entspricht der Antwort „Stimmt nur etwas“ oder „Stimmt zum Teil“ wohingegen die Mädchen der Gruppe die Versuche etwas komplizierter einstufen (3,2). Insgesamt lagen beide Werte allerdings im mittleren bzw. unteren Bereich. Folglich werden die Experimente von den Lernenden als nicht zu kompliziert eingestuft.

Die Mädchen der Gruppe stuften den zeitlichen Aufwand für den Aufbau als mäßig ein. Der entsprechende Wert der Jungen lag hier jedoch noch einmal deutlich unter dem der Mädchen. Dieser kann auf 1,6 beziffert werden, was der Antwort „stimmt nur zum Teil“ bzw. „stimmt gar nicht“ entspricht. Während die Jungen die Experimente nicht zu technisch empfanden, war der Wert bei den Mädchen etwas höher (2,7), lag aber immer noch im mittleren Bereich. Folglich kann gesagt werden, dass sowohl die Mädchen und die Jungen der Experimentiergruppe die Experimente als nicht zu technisch einstufen.

4.2.6 Auswertung der Schülerinterviews

Nach der Beantwortung der Fragebögen wurden einige Lernende in abschließenden Schülerinterviews zu den Gründen ihrer Einstellungsänderungen im Verlauf der Untersuchung befragt. Die Auswertung der Interviews erfolgte wie in Kapitel 3.4.2 beschrieben.

Insgesamt wurden vier Schülerinterviews mit jeweils zwei Lernenden durchgeführt. Die Interviewpartner waren auch gleichzeitig die Experimentierpartner bei der Durchführung der Lego Mindstorms Experimente. Eines der Interviews (Interview eins) war jedoch ein Einzelinterview, da der Experimentierpartner am Tag der Interviewdurchführung kurzfristig erkrankte. Vier Lernende waren zum Zeitpunkt der Interviews wegen anderer schulischer Aktivitäten leider verhindert und konnten so nicht mehr befragt werden.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die in den Interviews aufgeführten Argumente der Lernenden zu den einzelnen Sachgebieten auf. Da sich das Fachinteresse der Lernenden nicht signifikant änderte, wurden in den Interviews keine Fragen zum Fachinteresse an Physik gestellt. Folglich ist diese Rubrik nicht in der Tabelle aufgeführt. Die vollständigen Transkriptionen der Schülerinterviews können auf der beiliegenden CD eingesehen werden.

	Interview 1 (männlich)	Interview 2 (beide männlich)
Assoziationen zum Energiebegriff	<ul style="list-style-type: none"> - Lego Mindstorms Experimente hatten keinen Einfluss auf das Antwortverhalten; es wurde lediglich versucht, möglichst viele Begriffe zur Energie zu nennen 	<ul style="list-style-type: none"> - Neue Begriffsassoziationen werden auf Durchführung der Experimente zurückgeführt (v.a. Sonnenenergie)
Sachinteresse an Energie	<ul style="list-style-type: none"> - Geringeres Sachinteresse bedingt dadurch, dass viele Aspekte schon bekannt sind - Tendenziell Unterforderung 	<ul style="list-style-type: none"> - Höheres Sachinteresse an Energie wird mit Durchführung der Experimente begründet - Erfahrung, wie Energie in Geräten funktioniert, erhöht Sachinteresse - „Spielfaktor“ scheint Lernen zu enthemmen
Selbstkonzept in Bezug auf das Fach Physik	<ul style="list-style-type: none"> - Keine Änderungen im Selbstkonzept, daher keine Frage zum Selbstkonzept 	<ul style="list-style-type: none"> - Keine Änderungen im Selbstkonzept, daher keine Frage zum Selbstkonzept
Bewertung der Lego Mindstorms Experimente	<ul style="list-style-type: none"> - Insgesamt positive Bewertung von Lego Mindstorms - Z.T. zu kleinschrittig, könnte fachlich noch tiefgründiger sein 	<ul style="list-style-type: none"> - Lego ist etwas, das seit der Kindheit bekannt ist - Lego bietet spielerischen Zugang zu Physik - Programmieren wird als kompliziert eingestuft - Gelegentlicher Einsatz im Physikunterricht erwünscht - Experimente sind anschaulich - Selbsttätigkeit beim Experimentieren wird positiv hervorgehoben

Tabelle 7: Einordnung der Aussagen aus den Schülerinterviews eins und zwei

	Interview 3 (beide weiblich)	Interview 4 (beide weiblich)
Assoziationen zum Energiebegriff	- Neue Begriffsassoziationen werden auf Durchführung der Experimente zurückgeführt (v.a. Sonnenenergie)	- Neue Begriffsassoziationen werden auf Durchführung der Experimente zurückgeführt (v.a. Sonnenenergie)
Sachinteresse an Energie	- Höheres Sachinteresse wird auf gesellschaftliche Relevanz zurückgeführt, nicht auf Experimente	- Durchführung der Experimente führte zu größerem Interesse an Solarenergie; Experiment war scheinbar eindrucksvoll
Selbstkonzept in Bezug auf das Fach Physik	- Schlechtere Einschätzung im Selbstkonzept wird darauf zurückgeführt, dass Experimente fachliche Defizite unterstrichen haben	- Durch die Anschaulichkeit der Experimente wurden fachliche Aspekte verständlich (z.B. die Unterschiede zwischen physikalischen Größen), ergo leichte Verbesserung des Selbstkonzeptes in Bezug auf das Fach Physik
Bewertung der Lego Mindstorms Experimente	- Experimente werden als spannend eingestuft - Experimente dienen zum Erlernen qualitativer Aspekte, aber nicht zu quantitativen Gesichtspunkten	- Experimente werden insgesamt positiv bewertet

Tabelle 8: Einordnung der Aussagen aus den Schülerinterviews drei und vier

4.2.7 Auswertung der Beobachtungsbögen

Um die Validität der Untersuchungsergebnisse abschließend besser bewerten zu können, wurden die Lernenden während der Experimentierphase von einem Lehrenden sowie dem Durch-

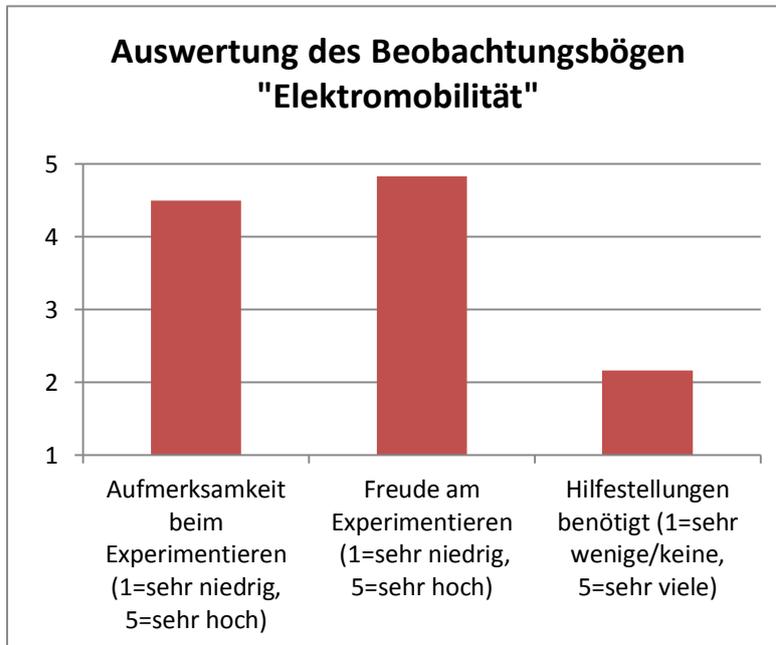


Abbildung 50: Auswertung des Beobachtungsbogens zum Versuch „Elektromobilität“

führenden der Untersuchung beobachtet. Die entsprechenden Beobachtungen wurden in den dafür vorgesehenen Beobachtungsbögen notiert und anschließend ausgewertet. Die Auswertung der Beobachtungsbögen zeigen Abbildung 50 und Abbildung 51.

Insgesamt war das Maß an Aufmerksamkeit sowie Freude am Experimentieren insgesamt sehr hoch. Die Lernenden benötigten für die Durchführung

der Experimente nur wenige Hilfestellungen. Die durchschnittliche Dauer der Experimente

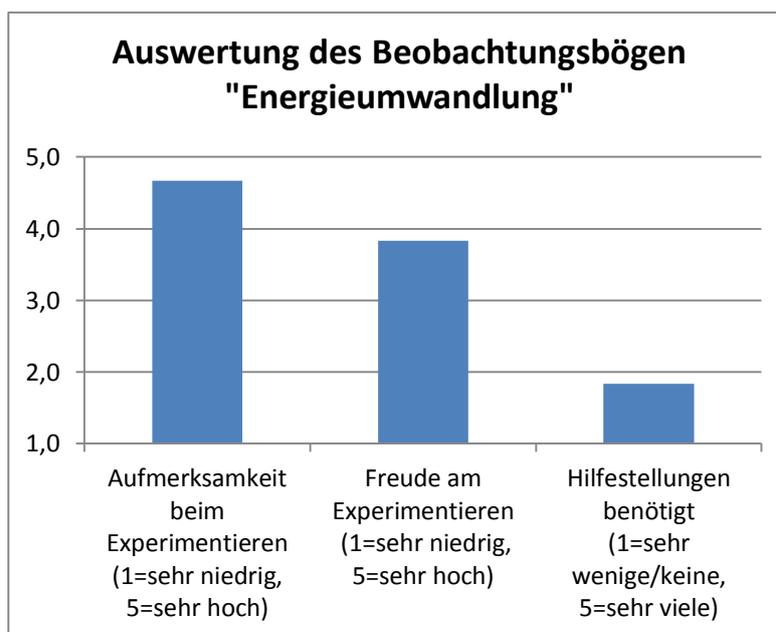


Abbildung 51: Auswertung des Beobachtungsbogens zum Versuch „Energieumwandlung“

kann auf etwa 15-20 Minuten beziffert werden. Eine Experimentiergruppe, die bereits Erfahrungen mit Lego Mindstorms im Rahmen einer Arbeitsgemeinschaft sammeln konnte, schien bei der Durchführung etwas unterfordert und hielt sich zum Teil nicht an die vorgegebene Versuchsanleitung. Dennoch kam es bei der Durchführung der Experimente zu keiner nennenswerten Störung oder zu technischen Problemen.

4.2.8 Zusammenfassung der Auswertung

Die Auswertung der Fragebögen sowie der Schülerinterviews ergab folgende wesentliche Ergebnisse:

Die quantitative Auswertung der Begriffsassoziationen zur Energie ergab zunächst eine Steigerung der Begriffsnennungen „Solar-/Sonnenergie“, „Windkraft/-energie“, „Kraft“, „Wassenergie“ sowie „Strom“. Im Posttest gehören diese Begriffe zu den am häufigsten genannten Begriffsassoziationen zur Energie. Ferner stieg die Anzahl der Begriffsnennungen zu Begriffen der mechanischen Energie an. Die Mädchen steigerten die Benennungen hier im Schnitt von 0,5 Nennungen pro Fragebogen im Prätest auf 1,0 im Posttest. Der Wert der Jungen stieg von 1,7 Begriffsnennungen von Termini der mechanischen Energie im Prätest auf 2,0 Nennungen im Posttest.

Während die Mädchen sowohl im Prä- als auch im Posttest in allen Fragebögen den Terminus „Solar-/Sonnenergie“ nannten, lag der entsprechende Wert bei den Jungen im Prätest bei 29% und stieg auf 60% im Posttest. Hier ist folglich von einer signifikanten Steigerung zu sprechen.

Die qualitative Auswertung des Assoziationstests ergab eine Steigerung der Begriffsnennungen aus der Kategorie der physikalischen Termini zu Lasten der nicht-physikalischen Termini. Die Steigerung der Benennung physikalischer Termini konnte auf etwa 10% beziffert werden. Die qualitative Auswertung des entsprechenden Posttests ergab zudem vergleichbare Werte wie in der Studie von Crossley und Starauschek (siehe Abbildung 33). Neue Begriffsnennungen im Posttest wurden in drei von vier Schülerinterviews auf die Durchführung der Experimente zurückgeführt.

Einen Überblick über die Untersuchungsergebnisse der Variablen Selbstkonzept sowie Fach- und Sachinteresse zeigt Tabelle 9. Der Auswertung lag eine fünfstufige Likert-Skala zu Grunde, wobei der Wert „1“ für eine sehr geringe und der Wert „5“ für eine sehr starke Ausprägung der Variablen stand.

	Jungen (Prätest)	Jungen (Posttest)	Mädchen (Prätest)	Mädchen (Posttest)
Selbstkonzept in Bezug auf das Fach Physik (siehe Abbildung 37)	3,5	3,5	2,6	3,0
Fachinteresse am Schulfach Physik (siehe Abbildung 35)	3,7	3,8	2,3	2,4
Sachinteresse am physikalisch-technischen Kontext (siehe Abbildung 44)	3,0	3,0	2,6	3,0
Sachinteresse am lebensweltlich-gesellschaftlichen Kontext (siehe Abbildung 47)	3,4	3,5	3,7	3,9

Tabelle 9: Übersicht der Variablen Sach- und Fachinteresse sowie Selbstkonzept

Das Fachinteresse am Schulfach Physik blieb im Prä-Post-Vergleich sowohl bei den Jungen als auch bei den Mädchen stabil. Hier konnte keine signifikante Änderung festgestellt werden. Während das Fachinteresse der Jungen mit den Ergebnissen der IPN-Studie vergleichbar ist und in beiden Untersuchungen bei einem Wert von etwa 3,7-3,8 liegt (siehe Abbildung 35), liegt das Fachinteresse der Mädchen in der eigenen Untersuchung hinter dem Wert der Studie von Hoffmann et al.

Die Erhebung von Kennzahlen des Selbstkonzeptes in Bezug auf das Fach Physik ergab folgende Ergebnisse: Im ersten Teil der Fragen zum Selbstkonzept in Bezug auf das Fach Physik konnte eine positive Entwicklung bei den Mädchen der Untersuchungsgruppe festgestellt werden. Die Werte der Jungen blieben hier im Prä-Post-Vergleich in etwa auf gleicher Höhe. Folglich konnte die im Prätest dargestellte Lücke zwischen Jungen und Mädchen in etwa auf die Hälfte verringert werden (siehe Abbildung 37). Dennoch haben die Jungen der Untersuchungsgruppe durchweg ein besseres Selbstkonzept als die Mädchen. Der Unterschied zwischen Jungen und Mädchen ergab im Posttest einen Wert von etwa 0,5 auf der fünfstufigen Skala.

Die Auswertung des zweiten Teils der Fragen zum Selbstkonzept ergab leichte aber nicht signifikante Verbesserung des Selbstkonzepts der Jungen in drei Items. Eine Frage zeigte jedoch eine Verschlechterung des Selbstkonzepts der männlichen Lernenden (siehe Abbildung 40). Bei den Mädchen zeigten zwei Frageitems eine Verschlechterung des Selbstkonzepts, ein Item blieb konstant und ein Item zeigte eine Verbesserung des Selbstkonzepts (siehe Abbildung 41).

Die Mädchen der Experimentiergruppe konnten ihr Sachinteresse in Bezug auf Kontexte der Energie durchweg steigern. Diese Aussage kann sowohl für den lebensweltlich-gesellschaftlichen als auch für den physikalisch-technischen Kontext getroffen werden. Vor allem beim Frageitem zur Gewinnung von Energie durch regenerative Energiequellen kam es zu einer Interessensteigerung der Mädchen. Bei den Jungen der Untersuchungsgruppe kam es beim physikalisch-technischen Kontext zu einem leichten Rückgang des Sachinteresses. Dieser Rückgang war jedoch statistisch nicht signifikant. Bei den Frageitems zum lebensweltlich-gesellschaftlichen Kontext hingegen stieg das Sachinteresse der Jungen.

Insgesamt konnte die Interessendifferenz zwischen Jungen und Mädchen im physikalisch-technischen Kontext verringert werden (siehe Abbildung 44). Im Bereich des lebensweltlich-gesellschaftlichen Kontextes haben die Mädchen ggü. den Jungen sowohl im Prä- als auch im Posttest einen leichten Interessenvorsprung. Insgesamt konnte hier in der gesamten Gruppe ein leichter Interessenanstieg beobachtet werden (siehe Abbildung 47).

In den Schülerinterviews wurden schließlich noch Gründe für Einstellungsänderungen der Lernenden im Verlauf der Untersuchung benannt. So führten viele Schüler die neuen Begriffsassoziationen im Posttest auf die Durchführung der Lego Mindstorms Experimente zurück. Die spielerische Herangehensweise an Physikexperimente durch die Lego Roboter schien den Lernprozess zu enthemmen. Der Name Lego ruft bei den Lernenden dementsprechend etwas Positives hervor. Zudem führten die Experimente nach Aussage der Schüler zu erhöhtem Interesse sowie zu einer besseren Selbsteinschätzung in Bezug auf das Schulfach Physik. Die Durchführung der Experimente wurde insgesamt als einfach und unkompliziert empfunden. Diese Aussage bestätigte sich auch in der Auswertung der entsprechenden Fragen im Fragebogen. Die Lernenden bewerteten die Lego Mindstorms Experimente zudem als spannend sowie gut geeignet für die Erarbeitung qualitativer Aspekte. Ferner wurde die selbstständige Experimentiertätigkeit lobend erwähnt.

Dennoch wurden einige Kritikpunkte an den Lego Experimenten geäußert: so sei die Arbeit mit Lego Mindstorms manchmal zu kleinschrittig und fachlich nicht tiefgreifend genug. Ferner sagte eine Schülerin, dass ihr die Arbeit mit Lego Mindstorms half, qualitative Aspekte zu verstehen. Allerdings seien die beiden Experimente ihrer Ansicht nach wenig hilfreich für die Berechnung von physikalischen Parametern.

5 Bewertung der Ergebnisse

Nachdem in Kapitel 4 die Ergebnisse der Untersuchung ausgewertet und dargestellt wurden, werden abschließend die erhobenen Daten interpretiert und diskutiert. Zudem erfolgt die Beantwortung der zu Beginn dieser Arbeit formulierten Forschungsfragen (Kapitel 5.1).

Des Weiteren dient dieses Kapitel zur Reflexion der Untersuchungsergebnisse unter Betrachtung der zu Grunde gelegten Untersuchungsmethode (Kapitel 5.2). Darüber hinaus wird schließlich der Einsatz von Lego Mindstorms Experimenten im Physikunterricht erörtert (Kapitel 5.3).

5.1 Bewertung der Untersuchungsergebnisse

Ein zentraler Bestandteil dieser Arbeit ist der Assoziationstest zum Energiebegriff. Analog zu den Forschungsarbeiten von Duit sowie Crossley und Starauschek wurde deren Assoziationstest repliziert, um einen Vergleich der eigenen Untersuchungsergebnisse mit denen von Crossley und Starauschek sowie Duit herzustellen. Die in Abschnitt 1.2 formulierten Forschungsfragen lauteten wie folgt:

Wie sehen die Schülerassoziationen zum Energiebegriff aus? Inwiefern lassen sich die Ergebnisse zu den Assoziationen des Energiebegriffs aus den Studien von Duit (1986) und Crossley & Starauschek (2010a) reproduzieren?

Im Kontext der Forschungsfrage wurde eingangs zudem folgende Hypothese aufgestellt:

Die Lernenden werden durch den Einsatz der Lego Mindstorms Experimente den Energiebegriff im Bereich der mechanischen Energie sowie der Solarenergie/Sonnenenergie weiter ausdifferenzieren.

Die quantitative Untersuchung des Assoziationstests zum Energiebegriff brachte zunächst hervor, dass die Lernenden nach der Durchführung der Lego Mindstorms Experimente deutlich mehr Begriffe der mechanischen Energie mit dem Energiebegriff in Verbindung bringen. Zudem assoziierten alle Mädchen der Untersuchungsgruppe den Begriff „Solarenergie“ mit dem Wort Energie. Die Begriffsnennung dieses Terminus konnte bei den Jungen von anfänglich 29% mehr als verdoppelt werden. So nannten 60% der Jungen im Posttest den Begriff Sonnen- oder Solarenergie im Assoziationstest. Die o.g. Hypothese kann folglich auf Grundlage dieser Untersuchungsergebnisse bestätigt werden.

Darüber hinaus konnte die Anzahl der Begriffsnennungen der Termini „Kraft“, „Wasserenergie“ sowie „Strom“ im Prä-Post-Vergleich deutlich gesteigert werden.

Als Ergebnis der qualitativen Auswertung des Assoziationstests kann eine Steigerung der Begriffsnennungen der physikalischen Termini im Verlauf der Untersuchung genannt werden. Die Ergebnisse des Posttest sind zudem vergleichbar mit den Ergebnissen von Crossley und Starauschek (siehe Abbildung 33).

Die Steigerung der o.g. Begriffsnennungen im Assoziationstest ist mit großer Wahrscheinlichkeit auf die durchgeführten Lego Mindstorms Experimente zurückzuführen. Diese These kann durch die Aussagen der Lernenden in den Interviews bekräftigt werden. Hier führten einige Schüler die neuen Begriffsnennungen im Posttest auf die Experimentierphase mit den Lego Mindstorms Experimenten zurück (siehe Tabelle 7 sowie Tabelle 8). Folglich eignen sich die Versuche zur Ausdifferenzierung des Energiebegriffs in den untersuchten Kontexten. Zudem zeigte die Untersuchung, dass nicht nur unmittelbar betroffene inhaltliche Aspekte der Experimente wie die Termini der Sonnenenergie oder Begriffe der mechanischen Energie häufiger genannt wurden. Auch inhaltlich verwandte Begriffe zur Sonnenenergie wie Wasserenergie oder Strom wurden nach der Durchführung der Lego Mindstorms Experimente häufiger genannt.

Der hier durchgeführte Assoziationstest zur Energie zeigt zahlreiche für die Schüler bedeutsame Kontexte der Energie auf. Betrachtet man die am häufigsten genannten Begriffe („Solarenergie“, „Windenergie“, „Wasserenergie“, „Strom“, und „Kraft“) so fällt auf, dass außer dem Kraftbegriff keiner der genannten Ausdrücke im Kontext der mechanischen Energie verankert ist. Die o.g. Termini können außer dem Kraftbegriff dem Kontext der (regenerativen) Energieversorgung zugeordnet werden. Sehr häufig wurden im Assoziationstest die Ausdrücke Sonnen-, Wind- und Wasserenergie in direktem Zusammenhang als Trias angegeben. Diese Zusammenfassung an Begriffen zeigt deren große Bedeutung für die Schüler. Bei der Planung eines kontextorientierten Physikunterrichts zur Energie ist es vor dem Hintergrund dieser Beobachtung sinnvoll, die Einführung des Energiebegriffs aus seinem „angestammten“ Platz im Kontext der mechanischen Energie herauszulösen.

Vielmehr scheint eine Einführung der Energie im lebensweltlichen Kontext der „Energieversorgung mit regenerativen Energien“ ein motivierender und die Schüler ansprechender fachwissenschaftlicher Kontext. In diesem Zusammenhang können die Lego Mindstorms Experimente als Lehrmittel zur anschaulichen Darstellung fachwissenschaftlicher Aspekte genutzt werden.

Neben den Assoziationen der Lernenden zum Energiebegriff wurden in der Untersuchung auch das Fachinteresse am Schulfach Physik sowie das Sachinteresse am Kontext der Energie erfragt. Hierzu wurden zu Beginn dieser Arbeit folgende Forschungsfragen formuliert:

Inwieweit verändert sich das Fachinteresse zum Fach Physik durch den Einsatz von Lego Mindstorms Experimenten?

Inwieweit kann durch den Einsatz der Lego Mindstorms Experimente das Sachinteresse zur Energie gesteigert werden?

Die Untersuchung der Forschungsfragen ergab folgendes Ergebnis: Das Interesse am Schulfach Physik bleibt im Prä-Post-Vergleich sowohl bei den Mädchen als auch bei den Jungen stabil (siehe Kapitel 4.2.2 sowie Abbildung 34). Die Lego Mindstorms Experimente haben dementsprechend in einem kurzen Einsatz von zwei Tagen keinen Einfluss auf das Fachinteresse am Fach Physik. Dieses Ergebnis lässt zwei Bewertungen zu: Entweder ist das Fachinteresse eine sehr stabile Variable, die sich nur über einen mittel- oder langfristigen Zeitraum verändern lässt oder die Lego Mindstorms Experimente haben tatsächlich keine Auswirkungen auf das Interesse der Lernenden am Fach Physik. In weiterführenden Studien wäre zu untersuchen, inwiefern sich das Fachinteresse der Lernenden verändert, wenn längere Unterrichtseinheiten mit Lego Mindstorms Experimenten durchgeführt werden.

Das Sachinteresse in Bezug auf den Kontext der Energie wurde nach zwei verschiedenen Kontexten getrennt ausgewertet (siehe Abbildung 44 sowie Abbildung 47). Während es bei den Mädchen der Experimentiergruppe durchweg zu einer Steigerung des Sachinteresses sowohl im physikalisch-technischen Kontext als auch im lebensweltlich-gesellschaftlichen Kontext kam, blieb das Sachinteresse der Jungen im physikalisch-technischen Kontext konstant und stieg leicht im lebensweltlich-gesellschaftlichen Kontext.

Das gesteigerte Sachinteresse am Energiebegriff wird in einigen Aussagen in den Schülerinterviews auf die Durchführung der Experimente zurückgeführt. Eine Schülerin beschreibt, dass ihr die Lego Mindstorms Experimente bedeutsame Kontexte der gesellschaftlichen Relevanz von Energie vor Augen geführt haben. Somit stieg ihr Sachinteresse am Kontext der Energie.

Der im Prätest diagnostizierte Interessenrückstand der Mädchen ggü. den Jungen am physikalisch-technischen Kontext konnte im Posttest nicht festgestellt werden. Hier lag das Interesse von Jungen und Mädchen auf gleicher Höhe (siehe Abbildung 44). Durch die Lego Mindstorms Experimente konnte folglich eine deutliche Interessensteigerung am physikalischen Kontext auf Seiten der Mädchen erreicht werden, so dass das Interesse der gesamten Gruppe auf ein gleiches Maß gebracht wurde. Dieses Ergebnis ist sehr positiv zu bewerten.

Im Bereich des lebensweltlich-gesellschaftlichen Kontexts war das Interesse der gesamten Gruppe insgesamt höher und die Mädchen hatten einen Interessenvorsprung von etwa 0,5. Im Prä-Post-Vergleich stieg das Interesse der Mädchen und der Jungen leicht an (siehe Abbildung

47). Die Steigerung von jeweils 0,1-0,2 ist allerdings statistisch gesehen nicht signifikant. Die Lego Mindstorms Experimente hatten daher keinen großen Einfluss auf die Ausprägung des Sachinteresses am lebensweltlich-gesellschaftlichen Kontext.

Neben den Schülerassoziationen, dem Fach- sowie dem Sachinteresse wurde in der Untersuchung ebenfalls die Variable des Selbstkonzepts der Lernenden in Bezug auf das Schulfach Physik untersucht. Die eingangs gestellte Forschungsfrage zum Selbstkonzept lautete:

Inwieweit verändert sich das Selbstkonzept der Lernenden in Bezug auf das Schulfach Physik durch den Einsatz von Lego Mindstorms Experimenten?

Die Frageitems zum Selbstkonzept zeigten bei den Mädchen der Untersuchungsgruppe im Prä-Post-Vergleich eine positive Entwicklung. So konnte vor allem der erste Fragenkomplex zum Selbstkonzept bei den Mädchen eine deutliche Steigerung erkennen lassen. Im zweiten Fragenteil zum Selbstkonzept waren die Ergebnisse hingegen gemischt.

Das Selbstkonzept der Jungen blieb im Rahmen der Untersuchung stabil (Fragenkomplex I) bzw. zeigte eine sehr leichte Steigerung (Teil II).

Die im Prätest diagnostizierte Abweichung des Selbstkonzepts zwischen Jungen und Mädchen konnte im Prä-Post-Vergleich auf etwa die Hälfte verringert werden (siehe Abbildung 37). Scheinbar hatte bereits ein kurzfristiger Einsatz der Lego Mindstorms Experimente einen positiven Einfluss auf das Selbstkonzept der weiblichen Lernenden.

Mit Blick auf die in Kapitel 2.4.5 vorgestellten Prädiktorvariablen für das Fach- und Sachinteresse waren Teile der hier erlangten Ergebnisse zu erwarten. So bestätigten sich einige Mechanismen der in Abbildung 17 dargestellten Prädiktoren für die Ausprägung von Sach- und Fachinteresse. Auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse kann von einer Korrelation der Variablen Selbstkonzept, Fach- und Sachinteresse gesprochen werden.

Bei den Jungen der Untersuchungsgruppe blieb das Selbstkonzept im Prä-Post-Vergleich nahezu stabil. Wie mit den Prädiktoren vorhergesagt waren die Werte sowohl für das Sach- als auch das Fachinteresse der Jungen im Prä-Post-Vergleich konstant. Zudem liegen die Werte für das Selbstkonzept sowie für das Fach- und Sachinteresse alle im mittleren bis oberen Bereich (siehe Tabelle 9).

Bei den Mädchen hingegen kam es zu einer positiven Entwicklung des Selbstkonzepts in Bezug auf das Schulfach Physik. Tatsächlich konnte auch das Sachinteresse in beiden untersuchten Kontexten gesteigert werden. Lediglich das Fachinteresse am Fach Physik blieb im Vergleich von Prä- und Posttest identisch. Folglich sind die Lego Mindstorms Experimente auf

Grundlage der hier gewonnenen Erkenntnisse dazu geeignet, sowohl das Selbstkonzept als auch das Sachinteresse einiger Lernender zu steigern.

Als bedeutendste positive Auswirkung des Einsatzes der Lego Mindstorms Experimente kann die Angleichung bzw. Annäherung der eingangs diagnostizierten Unterschiede in der Ausprägung von Selbstkonzept und Sachinteresse bezeichnet werden. Im Verlauf der Experimentierphase konnte zunächst der Interessenrückstand der Mädchen am physikalisch-technischen Kontext ggü. den Jungen geschlossen werden. Darüber hinaus entwickelte sich das Selbstkonzept der weiblichen Lernenden bereits in einer zwei Tage andauernden Experimentierphase sehr positiv. Folglich konnte die Lücke in der Ausprägung dieser Variable im Vergleich zu den Jungen verkleinert werden.

Mit Blick auf zeitlich umfangreichere Untersuchungen bleibt abzuwarten, inwiefern sich das Selbstkonzept der Lernenden in mittel- und langfristig angelegten Unterrichtseinheiten entwickelt.

Neben diesen sehr positiv zu bewertenden Ergebnissen konnten im Verlauf der Untersuchung auch einige Kritikpunkte an den Lego Mindstorms Experimenten festgestellt werden. Während die meisten Lernenden den Schwierigkeitsgrad der Experimente als angemessen bewerteten, empfand ein Schüler, der bereits Erfahrung mit Lego Mindstorms sammeln konnte, die Experimente als zu kleinschrittig und fachlich nicht tiefgreifend genug. In der Durchführung der Experimente schien er unterfordert zu sein und hielt sich zum Teil nicht an die vorgegebene Versuchsanleitung.

Aus dieser Beobachtung lässt sich ein Kritikpunkt an den Lego Mindstorms Experimenten ableiten: Folgt eine Klasse den Versuchsanleitungen, so geschieht ein sehr kleinschrittiges Lernen. Zudem bieten die Versuchsanleitungen der Lego Mindstorms Experimente keine Möglichkeiten der Binnendifferenzierung.

Dennoch lassen die Lego Mindstorms Physikexperimente eine beliebige Anpassung der Versuchsaufbauten sowie der entsprechenden Anleitungen zu. So kann eine Lehrperson, die im Umgang mit Lego Mindstorms bereits sehr geübt ist, die Roboter für die Experimente beliebig anpassen und entsprechende Versuchsanleitungen anfertigen, die Aufgaben mit gestuften Lernhilfen zulassen. So ist beim Einsatz von Lego Mindstorms Physikexperimenten auch eine Möglichkeit der Binnendifferenzierung innerhalb einer Lerngruppe möglich.

5.2 Reflexion der Untersuchungsergebnisse

Im Rahmen dieser Arbeit konnten einige Auswirkungen von Lego Mindstorms Experimenten auf die Lernenden identifiziert werden. Nachdem in Kapitel 5.1 wesentliche Ergebnisse dargestellt und diskutiert wurden, stellt sich abschließend die Frage, welchen Nutzen die Resultate dieser Arbeit für die aktuelle Forschung in der Physik-Fachdidaktik darstellen.

Die hier vorliegende Forschungsarbeit ist eine der ersten wissenschaftlichen Untersuchungen der Lego Mindstorms Physikexperimente. Daher hat diese Examensarbeit gewissermaßen einen Pioniercharakter und betritt so wenig erforschte Untersuchungsgebiete der Physik-Fachdidaktik. Im gegebenen Zeit-Organisationsrahmen konnten zahlreiche interessante Entwicklungen benannt werden, die ggf. in breiter angelegten Studien detaillierter verifiziert werden könnten. Trotz einer sowohl organisatorisch als auch zeitlich limitierten Untersuchung traten im Rahmen der Untersuchung positive Entwicklungen der Variablen Selbstkonzept sowie Sachinteresse zu Tage. Zudem ließen sich die Schülerassoziationen zur Energie weiter ausdifferenzieren. Diese Ergebnisse sind als erste Indikatoren für die Auswirkungen des Einsatzes von Lego Mindstorms Physikexperimenten zu verstehen.

Somit zeigt diese Arbeit erste Auswirkungen von Lego Mindstorms Experimenten auf das Interesse der Lernenden sowie deren Assoziation zum Energiebegriff. Mit dieser Arbeit liegt daher ein erster Forschungsbericht zu o.g. Untersuchungsgegenständen vor, der als Grundlage für weiterführende Studien herangezogen werden kann.

5.3 Einsetzbarkeit der Lego Mindstorms Experimente im Physikunterricht

Neben den ausführlich diskutierten fachdidaktischen Aspekten der Lego Mindstorms Experimente ist der Aspekt der praktischen Nutzbarkeit von Lego Experimenten im Unterricht sicherlich von großem Interesse für Lehrkräfte des Fachs Physik.

Ein nicht zu vernachlässigender Faktor in der Durchführung von Lego Mindstorms Experimenten ist die zeitliche Komponente, sowohl für den Aufbau als auch die Durchführung der Experimente. Der zeitliche Bedarf für die Durchführung (jeweils zwischen zehn und 20 Minuten, siehe Kapitel 4.2.7) ist gut geeignet, um ein Experiment im Unterricht durchzuführen. Zudem können die Experimente gut in den Dreierschritt „Vorhersagen – Beobachten – Vergleichen“ (Wiesner et al., 2011, S. 112) eingebaut werden, was für eine „lernwirksame Einbettung von Unterrichtsexperimenten“ (ebd.) sorgt.

Die zeitliche Komponente für den Aufbau der Experimente scheint hingegen einer der größten Kritikpunkte der Lego Mindstorms Experimente zu sein. So hat der Aufbau eines Roboters jeweils ca. 25-30 Minuten gedauert. Der Aufbau eines Experiments im Unterricht durch die Lernenden würde folglich zu viel Unterrichtszeit benötigen. Um diesem Aspekt entgegenzuwirken, könnte der Physiklehrer mit einer entsprechenden Lego Mindstorms AG zusammenarbeiten, die in Absprache mit dem Lehrer die Experimente für den Unterricht vorab aufbaut. Für geübte „Lego-Spieler“ ist der Aufbau eines Experimentes sicherlich in weniger als den o.g. 25-30 Minuten möglich.

Darüber hinaus war die Anwendung und Durchführung von Lego Mindstorms Experimenten unkompliziert und funktionierte weitestgehend problemlos. Nach einer kurzen Eingewöhnungszeit hatten die Lernenden die Funktionsweise der Roboter verstanden und konnten intuitiv mit den Experimenten arbeiten. Zudem lässt die elektronische Messwerverfassung die Erhebung quantitativer Daten aus den Experimenten zu. Vor allem in Experimenten zum freien Fall war eine quantitative Auswertung von Experimenten bislang recht kompliziert und meistens ungenau. Mit der elektronischen Messwerverfassung der Lego Mindstorms Experimente können nun auf unkomplizierte Weise Messwerte erfasst und anschließend ausgewertet sowie diskutiert werden.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Nachdem die Ergebnisse aus der Untersuchung der Lego Mindstorms Experimente ausführlich diskutiert und bewertet wurden, werden abschließend wesentliche Aspekte der hier vorliegenden Arbeit zusammengefasst. Zudem können ausgehend von den Untersuchungsergebnissen dieser Arbeit Fragen formuliert werden, die Gegenstand weiterführender Forschungsarbeiten sein können.

Der Einsatz von Spielzeugen im Physikunterricht wird von Seiten der Lehrkräfte häufig kritisch beäugt. So werden Spielzeuge aus ihrer Sicht als etwas Simples abgetan, das eine gewisse Ernsthaftigkeit vermissen lässt und nicht zur Vermittlung fachlicher Aspekte geeignet scheint.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung können diese Kritikpunkte entkräften. Die Lego Mindstorms Experimente sind ein ernstzunehmendes, didaktisch durchdachtes Lehrmittel, mit dem es möglich ist, die Assoziationen zum Energiebegriff auf Seiten der Schüler auszudifferenzieren. Zudem konnte im Rahmen dieser Arbeit eine Steigerung sowohl des Selbstkonzepts als auch des Sachinteresses durch den Einsatz von Lego Mindstorms festgestellt werden.

Die Lego Mindstorms Experimente zeigten auf anschauliche Weise das physikalische Konzept der Energieumwandlung sowie die Funktionsweise der Energiegewinnung durch Sonnenenergie.

Die Lernenden bewerteten die Experimente sehr positiv. Nach ihrer Aussage wurden durch das neue Lehrmittel Hemmnisse in der Herangehensweise an Physikexperimente verringert. In diesem Sinne scheint der Einsatz von Lego Mindstorms Physikexperimenten vor allem im Anfangsunterricht sehr sinnvoll, um von Beginn an das Selbstkonzept der Lernenden positiv zu prägen. So kann im Sinne der Prädiktorvariablen auch eine nachhaltige Basis für ein positiv geprägtes Fach- und Sachinteresse gelegt werden.

Für weiterführende Forschungsarbeiten ist es sicherlich interessant, wie sich die in dieser Arbeit untersuchten Parameter Fach- und Sachinteresse sowie das Selbstkonzept in Bezug auf das Fach Physik in längeren Unterrichtseinheiten mit Lego Mindstorms entwickeln. Vor allem die Untersuchung der scheinbar stabilen Variable des Fachinteresses in langfristig angelegten Studien scheint hier von großem Interesse.

Letztendlich wurden im Rahmen dieser Arbeit einige wesentliche Auswirkungen der Lego Physikexperimente deutlich, auf dessen Grundlage ein Einsatz von Lego Mindstorms im Physikunterricht empfehlenswert ist.

Auch wenn diese Arbeit keine repräsentativen Ergebnisse zu Tage brachte, wurden sicherlich einige interessante Erkenntnisse herausgearbeitet, die als Grundlage weiterführender Studien genutzt werden können. Zudem ist diese Untersuchung eine der ersten wissenschaftlichen Arbeiten, die Lego Mindstorms Physikexperimente im Physikunterricht der Sekundarstufe I untersucht. Daher hat diese Arbeit gewissermaßen einen Pioniercharakter und erforscht folglich ein vollkommen neues Gebiet der Physik-Fachdidaktik.

Es wäre wünschenswert, wenn dieser Arbeit noch weitere Untersuchungen folgen, die die hier festgestellten Ergebnisse in größeren Stichproben verifizieren.

Literaturverzeichnis

- Berge, O. E. (1982). *Spielzeug im Physikunterricht. Materialsammlung für physikalisch-technische Untersuchungen in Sekundarstufe I und Sekundarstufe II* (Physikalische Arbeitsbücher, Bd. 2). Heidelberg: Quelle & Meyer.
- Crossley, A. & Starauschek, E. (2009). Schülervorstellungen zur Energie. Eine Replikationsstudie. In V. Grötzebauch & V. Nordmeier (Hrsg.), *Tagungsband-CD*. Berlin: Lehmann Medien.
- Crossley, A. & Starauschek, E. (Hrsg.). (2010a). *Schülerassoziationen zur Energie. Ergebnisse auf Kategorieneben*. Hannover. Zugriff am 05.06.2015. Verfügbar unter <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/204/0>
- Crossley, A. & Starauschek, E. (2010b). Schülervorstellungen zur Energie im Vergleich: 1985 und 2008. Ergebnisse einer Replikationsstudie. In D. Höttecke (Hrsg.), *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik* (S. 113–115). Berlin: LIT Verlag.
- Demtröder, W. (2013a). *Experimentalphysik I. Mechanik und Wärme* (6. Auflage). Berlin, Heidelberg: Spektrum-Verlag.
- Demtröder, W. (2013b). *Experimentalphysik II. Elektrizität und Optik* (6. Auflage). Berlin, Heidelberg: Spektrum-Verlag.
- Duit, R. (April 1984). *Der Energiebegriff im Physikunterricht*. Habilitationsschrift, Christian-Albrechts-Universität. Kiel.
- Duit, R. (1986). Energievorstellungen. *Naturwissenschaften im Unterricht-Physik* (13), 7–9.
- Duit, R. (1991). Zur Elementarisierung des Energiebegriffs. *Naturwissenschaften im Unterricht-Physik 2* (6), 12–19.
- Feynman, R. P. (2007). *Vorlesungen über Physik* (5., verbesserte Auflage). München, Wien: Oldenbourg.
- Frank, T. & Jessen, K. (Hrsg.). (2014). *Lego-Mindstorms im Physikpraktikum für das Lehramt Physik?* München, Neuwied: Deutsche Physikalische Gesellschaft. Zugriff am 10.08.2015. Verfügbar unter <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/viewFile/520/665>

- Fruböse, C. (2010). Der ungeliebte Physikunterricht. Ein Blick in die Fachliteratur und einige Anmeldungen aus der Praxis. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* (63/7), 388–392. Zugriff am 06.06.2015. Verfügbar unter http://studienseminar.rlp.de/fileadmin/user_upload/studienseminar.rlp.de/gy-tr/Physik/MNU_7-2010-MNU-Version.pdf
- Gerthsen, C. & Meschede, D. (2006). *Physik* (Springer-Lehrbuch, 23., überarbeitete Auflage). Berlin: Springer. Verfügbar unter <http://lib.myilibrary.com/detail.asp?id=61590>
- Harten, U. (2005). *Physik. Einführung für Ingenieure und Naturwissenschaftler* (Springer-Lehrbuch, 2., durchgesehene und korrigierte Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/3-540-27483-9>
- Hessisches Kultusministerium (Hessisches Kultusministerium, Hrsg.). (2010). *Lehrplan Physik. Bildungsgang Gymnasium*. Zugriff am 11.06.2015. Verfügbar unter https://verwaltung.hessen.de/irj/HKM_Internet?cid=9e0b5517dfc688683c15ce252202d4b9
- Hessisches Kultusministerium (Hessisches Kultusministerium, Hrsg.). (2015). *Bildungsstandards und Inhaltsfelder. Das neue Kerncurriculum für Hessen*. Zugriff am 05.08.2015. Verfügbar unter https://la.hessen.de/irj/servlet/prt/portal/prtroot/slimp.CMReader/HKM_15/LSA_Internet/med/a73/a7335d0c-f86a-821f-012f-31e2389e4818,22222222-2222-2222-2222-222222222222
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik* (IPN, Bd. 158). Kiel: IPN-Verlag.
- Kehlet, M. (2013). *Lego Mindstorms EV3 Bedienungsanleitung*, Lego Education GmbH. Zugriff am 09.09.2015. Verfügbar unter <http://www.lego.com/de-de/mindstorms/downloads>
- Kluge, R. (1973). *Spielzeuge als Zugang zur Physik* (Diesterwegs rote Reihe, Bd. 1792, 1. Aufl.). Frankfurt a.M.: Diesterweg.
- Krüger, D. & Riemeier, T. Die qualitative Inhaltsanalyse. Eine Methode zur Auswertung von Interviews .
- Landwehr, B. (2002). *Distanzen von Lehrkräften und Studierenden des Sachunterrichts zur Physik. Eine qualitativ-empirische Studie zu den Ursachen* (Studien zum Physiklernen, Bd. 23). Univ., Diss.--Lüneburg, 2002. Berlin: Logos-Verlag.

- Leitner, E. & Finckh, U. (Joachim Herz Stiftung, Hrsg.). (2011). *LEIFI Physik*. Zugriff am 11.06.2015. Verfügbar unter <http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/arbeit-energie-und-leistung/energieformen>
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (Studium Pädagogik, 11., aktualisierte und überarbeitete Auflage). Weinheim und Basel: Beltz. Verfügbar unter http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783407291424
- Merzyn, G. (2009). Polarisierender Physikunterricht. *Physik in unserer Zeit* (40), 312–313.
- Merzyn, G. (2013). *Naturwissenschaften, Mathematik, Technik - immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen* (2. unveränderte Auflage). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Mikelskis-Seifert, S. & Behrendt, H. (2012). Spielen im Physikunterricht. In S. Mikelskis-Seifert (Hrsg.), *Physik-Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II* (3. Auflage, S. 172–186). Berlin: Cornelsen.
- Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts* (1. Auflage). Berlin: Cornelsen. Verfügbar unter http://scans.hebis.de/HEBCGI/show.pl?05069148_vlg.html
- Niebert, K. & Gropengießer, H. (2014). Leitfadengestützte Interviews. In H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121–132). Berlin: Springer Spektrum Verlag.
- Opel, S. (2011). Studie zum Einsatz von LEGO Mindstorms im Lernfeld "Entwickeln und Bereitstellen von Anwendungssystemen". *VLB-Akzente Berufliche Bildung in Bayern*, 20 (3/4), 21–25. Zugriff am 10.08.2015. Verfügbar unter <http://epaper.vlb-bayern.de/2011/03/>
- Rauhfuß, D. (1989). *Die physikalisch-naturwissenschaftliche Denkweise*. Köln: Aulis-Verlag.
- Rugen, G. (Dezember 2004). *Methodik und Didaktik multimedialen Lernens im Internet und auf CD-ROM. Eine Untersuchung zur Evaluation der Lernmaterialien und Lernsoftware Lego-Mindstorms und Erstellung eines Kriterien Katalogs zur Bewertung der Software*. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades, Universität Bielefeld. Bielefeld. Zugriff am 10.08.2015. Verfügbar unter

<https://141.51.26.36/+CSCO+0h756767633A2F2F712D616F2E76617362++/981389430/34>

- Schecker, H., Parchmann, I. & Krüger, D. (2014). Formate und Methoden naturwissenschafts-
didaktischer Forschung. In H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschafts-
didaktischen Forschung* (S. 1–19). Berlin: Springer Spektrum Verlag.
- Scholze-Stubenbrecht, W. & Wermke, M. (1996). Duden. Die deutsche Rechtschreibung. In
W. Scholze-Stubenbrecht & M. Wermke (Hrsg.), *Der Duden in 12 Bänden. Das Standard-
werk zur deutschen Sprache* (23., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Bd. 1).
Mannheim: Duden-Verlag.
- Simonyi, K. (1995). *Kulturgeschichte der Physik. Von den Anfängen bis 1990* (2., durchgese-
hene und ergänzte Auflage). Thun: Deutsch; Akadémiai Kiadó.
- Theyßen, H. (2014). Methodik von Vergleichsstudien zur Wirkung von Unterrichtsmedien. In
H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 67–
80). Berlin: Springer Spektrum Verlag.
- Tipler, P. A., Mosca, G. & Wagner, J. (2015). *Physik. Für Wissenschaftler und Ingenieure* (7.
Auflage). Berlin, Heidelberg: Imprint: Springer Spektrum.
- Wagenschein, M. (1983). *Erinnerungen für morgen: eine pädagogische Autobiographie*.
Weinheim: Beltz.
- Wiesner, H., Schecker, H. & Hopf, M. (2011). *Physikdidaktik kompakt*. Hallbergmoos: Aulis-
Verlag.
- Wodzinski, R. (2007). Mädchen im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler
(Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (Springer-Lehrbuch, S. 559–580). Berlin, Hei-
delberg: Springer-Verlag.
- Zumhasch, C. (2010). *Schulleistungen, Selbstkonzepte sowie unterrichtsklimatische Einstel-
lungen deutscher und italienischer Schüler. Quer- und Längsschnittbefunde zu einem bilin-
gualen Schulversuch*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt. Verfügbar unter http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783781550315

Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe und Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst und die den benutzten Quellen wörtlich, inhaltlich oder sinngemäß entnommenen Stellen aus veröffentlichten oder unveröffentlichten Schriften als solche kenntlich gemacht habe. Keinen Teil dieser Arbeit habe ich bei einer anderen Stelle zur Erlangung einer Prüfungsleistung eingereicht.

Wehretal, 19.11.2015

Ort, Datum

Unterschrift