

Universität Duisburg-Essen
Fachbereich Bildungswissenschaften
Lehrstuhl für Lehr-Lernpsychologie

**Fördermöglichkeiten experimenteller Fähigkeiten mithilfe einer
Kombination von computerbasierten und realen Lernumgebungen**
- Ein Transferversuch vom Labor in den naturwissenschaftlichen Regelunterricht -

Dissertation zur Erlangung des Grades Dr. phil.
vorgelegt von Silke Schiffhauer
geboren am 18.10.1982 in Trier

Erstgutachter: Prof. Dr. Dr. h.c. Detlev Leutner, Universität Duisburg-Essen
Zweitgutachter: Prof. Dr. Joachim Wirth, Ruhr-Universität Bochum

Tag der mündlichen Prüfung: 17. Oktober 2013

Danksagung

Es gibt viele Menschen, die mich während des Entstehungsprozesses dieser Arbeit sowohl fachlich als auch emotional unterstützt haben. Bei Ihnen und Euch möchte ich mich an dieser Stelle herzlich bedanken.

Zunächst gilt mein Dank meinem Erstgutachter Herrn Professor Dr. Dr. h.c. Detlev Leutner und meinem Zweitgutachter Herrn Professor Dr. Joachim Wirth für die Begutachtung dieser Arbeit. Von Ihnen wurde ich während der vergangenen drei Jahre sehr gut betreut und unterstützt. Danke für die konstruktiven Ratschläge. Joachim, die Zusammenarbeit hat mir sehr viel Freude bereitet und ich danke Dir für den stets erstklassigen fachlichen und persönlichen Rat.

Professor Dr. Elke Sumfleth und Professor Dr. Hans Fischer und deren Mitarbeitern, meinen Kollegen in der nwu-essen, danke ich für die gute Atmosphäre im Graduiertenkolleg, wo ich mich immer wohl gefühlt habe und mir immer, vor allem bei der Erstellung der realen Lernumgebung mit fachlichem Rat weitergeholfen wurde. Dazu danke ich auch den Physikdidaktikern am Campus. Des Weiteren gilt mein Dank Dr. Markus Emden für die Unterstützung bei der Planung und Durchführung der Lehrerfortbildung.

Professor Dr. Maik Walpuski und Meike Bergs danke ich für die angenehme und konstruktive Zusammenarbeit im Projekt, vor allem während der gemeinsamen Projektphase.

Dr. Jill Gößling danke ich für die wunderbare Betreuung in meinen ersten 1,5 Jahren. Danke für Deine Hilfe und Deine Freundschaft. Dr. Hubertina Thillmann, Dr. Jessica Marschner, Dr. Maria Opfermann und Dr. Annett Schmeck danke ich ebenso für die Unterstützung und die bereitwillige Beantwortung meiner Fragen sowie für die vielen Ratschläge und netten Gespräche. Christian Spoden danke ich für die wunderbare statistische Hilfe. Danke auch an meine Kollegen am Lehrstuhl in Bochum.

Besonderer Dank gilt meinen Bürokolleginnen im ersten Jahr: Meike und Alexandra und ab danach: Luisa und Jenna. Danke für alles! Für die viele Unterstützung, Ablenkung, den emotionalen Aufbau und den Spaß, den wir miteinander im Büro hatten.

Theresa, Luisa, Jenna, Nora, Andrea, Helena, Christina, Eva, Tina und Katharina: Euch danke ich für die Kaffeepausen und Gespräche, für die gemeinsame Freizeit, für die tollen gemeinsamen Tagungsreisen und für die Unterstützung in schwierigen Phasen. Danke für Eure Freundschaft!

Bei meinen studentischen Hilfskräften möchte ich ebenfalls bedanken. Danke, dass ihr euch nie darüber beklagt habt, wie schwer die Computer und die Experimentierkisten sind, wie früh ihr aufstehen müsst, um die Erhebungen in den Schulen durchzuführen, wie mühsam es war, die realen Experimente zu bauen, etc. Danke Manu, Lisa, Larissa, Björn und allen anderen SHKs, die mich unterstützt haben.

Meinen Eltern Elsi und Eugen Schiffhauer, meinen Geschwistern Kerstin und Ralf sowie ihren Ehegatten und Kindern möchte ich dafür danken, dass ihr immer für mich da wart, mir Kraft und Unterstützung gegeben und dass ihr euch um mich gekümmert habt. Danke, dass es euch gibt!

Professor Dr. Franz Baeriswyl danke ich dafür, dass er mich in die empirische Bildungsforschung eingeführt hat und mir durch seine unglaubliche Begeisterung die Freude am Fach und an der wissenschaftlichen Arbeit gegeben hat. Vielen Dank Franz, ohne Dich wäre ich nicht da, wo ich jetzt bin.

Bei meinen Freunden bedanke ich mich dafür, dass ihr mich unterstützt habt, mich abgelenkt habt und ich eine tolle Zeit hatte und ich euch habe.

All denjenigen, die diese Arbeit Korrekturgelesen haben danke ich sehr! Danke Zoé, Katharina, Luisa, Jenna, Theresa, Andrea, Eva und Jessi. Ihr habt mir vor allem im Endspurt sehr weitergeholfen!

Ich danke der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Förderung dieser Arbeit im Rahmen des Projektes „Förderung experimenteller Arbeitsweisen im naturwissenschaftlichen Unterricht“. Auch für die Finanzierung meines Forschungsaufenthaltes in Kanada möchte ich mich bedanken.

Meine letzten Dankesworte gelten allen Schülerinnen und Schülern sowie allen Lehrpersonen, die an den Erhebungen teilgenommen haben. Ohne diese Teilnahmen wäre die Arbeit nicht möglich gewesen. Vielen Dank auch an die Schulleitungen, die dieses Projekt in ihrer Schule unterstützt und genehmigt haben, und die Ministerien der Bundesländer Rheinland-Pfalz, Hessen und Nordrhein-Westfalen, die der Durchführung der Fortbildungen und der Hauptstudie zugestimmt haben.

Ich widme diese Arbeit meiner Oma Maria Thomas.

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis		VI
Abbildungsverzeichnis		VII
1 Einführung und Ziele der Arbeit		1
<i>Theoretische Herleitung: Wissenschaftliche Relevanz</i>		7
2 Das Experiment und experimentelle Fähigkeiten		8
2.1 Einleitung		8
2.2 Verankerung in den Bildungsstandards		10
2.3 Das Experiment im naturwissenschaftlichen Unterricht		13
2.4 Strukturierung des Experimentierprozesses		16
2.4.1 Scientific Discovery as Dual Search Model (SDDS-Modell)		18
2.4.2 Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (NAW-Ansatz)		20
2.5 Zusammenfassung & Fazit		21
3 Förderung experimenteller Fähigkeiten		23
3.1 Einleitung		23
3.2 Computerbasierte Lernumgebungen		25
3.3 Reale Lernumgebungen		27
3.4 Eignung der Lernumgebungsmedien bezüglich der Förderung des Konglomerats an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten		29
3.5 Verbesserte Förderung durch eine Kombination beider Lernumgebungsmedien		31
3.6 Rolle der Selbstregulation beim Experimentieren		33
3.7 Verbesserte Förderung durch eine Strukturierung des Arbeitsprozesses		37
3.8 Anforderungen an Lehrpersonen bei der Förderung experimenteller Fähigkeiten		39
3.9 Zusammenfassung & Fazit		43
<i>Theoretische Herleitung: Praktische Relevanz</i>		46
4 Der Transfer vom Labor in den Regelunterricht		47
5 Fragestellungen		52

Empirischer Teil	54
6 Beschreibung der Lernumgebungen	55
6.1 Computerbasierte Lernumgebung <i>Auftrieb in Flüssigkeiten</i>	55
6.1.1 Aufbau der computerbasierten Lernumgebung	56
6.1.2 Einführungs-Tutorial	58
6.1.3 Arbeiten mit der Lernumgebung	58
6.2 Reale Lernumgebung <i>Auftrieb in Flüssigkeiten</i>	59
6.2.1 Aufbau der realen Lernumgebung	60
6.2.2 Einführungs-Tutorial	62
6.2.3 Arbeiten mit der Lernumgebung	63
7 Instrumente zur Erfassung experimenteller Fähigkeiten	64
7.1 Essener Experimentierstrategie-Wissenstest (EEST-2)	64
7.2 Strukturierungstest (Struk)	66
7.3 Fachhandwerklicher-Fähigkeiten-Test (LabSkills)	66
7.4 Fachwissenstest Physik (FWPH)	67
7.5 Motivation (FAM)	68
8 Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge	70
8.1 Fragestellung und Hypothesen	70
8.2 Material und Instrumente	71
8.3 Stichprobe	72
8.4 Design/ Durchführung	73
8.5 Ergebnisse	75
8.6 Diskussion der Ergebnisse	81
9 Studie zur Adaption des EEST-2-Test	84
9.1 Entwicklung der Items des EEST-3	85
9.2 Fragestellung und Hypothesen	86
9.3 Expertenrating	87
9.4 Stichprobe der Validierungsstudie	87
9.5 Design/ Durchführung der Validierungsstudie	88
9.6 Ergebnisse	89
9.7 Diskussion der Ergebnisse	91
10 Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht	93
10.1 Fragestellung und Hypothesen	94
10.2 Materialien und Instrumente	94
10.2.1 Material 1: kombiniertes Förderprogramm	95
10.2.2 Material 2: Vorabinformationen für die teilnehmenden Lehrpersonen	96
10.2.3 Material 3: Lehrerfortbildung	96
10.2.4 Erhebungsinstrumente für Schülerinnen und Schüler	98
10.2.5 Erhebungsinstrumente für Lehrpersonen	101

10.2.6 Beobachtungsinstrument für die Unterrichtsstunde _____	101
10.3 Stichprobe der Lehrpersonen _____	103
10.4 Stichprobe der Schülerinnen und Schüler _____	104
10.5 Design/ Durchführung der Studie _____	105
10.6 Ergebnisse _____	109
10.6.1 Deskriptivstatistik _____	109
10.6.2 Ergebnisse zur Beantwortung der ersten Hypothese (H1) _____	110
10.6.3 Ergebnisse zur Beantwortung der zweiten Hypothese (H2) _____	113
10.7 Diskussion der Ergebnisse _____	119
11 Rückblick und Diskussion _____	123
11.1 Rückblick und Diskussion der gewonnenen Ergebnisse _____	123
11.2 Theoretischer Ertrag _____	127
11.3 Praktischer Ertrag _____	129
11.4 Ausblick _____	130
Literaturverzeichnis _____	132
Anhang _____	147
Anhang A: Erhebungsinstrumente _____	148
Erhebungsinstrumente der Studie zur Kombinationsreihenfolge (Kapitel 8) _____	148
Angaben zur Person _____	148
Strategiewissenstest: EEST-2 _____	149
Fachhandwerkliche Fähigkeiten Test: LabSkills _____	152
Strukturierungstest 1: Struk1 _____	155
Fachwissenstest Physik: FWPH _____	156
Fragebogen zur aktuellen Motivation: FAM _____	160
Erhebungsinstrumente der Studie zur Adaption des EEST-2 (Kapitel 9) _____	161
Strukturierungstest: EEST-3 _____	161
Strukturierungstest 2: Struk2 _____	169
Erhebungsinstrumente der Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht (Kapitel 10) _____	171
Lehrerfragebogen _____	171
Beobachtungsinstrument für Klasse 1 _____	172
Beobachtungsinstrument für Klasse 2 _____	178
Anhang B: Hilfsmaterialien Lernumgebungen _____	180
Informationskarte der computerbasierten Lernumgebung <i>Auftrieb in Flüssigkeiten</i> _____	180
Informationskarte der realen Lernumgebung <i>Auftrieb in Flüssigkeiten</i> _____	180
Reale Lernumgebung: Laborjournal _____	181

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Mit Schülerexperimenten verbundene Ziele nach Muckenfuß (1995, S. 339)	8
Tabelle 2	Kompetenzbereiche im Fach Physik (KMK, 2005)	11
Tabelle 3	Anforderungsbereiche des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung im Fach Physik (KMK, 2005)	12
Tabelle 4	Übersicht der Massen-, Volumina- und Dichteverteilungen in der computerbasierten und der realen Lernumgebung	61
Tabelle 5	Mittelwerte, Standardabweichungen, Reliabilitäten, Schwierigkeiten und Itemanzahl der Instrumente der Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge	76
Tabelle 6	Deskriptive Ergebnisse der ANCOVA für EEST-2-Test	76
Tabelle 7	Deskriptive Ergebnisse der ANCOVA für Struk-Test	77
Tabelle 8	Deskriptive Ergebnisse der ANCOVA für LabSkills-Test	77
Tabelle 9	LSD-Testung des LabSkills-Test	78
Tabelle 10	Deskriptive Ergebnisse der ANCOVA für FWPH-Test	78
Tabelle 11	Deskriptive Ergebnisse der ANCOVA für EEST-2-Test unter Einbezug des FAM als Kovariate	79
Tabelle 12	Deskriptive Ergebnisse der ANCOVA für LabSkills-Test unter Einbezug des FAM als Kovariate	80
Tabelle 13	Deskriptive Ergebnisse der ANCOVA für FWPH-Test unter Einbezug des FAM als Kovariate	80
Tabelle 14	Deskriptivstatistik des EEST-2 in der Interventionsstudie	84
Tabelle 15	Darstellung der unterschiedlichen verwendeten Versionen des EEST-2/-3-Tests	85
Tabelle 16	Mittelwerte, Standardabweichungen, Reliabilitäten und Itemanzahl der Instrumente der Validierungsstudie	90
Tabelle 17	Inhaltlicher Aufbau der Lehrerfortbildung	97
Tabelle 18	Geschlossene Items des Beobachtungsinstrumentes	103
Tabelle 19	Mittelwerte, Standardabweichungen, Reliabilitäten, Schwierigkeiten und Itemanzahl der Instrumente der Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht über alle Klassen hinweg	109
Tabelle 20	Stichprobengröße, Mittelwerte und Standardabweichung der Instrumente der Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht zwischen Experimental- und Kontrollgruppe (Klasse 1 und Klasse 2)	110
Tabelle 21	Lehrpersonenverteilung auf die vier Gruppen	114
Tabelle 22	Schülerinnen- und Schülerverteilung auf die vier Gruppen	115
Tabelle 23	Mittelwerte und Standardabweichungen der vier Gruppen	115
Tabelle 24	Mehrebenenanalyse EEST-3-Test	116
Tabelle 25	Mehrebenenanalyse Struk1-Test	117
Tabelle 26	Mehrebenenanalyse Struk2-Test	117
Tabelle 27	Mehrebenenanalyse LabSkills-Test	118

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Verhältnis von Theorie und Experiment (nach Schulz, 2010, S. 30)	16
Abbildung 2 Strukturierung von Experimentierphasen (Emden, 2011, S.18)	17
Abbildung 3 Zyklus des Drei-Schritts eines Experimentes (eigene Darstellung)	21
Abbildung 4 <i>IES-Arbeitsprozess</i> (eigene Darstellung in Anlehnung an Wahser, 2008)	38
Abbildung 5 Screenshot der computerbasierten Lernumgebung <i>Auftrieb in Flüssigkeiten</i>	56
Abbildung 6 Reale Lernumgebung zum <i>Auftrieb in Flüssigkeiten</i>	60
Abbildung 7 Notizblock der realen Lernumgebung	62
Abbildung 8 Beispielimitem des EEST-2-Tests	65
Abbildung 9 Beispielimitem des Struk-Tests	66
Abbildung 10 Beispielimitem des LabSkills-Tests	67
Abbildung 11 Beispielimitem des FWPH-Tests	68
Abbildung 12 Beispielimitem des FAM-Tests	69
Abbildung 13 Design der Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge	74
Abbildung 14 Entwicklung der Motivation über die vier Messzeitpunkte	81
Abbildung 15 Beispiel einer Situationsbeschreibung des EEST-3-Test	86
Abbildung 16 Beispielimitem des Struk2-Tests	100
Abbildung 17 Übersicht des Studienablaufs	106
Abbildung 18 Design der Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht	107
Abbildung 19 Graphische Profildarstellung der Treatmentunterschiede beim EEST-3-Test	111

1 Einführung und Ziele der Arbeit

In den vergangenen Jahren ist die naturwissenschaftliche Bildung in den Betrachtungspunkt des Bildungsinteresses gerückt. Labbude und Möller (2012) nehmen an, dass dabei die zunehmende Technisierung unseres Alltags und die nach wie vor bestehenden Veränderungen unserer Umwelt, wie auch das nicht erwartungsgemäß gute Abschneiden in internationalen Schulleistungsvergleichsstudien eine wesentliche Rolle spielen. So lag beispielsweise der Schwerpunkt der PISA-Studie 2006 im Bereich der Naturwissenschaften. Die Testkonzeption berücksichtigte die internationale Diskussion über die Ziele der naturwissenschaftlichen Grundbildung (Osborne, 2007; Rönnebeck, Schöps, Prenzel, Mildner, & Hochweber, 2010) und baute zudem auf den Vorstellungen des *scientific literacy*-Konzeptes auf (American Association for the Advancement of Science, 1989, 1993; Bybee, 1997). Unter diesem Konzept ist die Vorstellung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung für alle Menschen zu verstehen und diese ist wiederum notwendig für ein lebenslanges Lernen der Naturwissenschaften (Rönnebeck et al., 2010). Ebenfalls greifen die im Jahr 2005 von der Kultusministerkonferenz der Länder veröffentlichten Bildungsstandards (KMK, 2005) diese Thematik auf. So ist beispielsweise in den Bildungsstandards für das Fach Physik Folgendes beschrieben: „Naturwissenschaftliche Bildung ermöglicht dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklung und naturwissenschaftliche Forschung und ist deshalb wesentlicher Bestandteil von Allgemeinbildung“ (KMK, 2005, S. 6). Weiter wird als Ziel angeführt, dass Phänomene erfahrbar gemacht werden sollen und es erlernt werden soll, die Sprache und Historie der Naturwissenschaft zu verstehen. Zudem sollen Ergebnisse kommuniziert werden. Darin eingeschlossen sollen die Schülerinnen und Schüler befähigt werden, die Methoden der Erkenntnisgewinnung kennenzulernen und deren Grenzen zu erfahren. Mayer (2008) betont, dass Schülerinnen und Schüler lernen sollen, wie experimentelle Arbeitsweisen in den Naturwissenschaften umsetzbar sind und was sie charakterisiert. Die Wirksamkeit des Experimentierens mit Bezug auf den Erwerb von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen im Unterricht ist allerdings sehr gering (Prenzel & Parchmann, 2003).

Wie beschrieben ist in den deutschen Bildungsstandards (KMK, 2005) für die naturwissenschaftlichen Fächer das Experiment als Bestandteil naturwissenschaftlicher

Erkenntnisgewinnung verankert und es wird als bedeutender Aspekt naturwissenschaftlicher Grundbildung genannt (Fischer, Schecker, & Wiesner, 2004; Kircher & Dittmer, 2004; Prenzel & Parchmann, 2003). Unter einem Experiment wird im Folgenden ein Zyklus beziehungsweise Prozess aus drei Schritten (Drei-Schritt eines Experimentes) verstanden, bei welchem der Anfangspunkt in einer Fragestellung/ Hypothese/ Idee liegt, die durch die Durchführung einer zielgerichteten, strategischen Überprüfung, beispielsweise mithilfe der isolierenden Variablenkontrollstrategie (IVK; Chen & Klahr, 1999), zu einer Schlussfolgerung führt, welche Aufschluss über die aufgestellte Fragestellung/ Hypothese gibt (Hypothese/ Idee → Experiment → Schlussfolgerung). Die Definition lehnt sich an diejenigen von Klahr und Dunbar (1988) und Zhang (2000) an. Weinert (2001) forderte, den Prozess der Erkenntnisgewinnung mehr zu fokussieren und damit einhergehend wird hier unter Experimentieren beziehungsweise dem Experiment eine Methode verstanden, die von den Schülerinnen und Schülern erlernt werden soll, um von ihnen flexibel in unterschiedlichen Situationen eingesetzt zu werden.

Im Zuge der Hervorhebung der Wichtigkeit des Experimentes im Unterricht wurden Studien durchgeführt, die zum Ziel hatten, Methoden zu entwickeln, um die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen der Schülerinnen und Schüler zu fördern, beispielsweise durch die Förderung experimenteller Fähigkeiten (Chen & Klahr, 1999). Die meisten Studien fokussieren allerdings die Förderung spezifischer Fähigkeiten und zielen nicht darauf ab, das Konglomerat an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten zu fördern (beispielsweise Chen & Klahr, 1999; Njoo & de Jong, 1993; Wichmann & Leutner, 2009). Dieses Konglomerat an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten setzt sich aus mehreren Teilkompetenzen zusammen (Chen & Klahr, 1999; Wichmann & Leutner, 2009):

- Das Wissen über experimentelle Strategien und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (Strategiewissen)
- Das Wissen darüber, Experimente zu strukturieren (Strukturierungswissen)
- Fachhandwerkliche Fähigkeiten

An erster Stelle steht das Wissen über experimentelle Strategien und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen, welches das Wissen darüber beinhaltet, wie ein Experiment korrekt durchgeführt wird. Beispielsweise kann das Vorgehen bei der Durchführung eines Experimentes, welches Strategiewissen (Paris, Lipson, & Wixson,

1983) wie die isolierende Variablenkontrollstrategie (IVK) beinhaltet, hierunter verstanden werden. Eine weitere Teilkompetenz ist das Wissen darüber, Experimente in der richtigen Reihenfolge zu strukturieren. Die richtige Reihenfolge kann beispielsweise der Drei-Schritt eines Experimentes sein, also das Wissen über die optimale Abfolge der verschiedenen Phasen eines Experimentes (Wahser, 2008). Als dritte Teilkompetenz des Konglomerats an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten sind die fachhandwerklichen Fähigkeiten zu nennen. Diese beinhalten das Wissen darüber, wie Geräte (beispielsweise ein Federkraftmesser), die zur Durchführung des Experimentes benötigt werden, gehandhabt werden und funktionieren.

Die Förderung dieses Konglomerats an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten wird zum einen mit realen Experimenten (vgl. Jones et al., 2003; Rumann, 2005; Wahser, 2008) und zum anderen mittels computerbasierter Experimente (vgl. Gößling, 2010; Marschner, 2011; Thillmann, 2008) versucht. Allerdings ist es, aufgrund der Gegebenheiten in beiden Lernumgebungsarten, nicht möglich, alle Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten gleichzeitig, also mit nur einem der beiden Lernumgebungsmedien, zu vermitteln (beispielsweise lassen sich die fachhandwerklichen Fähigkeiten nicht durch computerbasierte Lernumgebungen erlernen).

Abgesehen von der Förderung experimenteller Fähigkeiten stellt das Experiment an sich eine zentrale naturwissenschaftliche Arbeitsweise dar (Prenzel & Parchmann, 2003). Wagner (2008) fordert, passives und rezeptives Lernen in einer zukunftsorientierten Lernkultur durch aktives und konstruktives Lernen zu ersetzen. Dadurch sollen sich die Schülerinnen und Schüler aktiv mit den Lerninhalten und -situationen auseinandersetzen, um ihr Wissen konstruktiv aufzubauen. Bei der Erstellung von Lernumgebungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht¹ wird dieser Forderung durch eine Gestaltung der Lernumgebung nach Kriterien, die das selbstregulierte oder entdeckende Lernen der Schülerinnen und Schüler fördern, Folge geleistet (de Jong & van Jooligen, 1998). Häufig geschieht dies dadurch, dass Lernumgebungen, die nach instruktionspsychologischen Kriterien gestaltet werden, sich

¹ Unter naturwissenschaftlichem Unterricht wird in dieser Arbeit nicht das Fach Naturwissenschaften verstanden. Stattdessen dient der Begriff dazu, die naturwissenschaftlichen Fächer (Physik, Biologie, Chemie) zusammenzufassen. Als Beispiel dient in dieser Arbeit ausschließlich das Fach Physik. Auf die Problematik der Übertragung auf die anderen naturwissenschaftlichen Fächern wird in diesem Zusammenhang nicht speziell eingegangen.

an das *Scientific Discovery as Dual Search Model* oder kurz SDDS-Modell (Klahr & Dunbar, 1988) anlehnen.

Im Sinne der neueren Lehr-Lern-Forschung wird Lernen als selbstregulierter konstruktiver Prozess definiert (Bransford, Brown, & Cooking, 2000). Als Aufgabe der Lehrpersonen wird nach Bransford et al. (2000) verstanden, dass sie gezielte Lerngelegenheiten bieten, welche die Wissenskonstruktion der Schülerinnen und Schüler anregt und unterstützt. Bei der Gestaltung dieser Lernumgebungen greifen Lehrpersonen auf ihr professionelles Wissen zurück. Dieses beinhaltet neben dem fachinhaltlichen Wissen und dem pädagogischen Wissen auch Wissen über Überzeugungen und motivationale Orientierungen (Baumert & Kunter, 2006).

Ausgehend von der fehlenden Möglichkeit das Konglomerat an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten in einem Experiment mithilfe eines Lernumgebungsmediums zu fördern, hat dieses Promotionsvorhaben zum Ziel, eine Methode zu entwickeln, die es ermöglicht, alle Teilkompetenzen experimenteller Arbeitsweisen in einer Experimentfolge zu fördern. Experimentfolge meint hier, dass zwei in sich abgeschlossene Experimente nacheinander an je einer Lernumgebung durchgeführt werden. Mittels einer Kombination aus realen und computerbasierten Lernumgebungen sollen alle Teilkompetenzen somit in einer Experimentfolge gefördert werden, da davon auszugehen ist, dass sich die Nachteile des einen Mediums von den Vorteilen des jeweils anderen durch die Kombination beider Lernumgebungsmedien aufheben lassen (Olympiou & Zacharia, 2012). Mittels einer empirischen Studie unter Laborbedingungen soll dieses Ziel erreicht werden. Hierbei wird versucht, die bestmögliche Kombinationsreihenfolge von computerbasierten und realen Lernumgebungen herauszustellen. Das daraus gewonnene, so genannte kombinierte Förderprogramm dient dazu, das Hauptanliegen dieses Promotionsvorhabens zu verfolgen. In einer zweiten empirischen Studie soll bewiesen werden, dass es möglich ist, den Transfer in den Regelunterricht herzustellen. Hierzu wird das kombinierte Förderprogramm Lehrpersonen nahegebracht, die dieses dann unter möglichst realen Bedingungen im Regelunterricht mit dem Ziel nutzen, die experimentellen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler zu fördern.

Aus dieser kurzen Darstellung der Ziele dieses Promotionsvorhabens geht bereits hervor, dass die Arbeit zum einen theoretische Relevanz und zum anderen praktische Relevanz hat. Die theoretische Relevanz betrifft das Experiment und die

experimentellen Fähigkeiten sowie alle Faktoren, welche die Förderung beider unterstützen. Die praktische Relevanz besteht dahingehend, als dass durch die zweite Studie versucht wird, die Grundlagenforschung, die auf die theoretische Relevanz zurückzuführen ist, die unter anderem in der ersten Studie betrieben wird, in den Regelunterricht zu integrieren. Aufgrund dieser zwei Betrachtungsebenen gliedert sich die theoretische Herleitung der vorliegenden Arbeit in zwei Teile. Der erste Teil ist die Darstellung des theoretischen Hintergrundes dieser Arbeit. Demnach werden im nächsten Kapitel (Kapitel 2) das Experiment und experimentelle Fähigkeiten im Allgemeinen aufgeführt (Kapitel 2.1). Es wird diskutiert, wie diese in den deutschen Bildungsstandards verankert sind (Kapitel 2.2). Vor allem die Bildungsstandards der Erkenntnisgewinnung stehen in engem Zusammenhang zu Theorien und Modellen, die das Experiment im Unterricht fokussieren. Dieser Aspekt ist darauffolgend beleuchtet (Kapitel 2.3). Um erfolgreiches Lernen zu erzeugen, ist es notwendig, den Experimentierprozess zu strukturieren (Kapitel 2.4). Dies wird mithilfe von Ausführungen zum *Scientific Discovery as Dual Search Model* (SDDS-Modell: Kapitel 2.4.1) und dem *Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (NAW)*-Ansatz (Kapitel 2.4.2) theoretisch dargestellt. Im nachfolgenden Kapitel 3 wird zunächst der theoretische Hintergrund zur Thematik der Förderung experimenteller Fähigkeiten einführend beleuchtet (Kapitel 3.1). Die Förderung kann mittels computerbasierter (Kapitel 3.2) und mittels realer Lernumgebungsmedien (Kapitel 3.3) stattfinden. Die Vor- und Nachteile beider Medien werden zunächst erörtert, um darauffolgend zu diskutieren, welches der beiden Medien sich jeweils besser zur Förderung der Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten eignet (Kapitel 3.4). In Kapitel 3.5 soll dargelegt werden, ob eine Verbesserung der Förderung experimenteller Fähigkeiten durch eine Kombination beider Lernumgebungsmedien möglich ist. Zur Förderung experimenteller Fähigkeiten spielt zudem die Selbstregulationskompetenz der Schülerinnen und Schüler eine zentrale Rolle (Kapitel 3.6). Das darauffolgende Unterkapitel beschreibt Hinweise zur Förderung der Strukturierung des Experimentierprozesses (Kapitel 3.7). Ein weiterer aufgeführter Aspekt sind die Anforderungen, die sich an die Lehrpersonen stellen (Kapitel 3.8). An die Ausführungen des dritten Kapitels schließt sich der zweite Teil der theoretischen Herleitung an. Dies ist die Übertragung von wissenschaftlichen Erkenntnissen in den Regelunterricht (Kapitel 4). In Kapitel 5 werden die in dieser Arbeit fokussierten Fragestellungen hergeleitet und erörtert. An diese Auführung

schließt sich die Beschreibung der verwendeten computerbasierten und realen Lernumgebungen in Kapitel 6 an, um darauffolgend die verwendeten Instrumente zur Erfassung experimenteller Fähigkeiten näher zu beschreiben (Kapitel 7). Das Kapitel 8 behandelt die erste durchgeführte Studie, die zum Ziel hatte, die bestmögliche Kombinationsreihenfolge von computerbasierten und realen Lernumgebungen herauszustellen. In Kapitel 9 wird die Adaption eines der verwendeten Messinstrumente (EEST-2-Test) zur Erfassung des Strategiewissens mithilfe eines Expertenratings und einer Validierungsstudie beschrieben. Im anschließenden Kapitel 10 wird die Hauptstudie dieses Promotionsvorhabens vorgestellt. Das Ziel war, herauszustellen, ob sich die in der ersten Studie erzielten Ergebnisse mithilfe einer Lehrerfortbildung in den Regelunterricht transferieren lassen. Im abschließenden Kapitel 11 werden die gewonnenen Ergebnisse aller Studien umfassend diskutiert und auf die Darstellungen der theoretischen Herleitung zu Beginn der Arbeit bezogen.

Theoretische Herleitung: Wissenschaftliche Relevanz

2 Das Experiment und experimentelle Fähigkeiten

2.1 Einleitung

An das Schülerexperiment sind, wie Tabelle 1 darstellt, viele Ziele und Erwartungen gebunden (Hofstein & Lunetta, 2004; Muckenfuß, 1995). Diese werden unterteilt in fachimmanente Ziele, psychologische Ziele und pädagogische Ziele.

Tabelle 1 Mit Schülerexperimenten verbundene Ziele nach Muckenfuß (1995, S. 339)

Fachimmanente Ziele	Psychologische Ziele	Pädagogische Ziele
<ul style="list-style-type: none"> • Experiment als zentrales Element der naturwissenschaftlichen Methode (Methodologische Funktion: z.B. Verifikation/ Falsifikation von Hypothesen, Modell- und Theoriebildung). Dabei ist das Experiment zur Darstellung der Quantifizierbarkeit bzw. Mathematisierbarkeit der „Natur“ ein Teilaspekt; • Experiment in seiner Endgestalt als Vermittlungsmedium für physikalische Fakten, Theorien, Modelle; • Experimentieren zum Aufbau fachspezifischer Handlungskompetenz; • Experiment zur Operationalisierungen von Begriffen und Größen (Demonstration); • „Versuch“ zur Bereitstellung der Erfahrungsbasis („primäre“ Erfahrung, Präsentation von Realität zur Gewinnung von Problemstellungen, Hypothesen). 	<p>Steigerung der Motivation und Lerneffektivität durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erstaunliche Phänomene (kognitive Konflikte); • „mehrkanaliger“ Zugang („Lernen mit Kopf, Herz und Hand“); • Praktische Anforderungen (Lernen durch Tun); • Selbsttätigkeit; Verantwortlichkeit; • Individualisierung durch Variabilität im Erkenntnisgang; • Individualisierung im Bereich der Fähigkeitsprofile (praktische/ intellektuelle/ soziale Anforderung); • Förderung des Vertrauens in die eigenen Fähigkeiten (Selbstwertgefühl durch Erfolgserlebnisse); • Experiment als Merkhilfe (vielschichtige Aktivität unterstützt Gedächtnisleistung). 	<p>Experimentieren als Ausgangspunkt und Mittel für:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Lernen sachbezogener „rationaler“ Argumentationen; • Die Erziehung zur Sorgfältigkeit, Genauigkeit, Geduld; • Die Schulung der Beobachtungsfähigkeit; • Die Entwicklung der Kooperationsfähigkeit und anderer sozialer Kompetenzen (Teamarbeit, Rücksichtnahme, Dialogfähigkeit, Arbeitsteilung, u.ä.) • Die Entwicklung der Kommunikationsfähigkeit (sprachliche Ausdrucksfähigkeit, Darstellungsfähigkeit mit schriftlichen und bildlichen Mitteln); • Die Erziehung zur Übernahme von Verantwortung (z.B. beim Umgang mit Geräten); • Die Erziehung zur Kritik- und Reflexionsfähigkeit.

Wie aus dieser tabellarischen Auflistung hervorgeht, erfüllt das Experiment im Unterricht diverse Ziele und es können einige Erwartungen an die Durchführung eines

solchen gestellt werden. Wie auch Pawek (2009) beschreibt, kann ein Experiment im Unterricht auf verschiedene Arten zum Einsatz kommen. Angefangen mit Demonstrationsexperimenten, die von der Lehrperson durchgeführt werden, über die verschiedensten Arten von Schülerexperimenten. Die Schülerexperimente können in Einzel- und Gruppenarbeit, Schülerdemonstrationsexperimenten sowie im Stationenlernen und in Schülerlaboren durchgeführt werden. Einsatzsituationen darüber hinaus sind vielfältig und können der jeweiligen Unterrichtssituation angepasst werden. Bei jeder der genannten Formen eines Schülerexperimentes werden unterschiedliche Ziele und Erwartungen erfüllt. Bei der Planung eines Experimentes für den Unterricht sollten deshalb vorab Ziele definiert werden, die durch die Durchführung verfolgt werden sollen. Auf der Grundlage dieser Überlegungen sollte entschieden werden, welche Form des Experimentes gewählt wird, um die verfolgten Ziele und Erwartungen zu erreichen (Pawek, 2009).

Der erste Aspekt der fachimmanenten Ziele (siehe Tabelle 1) führt das Experiment als zentrales Element der naturwissenschaftlichen Methode im Unterricht auf (Muckenfuß, 1995). Diese Ansicht teilen mehrere Autoren (Hofstein & Lunetta, 1982; Hofstein & Lunetta, 2004; Lazarowitz & Tamir, 1994, Pawek, 2009). Allerdings zeigen diverse Studien, wie zum Beispiel die Studie von Hart et al. (2000), dass die Schülerinnen und Schüler meist nicht wissen, warum sie ein Experiment im Unterricht durchführen, was dazu führt, dass sie nur einen geringen bis keinen Lernerfolg durch das Experimentieren erzielen. Hart et al. (2000) beschreiben weiter, dass das Wissen, welches die Schülerinnen und Schüler durch das Experimentieren erzielen, häufig nur fachinhaltlicher Natur ist. Die Autoren betonen die Wichtigkeit des Experimentierprozesses, damit die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit erhalten, sich mit dem Experiment und dem Experimentierprozess selbst auseinanderzusetzen, um nicht nur auf ein Erkenntnisziel hinzuarbeiten, sondern einen Erkenntnisprozess durchzuarbeiten. Dieser Erkenntnisprozess taucht ebenfalls als bedeutender Aspekt in den deutschen Bildungsstandards im Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung auf (KMK, 2005). Experimentelle Fähigkeiten sind hierin verankert und nehmen eine zentrale Stellung ein. Die Bildungsstandards heben den Umgang mit Modellen und Methoden naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen hervor. Durch das Wissen über die Abfolge und Passung von Experimentphasen wird das Experiment als Prozess

dargestellt und das Ziel sollte sein, dass Schülerinnen und Schüler diesen Prozess internalisieren, um experimentelle Fähigkeiten zu erlangen (KMK, 2005).

Die Wichtigkeit der methodischen Kompetenz innerhalb der deutschen Bildungsstandards wird nachfolgend expliziter dargestellt. Auf die Ausführungen über die Verankerung des Experimentes in den deutschen Bildungsstandards folgt eine Vorstellung des Experimentes im naturwissenschaftlichen Unterricht. Zum Verständnis und zur umfassenden Förderung experimenteller Fähigkeiten ist eine Strukturierung des Experimentierprozesses notwendig. Die Möglichkeiten der Strukturierung werden anschließend dargestellt und beinhalten Ausführungen über das *Scientific Discovery as Dual Search Model* (SDDS-Modell) in Kapitel 2.4.1, sowie den *Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen* (NAW)-Ansatz (Kapitel 2.4.2).

2.2 Verankerung in den Bildungsstandards

Im Jahr 2005 veröffentlichte die Kultusministerkonferenz der Länder die so genannten Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss (KMK, 2005). Seither sind die Bildungsstandards eine zentrale Grundlage neuer Lehrpläne und dies gilt ebenfalls für die Lehrpläne der naturwissenschaftlichen Fächer. Sie sind Ziele pädagogischer Arbeit und dienen zudem der Vergleichbarkeit und der Bewertung von Leistungen (Hübinger, Emden, & Sumfleth, 2009). Auf Grundlage der Bildungsstandards werden in den Lehrplänen für jedes Fach Lernergebnisse formuliert, die von den Schülerinnen und Schülern erreicht werden sollen. Die Lernziele sind nach Altersstufen aufgegliedert. Dadurch sind die neuen Lehrpläne im Allgemeinen weniger umfangreich und werden als Rahmenlehrpläne oder Kernlehrpläne bezeichnet (Hübinger, Emden, & Sumfleth, 2009). Die in den Lehrplänen formulierten Ziele sind sowohl fachlicher als auch methodischer Art. Daraus resultiert, dass die methodischen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler vermehrt in den Blick der Unterrichtsdurchführung und -planung rücken.

Die Bildungsstandards im Allgemeinen orientieren sich an Bildungszielen, an welche sich schulisches Lernen anschließen soll. Sie sind als konkrete Anforderungen an die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler formuliert (Klieme et al., 2003), wobei sich der Kompetenzbegriff der deutschen Bildungsstandards an der Kompetenzdefinition nach Weinert (2001) orientiert, demnach sind Kompetenzen:

„die bei Individuen verfügbaren oder von ihnen erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (Weinert, 2001, S. 27 f.).

Dies verdeutlicht, dass unter Kompetenzen nicht nur kognitives Wissen zu verstehen ist, sondern ebenfalls die Verfügbarkeit dieses Wissens in unterschiedlichen Handlungsmöglichkeiten (Klieme et al., 2007). Die Bildungsstandards für das Fach Physik werden in vier Kompetenzbereiche unterteilt, die in Tabelle 2 ersichtlich sind. Der in dieser Arbeit fokussierte Kompetenzbereich ist der Bereich der Erkenntnisgewinnung. Dieser definiert sich durch die Nutzung experimenteller und anderer Unterrichtsmethoden und der Nutzung von Modellen.

Tabelle 2 Kompetenzbereiche im Fach Physik (KMK, 2005)

Kompetenzbereiche im Fach Physik	
Fachwissen	Physikalische Phänomene, Begriffe, Prinzipien, Fakten, Gesetzmäßigkeiten kennen und Basiskompetenzen zuordnen
Erkenntnisgewinnung	Experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen
Kommunikation	Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen
Bewertung	Physikalische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten

In den Bildungsstandards (KMK, 2005) werden fünf Tätigkeiten des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung beschrieben. Dem „Wahrnehmen“ ist das Beobachten und Beschreiben eines Phänomens und das Erkennen einer Problemstellung zuzuordnen. „Ordnen“ bedeutet hierbei das In-Beziehung-Setzen und Systematisieren, unter „Erklären“ fällt das Aufstellen von Hypothesen und unter „Prüfen“ versteht sich das Experimentieren und Auswerten. Als „Modellbilden“ wird Idealisieren, Abstrahieren, Theoriebilden und Transferieren verstanden.

Zusätzlich zu diesen Tätigkeiten wurden konkrete Standards formuliert, wobei dem Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung zehn Standards zuzuordnen sind und hiervon bilden die folgend aufgeführten vier Bildungsstandards das Experiment ab (KMK, 2005, S. 11).

Die Schülerinnen und Schüler...

E 6: stellen an einfachen Beispielen Hypothesen auf,

E 7: führen einfache Experimente nach Anleitung durch und werten sie aus,

E 8: planen einfache Experimente, führen sie durch und dokumentieren die Ergebnisse,

E 9: werten die gewonnenen Daten aus, ggf. auch durch einfache Mathematisierungen.“

Die vorgestellten Kompetenzbereiche gliedern sich wiederum in drei unterschiedliche Anforderungsbereiche. Für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung sind es diejenigen, die in Tabelle 3 dargestellt sind.

Tabelle 3 Anforderungsbereiche des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung im Fach Physik (KMK, 2005)

Anforderungsbereich		
I	II	III
<p><i>Fachmethoden beschreiben</i></p> <p>Physikalische Arbeitsweisen, insb. experimentelle, nachvollziehen bzw. beschreiben.</p>	<p><i>Fachmethoden nutzen</i></p> <p>Strategien zur Lösung von Aufgaben nutzen, einfache Experimente planen und durchführen, Wissen nach Anleitung erschließen.</p>	<p><i>Fachmethoden problembezogen auswählen und anwenden</i></p> <p>Unterschiedliche Fachmethoden, auch einfaches Experimentieren und Mathematisieren, kombiniert und zielgerichtet auswählen und einsetzen, Wissen selbstständig erwerben.</p>

Wie aus Tabelle 3 deutlich wird, fokussieren die Bildungsstandards zur Erkenntnisgewinnung nicht das Erlernen des Fachinhaltes. Shamos (2002) betont, naturwissenschaftliche Prozesse – also deren Denk- und Arbeitsweisen – mehr zu beachten, um über das Erlernen von Fachwissen hinauszugehen. Auch in der PISA-Studie wird diese Komponente in den Mittelpunkt gesetzt, wie das folgende Zitat verdeutlicht.

„Naturwissenschaftliche Grundbildung ist die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen,

die die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen“ (Deutsches PISA-Konsortium, 2003, S. 198).

2.3 Das Experiment im naturwissenschaftlichen Unterricht

Ein Unterschied von naturwissenschaftlichem Unterricht zu vielen anderen Schulfächern ist, dass im naturwissenschaftlichen Unterricht praktische Arbeit, also Aktivitäten, bei welchen die Schülerinnen und Schüler Objekte und Materialien observieren und manipulieren, eingeschlossen ist (Abrahams & Millar, 2008). Demnach sehen viele Lehrpersonen und im Besonderen Naturwissenschaftler diese praktische Arbeit als zentrales und effektives Element der naturwissenschaftlichen Bildung an. Dem gegenüber steht die Schwierigkeit, der Forderung nach mehr naturwissenschaftlichen Fähigkeiten, die Lehrpersonen im naturwissenschaftlichen Unterricht vermitteln sollen, nachzukommen. Eine große Herausforderung besteht darin, dass die Lehrpersonen mit großen Schulklassen, mangelnden Ressourcen (beispielsweise im Labor der Schule) und dem wachsenden Druck der Regierung, die Lehrpläne einzuhalten, konfrontiert sind (Sinatra & Taasobshirazi, 2011).

Abrahams und Millar (2008) konnten aufzeigen, dass experimenteller Unterricht mehr auf die Fachinhalte fokussiert ist und weniger auf die stattfindenden Prozesse oder gar auf ein korrektes Verständnis der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen. Es herrscht bei den Lehrpersonen nach selbigen Autoren wenig Sensibilität für die Schwierigkeit von experimentellen Aufgaben und Schlussfolgerungen. Dies geht mit der in Kapitel 2.1 beschriebenen Problematik einher, dass nach Hart et al. (2000) das durch Experimente erworbene Wissen der Schülerinnen und Schüler nur fachinhaltlicher Natur ist und die Schülerinnen und Schüler sich nicht bewusst sind, warum sie ein Experiment durchführen, was zu geringem Lernzuwachs führt. Die Vorstellung von Schülerinnen und Schülern über die experimentelle Methode beschränkt sich darauf, dass sie denken, der Sinn eines Experimentes bestehe allein darin, einen Effekt zu erzielen (Hamman, Phan, Ehmer, & Bayrhuber, 2006). Schülerinnen und Schüler gehen demnach nicht davon aus, dass der Sinn eines Experimentes darin besteht, unter kontrollierten Bedingungen Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu prüfen. Es ist daher notwendig, die Schülervorstellungen hinsichtlich einer Vorstellung über eine experimentelle Methode zu ändern (Hamman et al., 2006).

Die Änderung sollte durch die Lehrperson geschehen, jedoch stehen diese vor einer großen Herausforderung, wenn sie naturwissenschaftliche Arbeitsweisen beziehungsweise eine experimentelle Methode losgelöst vom Fachinhalt unterrichten sollen (Syer, Chichekian, Shore & Aulls, 2012; siehe hierzu auch Kapitel 3.8).

Barzel, Reinhoffer und Schrenk (2012) führten eine Tätigkeitsanalyse des Experimentierens durch, um herauszufinden, welchen Beitrag das Experiment im Sinne einer allgemeinen Bildung mit Gegenwarts- und Alltagsbezug leistet. Die genannte Tätigkeitsanalyse zeigt, dass das Experimentieren mit der Formulierung von Fragen und dem Aufstellen von Hypothesen beginnt. Hierzu sollte die Situation genau erfasst sein, damit Vermutungen präzise und stringent formuliert werden können. Die Autoren beschreiben zudem, dass dafür eine offene und fragende Haltung notwendig ist und dass Einflussfaktoren als Basis der Variablenkontrolle wahrgenommen oder antizipiert werden (Barzel et al., 2012). Nach der Formulierung einer Hypothese werden die folgenden Schritte geplant. Als kognitive Tätigkeiten werden hierbei Vorausschauen, Strukturieren, Erfassen von Abhängigkeiten und das Gewichten von Variablen in ihrer Wechselwirkung beschrieben. Die Durchführung an sich bedingt bedachtes Agieren und eine exakte Beobachtung und Betrachtung, bevor schlussendlich eine Analyse des Geschehenen stattfindet. Wichtig ist weiterhin die mündliche oder schriftliche Dokumentation der Ergebnisse (Barzel et al., 2012).

Die Durchführung eines Experimentes nach strikten Versuchsvorschriften steht seit Jahrzehnten in der Kritik (Tamir & Lunetta, 1981) und gilt als wenig lernförderlich, da die Schülerinnen und Schüler hauptsächlich mit Geräten und nicht mit eigenen Ideen umgehen (Lunetta, 2003). Weinert (2001) will den Prozess der Erkenntnisgewinnung beim Experimentieren in den Fokus rücken. Hiermit meint er, dass die Schülerinnen und Schüler das Experimentieren als Methode erlernen sollen, die flexibel in variablen Situationen angewandt werden kann. Dies geht mit den bereits beschriebenen Zielen des Kompetenzbereiches der Erkenntnisgewinnung in den deutschen Bildungsstandards einher (KMK, 2005). Zudem ist durch das Erlernen einer Methode des Experimentierens eine Förderung von metakognitiven Strategien in Reflexions- und Diskussionsphasen möglich (Hofstein, 2004). Auch wenn das Experiment nicht genauen Vorschriften folgen soll, ist es dennoch im Sinne der Förderung von experimentellen Fähigkeiten notwendig, die Durchführung beziehungsweise die Arbeitsschritte zu strukturieren.

Osborne und Dillon (2008) und Zohar (2012) fordern naturwissenschaftlichen Unterricht, der die Schülerinnen und Schüler zu tiefergehendem Denken anregt. Darin eingeschlossen verstehen sie das Konstruieren von Argumenten, Fragenstellen, Vergleiche aufstellen, kausale Relationen zuordnen, versteckte Schlussfolgerungen identifizieren, die Evaluation und Interpretation von Daten, das Formulieren von Hypothesen und letztlich das Identifizieren und Kontrollieren von Variablen. Daraus folgert Zohar (2012), dass von zwei Ebenen der Instruktion im naturwissenschaftlichen Unterricht gesprochen werden kann. Die erste Ebene stellt diejenige dar, auf welcher die Instruktion auf die Transmission von Fakten und Basisprozeduren zur Lösung von Routineproblemen stattfindet. Auf der höher liegenden, zweiten Ebene sieht Zohar (2012) den Unterricht als Vermittlung von Wissen auf einer tiefergehenden Denkebene. Beispielsweise sind hier die Schülerinnen und Schüler häufiger aktive Lerner, die Fragen stellen, Probleme lösen und Modelle konstruieren. Das Ziel beider Instruktionsebenen ist die Vermittlung von Wissen. In den naturwissenschaftlichen Fächern wird das Experiment als zentrales Medium der Wissensvermittlung und des Kompetenzerwerbs angesehen (Hübinger, Emden, & Sumfleth, 2009). Schulz, Wirtz und Staraschek (2012) beschreiben, dass „das Experiment als methodisch besonders kontrollierte Art wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung ursprünglich in den klassischen Naturwissenschaften entwickelt“ (S.15) wurde. Sie ergänzen weiter, dass sich demnach das Experiment auch in anderen Disziplinen als zuverlässiger Standard der Erkenntnisgewinnung und –prüfung etabliert hat.

Ein Anspruch an das Schülerexperiment ist die Erwartung, dass sich Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren aktiv und motiviert mit den Lerninhalten auseinandersetzen und dadurch ein tieferes Verständnis entwickeln, als dies bei Frontalunterricht in der Regel der Fall ist (Wirth et al., 2011). Dieser Ansatz bedingt eigenständiges Erarbeiten der Inhalte seitens der Schülerinnen und Schüler, was für Gegensprecher dieses Ansatzes zu einer Überforderung beim Lernen führen kann.

Schulz (2010) stellt die Verknüpfung von Theorie und Praxis, die während des Experimentierens stattfinden sollte, als einen zyklischen Prozess dar, der in Abbildung 1 ersichtlich ist.

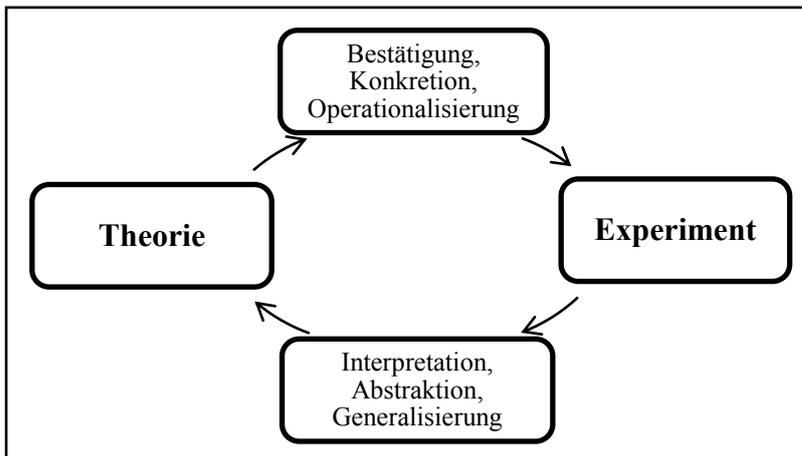


Abbildung 1 Verhältnis von Theorie und Experiment (nach Schulz, 2010, S. 30)

Die Annahme dieses konstruktiv-hermeneutischen Ansatzes ist, dass kein Lernerfolg daraus resultiert, wenn lediglich ein Experiment durchgeführt wird. Lernerfolg kann erst dann stattfinden, wenn eine Verknüpfung von Theorie und Experiment erfolgt. Der Prozess kann von beiden Seiten beginnend erfolgsversprechend sein (Schulz, 2010).

Damit einhergehend beschreibt Millar (1998), dass die Ziele des Experimentierens im Unterricht sind, den Schülerinnen und Schülern dabei zu helfen, Verbindungen zwischen den Domänen der Objekte und den beobachtbaren Dingen und ebenfalls zu der Domäne der Ideen zu ziehen. Demnach kann das Experimentieren als Kreislauf angesehen werden. Das Experiment, welches als Erfahrung beschrieben werden kann, ist zyklisch mit der Theorie und deren Interpretation verbunden. Etwas umfassender ist die Zielbeschreibung von Schülerexperimenten nach Singer, Hilton und Schweingruber (2006). Sie führen zunächst eine Vertiefung des Verständnisses naturwissenschaftlicher Themen auf und erweitern dies um die Entwicklung naturwissenschaftlicher Denk- und Kommunikationsprozesse, die Vermittlung experimenteller Fertigkeiten, einen Zugang zur Natur der Naturwissenschaft sowie um motivationale und soziale Lernziele.

2.4 Strukturierung des Experimentierprozesses

Nachdem vorangehend herausgestellt wurde, wie essentiell es ist, das Experimentieren als Prozess oder Methode anzusehen, soll dieses Kapitel speziell die Strukturierung des Prozesses beleuchten.

Emden (2011) beschreibt, dass Schülerinnen und Schüler beim selbstregulierten Experimentieren (siehe hierzu Kapitel 3.6) zwei Aspekte miteinander verbinden müssen. Einerseits muss das Experiment gedanklich geplant und nachvollzogen werden

(kognitiv-intellektuell) und andererseits ist das fachhandwerkliche Geschick (praktisch- psychomotorisch) von zentraler Bedeutung. Beim Erlernen dieses Prozesses benötigen die Schülerinnen und Schüler Unterstützung, welche nach Emden (2011) durch eine Strukturierung des Experimentierprozesses gegeben werden kann. In der beschriebenen Arbeit lässt sich ein ausführlicher Vergleich unterschiedlicher Strukturierungsphasen finden, die in Abbildung 2 dargestellt sind.

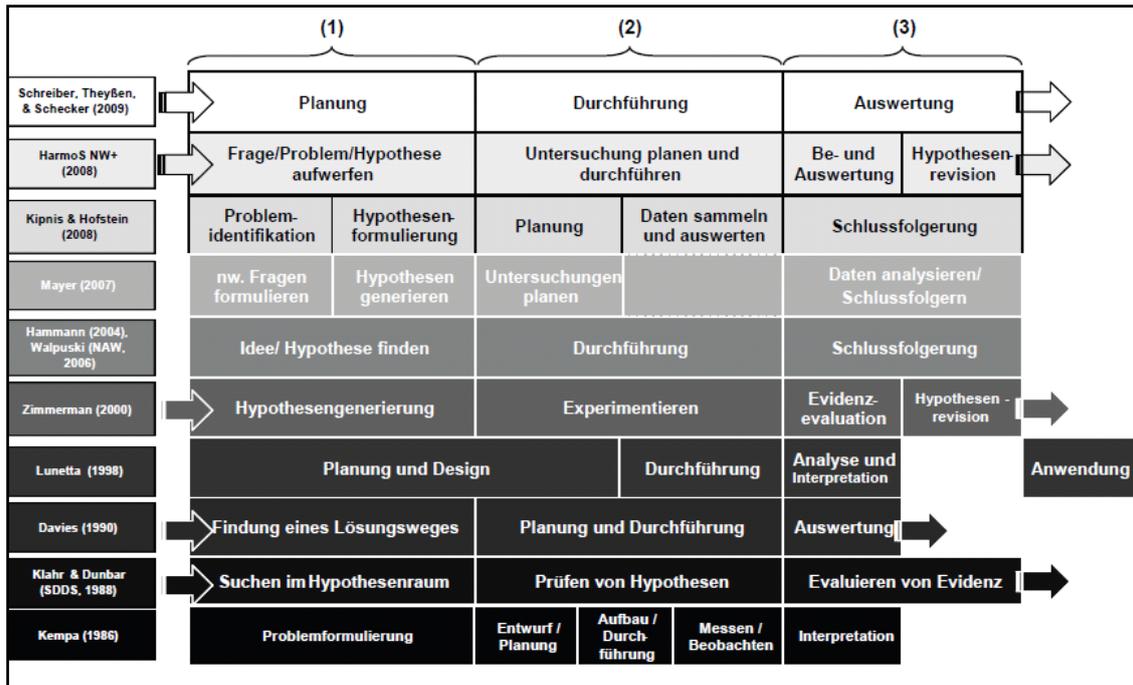


Abbildung 2 Strukturierung von Experimentierphasen (Emden, 2011, S.18)

Wie aus Abbildung 2 hervorgeht, haben sich diverse Autoren mit dieser Thematik im Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichts beschäftigt und es besteht in den meisten Aspekten Konsens. So lässt sich erkennen, dass sich die Vorschläge, wenn auch mit unterschiedlichen Bezeichnungen, in drei Schritte einteilen lassen: „(1) Findung einer Idee oder einer Frage, aus der Ideen und Hypothesen entwickelt werden können, (2) Durchführung eines Experiments zur Prüfung der Ideen, (3) Auswertung des Experiments im Hinblick auf die Idee“ (Emden, 2011, S. 19).

Dem Prozess des Experimentierens sind diverse Teilschritte zuzuordnen, wie das Entwickeln einer Fragestellung, das Aufstellen von Vermutungen, die Versuchsplanung, wobei die Kontrolle und Variation von Variablen besonders zu beachten ist, die Beobachtung, das Messen und Dokumentieren, die Aufbereitung von Daten und die Formulierung von Schlussfolgerungen (Hamann, Phan, & Bayrhuber 2007; Labbude & Möller, 2012). Diesen Prozess, der mit dem von Emden (2011) beschriebenen

übereinstimmt, sollten Schülerinnen und Schüler erlernen, um strukturiert im Unterricht zu experimentieren (siehe hierzu auch Kapitel 2.4.2).

Schülerinnen und Schüler werden während des Experimentierprozesses als aktive Konstrukteure ihrer Wissensgenerierung angesehen (de Jong & van Joolingen, 1998) und gerade deswegen benötigen sie Unterstützung, die Fehlvorstellungen abzubauen (Jaakkola & Nurmi, 2008). Insbesondere müssen sie unterstützt werden, wenn die Experimentgestaltung einen kognitiven Konflikt verursacht (Pyatt & Sims, 2011). Die Förderung von Denkstrategien der Schülerinnen und Schüler wird allerdings nicht als explizites Ziel des Unterrichts angesehen (Zohar, 2012). Beispielsweise können Lehrpersonen Experimentierphasen planen ohne zu beachten, dass die Schülerinnen und Schüler Zeit benötigen, um ihre Fähigkeit im Bereich der Formulierung von Fragen und im Bereich der Kontrolle von Variablen zu verbessern. Zohar (2012) beschreibt weiter, dass es der Fachinhalt und nicht die Denkstrategien sind, welche das Lehrziel der meisten Unterrichtsstunden darstellen.

Zwei Ansätze, die helfen können, den Unterricht im Sinne der Förderung des Experimentierprozesses zu unterstützen und zu strukturieren, werden im Folgenden vorgestellt: Zunächst das *Scientific Discovery as Dual Search Model* (SDDS-Modell) und (Kapitel 2.4.1) anschließend der *Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (NAW)*-Ansatz in Kapitel 2.4.2.

2.4.1 *Scientific Discovery as Dual Search Model (SDDS-Modell)*

Nachdem das selbstständig entdeckende Lernen zwischenzeitlich an Interesse und Anreiz in der Forschung verloren hatte (Göbbling, 2010), ist es seit einigen Jahren durch instruktionspsychologische Methoden wie computerbasierte Experimente und im Zuge des konstruktivistischen *scientific discovery learnings* wieder in den Fokus gerückt. Der Ansatz des *scientific discovery* (auf Deutsch auch als entdeckendes Lernen bezeichnet) basiert auf dem Zwei-Räume-Modell von Simon und Lea (1974). Hierbei wird das entdeckende Lernen als ein Problemlöseprozess definiert, der in zwei unterschiedlichen Problem-Räumen stattfindet. Göbbling (2010) beschreibt, dass dem Modell die Annahme zugrunde liegt, dass das Problemlösen und auch die Induktion von Regeln auf den basalen Prozessen des Generierens, Testens und Selektierens basiert (Göbbling, 2010). Dabei werden zwei Räume unterschieden: Der Regelraum (zur Formulierung der Hypothesen) und der Instanzenraum (zur Testung der möglichen Zustände und Daten).

Aus dem beschriebenen Modell von Simon und Lea (1974) entwickelten Klahr und Dunbar (1988) das so genannte *Scientific Discovery as Dual Search Model* oder kurz SDDS-Modell (Klahr & Dunbar, 1988). Dieses führt auf, dass eine gute Strategienutzung während des Experimentierens dadurch charakterisiert ist, dass eine Interaktion zwischen zwei verschiedenen Räumen stattfindet. Diese sind zum einen der Hypothesenraum und zum anderen der Experimenterraum. Das hypothesengeleitete Experimentieren wird als Suche in diesen zwei Räumen beschrieben. Klahr und Dunbar (1998) stellen heraus, dass dabei der *Experimenterraum* alle durchführbaren Experimente und der *Hypothesenraum* alle formulierbaren Hypothesen einer Domäne repräsentiert.

Die Suche oder Interaktion zwischen den zwei beschriebenen Repräsentationsräumen stellt das Vorgehen eines Naturwissenschaftlers dar (Marschner, 2011). Der Hypothesenraum bietet die Möglichkeit, die notwendigen Regeln und Gesetzmäßigkeiten zu finden, die zu einem Phänomen beziehungsweise zu einem Inhaltsbereich formuliert werden können. Hingegen sind im Experimenterraum diejenigen Experimente und Resultate zu finden, die zur Prüfung der Hypothesen und Gesetzmäßigkeiten notwendig sind. Marschner (2011) beschreibt weiter, dass der *discovery*-Prozess demnach als Drei-Schritt aus Hypothese, Experiment und Schlussfolgerung zu verstehen ist.

Klahr (2000) führt auf, dass das Experimentieren aus kognitionspsychologischer Sicht im Rahmen des SDDS-Modells als komplexes Problemlösen angesehen werden kann. Hammann, Ganser und Haupt (2007) erläutern, dass nach dem SDDS-Modell zunächst im Hypothesenraum nach Erklärungen für ein Problem gesucht und anschließend ein Experiment geplant wird, welches diejenigen Daten liefert, die zur Hypothesentestung notwendig sind. Die Daten sollen schlussendlich auf die anfangs aufgestellten Hypothesen zurückgeführt werden, um die Annahme zu akzeptieren, zurückzuweisen oder weiter zu prüfen. De Jong und van Jooligen (1998) konnten allerdings zeigen, dass Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten haben, systematisch und strategisch bei der Durchführung eines Experimentes, das nach den Vorgaben des SDDS-Modells angelegt wurde, vorzugehen. Emden (2011) unterstellt dem SDDS-Modell eine Struktur, die dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess gleichzustellen ist. Hierbei versteht er unter dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess den Drei-Schritt eines Experimentes. Dieser wird im nachstehenden Kapitel eingehender beschrieben.

2.4.2 *Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (NAW-Ansatz)*

Zur Beschreibung und Definition naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen werden in der Literatur mehrere Begrifflichkeiten verwendet. Es gibt diverse Ansätze, die das Ziel verfolgen, naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in der Unterrichtsforschung zu verbessern und zu beschreiben. Zimmermann (2007) gibt einen strukturierten Überblick darüber, wie die Begrifflichkeiten zusammenhängen und was sie voneinander unterscheidet. Akerson (2008) spricht beispielsweise von *scientific inquiry*, Chen und Klahr (1999) schreiben über experimentelle Fähigkeiten (*experimental skills*) und Zimmermann (2007) verwendet die Bezeichnungen *scientific reasoning* oder *scientific thinking skills*. Im deutschen Sprachraum ist die Verwendung des Begriffes naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (beispielsweise Klos, 2008; Wahser, 2008; Walpuski, 2006) geläufig und dieser ist dem Konzept des *scientific inquiry* gleichzusetzen (Wahser, 2008).

Nach Emden (2011) beziehen sich sowohl Hammann (2004) als auch Walpuski (2006) insbesondere auf das SDDS-Modell. Daraus entwickelte sich nach Klos, Henke, Kieren, Walpuski und Sumfleth (2008) der NAW-Ansatz, wobei NAW für Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen steht. Wie auch im SDDS-Modell beziehen sich im NAW-Ansatz die Schritte des Drei-Schritts eines Experiments aufeinander, so dass von einem Prozess gesprochen werden kann (Emden, 2011).

Zur Anwendung der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen ist es notwendig, den Drei-Schritt eines Experimentes – im angloamerikanischen Sprachraum unter *inquiry circle* (Akerson, 2008) oder *inquiry cycle* (Wichmann, 2010) bekannt – oder auch Erkenntnisprozess eines Experimentes zu verstehen und in jedem Experiment umzusetzen. Rumann (2005) und Walpuski (2006) haben den NAW-Ansatz entwickelt und diesem Ansatz folgend gestaltet sich der Erkenntnisprozess aus dem Drei-Schritt eines Experimentes (siehe Abbildung 3): (1) Aufstellen einer prüfaren Idee/Hypothese, (2) Durchführung von einem dazugehörigen Experiment und (3) die Formulierung einer Schlussfolgerung, die zur Hypothese passt (siehe auch: Hübinger et al., 2009; Klos, Henke, Kieren, Walpuski & Sumfleth, 2008; Marschner, 2011). Wichmann (2010) beschreibt die Inhalte und Aktionen der Schülerinnen und Schüler während dieser drei Schritte oder Phasen, wie sie es nennt, expliziter (siehe hierzu Wichmann, 2010, S. 25).

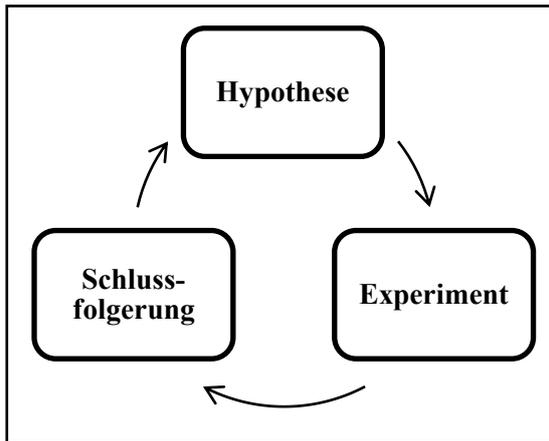


Abbildung 3 Zyklus des Drei-Schritts eines Experimentes (eigene Darstellung)

Der Drei-Schritt eines Experimentes ist nicht die einzige Methode naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen (Klos et al., 2008), allerdings gilt er nach selbigen Autoren als ein möglicher Weg, der auf unterschiedliche naturwissenschaftliche Probleme anwendbar ist.

Wahser (2008) beschreibt, angelehnt an Bell, Blair, Crawford und Lederman (2003), dass Schülerinnen und Schüler das Wissen über naturwissenschaftliche Arbeitsweisen nicht durch Nachahmung oder durch das Abarbeiten einer Vorlage erlangen. Dieses Wissen können sie dann generieren, wenn der Hintergrund der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise transparent dargeboten wird. Wahser (2008) führt weiter auf, dass bislang kaum empirische Untersuchungen zur Wirksamkeit der Umsetzung des Drei-Schritts eines Experimentes im Unterricht vorhanden sind, es allerdings Hinweise darauf gibt, dass die Vermittlung mit einem Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler in Zusammenhang steht (Bell et al., 2003; Schwarz, Lederman, & Crawford, 2004). Auch in Bezug auf das Wissen der Lehrpersonen betreffend der expliziten Vermittlung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen bestehen große Defizite (Akerson & Hanuscin, 2007; Brown, Abell, Demir, & Schmidt, 2006).

2.5 Zusammenfassung & Fazit

Kapitel 2 diente dazu, einen Überblick über die aktuelle (fachdidaktische) Forschungslage bezüglich des Experimentes, der Strukturierung des Experimentierprozesses und der experimentellen Fähigkeiten zu liefern. Dieser Überblick soll nachfolgend kurz zusammengefasst dargestellt werden.

Das Experiment kann im Unterricht auf verschiedene Weisen zum Einsatz kommen (Pawek, 2009). Es ist an unterschiedliche Ziele und Erwartungen geknüpft und es ist ein

wichtiger Bestandteil der naturwissenschaftlichen Methoden im Unterricht (Muckenfuß, 1995; Hofstein & Lunetta, 1982; Pawek, 2009). Von verschiedenen Seiten besteht die Forderung, dass naturwissenschaftliche Arbeitsweisen und Experimentierprozesse gelehrt werden sollen (Hart et al., 2000; KMK, 2005) und dass dies im besten Fall anwendbar auf verschiedenste naturwissenschaftliche Inhaltsbereiche. Das Ziel hierbei ist, dass die Prozesse auch auf andere Experimente, Fächer und Fachinhalte übertragbar werden und die Schülerinnen und Schüler sich bewusst darüber werden, warum sie ein Experiment durchführen (Hart et al., 2000). Das Experimentieren soll als eine Methode erlernt werden, die nach Weinert (2001) flexibel in variablen Situationen angewandt werden kann. Den Lehrpersonen wird die Aufgabe der Vermittlung dieser Prozesse zugesprochen (Abrahams & Millar, 2008; Sinatra & Taasoobshirazi, 2011). In Übereinstimmung mit der Definition von Weinert (2001) beinhalten die Bildungsstandards zur Erkenntnisgewinnung Standards, die das Experiment fokussieren (KMK, 2005). Diese sind das Aufstellen von Hypothesen, das Durchführen von Experimenten, die Planung von Experimenten, die Dokumentation der Ergebnisse sowie die Auswertung der gewonnenen Daten. Im Drei-Schritt eines Experimentes (Idee/Hypothese → Experiment → Schlussfolgerung) kommen die in den Bildungsstandards geforderten Aspekte ebenfalls vor. Der Drei-Schritt eines Experimentes dient dazu, den Experimentierprozess zu strukturieren und somit ein tiefergehendes Verständnis der Schülerinnen und Schüler bezüglich des Lerninhaltes zu erlangen (Emden, 2011). Damit einhergehend sind Strategien, die das Experimentieren oder das Erlernen des Experimentierprozesses erleichtern, ebenfalls von Bedeutung (de Jong & van Jooligen, 1998). Zum vereinfachten Lernen des Experimentierprozesses durch strategische Unterstützung bietet sich, auch im Zuge der damit benötigten Selbstregulationskompetenz der Schülerinnen und Schüler, das SDDS-Modell (Klahr & Dunbar, 1988) an, welches den Drei-Schritt eines Experimentes integriert. Sowohl im NAW-Ansatz (Wahser, 2008), der bislang primär bei Experimenten in realen Lernumgebungen angewandt wurde, als auch im SDDS-Modell ist der Drei-Schritt eines Experimentes das zentrale Element. Dies liegt darin begründet, dass der NAW-Ansatz dem SDDS-Modell entwachsen ist.

3 Förderung experimenteller Fähigkeiten

3.1 Einleitung

In der vergangenen Dekade gab es ein wachsendes Interesse an der Nutzung gestalteter Lernumgebungen, um naturwissenschaftliche Arbeitsweisen zu fördern (Apedoe & Schunn, 2012). Ein Grund dafür ist nach selbigen Autoren, dass der traditionelle Naturwissenschaftsunterricht kein Interesse bei den Schülerinnen und Schülern weckt, da kein Bezug zum Alltag hergestellt wird. Des Weiteren werden die Schülerinnen und Schüler nicht darin gefördert, ihr Wissen umzusetzen und anzuwenden (Kolodner et al., 2003). Gestaltete Lernumgebungen können dieses Interesse fördern und die Schülerinnen und Schüler dabei unterstützen, strategisch zu arbeiten, somit ihr Wissen anzuwenden und gleichzeitig neues Wissen zu generieren (Apedoe & Schunn, 2012). Bei „gestalteten Lernumgebungen“ handelt es sich um einen instruktionspsychologischen Ansatz, der ursprünglich ein ingenieurwissenschaftliches Design mit den Methoden naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen kombiniert (Kolodner et al., 2003). In diesen gestalteten Lernumgebungen ist der Lerngegenstand als Projekt dargestellt und die Schülerinnen und Schüler werden dazu angeleitet, dass sie fachinhaltliches Wissen zum Gegenstandsbereich der Lernumgebung aufbauen und zudem durch den Einsatz von Problemlösestrategien eine Lösung für das Projekt beziehungsweise die Problemstellung finden. Dadurch werden experimentelle Fähigkeiten und das fachinhaltliche Wissen gefördert (Apedoe & Schunn, 2012; Kolodner et al., 2003)

Einhergehend mit der Reformierung der naturwissenschaftlichen Grundbildung und der Praxis des Experimentes im naturwissenschaftlichen Unterricht wurde die Rolle des Experimentes erneut fokussiert (Bybee, 2000), was auch den Physikunterricht betrifft (Heron & Meltzer, 2005). Zacharia und Olympiou (2011) beziehen sich darauf und argumentieren, dass ein Grund dafür der wachsende Anteil an computerbasierten Lernumgebungen ist. Die Autoren sagen, wie auch Finkelstein et al. (2005) und Triona und Klahr (2003), dass reale Lernumgebungen neu definiert und neu strukturiert werden sollten, um computerbasierte Lernumgebungen in die Experimentphase einzuschließen. Die Frage, ob computerbasierte Lernumgebungen sinnvollen Einzug in den

naturwissenschaftlichen Unterricht finden können, wird sowohl in der Naturwissenschaftsdidaktik als auch der Lehr-Lernforschung kontrovers diskutiert (Armstrong & Casement, 1998; Healy, 1999; Lee, 1999). Es geht hierbei um die Diskussion, ob die Manipulation von Gegenständen in computerbasierten Lernumgebungen den gleichen konzeptionellen Wissenserwerb fördert wie eine Manipulation von realen Gegenständen (Resnick, 1998).

Sowohl computerbasierte als auch reale Lernumgebungen werden zur Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts erstellt, um wichtige Aspekte experimenteller Fähigkeiten zu fokussieren (Chen & Klahr, 1999). Njoo und de Jong (1993) haben beispielsweise Schülerinnen und Schüler in einer computerbasierten Lernumgebung dabei unterstützt, Hypothesen aufzustellen. Sie konnten positive Effekte hinsichtlich deskonzeptuellen Lernerfolgs nachweisen, allerdings wurden weitere Strategien, wie solche, die für das Durchführen nicht konfundierter Experimente notwendig sind, genauso wenig gefördert wie das Wissen über Abfolge und Passung der Experimentphase. Wichmann und Leutner (2009) haben Schülerinnen und Schüler in einer computerbasierten Lernumgebung mittels einer Vorstrukturierung beim Einhalten des Drei-Schritts eines Experimentes unterstützt. Es wurde hierbei allerdings keine Instruktion, die auf bestimmte Strategien oder fachmethodische Fertigkeiten abzielte, angereicht.

White und Frederiksen (1998) haben ein Programm entwickelt, welches die Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten umfassend fördert. Schülerinnen und Schüler wurden im Unterricht durch alle Phasen des Experimentierens geleitet. Bei der Ausführung von Aufgaben wurden sie in jeder Phase durch ihre Lehrperson unterstützt. Dieses Programm hatte nachweislich gute Lerneffekte auf das experimentelle Arbeiten, allerdings war es als langfristige Intervention angelegt und somit sehr zeit- und kostenintensiv. Wichtig hierbei ist, dass es als Bestätigung dafür anzusehen ist, dass eine umfassende Förderung experimenteller Fähigkeiten möglich ist.

Es ist realisierbar, nur einzelne Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten zu fördern. Die Förderung geschieht durch computerbasierte oder reale Lernumgebungen. Jedes der beiden Lernumgebungsmedien fokussiert die Förderung von Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten und jeder Ansatz beinhaltet seine eigenen Vor- und Nachteile (siehe hierzu Kapitel 3.5). Das Ziel sollte sein, das Konglomerat an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten umfassend zu fördern, wozu eine

Kombination beider Lernumgebungsmedien dienlich sein könnte. Zacharia und Olympiou (2011) stellen fest, dass es eine Verbesserung für die Schülerinnen und Schüler ist, mit beiden Medien zu arbeiten, jedoch fordern sie zugleich, dass beide Experimentiermedien in einer Experimentfolge präsentiert werden sollten. Dahingehend ist keine Studie vorhanden, die vorschlägt, in welcher Reihenfolge computerbasierte und reale Lernumgebungen miteinander kombiniert werden sollten, damit die Schülerinnen und Schüler den größtmöglichen Lernzuwachs erzielen (Zacharia & Olympiou, 2011).

Folgend werden beide Lernumgebungsmedien eingehender beschrieben und die jeweiligen positiven und negativen Aspekte aufgeführt. Anschließend werden mögliche Kombinationen der Lernumgebungsmedien vorgestellt und es wird dargelegt, welche Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten durch welches Lernumgebungsmedium am besten gefördert werden. Weiter wird darauf eingegangen, welche Rolle das selbstregulierte Lernen in diesem Zusammenhang einnimmt. Der Experimentierprozess sollte, wie bereits in Kapitel 2.4 vorgestellt, strukturiert werden. Diesbezüglich wird im Folgenden eine Möglichkeit der Förderung des Strukturierungsprozesses vorgestellt. Die Vermittlung von experimentellen Fähigkeiten sollte schlussendlich durch die Lehrperson geschehen. Dieser Aspekt wird als Abschluss des Kapitels dargelegt.

3.2 Computerbasierte Lernumgebungen

Computerbasierte Lernumgebungen werden auch als Computersimulationen oder virtuelle Labore bezeichnet. Sie sind als simulierte Lernumgebung definiert, in welcher der Lerner mit virtuellen Apparaten und Materialien interagiert und Experimente an einem Computer durchführt (Chen, 2010). Sie wurden eine häufig genutzte Alternative zu traditionellen Laboren und Lernumgebungen, weil sie sicherer, kosteneffizienter, sauberer, flexibler und schneller sind als physikalische Experimente (Triona & Klahr, 2003; Zacharia & Constantinou, 2008). Die Lernwirksamkeit von computerbasierten Lernumgebungen, die Lerner darin unterstützen, Hypothesen zu testen, zu explorieren und Daten zu analysieren wie ein Wissenschaftler, wurde in einigen Studien bestätigt (Chen, 2010). Chiu und Linn (2012) beschreiben, dass sich computerbasierte Lernumgebungen auf externale Repräsentationen beziehen können, welche Veränderungen in naturwissenschaftlichen Phänomenen darstellen. Demnach können

sie normative Ideen illustrieren und somit den Lerner dabei unterstützen, seine eigenen Ideen zu generieren.

Hardy und Stern (2011) beschreiben als Funktionen visueller Repräsentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht, dass sie als Wirkmechanismen der kognitiven Strukturierung im Lernprozess zwei Funktionen einnehmen dies ist erstens die Fokussierung und zweitens die Modellierung (Pea, 2004). Unter Fokussierung wird demnach die Komplexitätsreduktion einer Aufgabe verstanden, da die Freiheitsgrade minimiert werden und die Aufmerksamkeit der Schülerinnen und Schüler dadurch auf das Relevante gelenkt wird. Modellierung ist derart zu verstehen, als dass die Kontexteinordnung einer zu bearbeitenden Aufgabe durch die Einbindung von Expertenwissen und –strategien unterstützt wird (Hardy & Stern, 2011).

Computerbasierte Lernumgebungen werden häufig zu instruktionalen Zwecken eingesetzt und nutzen ein Phänomen als Gegenstand, mit welchem die Schülerinnen und Schüler interagieren (Olympiou, Zacharia, & de Jong, 2012). In derartigen Kontexten können die Schülerinnen und Schüler ihr eigenes Wissen konstruieren, indem sie Experimente durchführen und Ergebnisse beobachten (Olympiou et al, 2012). Die Autoren beschreiben, dass bisweilen in vielen Studien der positive Einfluss computerbasierter Lernumgebungen auf das Lernen naturwissenschaftlicher Sachverhalte nachgewiesen werden konnte. Am Computer simulierte Experimente scheinen produktiver für das Lernen der Schülerinnen und Schüler zu sein als andere Instruktionmethoden (Olympiou et al., 2012). So konnte beispielsweise Prenzky (2002) herausstellen, dass Schülerinnen und Schüler beim Arbeiten mit computerbasierten Lernumgebungen nebst Lern- auch Motivationszuwächse aufweisen.

Die Vorteile des Lernens naturwissenschaftlicher Sachverhalte durch computerbasierte Lernumgebungen liegen in der multirepräsentationalen Natur, die einzigartig für computerbasierte Lernumgebungen ist (Olympiou & Zacharia, 2012). Multiple Repräsentationen liefern Informationen, die den Schülerinnen und Schülern mehrere Möglichkeiten durch die graphische, auditive und interaktive Gestaltung bieten, um Sachverhalte umfassender zu begreifen. In computerbasierten Lernumgebungen ist es möglich, Lernsituationen zu schaffen, die dem herkömmlichen Unterricht verschlossen bleiben, weil sie über die menschliche Vorstellungskraft hinausgehen oder mit dem Auge nicht sichtbar sind, wie beispielsweise Atome (Wirth & Leutner, 2006). Abstrakte Objekte können somit zugänglich gemacht werden, was zu

einem tieferen Verständnis von Phänomenen führt (Olympiou et al., 2012) und den Aufbau mentaler Modelle fördert (Mikelskis, 1997).

Wu und Puntambekar (2012) postulieren, dass der effektive Einsatz von multiplen Repräsentationen produktive Diskurse im Klassenraum, angemessene Lernunterstützung und förderlich erstellte Lernumgebungen voraussetzt. Es besteht eine Notwendigkeit zu verstehen, wie multiple Repräsentationen genutzt werden können, um das Lernen von experimentellen Fähigkeiten als fundamentalen Aspekt des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu fördern (Wu & Puntambekar, 2012).

Auch zur Förderung des selbstregulierten Lernens werden häufig interaktive, computerbasierte Lernumgebungen eingesetzt (Mandl, Gruber, & Renkl, 1997). Eckhardt et al. (2012) postulieren, dass Computersimulationen am besten geeignet sind, um die Prinzipien des SDDS-Modells (siehe Kapitel 2.4.1) umzusetzen und einzuhalten und somit selbstreguliert zu arbeiten. Es wird vorausgesetzt, dass der Lerner autonom – also selbstreguliert – arbeitet. Deswegen sollten die Lernumgebungen derart strukturiert sein, dass der Selbstregulationsprozess aktiviert wird (Thillmann, Künsting, Wirth, & Leutner, 2009). Eine zeiteffiziente Methode ist dabei die Förderung des Strategiewissens durch den Einsatz von *Prompts*. Nach Thillmann et al. (2009) stellen *Prompts* eine ökonomische Möglichkeit dar, um das Schülerinnen- und Schülerwissen im Lern- und Arbeitsprozess zu aktivieren. In realen Lernumgebungen gestaltet sich der Einsatz von *Prompts* als schwierig, denn aufgrund des Lernens im Klassenverband können diese individuell wirksamen Strukturierungshilfen ihre Effektivität verlieren.

3.3 Reale Lernumgebungen

Das Experimentieren mit realen Gegenständen und Objekten ist eine effektive Lehr- und Lernstrategie (Hofstein & Lunetta, 2004). Nachfolgend soll herausgestellt werden, worin die Effektivität spezifischer Beispiele experimenteller Arbeit liegt oder was spezifische praktische Schritte sind, um das Experimentieren lernförderlicher zu gestalten (Abrahams & Millar, 2008).

Der offensichtlichste Vorteil realer Lernumgebung ist die Physikalität der Gegenstände. Olympiou und Zacharia (2012) führen an, dass Studien, die hauptsächlich bei der Benutzung von Lernumgebungen die Physikalität fokussierten, herausstellen konnten, dass der Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler enorm war (Klatzky &

Lederman, 2002). Einhergehend mit Gire et al. (2010) beschreiben Olympiou und Zacharia (2012), dass Phänomene direkt mit realen Gegenständen und durch das Bilden physikalischer Artefakte erfasst werden können. Durch diese Prozesse lernen Schülerinnen und Schüler Experimente zu planen und richtig mit naturwissenschaftlichen Instrumenten umzugehen. Außerdem erlernen sie, reale Daten zu sammeln, aufzuzeichnen und zu analysieren. Bell (2007) wie auch Hofstein und Lunetta (2004) postulieren, dass Schülerinnen und Schüler die Realität eigenständig mit realen Experimenten erfassen und erfahren müssen, damit sie lernen, was Naturwissenschaft ist (vgl. Pawek, 2009).

Die Schülerinnen und Schüler lernen in realen Experimentierumgebungen mit Messinstrumenten umzugehen beziehungsweise sie fachgerecht zu benutzen. Bei computerbasierten Lernumgebungen hingegen werden die Messinstrumente häufig elektronisch und automatisch angezeigt (Wu & Puntambekar, 2012). Die Nutzung von Messinstrumenten führt, wie beispielsweise ein falscher Experimentaufbau, mitunter zu Messfehlern. Diese spielen im Lernvorgang eine große Rolle, sind in realen Lernumgebungen natürlich repräsentiert und somit kann auch der Umgang mit beziehungsweise die Handhabung von ihnen erlernt werden (Olympiou & Zacharia, 2012). Die Autoren wie auch Toth, Klahr und Chen (2000) führen auf, dass Kompetenzen in einem Bereich das Wissen über und den Umgang mit diversen Typen von Messfehlern beinhalten. Sumfleth, Wirth und Thillmann (2013) beschreiben, dass Fehler bei Schülerinnen und Schülern zwar negativ konnotiert sind, sie jedoch zum Lernen dazugehören, da es erst durch Fehler möglich ist, die Grenzen eines Sachverhaltes oder Prozesses zu erkennen (nach Rollett, 1999).

Der Motivation der Schülerinnen und Schüler wird hierbei eine wichtige Rolle beigemessen. So konnten beispielsweise Flick (1993) wie auch Haury und Rillero (1994) herausstellen, dass Schülerinnen und Schüler über eine große aufgabenbezogene Motivation verfügen, wenn sie mit realen Lernumgebungen arbeiten.

Emden (2011) hat eine Studie durchgeführt, in welcher Schülerinnen und Schülern der 7. Jahrgangsstufe experimentelle Aufgaben gegeben wurden. Hierbei sollten sie ihren Experimentierprozess anhand der Aspekte des Drei-Schritts eines Experimentes protokollieren. Das Resultat zeigt auf, dass Schülerinnen und Schüler Hypothesen aufstellen können, ihnen jedoch die Planung von dazugehörigen Experimenten wie auch das richtige Schlussfolgern Schwierigkeiten bereitet (Sumfleth et al., 2013). Sumlfeth et

al., 2013 beziehen sich weiter auf eine Studie von Sumfleth und Henke (2011) und beschreiben, dass naturwissenschaftlich interessierte Oberstufenschülerinnen und -schüler dazu fähig sind, selbstständig experimentell zu arbeiten.

Die eigenständige Strukturierung des Experimentierprozesses ist für Schülerinnen und Schülern in Kleingruppenarbeit nicht einfach, wie Rumann (2005) aufführt. Sumfleth et al. (2013) beschreiben allerdings in diesem Zusammenhang, dass dieser Schwierigkeit durch die instruktionalen Hilfen Strukturierung und Feedback entgegengewirkt werden kann (Walpuski, 2006). Wahser (2008) entwickelte, wie in Kapitel 3.7 ausführlicher dargestellt ist, ein Strukturierungstraining, welches das Ziel hat, den Drei-Schritt eines Experimentes bei Schülerinnen und Schülern zu verinnerlichen. Es zeigte sich, dass Schülerinnen und Schüler, die das Strukturierungstraining erhalten haben, nachweislich ihr experimentelles Vorgehen besser kontrollieren können als solche Schülerinnen und Schüler, die kein Training erhalten haben.

3.4 Eignung der Lernumgebungsmedien bezüglich der Förderung des Konglomerats an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln die beiden Lernumgebungsmedien vorgestellt und auch ihre jeweiligen Vor- und Nachteile aufgeführt wurden, sollen im Folgenden Lernumgebungsmedien bezüglich ihrer Eignung zur Förderung des Konglomerats an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten gegenübergestellt werden. Wie bereits aufgeführt wird von drei Teilkompetenzen ausgegangen: (1) Wissen über experimentelle Strategien und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen: Strategiewissen, (2) Wissen darüber, Experimente zu strukturieren: Strukturierungswissen sowie (3) Fachhandwerkliche Fähigkeiten. Anhand der Beschreibungen in den vorangegangenen Kapiteln sollen nun die einzelnen Teilkompetenzen den für sie förderlichsten Lernumgebungsmedien zugeordnet werden.

- (1) Strategiewissen: Computerbasierte Lernumgebungen können die Schülerinnen und Schüler einfacher als reale Lernumgebungen dabei unterstützen, strategisch zu arbeiten (Anderson, 1996; Apedoe & Schrunn, 2012). Computerbasierte Lernumgebungen sind stärker strukturiert, sodass hier die Möglichkeit, manuelle Fehler zu begehen, sehr begrenzt ist. Auch deswegen ist

es in computerbasierten Lernumgebungen leichter, Variablen im Sinne der Isolierenden Variablenkontrollstrategie zu variieren (Chen & Klahr, 1999).

- (2) Strukturierungswissen: Hardy und Stern (2011) schreiben computerbasierten Lernumgebungen eine Komplexitätsreduktion zu, da die Freiheitsgrade minimiert werden und die Aufmerksamkeit auf das Wesentliche gelenkt wird. Eigenständige Strukturierung fällt den Schülerinnen und Schülern schwer, sodass unterstützende Maßnahmen vorgenommen werden sollten. Dies kann beispielsweise durch den Einsatz von *Prompts* geschehen, die in computerbasierten Lernumgebungen einfacher und zielgerichteter einsetzbar sind als in realen Lernumgebungen (Thillmann et al., 2009).
- (3) Fachhandwerkliche Fähigkeiten: Computerbasierte Lernumgebungen eignen sich nicht dazu, Fachhandwerkliche Fähigkeiten zu vermitteln (Triona & Klahr, 2003). So werden beispielsweise Messinstrumente beziehungsweise ebenfalls Messergebnisse elektronisch angezeigt und die Schülerinnen und Schüler lernen nicht wie Messinstrumente bedient werden. Triona und Klahr (2003) führen zudem auf, dass bei computerbasierten Lernumgebungen keine manuellen Fehler begangen werden können, was hingegen in realen Lernumgebungen der Fall ist (Klahr, Triona, & Williams, 2007). Manuelle Fehler haben einen Effekt auf das konzeptuelle Verständnis, sodass es wichtig ist, diese zu begehen beziehungsweise aus diesen zu lernen (Klahr et al., 2007; Olympiou & Zacharia, 2012).

Insbesondere für den Erwerb und die Anwendung des Strategiewissens ist es hilfreich, dies in einer Lernumgebung zu üben, die wenige, manuelle Fehler zulässt. Wenn sich das neu gewonnene Wissen gefestigt hat, sollte es den Schülerinnen und Schülern leichter fallen, dieses in einer weniger stark strukturierten Lernumgebung – also einer realen Lernumgebung – anzuwenden (Anderson, 1981; 1996). Ebenso ist es leichter für Schülerinnen und Schüler, das Strukturierungswissen in einer computerbasierten Lernumgebung zu erlernen, da hier die Aufmerksamkeit auf das Wesentliche gelenkt wird und die Freiheitsgrade eingeschränkt sind (Hardy & Stern, 2011). Auch könnte der Einsatz der zur Förderung des Strukturierungswissens einsetzbaren *Prompts* zielgerichteter erfolgen. Die beiden Teilkompetenzen Strategiewissen und Strukturierungswissen sind durch den Einsatz von computerbasierten Lernumgebungen leichter erlernbar. Allerdings ist die dritte

Teilkompetenz, die Fachhandwerklichen Fähigkeiten, ebenso wichtig und diese kann nur durch den Einsatz von realen Lernumgebungen erlernt werden. Anhand dieser theoretischen Annahmen kann davon ausgegangen werden, dass eine Kombination beider Lernumgebungsmedien sinnvoll erscheint. Als Kombinationsreihenfolge stellt sich den vorangegangenen Ausführungen folgend heraus, dass zunächst an einer computerbasierten Lernumgebung und anschließend an einer realen Lernumgebung gearbeitet werden sollte.

3.5 Verbesserte Förderung durch eine Kombination beider Lernumgebungsmedien

In diesem Kapitel soll dargelegt werden, ob eine Kombination beider Lernumgebungsmedien sinnvoll erscheint und wenn ja, wie diese am lernförderlichsten gestaltet werden kann.

Aufgrund der vorhandenen Vor- und Nachteile der computerbasierten und auch der realen Lernumgebungen ist eine Diskussion entstanden, die in Frage stellt, ob computerbasierte Lernumgebungen generell sinnvoll für die Verwendung im naturwissenschaftlichen Unterricht sind (Healy, 1999; Lee, 1999) sind. Gegner der computerbasierten Lernumgebungen beziehen sich auf Piagets Theorie (1985), die besagt, dass es für einen *conceptual change* notwendig ist, Dinge physikalisch zu manipulieren und diese mit mehreren Sinnen zu erfassen. Befürworter stellen dem gegenüber, dass es tatsächlich notwendig ist, Dinge zu manipulieren, jedoch sei es nicht wichtig, dass es sich dabei um physikalische Dinge handelt (Klahr, Triona, & Williams, 2007; Resnick, 1998).

Es hat sich für beide Medien gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler durch das Experimentieren in einem Labor einen Lernzuwachs erlangen (Hofstein & Lunetta, 2004; Zacharia & Olympiou, 2011). Rutten, van Joolingen, & van der Veen (2012) empfehlen, computerbasierte Lernumgebungen zu nutzen, um reale Lernumgebungen zu ergänzen. Vergleichsstudien versuchten über die unterschiedlichsten naturwissenschaftlichen Disziplinen und Sachverhalte hinweg, herauszufinden, welche der beiden Medien zur Förderung der experimentellen Fähigkeiten besser geeignet ist (Finkelstein et al., 2005; Klahr, Triona, & Williams, 2007; Zacharia & Constantinou, 2008). So konnten Triona und Klahr (2003) in einer Studie keine Unterschiede

zwischen Schülergruppen, die mit einer realen Lernumgebung und Gruppen, die in einem computerbasierten Labor gearbeitet haben, feststellen. Hingegen konnte Zacharia (2007) nachweisen, dass Schülerinnen und Schüler, die mit beiden Lernumgebungsmedien lernten, einen höheren Lernzuwachs in Bezug auf das konzeptuelle Wissen hatten, im Vergleich zu Schülerinnen und Schülern, die lediglich mit einer realen Lernumgebung lernten. Die Gründe dieser gegensätzlichen Resultate vermuten Zacharia und Constantinou (2008) in der Qualität der Lernumgebungsmedien dahingehend, dass die stattfindende Interaktion nicht unbedingt auf den jeweiligen Lerner abgestimmt ist. Pyatt und Sims (2011) konnten in einer ähnlich angelegten Studie im Chemieunterricht zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler sich bezüglich ihres Lernzuwachses nicht darin unterschieden, mit welchem Lernumgebungsmedium sie gearbeitet hatten. Des Weiteren konnten sie nachweisen, dass beide Lernumgebungsmedien zu einem *conceptual change* führen, was die Einwände der zu Beginn dieses Kapitels beschriebenen Gegner der computerbasierten Lernumgebungen ausräumt.

Schon seit Längerem, auch aufgrund der gegenläufigen Resultate, wurde die Forderung laut, dass es besser sei, die beiden Lernumgebungsarten miteinander zu kombinieren, anstatt sie miteinander zu vergleichen (Jaakkola & Nurmi, 2008; Winn et al., 2006; Zacharia & Anderson, 2003; Zacharia & Olympiou, 2011). Bisweilen ist keine Lösung vorhanden, wie diese Kombination der zwei Lernumgebungsmedien am besten ausgelegt sein sollte (Zacharia, Olympiou, & Papaeripidou, 2008). Olympiou und Zacharia (2012) schlagen vor, die Lernumgebungsmedien derart zu kombinieren, dass die Vorteile der einen Methode die Nachteile der jeweils anderen Methode ausgleichen. Da dies eine logische Aussage und Aufforderung ist, stellt sich die Frage, wie die Kombination am lernwirksamsten ist. Einige Studien versuchten bereits, beide Lernumgebungsmedien miteinander zu kombinieren, allerdings wurden dabei lediglich während eines Experimentes die Medien gewechselt (Toth, Klahr, & Chen, 2000; Winn et al., 2006; Zacharia et al., 2008) und nicht zwei komplette Experimente als Experimentfolge mit jeweils einem Medium durchgeführt. Jaakkola, Nurmi, & Veermans (2011) führen eine umfassende Liste an Gründen auf, die dafür sprechen, computerbasierte und reale Lernumgebungen miteinander zu kombinieren. Sie teilen die Begründung in drei Bereiche auf, die alle der Annahme zugrunde liegen, dass beide

Lernumgebungsmedien gleich viele Vor- und Nachteile haben. Die drei aufgeführten Bereiche sind die folgenden (Jaakola et al., 2011, S. 72 f.):

1. Die Kombination und Verbindung von virtuellen und realen Lernumgebungen kann die Lücke zwischen Theorie und Praxis füllen (z.B. Ronen & Eliahu, 2000).
2. Zwei unterschiedliche Repräsentationsmedien können die verschiedenen Aspekte eines Inhaltsbereiches aufzeigen (z.B. Ainsworth, 2006).
3. Vergleiche zwischen zwei sich ergänzenden Medien zu ziehen, kann das konzeptuelle Verstehen fördern, da die Vergleiche den Schülerinnen und Schülern dabei helfen, sich auf die wichtigen Prinzipien zu fokussieren, die in beiden Medien vorkommen (z.B. Gentner, Loewenstein, & Thompson, 2003).

Dies spricht dafür, beide Lernumgebungsmedien miteinander zu kombinieren, um den größtmöglichen Lernzuwachs bei Schülerinnen und Schülern zu erzielen. Allerdings sind bislang keine bekannten Studien vorhanden, die herausstellen konnten, in welcher Reihenfolge die Lernumgebungsmedien miteinander kombiniert werden sollten (Zacharia & Olympiou, 2011). Allerdings hat sich gezeigt, dass es am lernförderlichsten ist, die Kombination der Lernumgebungsmedien als Experimentfolge (Jaakola et al., 2011) zu gestalten. Des Weiteren stellte sich in den theoretischen Ausführungen in Kapitel 3.4 heraus, dass es sinnvoll erscheint, zunächst mit der computerbasierten Lernumgebung und anschließend mit der realen Lernumgebung zu arbeiten.

3.6 Rolle der Selbstregulation beim Experimentieren

Nachdem vorangehend zwei verschiedene Lernumgebungsmedien und ihre Kombinationsmöglichkeit diskutiert wurden, beschreibt das hiesige Kapitel das selbstregulierte Lernen und speziell das selbstregulierte Lernen durch Experimentieren.

Das selbstregulierte Lernen betrifft nicht den naturwissenschaftlichen Unterricht oder das Experimentieren im Speziellen, wie die Begriffsbeschreibung von Landman, Perels, Otto und Schmitz (2009) besagt:

„Die Entwicklung der Fähigkeit zum eigenverantwortlichen, selbstregulierten Lernen wird neben der Vermittlung von Fachwissen als eine der Hauptaufgaben der Bildung und Erziehung junger Menschen gesehen. Da Wissen (z.B.

Informationstechnik) schnell veraltet, müssen Schüler darauf vorbereitet werden, wie man sich neues Wissen selbstständig aneignet“ (S.50).

Selbige Autoren beschreiben, dass beim selbstregulierten Lernen zwischen drei Komponenten unterschieden wird. Die erste ist die kognitive Komponente, die das konzeptionelle und das strategische Wissen wie auch die Fähigkeit angemessene Strategien anzuwenden, beinhaltet. Als zweite Komponente wird die motivationale genannt. Hierunter fallen jegliche Aktionen, welche der Initiierung und Aufrechterhaltung des Lernens dienlich sind. Zimmerman (2011) beschreibt, dass eine hohe Motivation der Schülerinnen und Schüler die Aufmerksamkeit gegenüber den Lernprozessen und den Lernertrag steigert. Auf der dritten Ebene befindet sich die metakognitive Komponente. Darunter verstehen Landman et al. (2009) „Planung, Selbstbeobachtung, Reflexion und adaptive Anpassung des Lernverhaltens in Bezug auf das angestrebte Lernziel“ (S.50). Perry und Rahim (2011) definieren Metakognition als Interaktion des Lerners mit der Person, der Aufgabe und der Strategiedimension in einer Lernsituation. Die Förderung des konzeptuellen Wissens von Schülerinnen und Schülern und auch die Förderung ihres Strategiewissens steigern ihre metakognitiven und ihre Problemlösefähigkeiten in den Naturwissenschaften (Duggan & Gott, 2002; Sinatra & Taasoobshirazi, 2011). Es kann demnach durch eine direkte Erklärung oder durch Herausfinden der Schülerinnen und Schüler gelernt werden, wie Strategien variiert werden können und wie diese Strategien in Zusammenhang zum konzeptuellen Verständnis stehen.

Zur Nutzung der eigenen metakognitiven Fähigkeiten, um akademische Lehrziele zu erreichen, ist es notwendig ein selbstregulierter Lerner zu sein (Loyens & Gijbels, 2008, nach Paris & Paris, 2001; Zimmermann, 1989). Es wird beschrieben, dass die Selbstregulation ein umfassender Begriff für viele Aspekte wie die Zielsetzung und Selbstbeobachtung (eigenes Verhalten zu planen, zu überwachen und zu bewerten) ist und dass effektive Selbstregulation auch beinhaltet, Ziele zu haben und die Motivation aufzubringen, diese zu erreichen (Loyens & Gijbels, 2008). Die Fähigkeit, sein eigenes Lernen zu überwachen, ist nach Boekaerts (1999) der Schlüssel für erfolgreiches Lernen in der Schule und darüber hinaus.

Pawek (2009) führt an, dass Ansätze, nach denen Schülerinnen und Schüler weitgehend auf sich gestellt ihr Wissen konstruieren, sich als nachteilig für den Lernerfolg erwiesen haben (Mayer, 2004; Kirschner, Sweller, & Clark, 2006). Um

erfolgreich zu lernen, ist es hierbei von Bedeutung, die Balance zwischen der gegebenen Instruktion und der mentalen Konstruktion auf Seiten der Schülerinnen und Schüler herzustellen. In diesem Ansatz spielt die Lehrperson lediglich eine sekundäre Rolle, indem sie als „Wissensentwicklungshelfer“ fungiert (Duit, 2002). Pawek (2009) beschreibt, dass Lehrpersonen wenig mit diesem konstruktivistischen Ansatz vertraut sind und dass der Physikunterricht wenig konstruktivistische Merkmale aufweist (Müller, 2004; Widodo & Duit, 2004).

Die Förderung des selbstregulierten Lernens kann einerseits direkt und andererseits indirekt erfolgen (Friedrich & Mandl, 1997; Leidinger & Perels, 2012; Schmidt & Otto, 2010). Leidinger und Perels (2012) beschreiben, dass bei direkter Intervention die Lernenden die Zielgruppe eines Trainingsprogramms darstellen. So lernen die Schülerinnen und Schüler direkt, welche Strategien anwendbar sind, um selbstreguliert zu lernen. Indirekte Interventionen hingegen werden über Bezugspersonen (beispielsweise von Lehrpersonen) an die Zielgruppe (beispielsweise Schülerinnen und Schüler) realisiert. Bei der indirekten Interventionen müssen nach Leidinger und Perels (2012; Friedrich & Mandl, 1997) sowohl die Instruktionen als auch die Lernumwelt derart gestaltet sein, dass selbstreguliertes Lernen möglich ist.

Ähnlich dem selbstregulierten Lernen, jedoch davon abzugrenzen, ist das selbstregulierte Experimentieren. Dieses zeichnet sich durch einen flexiblen, kritischen und reflektierten Umgang mit kognitiven Strategien aus, woraus durch Planung, Überwachung und Bewertung die Regulation des Lernprozesses erfolgt (Hasselhorn & Labuhn, 2010; van Joolingen & de Jong, 2013). Insbesondere im Zusammenhang mit nach instruktionspsychologischen Gesichtspunkten erstellten Lehr- und Lernumgebungen ist, wie bereits erwähnt, die Rolle der Selbstregulationskompetenz der Schülerinnen und Schüler von großer Bedeutung. Hierbei unterscheidet sich dynamisch-interaktives Lehrmaterial von statischem Lehrmaterial und damit einhergehend auch die Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler (Wirth & Leutner, 2006). Höhere Anforderungen beim Lernen mit dynamisch-interaktivem Lehrmaterial entstehen daraus, dass die Schülerinnen und Schüler mehr leisten müssen (Friedrich & Mandl, 1997), da sie sich die Informationen eigens generieren und anschließend integrieren müssen (Wirth & Leutner, 2006). Wie auch Marschner (2011) zitiert, nennen Wirth, Leutner und Fischer (2006) drei Merkmale, die insbesondere beim selbstregulierten Lernen durch Experimentieren von Bedeutung sind:

„(1) Selbstreguliertes Lernen ist ein zyklischer und zielgerichteter Prozess, der durch die Auswahl, Durchführung und Regulation von Strategien gestaltet wird.

(2) Der Lerner beobachtet, bewertet und reguliert (Schreiber, 1998) den Lernprozess kontinuierlich nicht nur auf der Makro-, sondern insbesondere auch auf der Mikroebene.

(3) Selbstreguliertes Lernen vollzieht sich unter sich kontinuierlich verändernden Bedingungen: Zum einen verändert sich das Wissen des Lerners, zum anderen verändert sich bei dynamisch-interaktiven Lernumgebungen die Lernsituation in Abhängigkeit von den Handlungen des Lerners“ (S. 121 f.).

So liegt beim selbstregulierten Experimentieren zu Beginn des Experimentierzyklus keine Information vor (Wirth & Leutner, 2008). Von den Schülerinnen und Schülern wird verlangt, dass sie sich neue Informationen durch eine Interaktion mit der Lernumgebung beziehungsweise den Lehrmaterialien eigens generieren (Thillmann, 2008). Diese Aussagen stehen in Zusammenhang mit dem SDDS-Modell (Gößling, 2010; vergleiche Kapitel 2.4.1). Forschung im Bereich des selbstregulierten Experimentierens zeigt auf, dass die Schülerinnen und Schüler nach Methoden und Modellen des selbstregulierten Lernens unterstützt werden sollten (Thillmann et al., 2009). Die Autoren führen die WWW&H-Regel von Veenmann, van Hout-Wolters und Afflerbach (2006) an, wonach instruktionale Unterstützung zum selbstregulierten Lernen dann effektiv ist, wenn sichergestellt ist, dass der Lernende weiß, was (*what*) er in bestimmten Situationen (deklaratives Strategiewissen), wann (*when*) und warum (*why*) in bestimmten Situationen (konditionales Strategiewissen nach Paris, Lipson, und Wixson, 1983) und zuletzt wie (*how*) etwas in getan werden muss (prozedurales Strategiewissen). Eine Möglichkeit dieses zu unterstützen und im Lernprozess sicherzustellen, sind Strategietrainings (beispielsweise Wahser, 2008; siehe auch Kapitel 3.7), in welchen die Schülerinnen und Schüler unterstützt werden, die notwendigen Strategien zu erlernen und zur richtigen Zeit ein- und umzusetzen (Thillmann et al., 2009).

3.7 Verbesserte Förderung durch eine Strukturierung des Arbeitsprozesses

Zum angemessenen Arbeiten und Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht ist es, wie in Kapitel 2 herausgestellt, wichtig, den Drei-Schritt eines Experimentes zu internalisieren und anzuwenden. Die Schritte des Kreislaufes sind notwendig für die Durchführung und den Erkenntnisprozess eines Experimentes.

Experimentelle Fähigkeiten wie das Strukturierungswissen, das Strategiewissen und fachhandwerkliche Fähigkeiten sind von Bedeutung, um einen kompletten Arbeitsprozess durchzuführen. Zu jedem Schritt des Drei-Schrittes eines Experimentes gehören Stimuli, die das Strategiewissen und das fachinhaltliche Wissen betreffen. Um diesem komplexen Wirkungsgefüge gerecht zu werden, wurden der Drei-Schritt eines Experimentes und das Flussdiagramm des NAW-Ansatzes (Wahser, 2008) im Rahmen der vorliegenden Dissertation ausgeweitet (siehe Abbildung 4). Wahser (2008) hat das Flussdiagramm des NAW-Ansatzes in Kombination mit einem Strukturierungstraining entwickelt und erfolgreich überprüft. Das Strukturierungstraining dient dazu, den Schülerinnen und Schülern bei der Strukturierung ihres Experimentierprozesses zu helfen. Es basiert auf einer Strukturierungshilfe, die die Schülerinnen und Schüler als Handzettel während des Experimentierprozesses nutzen können. Diese Strukturierungshilfe beinhaltet die Aspekte des Drei-Schritts eines Experimentes und ist der mittlere, blaue Teil des in Abbildung 4 dargestellten Flussdiagramms.

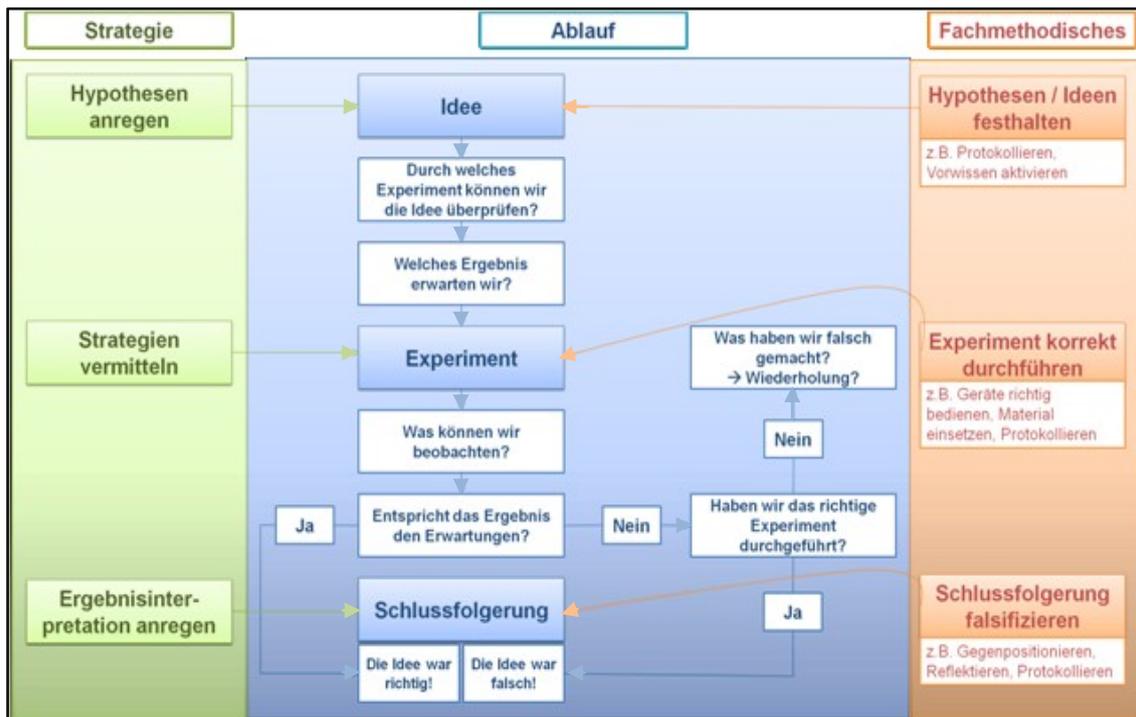


Abbildung 4 IES-Arbeitsprozess (eigene Darstellung in Anlehnung an Wahser, 2008)

Diese Strukturierungshilfe wird Schritt für Schritt mit den Schülerinnen und Schülern im Strukturierungstraining von Wahser (2008; Wahser & Sumfleth, 2008) mithilfe einer Präsentation des Trainers durchgearbeitet beziehungsweise konstruiert. Die Entdeckung der Glühbirne durch Edison dient als Beispiel, um den Schülerinnen und Schülern den Erkenntnisprozess oder Drei-Schritt eines Experimentes nahezubringen. Die Präsentation des Beispiels zur Verinnerlichung des Erkenntnisprozesses findet in einer ersten Trainingseinheit statt. Die zweite Trainingseinheit beinhaltet die notwendige Passung von „Idee“ und „Experiment“, um dadurch die Schülerinnen und Schüler für die eigene Experimentierphase zu sensibilisieren, dies einzuhalten und umzusetzen. Die dritte und letzte Trainingseinheit des Strukturierungstrainings behandelt die Differenz von „Beobachtung“ und „Schlussfolgerung“. Es konnte gezeigt werden, dass die Schülerinnen und Schüler, die das Training erhalten haben, strukturierter vorgehen (vgl. Wahser & Sumfleth, 2008).

Das hiesige Modell (in Abbildung 4 ersichtlich), welches den Namen *IES-Arbeitsprozess* (IES = Idee → Experiment → Schlussfolgerung) trägt, ist eine Erweiterung des Flussdiagramms beziehungsweise der Strukturierungshilfe von Wahser (2008). Wie vorab beschrieben, sind die Schritte des Drei-Schritts eines Experimentes, also die Strukturierungshilfe, mittig dargestellt. Hier werden die Schülerinnen und Schüler Schritt für Schritt durch den Prozess des Experimentierens geleitet und es

werden Handlungsvorschläge dahingehend geliefert, was beispielsweise zu tun ist, wenn die Ergebnisse nicht der aufgestellten Hypothese entsprechen. Das Modell dient zur Anwendung im Unterricht. Die Ergänzungen im *Idee-Experiment-Schlussfolgerung (IES)-Arbeitsprozess* gegenüber dem NAW-Ansatz befinden sich rechts und links der Strukturierungshilfe für die Schülerinnen und Schüler (blauer Bereich in Abbildung 4). Auf der linken Seite (grüner Bereich) wurden dem Modell die Informationen über Strategien hinzugefügt, welche die Lehrpersonen den Schülerinnen und Schülern geben sollten, und auf der rechten Seite (oranger Bereich) sind die Informationen, welche die Schülerinnen und Schüler während des Experimentierens erlangen sollten, sowie Hinweise, die von der Lehrperson gegeben werden könnten. Als Beispiel zum besseren Verständnis des *IES-Arbeitsprozesses* dient an dieser Stelle der Prozess der Hypothesenformulierung. Die Rolle der Lehrperson wäre es, im Vorfeld das Vorwissen zu aktivieren und nach der Aufgabenstellung und Experimentdurchführung das Notieren und Besprechen der Hypothesen der Schülerinnen und Schüler. Das hiesige Modell zielt, im Gegensatz zum Modell von Wahser (2008), mehr auf die Vermittlung durch die Lehrperson ab. Hiermit ist nicht gemeint, dass die Schülerinnen und Schüler den Prozess beziehungsweise das Modell nicht internalisieren sollen, stattdessen soll die Vermittlung nicht wie von Wahser (2008) angedacht durch ein Strukturierungstraining und einen ausgebildeten Trainer stattfinden, sondern durch die Lehrperson selbst erfolgen. Die Erweiterung der Strukturierungshilfe von Wahser (2008) im Rahmen des *IES-Arbeitsprozess* dient also dazu, das Training zu ersetzen und das Modell dadurch praxistauglicher zu machen, da es nun Hilfen beinhaltet, die den Lehrpersonen die Vermittlung im eigenen Unterricht erleichtert. Dies bedeutet nicht, dass eine Vermittlung des Drei-Schritts eines Experimentes durch das effiziente Training von Wahser (2008) weniger erfolgsversprechend ist als die Vermittlung durch die Lehrperson.

3.8 Anforderungen an Lehrpersonen bei der Förderung experimenteller Fähigkeiten

Das hiesige Kapitel 3.8 führt beispielhaft Studien auf, die Aufschluss darüber geben, welche Anforderungen sich an Lehrpersonen stellen, wenn diese experimentelle Fähigkeiten bei ihren Schülerinnen und Schülern fördern möchten. Die Anforderungen betreffen die vorab in diesem Kapitel vorgestellten Möglichkeiten zur Förderung wie

beispielsweise die Rolle der Selbstregulation, das Lernen in gestalteten Lernumgebungen und zudem in der Lehrperson verankerten Merkmale wie Unterrichtskonzeptionen und Unterrichtsstile.

In der Lehrperson verankerte Merkmale

Lehrpersonen verfügen per se über Unterrichtskonzeptionen. Dies sind Orientierungen im Hinblick auf unterrichtsplanerische Entscheidungen der Lehrperson. Diese Konzepte sind grundsätzlich normativ: „Sie beschreiben, wie sich ihre Autoren (Lehrpersonen) guten Unterricht vorstellen. [...] In diesen Unterrichtskonzepten werden bestimmte Prinzipien methodischen Handelns formuliert und – soweit möglich und für nötig befunden – theoretisch begründet“ (Meyer, 1987, S. 210).

Die Forderung, experimentelle Fähigkeiten und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen losgelöst vom fachinhaltlichen Wissen zu fördern, stellt Lehrpersonen vor eine große Herausforderung. Syer, Chichekian, Shore und Aulls (2012) führen an, dass zur Umsetzung die Aufmerksamkeit auf Lehramtsstudierende und Lehrpersonen gerichtet werden muss. Diese Aufmerksamkeit betrifft die Unterrichtskonzeptionen der Lehrpersonen sowie die vergangenen Ausbildungskonzepte der Lehramtsausbildung (Bullough, 2009). Durch neue Reformen kann hier eine Änderung stattfinden. Allerdings ist dazu ein Umdenken des lehrerzentrierten Unterrichts notwendig (Syer et al., 2012). Wie auch Labbude und Möller (2012) beschreiben, zeigt die Metastudie von Minner, Levy und Century (2010), in welcher die Effektivität auf naturwissenschaftliche Arbeitsweisen fokussierenden Unterrichts untersucht wurde, auf, dass die Verknüpfung von Handlungsprozessen mit kognitiven Prozessen in Hinblick auf konzeptuelles Verständnis erfolgreicher war als ein eher auf Wissensvermittlung ausgerichteter Unterrichtsstil. In einer Studie mit Lehramtsstudierenden konnten Syer et al. (2012) herausstellen, dass Lehramtsstudierende lernen müssen, wie Schülerinnen und Schüler im Experimentierprozess reflektieren. Des Weiteren stellte sich heraus, dass die Fragen, die Lehrpersonen den Schülerinnen und Schülern während des Prozesses stellen, sorgfältig ausgewählt sein müssen. Nach Forderung von Syer et al. (2012) sollte aufgrund dessen das Fragenstellen im Lehramtsstudium gelernt werden. Im Bereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts konnten Kleikmann, Möller und Jonen (2005) nachweisen, dass Unterrichtskonzeptionen zum Lehren und Lernen von Lehrpersonen durch Fortbildungsmaßnahmen verändert und erweitert werden

können und auch, dass sie im Zusammenhang zu Lernzuwachsen von Schülerinnen und Schülern stehen.

Förderung durch gestaltete Lernumgebungen

Der Frage, wie das Lernen von Schülerinnen und Schülern mit gestalteten Lernumgebungen im Unterricht gefördert werden kann, gingen Wu und Puntambekar (2012) nach. Unterstützungsmaßnahmen können demnach in die Instruktionmaterialien eingeschlossen sein, jedoch ist die Art und Weise, wie die Lehrpersonen die Lernumgebungen darbieten, ebenfalls entscheidend für das Lernen. Wu und Puntambekar (2012) führen mehrere Unterstützungsmaßnahmen auf, die geeignet scheinen, um vor allem computerbasierte Lernumgebungen wirksam im Unterricht einzusetzen. Sie nennen folgende Unterstützungsmaßnahmen: *Dynamic Linking*, *Model Progression*, *Sequencing* sowie *Support in Instructional Materials*. Auch wenn all diese Hinweise hilfreich sein können, kann es sein, dass sie den Schülerinnen und Schülern nicht zu Gute kommen, da sie die Anforderungen, die an die Lerner zu stellen sind, überschreiten (Wu & Puntambekar, 2012).

Förderung der Selbstregulationskompetenz

Ittel und Bünger (2012) führen an, dass sich für Lehrkräfte ständig die Frage stellt, wie sie verständliche Lernprozesse schaffen und anregen können. Es handelt sich hierbei um mehrere Komponenten, die von den Lehrpersonen stets beachtet werden müssen. So ist es wichtig, dass das Unterrichtsniveau optimal an die Schülerinnen und Schüler angepasst ist, dass die Lernzeit effizient genutzt wird und dass lernförderliche Lehrer-Schüler-Interaktionen Berücksichtigung finden (Brunner et al., 2006; Ittel & Bünger, 2012). Außerdem wird dazu geraten, eine Lernumgebung zu schaffen, in welcher Selbstständigkeit und Autonomie der Schülerinnen und Schüler gefördert wird, um nicht nur Wissen zu vermitteln, sondern um das spezifische Interesse am Unterrichtsfach zu fördern. In Bezug zur Förderung des selbstregulierten Lernens im Unterricht konnte festgestellt werden, dass Trainings, die von Lehrpersonen durchgeführt werden nicht gleichermaßen wirksam sind wie solche, die von externen Trainern beziehungsweise Forschern durchgeführt werden (Dignath & Büttner, 2008; Dignath-van Ewijk & van der Werf, 2012). Dies mag daran liegen, dass die Lehrpersonen den Schülerinnen und Schülern zwar die Freiheit bieten, selbstreguliert zu lernen, ihnen allerdings nicht beibringen, wie sie dabei am besten vorgehen (Dignath-

van Ewijk, & van der Werf, 2012). Die Autorinnen fanden heraus, dass Lehrpersonen den Schülerinnen und Schülern zwar viel Autonomie zusprechen, ihnen aber keine Strategien anreichen, damit die Schülerinnen und Schüler lernen können, mit dieser Autonomie umzugehen. Diese Ergebnisse gehen mit der in Kapitel 3.6 thematisierten Problematik einher.

Erlernen der Fördermöglichkeiten und Konzeptionsänderung durch Lehrerfortbildungen

Im Rahmen der Lehrerprofessionalisierung wird Lehrerfortbildungen eine entscheidende Rolle darin zugesprochen, der steigenden Wichtigkeit der Förderung des selbstregulierten Lernens nachzukommen (Dignath & Büttner, 2008; Werth et al., 2012). Allerdings ist bekannt, dass die Umsetzung von Inhalten einer Lehrerfortbildung innerhalb des Regelunterrichts komplex und anspruchsvoll für die Lehrpersonen ist (Lipowsky, 2010; Werth et al., 2012), vor allem, wenn es sich um sehr kurze Lehrerfortbildungen handelt (Lipowski & Rzejak, 2012). Längere Fortbildungen können mehr Zeit zur Verfügung stellen, in der neu Erlerntes erprobt und vertieft werden kann. Zur Verbesserung des Unterrichts sind langfristig angelegte Fortbildungen notwendig, damit die Phasen des Ausprobierens der Innovation mit den Phasen der Reflexion verbunden werden können (Gräsel, 2010). Des Weiteren beschreiben Lipowski und Rzejak (2012), dass Bömer, Kunter und Hertel (2011) herausfinden konnten, dass je mehr Zeit den Lehrpersonen nach der Fortbildung gelassen wurde, desto mehr empfanden sie die Fortbildung als positive Herausforderung und weniger als Überforderung. Die Wirkung von Lehrerfortbildungen kann nach Lipowski (2004) auf vier Ebenen beschrieben werden: Die Meinung und Zufriedenheit der Lehrkräfte (1. Ebene), die Veränderung im Wissen der Lehrkräfte (2. Ebene), die Veränderung im Handeln der Lehrkräfte (3. Ebene) und schließlich die Wirkung auf die Schülerinnen und Schüler (4. Ebene).

In der vorangegangenen Darstellung wurden einige Studien vorgestellt, die Hinweise darauf liefern, wie Lehrpersonen experimentelle Fähigkeiten und die Bedingungsfaktoren dazu fördern können. Es zeigte sich, dass die Unterrichtskonzeptionen der Lehrpersonen von zentraler Bedeutung sind und diese durch neue Reformen und auch durch das Erlernen richtigen Fragenstellens bereits im Studium verändert werden können (Syer et al., 2012). Die Veränderung kann dahingehend stattfinden, dass die Lehrpersonen sich vom lehrerzentrierten Unterricht

abwenden, damit die Schülerinnen und Schüler lernen, während des Experimentierprozesses zu reflektieren. Die Abwendung vom lehrerzentrierten hin zu einem auf Wissensvermittlung fokussierten Unterricht bestätigt ebenfalls der Überblicksartikel von Minner et al. (2010). Sowohl Ittel und Bünger (2012) als auch Dignath und Büttner (2008) sowie Dignath-van Ewijk und van der Werf (2012) beanstanden die nur marginal vorhandene Selbstregulationskompetenz der Schülerinnen und Schüler und deren Vermittlung durch die Lehrperson. Sie fordern, diesen Aspekten mehr Bedeutung beizumessen. Allerdings ist es hierzu von Nöten, den Lehrpersonen im Rahmen von Fortbildungen das Wissen darüber zu vermitteln, wie sie sowohl experimentelle Fähigkeiten als auch die Selbstregulationskompetenz der Schülerinnen und Schüler fördern können. Jedoch ergibt sich an dieser Stelle die Problematik, dass nachgewiesenermaßen die Inhalte einer Fortbildung nur schwer in den Regelunterricht durch die Lehrpersonen integriert werden können, vor allem dann, wenn es sich um kurze Fortbildungen handelt (Lipowski, 2010; 2012; Werth et al., 2012).

3.9 Zusammenfassung & Fazit

Das vorausgegangene Kapitel 3 umfasst einige Bedingungsfaktoren, die auf unterschiedliche Art und Weise hilfreich zur Förderung experimenteller Fähigkeiten sein können.

Einführend erfolgte eine Darstellung darüber, dass aufgrund des fehlenden Interesses der Schülerinnen und Schüler am Naturwissenschaftsunterricht gestaltete Lernumgebungen eingesetzt werden sollten, da diese einerseits das Interesse fördern und andererseits die Schülerinnen und Schüler darin unterstützen, strategisch zu arbeiten und somit ihr Wissen anzuwenden und neues Wissen zu erlangen (Apedoe & Schrunn, 2012). Allerdings kommt hierbei die Frage auf, ob gestaltete Lernumgebungen einen sinnvollen Einzug in den naturwissenschaftlichen Unterricht finden können (Armstrong & Casement, 1998).

Zur Förderung experimenteller Fähigkeiten wurden sowohl computerbasierte als auch reale Lernumgebungen erstellt (Nijoo & de Jong, 1993; Wichmann & Leutner, 2009; White & Frederiksen, 1998). Beide Medien fokussieren Aspekte experimenteller Fähigkeiten und haben ihre eigenen Vor- und Nachteile. Da das Ziel jedoch sein sollte,

das Konglomerat an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten zu fördern, schlugen Zacharia und Olympiou (2011) vor, beide Medien miteinander zu kombinieren.

Computerbasierte Lernumgebungen haben eine multirepräsentationale Natur, welche den Schülerinnen und Schülern hilft, Sachverhalte umfassender zu verstehen (Olympiou & Zacharia, 2012). Hingegen ist die Physikalität der Gegenstände ein Vorteil der realen Lernumgebungen. Durch die Bildung physikalischer Artefakte lernen die Schülerinnen und Schüler mit naturwissenschaftlichen Instrumenten umzugehen und reale Daten zu sammeln, aufzuzeichnen und zu analysieren (Olympiou & Zacharia, 2012). Diese jeweiligen Vorteile jedes Lernumgebungsmediums verdeutlichen die Notwendigkeit der Kombination beider Medien, um umfassend experimentelle Fähigkeiten zu fördern. Bisweilen ist keine Lösung vorhanden, die beschreibt, in welcher Reihenfolge die beiden Lernumgebungsmedien kombiniert werden sollen, damit der Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler am größten ist (Zacharia et al., 2008). Allerdings konnte theoretisch hergeleitet werden, dass es sinnvoll erscheint, zunächst an einer strukturierten, inhaltlich eingeschränkten computerbasierten Lernumgebung zu lernen, um anschließend an einer realen Lernumgebung weiter zu explorieren und fachhandwerkliche Fähigkeiten zu erlangen. Es erscheint am lernwirksamsten, beide Lernumgebungsmedien als Experimentfolge miteinander zu kombinieren.

Auch die Selbstregulation spielt eine Rolle in der Diskussion um die bestmögliche Förderung experimenteller Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern. Das selbstregulierte Experimentieren ist hierbei von zentraler Bedeutung. Bei diesem selbstregulierten Experimentieren liegen zu Beginn des Experimentierzyklus nicht alle lernrelevanten Informationen vor (Wirth & Leutner, 2008), weswegen die Schülerinnen und Schüler sich die Informationen durch eine Interaktion mit der Lernumgebung generieren müssen (Thillmann, 2008). Thillmann (2008) beschreibt, dass die Schülerinnen und Schüler während des Lernprozesses darin unterstützt werden sollten, die notwendigen Strategien, die zum selbstregulierten Experimentieren notwendig sind, zu erlernen, was beispielsweise durch Strukturierungstrainings (wie das von Wahser, 2008) geschehen kann. Das Strukturierungstraining von Wahser (2008) unterstützt die Lerner dabei, den Drei-Schritt eines Experimentes zu verstehen und beim Experimentieren korrekt vorzugehen. Das Strukturierungstraining basiert auf einer Strukturierungshilfe, die mit Hinweisen zur erleichterten Vermittlung für die Lehrpersonen unterfüttert wurde (*IES-Arbeitsprozess*).

Die letzte und womöglich wichtigste Möglichkeit zur Förderung experimenteller Fähigkeiten ist in der Lehrperson verankert. Lehrpersonen verfügen über Unterrichtskonzeptionen und Unterrichtsstile, die nicht unbedingt dienlich in Bezug auf die Förderung experimenteller Fähigkeiten und Selbstregulationskompetenzen sind (Syer et al., 2012). Allerdings enden Lehrerfortbildungen häufig mit nur geringem Erfolg und Umdenken bei den Lehrpersonen (Lipowski, 2010).

Sowohl computerbasierte als auch reale Lernumgebungen, vor allem kombiniert eingesetzt, können zur Förderung der experimentellen Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern hilfreich sein. Allerdings gibt es aufgrund von Bedingungsfaktoren wie Selbstregulationskompetenz, Strukturierungswissen und mangelnden Umsetzungsmöglichkeiten der Lehrpersonen viele Aspekte, die bei der Planung eines Programms zur Förderung experimenteller Fähigkeiten zu beachten sind.

Theoretische Herleitung: Praktische Relevanz

4 Der Transfer vom Labor in den Regelunterricht

Die praktische Relevanz dieser Arbeit zeichnet sich dadurch aus, dass durch die Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht (Kapitel 10) versucht wird, Wissen, das durch Grundlagenforschung gewonnen wurde, also eine Innovation, in den Regelunterricht zu transferieren. Zunächst sollen die Begrifflichkeiten definiert werden, die in diesem Zusammenhang fallen. Dies sind Innovation, Implementation und Transfer.

Generell wird unter dem Begriff Innovation

„eine soziale Aktivität [verstanden], die Veränderungen auf vier Dimensionen anstrebt: Verändert werden sollen Praktiken, das Wissen und die Einstellungen, die diesen Praktiken unterlegt sind, deren materielle Aspekte, sowie die sozialen und organisationalen Strukturen, in die diese Praktiken eingebettet sind und die ihrerseits wieder mit einem System von Ressourcen, Markt und Sanktionen/ Graftaktionen assoziiert sind (vgl. Altricher/Posch, 1996)“ (Altricher & Wiesinger, 2005, S. 4).

Von Implementation wird hingegen gesprochen, „wenn eine Neuerung an einem angezielten sozialen Ort aufgenommen und in dafür vorgesehene Situationen nach und nach als Standardpraktik übernommen wird“ (Altricher & Wiesinger, 2005, S. 4). Hingegen beschreiben Reinmann und Vohle (2004) den Begriff der Implementation folgendermaßen: „Implementation heißt zunächst einmal nichts anderes als ‚Einführung‘“ (Reinmann & Vohle, 2004, S. 234). Die Autoren beschreiben, beziehungsweise auf das Wissensmanagement, dass es sich um die Einführung oder die Anwendung von Modellen und Instrumenten in die Praxis handelt. Die beiden Definitionen unterscheiden sich dahingehend, dass die Definition von Altricher und Wiesinger (2005) einen Schritt weiter geht als die von Reinmann und Vohle (2004) und unter dem Begriff Implementation die Auf- und Übernahme der Neuerung in die Praxis verstanden wird. Reinmann und Vohle (2004) sehen es lediglich als eine Einführung oder Anwendung in der Praxis an. Der Begriff der Implementation lehnt sich in dieser Arbeit an die Definition von Reinmann und Vohle (2004) an. Von der Innovation ist die Implementation dahingehend abzugrenzen, als dass die Neuerung einen sozialen Aspekt innehat. Unter Transfer versteht sich die Verbreitung des wissenschaftlichen Wissens in die Praxis (Gräsel, 2010), somit die Einführung der Innovation oder Neuerung in die

Praxis. Gräsel (2010) führt vier Merkmale auf, die den Transfer im Bildungsbereich beeinflussen. Diese zentralen Merkmale werden im Folgenden zusammengefasst dargestellt.

Merkmale der Innovation selbst: Die Art der Innovation ist ausschlaggebend für ihre Akzeptanz. Leicht transferierbare Innovationen beispielsweise haben entweder einen relativen Vorteil für die Lehrpersonen gegenüber der Praxis oder sie stehen in Zusammenhang mit den Werten und Überzeugungen der jeweiligen Lehrperson beziehungsweise Schule oder sind von geringer Komplexität.

Merkmale der Lehrerinnen und Lehrer: Motivation gegenüber der Innovation ist von Bedeutung, ebenso wie die Überzeugung, dass die Innovation den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler positiv beeinflussen kann.

Merkmale der Einzelschule: Die Unterstützung der Schulleitung wirkt sich fördernd auf Lehrpersonen, Schülerinnen und Schüler sowie die Eltern aus. Ebenso kann die Kooperation im Kollegium ein positiver Faktor zur Beeinflussung der Innovation sein.

Merkmale des Umfeldes und der Transferunterstützung: Schulübergreifende Netzwerke sind von Vorteil, ebenso wie eine gute Stabilität des Umfeldes. Vor allem sind aber Lehrerfortbildungen über die Innovation wichtig für deren Verbreitung.

Das Ziel von Implementation ist, Veränderungen (im Bildungswesen) anzustreben. Die Veränderungen können nach Euler (2003) auf drei Ebenen ansetzen (aus Ertl & Kremer, 2005a):

1. Makroebene: Beispielsweise Reformen der Lehrerbildung, mögliche Ausbildungsplatzabgaben, Novellierung von gesetzlichen Grundlagen wie das Hochschulrahmengesetz oder das Berufsbildungsgesetz.
2. Mesoebene: Beispielsweise die Teilautonomie von Schulen als Kernelemente einer nachhaltigen Schulentwicklung, damit verbunden die Veränderung der Rolle der Schulaufsicht, die Entwicklung regionaler und lokaler Bildungsnetzwerke oder eine verbesserte Zusammenarbeit von Lernorten.
3. Mikroebene: Beispielsweise die Methodik (z.B. Handlungsorientierung, e-learning, problemzentriertes Lernen), das Curriculum (z. B. lernfeldstrukturierte Lehrpläne, Kompetenzorientierung, Modularisierung) oder Prüfungen (z.B. gestreckte, praxisorientierte Abschlussprüfungen).

Eine Herangehensweise an eine Implementation ist die so genannte *Top-down-Strategie* (Gräsel & Parchmann, 2004). Selbige Autorinnen beschreiben, dass *Top-down* dabei von „oben“ nach „unten“ bedeutet. Dieses wird nach Euler (2001, in Gräsel & Parchmann, 2004) als Machtstrategie bezeichnet. Hierbei wird die Innovation von einer außenstehenden Instanz/ Person angeregt und/ oder durchgeführt. Diese Instanz oder Person legt die Ziele, die Methoden und die Erfolgskriterien fest (Gräsel & Parchmann, 2004). Gräsel und Parchmann (2004) beschreiben weiter, dass beispielsweise Wissenschaftler die Innovation erarbeiten und über Fortbildungen in die Praxis umsetzen, was wiederum nach Euler (2001, in Gräsel & Parchmann, 2004) als rational-empirische Strategie benannt wurde. Die Innovation gilt als erfolgreich, wenn die Neuerungen im Unterricht nach Möglichkeit umgesetzt werden und es nur marginale Veränderungen bei der Umsetzung gab (Gräsel & Parchmann, 2004). Für die Umsetzung der Innovation steht fest, dass die Haltung der Lehrpersonen gegenüber der Innovation, wie auch ihre Überzeugungen für das Gelingen der Innovation, also deren Implementation, von zentraler Bedeutung sind (Gräsel & Parchmann, 2004). Diese Aussage ist übereinstimmend mit der von Gruber und Leutner (2003), dass kompetente Lehrpersonen schlussendlich die Multiplikatoren von Innovationen sind.

Ertl und Krämer (2005b) beschreiben, dass sich in der Literatur zu Innovation selten umfassende Betrachtungen des Umgangs mit Innovationen im schulischen Kontext finden lassen. „Innovationspotenziale von Modellversuchen in der beruflichen Bildung werden immer wieder diskutiert, weitgehend aber ohne gezielt auf die Auswirkungen und Anforderungen an die Lehrkräfte einzugehen“ (Ertl & Krämer, 2005b, S. 47). Sie beschreiben weiter, dass die Thematik der Innovationen für den schulischen Bereich zwar bearbeitet wird, allerdings nur wenig konzeptionell und theoriegeleitet untersucht wird.

Gräsel (2010) beanstandet, dass Forschungsprojekte in ihrer Zielbeschreibung angeben, Innovationen für die pädagogische Praxis herzustellen. In der Diskussion der Forschungsprojekte, beispielsweise in einer Veröffentlichung, wird schließlich aufgeführt, wo die Praxisrelevanz des durchgeführten Projektes liegt. Jedoch gelangt die Innovation in den seltensten Fällen in die Praxis, was dem Vorwurf an die Forschung „die Qualität des Bildungssystems, der Schulen und des Unterrichts nur unzureichend zu beeinflussen“ (Gräsel, 2010, S. 8) gerecht wird. Stark (2004) greift diese Problematik ebenfalls auf und spricht von einer Theorie-Praxis-Kluft.

Das großangelegte Programm SINUS-Transfer will dieser Theorie-Praxis-Kluft entgegenwirken (www.sinus-transfer.de). SINUS steht für „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Der Hintergrund des Programms war es, Ergebnisse und Strukturen, die aus dem vorangegangenen Projekt SINUS gewonnen wurden, weiterzuentwickeln und diese in größerem Umfang zu verbreiten. Die Autoren der Internetpräsenz beschreiben, dass sich ein wirksamer Transferprozess nicht von selbst einstellt. Er sei fast so aufwändig wie der vorangegangene Entwicklungs- und Erprobungsprozess. Es werden einige Aspekte aufgeführt, die bei der Transfergestaltung berücksichtigt werden sollten. So werden Transferprozesse als Auswahl- und Anpassungsprozesse beschrieben, welche auf die Bedarfssituation der Adressaten aufbauen sollten. Auf der Internetpräsenz des Programms SINUS-Transfer sind Module und Materialien für Lehrkräfte bereitgestellt, die Anwendung im Unterricht finden können. Allerdings sind dort keine Hinweise auf die Wirksamkeit des Programms zu finden.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) begann im Jahr 2010 schwerpunktmäßig Projekte zu fördern, die unter dem Begriff des Erkenntnistransfers fallen, und versucht damit, der benannten Theorie-Praxis-Kluft entgegenzuwirken. Die DFG beschreibt auf ihrer Internetpräsenz (www.dfg.de), dass in der Wissenschaft stets neue Erkenntnisse gewonnen werden, die für die Wirtschaft oder den öffentlichen Bereich nützlich sein könnten. Bislang beschränkt sich die gezielte Förderung dieses Erkenntnistransfers demnach jedoch auf die ingenieurwissenschaftlichen Fächer und somit bleibt in den anderen Fächern großes Potenzial für Innovationen ungenutzt. Um neue Impulse für die Grundlagenforschung zu erlangen, wird dieser Bereich stärker gefördert. Hierdurch soll das Bewusstsein für den Erkenntnistransfer in der Wissenschaft geschärft werden und es wird Unterstützung bei der Planung und Umsetzung von Transferprojekten angeboten (www.dfg.de).

Vor allem die Tatsache, dass die Deutsche Forschungsgemeinschaft Projekte im Bereich des Erkenntnistransfers schwerpunktmäßig fördert, zeigt auf, wie notwendig die Übertragung von Wissen, das durch Grundlagenforschung gewonnen wird, in die Praxis ist. Die Forschungsförderung der DFG betrifft alle Disziplinen. Das Beispiel eines Transferprogramms, das vorgestellte Programm SINUS-Transfer aus der Bildungsforschung, zeigt auf, dass die Umsetzung möglich ist und bestätigt, dass in diesem Bereich Handlungsbedarf besteht. Dies untermauert das Zitat: „Implementation

ist eine verkannte Aufgabe und gerade deshalb ein Thema der Zukunft“ (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998, S. 294). Sechs Jahre später beschreiben Gräsel und Parchmann (2004), dass ein deutliches Defizit in der Implementationsforschung besteht, dies vor allem dahingehend, dass Informationen, beispielsweise darüber, welche Faktoren Implementationen positiv oder negativ beeinflussen können, fehlen.

Die Ausführungen dieses Kapitels stellen dar, dass eine Theorie-Praxis-Kluft herrscht. Der Transfer beziehungsweise die Implementation von Innovationen findet zu selten statt. Es sind Hinweise aus der Literatur vorhanden, wie eine Implementation theoretisch auszusehen und stattzufinden hat, allerdings gibt es keine bekannten Hinweise darüber, wie die Implementationen oder der Transfer in die Praxis stattfinden kann.

5 Fragestellungen

Das hiesige Promotionsvorhaben hat zum Ziel, das Konglomerat an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten durch eine Kombination von computerbasierten und realen Lernumgebungen zu fördern und zusätzlich einen Transfer der hierzu betriebenen Grundlagenforschung in den Regelunterricht herzustellen. Zur Erreichung dieser Ziele gilt es im Folgenden, die Fragestellungen mit Rückbezug auf die vorangegangene theoretische Herleitung zu konkretisieren und zu definieren.

Apedoe & Schrunn (2012) führen an, dass gestaltete Lernumgebungen das mangelnde Interesse von Schülerinnen und Schülern am Naturwissenschaftsunterricht fördern können und sie darin unterstützen, strategisch zu arbeiten, ihr Wissen anzuwenden sowie neues Wissen zu generieren. Gestaltete Lernumgebungen, sowohl reale als auch computerbasierte, werden zur Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts erstellt, um zentrale Aspekte experimenteller Fähigkeiten zu fördern (Chen & Klahr, 1999). Kapitel 3 stellte bereits heraus, dass es realisierbar ist, experimentelle Fähigkeiten nachweislich im Unterricht zu fördern. Bislang geschah diese Förderung entweder ausschließlich mittels realer Lernumgebungen oder ausschließlich mittels computerbasierter Lernumgebungen (Zacharia & Olympiou, 2011). Es gab positive Versuche, innerhalb eines Experimentes das Lernumgebungsmedium zu wechseln, jedoch fordern Zacharia und Olympiou (2011), dass es zur verbesserten Förderung notwendig sei, beide Lernumgebungsmedien in einer kompletten Serie an Experimenten, also einer Experimentfolge, zu präsentieren. Allerdings beschreiben sie weiter, dass es bislang keine Hinweise darauf gibt, in welcher Kombinationsreihenfolge die Lernumgebungsmedien geschaltet werden sollen, um das konzeptuelle Verständnis von Schülerinnen und Schülern zu fördern (Zacharia, 2007). Ein weiterer Vorteil, der aus der Kombination beider Lernumgebungen entsteht, ergibt sich aus den Ausführungen der Kapitel 3.2, 3.3, 3.4 und 3.5, nämlich der, dass beide Lernumgebungsmedien ihre eigenen Vor- und Nachteile inne haben und die jeweiligen Nachteile durch die Kombination beider aufgehoben werden können (Olympiou & Zacharia, 2012). Dies geht mit der Empfehlung von Rutten et al. (2012) einher, dass computerbasierte Lernumgebungen dazu genutzt werden sollen, reale Lernumgebungen zu ergänzen. Auch Jaakkola et al. (2011) führen mehrere Gründe auf, die es

befürworten, computerbasierte und reale Lernumgebungen miteinander zu kombinieren, allerdings geben auch sie keinen Hinweis auf die lernförderlichste Kombinationsreihenfolge. Es gibt lediglich aus der Theorie abgeleitete Hinweise, dass es sinnvoll erscheint, zunächst an einer computerbasierten und anschließend an einer realen Lernumgebung zu lernen. Aus diesem Desiderat ergibt sich die erste Forschungsfrage dieses Promotionsvorhabens:

- 1. Lässt sich eine Kombinationsreihenfolge von computerbasierten und realen Lernumgebungen herausstellen, die im Hinblick auf die Förderung experimenteller Fähigkeiten lernförderlicher ist als die anderen möglichen Kombinationsreihenfolgen?*

Die Beantwortung der ersten Fragestellung kann durch eine Studie unter Laborbedingungen stattfinden. Neben dem Herausstellen der lernförderlichsten Kombinationsreihenfolge beider Lernumgebungsmedien ist ein weiteres Ziel dieser Arbeit zu überprüfen, ob es möglich ist, die gewonnenen Erkenntnisse in den Regelunterricht zu transferieren. Zur Erreichung dieses Ziels kann die durch die erste Forschungsfrage gefundene lernförderlichste Kombinationsreihenfolge genutzt werden. Allerdings ist es an dieser Stelle notwendig zu wissen, dass Regelunterricht sich von Laborbedingungen dahingehend unterscheidet, dass die Vermittlung nicht durch Testleiter in der Schule stattfindet, sondern durch die Lehrpersonen. Dieser Transferversuch soll der Forderung, die Theorie-Praxis-Kluft zu verringern, ein Stück weit nachkommen. Demnach soll schließlich die zweite Forschungsfrage beantwortet werden:

- 2. Ist es möglich, die unter Forschungsfrage 1 herausgestellte bestmögliche Kombinationsreihenfolge durch die Lehrpersonen im Regelunterricht einsetzen und anwenden zu lassen, so dass die Schülerinnen und Schüler einen Lernerfolg aufweisen?*

Empirischer Teil

6 Beschreibung der Lernumgebungen

In diesem Projekt wurden eine computerbasierte Lernumgebung sowie eine reale Lernumgebung als Material gewählt, um naturwissenschaftliche Arbeitsweisen und somit das Konglomerat an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten zu fördern. Im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) innerhalb des Graduiertenkollegs und der Forschergruppe nwu-essen geförderten Projektes „Diagnose und Förderung von Lernprozessen im naturwissenschaftlichen Unterricht“ wurde die computerbasierte Lernumgebung zum physikalischen Thema *Auftrieb in Flüssigkeiten* in enger Kooperation von Mitarbeitern der Lernpsychologie und der Physikdidaktik in der ersten Projektphase erstellt (siehe hierzu: Künsting, 2007; Thillmann, 2008; Wirth, Thillmann, Künsting, Fischer, & Leutner, 2008). Diese computerbasierte Lernumgebung wurde in einer zweiten Projektphase optimiert und modifiziert (siehe hierzu: Gößling, 2010; Marschner, 2011). Sie wurde nach testtheoretischen, lernpsychologischen und fachdidaktischen Kriterien entwickelt (Marschner, 2011). Anhand der vorhandenen computerbasierten Lernumgebung aus den ersten beiden Projektphasen wurde in dieser dritten Projektphase eine reale Lernumgebung zu selbigem Inhalt möglichst analog zur bestehenden computerbasierten Lernumgebung nachgebaut. Beide Lernumgebungen wurden in den empirischen Studien der vorliegenden Arbeit verwendet, um alle Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten fördern zu können. Bei der Entwicklung beider Lernumgebungen wurde das Ziel verfolgt, dass Lerner selbstgesteuert Hypothesen generieren, Experimente eigenständig durchführen und Schlussfolgerungen ziehen können. Dies ermöglicht Schülerinnen und Schülern, Zusammenhänge zwischen Konzepten und Inhaltsbereichen zu eruieren (Marschner, 2011).

Im Folgenden wird zunächst die computerbasierte Lernumgebung umfassend beschrieben und anschließend die reale Lernumgebung dargestellt.

6.1 Computerbasierte Lernumgebung *Auftrieb in Flüssigkeiten*

Der Inhaltsbereich *Auftrieb in Flüssigkeiten* wurde gewählt, da er Teil des Curriculums für das Fach Physik in der Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen ist. In der 8.

Jahrgangsstufe – der hier untersuchten Stichprobe – ist davon auszugehen, dass das Themengebiet noch nicht behandelt wurde und die Schülerinnen und Schüler somit kein schulisches Vorwissen zu diesem Inhaltsbereich haben (Thillmann, 2008). Der Inhaltsbereich eignet sich zudem, da er ausschließlich lineare Beziehungen zwischen Variablen umfasst (siehe auch Marschner, 2011; Thillmann, 2008).

6.1.1 Aufbau der computerbasierten Lernumgebung

Die computerbasierte Lernumgebung zum *Auftrieb in Flüssigkeiten* wurde nach den Prinzipien des *Scientific Discovery as Dual Search (SDDS)*-Modells von Klahr und Dunbar (1988) entwickelt. Wie in Kapitel 2.4.1 ausgeführt, besagt das Modell, dass strategisch gutes Experimentieren als eine Interaktion zwischen zwei Räumen anzusehen ist. Der erste Raum ist der Hypothesenraum und der zweite der Experimenterraum. Nach dem SDDS-Modell sollen beide Räume simultan repräsentiert sein. In der genutzten computerbasierten Lernumgebung ist der Hypothesenraum in Form eines grafischen Tools, dem Notizblock (siehe Abbildung 5 rechts), und der Experimenterraum in Form eines simulierten Labors (siehe Abbildung 5 links) dargestellt (vgl. Göbbling, 2010; Marschner, 2011).

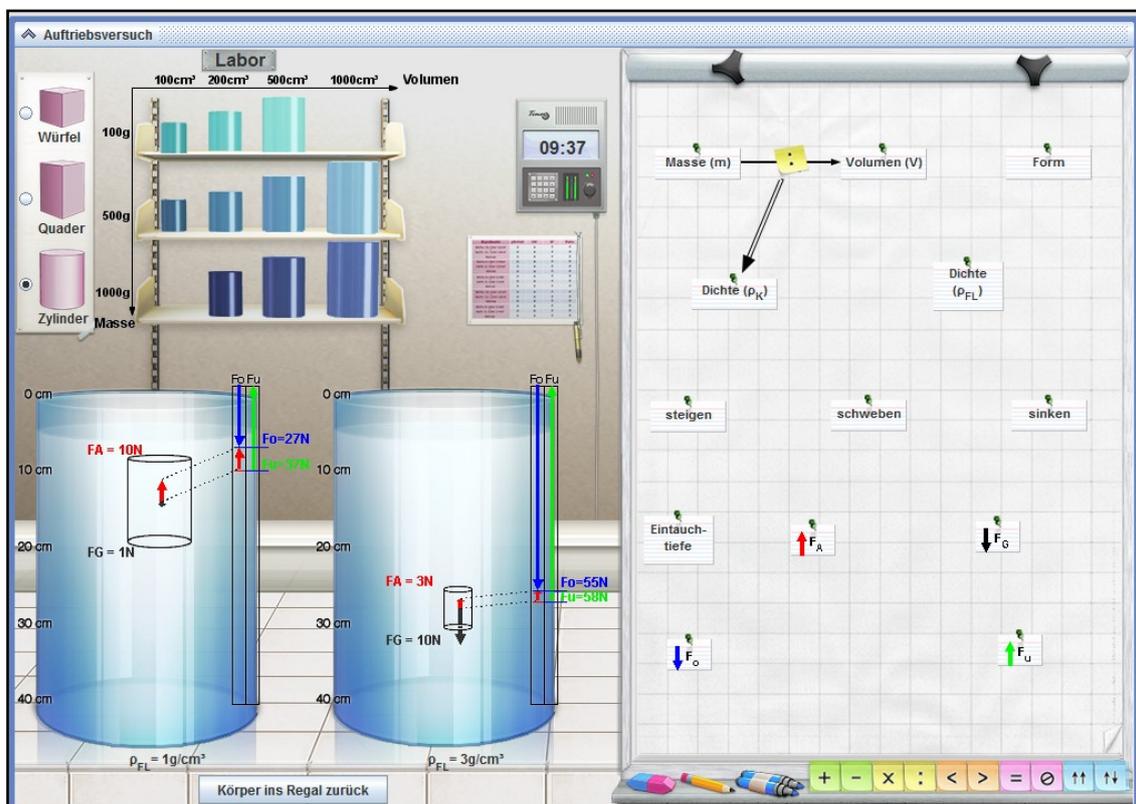


Abbildung 5 Screenshot der computerbasierten Lernumgebung *Auftrieb in Flüssigkeiten*

Der Notizblock erfüllt diverse Funktionen. Zum einen dient er der Unterstützung von hypothesengeleitetem Experimentieren und zum anderen der Organisation von Wissen. Dies ist sichergestellt, da die Zusammenhänge zwischen Variablen dargestellt werden können. Wie auch Marschner (2011) beschreibt, ist diese grafische Darstellung gleichzeitig eine externe Repräsentation des Wissens und somit eine Entlastung des Arbeitsgedächtnisses (Baddley, 1992).

Im Labor sind, wie Abbildung 5 zeigt, zwei gleich große Gefäße vorhanden, wobei das linke Gefäß mit Süßwasser gefüllt ist und das rechte mit Salzwasser. Die Dichte des Süßwassergefäßes beträgt $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$ und die des Salzwassergefäßes $\rho = 3 \text{ g/cm}^3$. Die Informationen zur Dichte sind unterhalb der Gefäße angegeben. Beide Gefäße haben links Angaben zur Wassertiefe durch eine Skala von 0 bis 40 cm in 10-cm-Schritten. Auf der jeweils rechten Seite findet sich eine Anzeige für die Kraft F_O , welche von oben auf einen Körper wirkt, und die Kraft F_U , welche von unten auf einen Körper im Wasser wirkt.

Oberhalb der Gefäße befinden sich drei Regalböden, auf denen jeweils vier Körper stehen, die von links nach rechts zwar größer werden, aber jeweils die gleiche Masse besitzen und in ihrem Volumen von 100 cm^3 über 200 cm^3 über 500 cm^3 bis hin zu 1000 cm^3 zunehmen. Die jeweils untereinanderstehenden Körper nehmen in ihrer Masse zu, von 100 g über 500 g bis hin zu 1000 g. Eine Übersicht, inklusive der Angaben der jeweiligen Dichten der Körper, befindet sich in Tabelle 4. Die drei je untereinanderstehenden Körper haben die gleiche Größe – also das gleiche Volumen, aber jeweils unterschiedliche Massen. Durch das Berühren der Körper mit der Maus wird die jeweilige Dichte des Körpers angezeigt. Links der Regalböden kann zwischen drei Körperarten ausgewählt werden: Würfel, Quader und Zylinder. Die unterschiedlichen Körperarten befinden sich im Labor, um das Schülerfehlkonzept, dass die Form eines Körpers Einfluss auf sein Verhalten im Wasser habe, aufzugreifen und experimentell überprüfbar zu machen (Duit, Widodo, & Wodzinski, 2007; Marschner, 2011).

Neben dem Regal befindet sich eine Zeitanzeige, die bei Beginn der Experimentphase startet und herunter zählt. Bei Beendigung der voreinstellbaren Zeit (beispielsweise in der Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge 20 Minuten) schließt sich das Labor. Unterhalb der Zeitanzeige, neben den Regalböden, ist eine

Tabelle zu finden, in welcher die vergangenen sechs Experimente inklusive deren Ergebnisse automatisch aufgelistet werden.

Wie bereits aufgeführt, ist neben dem Labor auf der zweiten Bildschirmhälfte ein Notizblock, welcher den Hypothesenraum des SDDS-Modells repräsentiert. Der Notizblock enthält bereits die Begrifflichkeiten (beispielsweise Dichte, Masse und Eintauchtiefe), die benötigt werden, um die explorierbaren Zusammenhänge darzustellen. Die Begriffe sind auf dem Notizblock mit der Maus verschiebbar. Am unteren Ende des Notizblockes befinden sich diverse Hilfsmittel, um die Zusammenhänge auf dem Notizblock darzustellen. Für eine genaue Darstellung der Inhalte des Notizblocks und deren Verwendung sei an dieser Stelle auf die Arbeiten von Gößling (2010) und Marschner (2011) verwiesen.

6.1.2 *Einführungs-Tutorial*

Bevor die Schülerinnen und Schüler mit der Experimentierphase beginnen können, erhalten sie zunächst ein Einführungs-Tutorial zur Bedienung des Labors und anschließend zur Bedienung des Notizblocks mit jeweils eingebauten kurzen Übungsphasen. Wie Gößling (2010) beschreibt, werden in den jeweiligen Einführungs-Tutorials sowohl auditive als auch visuelle Informationen gegeben, da dies eine Entlastung des Arbeitsgedächtnisses bietet (Mayer, 2009). Das Einführungs-Tutorial zum Labor enthält Animationen und geschriebene Texte, die gleichzeitig dargeboten werden. Es gibt hierbei die Möglichkeit, sich die Erläuterungen mehrfach anzusehen beziehungsweise anzuhören. Auch das Einführungs-Tutorial zum Notizblock bietet gleichzeitig Animationen und geschriebene Texte auf dem Bildschirm. Es beinhaltet Übungen, die die Schülerinnen und Schüler mit dem Umgang des Tools im Notizblock vertraut machen. Die Schülerinnen und Schüler können erst zum nächsten Schritt gelangen, wenn eine Übung korrekt gelöst wurde.

6.1.3 *Arbeiten mit der Lernumgebung*

Die Arbeit mit der computerbasierten Lernumgebung erfolgte in den für dieses Promotionsvorhaben durchgeführten Studien an Laptops, an welchen die Schülerinnen und Schüler stets in Dyaden arbeiteten. Während des Einführungs-Tutorials trugen sie Kopfhörer, die mit Y-Steckern miteinander verbunden waren.

Das Einführungs-Tutorial dauert in etwa 20 Minuten. Die genaue Dauer variiert je nach Wiederholungen und Umsetzungsdauer der Übungen der Schülerinnen und Schüler. Die Experimentphase im simulierten Labor ist auf eine Dauer von 20 Minuten voreingestellt.

Sobald die Experimentphase startet, können alle Elemente des Labors bedient werden. Alle Aktionen lassen sich per *drag-and-drop* mit der Maus des Laptops steuern. Beispielsweise kann ein gewünschter Körper angeklickt und in ein Gefäß gezogen werden. Sobald der Körper dort losgelassen wird, startet die Simulation und der Körper verhält sich gemäß seiner physikalischen Gesetze im Wasser. Gleichzeitig erscheinen an der rechten Seite des Gefäßes die Angaben zu F_G und F_U . Zudem erscheinen in Form von Pfeilen die Auftriebskraft F_A und die Gewichtskraft F_G des Körpers (siehe hierzu Abbildung 5).

Zur computerbasierten Lernumgebung erhalten die Schülerinnen und Schüler eine laminierte Informationskarte, welche auf dem Tisch vor dem Laptop bereit gelegt wird. Auf dieser Informationskarte befinden sich die wichtigsten, notwendigen Begrifflichkeiten und der Arbeitsauftrag: „Finde so viel wie möglich darüber heraus, wovon es abhängt, ob ein Körper in einer Flüssigkeit sinkt, schwebt oder steigt und berichte es mir anschließend!“, der den Schülerinnen und Schülern bereits im Einführungs-Tutorial genannt wurde.

6.2 Reale Lernumgebung *Auftrieb in Flüssigkeiten*

Die reale Lernumgebung zum *Auftrieb in Flüssigkeiten* ist ein analoger Nachbau der bereits vorgestellten computerbasierten Lernumgebung zum selben Thema. Das Ziel dieses Nachbaues war es, die Lernumgebung sowohl optisch als auch gemäß der physikalischen Gesetzmäßigkeiten so ähnlich wie möglich zu gestalten, so dass die Schülerinnen und Schüler inhaltlich dieselben Lerngelegenheiten erhalten. Die Idee zur Erstellung der realen Lernumgebung entsprang einer hier nicht vorgestellten Studie, die in Kooperation mit der Chemiedidaktik der Universität Duisburg-Essen stattfand (Bergs & Walpuski, 2012). Als Vorlage zur Erstellung dienten Interaktionsboxen, wie sie beispielsweise bei Walpuski (2006) zur Anwendung kamen.

6.2.1 Aufbau der realen Lernumgebung

Die reale Lernumgebung wurde etwas simplifiziert, da der Inhaltsbereich der computerbasierten Lernumgebung sehr komplex ist und sich dieser in der Realität nicht in der gleichen Zeit eruieren lässt. Beispielsweise kann in der Realität keine automatisch generierte Anzeige der gemessenen Kräfte nachgestellt werden und es ist hier nicht möglich, mithilfe von wenigen Klicks den Notizblock zu bearbeiten. Stattdessen müssen Kräfte abgelesen und notiert werden und ebenso müssen im Notizblock Pfeile selbst gezeichnet und beschriftet werden. Aufgrund dessen wurden nicht alle 36 in der computerbasierten Lernumgebung angebotenen Körper nachgebaut, sondern nur 12 davon. Hierbei handelt es sich um 12 Zylinder, die, wie Abbildung 6 zeigt, sowohl optisch als auch was Masse und Volumen betrifft, so ähnlich wie möglich rekonstruiert wurden.



Abbildung 6 Reale Lernumgebung zum Auftrieb in Flüssigkeiten

Die 12 Körper besitzen eine unterschiedliche Masse, ein unterschiedliches Volumen und somit auch eine unterschiedliche Dichte. Es gibt vier verschiedene Größen (Volumina) mit jeweils drei unterschiedlichen Massen. Tabelle 4 stellt in einer Übersicht die Verteilung dar. In dieser Tabelle 4 befindet sich zusätzlich neben der

Angabe der Dichte ein Pfeil, der anzeigt, wie sich der jeweilige Körper im Wasser verhält. In jeder Lernumgebung gibt es je drei Körper mit der Dichte $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$, was der Dichte des destillierten Wassers entspricht und bedeutet, dass der Körper im destillierten Wasser schwebt. Körper, die eine geringere Dichte haben, steigen, diejenigen mit einer größeren Dichte sinken im Wasser.

Tabelle 4 Übersicht der Massen-, Volumina- und Dichteverteilungen in der computerbasierten und der realen Lernumgebung

Computerbasierte Lernumgebung „Auftrieb in Flüssigkeiten“				
g/cm^3	100 cm^3	200 cm^3	500 cm^3	1000 cm^3
100 g	$1,00 \text{ g/cm}^3$ ↔	$0,50 \text{ g/cm}^3$ ↑	$0,20 \text{ g/cm}^3$ ↑	$0,10 \text{ g/cm}^3$ ↑
500 g	$5,00 \text{ g/cm}^3$ ↓	$2,50 \text{ g/cm}^3$ ↓	$1,00 \text{ g/cm}^3$ ↔	$0,50 \text{ g/cm}^3$ ↑
1000 g	$10,00 \text{ g/cm}^3$ ↓	$5,00 \text{ g/cm}^3$ ↓	$3,00 \text{ g/cm}^3$ ↓	$1,00 \text{ g/cm}^3$ ↔
Reale Lernumgebung „Auftrieb in Flüssigkeiten“				
g/cm^3	75 cm^3	90 cm^3	115 cm^3	161 cm^3
75 g	$1,00 \text{ g/cm}^3$ ↔	$0,83 \text{ g/cm}^3$ ↑	$0,65 \text{ g/cm}^3$ ↑	$0,47 \text{ g/cm}^3$ ↑
90 g	$1,20 \text{ g/cm}^3$ ↓	$1,00 \text{ g/cm}^3$ ↔	$0,78 \text{ g/cm}^3$ ↑	$0,56 \text{ g/cm}^3$ ↑
115 g	$1,53 \text{ g/cm}^3$ ↓	$1,28 \text{ g/cm}^3$ ↓	$1,00 \text{ g/cm}^3$ ↔	$0,71 \text{ g/cm}^3$ ↑

Legende: ↔ = schweben, ↓ = sinken, ↑ = steigen

Auf jedem Körper ist ein Klebeschild angebracht, auf welchem die jeweilige Masse, das Volumen und die Dichte abzulesen sind. Die Körper sind fest verklebt, so dass sich der Inhalt (Sand, Blei und Watte) nicht ändert beziehungsweise damit kein Wasser in den Körper gelangen kann. Auf den Körpern sind Ösen angebracht, so dass die Schülerinnen und Schüler mit dem dazugehörigen Federkraftmesser die Gewichtskraft ablesen können. Die Lernumgebungen wurden als Klassensätze produziert und jeder Klassensatz besteht aus acht gleichen Lernumgebungen, die neben den 12 Körpern jeweils zwei Gefäße enthalten, wobei eines für Salzwasser und das andere für destilliertes Wasser bestimmt ist. Des Weiteren ist je ein Federkraftmesser, ein Salzpaket und ein laminiertes Informationsblatt (das gleiche wie auch in der computerbasierten Lernumgebung, allerdings mit einigen zusätzlichen Hinweisen, die speziell für den Umgang mit der realen Lernumgebung wichtig sind) vorhanden. Für die Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge (siehe Kapitel 8) wurde als Notizblock ein *White-Board* benutzt. Wie Abbildung 7 zeigt, wurden hierbei die Begriffe, die in der computerbasierten Lernumgebung auf dem Notizblock vorgegeben

sind, als magnetische, laminierte Schriftzüge dazugegeben und ein *White-Board-Marker*. In der Studie zu den Fördermöglichkeiten im Regelunterricht (siehe Kapitel 10) wurde, wie in Abbildung 6 ersichtlich ist, ein Screenshot des Notizblockes der computerbasierten Lernumgebung als laminiertes Blatt beigefügt und ein Folienstift.

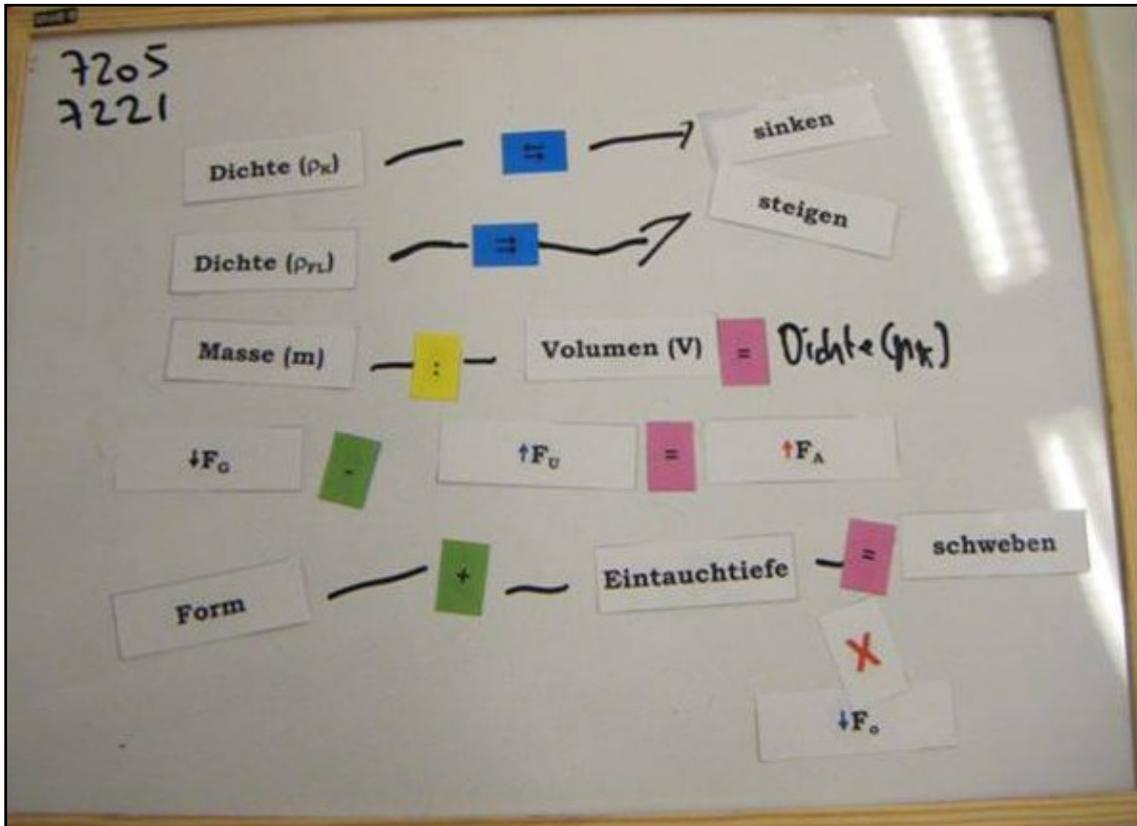


Abbildung 7 Notizblock der realen Lernumgebung

6.2.2 Einführungs-Tutorial

Für die reale Lernumgebung wurde anstelle des animierten Einführungs-Tutorials der computerbasierten Lernumgebung ein Film gedreht. Dieser Film vermittelt die Inhalte des Einführungs-Tutorials der computerbasierten Lernumgebung, jedoch hier nicht die Handhabung des Labors, sondern die Handhabung der realen Geräten. In dem Film sind zwei Personen zu sehen, die verbal und visuell an einer Tafel im Hintergrund beziehungsweise durch Handlungen den Inhalt vermitteln. Das Einführungs-Tutorial ist interaktiv, was bedeutet, dass die Schülerinnen und Schüler aufgefordert werden, Dinge auf ihrem *White-Board* einzuzeichnen. Da einige Inhalte in der Realität und somit in der realen Lernumgebung anders sind, wurden diese Szenen ausgetauscht. Beispielsweise wird im Video die Bedienung des Federkraftmessers an der Stelle vorgestellt, an welcher im Einführungs-Tutorial der computerbasierten Lernumgebung die Anzeige der

wirkenden Kräfte im simulierten Labor vorgestellt wird. Das Einführungs-Tutorial dauert 20 Minuten.

6.2.3 *Arbeiten mit der Lernumgebung*

Die Arbeit mit der realen Lernumgebung erfolgt mit dem Inhalt der gerade vorgestellten Experimentierboxen. Die Schülerinnen und Schüler arbeiten in Gruppen von bis zu vier Personen.

Die Experimentphase mit der Lernumgebung wird nach Beendigung des Einführungs-Tutorials auf 20 Minuten festgelegt. Nun können die Schülerinnen und Schüler mit den vorhandenen Gegenständen explorieren. Der Arbeitsauftrag (gleicher wie bei computerbasierter Lernumgebung), der den Schülerinnen und Schülern bereits im Einführungs-Tutorial genannt wurde, ist, wie auch in der computerbasierten Lernumgebung, auf den bereitgestellten Informationskarten nachzulesen.

Da in der computerbasierten Lernumgebung die zuletzt durchgeführten Experimente automatisch angezeigt und somit sichtbar sind, wird den Schülerinnen und Schülern ein so genanntes Laborjournal ausgehändigt, in welches sie ihre Experimente und deren Ergebnisse eintragen können.

7 Instrumente zur Erfassung experimenteller Fähigkeiten

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, experimentelle Fähigkeiten umfassend, das heißt alle zugehörigen Teilkompetenzen einschließlich, zu fördern. Um die Förderung zu überprüfen beziehungsweise herauszustellen, inwieweit die eingesetzten Lernumgebungen lernförderlich in Bezug auf experimentelle Fähigkeiten sind, wurden mehrere papier-bleistiftbasierte Tests genutzt, die nachfolgend dargestellt werden. Nachdem die Skalen, die zur Erfassung der Kompetenzen experimenteller Fähigkeiten beschrieben wurden, wird der ebenfalls verwendete Fragebogen zur aktuellen Motivation vorgestellt.

7.1 Essener Experimentierstrategie-Wissenstest (EEST-2)

Der Essener Experimentierstrategie-Wissenstest (EEST) wurde von Thillmann (2008) mit dem Ziel entwickelt, das metakognitive Strategiewissen von Schülerinnen und Schülern im Bereich Experimentieren zu erfassen. Der EEST-2-Test ist eine von Marschner (2011) durchgeführte Adaption des ursprünglichen Tests. Der EEST-Test wie auch der EEST-2-Test wurden in dem Format des „Würzburger Lesestrategie-Wissenstests für die Klassen 7-12 (WLST)“ (Schlagmüller & Schneider, 2007) erstellt. Durch die konkrete Beschreibung von typischen Lernsituationen wird zunächst das Wissen der Schülerinnen und Schüler aktiviert. Anhand einer Vorgabe von Situationsbeschreibungen, die unterschiedlich gut zur Lernsituation passen, können diese die Angemessenheit der jeweiligen Situationsbeschreibungen mit Schulnoten von eins bis sechs bewerten.

Das Strategiewissen der Schülerinnen und Schüler wurde in dem hier beschriebenen Dissertationsvorhaben mit dem EEST-2-Test erhoben, der die Strategien des selbstständig entdeckenden Experimentierens erfasst (Göbling, 2010; Marschner, 2011; Thillmann, 2008). Der Test skizziert jeweils eine konkrete Experimentiersituation, auf die Schülerinnen und Schüler ihr Wissen über Experimentierstrategien theoretisch anwenden sollen.

Der EEST-2-Test beinhaltet Situationsbeschreibungen, die von den Schülerinnen und Schülern bewertet werden. Dazu gibt es zu jeder Situationsbeschreibung drei Items, die

die Schülerinnen und Schüler in Bezug auf die Situationsbeschreibung bewerten sollen (1 = beste Vorgehensweise, 2 = mittlere Vorgehensweise, 3 = schlechteste Vorgehensweise), um so eine Rangfolge aufzustellen. Das Antwortformat wurde im Vergleich zu den Vorgängerversionen, die entweder ein *Forced-Choice*-Format (Marschner, 2011) oder die Benotung auf einer 6-stufigen Notenskala (Thillmann, 2008) beinhalten, wie beschrieben in ein 3-stufiges Rangfolgensystem geändert. Die Änderung fand aus zwei Gründen statt. Der erste Grund lag in nicht ausreichend guten Ergebnissen die interne Konsistenz betreffend in einer in dieser Arbeit nicht erwähnten Vorläuferstudie (Bergs & Walpuski, 2012) und der andere Grund lag in schwachen Testkennwerten in der Version von Marschner (2011). Aus beschriebenen Gründen wurde schließlich das Antwortformat für die Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge, wie auch unter Kapitel 9 beschrieben, in ein dreistufiges Antwortformat geändert.

Der verwendete EEST-2-Test besteht aus sieben Situationsbeschreibungen mit jeweils drei Items. In Anlehnung an den Drei-Schritt eines Experimentes gibt es drei Situationsbeschreibungen, die die Idee/ Hypothese erfassen, und je zwei Situationsbeschreibungen, die das Experiment beziehungsweise die Schlussfolgerung skizzieren. Da der Test derart noch nicht eingesetzt wurde, werden an dieser Stelle keine Reliabilitäten beschrieben. Diese folgen bei der Darstellung des Tests in den jeweiligen Ergebnisdarstellungen. Eine beispielhafte Situationsbeschreibung des EEST-2 ist in Abbildung 8 dargestellt. Für jedes korrekt gelöste Item gibt es einen Punkt. Die erzielten Punkte aller Items werden addiert und durch die Gesamtzahl der Items dividiert, um den Gesamtscore zu erhalten.

Du möchtest durch Experimente herausfinden, ob sich die Raumtemperatur verändert, wenn die Kühlschranktür offen stehen bleibt.				
<i>Dir fallen folgende Vorgehensweisen ein, um die Frage zu beantworten. Kreuze an, welche Idee du am besten (1), am zweitbesten (2) und am schlechtesten (3) bewertest.</i>				
		1	2	3
4.1	Ich messe die Raumtemperatur bei offen stehender Kühlschranktür.			
4.2	Ich messe die Raumtemperatur vor und nach dem Öffnen der Kühlschranktür.			
4.3	Ich messe die Raumtemperatur mehrmals vor dem Öffnen und mehrmals nach dem Öffnen der Kühlschranktür.			

Abbildung 8 Beispielitem des EEST-2-Tests

7.2 Strukturierungstest (Struk)

Zur Erfassung des Strukturierungswissens beim Experimentieren wurde von Wahser (2008) der so genannte Strukturierungstest entwickelt.

Der Strukturierungstest besteht ursprünglich aus zwei Teilen. Hier kommt lediglich einer der beiden Teile zur Anwendung. Die Schülerinnen und Schüler sollen verschiedene Aussagen den Begriffen des Erkenntnisprozesses in den Naturwissenschaften zuordnen. Als Begriffe werden Idee, Experiment, Beobachtung und Schlussfolgerung angeboten und die Schülerinnen und Schüler sollen entscheiden, welchem Begriff sie die gestellte Aussage zuordnen. In der ursprünglichen Version gab es zusätzlich den Begriff des Problems; da dieser allerdings nicht zu den Lerninhalten der Lernumgebungen gehört, wurde die Option ausgelassen und die Aussagen, die diesen Begriff fokussierten, wurden abgeändert. Insgesamt besteht der Test aus 20 Items und ein Beispiel kann der Abbildung 9 entnommen werden. Die Reliabilitäten des Tests betragen bei Wahser und Sumfleth (2008) im Prätest $\alpha = .636$ und im Posttest $\alpha = .678$. Der Gesamtscore errechnet sich aus der Addition aller richtig gelösten Items, geteilt durch die Anzahl aller Items der Skala.

Im Folgenden siehst du verschiedene Aussagen. Kreuze an, ob es sich bei der Aussage um eine Idee, ein Experiment, eine Beobachtung oder um eine Schlussfolgerung handelt.					
<i>Bitte kreuze bei jeder Aussage nur eine Alternative an.</i>		Idee	Experiment	Beobachtung	Schlussfolgerung
1	Die Lösung wird erhitzt.				
2	Fettbrände dürfen nie mit Wasser gelöscht werden.				
3	Das Problem konnte gelöst werden.				

Abbildung 9 Beispielitems des Struk-Tests

7.3 Fachhandwerklicher-Fähigkeiten-Test (LabSkills)

Der LabSkills-Test wurde innerhalb des hiesigen Projektes für eine hier nicht aufgeführte vorangegangene Studie entwickelt (vgl. Bergs & Walpuski, 2012). Ziel des Tests ist es, die fachhandwerklichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler zu erfassen. Ursprünglich wurde der Test derart ausgelegt, dass die Schülerinnen und

Schüler diverse Materialien angereicht bekamen und eigenständig kleine Versuche oder Aufgaben durchführen sollten. Ein Beispiel: Die Schülerinnen und Schüler bekamen einen Federkraftmesser und einen Körper angereicht und sollten notieren, wie schwer der Körper ist. Ziel war es, herauszufinden, ob die Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, erstens den Federkraftmesser richtig zu bedienen und zweitens die richtige Gewichtskraft abzulesen. Da dieser Test in diesem Format sehr zeit- und materialintensiv ist, wurde entschieden, ihn für die hier vorgestellten Studien ökonomischer zu gestalten. Anhand der häufigsten Schülerinnen- und Schülerantworten wurden 6 der ursprünglich 15 Items in ein Multiple-Choice-Format gebracht. Da der Test derart noch nicht eingesetzt wurde, werden an dieser Stelle keine Reliabilitäten beschrieben, diese folgen bei der Darstellung des Tests in den jeweiligen Ergebnisdarstellungen. Ein Beispielitem kann Abbildung 10 entnommen werden. Aus den gleichen Gründen wie beim Fachwissenstest Physik (FWPH, Kapitel 7.4) gibt es auch hier die Möglichkeit vier Antwortalternativen auszuwählen und zu sagen „weiß ich nicht“. Der Gesamtscore errechnet sich aus der Summe der korrekt gelösten Items, geteilt durch die Anzahl aller Items der Skala.

Warum kann bei dem Experiment auf dem Foto der gesuchte Wert mit dem Messgerät nicht korrekt gemessen werden?		
3.1	Weil das Becherglas nicht geeignet ist.	
3.2	Weil das Messgerät falsch gehalten wird.	
3.3	Weil der Körper zu schwer für das Messgerät ist.	
3.4	Weil der Körper ganz im Wasser ist.	
3.5	Weiß ich nicht.	



Abbildung 10 Beispielitem des LabSkills-Tests

7.4 Fachwissenstest Physik (FWPH)

Der Fachwissenstest (Marschner, 2011) hat zum Ziel, das fachinhaltliche Wissen zum *Auftrieb in Flüssigkeiten* zu erfassen. Er wurde von Künsting (2007) und Thillmann (2008) mit Bezug auf die computerbasierte Lernumgebung zum *Auftrieb in Flüssigkeiten* entwickelt und von Gößling (2010) und Marschner (2011) überarbeitet. Die Reliabilitäten des Tests betragen bei Marschner (2011) im Prätest $\alpha = .643$ und im

Posttest $\alpha = .745$. Die Grundlage der Items bilden die Relationen des inhaltlichen Themas der Lernumgebung. Die insgesamt 15 Items werden den Schülerinnen und Schülern im Multiple-Choice-Format präsentiert. Es gibt zu jeder Aussage vier Antwortalternativen, wovon je eine richtig ist. Zusätzlich erhalten die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, bei jedem Item „weiß ich nicht“ anzukreuzen, da hierdurch die Ratewahrscheinlichkeit vermindert werden soll (Marschner, 2011, nach Bolton, 1985). Der Gesamtscore des FWPH-Tests errechnet sich aus der Addition aller korrekt beantworteten Items, die anschließend durch die Gesamtzahl der Items dividiert wird. Ein Beispielitem befindet sich in Abbildung 11.

Was ist der Grund dafür, dass ein Körper im Wasser schwebt?		
6.1	Die Kraft F_o ist größer als die Kraft F_u .	
6.2	Die Kraft F_o ist genauso groß wie die Kraft F_u .	
6.3	Die Dichte des Körpers ist größer als die Dichte der Flüssigkeit.	
6.4	Die Dichte des Körpers ist gleich der Dichte der Flüssigkeit.	
6.5	Weiß ich nicht.	

Abbildung 11 Beispielitem des FWPH-Tests

7.5 Motivation (FAM)

Die Motivation der Schülerinnen und Schüler wurde mithilfe des Fragebogens zur aktuellen Lernmotivation (FAM) von Rheinberg, Vollmeyer und Burns (2001) erfasst. Die Konsistenzkoeffizienten liegen bei diesem Testinstrument zwischen $\alpha = .66$ und $\alpha = .90$ (Rheinberg et al., 2001). Der FAM besteht aus 18 Items und gliedert sich in vier Subskalen: Misserfolgsbefürchtung, Erfolgswahrscheinlichkeit, Interesse und Herausforderung. Da für die Ziele der vorliegenden Arbeit Misserfolgsbefürchtung und Erfolgswahrscheinlichkeit nicht von Interesse sind und um eine möglichst kurze Unterbrechung der Lernphase zu gewährleisten, wurden lediglich die Subskalen zum Interesse (4 Items) und zur Herausforderung (5 Items) verwendet, welche sich durch eine hohe Prädiktionskraft auf den Lernerfolg ausweisen (Rheinberg, 2004). Der Fragebogen kommt unmittelbar vor Beginn und nach Beendigung der Lernphase zum Einsatz und wird deswegen für die folgend vorgestellten Studien nach dem Einführungs-Tutorial an die Schülerinnen und Schüler gereicht. Insgesamt erhalten die Schülerinnen und Schüler neun Items, die sie auf einer sieben-stufigen Likert-Skala von

1 = trifft nicht zu bis 7 = trifft zu bewerten sollen (ein Beispielitem findet sich in Abbildung 12). Die Summe für die Skala Motivation berechnet sich aus der mittleren Bewertung aller neun Items.

Nun wollen wir wissen, wie deine momentane Einstellung zu der beschriebenen Aufgabe ist. Dazu findest du auf dieser Seite Aussagen. <i>Kreuze bitte jene Zahl an, die auf dich am besten passt.</i>		trifft nicht zu trifft zu						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Ich mag solche Aufgaben.							
2	Bei der Aufgabe mag ich die Rolle des Wissenschaftlers, der Zusammenhänge entdeckt.							
3	Die Aufgabe ist eine richtige Herausforderung für mich.							

Abbildung 12 Beispielitems des FAM-Tests

8 Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge

Die Intention der Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge war, herauszufinden, ob es eine Kombinationsreihenfolge von computerbasierten und realen Lernumgebungen gibt, die sich als lernförderlicher erweist als die jeweils anderen Kombinationsmöglichkeiten. Hinsichtlich des im theoretischen Hintergrund dargelegten Defizits in der Literatur (Zacharia et al., 2008) schien es notwendig, herauszufinden, in welcher Reihenfolge die zwei Lernumgebungsmedien geschaltet werden sollten, um das Konglomerat an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten zu fördern.

Unter Laborbedingungen wurde eine Studie durchgeführt, durch welche die bestmögliche Kombinationsreihenfolge der bereits vorgestellten computerbasierten und realen Lernumgebungen in Hinblick auf experimentelle Fähigkeiten bestimmt werden sollte.

8.1 Fragestellung und Hypothesen

Die in Kapitel 2 und 3 vorgestellte theoretische Herleitung stellt lediglich heraus, dass die Forderung nach einer Kombination von computerbasierten und realen Lernumgebungsmedien besteht, nicht aber, in welcher Reihenfolge diese Kombination stattfinden sollte (Jaakola et al., 2011). Allerdings könnte dies einen entscheidenden Einfluss auf die Förderung des Konglomerats an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten haben und sollte deswegen herausgestellt werden. Es bietet sich an, wie in Kapitel 3.4 theoretisch hergeleitet, mit der computerbasierten Lernumgebung zu beginnen, da diese den zu lernenden Inhaltsbereich begrenzt und beispielsweise die Möglichkeit, manuelle Fehler zu begehen, nicht vorhanden ist. Nach der Experimentphase am Computer sollte die Experimentphase an der realen Lernumgebung folgen, damit dadurch das Defizit, dass es in computerbasierten Lernumgebungen nicht möglich ist fachhandwerkliche Fähigkeiten zu erlangen, aufgehoben wird. Aus diesen Ausführungen ergibt sich die erste Hypothese dieser Studie, die ebenfalls eine Antwort auf die erste Forschungsfrage (siehe Kapitel 5) dieser Arbeit liefert:

H1 Die bestmögliche Kombinationsreihenfolge, um das Konglomerat an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten zu fördern, ist, zunächst an der computerbasierten Lernumgebung und anschließend an der realen Lernumgebung zu arbeiten.

8.2 Material und Instrumente

In der Interventionsstudie wurde eine computerbasierte Lernumgebung und eine in Anlehnung an die computerbasierte Lernumgebung erstellte reale Lernumgebung zum *Auftrieb in Flüssigkeiten* genutzt, um experimentelle Fähigkeiten und fachinhaltliches Wissen zu vermitteln. Die verwendeten Lernumgebungsmedien sind diejenigen, die bereits in Kapitel 6 ausführlich beschrieben wurden.

Zur umfassenden Erfassung aller Teilkompetenzen (Wissen über experimentelle Strategien und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen: Strategiewissen, Wissen darüber, Experimente zu strukturieren: Strukturierungswissen sowie Fachhandwerkliche Fähigkeiten) experimenteller Fähigkeiten wurden die ebenfalls dargestellten Instrumente zur Erfassung experimenteller Fähigkeiten (siehe Kapitel 7) genutzt. Die einzelnen Skalen wurden den Schülerinnen und Schülern in einem papierbleistiftbasierten Test zur Bearbeitung vor und nach der Experimentphase angereicht. Zusätzlich kamen in der Interventionsstudie die Subskalen Interesse und Herausforderung aus dem Fragebogen zur aktuellen Motivation (FAM: Rheinberg et al., 2001) wie auch ein Instrument zur Erfassung der kognitiven Belastung (*cognitive load* - CL: Sweller, van Merienboer, & Paas, 1998) zum Einsatz. Die Erfassung des *cognitive loads* geschah anhand von zwei Items (1. Wie leicht oder schwer war es, die Aufgabe zu verstehen? 2. Bei der Lösung der Aufgabe war meine geistige Denk-Anstrengung...), die an einer neun-stufigen Likert-Skala (1 = sehr leicht bis 9 = sehr schwer) zu beantworten waren. Sowohl die aktuelle Motivation als auch die kognitive Belastung wurden als Kontrollvariablen erhoben. Zum einen war davon auszugehen, dass sich die Motivation der Schülerinnen und Schüler in Abhängigkeit vom jeweiligen Lernumgebungsmedium beziehungsweise vom eingesetzten Zeitpunkt des jeweiligen Lernumgebungsmediums ändert. Zum anderen sollte herausgestellt werden, wie hoch beziehungsweise niedrig die kognitive Belastung der Schülerinnen und Schüler bei der Arbeit mit den jeweiligen Lernumgebungsmedien ist. Es sollte sich ebenfalls zeigen, ob

es einen Unterschied bezüglich der kognitiven Belastung wie auch der aktuellen Motivation in Abhängigkeit zur Kombinationsreihenfolge gibt. Die Einführungstexte beider Skalen wurden vor der jeweiligen Experimentphase präskriptiv und nach den Experimentphasen retrospektiv formuliert angereicht. Aufgrund der zwei Experimentphasen ergaben sich für die beiden Kontrollvariablen vier Messzeitpunkte (MZP). Beide Instrumente wurden sowohl vor als auch nach jeder Experimentphase angereicht. Die gewonnenen Ergebnisse der *cognitive load*-Befragung werden im Folgenden nicht berichtet, da sie weder zur Beantwortung der Forschungsfragen, noch zur Beantwortung der Hypothesen der Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge relevant sind.

Als demographische Variablen wurden das Alter, das Geschlecht, das Geburtsland, die Jahre, die die Schülerinnen und Schüler in Deutschland leben, die gesprochene Sprache zu Hause, die Physiknote auf dem letzten Zeugnis sowie die Lernjahre in Physik erfasst.

8.3 Stichprobe

An der Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge nahmen $N = 271$ Schülerinnen und Schüler der achten Jahrgangsstufe an Gymnasien in Nordrhein-Westfalen teil. Insgesamt waren es zehn Klassen aus sieben unterschiedlichen Schulen, die an der Studie partizipiert haben. Die teilnehmenden Schulklassen hatten das Unterrichtsthema *Auftrieb in Flüssigkeiten* nach Aussagen ihrer Physiklehrpersonen noch nicht im Unterricht durchgenommen. Deswegen war davon auszugehen, dass die Schülerinnen und Schüler noch kein schulisches Vorwissen zum Thema hatten.

Die Altersspanne der Schülerinnen und Schüler reichte von 12 – 14 Jahren und im Durchschnitt waren sie 13.25 ($SD = .523$) Jahre alt. Weiblich waren 48,5% und 51,5% waren männlich. Sechsendneunzig Prozent der partizipierenden Schülerinnen und Schüler wurden in Deutschland geboren und 94,9% gaben an, zu Hause Deutsch zu sprechen. Die restlichen knapp 5% verteilten sich zu 2,6% auf Türkisch, 1,5% Russisch und mit jeweils 0,4% Marokkanisch, Polnisch und Albanisch. Auf dem letzten Zeugnis in Physik die Note „sehr gut“ erhalten zu haben, gaben 11,4% der Schülerinnen und Schüler an, 39,7% gaben an, mit „gut“ bewertet worden zu sein, 37,9% mit „befriedigend“ und 10,3% mit „ausreichend“. 0,7% machten keine Angabe zur Note.

Die Durchschnittsnote über alle Schülerinnen und Schüler hinweg lag bei 2,47 ($SD = .830$). Im Durchschnitt lernten die Schülerinnen und Schüler seit 2,49 ($SD = .577$) Jahren Physik in der Schule.

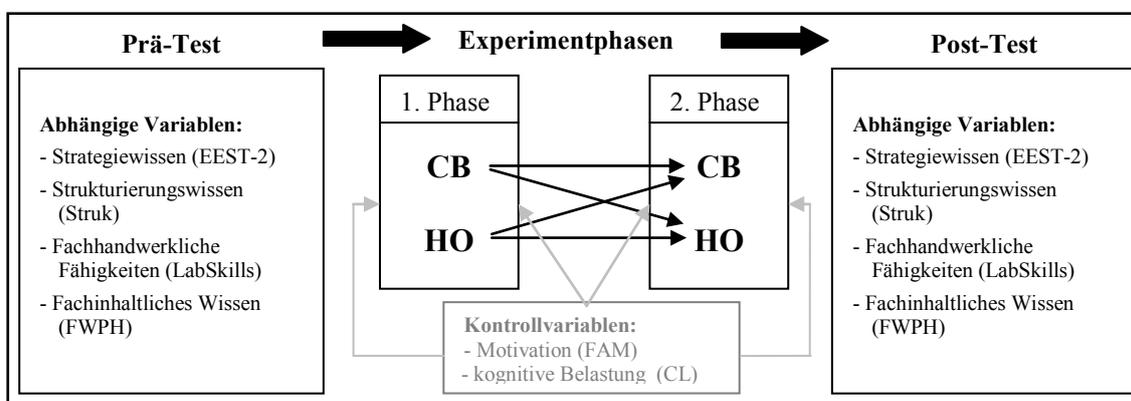
8.4 Design/ Durchführung

Es wurde ein Prä-/ Post-Design, wobei der Prätest – also das Vorwissen – als Kovariate fungierte, angewandt. Somit konnten Univariate Kovarianzanalysen (ANCOVA) berechnet werden, was nach Dimitroff und Rumrill (2003) die Fehlervarianz im Vergleich zu einer ANOVA mit Messwiederholungen verringert.

Insgesamt gab es vier randomisiert verteilte Experimentalgruppen, welche den vier Kombinationsmöglichkeiten entsprachen. Die erste Gruppe (CBCB, $N = 63$) arbeitete zweifach an der computerbasierten Lernumgebung. Die zweite Gruppe (CBHO, $N = 73$) begann mit der computerbasierten Lernumgebung und arbeitete in der zweiten Experimentphase an der realen Lernumgebung. Gruppe drei (HO�B, $N = 69$) startete mit der realen Lernumgebung und die Schülerinnen und Schüler lernten anschließend an der computerbasierten Lernumgebung. Die vierte und letzte Gruppe (HOHO, $N = 66$) lernte in beiden Experimentphasen mit der realen Lernumgebung.

Das Experiment fand während der Unterrichtszeit mit jeweils einer Klasse statt. Die einzelne Erhebung dauerte circa vier Zeitstunden. In der jeweiligen Schule wurden zwei Klassen- bzw. Fachräume zur Verfügung gestellt, so dass in einem Raum die realen Lernumgebungen vorab aufgebaut werden konnten. Dies beinhaltete das Füllen der Behälter mit destilliertem Wasser beziehungsweise mit Salzwasser und die Anordnung der Körper. Die *White-Boards* sowie die dazugehörigen Magnetschilder und die *White-Board-Marker* wurden ebenfalls auf den Tisch gelegt. Die Tische waren so angeordnet, dass jeweils eine Gruppe von vier Schülerinnen und Schülern miteinander an einem Tisch arbeiten konnte. In dem zweiten Raum wurden die mitgebrachten Laptops aufgebaut. Dies beinhaltete, dass die computerbasierten Lernumgebungen auf den Startbildschirmen bereitgestellt wurden, die je zwei Kopfhörer, welche mit Y-Steckern pro Laptop verbunden waren, wurden angeschlossen und die Laptops wurden so ausgerichtet, dass immer zwei Schülerinnen und Schüler in Partnerarbeit an einer computerbasierten Lernumgebung arbeiten konnten.

Der Ablauf gestaltete sich derart, dass die Schülerinnen und Schüler zunächst in einem Raum eine kurze mündliche Einführung zu dem organisatorischen Ablauf der folgenden Stunden erhielten. Im Anschluss bearbeiteten die Schülerinnen und Schüler den Prä-Test (siehe Abbildung 13). Darauffolgend wurden sie zufällig in zwei Gruppen aufgeteilt. Jede/r zweite Schülerin oder Schüler der Sitzordnung entsprechend wurde zu dem Raum begleitet, in dem die computerbasierten Lernumgebungen aufgebaut waren. Hier durften sie sich jeweils zu zweit vor einen Laptop setzen und mit dem computerbasierten Einführungs-Tutorial beginnen. Zur gleichen Zeit wurde die zweite Hälfte der Schülerinnen und Schüler im anderen Raum darum gebeten, sich zu viert an einen Tisch mit den realen Lernumgebungen zu begeben, damit das Einführungs-Tutorial beginnen konnte.



Legende: CB = Computerbasierte Lernumgebung, HO = reale Lernumgebung

Abbildung 13 Design der Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge

Im direkten Anschluss an die jeweiligen Einführungs-Tutorials erhielten die Schülerinnen und Schüler den Fragebogen zur aktuellen Motivation (FAM) und den zur kognitiven Belastung (CL). Nach dieser circa drei-minütigen Unterbrechung begannen die Schülerinnen und Schüler mit der 20-minütigen Experimentphase. Nach Ablauf der Experimentzeit wurden erneut der FAM- und der CL-Fragebogen an die Schülerinnen und Schüler verteilt. Nach dieser ersten Experimentphase durften die Schülerinnen und Schüler eine Pause (circa 15 Minuten) machen. Währenddessen wurden die beiden Räume erneut nach gleichem Aufbau wie zur ersten Experimentphase hergerichtet. Den Schülerinnen und Schülern wurde, bevor sie den Raum nach der ersten Experimentphase verlassen hatten, ein Zettel gegeben, auf dem eine Nummer stand. Entsprechend den Nummern, die zur zufälligen Zuteilung dienten (Nummer 1 – 4 entsprechend den Gruppen: 1 = CBCB, 2 = CBHO, 3 = HO CB, 4 = HOHO), fanden die Schülerinnen und Schüler sich zur zweiten Experimentphase in dem jeweiligen Raum

ein, dem sie anhand ihrer Gruppennummer zugeordnet waren. Der Ablauf der zweiten Experimentphase war identisch mit dem der ersten Experimentphase. Die Schülerinnen und Schüler arbeiteten sowohl im Raum der realen Lernumgebung als auch im Raum der computerbasierten Lernumgebung zunächst das Einführungs-Tutorial entweder am Laptop oder via Video durch, anschließend erhielten sie den FAM- und den CL-Fragebogen, um abschließend 20 Minuten zu experimentieren. Nach der Experimentphase erhielten die Schülerinnen und Schüler erneut den FAM- und den CL-Fragebogen. Der Abschluss war das Ausfüllen des Post-Tests, welcher den gleichen Inhalt und Aufbau hatte wie der Prä-Test.

8.5 Ergebnisse

In diesem Unterkapitel werden die zentralen Ergebnisse, die in Bezug auf die Hypothesenprüfung relevant sind, quantitativ dargestellt. Zunächst werden die deskriptiven Resultate vorgestellt, um im Anschluss die notwendigen ANCOVAS aufzuführen, die zur Hypothesenprüfung notwendig waren.

Deskriptivstatistik

Die Deskriptivstatistik, welche in Tabelle 5 ersichtlich ist, zeigt auf, dass bei der Stichprobe von $N = 271$ die Reliabilität, die im Sinne der internen Konsistenz durch Cronbachs α festgestellt wurde, für den EEST-2-Test wie auch den LabSkills-Test mit $\alpha < .60$ im Prä- wie auch im Post-Test gering ist. Die weiteren Ergebnisse dieser Tests sind diesbezüglich unter Vorbehalt zu betrachten. Die Reliabilitäten der übrigen Tests sind mit $.608 \leq \alpha \leq .808$ als zufriedenstellend bis sehr gut zu bewerten.

Was die Itemschwierigkeit anbelangt, lässt sich aufführen, dass hier ebenfalls der LabSkills- wie auch der Struk-Test kritisch zu betrachten sind. Sowohl im Prä- als auch im Post-Test sind die Mittelwerte mit $M > .670$ hoch, was bedeutet, dass die Items im Mittel einfach zu beantworten sind. Der FWPH-Test weist hingegen eine hohe Antwortschwierigkeit mit $.209 \leq M \leq .366$ auf. Dies ist möglicherweise durch den komplexen Fachinhalt sowie die unbekanntenen Begrifflichkeiten zu erklären.

Tabelle 5 Mittelwerte, Standardabweichungen, Reliabilitäten, Schwierigkeiten und Itemanzahl der Instrumente der Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge

Instrument		<i>M</i>	<i>SD</i>	Relia- bilität	Schwierigkeit		Itemanzahl
					<i>Min</i>	<i>Max</i>	
EEST-2	Prä	9.03	2.93	.514	2.85	40.82	21
	Post	8.20	2.96	.520	2.15	39.77	21
Struk	Prä	.739	.130	.608	.431	.958	20
	Post	.730	.157	.721	.446	.942	20
LabSkills	Prä	.446	.1529	.538	.335	.929	6
	Post	.636	.153	.525	.624	.977	6
FWPH	Prä	.314	.239	.653	.450	.419	15
	Post	.512	.349	.808	.108	.562	15

Ergebnisse zur Beantwortung der ersten Hypothese (H1)

Zur Beantwortung der Hypothese sind aufgrund der Gruppenvergleiche im Prä-Post-Design univariate Kovarianzanalysen (ANCOVA) mit dem Post-Test jedes Tests als abhängige Variable, der Gruppe als festen Faktor und dem jeweiligen Prä-Test als Kovariate durchzuführen (nach Dimitrov & Rumrill, 2003). Folgend werden die deskriptiven Ergebnisse der ANCOVA für jeden Test zunächst tabellarisch dargestellt, um anschließend die zentralen Ergebnisse erneut aufzugreifen.

ANCOVA: EEST-2-Test

Aus Tabelle 6 ist zu entnehmen, dass der Unterschied zwischen den Gruppen mit $p = .088$ statistische Signifikanz verfehlt. Es lässt sich anhand der Mittelwerte ablesen, dass die Schülerinnen und Schüler, die mit der Kombination CBHO gearbeitet haben, deskriptiv den größten Lernerfolg im Mittel aufweisen.

Tabelle 6 Deskriptive Ergebnisse der ANCOVA für EEST-2-Test

Gruppe	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	Sig.	Partielles Eta- Quadrat
CBCB	.184	.157				
CBHO	.254	.179	2.210	3	.088	.031
HO CB	.227	.159				
HO HO	.198	.144				

ANCOVA: Struk-Test

Tabelle 7 zeigt auf, dass der Unterschied zwischen den Gruppen mit $p > .50$ statistische Signifikanz verfehlt. Dies mag an der bereits beschriebenen geringen Schwierigkeit der Items liegen. Auch hier ist die erzielten Ergebnisse der Gruppe CBHO rein deskriptiv im Mittel etwas höher im Vergleich zu denen der anderen drei Gruppen.

Tabelle 7 Deskriptive Ergebnisse der ANCOVA für Struk-Test

Gruppe	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	Sig.	Partielles Eta- Quadrat
CBCB	.723	.158				
CBHO	.742	.142	.027	3	.994	.000
HO CB	.719	.167				
HOHO	.732	.157				

ANCOVA: LabSkills-Test

Wie bereits in der deskriptiven Statistik erwähnt, sind die Resultate dieses Tests unter Vorbehalt zu betrachten, da hier die Reliabilität gering war. Allerdings zeigt sich ein signifikanter Unterschied der Gruppen mit $p < .001$. CBHO schneidet deskriptiv im Mittel besser ab, als die anderen Kombinationsmöglichkeiten (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8 Deskriptive Ergebnisse der ANCOVA für LabSkills-Test

Gruppe	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	Sig.	Partielles Eta- Quadrat
CBCB	.477	.159				
CBHO	.594	.078	11.661	3	< .001	.135
HO CB	.561	.102				
HOHO	.559	.122				

Die Post-Hoc Testungen mithilfe der Bonferroni-Korrektur zeigen auf, dass die CBCB-Gruppe sich signifikant von der allen drei anderen Gruppen unterscheidet (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9 LSD-Testung des LabSkills-Test

Gruppe	Sig.
	CBHO .000
CBCB	HO CB .004
	HO HO .000
	CBCB .000
CBHO	HO CB .015
	HO HO 1.000
	CBCB .004
HO CB	CB HO .150
	HO HO 1.000
	CBCB .000
HO HO	CB HO 1.000
	HO CB 1.000

ANCOVA: FWPH-Test

Die Kombinationsreihenfolgen unterscheiden sich statistisch signifikant voneinander mit $p = .009$, wie aus Tabelle 10 zu entnehmen ist. Die Schülerinnen und Schüler, die an der Kombination HOHO gearbeitet haben, zeigen den höchsten Mittelwert auf.

Tabelle 10 Deskriptive Ergebnisse der ANCOVA für FWPH-Test

Gruppe	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	Sig.	Partielles Eta- Quadrat
CBCB	.361	.241				
CBHO	.352	.219	3.909	3	.009	.048
HO CB	.272	.221				
HO HO	.402	.238				

Aufgrund der signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen wurden auch hier LSD-Testungen mit der Bonferroni-Korrektur durchgeführt. Allerdings zeigt sich dabei lediglich ein signifikanter Unterschied mit $p = .005$ bei der HOHO-Gruppe im Vergleich zur HO CB-Gruppe.

Einbezug des FAM als Kovariate

Die Motivation (durch den FAM erfasst) wurde als Kovariate erhoben und soll folgend in das ANCOVA-Modell als solche einfließen. Wie bei der Ergebnisberechnung zur Beantwortung der Hypothesen fungiert der jeweilige Post-Test als abhängige Variable, die Gruppe wird als fester Faktor festgelegt und es werden sowohl der Prä-Test als auch die Motivation als Kovariaten ins Modell einfließen. Die Motivation (FAM) wurde zu vier Messzeitpunkten erfasst. Die hier als Kovariaten eingeflossenen Werte ergeben sich aus dem jeweils über alle vier Messzeitpunkte errechneten Mittelwert.

ANCOVA: EEST-2-Test

Hinsichtlich des EEST-2-Tests zeigt sich, dass der Unterschied zwischen den Gruppen mit $p = .040$ statistisch signifikant wird und hier die CBHO-Gruppe mit einem Mittelwert von $M = .279$ die höchsten Lernzuwächse erreicht, wie Tabelle 11 darstellt.

Tabelle 11 Deskriptive Ergebnisse der ANCOVA für EEST-2-Test unter Einbezug des FAM als Kovariate

Gruppe	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	Sig.	Partielles Eta- Quadrat
CBCB	.203	.161				
CBHO	.279	.185	2.837	3	.040	.050
HO CB	.233	.171				
HOHO	.198	.167				

ANCOVA: Struk-Test

Der Struk-Test erzielt kein statistisch signifikantes Ergebnis und wird deswegen an dieser Stelle nicht weiter aufgeführt.

ANCOVA: LabSkills-Test

Beim LabSkills-Test zeigt sich, dass die Unterschiede zwischen den Gruppen mit $p < .001$ statistisch signifikant sind und die CBHO-Gruppe die höchsten Werte im Mittel erreicht, wie Tabelle 12 zu entnehmen ist.

Tabelle 12 Deskriptive Ergebnisse der ANCOVA für LabSkills-Test unter Einbezug des FAM als Kovariate

Gruppe	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	Sig.	Partielles Eta- Quadrat
CBCB	.492	.144				
CBHO	.599	.069	9.221	3	< .001	.120
HO CB	.564	.101				
HOHO	.556	.123				

ANCOVA: FWPH-Test

Der FWPH-Test zeigt ebenfalls einen statistisch signifikanten Gruppenunterschied mit $p = .010$ (siehe Tabelle 13). Hier erzielt die HOHO-Gruppe die höchsten Werte im Mittel in Bezug auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler.

Tabelle 13 Deskriptive Ergebnisse der ANCOVA für FWPH-Test unter Einbezug des FAM als Kovariate

Gruppe	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	Sig.	Partielles Eta- Quadrat
CBCB	.348	.232				
CBHO	.369	.230	3.876	3	.010	.061
HO CB	.264	.212				
HOHO	.403	.242				

Weitere Kovariaten

Zur Prüfung auf weitere Effekte wurden das Alter, das Geschlecht, die Physiknote auf dem letzten Zeugnis und die Lernjahre im Fach Physik als Kovariaten dem ANCOVA-Modell hinzugefügt. Es zeigten sich keine nennenswerten Änderungen.

Entwicklung der Motivation über die Messzeitpunkte

Anhand einer ANOVA mit Messwiederholungen soll dargestellt werden, wie sich die Motivation (erfasst durch den FAM) über die vier Messzeitpunkte zwischen den vier Gruppen unterscheidet.

Mit $p = .074$ ($F(3,1940) = 2.345$; $\eta^2 = .033$) ist der Unterschied zwischen den vier Gruppen nicht statistisch signifikant. Der Verlauf der Motivation zu den vier Messzeitpunkten bei den vier Gruppen ist Abbildung 14 zu entnehmen.



Abbildung 14 Entwicklung der Motivation über die vier Messzeitpunkte

8.6 Diskussion der Ergebnisse

Bezugnehmend auf die eingesetzten Erhebungsinstrumente soll an dieser Stelle zunächst aufgeführt werden, dass die gewonnenen Ergebnisse zum größten Teil unter Vorbehalt zu betrachten sind. Wie die Deskriptivstatistik bereits aufgezeigt hat, sind die Reliabilitäten, also die internen Konsistenzen, sowohl beim EEST-2-Test als auch beim LabSkills-Test sehr gering, was zu einer Einschränkung der über die Ergebnisse zu treffenden Aussagen führt. Für den Struk-Test und auch den LabSkills-Test lässt sich konstatieren, dass die Lösungswahrscheinlichkeiten sehr hoch und die Tests somit sehr einfach sind. Auch dies ist eine Einschränkung in der Bewertung der Ergebnisse. Die nachstehenden Ausführungen beziehen sich nur auf die Beantwortung der innerhalb dieses Kapitels aufgestellten Hypothese. Die Diskussion in Bezug auf den theoretischen Hintergrund findet in Kapitel 11 statt.

Die Hypothese dieser Interventionsstudie bezog sich auf die bestmögliche Kombinationsreihenfolge. Es wurde davon ausgegangen, dass es lernförderlicher in

Bezug auf die Förderung experimenteller Fähigkeiten ist, zunächst mit der computerbasierten und anschließend mit der realen Lernumgebung zu arbeiten. Abgesehen von den oben beschriebenen Schwierigkeiten der Erhebungsinstrumente lässt sich die Hypothese bestätigen. So konnte deskriptivstatistisch für diese erste Hypothese nachgewiesen werden, dass im EEST-2-Test die CBHO-Gruppe den höchsten Mittelwert über alle vier Gruppen hinweg erzielte. Auch für den Struk-Test konnte die Deskriptivstatistik der ANCOVA aufzeigen, dass die CBHO-Gruppe besser war als die anderen Gruppen. Der LabSkills-Test weist einen signifikanten Unterschied der Gruppen untereinander auf, zudem hat die CBHO-Gruppe den höchsten Mittelwert erreicht. Aufgrund des signifikanten Ergebnisses konnte hier eine tiefergehende Analyse durchgeführt werden, die signifikante Unterschiede der CBHO-Gruppe zur CBCB- und der CBCB- zur HOHO-Gruppe aufweist. Der FWPH-Test, der in dieser Arbeit nur bedingt den experimentellen Fähigkeiten zuzurechnen ist, da er auf rein fachinhaltliches Wissen abzielt, zeigt auf, dass die HOHO-Gruppe den höchsten Mittelwert erzielt.

Mit diesen Ergebnissen kann der Forderung nach dem Herausfinden einer optimalen Kombinationsreihenfolge (Jaakola et al., 2011; Zacharia et al., 2008) ein Lösungshinweis geliefert werden. Es kann als Bestätigung angesehen werden, dass alle gewonnenen Ergebnisse zur Förderung des Konglomerats an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten auf eine Kombinationsreihenfolge hindeuten und somit hervorbringen, dass es zur Erreichung dieses Ziels sinnvoll scheint, zunächst mit der computerbasierten Lernumgebung und anschließend mit der realen Lernumgebung zu explorieren und zu arbeiten.

Zur Darstellung weiterer Resultate dieser Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge wird der FAM-Test, also die Motivation, näher in Betracht gezogen. Bei Betrachtung des EEST-2-Tests zeigt sich, dass unter Berücksichtigung der Motivation als Kovariate die CBHO-Gruppe den höchsten Mittelwert erreicht. Ein ähnliches Bild bringt das Ergebnis der ANCOVA des LabSkills-Tests unter Berücksichtigung der Motivation als Kovariate hervor. Hier hat ebenfalls die CBHO-Gruppe den höchsten Mittelwert. Lediglich für den FWPH-Test zeigt sich ein anderes Bild. Die ANCOVA zeigt hierbei auf, dass die HOHO-Gruppe den höchsten Mittelwert aller Gruppen erreicht. Es zeigte sich für zwei von drei Tests, dass die CBHO-Gruppe die höchsten Mittelwerte erreicht.

Des Weiteren wurde der Verlauf der Motivation bei allen vier Gruppen über die vier Messzeitpunkte dargestellt. Hierbei zeigt sich, dass der Unterschied zwischen den vier Gruppen nicht signifikant ist. Die Motivation der Schülerinnen und Schüler verringert sich in allen vier Gruppen. Lediglich bei der HOEB-Gruppe zeigt sich ein Anstieg der Motivation zum dritten Messzeitpunkt, also an der Stelle, als die Schülerinnen und Schüler erfahren, dass sie in der zweiten Experimentphase mit der computerbasierten Lernumgebung arbeiten werden.

Obwohl die Ergebnisse in eine Richtung deuten, scheint es notwendig, für die Beantwortung der zweiten Fragestellung aus Kapitel 5 die Erhebungsinstrumente zu überarbeiten, um vor allem in Bezug auf die interne Konsistenz bei Folgestudien bessere und somit aussagekräftigere Ergebnisse zu erreichen.

Mittels dieser Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge lässt sich eine Antwort auf die erste Forschungsfrage, die in Kapitel 5 aufgeführt wurde, liefern. Allerdings sei erneut darauf hingewiesen, dass durch die meist schwachen internen Konsistenzen der Erhebungsinstrumente die Beantwortung der Hypothese und Forschungsfrage unter Vorbehalt zu betrachten ist. Die erste Forschungsfrage geht der Frage nach, die ebenfalls die Hypothese dieser Studie widerspiegelt. So soll sich eine Kombinationsreihenfolge herausstellen, die in Hinblick auf die Förderung experimenteller Arbeitsweisen lernförderlicher ist, als die anderen möglichen Kombinationsreihenfolgen. Die Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge brachte das Ergebnis hervor, dass es lernförderlicher zu sein scheint, zunächst mit der computerbasierten Lernumgebung und anschließend mit der realen Lernumgebung zu arbeiten, was die theoretische Argumentation aus Kapitel 3.5 bekräftigt.

9 Studie zur Adaption des EEST-2-Test

Der EEST-2-Test wies in der durchgeführten und in Kapitel 8 beschriebenen Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge schlechte Werte betreffend der internen Konsistenz auf. Die Deskriptivstatistik, die aus Tabelle 14 ersichtlich ist, untermauert dies erneut. Aufgrund der schwachen Reliabilität von Cronbachs $\alpha < .60$ kann der Test nicht als reliables Testinstrument angesehen werden.

Tabelle 14 Deskriptivstatistik des EEST-2 in der Interventionsstudie

Instrument	<i>M</i>	<i>SD</i>	Relia- bilität	Schwierigkeit		Itemanzahl
				<i>Min</i>	<i>Max</i>	
EEST-2 Prä	9.03	2.93	.514	2.85	40.82	21
EEST-2 Post	8.20	2.96	.520	2.15	39.77	21

Ein möglicher Grund hierfür mag die Abänderung der in der Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge verwendeten Testversion im Vergleich zur Ausgangsversion von Marschner (2011) sein. Marschner (2011) änderte das Antwortformat gegenüber der Vorgängerversion (EEST: Thillmann, 2008) in ein *Forced-Choice*-Format mit vollständigen Paarvergleichen ab oder um. In der durchgeführten Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge (Kapitel 8) wurde darauf, wie in Kapitel 7 beschrieben, verzichtet. Das Antwortformat wurde für die Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge, wie auch unter Kapitel 7.1 beschrieben und in Tabelle 15 ersichtlich ist, in ein dreistufiges Antwortformat geändert. Die Schülerinnen und Schüler sollten bei jeder Aussage zur Situationsbeschreibung bestimmen, ob sie die Aussage als 1 = beste Vorgehensweise, 2 = mittlere Vorgehensweise, 3 = schlechteste Vorgehensweise bewerten. Hierbei ist denkbar, dass es die Schülerinnen und Schüler überfordert hat, derartige Bewertungen beziehungsweise Reihungen durchzuführen, da sie eine solche Vorgehensweise aus ihrem Schulalltag möglicherweise nicht gewöhnt sind und noch nie durchgeführt haben.

Der in der Studie zur Kombinationsreihenfolge (Kapitel 8) verwendete EEST-2-Test wurde für die Studie zur Adaption des EEST-2-Tests in mehreren Aspekten wie Folgend beschrieben geändert. Zum einen wurden neue Situationsbeschreibungen entwickelt. So bestand der EEST-2-Test bei Marschner (2011) aus insgesamt sieben Situationsbeschreibungen mit je drei Items. Die Items sollten anhand einer Skala mit

Schulnoten (von 1 = sehr gut bis 6 = ungenügend) bewertet werden. Die Version des EEST-2-Tests von Marschner (2011) war in drei Subskalen unterteilt: Zwei Situationsbeschreibungen zur Idee/ Hypothese, drei Situationsbeschreibungen zum Experiment und zwei Situationsbeschreibungen zur Schlussfolgerung. Zu jeder der drei Subskalen wurden, wie folgt beschrieben, neue Situationsbeschreibungen entwickelt und es wurde wieder das von Marschner (2011) verwendete Antwortformat der Notenskala (von 1 – 6) angewandt (siehe Tabelle 15 zur vereinfachten Übersicht).

Tabelle 15 Darstellung der unterschiedlichen verwendeten Versionen des EEST-2/-3-Tests

Versionen	Situationsbeschreibung, Antwortalternativen und Itemanzahl	Antwortformat
Version des EEST-2-Tests bei Marschner (2011)	7 Situationsbeschreibungen mit je 3 Items Insgesamt 21 Items	6-stufige Notenskala
Version des EEST-2-Tests in der Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge	7 Situationsbeschreibungen mit je 3 Items Insgesamt 21 Items	3-stufige Skala
EEST-3-Test	21 Situationsbeschreibungen mit je 3 Items Insgesamt 63 Items	6-stufige Notenskala

Im Folgenden wird zunächst die Entwicklung der neuen Items dargestellt, um anschließend die Fragestellung der Studie zur Adaption des EEST-2-Tests hin zum EEST-3-Test darzulegen. Darauf folgend wird die durchgeführte Studie, die zunächst aus einem Expertenrating und anschließend aus einer Validierungsstudie mit Schülerinnen und Schülern bestand, aufgeführt, darin eingeschlossen die jeweiligen Ergebnisse sowie eine abschließende Diskussion.

9.1 Entwicklung der Items des EEST-3

Die Situationsbeschreibungen und Items für den EEST-3 wurden aus bereits vorhandenen Situationsbeschreibungen des EEST-2-Tests (Marschner, 2011) sowie Inhaltsbereichen des EEST-Tests (Thillmann, 2008) und Inhaltsbereichen des NAW-Tests (Wahser, 2008) zusammengestellt. Die drei bereits vorhandenen Testinstrumente dienten fast ausschließlich zur Ideengenerierung für die Inhaltsbereiche der Situationsbeschreibungen. In Kapitel 7.1 wurde eine beispielhafte

Situationsbeschreibung des EEST-2 aufgeführt. Zur Gegenüberstellung ist in Abbildung 15 eine beispielhafte Situationsbeschreibung des hier entwickelten EEST-3-Tests dargestellt. Hieran lässt sich erkennen, dass der Grundaufgabenstamm gleich geblieben ist. Einige Situationsbeschreibungen des EEST-2-Tests wurden komplett übernommen.



Du möchtest durch Experimente herausfinden, ob sich die Raumtemperatur verändert, wenn du die Kühlschranktür offen stehen lässt.

Dir fallen folgende Vorgehensweisen ein, um die Frage zu beantworten. Bewerte die Vorgehensweisen mit Noten von 1 bis 6.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
10.1	Ich messe die Raumtemperatur bei offen stehender Kühlschranktür.						
10.2	Ich messe die Raumtemperatur vor und nach dem Öffnen der Kühlschranktür.						
10.3	Ich messe die Raumtemperatur mehrmals vor dem Öffnen und mehrmals nach dem Öffnen der Kühlschranktür.						

Abbildung 15 Beispiel einer Situationsbeschreibung des EEST-3-Tests

Für den EEST-3-Test wurde beibehalten, dass sich der Test aus drei Subskalen, die den Drei-Schritt eines Experimentes widerspiegeln, zusammensetzt. So wurde die Subskala Idee von ursprünglich zwei auf sieben Situationsbeschreibungen erweitert. Zur Subskala Experiment gab es im EEST-2-Test drei Situationsbeschreibungen, im EEST-3-Test gibt es insgesamt sieben Situationsbeschreibungen. Auch für die Subskala Schlussfolgerung, die ursprünglich aus zwei Situationsbeschreibungen bestand, besteht der EEST-3-Test aus sieben Situationsbeschreibungen. Im EEST-3-Test ist angegeben, um welchen Subskalentyp es sich bei den jeweils folgenden Situationsbeschreibungen handelt. Insgesamt besteht der EEST-3-Test nun aus 21 Situationsbeschreibungen mit je drei Items, also aus insgesamt aus 63 Items (siehe Tabelle 15). Wie bereits beschrieben, ist das Antwortformat eine sechs-stufige Notenskala.

9.2 Fragestellung und Hypothesen

Die Ziele der hier beschriebenen Studie liegen darin, zu prüfen, inwieweit die Adaption des EEST-2-Tests (Marschner, 2011) hin zum EEST-3-Test erfolgreich war. Da der Test von der Anzahl der Situationsbeschreibungen her verdreifacht und auch das Antwortformat geändert wurde, soll zunächst mit einer Stichprobe von Experten herausgestellt werden, ob sich der Test als valides Testinstrument beweisen kann. Daraus ergibt sich die erste Hypothese dieser Studie zur Adaption des Testinstruments:

H1 Die Übereinstimmung zwischen den Expertenurteilen ist hoch, so dass der EEST-3-Test für die Schülerinnen- und Schülerstichprobe verwendet werden kann.

Da die Expertenstichprobe lediglich Hinweise darauf liefern kann, dass der Test bei der Zielgruppe der Schülerinnen und Schüler zielführend sein könnte, gilt es, den EEST-3-Test an einer Schülerinnen- und Schülerstichprobe zu überprüfen.

H2 Der EEST-3-Test erzielt die interne Konsistenz betreffend hohe Werte, sodass er für die Zielpopulation eingesetzt werden kann.

Durch eine Korrelation des EEST-3-Tests mit dem Fachwissenstest Physik (FWPH) kann der EEST-3-Test validiert werden.

H3 Es besteht eine positive Korrelation des EEST-3-Tests mit dem FWPH-Test.

9.3 Expertenrating

Insgesamt nahmen 17 Experten teil, von denen, um Anonymität zu gewähren, keine demographischen Variablen erhoben wurden. Die Stichprobe der Experten setzte sich aus examinierten und promovierten Naturwissenschaftsdidaktikern der Universität Duisburg-Essen zusammen. Die Experten erhielten papier-bleistiftbasiert den EEST-3-Test mit der Bitte um Beantwortung der Items und um gegebenenfalls anfallende Kommentare.

Wie bei Thillmann (2008) beschrieben, wurden die Urteile der Experten zunächst z-standardisiert und anschließend wurde die Matrix der Experten transponiert, um die Interraterübereinstimmung der Experten zu erfassen. Durch das Transponieren der Matrix stellen die Expertenurteile die Items dar und dies ermöglicht die Berechnung von Cronbachs alpha. So ergibt sich eine Übereinstimmung von $\alpha = .963$. Es liegt somit eine sehr gute Übereinstimmung der Experten untereinander vor, was dazu veranlasst, den Test an einer Schülerinnen- und Schülerstichprobe zu validieren.

9.4 Stichprobe der Validierungsstudie

An der Validierungsstudie zur Adaption des EEST-2-Tests nahmen 106 Schülerinnen und Schüler der achten Jahrgangsstufe eines Gymnasiums in Nordrhein-Westfalen teil.

Die Stichprobe bestand zu 55,7% aus männlichen Teilnehmern und gilt somit als einigermaßen ausgeglichen zwischen den Geschlechtern. Das Durchschnittsalter der Schülerinnen und Schüler betrug 13,58 ($SD = .5154$) Jahre. 14,2% hatten auf dem vergangenen Zeugnis die Physiknote „sehr gut“, 50% die Physiknote „gut“, 27,4% die Physiknote „befriedigend“ und 8,5% die Physiknote „ausreichend“. Die Schülerinnen und Schüler lernten seit drei Jahren Physik in der Schule. Vorab wurde mit den entsprechenden Fachlehrpersonen abgesprochen, dass der Inhaltsbereich zum *Auftrieb in Flüssigkeiten* bislang nicht im Unterricht durchgenommen wurde, so dass davon auszugehen war, dass die Schülerinnen und Schüler über geringes bis gar kein schulisches Vorwissen diesbezüglich verfügten.

9.5 Design/ Durchführung der Validierungsstudie

Es wurde ein klassisches Prä-/ Post-Design verwendet, um das Erhebungsinstrument zu validieren. Da sich der EEST-3-Test auf den in den Lernumgebungen vermittelten Inhaltsbereich bezieht, wurde aus ökonomischen Gründen das Lernen an der computerbasierten Lernumgebung vorgezogen.

Die Studie fand während des Regelunterrichts im Klassenraum statt. Die Erhebung mit einer Klasse dauerte ungefähr drei Zeitstunden. Der Ablauf gestaltete sich derart, dass die Schülerinnen und Schüler zu Beginn eine mündliche Instruktion über den Ablauf der folgenden Stunden erhielten. Nachdem alle offenen Fragen beantwortet worden waren, erhielten die Schülerinnen und Schüler den Prä-Test, dessen Beantwortung circa eine Schulstunde dauerte, und anschließend arbeiteten sie nach einer kurzen Pause – in welcher die computerbasierte Lernumgebung wie bereits in der Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge (Kapitel 8) aufgebaut wurde – in Partnerarbeit mit der computerbasierten Lernumgebung, also zunächst mit dem Einführungs-Tutorial und anschließend erfolgte die 20-minütigen Experimentphase. Die Arbeit an der Lernumgebung nahm inklusive einer anschließenden Pause wiederum eine Zeitstunde in Anspruch. Zum Abschluss erhielten die Schülerinnen und Schüler den Post-Test, der identisch mit dem Prä-Test war.

Es wurden für diese Validierungsstudie folgende Testinstrumente verwendet:

- Adaptierte Version des EEST-2-Test (EEST-3-Test)
- Fachwissen Physik (FWPH-Test)

Der FWPH-Test wurde in dieser Studie in der gleichen Version eingesetzt, wie bereits in der vorab beschriebenen Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge (Kapitel 8) und wie in Kapitel 7.4 dargelegt.

9.6 Ergebnisse

Die Auswertung des EEST-3-Tests fand mittels vollständiger Paarvergleiche statt (Bortz, 2005). Hierzu wurden die Antwortalternativen der Experten pro Situationsbeschreibung gegeneinander abgeglichen. Selbiges erfolgte mit denen der Schülerinnen und Schüler. Der Gesamtscore der jeweils drei Items einer Situationsbeschreibung der Schülerinnen- und Schülerstichprobe wurde in einem nächsten Schritt mit denen der Experten abgeglichen und demnach wurden Punkte vergeben. Für eine Übereinstimmung zwischen Schülerinnen- und Schüler- und Expertenantwort gab es jeweils einen Punkt. Zur Bildung des Gesamtscores des EEST-3-Tests, wie auch für die Subskalen Idee, Experiment und Schlussfolgerung, wurden nur diejenigen Paarvergleiche einbezogen, bei welchen die Übereinstimmung der Experten bei 75% und höher lag. Dies bestätigt die Annahme der ersten Hypothese (H1) dieser Studie. Es ergibt sich für die Skala des EEST-3 ein Itempool von 41 anstatt ursprünglich 63 Items, für die Subskala Idee ein Itempool von 12 (ursprünglich 21) Items, für die Subskala Experiment blieben 15 von 21 Items und die Subskala Schlussfolgerung bestand schließlich noch aus 14 von 21 Items.

Zunächst wurden zu allen verwendeten Erhebungsinstrumenten im Prä-Post-Design die deskriptiven Kennwerte berechnet, welche in Tabelle 16 ersichtlich sind.

Tabelle 16 Mittelwerte, Standardabweichungen, Reliabilitäten und Itemanzahl der Instrumente der Validierungsstudie

Instrument		<i>M</i>	<i>SD</i>	Relia- bilität	Itemanzahl
EEST-3	Prä	28.23	5.00	.726	41
	Post	27.49	6.28	.822	41
EEST-3 Idee	Prä	7.51	2.13	.478	12
	Post	7.29	2.19	.503	12
EEST-3 Experi- ment	Prä	11.49	2.13	.523	15
	Post	11.13	7.44	.702	15
EEST-3 Schluss- folgerung	Prä	9.26	6.98	.683	14
	Post	9.12	3.08	.754	14
FWPH	Prä	5.48	2.66	.628	15
	Post	7.45	2.86	.670	15

Wie aus Tabelle 16 nachvollzogen werden kann, sind alle überprüften Kennzahlen sehr zufriedenstellend, so dass weiteren Analysen nichts entgegenzusetzen ist. Die Reliabilität des EEST-3-Tests liegt im Prä-Test bei $\alpha = .726$ und im Post-Test bei $\alpha = .822$. Die interne Konsistenz der Subskalen des EEST-3-Tests ist mäßig zufriedenstellend. Lediglich der Post-Test der Subskala Experiment und sowohl Prä- als auch Post-Test der Subskala Schlussfolgerung weisen zufriedenstellende Reliabilitäten von $.683 \leq \alpha \leq .754$ auf. Die Schwierigkeit des EEST-3-Tests liegt bei beiden Erhebungszeitpunkten mit $M = .679$ im Mittel in einem guten Bereich. Damit gilt das Testgütekriterium der Reliabilität als erfüllt und die zweite Hypothese (H2) dieser Studie kann angenommen werden.

Für den FWPH-Test liegt die interne Konsistenz mit $\alpha = .628$ im Prä-Test an der unteren, noch akzeptablen Grenze. Dies bestätigt sich durch die große Spannbreite der Schwierigkeit der Items. Mit einer Reliabilität von $\alpha = .670$ ist die interne Konsistenz für den Post-Test akzeptabel. Wobei hier die Spannbreite der Schwierigkeit wieder groß ist. Korrelationsanalysen ergaben für den EEST-3-Test und den FWPH-Test eine mittlere signifikante Korrelation nach Pearson von $r = .341$ mit $p = .001$. Dieses Ergebnis bestätigt die Annahme der dritten Hypothese (H3) dieser Studie.

9.7 Diskussion der Ergebnisse

Ziel der Studie zur Adaption des EEST-2-Tests war es, herauszufinden, ob das eingesetzte Testinstrument, welches das Strategiewissen erfassen soll, dienlich ist, um die Teilkompetenz Strategiewissen der experimentellen Fähigkeiten zu erfassen. Die nachstehenden Ausführungen beziehen sich lediglich auf die Beantwortung der innerhalb dieses Kapitels aufgestellten Hypothesen.

Da sich in der vorangegangenen Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge, wie in Kapitel 8 beschrieben, gezeigt hat, dass die Skalenkennwerte nicht zufriedenstellend waren, wurde das Testinstrument umfassend überarbeitet. Es wurden neue Testitems entwickelt und da das Testinstrument anschließend mehrere neue Items hatte, die noch nicht überprüft wurden, wurde es einem Expertenrating unterzogen und anschließend an einer Schülerinnen- und Schülerstichprobe überprüft. Die Berechnungen wurden mithilfe von Paarvergleichen anhand der Expertenurteile durchgeführt.

Der Studie zur Adaption des EEST-2-Tests lagen drei Hypothesen zugrunde. Die erste Hypothese betraf die Expertenbefragung, die zweite und dritte Hypothese die Studie an der Zielpopulation. Die erste Hypothese wollte herausstellen, ob die Übereinstimmung zwischen den Expertenantworten genügend hoch ist, damit der Test an der Schülerinnen- und Schülerstichprobe eingesetzt werden kann. Diese Hypothese konnte mit einer sehr hohen Übereinstimmung der Expertenantworten angenommen werden.

Da das Testinstrument durch die positive Überprüfung des Expertenratings als einsetzbar galt, wurde es an der Schülerpopulation, für die es entwickelt wurde, eingesetzt. Es wurde eine Studie unter Zuhilfenahme der computerbasierten Lernumgebung durchgeführt. Die zweite Hypothese, die dieser Studie zugrunde lag, war, ob das Testinstrument ausreichend hohe interne Konsistenzen erbringt, um die Förderung experimenteller Fähigkeiten in Bezug auf das Strukturierungswissen zu erfassen. Wie sich gezeigt hat, war die interne Konsistenz für den EEST-3-Test zufriedenstellend erreicht, weswegen der EEST-3-Test in weiteren Studien zum Einsatz kommen kann. Auch die signifikante Korrelation mit dem FWPH-Test kann die bisher beschriebenen Ergebnisse unterstützen und geht einher mit den Ergebnissen aus der Studie von Marschner (2011), die ebenfalls eine positive Korrelation beider Skalen

herausstellen konnte. Die positive Korrelation mit dem FHPH-Test bestätigt die dritte Hypothese dieser Studie.

10 Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht

Da bislang lediglich die Wirksamkeit der Lernumgebungen unter Laborbedingungen überprüft wurde, versucht diese Studie, die gewonnen Erkenntnisse in den naturwissenschaftlichen Regelunterricht zu transferieren. Aus der Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge (Kapitel 8) wurde das Ergebnis erhalten, dass die Kombination beider Lernumgebungsmedien lernförderlich ist und zudem zeigte sich, dass die lernförderlichste Kombinationsreihenfolge darin besteht, zunächst mit der computerbasierten Lernumgebung und anschließend mit der realen Lernumgebung zu arbeiten. Folglich wurden die Lehrmaterialien angepasst, um den Bedingungen des Regelunterrichts gerecht zu werden. Diese Änderung und Zusammenfassung beider Medien wird im Folgenden als kombiniertes Förderprogramm bezeichnet. Dieses kombinierte Förderprogramm stellt eine Methode dar, die das Konglomerat an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten in einer Experimentfolge lehren kann.

Zur Gewährleistung der Studienziele im Kontrollgruppendesign wurden Physiklehrkräfte rekrutiert, die zwei achte Klassen parallel unterrichten, so dass eine der beiden Klassen als Kontrollgruppe fungieren kann. Diese Kontrollgruppe erhielt den regulären Unterricht ihrer Lehrperson zum vorgegebenen Inhaltsbereich „naturwissenschaftliche Arbeitsweisen“. Anschließend erhielten die Lehrpersonen eine Fortbildung zu den Bildungsstandards im Generellen und im Spezifischen zu denjenigen zur Erkenntnisgewinnung. Darauffolgend wurden mit den Lehrpersonen Methoden und Modelle naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen erarbeitet. Schließlich hatten die Lehrpersonen Gelegenheit, das kombinierte Förderprogramm zu eruiieren und eine Unterrichtsstunde mit diesem zu planen. Mithilfe des kombinierten Förderprogramms sollten die Lehrpersonen schlussendlich mit ihrer zweiten Parallelklasse eine Unterrichtseinheit zu „naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen“ durchführen. Die Ergebnisse sollen aufzeigen, dass es möglich ist, unter Laborbedingungen erstellte und überprüfte Lernumgebungsmedien wirksam im Regelunterricht einzusetzen.

10.1 Fragestellung und Hypothesen

Die Studie verfolgt zwei Ziele, die aufeinander aufbauen. Es soll herausgestellt werden, ob es für Lehrpersonen möglich ist, Unterricht mit dem kombinierten Förderprogramm zu gestalten. Sofern dies möglich ist, sollte sich ebenfalls zeigen, ob es für die Schülerinnen und Schüler lernförderlich in Bezug auf experimentelle Fähigkeiten ist, Unterricht mit dem kombinierten Förderprogramm zu erhalten. Es soll somit überprüft werden, ob die Forschung, die sich mit der Effektivität von Lernumgebungen auf den naturwissenschaftlichen Unterricht beschäftigt (beispielsweise van der Meij & de Jong, 2006; Zacharia & Anderson, 2003; Zacharia, 2007), die jedoch meist unter Laborbedingungen durchgeführt wurde, auch Möglichkeiten zur Anwendung im regulären naturwissenschaftlichen Unterricht aufzeigt.

Die zu beantwortende Fragestellung ist, ob es möglich ist, Studienergebnisse, welche unter Laborbedingungen erzielt wurden, in den Regelunterricht zu übertragen. Daraus ergibt sich die erste Hypothese der Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht:

H1 Schülerinnen und Schüler weisen einen höheren Lernerfolg in Bezug auf experimentelle Fähigkeiten nach einer Unterrichtseinheit mit dem kombinierten Förderprogramm, im Vergleich zu einer Unterrichtseinheit ohne kombiniertes Förderprogramm, jedoch zum gleichen Lehrziel, auf.

Das Studiendesign erfordert es, zudem herauszustellen, ob die erzielten Ergebnisse der ersten Hypothese auf das kombinierte Förderprogramm oder auf die Lehrperson zurückzuführen sind. Aus dieser Forderung ergibt sich die zweite Hypothese, der diese Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht nachgehen soll:

H2 Das Ergebnis der Untersuchung von H1 ist auf den Unterricht der Lehrperson mit dem kombinierten Förderprogramm und nicht auf die Lehrperson selbst zurückzuführen.

10.2 Materialien und Instrumente

Die verwendeten Materialien und Instrumente werden in diesem Kapitel vorgestellt. Es wird zunächst erläutert, welche Änderungen an den Lernumgebungen beziehungsweise am kombinierten Förderprogramm vorgenommen wurden, um anschließend die

durchgeführte Lehrerfortbildung eingehender vorzustellen. Im Anschluss daran werden die Erhebungsinstrumente der Schülerinnen und Schüler und die der Lehrpersonen aufgeführt, um abschließend das in den Unterrichtsstunden eingesetzte Beobachtungsinstrument darzulegen.

10.2.1 Material 1: kombiniertes Förderprogramm

Die bereits existierenden Lernumgebungen, welche unter Laborbedingungen in der Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge und in der Adaptionstudie des EEST-2-Test (darin nur die computerbasierte Lernumgebung) genutzt wurden, setzen sich aus der computerbasierten Lernumgebung und der realen Lernumgebung mit der inhaltlichen Thematik zum *Auftrieb in Flüssigkeiten* zusammen. Die vorangegangene Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge (Kapitel 8) konnte aufzeigen, dass die Kombination der Lernumgebungen in der Reihenfolge zunächst computerbasiert und anschließend real am lernförderlichsten in Bezug auf experimentelle Fähigkeiten war. Die Interventionsstudie wurde durchgeführt, um diese Kombinationsreihenfolge in der hiesigen Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht anzuwenden und umzusetzen. Wie vorab erwähnt, wurde die Kombination beider Lernumgebungen in der beschriebenen Reihenfolge als kombiniertes Förderprogramm bezeichnet. Damit dieses kombinierte Förderprogramm den Anforderungen des Regelunterrichts gerecht wird, mussten kleinere Änderungen vorgenommen werden.

Die computerbasierte Lernumgebung wurde derart modifiziert, dass sie den teilnehmenden Lehrpersonen auf einem USB-Stick ausgehändigt werden konnte und dass die Lehrpersonen sie anwenden beziehungsweise auf anderen Computern installieren konnten, ohne tiefgehendes Wissen über die Lernumgebung an sich zu haben. Die Version, welche den Lehrpersonen ausgehändigt wurde, enthielt die wichtigsten Voreinstellungen wie beispielsweise den direkten Beginn des Einführungstutorials und die Voreinstellung der Experimentierzeit im Labor auf 20 Minuten. Diese Vereinfachungen sollten die Hemmschwelle für die Lehrpersonen verringern, die Lernumgebung zum Einsatz zu bringen, und den Einsatz der Lernumgebung im Regelunterricht fördern.

Bei der Herstellung der realen Lernumgebung wurde darauf geachtet, dass die Lehrpersonen keine zusätzlichen Anschaffungen machen mussten. So wurden die Lernumgebungen als Klassensatz in Kisten fertiggestellt und den Lehrpersonen

dauerhaft ausgehändigt. In jeder dieser Kisten befanden sich acht Jute-Säcke, die jeweils für eine Gruppenarbeit von bis zu vier Schülerinnen und Schülern ausgelegt waren. Die Inhalte waren die gleichen, wie die der realen Lernumgebungen der Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge (siehe Kapitel 6 und Kapitel 8). So enthielt jeder Jute-Sack einen Federkraftmesser, je einen Becher für Salz- und einen für destilliertes Wasser, ein Paket Salz und die 12 Körper, wie sie auch in der Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge verwendet wurden. Zusätzlich enthielt jeder Klassensatz acht laminierte Screenshots in DIN-A-4-Größe des Notizblockes der computerbasierten Lernumgebung und Folienstifte, um die Beziehungspfeile und Relationen auf dem Notizblock einzuzeichnen.

10.2.2 *Material 2: Vorabinformationen für die teilnehmenden Lehrpersonen*

Damit alle Lehrpersonen über das gleiche inhaltliche Wissen verfügen, haben die Lehrpersonen circa sechs Wochen vor Beginn der Veranstaltungsreihe, also sechs Wochen vor der Unterrichtsstunde mit der jeweils ersten Klasse (Kontrollgruppe), eine Informationsbroschüre erhalten, in welcher die zentralen Inhalte schriftlich formuliert wurden. Das Ziel der Informationsbroschüre war, dass die Lehrpersonen bei Kontroll- und Experimentalgruppe über das notwendige Wissen verfügen, um in Hinsicht auf das Lehrziel gleichermaßen zu unterrichten. In der Informationsbroschüre wurde zunächst das Lehrziel explizit beschrieben. Anhand des *IES-Arbeitsprozesses* wurde den Lehrpersonen die Notwendigkeit einer expliziten Vermittlung von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen nahegelegt und dies wurde als Lehrziel, an das sich alle Lehrpersonen bei beiden Unterrichtsstunden halten sollten, vorgegeben. Der Inhalt der Broschüre ist eine Zusammenfassung von dem in der Lehrerfortbildung (vergleiche Kapitel 10.2.3) vermittelten Inhalt. So wurde in der Informationsbroschüre der *IES-Arbeitsprozess* aufgeführt und erläutert. Anschließend wurden die Bildungsstandards im Generellen und spezifisch diejenigen zur Erkenntnisgewinnung aufgeführt. Darauf folgend wurden Methoden naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen (Wahser, 2008) und das SDDS-Modell (Klahr & Dunbar, 1988) beschrieben.

10.2.3 *Material 3: Lehrerfortbildung*

Die durchgeführte Lehrerfortbildung dauerte sieben Stunden. Sie wurde in den drei Bundesländern, aus welchen die teilnehmenden Lehrpersonen kamen (Nordrhein-

Westfalen, Rheinland-Pfalz und Hessen), separat durchgeführt sowie vom jeweiligen Ministerium akkreditiert und in die Fortbildungsdatenbank aufgenommen. Die Fortbildung wurde von der Autorin dieser Arbeit und einem promovierten Chemielehrer geleitet und entwickelt. An jeder der drei Fortbildungen nahmen jeweils sieben bis zehn Lehrpersonen teil.

Die Lehrerfortbildung wurde in drei Arbeitsblöcke unterteilt. Zunächst fand eine theoretische Einführung statt, daran anschließend eine Einführungs- und Explorationsphase mit dem kombinierten Förderprogramm sowie eine abschließende Diskussions- und Unterrichtsvorbereitungsphase. Die beiden ersten Blöcke umfassten jeweils drei Stunden, so dass eine Stunde zur Diskussion und Unterrichtsvorbereitung zur Verfügung stand. Inhaltlich war die Fortbildung, wie aus Tabelle 17 ersichtlich, aufgebaut.

Tabelle 17 Inhaltlicher Aufbau der Lehrerfortbildung

<p>Bildungsstandards im Allgemeinen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Methoden naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen • Curriculare Vorgaben <p>Bildungsstandards zum Experimentieren</p> <ul style="list-style-type: none"> • Theoretische Modelle • SDDS-Modell • Scientific Inquiry <p>Verlauf eines Erkenntnisprozesses in den Naturwissenschaften (Drei-Schritt eines Experimentes)</p>	<p>1. Block: Theoretische Einführung</p>
<p>Kombiniertes Förderprogramm</p> <ul style="list-style-type: none"> • Computerbasierte Lernumgebung <i>Auftrieb in Flüssigkeiten</i> • Reale Lernumgebung <i>Auftrieb in Flüssigkeiten</i> 	<p>2. Block: Kennenlernen des kombinierten Förderprogramms</p>
<p>Diskussion über mögliche Umsetzung des Gelernten in der Unterrichtsstunde mit der Experimentalgruppe</p> <p>Unterrichtsvorbereitung</p>	<p>3. Block: Diskussion und Unterrichtsvorbereitung</p>

Die Materialien für die Lehrerfortbildung wie auch für die Informationsbroschüre wurden in Anlehnung an Hübinger, Emden und Sumfleth (2009) erstellt. Während des ersten Blocks, der theoretischen Einführung, wurden den Lehrpersonen zunächst die deutschen Bildungsstandards (KMK, 2005) insbesondere jene, die sich mit dem Experimentieren und der Erkenntnisgewinnung beschäftigen, vorgestellt. Daran anschließend wurden die Lehrpersonen über die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (beispielsweise Wahser, 2008), das SDDS-Modell (Klahr & Dunbar, 1988) und den

IES-Arbeitsprozess informiert. Zu den jeweiligen Themenblöcken gab es je eine kurze theoretische Einführungen und anschließende Gruppenarbeitsphasen mit angereicherter Literatur, um ein tiefergehendes Verständnis zu erlangen. Nachdem in den Kleingruppen jedes Thema einzeln besprochen wurde, wurden die Inhalte und Theorien im Plenum diskutiert.

Der zweite Block, der das Kennenlernen des kombinierten Förderprogramms beinhaltete, begann mit einer Präsentation, in welcher die theoretischen Hintergründe der computerbasierten und der realen Lernumgebung wie beispielsweise das selbstregulierte Lernen, das SDDS-Modell und der *IES-Arbeitsprozess* vorgestellt wurden. Aufgrund des bereits vorhandenen Wissens über die theoretischen Inhalte aus dem ersten Block konnte dieser Teil kurz gehalten werden, um mehr Zeit auf die technischen Hintergründe der Lernumgebungen zu verwenden. Nachdem die Vor- und Nachteile sowie die technischen Einschränkungen beider Lernumgebungen den Lehrpersonen nahegebracht wurden, erhielten die Lehrpersonen ausreichend Zeit, sich mit dem kombinierten Förderprogramm zu beschäftigen. Die Lehrpersonen konnten in beiden Lernumgebungen explorieren und bei Bedarf Fragen stellen. Hierbei war das Ziel, dass die Lehrpersonen mit den Lernumgebungen in einer Art und Weise vertraut werden, dass sie die Lernumgebungen lernförderlich in ihren Regelunterricht einbinden können.

Zum Abschluss der Lehrerfortbildung fand eine Diskussion (dritter Block) über die explizite Vermittlung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen im Unterricht statt. Hierbei war das Ziel, den Lehrpersonen nahezubringen, wie wichtig es für die Schülerinnen und Schüler ist, die Methoden naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen auf verschiedenste naturwissenschaftliche Inhaltsbereiche anwendbar zu erlernen. Die Lehrpersonen konnten in Kleingruppen oder im Plenum besprechen und diskutieren, inwieweit sie eine Unterrichtsstunde mit dem Ziel, naturwissenschaftliche Arbeitsweisen zu vermitteln, mithilfe des kombinierten Förderprogramms durchführen können. Den Lehrpersonen wurde erneut das Lehrziel für die Unterrichtsstunde, welches die Vermittlung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen war, mitgeteilt.

10.2.4 Erhebungsinstrumente für Schülerinnen und Schüler

Die verwendeten Erhebungsinstrumente wurden zu einem Testheft zusammengestellt und sind ähnlich denjenigen, die bereits in der vorangegangenen Interventionsstudie zur

Kombinationsreihenfolge (Kapitel 8) verwendet wurden. Folgend werden sie dennoch kurz dargestellt, da sich bei manchen Erhebungsinstrumenten Änderungen ergeben haben und ein Erhebungsinstrument hinzugekommen ist. Wenn nicht in der Darstellung des Erhebungsinstrumentes separat beschrieben, wurden die jeweiligen Skalen in jeweils einem Testheft vor der Unterrichtsstunde (Prä-Test) und nach der Unterrichtsstunde (Post-Test) erhoben.

- Essener Experimentierstrategiewissenstest 3 (EEST-3): In dieser Studie kam die adaptierte Version des EEST-2-Tests zum Einsatz. Hier wurde die Version verwendet, die sich in der Studie zur Adaption des EEST-2-Test, also der EEST-3-Test (vergleiche Kapitel 9), als nützlich erwiesen hat.
- Strukturierungstest 1 (Struk1): Wie bereits in der Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge kam in dieser Studie der erste Teil des Strukturierungstests von Wahser (2008) zum Einsatz (vergleiche Kapitel 7.2).
- Strukturierungstest 2 (Struk2): Bereits in Kapitel 7.2 wurde erwähnt, dass die ursprüngliche Version des Strukturierungstests von Wahser (2008) aus zwei Teilen besteht. In der hiesigen Interventionsstudie (Kapitel 8) kam allerdings nur eines der beiden Testinstrumente zum Einsatz. Da dieser allerdings in der Interventionsstudie schwache Testkennwerte aufwies, wurde in dieser Studie der zweite Teil dieses Testinstrumentes aufgenommen. Ein Beispielitem ist aus Abbildung 16 ersichtlich. Der zweite Teil des Strukturierungstests besteht aus Aussagen oder Begriffen, welche die Schülerinnen und Schüler dem Drei-Schritt eines Experimentes zuordnen müssen. So wird hierbei das Wissen der Schülerinnen und Schüler über Zusammenhänge innerhalb des Erkenntnisprozesses getestet. Zu diesen Zusammenhängen zählen beispielsweise:
 - die Abfolge des Drei-Schritts eines Experiments,
 - der Zusammenhang von Experiment und Idee,
 - der Zusammenhang von Schlussfolgerung und Experiment,
 - der Zusammenhang von Schlussfolgerung und Idee und
 - das Auftreten erwarteter und unerwarteter Ergebnisse.

In Bezug auf diese Zusammenhänge werden Aussagen formuliert, welchen die Schülerinnen und Schüler zustimmen oder welche sie ablehnen sollen. Der Test besteht aus insgesamt neun Itemstämmen, wobei jeder Stamm eine

Problemstellung oder Handlungsalternative liefert und anhand von jeweils vier Antwortalternativen muss entschieden werden, ob die jeweilige Antwortalternative „stimmt“ oder „stimmt nicht“. Die Reliabilitäten des Tests betragen bei Wahser (2008) im Prätest bei $\alpha = .834$. Der Gesamtscore errechnet sich aus der Addition aller richtig gelösten Antwortalternativen, geteilt durch die Anzahl aller Antwortalternativen der Skala.

Um ein Problem lösen zu können, muss ich folgende Reihenfolge einhalten:		Stimmt	Stimmt nicht
2.1	Schlussfolgerung → Experiment → Idee		
2.2	Idee → Experiment → Schlussfolgerung		
2.3	Experiment → Idee → Schlussfolgerung		
2.4	Experiment → Schlussfolgerung → Idee		

Abbildung 16 Beispielitem des Struk2-Tests

- Fachhandwerklicher Fähigkeiten Test (LabSkills): Der LabSkills-Test wurde wie bereits in der Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge (vergleiche hierzu Kapitel 7.3 und Kapitel 8) verwendet.
- Motivation (FAM): In der Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge (Kapitel 8) dieser Arbeit wurde die Motivation mithilfe der Subskalen Interesse und Herausforderung des Fragebogen zur aktuellen Motivation (FAM: Rheinberg et al., 2001) erhoben. In dieser Studie kamen ebenfalls lediglich die beiden Unterskalen zu Herausforderung und Interesse des FAMs zum Einsatz. Die Prä-Testwerte des FAMs wurden nicht im gleichen Testheft wie die restlichen Prä-Tests erhoben, stattdessen wurde dem Lehrer aufgetragen, direkt zu Beginn der Unterrichtsstunde in maximal fünf Minuten zu beschreiben, was in den folgenden 90 Minuten geschehen wird. Die Lehrperson sollte also eine kurze Einführung in die Unterrichtsstunde geben. Direkt im Anschluss an die Einführung der Lehrkraft wurde der FAM den Schülerinnen und Schülern vorgelegt, wobei das Ausfüllen circa drei Minuten in Anspruch genommen hat. Der Einführungstext wurde etwas angepasst in: „Nun wollen wir wissen, wie deine momentane Einstellung zu der bevorstehenden Doppelstunde ist“. Die Post-Testwerte des FAMs wurden sofort nach Beendigung der 90-minütigen Unterrichtsstunde als erste Seite des Post-Tests erhoben. Es ist also kaum Zeit zwischen der Beendigung der Unterrichtsstunde und dem Ausfüllen des FAMs verstrichen. Der angepasste Einführungstext für den Post-FAM lautete hierbei:

„Nun wollen wir wissen, wie deine momentane Einstellung zu der vergangenen Doppelstunde ist“.

10.2.5 Erhebungsinstrumente für Lehrpersonen

Der Fragebogen der Lehrpersonen wurde diesen kurz nach Abschluss der Studie per Post mit einem Rücksendeumschlag zugesandt mit der Intention, die Freiwilligkeit der Angaben zu gewährleisten. Zunächst wurden einige demographische Variablen wie das Alter, das Geschlecht, die Berufserfahrung in Jahren, die Studienfächer und der Studienort erfasst.

Zum Abschluss des Fragebogens wurden einige offene Fragen gestellt, die die Studienziele und die Anwendbarkeit der Lernumgebungen im Unterricht abfragen. Beispielsweise: „Denken Sie, dass die Lernumgebungen sinnvoll für den Einsatz im Schulalltag sind?“, „Haben Sie das Ziel ‚naturwissenschaftliche Arbeitsweisen zu vermitteln‘ mit der 2. Klasse umsetzen können?“ und „Wo lagen in der Vorbereitung der beiden Unterrichtsstunden Unterschiede?“.

10.2.6 Beobachtungsinstrument für die Unterrichtsstunde

Damit die Unterrichtsstunden retrospektiv nachvollzogen werden können, kam ein Unterrichtsbeobachtungsinstrument zum Einsatz. Das Beobachtungsinstrument wurde von jeweils einer der vier geschulten Testleiterinnen während der jeweiligen Unterrichtsstunden der Lehrpersonen ausgefüllt.

Zur Nachvollziehbarkeit der in der Unterrichtsstunde umgesetzten Studienziele wurde das Unterrichtsbeobachtungsinstrument mit sowohl offenen als auch geschlossenen Items erstellt, die spezielle Bereiche des Studieninhalts berücksichtigen. So wurde beispielsweise erfasst, inwieweit Experimente durchgeführt wurden (Klasse 1: Kontrollgruppe) und inwieweit das kombinierte Förderprogramm zum Einsatz kam (Klasse 2: Experimentalgruppe). Die Einführung in die Unterrichtsstunde und auch der genannte Arbeitsauftrag der Lehrpersonen an die Schülerinnen und Schüler sollten niedergeschrieben werden. Die geschlossenen Items sind in Tabelle 18 dargestellt und wie erkennbar ist, fokussieren sie primär das Lehrziel, um erfassbar zu machen, ob und inwieweit die Lehrpersonen dieses verbalisiert und umgesetzt haben.

Als Basis des Beobachtungsinstruments diente das Instrument „Einblicknahme in die Lehr-Lern-Situation“ (ELL; Helmke, 2009). Dieses erfasst die Subskalen

Klassenmanagement, lernförderliches Klima, Motivierung, Strukturierung und Konsolidierung, Aktivierung, Differenzierung, selbstständiges Lernen, individuelle Unterstützung sowie Nutzung der Lernzeit. Insgesamt wurden 46 Items verwendet, die auf einer vier-stufigen Skala von „trifft nicht zu“, „trifft eher nicht zu“, „trifft eher zu“ bis zu „trifft zu“ zu bewerten sind. Zu jedem Item besteht die Möglichkeit, „nicht beurteilbar“ anzukreuzen und bei jeder Subskala können weitere Anmerkungen hinzugefügt werden. Des Weiteren wurden die Sozialformen, die Unterrichtsformen, der Anteil an Plenumsunterricht, die allgemein eingesetzten Arbeitsmittel/ Medien, der Redeanteil der Lehrkraft sowie die Sitzordnung erhoben. Da weder der Inhalt des ELLs, noch die Angaben zu den verwendeten Sozial- und Unterrichtsformen sowie die Sitzordnung zur Beantwortung der in dieser Arbeit zu beantwortenden Fragestellungen dienlich ist, wird nicht weiter auf die Ergebnisse eingegangen.

Tabelle 18 Geschlossene Items des Beobachtungsinstruments

Spezifisches	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu	nicht beurteilbar
1. Die Lehrperson gibt eine Einführung in die heutige Doppelstunde.					
2. Die Lehrperson verdeutlicht, dass der Fokus der heutigen Stunde im Erlernen von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen liegt.					
3. Die Lehrperson bietet den SuS Gelegenheit, selbst aktiv zu experimentieren.					
4. Die Lehrperson lässt die SuS eigenständig mit Mess- und Experimentalgeräten arbeiten.					
5. Die Lehrperson fordert die SuS auf, sich selbst Ziele für ein Experiment zu setzen (z.B. Aufstellen von Hypothesen...)					
6. Die Lehrperson erklärt den Drei-Schritt (Idee → Experiment → Schlussfolgerung).					
7. Die Lehrperson lässt die SuS ein experimentelles Design planen/ entwerfen mit dem Ziel, dass die SuS es selbst umsetzen.					
8. Die Lehrperson lässt die SuS selbst ein Experiment aufbauen.					
9. Die Lehrperson beauftragt die SuS mit der Beobachtung eines Experiments.					
10. Die Lehrperson lässt die SuS Ergebnisse aus Experimenten protokollieren.					
11. Die Lehrperson gibt den SuS die Möglichkeit, das im Experiment gewonnene Ergebnis selbst zu bewerten.					
12. Die Lehrperson verdeutlicht die Relevanz des Unterrichtsthemas.					
13. Die Lehrperson knüpft an das alltägliche Begriffsverständnis an, wenn sie naturwissenschaftliche Phänomene erklärt.					

10.3 Stichprobe der Lehrpersonen

An der Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht nahmen insgesamt 24 Gymnasial-Physiklehrkräfte aus drei deutschen Bundesländern – Rheinland-Pfalz, Hessen und Nordrhein- Westfalen teil. 37,5% der teilnehmenden Lehrpersonen waren weiblich und das Durchschnittsalter der Lehrpersonen betrug 47,06 ($SD = 7,89$) Jahre. Die durchschnittliche Lehrerfahrung der Lehrpersonen lag bei 17,33 ($SD = 10,48$) Jahre. Die Rekrutierung der Lehrpersonen war umfangreich. Zunächst musste bei den jeweiligen Ministerien der teilnehmenden Bundesländer die Erlaubnis für sowohl die

Durchführung der Fortbildung als auch die Durchführung der Schülerinnen- und Schülertestungen eingeholt werden. Die Fortbildungen wurden in allen drei Bundesländern akzeptiert, akkreditiert und in die Fortbildungsdatenbanken der Länder aufgenommen. Die Durchführung der Schülerinnen- und Schülertestungen wurde ebenfalls genehmigt. Es war nicht davon auszugehen, dass sich leicht Lehrpersonen finden, die alle Kriterien zur Teilnahme erfüllen. Die Bedingungen zur Teilnahme waren zunächst Interesse der Lehrpersonen an der Teilnahme, die Lehrpersonen sind Gymnasiallehrer, die Schulleitungen stimmen der Teilnahme zu, die Lehrpersonen unterrichten im Schuljahr 2011/2012 zwei Parallelklassen der achten Jahrgangsstufe im Fach Physik und die Lehrpersonen haben bis zur Studiendurchführung das Thema *Auftrieb in Flüssigkeiten* in den Schulklassen noch nicht behandelt. Über das Internet konnten die Adressen aller Gymnasien der drei Bundesländer herausgefunden werden. Jedes dieser Gymnasien erhielt daraufhin ein Anschreiben an die Schulleitung und an die Fachleitung Physik mit Informationen über die Studie und der Bitte, sich mit der Studienleitung in Verbindung zu setzen, sofern Interesse an der Teilnahme besteht. Nachdem die Resonanz gering war, wurden alle angeschriebenen Schulen telefonisch kontaktiert, um zunächst herauszufinden, ob es eine Physiklehrperson gibt, die im kommenden Schuljahr zwei Parallelklassen in der achten Jahrgangsstufe unterrichtet. Die betreffenden Physiklehrpersonen wurden gezielt angesprochen und zur Teilnahme an der Studie animiert, so dass sich schlussendlich 24 Lehrpersonen finden ließen, die alle Kriterien zur Teilnahme erfüllten und an der Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht partizipiert haben.

10.4 Stichprobe der Schülerinnen und Schüler

Insgesamt haben 1.258 Schülerinnen und Schüler der achten Jahrgangsstufe deutscher Gymnasien teilgenommen. Die Schülerinnen und Schüler verteilten sich auf jeweils zwei Klassen der vorab beschriebenen Lehrpersonen. Das Durchschnittsalter der Schüler betrug 13,52 ($SD = .60$) Jahre und 52,6% der Probanden waren weiblichen Geschlechts. Die Durchschnittsnote (im Fach Physik) betrug 2,52 ($SD = .91$) bei einer Notenskala von 1 (sehr gut) bis 6 (ungenügend). Im Durchschnitt lernten die Schülerinnen und Schüler das Fach Physik bereits seit 2,51 ($SD = .91$) Jahren. In der Kontrollgruppe (Klasse 1 jeder Lehrperson) befanden sich 50,3% der Schülerinnen und Schüler. Insgesamt wurden 96,7% der Probanden in Deutschland geboren, 96% von

ihnen sprachen zu Hause die Sprache Deutsch. Andere Länder, in welchen die Schülerinnen und Schüler geboren wurden, waren die Türkei, Russland und Luxemburg.

10.5 Design/ Durchführung der Studie

Der Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht lag ein experimentelles Kontrollgruppendesign zu Grunde. Jede der 24 teilnehmenden Lehrpersonen unterrichtete in der achten Jahrgangsstufe jeweils zwei Parallelklassen im Fach Physik. Die Intention in der Auswahl von Lehrpersonen mit Parallelklassen lag darin begründet, dass dadurch die zwei Klassen miteinander verglichen werden können und nicht zusätzliche Effekte durch die Lehrperson hinzukommen. Dementsprechend gab es pro Lehrperson eine Kontrollgruppe (KG) und eine Experimentalgruppe (EG). Durch die Zusammensetzung der beschriebenen Datenstruktur ergibt sich ein Mehrebenen-Design. Im Folgenden wird von einem 2-Ebenen-Design ausgegangen. Nach Cress (2008) liegt eine hierarchische Struktur vor, wenn von Individuen ausgegangen wird, die gleichzeitig Teil von Gruppen sind („geschachtelte Datenstruktur“). In der vorliegenden Datenstruktur bilden die Lehrpersonen die erste Ebene ab und die jeweils zwei Schulklassen einer Lehrperson befinden sich auf der zweiten Betrachtungsebene. Der Unterschied in der Berechnung zwischen dem allgemeinen linearen Modell und einem hierarchischen linearen Modell ist, dass die Phänomene auf den unterschiedlichen Analyseebenen im hierarchischen linearen Modell gleichzeitig untersucht werden (Cress, 2008). Selbige Autorin empfiehlt, zunächst Berechnungen mit dem allgemeinen linearen Modell durchzuführen und bei positiven Ergebnissen diese durch hierarchische lineare Modelle zu verifizieren.

Die Klassen beziehungsweise Gruppen wurden von ihren Lehrpersonen ausgewählt. Insgesamt haben 48 Schulklassen teilgenommen, welche wie folgt unterteilt sind:

- 24 Kontrollgruppen (die jeweils zuerst getestete Klasse einer Lehrperson: Klasse 1): Die Schülerinnen und Schüler wurden von ihrer Lehrperson mit dem Ziel „naturwissenschaftliche Arbeitsweisen zu lehren“ unterrichtet.
- 24 Experimentalgruppen (die jeweils zuletzt getestete Klasse einer Lehrperson: Klasse 2): Die Schülerinnen und Schüler wurden von ihrer Lehrperson mit dem Ziel „naturwissenschaftliche Arbeitsweisen zu lehren“

unterrichtet. Dabei sollten die Lehrpersonen das kombinierte Förderprogramm (computerbasierte und reale Lernumgebung zum *Auftrieb in Flüssigkeiten*) zur Erreichung ihres Lehrzieles benutzen.

Zwischen der Unterrichtsstunde mit Klasse 1 und Klasse 2 fand die in Kapitel 10.2.3 beschriebene Lehrerfortbildung statt. Der Ablauf der Studie ist zur vereinfachten Übersicht in Abbildung 17 dargestellt.

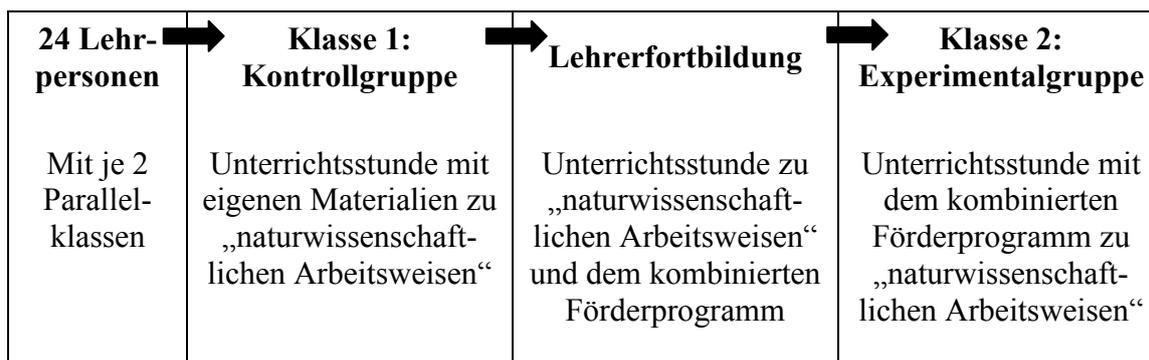


Abbildung 17 Übersicht des Studienablaufs

Jede Klasse wurde separat getestet, wobei bis zu vier Klassen pro Tag parallel getestet wurden, da insgesamt vier Testleiterinnen gleichzeitig in den Schulen beziehungsweise Bundesländern tätig waren. Für jede Testung waren vier Stunden angesetzt. Zunächst fand eine Stunde lang der Prä-Test statt, anschließend unterrichteten die Lehrpersonen 90 Minuten und abschließend fand eine Stunde lang der Post-Test statt. Konkret lief jede Erhebung mit je einer Klasse folgendermaßen ab: Die Lehrperson hatten für die jeweils erste Klasse (Kontrollgruppe) den Auftrag „naturwissenschaftliche Arbeitsweisen zu vermitteln“. Die Umsetzung und Gestaltung dieser 90 Minuten waren den Lehrpersonen selbst überlassen. Nach spätestens fünf Tagen erhielten die Lehrpersonen (jeweils nach Bundesland getrennt) die Lehrerfortbildung (siehe Kapitel 10.2.3). Nach dieser hatten die sie mindestens drei Tage Zeit, um ihren Unterricht mit der Experimentalgruppe vorzubereiten. Dieser Testtag mit der Experimentalgruppe lief identisch ab wie der Testtag der jeweils ersten Klasse.

Die 90-minütigen Unterrichtsstunden wurden mit dem beschriebenen Beobachtungsinstrument (siehe Kapitel 10.2.6) vom jeweiligen Testleiter verfolgt. Eine Übersichtsgrafik über den gesamten Studienablauf mit je einer Lehrperson beziehungsweise ihren zwei Schulklassen findet sich in Abbildung 18.

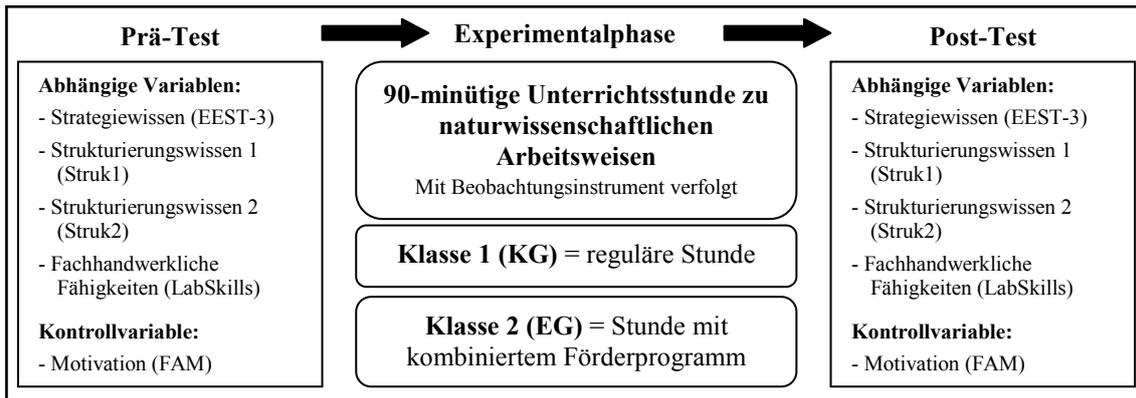


Abbildung 18 Design der Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht

Die Testhefte für die Schülerinnen und Schüler im Prä- und Post-Test waren identisch. Die vier Stunden, in welchen die Klassen getestet wurden, waren wie folgt organisiert: Zu Beginn füllten die Schülerinnen und Schüler einen Teilnehmerfragebogen aus, in welchem demographische Daten wie das Alter, das Geschlecht, die Muttersprache, das Geburtsland, die Physiknote und die Jahre, die sie bereits in Physik unterrichtet wurden, abgefragt wurden. Danach begann der Prä-Test, welcher folgende Komponenten beinhaltet: Strategiewissen (EEST-3), Strukturierungswissen (Struk1 + Struk2) und fachhandwerkliche Fähigkeiten (LabSkills). Nach einer Pause begann die Experimentalphase (Unterrichtsstunde der Lehrperson), für welche 90 Minuten veranschlagt waren. Die Lehrpersonen wurden beauftragt, eine kurze (maximal fünf-minütige) Einführung in den Inhalt der folgenden Unterrichtsstunde zu geben, bevor die Schülerinnen und Schüler den Fragebogen zur aktuellen Motivation (FAM) erhielten. Anschließend begannen die Lehrpersonen ihre geplante 90-minütige Unterrichtsstunde, welche von den Testleitern mit dem Beobachtungsinstrument verfolgt und dokumentiert wurde. Abschließend wurden die Schülerinnen und Schüler im Post-Test zunächst mit dem FAM und anschließend mit den Skalen des Prä-Tests (EEST-3, Struk1, Struk2 und LabSkills) erneut konfrontiert. Der Post-Test dauerte insgesamt etwa 40 Minuten.

Um eine konkrete Vorstellung darüber zu erlangen, wie die jeweiligen Unterrichtsstunden gestaltet wurden, wird im Folgenden beispielhaft eine typische Unterrichtsstunde der Kontrollgruppe und der Experimentalgruppe beschrieben. Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass es jeder Lehrperson selbst überlassen war, wie sie ihre Unterrichtsstunde durchführte. Die Lehrpersonen waren in der Gestaltung der

Unterrichtsstunden frei. Die nachfolgend beschriebenen Unterrichtsstunden sind fiktiv und bilden kein realisiertes Design über alle Klassen ab.

Eine typische Unterrichtseinheit mit der Kontrollgruppe startete mit einer kurzen Einleitung der Lehrperson in den thematischen Kontext *Auftrieb in Flüssigkeiten* oder „den *IES-Arbeitsprozess*“, beispielsweise indem eine geschlossene und volle Coca-Cola©-Dose in ein Wassergefäß gelegt wurde (die Dose wurde verwendet, da sie eine Dichte von $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$ hat und somit im Wasser schwebt). Die Lehrpersonen diskutierten mit ihren Schülerinnen und Schülern über mögliche Hintergründe des Verhaltens der Dose im Wasser. Danach wurden die Schülerinnen und Schüler in die Terminologie der Thematik *Auftrieb in Flüssigkeiten* eingeführt, es wurden notwendige Formeln und Begrifflichkeiten aufgezeigt und der Drei-Schritt eines Experimentes wurde erklärt. In den meisten Fällen händigten die Lehrpersonen ihren Schülerinnen und Schülern selbst gestaltete Arbeitsblätter und interaktive Materialien aus und forderten die diese auf, in Kleingruppen von drei bis vier Personen die Aufgaben, die auf den Arbeitsblättern oder an der Tafel standen, innerhalb einer Stunde gemeinsam zu bearbeiten. Nach dieser Experimentierphase diskutierte die Klasse im Plenum die gewonnenen Ergebnisse und beendeten damit die 90-minütige Unterrichtsstunde.

Eine typische Unterrichtsstunde mit der Experimentalgruppe, also der jeweils zweiten Klasse einer Lehrperson, startete ebenso wie die der Kontrollgruppe. Das heißt, es gab eine kurze Einleitung in den thematischen Hintergrund *Auftrieb in Flüssigkeiten* oder „den *IES-Arbeitsprozess*“. Anschließend stellten die Lehrpersonen ihren Schülerinnen und Schülern die computerbasierte Lernumgebung des kombinierten Förderprogramms vor und sie erklärten, dass sie zunächst mit der computerbasierten Lernumgebung und danach mit der realen Lernumgebung arbeiten werden. Die Lehrpersonen installierten die Laptops, so dass immer zwei Schülerinnen und Schüler gemeinsam daran arbeiten konnten. Nach einer 40-minütigen Arbeit mit der computerbasierten Lernumgebung (20 Minuten Einführungs-Tutorial und 20 Minuten Explorationsphase) fragten die Lehrpersonen ihre Schülerinnen und Schüler danach, was sie gelernt hatten, und darauf aufbauend wurde über den Inhalt der computerbasierten Lernumgebung und die gewonnenen Erkenntnisse kurz diskutiert. Nachdem die von der Testleitung mitgebrachten Laptops abgebaut waren, haben die Lehrpersonen die reale Lernumgebung des kombinierten Förderprogramms mit den Schülerinnen und Schülern gemeinsam aufgebaut. Die Schülerinnen und Schüler

gruppierten sich zu Vierer-Gruppen und begannen, wie von den Lehrpersonen beauftragt, in 15 Minuten zu überprüfen, ob die in der computerbasierten Lernumgebung generierten Erkenntnisse an der realen Lernumgebung überprüfbar sind. Zum Abschluss der 90-minütigen Unterrichtsstunde wurde im Plenum diskutiert und dargestellt, was die Schülerinnen und Schüler herausgefunden hatten.

10.6 Ergebnisse

An dieser Stelle werden die zentralen Ergebnisse, die in Bezug auf die Hypothesenprüfung relevant sind, quantitativ dargestellt. Zunächst werden die Resultate der Deskriptivstatistik vorgestellt, um im Anschluss alle weiteren Analysen, die zur Beantwortung der Hypothesen dienlich sind, zu präsentieren.

10.6.1 Deskriptivstatistik

Die Deskriptivstatistik über alle Klassen hinweg, welche in Tabelle 19 ersichtlich ist, zeigt auf, dass bei der Stichprobe von $N = 1.258$ die Reliabilität, die im Sinne der internen Konsistenz durch Cronbachs α festgestellt wurde, für alle Erhebungsinstrumente außer dem LabSkills-Test sehr gute Kennwerte aufweist, so dass alle Tests in weitere Analysen einfließen können. Lediglich bezüglich des LabSkills-Tests sind alle präsentierten Ergebnisse unter Vorbehalt zu betrachten. Wie sich anhand der Mittelwerte im Prä-Post-Vergleich erkennen lässt, sind ausschließlich beim Struk2-Test und beim LabSkills-Test Lernzuwächse erkennbar.

Tabelle 19 Mittelwerte, Standardabweichungen, Reliabilitäten, Schwierigkeiten und Itemanzahl der Instrumente der Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht über alle Klassen hinweg

Instrument		<i>M</i>	<i>SD</i>	Relia- bilität	Schwierigkeit		Itemanzahl
					<i>Min</i>	<i>Max</i>	
EEST-3	Prä	26.79	5.89	.792	3.00	41.00	41
	Post	26.19	6.30	.813	1.00	39.00	41
Struk 1	Prä	.759	.131	.696	.03	.97	36
	Post	.745	.139	.757	.11	.97	36
Struk 2	Prä	.731	.178	.714	.00	.00	20
	Post	.749	.198	.802	1.00	1.00	20
LabSkills	Prä	.704	.161	.412	.22	.11	6
	Post	.791	.141	.385	1.00	1.00	6

Tabelle 20 stellt die Differenzen der Mittelwerte zwischen der Experimental- und der Kontrollgruppe dar. Es lassen sich keine nennenswerten Unterschiede zwischen den zwei Gruppen erkennen.

Tabelle 20 Stichprobengröße, Mittelwerte und Standardabweichung der Instrumente der Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht zwischen Experimental- und Kontrollgruppe (Klasse 1 und Klasse 2)

Instrument	Klasse	MZP	N	M	SD
EEST-3	Klasse 1	Prä	627	26.82	6.09
		Post	613	25.99	6.39
	Klasse 2	Prä	588	26.78	5.69
		Post	611	26.38	6.21
Struk1	Klasse 1	Prä	631	.756	.139
		Post	619	.743	.145
	Klasse 2	Prä	590	.763	.122
		Post	613	.747	.133
Struk2	Klasse 1	Prä	598	.725	.176
		Post	606	.732	.207
	Klasse 2	Prä	575	.737	.179
		Post	604	.767	.186
LabSkills	Klasse 1	Prä	630	.695	.160
		Post	622	.783	.141
	Klasse 2	Prä	590	.713	.161
		Post	615	.800	.140

10.6.2 Ergebnisse zur Beantwortung der ersten Hypothese (H1)

Die erste Hypothese, welche der Frage nachgeht, ob die Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe (Klasse 2) einen höheren Lernerfolg in Bezug auf experimentelle Fähigkeiten aufweisen als die Kontrollgruppe, wurde zunächst anhand von Berechnungen mit dem allgemeinen Linearen Modell (GLM) versucht zu beantworten. Dem Modell wurden die jeweiligen Post-Test-Werte als abhängige Variable, die Prä-Test-Werte als Kovariate und der Faktor Lehrperson und die jeweilige Treatmentunterscheidung (Klasse 1 [Kontrollgruppe] oder Klasse 2

[Experimentalgruppe] der Lehrperson) als feste Faktoren hinzugefügt. Dieses Modell wurde zudem mit der Anfangsmotivation (FAM-Prä) als Kovariate gerechnet.

Die Schachtelung der Datenstruktur wird im ersten Berechnungsschritt zur Beantwortung der Hypothese 1 nicht berücksichtigt. Wenn allerdings die Ergebnisse des ersten Berechnungsschritts statistisch bedeutsam sind, ist die Durchführung tiefergehender Analysen notwendig.

GLM-Modell: EEST-3-Test

Bezüglich des EEST-3-Tests zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen Kontroll- und Experimentalgruppe von $F(1, 1139) = 5.761, p = .017, \eta^2 = .005$. Abbildung 19 stellt die Ergebnisse graphisch dar. Unter Einbezug des FAMs als Kovariate zeigt sich ein ähnliches Bild zum Unterschied zwischen Kontroll- und Experimentalgruppe mit $F(1, 1135) = 4.588, p = .032, \eta^2 = .004$.

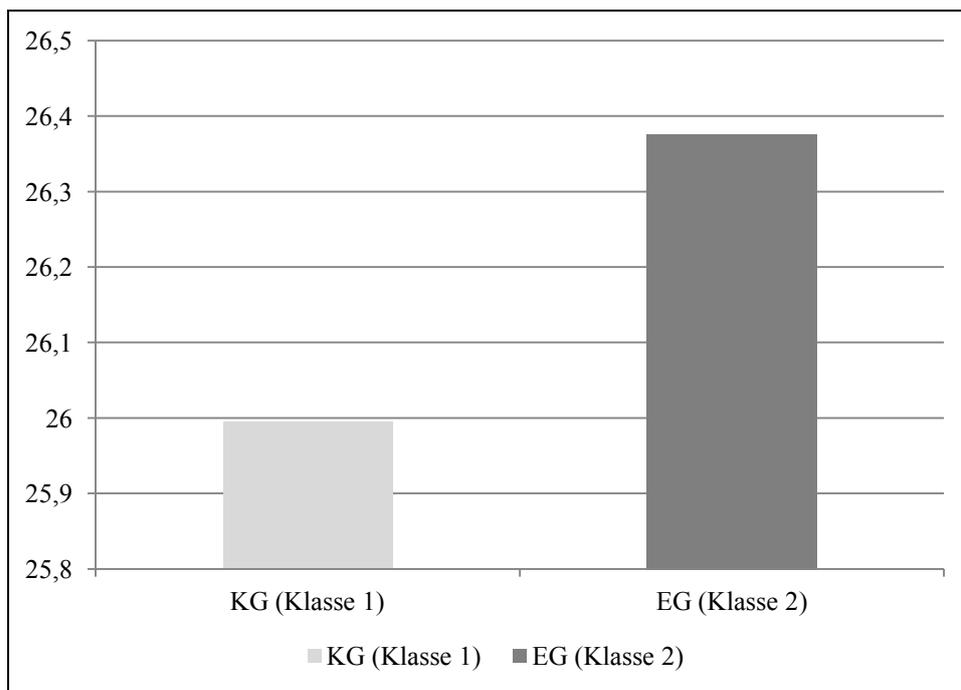


Abbildung 19 Graphische Profildarstellung der Treatmentunterschiede beim EEST-3-Test

GLM-Modell: Struk1- und Struk2-Test

Für den Struk1-Test konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Treatmentgruppen herausgestellt werden. Hingegen weist der Struk2-Test eine statistische Signifikanz mit $F(1, 1085) = 13.216, p < .01, \eta^2 = .012$ auf. Auch unter Einbezug des FAMs als Kovariate zeigt sich ein statistisch bedeutsames Ergebnis von $F(1, 1080) = 11.264, p = .001, \eta^2 = .010$.

GLM-Modell: LabSkills-Test

Der Unterschied zwischen der Kontroll- und der Experimentalgruppe ist beim LabSkills-Test mit $F(1, 971) = 1,786, p = .182, \eta^2 = .002$ statistisch nicht bedeutsam. Unter Einbezug des FAMs als Kovariate zeigt sich ebenfalls kein signifikantes Ergebnis.

Die vorgestellten Ergebnisse des allgemeinen Linearen Modells sind statistisch bedeutsam, was es aufgrund der komplexen Merkmale in der Datenstruktur notwendig macht, tiefergehende Analysen durchzuführen. So sollten die Ergebnisse zur Berücksichtigung der Schachtelung der Schülerinnen und Schüler in Klassen mithilfe eines hierarchischen linearen Modells (Raudenbush & Bryk, 2002) auf zwei Ebenen analysiert werden, um die Aussagekraft der vorgestellten Resultate des allgemeinen linearen Modells (GLM) zu verifizieren. Selbige Analysen wurden in einem Zwei-Ebenen-Modell mithilfe der Funktion zur Erstellung gemischter linearer Modelle in SPSS 20.0 durchgeführt. Der Einbezug aller Faktoren ist gleich verteilt wie bei der Berechnung des allgemeinen linearen Modells, lediglich der Faktor „Lehrperson“ wird festgesetzt. Die vorgestellten Ergebnisse sind jeweils eine Schätzung auf Klasse 2, also der Experimentalgruppe auf die Kontrollgruppe. Für die Treatmentgruppenunterschiede ergeben sich folgende Ergebnisse.

2-Ebenen-Modell: EEST-3-Test

Bezüglich des EEST-3-Tests zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen Kontroll- und Experimentalgruppe von $F(1,1172) = 3.187, p = .037$. Unter Einbezug des FAMs als Kovariate zeigt sich ein ähnliches Bild zum Unterschied zwischen Kontroll- und Experimentalgruppe mit $F(1,1167) = 3.137, p = .039$.

2-Ebenen-Modell: Struk1- und Struk2-Test

Für den Struk1-Test konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Treatmentgruppen herausgestellt werden. Hingegen weist der Struk2-Test ein statistisch signifikantes Ergebnis mit $F(1,1172) = 15.085, p < .000$ auf. Auch unter Einbezug des FAMs als Kovariate zeigt sich ein statistisch bedeutsames Ergebnis von $F(1,1110) = 15.177, p < .000$.

2-Ebenen-Modell: LabSkills-Test

Der Unterschied zwischen der Kontroll- und der Experimentalgruppe ist beim LabSkills-Test mit $F(1,1007) = 5.688, p = .017$ statistisch bedeutsam. Unter Einbezug des FAMs als Kovariate zeigt sich ein ähnliches Bild zur Schätzung der Experimental- auf die Kontrollgruppe mit $F(1,1003) = 5.469, p = .019$.

10.6.3 Ergebnisse zur Beantwortung der zweiten Hypothese (H2)

Die zweite Hypothese der Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht will herausstellen, ob das Ergebnis von H1 auf den Unterricht der Lehrperson mit dem kombinierten Förderprogramm und nicht auf den Unterricht der Lehrperson alleine zurückzuführen ist. Die Ergebnisse zur Beantwortung der ersten Hypothese zeigen auf, dass es einen Unterschied zwischen der Kontroll- und der Experimentalgruppe gibt, allerdings bestätigt dies lediglich, dass die Kombination aus dem Unterricht Lehrperson mit dem kombinierten Förderprogramm lernförderlich ist. Durch die folgenden Berechnungen soll sich herausstellen, ob die Ergebnisse sich dahingehend unterscheiden, was die Lehrpersonen gelehrt haben. Hierzu müssen die Ergebnisse der Beobachtungsbögen mit einbezogen werden, was die Datenstruktur wiederum komplexer macht. Die Beobachtungsbögen zeigen auf, dass nicht alle Lehrpersonen das Ziel, naturwissenschaftliche Arbeitsweisen zu lehren, umgesetzt haben. Aufgrund der vorab beschriebenen Ergebnisse ist davon auszugehen, dass die Inhalte des kombinierten Förderprogramms ausreichen, um einen Lernerfolg beziehungsweise einen Unterschied zwischen den zwei Klassen zu erbringen. Allerdings soll an dieser Stelle geprüft werden, ob sich die Schülerinnen und Schüler derjenigen Lehrpersonen, die anhand der Beobachtungsbögen explizit naturwissenschaftliche Arbeitsweisen gelehrt haben, von denjenigen unterscheiden, deren Lehrpersonen nicht explizit das Lehrziel verfolgt haben. So ergibt sich ein ANCOVA-Mehrebenenmodell mit zwei Ebenen (in Anlehnung an Raudenbush & Bryk, 2002; Singer & Willet, 2003), welches eine effiziente Schätzung des Lernerfolgs unter korrekter Berechnung der Standardfehler erlaubt. Hierin ist eingeschlossen, dass die Schülerinnen und Schüler vorab in vier Gruppen unterteilt wurden. Die Gruppen sind danach gebildet worden, ob die jeweilige Lehrperson das Lehrziel umgesetzt hat oder nicht und ob die Schülerinnen und Schüler sich in der Kontroll- oder der Experimentalgruppe einer jeden Lehrperson befanden.

Anhand folgender Items aus den Beobachtungsbögen wurden die Lehrpersonen extrahiert, die das Lehrziel umgesetzt haben:

- Die Lehrperson verdeutlicht, dass der Fokus der heutigen Stunde auf dem Erlernen von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen liegt.
- Die Lehrperson erklärt den Drei-Schritt: Idee, Experiment, Schlussfolgerung.
- Die Lehrperson lässt die SuS² ein experimentelles Design planen/ entwerfen mit dem Ziel, dass die SuS es selbst umsetzen.
- Die Lehrperson verdeutlicht die Relevanz des Unterrichtsthemas.
- Thema der Unterrichtsstunde: Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen – Ja.

Bei denjenigen Lehrpersonen, die bei diesen Items in den Beobachtungsbögen Beantwortungen im Sinne der Studienziele hatten, ist davon auszugehen, dass sie das Lehrziel verfolgt und versucht haben, dieses umzusetzen. Insgesamt gab es vier verschiedene Gruppen, die aus dieser Untersuchung entstanden sind. So unterscheiden sich die Lehrpersonen dahingehend, ob sie naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in der Kontrollgruppe gelehrt haben (KG-Ja-NAW) oder nicht (KG-Nein-NAW) und ob sie naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in der Experimentalgruppe gelehrt haben (EG-Ja-NAW) oder nicht (EG-Nein-NAW). Die Verteilung der 24 Lehrpersonen auf diese vier Gruppen ist in der nachstehenden Tabelle 21 ersichtlich.

Tabelle 21 Lehrpersonenverteilung auf die vier Gruppen

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Summe
KG-Nein-NAW	X	X	X		X	X		X	X	X		X			X		X	X	X	X	X			X	16
EG-Nein-NAW	X	X	X			X		X	X	X		X	X		X	X		X	X	X	X			X	16
KG-Ja-NAW				X			X				X		X	X		X							X	X	8
EG-JA-NAW				X	X		X				X			X			X						X	X	8

Aus Tabelle 21 ist abzulesen, dass es sich um insgesamt acht Lehrpersonen handelt, die in der Experimentalgruppe das Lehrziel umgesetzt haben. Diese Lehrpersonen haben aber nicht alle ebenfalls in der Kontrollgruppe das Lehrziel unterrichtet.

² SuS steht für Schülerinnen und Schüler

Es wurden anhand dieser Auswertung die in Tabelle 22 dargestellten vier Gruppen gebildet. Es ergaben sich acht der 24 Lehrpersonen, die demnach das Lehrziel in der Experimentalgruppe umgesetzt haben, was einem Drittel der teilnehmenden Lehrpersonen entspricht. Diese vierte Gruppe ist die für die Beantwortung der zweiten Hypothese relevante Gruppe. Die Lehrpersonen dieser Gruppe haben mit dem kombinierten Förderprogramm das Lehrziel unterrichtet. Die Verteilung der Schülerinnen und Schüler ist demnach folgendermaßen.

Tabelle 22 Schülerinnen- und Schülerverteilung auf die vier Gruppen

Lehrerzuteilung	SuS-Gruppen-Zuteilung	Gruppennummer und -name	N
16 Lehrpersonen (haben Lehrziel nicht in EG gelehrt)	KG-SuS	1) KG-Nein-NAW	436
	EG-SuS	2) EG-Nein-NAW	418
8 Lehrpersonen (haben Lehrziel in EG gelehrt)	KG-SuS	3) KG-Ja-NAW	198
	EG-SuS	4) EG-JA-NAW	206
Summen 24 Lehrpersonen	2 Kontroll- + 2 Experimental- gruppen	4 Gruppen	1258

Die deskriptiven Statistiken der vier Gruppen sind in Tabelle 23 aufgeführt. Daraus ist ersichtlich, dass die vierte Gruppe, also die Experimentalgruppe, in der die Lehrpersonen das Lehrziel unterrichtet hatten, auf allen Testinstrumenten die höchsten Mittelwerte aufweist.

Tabelle 23 Mittelwerte und Standardabweichungen der vier Gruppen

Gruppennummern und -namen	EEST-3		Struk1		Struk2		LabSkills	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
1) KG-Nein-NAW	26.34	6.36	.741	.149	.730	.208	.751	.164
2) EG-Nein-NAW	25.86	6.36	.727	.143	.764	.194	.764	.153
3) KG-Ja-NAW	25.34	6.38	.753	.127	.739	.198	.782	.151
4) EG-Ja-NAW	27.67	5.72	.786	.098	.784	.155	.810	.143

Bei der nachstehend beschriebenen Mehrebenenanalyse, die in SPSS 20.0 modelliert wurde, fungieren wie in den linearen Modellen, die zur Prüfung der ersten Hypothese durchgeführt wurden, die Prä-Tests jedes Erhebungsinstrumentes als Kovariaten.

Zusätzlich wurde hierbei die Gruppenvariable, durch welche sich die vorab beschriebenen vier Gruppen separieren lassen, als fester Faktor hinzugefügt. Alle Berechnungen im Modell sind Schätzungen auf die vierte Gruppe, also die hier relevante Gruppe der Experimentalgruppen (EG-Ja-NAW). Diese vierte Gruppe fungiert als redundanter Parameter und wird auf null gesetzt, was bedeutet, dass die Schätzungen der anderen Gruppen bezugnehmend auf die vierte Gruppe vollzogen werden.

Mehrebenenanalyse: EEST-3-Test

Für den EEST-3-Test zeigt sich hier ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den vier Gruppen mit $F(3,180) = 8.054, p = .000$. Die Schätzungen zwischen den Gruppen weisen lediglich von Gruppe 4 auf Gruppe 3 ein signifikantes Ergebnis auf, wie aus Tabelle 24 zu entnehmen ist.

Tabelle 24 Mehrebenenanalyse EEST-3-Test

Gruppe	β	<i>SE</i>	<i>df</i>	<i>T</i>	Sig.
KG-Nein-NAW	-0.797	.454	94.89	-1.757	.082
EG-Nein-NAW	-0.887	.468	90.00	-1.895	.061
KG-JA-NAW	-1.865	.460	1072.62	-4.052	.000
EG-Ja-NAW	0 ^b	0	.	.	.

b. Dieser redundante Parameter wird auf null gesetzt.

Mehrebenenanalyse: Struk1- und Struk2-Test

Der Struk1-Test weist statistisch bedeutsame Effekte bezüglich der generellen Schätzung zwischen den Gruppen auf Gruppe 4 mit $F(3,469) = 2.707, p = .045$ auf. Keine der Schätzungen ist signifikant (siehe Tabelle 25).

Tabelle 25 Mehrebenenanalyse Struk1-Test

Gruppe	β	<i>SE</i>	<i>df</i>	<i>T</i>	Sig.
KG-Nein-NAW	-0.023	.015	207.31	-1.577	.116
EG-Nein-NAW	-0.029	.015	217.52	-1.932	.055
KG-JA-NAW	-0.021	.012	1191.80	-1.755	.080
EG-Ja-NAW	0 ^b	0	.	.	.

b. Dieser redundante Parameter wird auf null gesetzt.

Für den Struk2-Test zeigt sich ein ähnliches Bild: $F(3,341) = 6.154$, $p < .000$, wobei hier wiederum bei keiner der vorgenommenen Schätzungen statistische Signifikanz erzeugt wird, wie Tabelle 26 darstellt.

Tabelle 26 Mehrebenenanalyse Struk2-Test

Gruppe	β	<i>SE</i>	<i>df</i>	<i>T</i>	Sig.
KG-Nein-NAW	-0.030	.019	143.90	-1.523	.130
EG-Nein-NAW	.005	.020	145.82	.240	.811
KG-JA-NAW	.031	.017	1122.83	-1.816	.070
EG-Ja-NAW	0 ^b	0	.	.	.

b. Dieser redundante Parameter wird auf null gesetzt.

Mehrebenenanalyse: LabSkills-Test

Der LabSkills-Test weist ebenfalls generelle Unterschiede zwischen den vier Gruppen mit $F(3,243) = 7.566$, $p < .000$ auf. Die einzig signifikante Schätzung ist hier wiederum diejenige zu Gruppe 3 mit $p = .045$ (siehe Tabelle 27).

Tabelle 27 Mehrebenenanalyse LabSkills-Test

Gruppe	β	SE	df	T	Sig.
KG-Nein-NAW	-.016	.015	119.21	-1.086	.280
EG-Nein-NAW	-.015	.015	110.03	-.986	.326
KG-JA-NAW	-.030	.015	958.18	-2.047	.041
EG-Ja-NAW	0 ^b	0	.	.	.

b. Dieser redundante Parameter wird auf null gesetzt.

Die durchgeführten Mehrebenenanalysen bestätigen, dass es Unterschiede zwischen der Kontroll- und der Experimentalgruppe derjenigen Lehrpersonen gibt, die in der Experimentalgruppe naturwissenschaftliche Arbeitsweisen gelehrt haben. Dieser Unterschied zeigt sich im Besonderen bezüglich des EEST-3-Tests sowie des LabSkills-Tests. Zur Unterschiedsbestimmung können Univariate Kovarianzanalysen (ANCOVA) herangezogen werden, wobei lediglich die zwei Klassen derjenigen Lehrpersonen betrachtet werden, die in der Experimentalgruppe (Gruppe 4) das Lehrziel umgesetzt haben. Es werden somit die Kontroll- und die Experimentalgruppen von acht Lehrpersonen miteinander verglichen. Im ANCOVA-Modell fungieren die jeweiligen Post-Test-Werte als abhängige Variable, die Prä-Test-Werte als Kovariate und die Gruppenvariable als fester Faktor.

ANCOVA: EEST-3-Test

Betreffend dem EEST-3-Test ist der Unterschied zwischen Kontroll- und Experimentalgruppe mit $F(1,380) = 21.158, p < .000, \eta^2 = .051$ statistisch bedeutsam.

ANVOCA: Struk1- und Struk2-Test

Der Struk1-Test weist ebenfalls eine signifikante Differenz von $F(1,391) = 7.328, p = .007, \eta^2 = .018$ auf. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei Betrachtung der Ergebnisse zum Struk2-Test: $F(1,370) = 4.946, p = .027, \eta^2 = .013$.

ANCOVA: LabSkills-Test

Betreffend dem LabSkills-Test ist dieser Unterschied mit $F(1,337) = 6.214, p = .013; \eta^2 = .018$ statistisch bedeutsam.

Aus diesen Analysen ist es möglich, anhand der Unterschiede zwischen Gruppe 3 (Kontrollgruppe derjenigen Lehrpersonen, die naturwissenschaftliche Arbeitsweisen gelehrt hatten) und Gruppe 4 (Experimentalgruppe derjenigen Lehrpersonen, die naturwissenschaftliche Arbeitsweisen gelehrt hatten) zu erkennen, dass die Gruppen sich unterscheiden und somit die Wirksamkeit des kombinierten Förderprogramms bei gleicher Lehrperson bestätigt ist.

10.7 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht können Hinweise auf die Effektivität des durchgeführten Transfers vom Labor in den Regelunterricht liefern und aufzeigen, dass es möglich sein kann, gestaltete Lernumgebungen mithilfe einer Lehrerfortbildung in den naturwissenschaftlichen Unterricht durch die Lehrperson zu integrieren. Die nachstehenden Ausführungen beziehen sich nur auf die Beantwortung der innerhalb dieses Kapitels aufgestellten Hypothesen. Die Diskussion in Bezug auf den theoretischen Hintergrund findet in Kapitel 11 statt.

Die Studie sollte darüber Aufschluss geben, ob es möglich ist, eine Lernumgebung, welche bislang lediglich unter laborartigen Bedingungen genutzt und überprüft wurde, erfolgreich in den Regelunterricht zu integrieren. Die gewonnenen Ergebnisse zeigen auf, dass dies möglich ist. Nach aktuellem Kenntnisstand gibt es wenige Studien, welche sich mit der Förderung von experimentellen Fähigkeiten durch eine Implementation in den naturwissenschaftlichen Unterricht beschäftigen. Lediglich aus der Studie von Kleikmann, Möller und Jonen (2005) ist bekannt, dass eine Lehrerfortbildung bei Grundschullehrern das Verständnis ihrer Schülerinnen und Schüler in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen verbessern konnte.

Die erste Hypothese zielte darauf ab, herauszustellen, ob die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler einen Lernzuwachs in Bezug auf experimentelle Fähigkeiten erreichen, wenn sie anstelle der regulären Unterrichtsstunde ihrer Lehrperson zum gleichen Lehrziel eine Unterrichtsstunde ihrer Lehrperson mit dem kombinierten Förderprogramm erhalten. Die Schlussfolgerung aus den durchgeführten Analysen ist, dass die Kombination aus Lehrerfortbildung und dem Unterricht mit dem kombinierten Förderprogramm erfolgreich war.

So konnte zunächst gezeigt werden, dass die verwendeten Erhebungsinstrumente, bis auf die Skala zur Erfassung der fachhandwerklichen Fähigkeiten, gute bis sehr gute Testkennwerte aufwiesen und die gewonnenen Ergebnisse somit aussagekräftig sind. Zur Beantwortung der ersten Hypothese wurden zwei Analyseschritte durchgeführt. In einem ersten Schritt wurde das allgemeine Lineare Modell zur Hypothesenprüfung herangezogen. Jedes verwendete Testinstrument wurde dahingehend untersucht, ob die erzielten Resultate der Schülerinnen und Schüler zwischen den Kontroll- und Experimentalgruppen signifikante Unterschiede aufweisen. Für den EEST-3-Test zeigte sich ein positives Ergebnis dahingehend, dass die Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe signifikant besser abgeschnitten haben als diejenigen der Kontrollgruppe. Das gleiche Ergebnis konnte mit einer mittleren Effektstärke für den Struk2-Test aufgezeigt werden. Auch unter Einbezug der Motivation blieben diese Effekte bestehen. Für den Lab-Skills-Test ließ sich ein signifikantes Resultat in die gleiche Richtung nachweisen. Die gewonnenen Erkenntnisse lassen darauf schließen, dass das eingesetzte, kombinierte Förderprogramm wirksam ist. Aufgrund der Mehrebenenstruktur der Stichprobe wurde diese Problematik in weiteren Analysen berücksichtigt, um sicherzustellen, dass die gewonnenen Ergebnisse auch unter Berücksichtigung des verschachtelten Datensatzes nachzuweisen sind. Aus den Analysen mit gemischten Modellen zeigte sich bezüglich des EEST-3-Tests ein statistisch signifikanter Zusammenhang. Die Effekte den Struk2-Test betreffend weisen einen Zusammenhang dahingehend auf, dass die Experimentalgruppe der Kontrollgruppe überlegen ist. Somit wurde die Prüfung der ersten Hypothese in Bezug auf den EEST-3-Test und den Struk-2-Test erfolgreich durchgeführt. Die Erkenntnis, dass die gestalteten Lernumgebungen wirksam in den Unterricht integriert werden können, gehen mit den Befunden des Überblicksartikels von Minner, Levy und Century (2010) einher.

Im nächsten Schritt der Datenauswertung und zur Beantwortung der zweiten Hypothese wurden die Ergebnisse des Beobachtungsinstruments hinzugezogen. Bei der Analyse stellte sich heraus, dass nur ein Drittel der teilnehmenden Lehrpersonen das Lehrziel „Die Vermittlung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen“ umgesetzt hat. Aufgrund dieses ernüchternden Ergebnisses, welches allerdings mit dem bisherigen Wissen über die Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen einhergeht (Lipowski, 2010; 2011), wurden weitere Untersuchungen vorgenommen, die diese Erkenntnis

berücksichtigten. So wurde ein weiteres Mehrebenenmodell modelliert. Hierfür wurden Gruppenunterscheidungen vorgenommen, aus welchen hervorgeht, ob die Schülerinnen und Schüler einer Lehrperson zuzuordnen sind, die das Lehrziel umgesetzt hat oder nicht. Des Weiteren geht aus diesen Gruppen hervor, in welcher Treatmentgruppe sich die Schülerinnen und Schüler befinden. Somit ergaben sich vier Gruppen, die es gegeneinander abzugleichen galt. Aufgrund der Mehrebenenstruktur konnten lediglich Schätzungen auf eine Gruppe vorgenommen werden. Diese Gruppe fungiert als redundanter Parameter und war in diesem Fall die Gruppe von Schülerinnen und Schülern, deren Lehrpersonen das Lehrziel verfolgt haben und die zudem der Experimentalgruppe angehörten. So zeigten die gewonnenen Ergebnisse, dass es bei allen Erhebungsinstrumenten signifikante Unterschiede zwischen den vier Gruppen gab. Die Schätzungen auf den redundanten Parameter zeigten für den EEST-3-Test einen bedeutsamen Unterschied zur Kontrollgruppe der Lehrpersonen auf, die das Lehrziel in der Experimentalgruppe explizit unterrichtet haben. Bezüglich des Struk1-Tests und des Struk2-Tests zeigte sich ebendieses Ergebnis. Es kann zur Beantwortung der zweiten Hypothese der Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht herangezogen werden. Die Ergebnisse zur Beantwortung der Hypothese sollen aufzeigen, dass das aus der ersten Hypothese gewonnene Ergebnis auf den Unterricht mit dem kombinierten Förderprogramm und nicht auf die Lehrperson zurückzuführen ist. Da der Effekt, den die Lehrperson mit sich bringt, in diesem Modell konstant gehalten wurde, und sich die Kontroll- und Experimentalgruppen derjenigen Lehrpersonen, die das Lehrziel in der Experimentalgruppe verfolgt haben, signifikant voneinander unterscheiden, kann die Hypothese bestätigt werden. Es lässt sich allerdings nicht extrahieren, ob die gewonnene Erkenntnis auf die Lehrperson zurückzuführen ist oder auf die Lehrerfortbildung, die vor dem Unterricht mit der Experimentalgruppe stattgefunden hat. An dieser Stelle kann festgehalten werden, dass die Erkenntnisse auf die erfolgreiche Kombination aus Lehrerfortbildung und kombiniertem Förderprogramm zurückzuführen sind.

Die vorgestellten Ergebnisse dienen zum einen der Beantwortung der in dieser Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht postulierten Hypothesen, aber zum anderen auch der in Kapitel 5 aufgeworfenen Fragestellungen, die der vorliegenden Arbeit zugrunde liegen. Durch die Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge (Kapitel 8) konnten die ersten zwei Fragestellungen beantwortet werden und diese Studie

ermöglicht die Beantwortung der letzten Fragestellung. Diese soll Ergebnisse darüber liefern, inwieweit die unter Laborbedingungen entwickelten und überprüften Lernumgebungen in den Regelunterricht implementierbar sind. Zur Beantwortung können die gewonnenen statistischen Ergebnisse herangezogen werden. Sie zeigen auf, dass es möglich ist, die Lernumgebungen, die bislang in mehreren Untersuchungen unter Laborbedingungen überprüft, verbessert und evaluiert wurden (Göbbling, 2010; Künsting, 2007; Marschner, 2011; Thillmann, 2008) in den naturwissenschaftlichen Regelunterricht einzubinden. Die Schülerinnen und Schüler weisen einen Lernerfolg in Bezug auf experimentelle Fähigkeiten auf, unabhängig davon, ob die Lehrpersonen das eigentliche Lehrziel verfolgt haben oder nicht. Einschränkend lässt sich festhalten, dass die veranschlagte Zeit, die aus Erfahrungen aus den Studien unter laborartigen Bedingungen resultierte, im Regelunterricht zu Schwierigkeiten führen kann.

11 Rückblick und Diskussion

11.1 Rückblick und Diskussion der gewonnenen Ergebnisse

Dieser Arbeit lagen zwei Hauptziele zugrunde. So sollte erstens herausgefunden werden, ob eine Kombinationsreihenfolge von computerbasierten und realen Lernumgebungen existiert, die lernförderlicher in Bezug auf die Förderung experimenteller Fähigkeiten ist als die jeweils anderen Kombinationsreihenfolgen. Zweitens sollte darauf aufbauend gezeigt werden, ob es möglich ist, diese gefundene lernförderlichste Kombinationsreihenfolge mithilfe einer Lehrfortbildung erfolgreich in den Regelunterricht zu implementieren.

Zur Verfolgung dieser Ziele wurden zwei Studien durchgeführt. Die erste Studie, die Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge (Kapitel 8), versucht die lernförderlichste Kombinationsreihenfolge herauszustellen. Hierbei ergaben sich jedoch Schwierigkeiten bezüglich der Testgütekriterien eines der verwendeten Erhebungsinstrumente, des Instruments zur Erfassung des Strategiewissens. So wurde in einer zweiten Studie dieses Erhebungsinstrument vom EEST-2-Test zum EEST-3-Test adaptiert (Kapitel 9). Die letzte Studie sollte die Einsatzmöglichkeiten der Kombination von computerbasierter und realer Lernumgebung im Regelunterricht mithilfe einer Lehrfortbildung herausstellen (Kapitel 10). Diese drei Studien werden folgend zusammenfassend dargestellt und kritisch diskutiert.

Interventionsstudie zur Kombinationsreihenfolge

Die erste hier beschriebene Studie sollte das bestehende Informationsdefizit darüber, in welcher Reihenfolge Lernumgebungsmedien zur Förderung experimenteller Arbeitsweisen geschaltet werden sollten, um einen möglichst großen Lernzuwachs in Bezug auf experimentelle Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler zu erreichen, beantworten (Jaakola et al., 2011; Zacharia et al., 2008). So wurde unter Laborbedingungen eine Studie durchgeführt, in welcher mithilfe eines Prä-/ Post-Designs die Kombinationsmöglichkeiten gegeneinander abgeglichen werden konnten. Die Kombinationsreihenfolge, die sich in Bezug auf die Förderung des Konglomerats an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten am lernförderlichsten ergab, war zunächst an der computerbasierten und anschließend an der realen Lernumgebung zu

arbeiten. Als Begründung für dieses Ergebnis wird angenommen, dass die computerbasierte Lernumgebung aufgrund des eingeschränkten Inhaltsbereiches geeigneter ist, um zunächst das Explorationsfeld strukturiert zu entdecken und Strategiewissen zu erlangen (Olympiou et al., 2012). Anschließend können die gewonnenen Erkenntnisse in der realen Lernumgebung überprüft werden. Reale Lernumgebungen haben per se keinen fest vorgegebenen und gleichermaßen strukturierten Inhaltsbereich. Da die Schülerinnen und Schüler, die an beiden Lernumgebungsmedien gearbeitet haben, einen größeren Lernerfolg aufwiesen, lässt sich die These von Rutten et al. (2012) stützen, dass es sinnvoll erscheint, computerbasierte Lernumgebungen zu nutzen, um reale Lernumgebungen zu ergänzen. Die Kombination beider Lernumgebungsmedien bringt einen größeren Lernerfolg hervor, als die Kombinationsmöglichkeit, in der zweimal computerbasiert experimentiert wurde. Dies kann die Relevanz der Physikalität bestätigen (Gire et al., 2010; Klatzky & Lederman, 2002; Olympiou & Zacharia, 2012). Schlussfolgernd lässt sich anmerken, dass es in jedem Fall sinnvoll ist, die beiden Lernumgebungsmedien miteinander zu kombinieren, um experimentelle Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler zu steigern

Die Studie unterliegt der Einschränkung, dass mehrere Erhebungsinstrumente schwache Testgütekriterien aufwiesen, was die Aussagekraft der gewonnenen Ergebnisse mildert und eine Wiederholung der Studie mit Testinstrumenten, die eine Höhere Reliabilität aufweisen wünschenswert macht.

Studie zur Adaption des EEST-2

Die vorab beschriebene Limitation, dass die Aussagekraft der gewonnenen Ergebnisse dadurch eingeschränkt ist, dass die Testkennwerte der Erhebungsinstrumente nicht durchweg überzeugend waren, führte zu der Durchführung der zweiten Studie, der Studie zur Adaption des EEST-2-Tests. Ziel hierbei war, ein reliables Testinstrument zu erhalten, womit das Strategiewissen der Schülerinnen und Schüler erfassbar gemacht werden kann. So wurde zunächst das Antwortformat wie in den vorherigen Versionen von Marschner (2011) und Thillmann (2008) in eine sechs-stufige Notenskala geändert. Des Weiteren wurden neue Items erstellt. Der Test bestand ursprünglich aus sieben Situationsbeschreibungen mit je drei Antwortalternativen. Die neu erstellte Version beinhaltet 21 Situationsbeschreibungen mit je drei Antwortalternativen, die in Anlehnung an die Vorgängerversion erstellt wurden. Da sich durch die Verdreifachung

der Items ein neues Testinstrument ergeben hat, war es notwendig dieses zunächst einem Expertenrating zu unterziehen. Einhergehend mit den Ergebnissen der Vorgängerversionen (Marschner, 2011; Thillmann, 2008) gab es eine hohe Übereinstimmung zwischen den Ratern. Dieses positive Ergebnis führte dazu, das Testinstrument an einer Schülerinnen- und Schülerstichprobe zu überprüfen. Auch hier zeigte sich ein positives Ergebnis dahingehend, als dass die Ergebnisse bezüglich der internen Konsistenz sehr zufriedenstellend waren. Das Resultat ermöglichte es, das Testinstrument in der folgenden Studie einzusetzen und aussagekräftigere Ergebnisse zu erzielen.

Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht

Die dritte und letzte Studie sollte Aufschluss darüber geben, ob es möglich ist, die in der ersten Studie extrahierte Kombinationsreihenfolge in den Regelunterricht erfolgreich zu integrieren. Die Überprüfung der computerbasierten Lernumgebung und die Bestätigung ihrer Lernwirksamkeit fand bislang lediglich unter laborartigen Bedingungen statt (vgl. Kapitel 8; Gößling, 2010; Marschner, 2011; Thillmann, 2008). Da es durch die Studie zur Kombinationsreihenfolge möglich war, eine Methode zu entwickeln, durch die das Konglomerat an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten umfassend gefördert werden kann, wurde dies zum Anlass genommen, den Transfer in den Regelunterricht zu wagen. So wurde die Kombination aus computerbasierter und realer Lernumgebung angepasst, um den Anforderungen des Regelunterrichts gerecht zu werden und vor allem um die Umsetzung für die Lehrpersonen so einfach wie möglich zu gestalten. Zur Verdeutlichung, dass es sich um eine Methode handelt, wurde es als kombiniertes Förderprogramm bezeichnet. Die teilnehmenden Lehrpersonen verfügten über je zwei Parallelklassen, wovon die jeweils erste getestete Klasse als Kontrollgruppe und die zweite getestete Klasse als Experimentalgruppe fungierte. Das Ziel für die Unterrichtsstunde mit beiden Klassen, welches den Lehrpersonen vor dem Unterricht mit der Kontrollgruppe mitgeteilt wurde, war „naturwissenschaftliche Arbeitsweisen zu lehren“. Nach der Unterrichtsstunde mit der Kontrollgruppe erhielten die Lehrpersonen eine eintägige Lehrerfortbildung, in welcher die Bildungsstandards, naturwissenschaftliche Arbeitsweisen und experimentelle Fähigkeiten gelehrt wurden. Anschließend wurde ihnen das kombinierte Förderprogramm vorgestellt und sie erhielten die Möglichkeit, damit zu experimentieren. In einer abschließenden Diskussion konnte über die Umsetzung der

Unterrichtseinheit mit der zweiten Klasse gesprochen werden. Hier war die Vorgabe, das gleiche Lehrziel zu lehren, jedoch mithilfe des kombinierten Förderprogramms. Das Ziel dieses experimentellen Kontrollgruppendesigns war, herauszufinden, ob es zwischen Experimental- und Kontrollgruppe Unterschiede im Lernzuwachs in Bezug auf experimentelle Fähigkeiten gibt. So zeigte sich, dass die Experimentalgruppen durchweg bessere Ergebnisse aufwiesen. Die Resultate legen somit nahe, dass es möglich ist, gestaltete Lernumgebungen in den naturwissenschaftlichen Unterricht durch die Lehrperson mithilfe einer Lehrerfortbildung zu implementieren. Allerdings hat nur ein Drittel der Lehrpersonen das vorgegebene Lehrziel tatsächlich umgesetzt – eine Einschränkung, die mit den bisherigen Ergebnissen zu Implementationsstudien einhergeht (Lipowski, 2010; Syer et al., 2012). Es konnte zudem nachgewiesen werden, dass die Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppen derjenigen Lehrpersonen, die das Lehrziel in der Experimentalgruppe verfolgt und umgesetzt haben, einen deutlich größeren Lernerfolg aufwiesen als die restlichen Schülerinnen und Schüler. Generell erzielen Implementationsstudien, die eine Änderung der Unterrichtskonzeptionen von Lehrpersonen hervorrufen wollen, geringe Effektstärken (Syer et al., 2012; Labbude & Möller, 2012; Lipowski, 2010), was die hier gewonnenen Ergebnisse bestätigt und ermutigt, die Aussage zu treffen, dass die Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht erfolgreich war. Auch das innovative Design mit zwei Parallelklassen einer Lehrperson zur Konstanzhaltung des Lehrpersonenfaktors erwies sich als sinnvoll.

Der Studie zu den Fördermöglichkeiten im Regelunterricht unterliegen diverse Einschränkungen. So lassen sich die gewonnenen Effekte der Lehrerfortbildung und des kombinierten Förderprogramms nicht trennen. Es kann in dieser Arbeit lediglich konstatiert werden, dass die Förderung möglich ist, allerdings kann nicht separiert werden, ob diese Erkenntnis auf die Lehrerfortbildung oder auf das kombinierte Förderprogramm zurückzuführen ist. Zur Berücksichtigung dieses Defizites wäre es denkbar, eine dritte Klasse aufzunehmen, die den Unterricht der Lehrperson mit dem kombinierten Förderprogramm vor der Lehrerfortbildung erhalten hätte.

Die Thematik des selbstregulierten Lernens führte während der Fortbildungsveranstaltung zu Diskussionen, da viele Lehrpersonen anzweifelten, dass die Schülerinnen und Schüler ohne ihr Zutun ebenso viel oder gar mehr Wissen erlangen würden, obwohl deutlich wurde, dass das Einführungs-Tutorial bereits Wissen

vermittelt. Die Mehrheit der Lehrpersonen hinterfragte kritisch, ob ihre Schülerinnen und Schüler in der Lage sein würden, selbstständig und ohne Unterstützung mit dem kombinierten Förderprogramm zu arbeiten, zu experimentieren und zu lernen. Zusätzlich blieben viele Lehrpersonen skeptisch dahingehend, dass sie glaubten, dass ihre Schülerinnen und Schüler ohne weitere technische Hilfe nicht mit dem Computer arbeiten könnten. Diese Befürchtungen sollten bei den Lehrpersonen in einer Wiederholung der Studie von Beginn an ausgeräumt werden.

Des Weiteren waren die Zeitverteilungen zu knapp bemessen. Es wäre sinnvoll gewesen, den Lehrpersonen zwischen Fortbildung und Unterrichtseinheit mehr Zeit zur Vorbereitung einzuräumen. Eventuell hätten dann mehr Lehrpersonen das Lehrziel umgesetzt. Zudem war die veranschlagte 90-minütige Unterrichtseinheit zu kurz. In den Studien unter Laborbedingungen hat diese Zeit ausgereicht, weil jeweils zwei Klassenräume zur Verfügung standen und die Lernumgebungen bereits aufgebaut werden konnten. Im Regelunterricht mit nur einem Klassenraum ist dies nicht umsetzbar. Es wäre hilfreich, im Zuge dessen, die Unterrichtseinheit auf zwei separate Unterrichtsstunden von je 45 bis 60 Minuten aufzuteilen.

Eine weitere, offensichtliche Einschränkung ist der Regelunterricht an sich. So gab es während der Unterrichtseinheiten ungewohnte Störungen, die während der Studien unter Laborbedingungen nicht aufgetreten sind. Diese Störungen entstanden nicht im Klassenraum selbst, etwa durch Unterrichtsstörungen durch die Schülerinnen und Schüler, sondern durch externe Faktoren wie organisatorische Unklarheiten, die nicht die Unterrichtsstunde und das -thema betrafen, allerdings den Ablauf gestört und unterbrochen haben.

11.2 Theoretischer Ertrag

Bezugnehmend auf den theoretischen Ertrag können aus der vorliegenden Arbeit drei zentrale Aspekte abgeleitet werden.

Erstens konnte durch die vorliegende Arbeit eine Methode herausgestellt werden, durch welche der Bereich der Erkenntnisgewinnung, der seit knapp zehn Jahren veröffentlichten Bildungsstandards für das Fach Physik (KMK, 2005) gelehrt werden kann. Dies kommt der Forderung von Weinert (2001) nach, den Experimentierprozess als eine Methode zu lehren, die flexibel in variablen Situationen anwendbar ist. Da

gezeigt werden konnte, dass das Konglomerat an Teilkompetenzen experimenteller Fähigkeiten durch die Kombination beider Lernumgebungsmedien gefördert wird, kann an dieser Stelle konstatiert werden, dass das kombinierte Förderprogramm eine Methode darstellt, die sowohl die Bildungsstandards zur Erkenntnisgewinnung lehr- und umsetzbar macht als auch aufzeigt, dass es lernförderlich ist, den Experimentierprozess als eine Methode zu erlernen (Shamos, 2002; Weinert, 2001).

Zweitens zeigen die Ergebnisse der für diese Arbeit durchgeführten Studien auf, dass es möglich und lernförderlich ist, gestaltete Lernumgebung im naturwissenschaftlichen Unterricht einzusetzen. Apedoe und Schunn (2012) wie auch Kolodner et al. (2003) gehen davon aus, dass experimentelle Fähigkeiten und auch das fachinhaltliche Wissen durch die Arbeit an gestalteten Lernumgebungen gefördert werden können. Die Studie zu den Fördermöglichkeiten im Regelunterricht konnte aufzeigen, dass die Schülerinnen und Schüler, die Unterricht von ihrer Lehrperson mit dem kombinierten Förderprogramm erhalten haben, einen deutlich höheren Lernzuwachs in Bezug auf experimentelle Fähigkeiten aufweisen, als Schülerinnen und Schüler, die eine reguläre Unterrichtsstunde zum gleichen Inhaltsbereich erhalten haben. Durch diese Erkenntnis werden die Thesen von Apedoe und Schunn und von Kolodner et al. (2003) bestätigt.

Drittens konnte das Forschungsdesiderat, das es bislang keine Empfehlung für die lernförderlichste Kombinationsreihenfolge von computerbasierten und realen Lernumgebungen gibt, durch die Studie zur Kombinationsreihenfolge aufgeklärt werden. Unter der Annahme, dass beide Lernumgebungsmedien gleich viele Vor- und Nachteile inne haben, stellten Jaakola et al. (2011) heraus, dass es drei Bereiche gibt, die für die Kombination beider Lernumgebungsmedien sprechen. Demnach wird (1) durch die Kombination beider Lernumgebungsmedien die Lücke zwischen Theorie und Praxis geschlossen, (2) durch die unterschiedlichen Repräsentationsebenen können verschiedene Aspekte eines Inhaltsbereiches aufgezeigt werden und (3) kann das konzeptuelle Verständnis gefördert werden. Von dieser, wie auch von anderer Stelle (Jaakola et al., 2011; Winn et al., 2006; Zacharia & Anderson, 2003; Zacharia & Olympiou, 2011) wurde die Forderung laut, eine lernförderliche Kombinationsreihenfolge der Lernumgebungsmedien herauszustellen. Die Studie zur Kombinationsreihenfolge der vorliegenden Arbeit konnte zeigen, dass es für die hier untersuchte Stichprobe und mit den hier verwendeten Lernumgebungsmedien am lernförderlichsten war, zunächst an der computerbasierten und anschließend an der

realen Lernumgebung zu arbeiten. Diese Erkenntnis schließt die beschriebene Forschungslücke.

11.3 Praktischer Ertrag

Bezugnehmend auf den praktischen Ertrag der vorliegenden Arbeit können zwei zentrale Rückschlüsse gezogen werden.

Erstens gibt die Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht Aufschluss darüber, ob es möglich ist, das kombinierte Förderprogramm lernförderlich im Regelunterricht einzusetzen. An dieser Stelle soll näher darauf eingegangen werden, ob diese Implementation durch die Lehrpersonen möglich ist. Es zeigte sich, dass nur wenige Lehrpersonen das Lehrziel nach den Vorgaben verfolgt haben. Dies ist auf mehrere Aspekte zurückzuführen. Nach Bömer et al. (2011) sollte Lehrpersonen ausreichend Zeit nach der Fortbildung gelassen werden, um diese als positive Herausforderung anzusehen. Den Lehrpersonen der Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht wurden lediglich drei bis fünf Tage zur Vorbereitung der Unterrichtsstunde Zeit gelassen. Dies scheint zu wenig zu sein und bestätigt somit die Erkenntnis von Bömer et al. (2011). Damit einhergehend kann aufgeführt werden, dass es sich um eine kurzfristige Intervention handelte, da die Lehrerfortbildung lediglich einen Tag andauerte. Empfehlungen von Gräsel (2010) zufolge, sollten Interventionen längerfristig angelegt sein, damit Phasen des Ausprobierens der Innovation mit Phasen der Reflexion verbunden werden können. Somit verdeutlichen die erzielten Ergebnisse erstens die Notwendigkeit, Lehrpersonen nach Fortbildungsveranstaltungen ausreichend Zeit zu geben, sich mit der Innovation vertraut zu machen, um diese dann lernförderlich einsetzen zu können. Des Weiteren weisen die Erkenntnisse darauf hin, dass die Fortbildungsveranstaltung mehr als einen Tag umfassen sollte.

Zweitens wurde der Versuch gewagt, Methoden und Lernumgebungen, die aus der Grundlagenforschung entstanden sind, in den Regelunterricht zu transferieren und somit der von Stark (2004) beschriebenen Theorie-Praxis-Kluft ein Stück weit entgegenzukommen. Das allgemeine Ziel von Implementationen ist, Veränderungen hervorzurufen. Nach Euler (2003) finden diese Änderungen auf drei Ebenen statt. Die Ebene, auf der durch die vorliegende Arbeit eine Veränderung angestrebt wurde, betrifft die Mikroebene, da eine Methode implementiert wurde, die curriculare Veränderung

anstrebt. Der Transfer fand mittels einer rational-empirischen Strategie statt und es zeigte sich, dass der Transfer erfolgreich war. Ausgehend von diesen theoretischen Ausführungen kann diese Arbeit aufzeigen, dass es umsetzbar und sinnvoll ist, Grundlagen- beziehungsweise Laborforschung in den Regelunterricht zu implementieren. Die Einschränkung, dass nur acht der 24 Lehrpersonen tatsächlich die Innovation umgesetzt haben, geht mit den Erkenntnissen aus der Lehrerfortbildungsforschung (Lipowski, 2010) einher und mindert die Aussagekraft dementsprechend nicht.

11.4 Ausblick

Da die durchgeführten Studien mit Einschränkungen verbunden sind, lassen sich für weiterführende Forschungsvorhaben folgende vier Empfehlungen aussprechen.

Erstens wäre es wertvoll, eine Wiederholung der Studie zu den Fördermöglichkeiten im Regelunterricht mit Referendaren durchzuführen. Dies erscheint aus mehreren Gründen sinnvoll. Im Rahmen des Studienseminars wäre eine längerfristige Fortbildung möglich und es wäre sogar denkbar, dass die Referendare sich gegenseitig in der Unterrichtsplanung und -durchführung unterstützen. Es ist davon auszugehen, dass Referendare noch nicht über festgelegte Unterrichtskonzeptionen verfügen, wie die Lehrpersonen der Stichprobe mit einer durchschnittlichen Lehrerfahrung von 17 Jahren dies tun. Somit erscheint es zweckmäßig, derart früh damit zu beginnen, die (künftigen) Lehrpersonen in Bezug auf das selbstregulierte Lernen und auch bezüglich der expliziten Vermittlung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen zu sensibilisieren. Ein weiterer Vorteil, der sich möglicherweise aus der Arbeit mit Referendaren ergibt, ist, dass die Referendare nur zu geringem Ausmaß skeptisch gegenüber dem Einsatz von Computern im Unterricht sind, da dieses Medium für sie, ebenso wie für die Schülerinnen und Schüler, zum Alltag gehört.

Zweitens scheint es sinnvoll die Studie zur Kombinationsreihenfolge mit den in der Studie zu den Fördermöglichkeiten im Regelunterricht eingesetzten Erhebungsinstrumenten zu replizieren, um sicherzustellen, dass sich die gewonnenen Erkenntnisse auch ohne die Einschränkungen in der Aussagekraft der Ergebnisse zeigen.

Drittens könnte es wichtig sein, zu versuchen, die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen beziehungsweise die experimentellen Fähigkeiten mit Lernumgebungen zu anderen Inhaltsbereichen zu vermitteln, um sicherzustellen und zu verdeutlichen, dass die Vermittlung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen losgelöst vom Fachinhalt – auf verschiedenste naturwissenschaftliche Inhaltsbereiche anwendbar – also als Methode – stattfinden kann. Auch würde es als Bestätigung der hier gewonnenen Erkenntnisse dienen, wenn sich herausstellt, dass Lernumgebungen zur Förderung experimenteller Arbeitsweisen aus anderen naturwissenschaftlichen Disziplinen nicht lediglich wirksam zur Förderung des Fachinhaltes, sondern vielmehr zur Förderung der experimentellen Fähigkeiten sind.

Viertens wäre eine Änderung der Unterrichtskonzeptionen der Lehrpersonen erstrebenswert. Lehrpersonen sollte vermehrt vermittelt werden, dass die Vermittlung von Unterrichtsmethoden ebenso wichtig für die Schülerinnen und Schüler ist, wie die Vermittlung des Fachinhaltes. Die Änderung sollte dahingehend stattfinden, dass das selbstregulierte Lernen der Schülerinnen und Schüler unterstützt und gelehrt wird. Zudem wäre ein Umdenken der Lehrpersonen in Bezug auf die Förderung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen sinnvoll. So sollten Lehrpersonen dahin geführt werden, eine Methode – in diesem Fall die der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen – auf verschiedenste naturwissenschaftliche Inhaltsbereiche anwendbar zu vermitteln.

Die Ergebnisse der Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht sind ermutigend und sollten dazu führen, dass weitere Versuche gewagt werden, wirksame Lernumgebungen oder andere Innovationen und Neuerungen, die aus der Grundlagenforschung entstanden sind, in den Regelunterricht zu integrieren beziehungsweise zu transferieren.

Literaturverzeichnis

- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16, 183-198.
- Akerson, V. (2008). How do I do this? Skills students need for Inquiry. In: E. Abrams, S. Southerland, P. Silva, P. (Hrsg.), *Inquiry in the classroom. Realities and opportunities* (S. 18-24). Charlotte: Information Age Publishing, Inc.
- Akerson, V. L. & Hanuscin, D. L. (2007). Teaching nature of science through inquiry: Results of a 3-year professional development program. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 653-680.
- Altricher, H. & Wiesinger, S. (2005). Implementation von Schulinnovationen – aktuelle Hoffnungen und Forschungswissen. Online Download von: <http://paedpsych.jk.uni-linz.ac.at/internet/ORGANISATIONORD/ALTRICHTERORD/IMPLse2PlusLit.pdf> [Letzter Online Zugriff am 22.06.2013].
- American Association for the Advancement of Science. (1989). *Science for all Americans: A project 2061 report on literacy goals in science, mathematics, and technology*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy. Project 2061*. New York: Oxford University Press.
- Anderson, J.R. (1981). *Cognitive skills and their acquisition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Anderson, J.R. (1996). ACT. A simple theory of complex cognition. *American Psychologist*, 51, 355-365.
- Apedoe, X. S. & Schunn, C. D. (2012). Strategies for success: Uncovering what makes students successful in design and learning. *Instructional Science*. Advance online publication. Doi:10.1007/s11251-012-9251-4.
- Armstrong, A. & Casement, C. (1998). *The child and the machine: why computers may put our children's education at risk*. Toronto, Ontario: Key Porter Books.
- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556-559.
- Barzel, B., Reinhoffer, B. & Schrenk, M. (2012). Das Experiment im Unterricht. In: W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel & A. Schulz (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten* (S. 103–129). Münster: Waxmann.

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469-520.
- Bell, T. (2007). Entdeckendes und forschendes Lernen. In: S. Mikelskis-Seifert & T. Rabe (Hrsg.), *Fachmethodik Physik-Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 70-81). Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor.
- Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A. & Lederman, N. G. (2003). Just do It? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*. 40(5), 487-509.
- Bergs, M. & Walpuski, M. (2012). *Students' proceeding in real and virtual guided inquiry environments*. Paper presented at the 11th European Conference on Research In Chemical Education (ECRICE). Rome.
- Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: Where we are today. *International Journal of Educational Research*, 31, 445-457.
- Bömer, T., Kunter, M. & Hertel, S. (2011). *Veränderungsbereitschaft von Lehrkräften – Empirische Überprüfung eines kognitiv-affektiven Modells der Überzeugungsveränderung*. Vortrag auf der Fachgruppentagung Pädagogische Psychologie der DGPs 14.-16.09.2011 in Erfurt.
- Bolton, S. (1985). *Die Gütebestimmungen kommunikativer Tests*. Tübingen: Narr.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer Verlag.
- Bransford, J. D., Brown, A. I. & Cocking, R. R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academy Press.
- Brown, P. L., Abell, S. A., Demir, A. & Schmidt, F. J. (2006). College science teachers' view of classroom inquiry. *Science Education*, 90, 784-802.
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Klusmann, U., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., Dubberke, T., Jordan, A., Löwen, K. & Yi-Miau, T. (2006). Die professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften: Konzeptualisierung, Erfassung und Bedeutung für den Unterricht. Eine Zwischenbilanz des COACTIV-Projekts. In: M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule*. (S. 54-82). Münster: Waxmann.
- Bullough, R. V. (2009). The continuing education of teachers: In-service training and workshops. In: L. J. Saha & A. G. Dworking (Hrsg.), *International handbook of research on teachers and teaching* (S. 159-169). New York: Springer.
- Bybee, R. W. (1997). Towards an understanding of scientific literacy. In: W. Gräber & C. Bolte (Hrsg.), *Scientific literacy – An international symposium* (S. 37-68). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).

- Bybee, R. W. (2000). Teaching science by inquiry. In: J. Minstrell & E. H. van Zee (Hrsg.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science* (S. 20-46). Washington: American Association for the Advancement of Science.
- Chen, Z. (2010). The view of scientific inquiry conveyed by simulation-based virtual laboratories. *Computers & Education*, 55, 1123-1130.
- Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All other things being equal: acquisition and transfer of the control of variable strategy. *Child Development*, 70, 1098–1120.
- Chiu, J. L. & Linn, M. C. (2012). The role of self-monitoring in learning chemistry with dynamic visualizations. In: A. Zohar & Y. J. Dori (Hrsg.), *Metacognition in science education. Trends in current research* (S. 133-164). New York: Springer.
- Cress, U. (2008). The need for considering multilevel analysis in CSCL research-An appeal for the use of more advanced statistical methods. *Computer-Supportet Collaborative Learning*, 3, 69-84.
- de Jong, T. & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational research*, 68, 179–201.
- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). *Erkenntnistransfer. Potentiale entdecken, Anwendung fördern*. Online Download von: http://www.dfg.de/foerderung/grundlagen_rahmenbedingungen/erkenntnistransfer/ [Letzter Online Zugriff am 01.07.2013].
- Dignath, C. & Büttner, G. (2008). Components of fostering self-regulated learning among students. A meta-analysis on intervention studies at primary and secondary school level. *Metacognition & Learning*, 3, 231-264.
- Dignath-van Ewijk, C. & van der Werf, G. (2012). What teachers think about self-regulated learning: Investigating teacher beliefs and teacher behavior of enhancing students' self-regulation. *Education Research International*. Advance online publication. doi:10.1155/2012/741713.
- Dimitrov, D. M. & Rumrill, P. (2003). Pretest-posttest designs in rehabilitation research. *WORK: A Journal of Prevention, Assessment, & Rehabilitation*, 20(2), 159-165.
- Duggan, S. & Gott, R. (2002). What sort of science education do we really need? *International Journal of Science Education*, 24, 661-679.
- Duit, R. (2002). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In: S. W. Kircher E. (Hrsg.), *Physikdidaktik in der Praxis* (S. 1-26). Berlin: Springer.
- Duit, R., Widodo, A., & Wodzinski, C.T. (2007). Conceptual change ideas - Teachers' views and their instructional practice. In: S. Vosniadou, A. Baltas, & X. Vamvokoussi, (Hrsg.), *Re-framing the problem of conceptual change in learning and instruction* (S. 197-217). Advances in learning and instruction series. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.

- Eckhardt, M., Urhahne, D., Conrad, O. & Harms, U. (2012). How effective is instructional support for learning with computer simulations? *Instructional Science*. Advance online publication. doi: 10.1007/s11251-012-9220-y.
- Emden, M. (2011). *Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I*. Berlin: Logos.
- Ertl, H. & Kremer, H.-H. (2005a). Innovationen in schulischen Kontexten: Ansatzpunkte für Berufsbegleitende Lernprozesse bei Lehrkräften. In: H. Ertl & H.-H. Kremer (Hrsg.), *Innovationen in schulischen Kontexten* (S. 7-14). Paderborn: Eusl-Verlagsgesellschaft.
- Ertl, H. & Kremer, H.-H. (2005b). Innovationskompetenz von Lehrkräften an beruflichen Schulen. In: H. Ertl & H.-H. Kremer (Hrsg.), *Innovationen in schulischen Kontexten* (S. 43-66). Paderborn: Eusl-Verlagsgesellschaft.
- Euler, D. (2003). Reformen erfordern Vertrauen und Kooperation. Über notwendige Fundamente von pädagogischen Innovationen. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Editorial zum Heft 99(3)*, 321-327.
- Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Reid, S. & LeMaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics—Physics Education Research*, 1, 1-8.
- Fischer, H. E., Schecker, H. & Wiesner, H. (2004). Kerncurriculum Physik. *Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 57, 147-154.
- Flick, L.B. (1993). The meanings of hands-on science. *Journal of Science Teacher Education*, 4, 1-8.
- Friedrich, H. F. & Mandl, H. (1997). Analyse und Förderung selbstgesteuerten Lernens. In: F. E. Weinert & H. Mandl (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich D Praxisgebiete, Serie I Pädagogische Psychologie, Band 4 Psychologie der Erwachsenenbildung* (S. 237-293). Göttingen: Hogrefe.
- Gentner, D., Loewenstein, J. & Thompson, L. (2003). Learning and transfer: A general role for analogical encoding. *Journal of Educational Psychology*, 95(2), 393-408.
- Gire, E., Carmichael, A., Chini, J. J., Rouinfar, A., Rebello, S., Smith, G., et al. (2010). The effects of physical and virtual manipulatives on students' conceptual learning about pulleys. In: K. Gomez, L. Lyons & J. Radinsky (Hrsg.), *Learning in the disciplines: Proceedings of the 9th international conference of the learning sciences (ICLS 2010)* (Vol. 1, S. 937 – 944). Chicago: International Society of the Learning Sciences.
- Göbbling, J. (2010). *Selbstständig entdeckendes Experimentieren. Lernwirksamkeit der Strategieranwendung* (Dissertation). Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Bildungswissenschaften, Essen.

- Gräsel, C. (2010). Stichwort: Transfer und Transferforschung im Bildungsbereich. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 13, 7-20.
- Gräsel, C. & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung – oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. *Unterrichtswissenschaft*, 32(3), 196-214.
- Gruber, H. & Leutner, D. (2003). Die kompetente Lehrperson als Multiplikator von Innovation. In: I. Gogolin & R. Tippelt (Hrsg.), *Innovationen durch Bildung* (S. 263-274). Beiträge zum 18. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft. Opladen: Leske + Budrich.
- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 57(4), 196-203.
- Hammann, M., Ganser, M. & Haupt, M. (2007). Experimentieren können. Kompetenzentwicklungsmodelle und ihre Nutzung im Unterricht. *Geographie Heute*, 225/226, 88-91.
- Hammann, M., Phan, T. T. H., Bayrhuber, H. (2007). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Kompetenzen beim Experimentieren zu messen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften, Sonderheft 8*, 33-49.
- Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M. & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 59(5), 292-299.
- Hardy, I. & Stern, E. (2011). Visuelle Repräsentationen der Dichte: Auswirkungen auf die konzeptuelle Umstrukturierung bei Grundschulkindern. *Unterrichtswissenschaft*, 39(1), 35-48.
- Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J. & Gunstone, R. (2000). What is the purpose of this experiment? Or can students learn something from doing experiments? *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 655-675.
- Hasselhorn, M. (1995). Beyond production deficiency and utilization inefficiency: Mechanisms of the emergence of strategic categorization in episodic memory tasks. In: F. E. Weinert & W. Schneider (Hrsg.), *Memory performance and competencies: Issues in growth and development* (S. 141-159). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hasselhorn, M. & Labuhn, A. S. (2010). Lernstrategien. In: T. Hascher & B. Schmitz (Hrsg.), *Pädagogische Interventionsforschung. Theoretische Grundlagen und empirisches Handlungswissen* (S. 85-96). Weinheim: Juventa.
- Haury, D. L. & Rillero, P. (1994). *Perspectives of hands-on science teaching*. Columbus, OH: ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education.
- Healy, J. M. (1999). *Failure to connect: how computers affect our childrens' minds - and what we can do about it*. New York: Simon & Schuster.

- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze: Klett-Kallmeyer.
- Heron, P. R. L. & Meltzer, D. E. (2005). The future of physics education research: Intellectual challenges and practical concerns. *American journal of physics*, 73(5), 390-394.
- Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5, 247-264.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. M. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52, 201-217.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. M. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88, 28-54.
- Hübinger, R., Emden, M. & Sumfleth, E. (2009). *"Mein Körper und ich auf Weltreise & Wasser - die vielen Gesichter eines Stoffes."* Materialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht für die Klassen 5/6. Berlin: Schering Stiftung.
- Hucke, L. & Fischer, H. E. (2002). The link of theory and practice in traditional and in computer-based university laboratory experiments. In: D. Psillos & H. Niedderer (Hrsg.), *Teaching and learning in the science laboratory - A look on the European project "Labwork in Science Education"* (S. 205-218). Dordrecht: Kluwer Academic Press.
- Ittel, A. & Bünger, S. (2012). GeMiS – Gender, Migration und Schule: Konzeption und Durchführung einer Lehrerfortbildung für Mathematiklehrkräfte. In: R. Lazarides & A. Ittel (Hrsg.), *Differenzierung im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Implikationen für Theorie und Praxis* (S. 209-227). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Jaakkola, T. & Nurmi, S. (2008). Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24, 271-283.
- Jaakkola, T., Nurmi, S. & Veermans, K. (2011). A Comparison of Students' Conceptual Understanding of Electric Circuits in Simulation Only and Simulation-Laboratory Contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(1), 71-93.
- Jones, M. G., Andre, T., Kubasko, D., Bokinsky, A., Tretter, T., Negishi, A., Taylor, R. & Superfine, R. (2003). Remote Atomic Force Microscopy of Microscopic Organisms: Technological Innovations for Hands-On Science with Middle and High School Students. *Science Education*, 88(1), 55-71.
- Kircher, E. & Dittmer, A. (2004). Lehren und lernen über die Natur der Naturwissenschaften - ein Überblick. In: C. Höhle, D. Höttecke & E. Kircher (Hrsg.), *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften* (S. 2-22). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Klahr, R. (2000). *Exploring Science. The cognition and development of discovery processes*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Klahr, D., Triona, L.- M. & Williams, C. (2007). Hands on what? The relative effectiveness of physical versus virtual materials in an engineering design project by middleschool children. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 183–203.
- Klatzky, R. L. & Lederman, S. J. (2002). Perceiving texture through a probe. In: M. L. McLaughlin, J. P. Hespanha & G. S. Sukhatme (Hrsg.), *Touch in Virtual Environments* (S. 180-193). Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Kleickmann, T., Möller, K. & Jonen, A. (2005). Effects of in-service teacher education courses on teachers' pedagogical content knowledge in primary science. In: H. Gruber, C. Harteis, R. Mulder, and M. Rehl (Hrsg.), *Bringing individual, organizational, and cultural aspects of professional learning* (S. 51-58). Regensburg: Roderer.
- Kleickmann, T., Möller, K. & Jonen, A. (2006). Die Wirksamkeit von Fortbildungen und die Bedeutung von tutorieller Unterstützung. In: R. Hinz & T. Pütz (Hrsg.), *Professionelles Handeln in der Grundschule. Entwicklungslinien und Forschungsbefunde* (S. 121-128). Hohengehren: Schneider.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H. & Prenzel, M. et al. [PISA-Konsortium Deutschland] (2003). *Expertise zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards*. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H. –E., Vollmer, H. J. (2007). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards*. Bildungsforschung Band 1. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).
- Klos, S. (2008). *Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. Der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzepts*. Berlin: Logos Verlag.
- Klos, S., Henke, C., Kieren, C., Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2008). Naturwissenschaftliches Experimentieren und chemisches Fachwissen - zwei unterschiedliche Kompetenzen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 3, 304–321.
- KMK: Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand/Wolters Kluwer.

- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., et al. (2003). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom. Putting learning by design to practice. *The Journal of Learning Sciences*, 12, 495-457.
- Künsting, J. (2007). *Effekte von Zielqualität und Zielspezifität auf selbstreguliert-entdeckendes Lernen durch Experimentieren* (Dissertation). Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Bildungswissenschaften, Essen.
- Labbude, P. & Möller, K. (2012). Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 1, 11-36.
- Landmann, M., Perels, F., Otto, B. & Schmitz, B. (2009). Selbstregulation. In: E. Wild & Möller, J. (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 49-70). Heidelberg: Springer.
- Lazarowitz, R. & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. In: D. L. Gabel. (Hrsg.). *Handbook of research on science teaching and learning* (S. 94-130). New-York: Macmillan.
- Lee, J. (1999). Effectiveness of computer-based instructional simulation: A meta analysis. *International Journal of Instructional Media*, 26, 71-85.
- Leidinger, M. & Perels, F. (2012). Interventionen zur Förderung selbstregulierten Lernens im Mathematikunterricht. In: R. Lazarides & A. Ittel (Hrsg.), *Differenzierung im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Implikationen für Theorie und Praxis* (S. 147-166). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Lipowsky, F. (2004). Was macht Fortbildungen für Lehrkräfte erfolgreich? *Die Deutsche Schule*, 42, 462-479.
- Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf – empirische Befunde zur Lehrerfortbildung. In: F. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders & J. Mayr (Hrsg.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* (S. 51-70). Münster: Waxmann.
- Lipowsky, F. (2011). Theoretische Perspektiven und empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfort- und -weiterbildung. In: E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 398-417). Münster: Waxmann.
- Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2012). Lehrerinnen und Lehrer als Lerner – Wann gelingt der Rollentausch? Merkmale und Wirkungen effektiver Lehrerfortbildungen. *Schulpädagogik heute*, 5(3), 3-9.
- Loyens, S. M. M. & Gijbels, D. (2008). Understanding the effects of constructivist learning environments: introducing a multi-directional approach. *Instructional Science*, 36, 351-357.
- Lunetta, V. N. (2003). The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In: B. J. Fraser & K. G. Tobin (Hrsg.), *International handbook of science education* (S. 249-262). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.

- Mandl, H., Gruber, H. & Renkl, A. (1997). Lernen und Lehren mit dem Computer. In: F.E. Weinert & H. Mandl (Hrsg.), *Psychologie der Erwachsenenbildung, D/I/4Enzyklopädie der Psychologie* (S. 437-467). Göttingen: Hogrefe.
- Marschner, J. (2011). *Adaptives Feedback zur Unterstützung des selbstregulierten Lernens durch Experimentieren* (Dissertation). Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Bildungswissenschaften, Essen.
- Marschner, J., Thillmann, H., Wirth, J. & Leutner, D. (2012). Wie lässt sich die Experimentierstrategie-Nutzung fördern? – Ein Vergleich verschieden gestalteter Prompts. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(1), 77-93.
- Mayer, J. (2008). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In: D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biomedizinischen Forschung* (S. 177-186). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American Psychologist*, 59(1), 14-19.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2. Ed.). New York: Cambridge University Press.
- Meyer, H. L. (1987). *Unterrichtsmethoden. Theorieband (Vol. 1)*. Frankfurt am Main: Scriptor.
- Mikelskis, H. F. (1997). Der Computer – ein multimediales Werkzeug zum Lernen von Physik. *Physik in der Schule*, 45, 394-398.
- Millar, R. (1998). Rhetoric and reality: What practical work in science education is really for? In: J. Wellington (Hrsg.), *Practical work in school science: Which way now?* (S. 16-31). London: Routledge.
- Minner, D. D., Levy, A. J. & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – what is it and does it matter? Results from a research synthesis year 1984–2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496.
- Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext*. Berlin: Cornelsen.
- Müller, C. T. (2004). *Subjektive Theorien und handlungsleitende Kognitionen von Lehrern als Determinanten schulischer Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht*. Berlin: Logos-Verlag.
- National Research Council [NRC]. (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Njoo, M. & de Jong, T. (1993). Supporting exploratory learning by offering structured overviews of hypotheses. In: D. M. Towne, T. de Jong & H. Spada (Hrsg.), *Simulation-based experimental learning* (S. 207-223). Berlin: Springer.
- Olympiou, G. & Zacharia, Z. (2012). Blending physical and virtual manipulatives: An effort to improve students' conceptual understanding through science laboratory experimentation. *Science Education*, 96(1), 21-47.

- Olympiou, G., Zacharia, Z. & de Jong, T. (2012). Making the invisible visible: Enhancing students' conceptual understanding by introducing representations of abstract objects in a simulation. *Instructional Science*. Advanced online publication. doi: 10.1007/s11251-012-9245-2.
- Osborne, J. (2007). Science education for the twenty first century. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(3), 173–184.
- Osborne, J. & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. London: The Nuffield Foundation.
- Paris, S. G. & Paris, A. H. (2001). Classroom applications of research on self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 36, 89–101.
- Paris, S. G., Lipson, M. Y. & Wixson, K. K. (1983). Becoming a strategic reader. *Contemporary Educational Psychology*, 8, 293 – 316.
- Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe* (Dissertation). Universität Kiel.
- Pea, R. (2004). The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education, and human activity. *The Journal of the Learning Sciences*, 13, 423-451.
- Perry, N. E. & Rahim, A. (2011). Studying self-regulated learning in classrooms. In: B. J. Zimmerman & D. H. Schunk (Hrsg.), *Handbook of self-regulation of learning and performance* (S. 122-136). New York and London: Routledge.
- Piaget, J. (1985). *The equilibration of cognitive structure*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Prensky, M. (2002). The motivation of gameplay or, the REAL 21th century learning revolution. *On the Horizon*, 10(1), 1-14.
- Prenzel, M. & Parchmann, I. (2003). Kompetenz entwickeln. Vom naturwissenschaftlichen Arbeiten zum naturwissenschaftlichen Denken. *Naturwissenschaften im Unterricht: Chemie*, 14(76/77), 15-19.
- Pyatt, K. & Sims, R. (2011). Virtual and physical experimentation in inquiry-based science labs: Attitudes, performance and access. *Journal of Science Educational Technology*, 22, 133-147.
- Raudenbush, S. W. & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models*. Thousands Oaks, Ca: Sage.
- Reinmann, G. & Vohle, F. (2004). Implementation als Designprozess. In: G. Reinmann & H. Mandl (Hrsg.), *Psychologie des Wissensmanagements. Perspektiven, Theorien und Methoden* (S. 234-250). Göttingen: Hogrefe.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (1998). Wenn kreative Ansätze versanden: Implementation als verkannte Aufgabe. *Unterrichtswissenschaft*, 26(4), 292-311.

- Resnick, M. (1998). Technologies for lifelong kindergarten. *Educational Technology Research and Development*, 46, 43–55.
- Rheinberg, F. (2004). *Motivationsdiagnostik*. Göttingen: Hogrefe.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. *Diagnostica*, 47, 57-66.
- Rollett, B. (1999). Auf dem Weg zu einer Fehlerkultur. Anmerkungen zur Fehlertheorie von Fritz Oser. In: W. Althof (Hrsg.), *Fehlerwelten: Vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern* (S. 71-87). Opladen: Leske + Budrich.
- Ronen, M. & Eliahu, M. (2000). Simulation—A bridge between theory and reality: The case of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 16, 14–26.
- Rönnebeck, S., Schöps, K., Prenzel, M., Mildner, D., Hochweber, J. (2010). Naturwissenschaftliche Kompetenz von PISA 2006 bis PISA 2009. In: E. Klieme, C. Artelt, J. Hartig, N. Jude, O. Köller, M. Prenzel, W. Schneider, P. Stanat, (Hrsg.), *Pisa 2009: Bilanz nach einem Jahrzehnt* (S. 177-198). Münster: Waxmann.
- Rumann, S. (2005). *Kooperatives Arbeiten im Chemieunterricht. Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie zur Säure-Base-Thematik*. Berlin: Logos-Verlag.
- Rutten, N., van Joolingen, W. R. & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58, 136-153.
- Schlagmüller, M. & Schneider, W. (2007). Würzburger Lesestrategie-Wissenstest für die Klassen 7-12 (WLST 7-12). In: M. Hasselhorn, H. Marx & W. Schneider (Hrsg.), *Deutsche Schultests*. Göttingen: Hogrefe.
- Schmidt, M. & Otto, B. (2010). Direkte und indirekte Interventionen. In: T. Hascher & B. Schmitz (Hrsg.), *Pädagogische Interventionsforschung. Theoretische Grundlagen und empirisches Handlungswissen* (S. 235-242). Weinheim: Juventa.
- Schreiber, B. (1998). *Selbstreguliertes Lernen*. Münster: Waxmann.
- Schulz, A. (2010). *Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht. Eine Videostudie*. Berlin: Logos-Verlag.
- Schulz, A., Wirtz, M. & Starauscheck, E. (2012). Das Experiment in den Naturwissenschaften. In: M. Wirth, B. Barzel, A. Schulz (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten* (S. 15-38). Münster: Waxmann.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G. & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*. 88(4), 610-645.

- Shamos, M. H. (2002). Durch Prozesse ein Bewusstsein für die Naturwissenschaften entwickeln. In: W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy* (S. 45-68). Opladen: Leske + Budrich.
- Simon, H. A. & Lea, G. (1974). Problem solving and rule induction: A unified view. In: L. W. Gregg (Hrsg.), *Knowledge and cognition* (S. 105-127). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Sinatra, M. S. & Taasoobshirazi, G. (2011). Intentional conceptual change: The self-regulation of science learning. In: B. J. Zimmerman & D. H. Schunk (Hrsg.), *Handbook of self-regulation of learning and performance* (S. 203-216). New York and London: Routledge.
- Singer, J. D. & Willett, J. B. (2003). *Applied longitudinal data analysis: Methods for studying change and event occurrence*. New York: Oxford University Press.
- Singer, S. R., Hilton, M. L. & Schweingruber, H. A. (2006). *America's lab report: Investigations in high school science*. Washington, DC: National Academies Press.
- Sinus-Transfer Programm. *Der Transfergedanke*. Online Download von: <http://sinus-transfer.uni-bayreuth.de/programm/transferkonzept.html> [Letzter Online Zugriff am 01.07.2013].
- Stark, R. (2004). Eine integrative Forschungsstrategie zur anwendungsbezogenen Generierung relevanten wissenschaftlichen Wissens in der Lehr-Lern-Forschung. *Unterrichtswissenschaft*, 32(2), 257-273.
- Sumfleth, E. & Henke, C. (2011). Förderung leistungsstarker Oberstufenschülerinnen und -schüler im HIGHSEA-Projekt am Alfred-Wegener Institut, Bremerhaven. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 89-113.
- Sumfleth, E., Wirth, J. & Thillmann, H. (2013). Selbstreguliertes Experimentieren. In: H. E. Fischer & E. Sumfleth (Hrsg.), *nwu-essen 10 Jahre Essener Forschung zum naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 163-208). Berlin: Logos.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G. & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-296.
- Syer, C. A., Chichekian, T., Shore, B. M. & Aulls, M. W. (2012). Learning „to do“ and learning „about“ inquiry at the same time: different outcomes in valuing the importance of various intellectual tasks in planning, enacting, and evaluating an inquiry curriculum. *Instructional Science*. Advanced online publication. doi: 10.1007/s11251-012-9242-5.
- Tamir, P. & Lunetta, V. N. (1981). Inquiry related tasks in high school science laboratory handbooks. *Science Education*, 65, 477-484.
- Thillmann, H. (2008). *Selbstreguliertes Lernen durch experimentieren: Von der Erfassung zur Förderung* (Dissertation). Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Bildungswissenschaften, Essen.

- Thillmann, H. Künsting, J., Wirth, J. & Leutner, D. (2009). Is it merely a question of „What“ to prompt or also „When“ to prompt? The role of point of presentation time of prompts in self-regulated learning. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(2), 105-115.
- Toth, E. E., Klahr, D. & Chen, Z. (2000). Bridging research and practice: A cognitively based classroom intervention for teaching experimentation skills to elementary school children. *Cognition and Instruction*, 18(4), 423–459.
- Triona, L. -M. & Klahr, D. (2003). Point and click or grab and heft: Comparing the influence of physical and virtual instructional materials on elementary school students' ability to design experiments. *Cognition and Instruction*, 21, 149–173.
- van der Meij, J. & de Jong, T. (2006). Supporting students' learning with multiple representations in a dynamic simulation-based learning environment. *Learning and Instruction*, 16, 199-212.
- van Joolingen, W. R. & de Jong, T. (2013). Model-based diagnosis for regulative support in inquiry learning. In: R. Azevedo & V. Aleven (Hrsg.), *International handbook of metacognition and learning technologies* (S. 589–600). New York, NY: Springer.
- Veenmann, M. V. J., Van Hout-Wolters, B. H. A. M. & Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: Conceptual and methodological considerations. *Metacognition and Learning*, 1, 3-14.
- Wagner, W. –R. (2008). Problemorientiertes, selbstgesteuertes und kooperatives Lernen – welchen Beitrag leisten Medien? Zum Primat der Didaktik und der Rolle der Medien. In: Niedersächsisches Landesamt für Lehrerbildung und Schulentwicklung. *Lernen heute – aus medienpädagogischer Perspektive* (S. 27-30).
- Wahser, I. (2008). *Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie*. Berlin: Logos-Verlag.
- Wahser, I. & Sumfleth, E. (2008). Strukturierungshilfen und Feedback zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Chemieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 181-198.
- Walpuski, M. (2006). *Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback*. Berlin: Logos-Verlag.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessung in Schulen* (S. 17-31). Weinheim, Basel: Beltz-Verlag.
- Werth, S., Wagner, W., Ogrin, S., Trautwein, U., Friedrich, A., Keller, S., Ihringer, A. & Schmitz, B. (2012). Förderung des selbstregulierten Lernens durch die Lehrkräftefortbildung << Lernen mit Plan >>: Effekte auf fokale Trainingsinhalte und die allgemeine Unterrichtsqualität. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 26(4), 291-305.

- White, B. Y. & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modelling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction, 16*, 3-118.
- Wichmann, A. (2010). *Multi-level support with respect to inquiry, explanations and regulation during an inquiry cycle*. Dissertation. Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Bildungswissenschaften, Essen.
- Wichmann, A. & Leutner, D. (2009). Inquiry learning: Multi-level support in terms of inquiry, explanations and regulation during an inquiry cycle. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 23*(2), 117-127.
- Widodo, A. & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweise vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10*, 233-255.
- Winn, W., Stahr, F., Sarason, C., Fruland, R., Oppenheimer, P. & Lee, Y. -L. (2006). Learning oceanography from a computer simulation and inquiry-based experiments in physics. *Journal of Research in Science Teaching, 40*, 792–823.
- Wirth, J. & Leutner, D. (2006). Selbstregulation beim Lernen in interaktiven Lernumgebungen. In: H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 172–184). Göttingen: Hogrefe.
- Wirth, J. & Leutner, D. (2008). Self-regulated learning as a competence. Implications of theoretical models for assessment methods. *Zeitschrift für Psychologie, 216*, 102-110.
- Wirth, J., Leutner, D. & Fischer, H. E. (2006). TP 3: Diagnose und Förderung von Lernprozessen im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: H. E. Fischer et al., *Forschergruppe & Graduiertenkolleg Naturwissenschaftlicher Unterricht NWU-Essen – Anträge zur Fortsetzung 2006-2009*.
- Wirth, J., Thillmann, H., Künsting, J., Fischer, H. E. & Leutner, D. (2008). Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht – Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus instruktionspsychologischer Sicht. *Zeitschrift für Pädagogik, 54*, 361-375.
- Wirth, J., Thillmann, H., Marschner, J., Gößling, J. & Künsting, J. (2011). Lernen durch Experimentieren – Utopie oder nur eine Frage der Technik. *Unterricht Chemie, 126*, 14-17.
- Wu, H. -K. & Puntambekar, S. (2012). Pedagogical affordances of multiple external representations in scientific processes. *Journal of Science Educational Technology*. Advanced online publication. doi: 10.1007/s10956-011-9363-7.
- Zacharia, Z. C. (2005). The impact of interactive computer simulations on the nature and quality of postgraduate science teachers' explanations in physics. *International Journal of Science Education, 27*, 1741–1767.
- Zacharia, Z. C. (2007). Comparing and combining real and virtual experimentation: An effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning, 23*, 120-132.

- Zacharia, Z. C. & Anderson, O. R. (2003). The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, 71, 618-629.
- Zacharia, Z. C. & Constantinou, C. P. (2008). Comparing the influence of physical and virtual manipulatives in the context of the physics by inquiry curriculum: The case of undergraduate students' conceptual understanding of heat and temperature. *American Journal of Physics*, 76, 425 – 430.
- Zacharia, Z. C. & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, 21, 317-311.
- Zacharia, Z. C., Olympiou, G. & Papaeripidou, M. (2008). Effects of experimenting with physical and virtual manipulatives on students' conceptual understanding in heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 1021–1035.
- Zhang, J. (2000). *Simulation-based Scientific Discovery Learning: The internal conditions and the facilitative learning supports*. A PhD Dissertation. Beijing Normal University.
- Zimmerman, B. J. (1989). A social cognitive view of self-regulated academic learning. *Journal of Educational Psychology*, 81, 329–339.
- Zimmerman, B. J. (2011). Motivational Sources and Outcomes of Self-Regulated Learning and Performance. In: B. J. Zimmerman & D. H. Schunk (Hrsg.), *Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance* (S. 49-64). New York and London: Routledge.
- Zimmermann, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27, 172-223.
- Zohar, A. (2012). Explicit Teaching of Metastrategic Knowledge: Definitions, Students' Learning, and Teachers' Professional Development. In: A. Zohar & Y. J. Dori (Hrsg.), *Metacognition in Science Education. Trends in Current Research* (S. 197-224). New York: Springer.

Anhang

Anhang A: Erhebungsinstrumente

Erhebungsinstrumente der Studie zur Kombinationsreihenfolge (Kapitel 8)

Angaben zur Person

1. Wie alt bist du? _____ Jahre
2. Ich bin ein.... Mädchen ₁
Junge ₂
3. In welchem Land wurdest du geboren? _____
4. Seit wie vielen Jahren lebst du in Deutschland? _____
5. Welche Sprache sprichst du normalerweise zu Hause? _____

6. Welche Note hattest du in Physik auf dem letzten Zeugnis? _____
7. Seit wie vielen Jahren lernst du Physik in der Schule? _____

Strategiewissenstest: EEST-2

Strategiewissenstest EEST-2: Adaptiert von Marschner (2011)

Liebe/r Schüler/in,

im Folgenden werden dir zu bestimmten Situationen jeweils 3 mögliche Vorgehensweisen genannt. Du sollst dir überlegen, welche Vorgehensweise du am besten findest.

Kreuze daher 1 an, wenn du die Vorgehensweise am besten, 2 wenn du die Vorgehensweise am Zweitbesten und 3 wenn du sie am schlechtesten findest. Kreuze bei jeder Situation jede Zahl nur EINMAL an!



Beste Vorgehensweise	Mittlere Vorgehensweise	Schlechteste Vorgehensweise
①	②	③

Du hast zwei Gesichtscremes, Creme A und Creme B. Nur eine der beiden Cremes wirkt gegen Pickel. Du möchtest herausfinden, welche Creme gegen Pickel wirkt.

Dir fallen dazu folgende Ideen ein, die du experimentell überprüfen möchtest. Kreuze an, welche Idee du am besten (1) am zweitbesten (2) und am schlechtesten (3) bewertest.

		1	2	3
1.1	Creme A und Creme B wirken unterschiedlich gut gegen Pickel.			
1.2	Creme A wirkt besser gegen Pickel als Creme B.			
1.3	Weder Creme A noch Creme B wirkt gut gegen Pickel.			

Du hattest ursprünglich die Idee, dass alle Metalle von Magneten angezogen werden. Nun hast du bei mehreren Experimenten beobachtet, dass das Metall Aluminium nicht von Magneten angezogen wird. Welche Schlussfolgerung ziehst du daraus?

Dir fallen folgende Schlussfolgerungen ein. Kreuze an, welche Idee du am besten (1), am zweitbesten (2) und am schlechtesten (3) bewertest.

		1	2	3
2.1	Ich ändere meine Idee. Die Ergebnisse der Experimente sprechen gegen meine ursprüngliche Idee.			
2.2	Ich bleibe bei meiner ursprünglichen Idee. Nur wenn ich noch mehr Metalle neben Aluminium finde, die nicht angezogen werden, ändere ich sie.			
2.3	Ich bleibe bei meiner ursprünglichen Idee. Bei der Durchführung der Experimente habe ich bestimmt nur einen Fehler gemacht.			

Du möchtest durch Experimente herausfinden, wie die Stromstärke mit dem Durchmesser und der Länge eines Kupferdrahtes zusammenhängt. (Die Spannung ist dabei in jedem Experiment konstant). Wie gestaltest du deine Experimente?

Dir fallen folgende Vorgehensweisen ein. Kreuze an, welche Idee du am besten (1), am zweitbesten (2) und am schlechtesten (3) bewertest.

		1	2	3
3.1	Ich messe die Stromstärke bei gleich langen Kupferdrähten mit verschiedenen Durchmessern und dann bei verschiedenen langen Kupferdrähten mit gleichem Durchmesser.			
3.2	Ich messe die Stromstärke bei verschiedenen Kupferdrähten, die sich in ihrer Länge und ihrem Durchmesser unterscheiden. Aus den Ergebnissen versuche ich Zusammenhänge zu erkennen.			
3.3	Ich messe die Stromstärke bei einem dünnen langen Kupferdraht und dann messe ich die Stromstärke bei einem dicken kurzen Kupferdraht.			

Du möchtest durch Experimente herausfinden, ob sich die Raumtemperatur verändert, wenn die Kühlschranktür offen stehen bleibt.

Dir fallen folgende Vorgehensweisen ein, um die Frage zu beantworten. Kreuze an, welche Idee du am besten (1), am zweitbesten (2) und am schlechtesten (3) bewertest.

		1	2	3
4.1	Ich messe die Raumtemperatur bei offen stehender Kühlschranktür.			
4.2	Ich messe die Raumtemperatur vor und nach dem Öffnen der Kühlschranktür.			
4.3	Ich messe die Raumtemperatur mehrmals vor dem Öffnen und mehrmals nach dem Öffnen der Kühlschranktür.			

Du hast die Idee, dass man mit breiten Fahrradreifen mehr Kraft beim Fahren aufwenden muss als mit schmalen Reifen.

Dir fallen folgende Vorgehensweisen ein, um die Idee zu testen. Kreuze an, welche Idee du am besten (1), am zweitbesten (2) und am schlechtesten (3) bewertest.

		1	2	3
5.1	Ich fahre mit zwei unterschiedlichen Rädern, einem Mountainbike und einem Rennrad, fahre mit beiden gleich schnell auf der gleichen Strecke und vergleiche anschließend, welche Fahrt anstrengender war.			
5.2	Ich befrage Fahrradfahrer mit breiten und mit schmalen Reifen, wie schwer es ist, auf ihrem Rad zu fahren.			
5.3	Ich montiere an meinem Fahrrad einmal breite und einmal schmale Reifen, fahre mit beiden gleich schnell auf der gleichen Strecke und messe die benötigte Kraft.			

Du hast zwei Pendel. Pendel A ist dick und Pendel B ist dünn. Eins der Pendel kann schnell schwingen. Du möchtest herausfinden, welches Pendel schnell schwingt.

Dir fallen folgende Ideen ein, die du experimentell überprüfen möchtest. Kreuze an, welche Idee du am besten (1), am zweitbesten (2) und am schlechtesten (3) bewertest.

		1	2	3
6.1	Weder Pendel A noch Pendel B schwingen schnell.			
6.2	Pendel A und Pendel B schwingen unterschiedliche schnell.			
6.3	Pendel A schwingt schnell als Pendel B.			

Du solltest im Biologie-Unterricht mit einem Experiment zum „Gehen“ des Teigs die Idee, dass je höher die Temperatur ist, desto schneller läuft die Reaktion ab, überprüfen. Dein Experiment hat gezeigt, dass die Reaktion bei 35°C schneller abläuft als bei 25°C. Welche Schlussfolgerung ziehst du daraus?

Dir fallen folgende Schlussfolgerungen ein. Kreuze an, welche Idee du am besten (1), am zweitbesten (2) und am schlechtesten (3) bewertest.

		1	2	3
7.1	Ich ändere meine Idee. Die Ergebnisse der Experimente sprechen gegen meine ursprüngliche Idee.			
7.2	Ich bleibe bei meiner ursprünglichen Idee. Nur wenn sich zeigt, dass bei 40°C die Reaktion nicht schneller verläuft als bei 35°C ändere ich sie.			
7.3	Ich ändere meine ursprüngliche Idee. Bei der Durchführung der Experimente habe ich bestimmt nur einen Fehler gemacht.			

Fachhandwerkliche Fähigkeiten Test: LabSkills

Fachhandwerkliche Fähigkeiten-Test: Adaptiert von Bergs & Walpuski (2012)

Rechts siehst du die Abbildung eines Gerätes. Bitte kreuze an, um welches Gerät es sich handelt.

1.1	Um ein Thermometer.	<input type="checkbox"/>
1.2	Um einen Federkraftmesser.	<input type="checkbox"/>
1.3	Um eine Balkenwaage.	<input type="checkbox"/>
1.4	Um ein Lineal.	<input type="checkbox"/>
1.5	Weiß ich nicht.	<input type="checkbox"/>



Wozu dient das Gerät, dass du oben benannt hast?

2.1	Zur Bestimmung der Größe eines Körpers.	<input type="checkbox"/>
2.2	Zur Bestimmung der Temperatur eines Körpers.	<input type="checkbox"/>
2.3	Zur Bestimmung des Volumens eines Körpers.	<input type="checkbox"/>
2.4	Zur Bestimmung der Gewichtskraft eines Körpers.	<input type="checkbox"/>
2.5	Weiß ich nicht.	<input type="checkbox"/>

Warum kann bei diesem Experiment auf dem Foto der gesuchte Wert mit dem Messgerät nicht korrekt gemessen werden?

3.1	Weil das Becherglas nicht geeignet ist.	<input type="checkbox"/>
3.2	Weil das Messgerät falsch gehalten wird.	<input type="checkbox"/>
3.3	Weil der Körper zu schwer für das Messgerät ist.	<input type="checkbox"/>
3.4	Weil der Körper ganz im Wasser ist.	<input type="checkbox"/>
3.5	Weiß ich nicht.	<input type="checkbox"/>

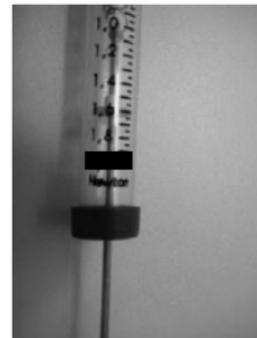


Stell dir vor, auf dem Tisch sind ein Messgerät, ein Körper und zwei Bechergläser mit unterschiedlichen Flüssigkeiten (A und B). Du sollst nun die Gewichtskraft bestimmen, die in Flüssigkeit A auf einen Körper wirkt. Du misst $F_G=0,5\text{ N}$. Dein Nachbar misst für denselben Körper $F_G=0,8\text{ N}$. Warum könnte das so sein?

4.1	Weil der Nachbar falsch von dem Messgerät abgelesen hat.	
4.2	Weil wir in unterschiedlichen Flüssigkeiten gemessen haben.	
4.3	Weil der Nachbar einen anderen Körper hatte.	
4.4	Weil wir unterschiedliche Messgeräte hatten.	
4.5	Weiß ich nicht.	

Wie groß ist die gemessene Größe auf den Bildern (das untere Bild ist ein vergrößerter Ausschnitt aus dem oberen Bild)?

5.1	1,6 Grad.	
5.2	1,6 Newton.	
5.3	1,6 Gramm.	
5.4	1,6 Zentimeter.	
5.5	Weiß ich nicht.	



Gebe für jede Person auf den Abbildungen an, ob die Kraft richtig oder falsche abgelesen wird.		richtig	falsch
6.1	Person auf Abbildung A.		
6.2	Person auf Abbildung B.		
6.3	Person auf Abbildung C.		
6.4	Person auf Abbildung D.		
6.5	Weiß ich nicht.		



Abbildung A



Abbildung B



Abbildung C



Abbildung D

Strukturierungstest 1: Strukt1

Strukturierungstest: Adaptiert von Wahser (2008)

Im Folgenden siehst du verschiedene Aussagen. Kreuze an, ob es sich bei der Aussage um eine Idee, ein Experiment, eine Beobachtung oder um eine Schlussfolgerung handelt.		Idee	Experiment	Beobachtung	Schlussfolgerung
<i>Bitte kreuze bei jeder Aussage nur ein Kästchen an.</i>					
1	Die Lösung wird erhitzt.				
2	Fettbrände dürfen nie mit Wasser gelöscht werden.				
3	Das Problem konnte gelöst werden.				
4	Je größer etwas ist, desto schwerer ist es.				
5	Die Idee war falsch.				
6	Wie kann man Trinkwasser gewinnen?				
7	Die Substanz brennt mit gelber Flamme.				
8	Die Lösung wird verdampft.				
9	Ich vermute, dass der Würfel im Wasser untergeht.				
10	Die Lösung wird filtriert.				
11	Die Lösung färbt sich pink.				
12	In ein Becherglas werden Milch und Wasser gegeben.				
13	Das Wasser hat eine Temperatur von 25 °C.				
14	Fett wird zu einer Seifenlösung gegeben.				
15	Es entsteht Dampf.				
16	Die Gießkanne ist größer als der Blumentopf.				
17	Das Experiment passt nicht zur Idee.				
18	Vielleicht ist in dem einen Behälter eine andere Flüssigkeit als in dem anderen?				
19	Nicht jedes Feuer kann mit Wasser gelöscht werden.				
20	Die Möhre sinkt im Wassergefäß 1 und schwebt im Wassergefäß 2.				

Fachwissenstest Physik: FWPH

Fachwissenstest Physik: Göbbling (2010)

Du erhältst mehrere Aufgaben zu Physik.

- ★ Zu jeder Aufgabe gibt es 4 Antwortmöglichkeiten.
- ★ Es ist immer nur eine Antwortmöglichkeit richtig.
- ★ Bitte setze rechts neben derjenigen Antwortmöglichkeit die zutrifft dein Kreuz.
- ★ Wenn du eine Frage nicht beantworten kannst, kreuze bitte „weiß ich nicht“ an.

Auf einen Körper können verschiedene Kräfte wirken. Die Kraft F_A , die auf einen Körper wirkt, ist...

1.1	... die Auftriebskraft.	
1.2	... die Gewichtskraft.	
1.3	... die Kraft, die von oben auf die obere Grundfläche eines Körpers drückt.	
1.4	... die Kraft, die von unten auf die untere Grundfläche eines Körpers drückt.	
1.5	Weiß ich nicht.	

Was passiert, wenn man bei einem Körper, den man ins Wasser wirft, sein Volumen (V) verkleinert und die Masse (m) gleich bleibt?

2.1	Die Kraft F_G wird größer.	
2.2	Die Kraft F_G wird kleiner.	
2.3	Die Kraft F_A wird größer.	
2.4	Die Kraft F_A wird kleiner.	
2.5	Weiß ich nicht.	

Was passiert, wenn die Dichte eines Körpers (ρ_K) gleich groß ist wie die Dichte der Flüssigkeit (ρ_{FL}), in die man ihn wirft?

3.1	Die Kraft F_G wird größer als die Kraft F_A .	
3.2	Die Kraft F_G wird genauso groß wie Kraft F_A .	
3.3	Die Kraft F_o wird größer als die Kraft F_u .	
3.4	Die Kraft F_o wird genauso groß wie die Kraft F_u .	
3.5	Weiß ich nicht.	

Was passiert, wenn die Dichte eines Körpers (ρ_K) kleiner ist als die Dichte der Flüssigkeit (ρ_{FL}), in die man ihn wirft?

4.1	... desto größer die Kraft F_G .	
4.2	... desto geringer die Kraft F_G .	
4.3	... desto größer die Kraft F_A .	
4.4	... desto geringer die Kraft F_A .	
4.5	Weiß ich nicht.	

Was passiert, wenn man denselben Körper nacheinander in zwei Behälter mit unterschiedlicher Dichte der Flüssigkeit (ρ_{FL}) wirft? Je größer die Dichte der Flüssigkeit (ρ_{FL}) ist, ...

5.1	... desto größer die Kraft F_G .	
5.2	... desto geringer die Kraft F_G .	
5.3	... desto größer die Kraft F_A .	
5.4	... desto geringer die Kraft F_A .	
5.5	Weiß ich nicht.	

Was ist der Grund dafür, dass ein Körper im Wasser steigt?

6.1	Die Kraft F_A des Körpers ist kleiner als seine Kraft F_G .	
6.2	Die Kraft F_A des Körpers ist genauso groß wie seine Kraft F_G .	
6.3	Die Dichte des Körpers ist kleiner als die Dichte der Flüssigkeit.	
6.4	Die Dichte des Körpers ist gleich der Dichte der Flüssigkeit.	
6.5	Weiß ich nicht.	

Was ist der Grund dafür, dass ein Körper im Wasser schwimmt?

7.1	Die Kraft F_o ist größer als die Kraft F_u .	
7.2	Die Kraft F_o ist genauso groß wie die Kraft F_u .	
7.3	Die Dichte des Körpers ist größer als die Dichte der Flüssigkeit.	
7.4	Die Dichte des Körpers ist gleich der Dichte der Flüssigkeit.	
7.5	Weiß ich nicht.	

Wenn ein Körper im Wasser sinkt, ist...

8.1	... seine Kraft F_A größer als seine Kraft F_G .	
8.2	... seine Kraft F_G größer als seine Kraft F_A .	
8.3	... seine Kraft F_A größer als seine Kraft F_U .	
8.4	... seine Kraft F_G größer als seine Kraft F_U .	
8.5	Weiß ich nicht.	

Würfel A hat ein Volumen von 1000cm^3 und eine Masse von 100g . Würfel B hat ein Volumen von 100cm^3 und eine Masse von 100g . Welche der folgenden Aussagen stimmt?

9.1	Die Dichte des Würfels A ist größer als die Dichte des Würfels B.	
9.2	Die Dichte des Würfels A ist kleiner als die Dichte des Würfels B.	
9.3	Die Kraft F_G des Würfels A ist größer als die Kraft F_G des Würfels B.	
9.4	Die Kraft F_G des Würfels A ist kleiner als die Kraft F_G des Würfels B.	
9.5	Weiß ich nicht.	

Würfel A hat eine Masse von 100g und ein Volumen von 200cm^3 . Würfel B hat eine Masse von 500g und ein Volumen von 200cm^3 . Beide Würfel befinden sich in derselben Flüssigkeit. Welche der folgenden Aussagen stimmt?

10.1	Die Kraft F_G des Würfels A ist größer als die Kraft F_G des Würfels B.	
10.2	Die Kraft F_G des Würfels A ist kleiner als die Kraft F_G des Würfels B.	
10.3	Die Kraft F_A des Würfels A ist größer als die Kraft F_A des Würfels B.	
10.4	Die Kraft F_A des Würfels A ist kleiner als die Kraft F_A des Würfels B.	
10.5	Weiß ich nicht.	

Ein Würfel hat eine Dichte von $\rho_K = 3\text{g/cm}^3$. Er befindet sich in einer Flüssigkeit, die eine Dichte von $\rho_{FL} = 1\text{g/cm}^3$ hat. Welche der folgenden Aussagen stimmt?

11.1	Die Kraft F_G des Würfels ist größer als seine Kraft F_A .	
11.2	Die Kraft F_G des Würfels ist genauso groß wie seine Kraft F_A .	
11.3	Die Kraft F_o ist größer als die Kraft F_u .	
11.4	Die Kraft F_o ist genauso groß wie die Kraft F_u .	
11.5	Weiß ich nicht.	

Ein Würfel hat ein Volumen von 1000cm^3 und eine Dichte von $\rho = 1\text{g/cm}^3$. Eine Kugel hat ein Volumen von 1000cm^3 und eine Dichte von $\rho = 1\text{g/cm}^3$. Beide Körper befinden sich in derselben Flüssigkeit. Welche der folgenden Aussagen stimmt?

12.1	Die Kraft F_G beider Körper ist gleich und die Kraft F_A des Würfels ist kleiner.	
12.2	Die Kraft F_G des Würfels ist kleiner und die Kraft F_A beider Körper ist gleich.	
12.3	Die Kraft F_G beider Körper ist gleich und die Kraft F_A des Würfels ist größer.	
12.4	Kraft F_G beider Körper ist gleich und die Kraft F_A beider Körper ist gleich.	
12.5	Weiß ich nicht.	

Würfel A und B haben ein Volumen von 1000cm^3 und eine Dichte von $\rho_K = 1\text{g/cm}^3$. Würfel A befindet sich in einer Flüssigkeit, die eine Dichte von $\rho_{FL} = 1\text{g/cm}^3$ hat. Würfel B befindet sich in einer Flüssigkeit, die eine Dichte von $\rho_{FL} = 3\text{g/cm}^3$ hat. Welche der folgenden Aussagen stimmt?

13.1	Die Kraft F_A des Würfels A ist größer als die Kraft F_A des Würfels B.	
13.2	Die Kraft F_G des Würfels A ist kleiner als die Kraft F_G des Würfels B.	
13.3	Die Kräfte F_o und F_u des Würfels A sind größer als die Kräfte F_o und F_u des Würfels B.	
13.4	Die Kräfte F_o und F_u des Würfels A sind kleiner als die Kräfte F_o und F_u des Würfels B.	
13.5	Weiß ich nicht.	

Auf einen Würfel A wirken die Kräfte $F_o = 20\text{N}$ und $F_u = 40\text{N}$. Auf einen Würfel B wirken die Kräfte $F_o = 50\text{N}$ und $F_u = 100\text{N}$. Welche der folgenden Aussagen stimmt?

14.1	Die Kräfte F_G des Würfels A ist größer als die Kraft F_G des Würfels B	
14.2	Die Kraft F_G des Würfels A ist kleiner als die Kraft F_G des Würfels B.	
14.3	Die Kraft F_A des Würfels A ist größer als die Kraft F_A des Würfels B	
14.4	Die Kraft F_A des Würfels A ist kleiner als die Kraft F_A des Würfels B.	
14.5	Weiß ich nicht.	

Wann sinkt ein Körper in einer Flüssigkeit mit der Dichte von $\rho = 3\text{g/cm}^3$?

15.1	Wenn die Dichte des Körpers $\rho_K = 1\text{g/cm}^3$ ist.	
15.2	Wenn die Dichte des Körpers $\rho_K = 2\text{g/cm}^3$ ist.	
15.3	Wenn die Dichte des Körpers $\rho_K = 3\text{g/cm}^3$ ist.	
15.4	Wenn die Dichte des Körpers $\rho_K = 4\text{g/cm}^3$ ist.	
15.5	Weiß ich nicht.	

Fragebogen zur aktuellen Motivation: FAM

Fragebogen zur aktuellen Motivation: Adaptiert von Rheinberg et al. (2001)

Prä-Test-Version

Nun wollen wir wissen, wie deine momentane Einstellung zu der beschriebenen Aufgabe ist. Dazu findest du auf dieser Seite Aussagen.		trifft nicht zu trifft zu						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>Kreuze bitte jene Zahl an, die auf dich am besten passt.</i>								
1	Ich mag solche Aufgaben.							
2	Bei der Aufgabe mag ich die Rolle des Wissenschaftlers, der Zusammenhänge entdeckt.							
3	Die Aufgabe ist eine richtige Herausforderung für mich.							
4	Nach dem Lesen der Instruktion erscheint mir die Aufgabe sehr interessant.							
5	Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abschneiden werde.							
6	Ich bin fest entschlossen, mich bei dieser Aufgabe voll anzustrengen.							
7	Bei Aufgaben wie dieser brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß.							
8	Wenn ich die Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Tüchtigkeit sein.							
9	Eine solche Aufgabe würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.							

Post-Test-Version

Nun wollen wir wissen, wie deine momentane Einstellung zu der vergangenen Aufgabe ist. Dazu findest du auf dieser Seite Aussagen.		trifft nicht zu trifft zu						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>Kreuze bitte jene Zahl an, die auf dich am besten passt.</i>								
1	Ich mag solche Aufgaben.							
2	Bei der Aufgabe mag ich die Rolle des Wissenschaftlers, der Zusammenhänge entdeckt.							
3	Die Aufgabe ist eine richtige Herausforderung für mich.							
4	Nach dem Lesen der Instruktion erscheint mir die Aufgabe sehr interessant.							
5	Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abschneiden werde.							
6	Ich bin fest entschlossen, mich bei dieser Aufgabe voll anzustrengen.							
7	Bei Aufgaben wie dieser brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß.							
8	Wenn ich die Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Tüchtigkeit sein.							
9	Eine solche Aufgabe würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.							

Erhebungsinstrumente der Studie zur Adaption des EEST-2 (Kapitel 9)

Strukturierungstest: EEST-3

Im Folgenden werden verschiedene Antworten vorgegeben, um eine bestimmte Frage zu beantworten. Du sollst dir die Fragen und Antworten genau anschauen und die Antworten mit Schulnoten (von 1 = „sehr gut“ bis 6 = „ungenügend“) versehen. Je besser eine Antwort deiner Meinung nach ist, umso besser sollte deine Benotung sein. Selbstverständlich kannst du bei deiner Bewertung die gleiche Schulnote in jeder Aufgabe mehrmals vergeben.



Kreuze bitte für jede Antwort eine Schulnote an.

IDEE

Du hast zwei Gesichtscremes, Creme A und Creme B. Du möchtest herausfinden, welche Creme gegen Pickel wirkt.

Dir fallen dazu folgende Ideen ein, die du experimentell überprüfen möchtest. Bewerte die Ideen mit Noten von 1 bis 6.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
1.1	Idee: Creme A und Creme B wirken unterschiedlich gut gegen Pickel.						
1.2	Idee: Creme A wirkt besser gegen Pickel als Creme B.						
1.3	Idee: Weder Creme A noch Creme B wirkt gut gegen Pickel.						

Du hast verschiedene Muffins gebacken und hast festgestellt, dass Muffins, die du nach einem amerikanischen Rezept gebacken hast, größer sind als die, die du nach einem deutschen Rezept gebacken hast. In einem Experiment möchtest du untersuchen, warum das so ist.

Dir fallen dazu folgende Ideen ein, die du sinnvoll überprüfen möchtest. Bewerte die Ideen mit Noten von 1 bis 6.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
2.1	Idee: Amerikanische Muffins sind größer, weil sie höher und breiter sind als deutsche Muffins.						
2.2	Idee: Amerikanische Muffins sind größer, weil sie größere Luftblasen enthalten als deutsche Muffins.						
2.3	Idee: Amerikanische Muffins sind größer, weil sie schon länger hergestellt werden als deutsche Muffins.						

Du möchtest in einem Experiment untersuchen, ob die Menge an Waschpulver, die du brauchst, um verschmutzte Wäsche zu reinigen davon abhängt wie hart das Wasser ist.

Dir fallen dazu folgende Ideen ein, die du sinnvoll überprüfen möchtest. Bewerte die Ideen mit Noten von 1 bis 6.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
3.1	Idee: Waschpulver reinigt besser in weichem Wasser, weil das Waschpulver selbst schon hart ist.						
3.2	Idee: Waschpulver reinigt besser in weichem Wasser, weil hartes Wasser zu hart zum reinigen ist.						
3.3	Idee: Waschpulver reinigt besser in weichem Wasser, weil es dort besser schäumt als in hartem Wasser.						

Du hast Staub- und Zahnpastaflecken an der Kleidung. Du willst durch Experimente herausfinden, welcher Fleck sich durch warmes Wasser und welcher Fleck sich durch Seife entfernen lässt.

Dir fallen dazu folgende Ideen ein, die du experimentell überprüfen möchtest. Bewerte die Ideen mit Noten von 1 bis 6.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
4.1	Idee: Staub- oder Zahnpastaflecken können entweder durch warmes Wasser oder durch Seife entfernt werden.						
4.2	Idee: Staubflecken können durch warmes Wasser und Zahnpastaflecken durch Seife entfernt werden.						
4.3	Idee: Staubflecken können durch warmes Wasser entfernt werden, Zahnpastaflecken entweder durch warmes Wasser oder durch Seife.						

Du hast Schiffe aus Papier gebaut und möchtest sie möglichst lange auf Wasser fahren lassen. Jemand hat dir gesagt, dass Schiffe länger schwimmen, wenn du Salz in das Wasser kippst, aber du bist nicht sicher ob das stimmt. Dies möchtest du mit Experimenten überprüfen.

Dir fallen dazu folgende Ideen ein, die du experimentell überprüfen möchtest. Bewerte die Ideen mit Noten von 1 bis 6.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
5.1	Idee: Die Schiffe schwimmen auf Wasser, in dem Salz ist.						
5.2	Idee: Die Schiffe schwimmen länger auf Wasser in dem Salz ist, als auf Wasser ohne Salz.						
5.3	Idee: Die Schiffe schwimmen in jedem Wasser.						

Du hast zwei Tafeln Schokolade geschenkt bekommen. Eine weiße und eine dunkle Schokolade. Beide liegen versehentlich eine Weile in der Sonne. Als du sie dort wegholen möchtest, stellst du fest, dass nur eine geschmolzen ist. Du möchtest herausfinden, warum das so ist.

Dir fallen dazu folgende Ideen ein, die du experimentell überprüfen möchtest. Bewerte die Ideen mit Noten von 1 bis 6.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
6.1	Idee: Dunkle Schokolade zieht mehr Sonne an.						
6.2	Idee: Je mehr Kakao in der Schokolade ist, desto schneller schmilzt sie.						
6.3	Idee: Helle Schokolade ist zu hell zum schmelzen.						

Du möchtest eine Radtour machen und hast zwei Fahrräder. Das Rennrad hat dünne Reifen und das Mountainbike hat dicke Reifen. Du möchtest herausfinden, bei welchem Rad du mehr Kraft aufwenden musst, um eine bestimmte Strecke zu fahren. Dazu überlegst du dir Ideen, die du gerne überprüfen möchtest.

Bewerte die Ideen mit Noten von 1 bis 6.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
7.1	Idee: Weder beim Rennrad noch beim Mountainbike benötigt man mehr Kraft.						
7.2	Idee: Für das Rennrad und das Mountainbike muss unterschiedlich viel Kraft aufgewandt werden.						
7.3	Idee: Für das Rennrad muss mehr Kraft aufgewandt werden als für das Mountainbike.						

Experiment

Du möchtest eine Tafel Schokolade möglichst schnell schmelzen, um sie als Soße für ein Eis verwenden zu können. Durch Experimente möchtest du herausfinden, ob Schokolade besonders schnell in der Sonne schmilzt.

Dir fallen folgende Vorgehensweisen ein, um die Idee zu überprüfen. Bewerte die Vorgehensweisen mit Noten von 1 bis 6.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
8.1	Ich lasse eine Tafel Schokolade in der Sonne schmelzen und stoppe die Zeit und lasse eine andere Tafel Schokolade im Raum liegen und stoppe die Zeit.						
8.2	Ich lasse eine Tafel Schokolade in der Sonne liegen und stoppe die Zeit und lasse eine andere Tafel Schokolade in meiner Hand schmelzen und stoppe die Zeit.						
8.3	Ich lasse eine Tafel Schokolade in der Sonne liegen und stoppe die Zeit, danach lasse ich eine andere Tafel Schokolade in der Sonne schmelzen und stoppe auch die Zeit.						

Du möchtest durch Experimente herausfinden, wie die Geschwindigkeit eines Bootes mit der Form und der Größe des Bootes zusammenhängt. Wie gestaltest du deine Experimente?

Dir fallen folgende Vorgehensweisen ein, um die Frage zu beantworten. Bewerte die Vorgehensweisen mit Noten von 1 bis 6.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
9.1	Ich untersuche die Geschwindigkeit bei gleich großen Booten mit verschiedener Form. Dann untersuche ich die Geschwindigkeit bei unterschiedlich großen Booten mit gleicher Form.						
9.2	Ich untersuche die Geschwindigkeit bei verschiedenen Booten, die sich in ihrer Größe und ihrer Form unterscheiden. Aus den Ergebnissen versuche ich Zusammenhänge zu erkennen.						
9.3	Ich untersuche die Geschwindigkeit bei einem großen runden Boot. Dann untersuche ich die Geschwindigkeit bei einem kleinen eckigen Boot.						

Du möchtest durch Experimente herausfinden, ob sich die Raumtemperatur verändert, wenn du die Kühlschranktür offen stehen lässt.

Dir fallen folgende Vorgehensweisen ein, um die Frage zu beantworten. Bewerte die Vorgehensweisen mit Noten von 1 bis 6.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
10.1	Ich messe die Raumtemperatur bei offen stehender Kühlschranktür.						
10.2	Ich messe die Raumtemperatur vor und nach dem Öffnen der Kühlschranktür.						
10.3	Ich messe die Raumtemperatur mehrmals vor dem Öffnen und mehrmals nach dem Öffnen der Kühlschranktür.						

Du möchtest vor einer Fahrradtour deine Idee, dass man mit breiten Fahrradreifen mehr Kraft beim Fahren aufwenden muss als mit schmalen Reifen, experimentell überprüfen.

Dir fallen dazu folgende Vorgehensweisen ein. Bewerte die Vorgehensweisen mit Noten von 1 bis 6.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
11.1	Ich fahre mit zwei unterschiedlichen Rädern, einem Mountainbike und einem Rennrad, fahre mit beiden gleich schnell auf der gleichen Strecke und vergleiche anschließend, welche Fahrt anstrengender war.						
11.2	Ich befrage Fahrradfahrer mit breiten und mit schmalen Reifen, wie schwer es ist, auf ihrem Rad zu fahren.						
11.3	Ich montiere an meinem Fahrrad einmal breite und einmal schmale Reifen, fahre mit beiden gleich schnell auf der gleichen Strecke und messe die benötigte Kraft.						

Du möchtest durch Experimente herausfinden, wie die Stromstärke mit dem Durchmesser und der Länge eines Kupferdrahtes zusammenhängt. (Die Spannung ist dabei in jedem Experiment konstant.) Wie gestaltest du deine Experimente?

Bewerte die folgenden Vorgehensweisen mit Noten von 1 bis 6.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
12.1	Ich messe die Stromstärke bei gleich langen Kupferdrähten mit verschiedenen Durchmessern und dann bei verschieden langen Kupferdrähten mit gleichem Durchmesser.						
12.2	Ich messe die Stromstärke bei verschiedenen Kupferdrähten, die sich in ihrer Länge und ihrem Durchmesser unterscheiden. Aus den Ergebnissen versuche ich Zusammenhänge zu erkennen.						
12.3	Ich messe die Stromstärke bei einem dünnen langen Kupferdraht und dann messe ich die Stromstärke bei einem dicken kurzen Kupferdraht.						

Du hast eine Tüte Gummibären geöffnet und ein paar gegessen. Nach ein paar Tagen möchtest du wieder welche essen und stellst fest, dass sie hart geworden sind. Du überlegst dir, dass das bestimmt daran liegt, dass die Tüte offen war. Wie könntest du dies experimentell überprüfen?

Dir fallen dazu folgende Vorgehensweisen ein. Bewerte die Vorgehensweisen mit Noten von 1 bis 6.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
13.1	Ich lege eine offene Tüte Gummibären in meinen Vorratsschrank und teste, ob die sie nach einer Woche hart sind.						
13.2	Ich lege eine offene Tüte Gummibären in meinen Vorratsschrank und teste, ob die sie nach einer Woche hart sind. Danach öffne ich eine neue Tüte Gummibären, lege sie auch in den Vorratsschrank und teste nach einer Woche, ob sie hart sind.						
13.3	Ich lege eine offene und eine geschlossene Tüte Gummibären in meinen Vorratsschrank und vergleiche nach einer Woche, ob die Gummibären aus der offenen Tüte härter sind.						

Du fragst dich, warum deine schmutzige Wäsche mit Waschpulver und nicht mit Seife gewaschen wird. Du vermutest, dass Flecken besser mit Waschpulver rausgehen. Wie könntest du deine Idee sinnvoll mit Experimenten überprüfen?

Dir fallen dazu folgende Vorgehensweisen ein. Bewerte die Vorgehensweisen mit Noten von 1 bis 6.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
14.1	Ich wasche ein T-Shirt mit Grasflecken mit Seife und ein T-Shirt mit Grasflecken mit Waschpulver und vergleiche das Ergebnis.						
14.2	Ich wasche ein T-Shirt mit Saftflecken mit Seife und ein T-Shirt mit Grasflecken mit Waschpulver und vergleiche das Ergebnis.						
14.3	Ich wasche ein T-Shirt mit Saftflecken mit Waschpulver und ein T-Shirt mit Grasflecken mit Waschpulver und vergleiche das Ergebnis.						

SCHLUSSFOLGERUNG

Du hattest die Idee, dass alle Metalle von Magneten angezogen werden. Nun hast du bei mehreren Experimenten beobachtet, dass das Metall Aluminium nicht von Magneten angezogen wird. Welche Schlussfolgerung ziehst du daraus?

Dir fallen folgende Schlussfolgerungen ein. Bewerte die Schlussfolgerungen mit Noten von 1 bis 6.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
15.1	Ich bestätige meine Idee. Bei der Durchführung der Experimente habe ich bestimmt nur einen Fehler gemacht.						
15.2	Ich bestätige meine Idee. Nur wenn ich weitere Metalle finde, die so wie Aluminium nicht angezogen werden, ändere ich sie.						
15.3	Ich ändere meine Idee. Die Ergebnisse der Experimente sprechen gegen meine ursprüngliche Idee.						

In einem Experiment solltest du mit hartem, mittlerem und weichem Wasser stark verschmutzte Wäsche waschen, um die Idee zu überprüfen, dass du bei hartem Wasser den geringsten Anteil an Waschpulver benötigst, um die Wäsche sauber zu bekommen. Du hast unterschiedliche Experimente durchgeführt und herausgefunden, dass du bei Wäsche, die mit weichem Wasser gewaschen wurde den geringsten Verbrauch an Waschpulver hattest und bei Wäsche die mit hartem Wasser gewaschen wurde den höchsten Verbrauch hattest. Welche Schlussfolgerung ziehst du daraus?

Dir fallen folgende Schlussfolgerungen ein. Bewerte die Schlussfolgerungen mit Noten von 1 bis 6.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
16.1	Ich bestätige meine Idee. Die Ergebnisse meines Experimentes sprechen dafür.						
16.2	Ich bestätige meine Idee. Ich habe bestimmt nur einen Fehler beim Experimentieren gemacht.						
16.3	Ich ändere meine Idee. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass meine Idee nicht stimmte.						

Du möchtest folgende Idee experimentell überprüfen: „Je mehr Daten man auf einen Rohling brennt, desto schwerer wird er“. Dazu nimmst du je zwei Rohlinge von je einer Marke. Auf jeden einer Marke speicherst du 500MB und auf den jeweils anderen 1000MB. Du stellst fest, dass nach der Speicherung die Rohlinge der ersten Marke 15Gramm wiegen und die der zweiten Marke 15,2Gramm. Welche Schlussfolgerung ziehst du daraus?

Dir fallen folgende Schlussfolgerungen ein. Bewerte die Schlussfolgerungen mit Noten von 1 bis 6.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
17.1	Ich bestätige meine Idee. Die Rohlinge sind unterschiedlich schwer.						
17.2	Ich ändere meine Idee, weil sich das Gewicht bei den Rohlingen nicht ändert, wenn eine größere Datenmenge gespeichert wird.						
17.3	Ich bestätige meine Idee. Die Rohlinge der ersten Marke sind schwerer als die Rohlinge der zweiten Marke.						

Du hast die Idee, dass Natron ein besseres Backtriebmittel ist als Backpulver. In einem Teig hast du Natron, in einem anderen Teig hast du Backpulver verwendet und hast darauf geachtet, dass du in jeden Kuchenteig aber die gleiche Menge Backtriebmittel verwendest. Deine Ergebnisse zeigen, dass der Kuchen aus Teig mit Backpulver kleiner ist als der Kuchen mit Natron. Welche Schlussfolgerung ziehst du daraus?

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
18.1	Ich bestätige meine Idee. Die Ergebnisse meines Experimentes sprechen dafür.						
18.2	Ich bestätige meine Idee. Nur wenn ich herausfinde, dass bei größeren Mengen Backtriebmittel die Kuchen gleichgroß sind, ändere ich meine Idee.						
18.3	Ich ändere meine Idee. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass meine Idee nicht stimmt.						

Du hast gelesen, dass man Zitronensaft als Geheimtinte verwenden kann. Mithilfe einer Kerze kann man das Geschriebene später sichtbar machen. Du hast deine Idee, dass wenn man wenig Saft nimmt, die Geheimschrift besser lesbar ist, getestet. Es zeigt sich, dass bei wenig Saft die Schrift nicht gut lesbar ist, bei mittel viel Saft die Schrift gut lesbar ist und bei viel Saft die Schrift sehr gut lesbar ist.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
19.1	Ich bestätige meine Idee. Die Ergebnisse meines Experimentes sprechen dafür.						
19.2	Ich bestätige meine Idee. Ich habe bestimmt nur einen Fehler beim Experimentieren gemacht.						
19.3	Ich ändere meine Idee. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass meine Idee nicht stimmte.						

Im Chemieunterricht wollt ihr die Idee überprüfen, dass je mehr Brausebonbons in Limonade geworfen werden, die Menge im Glas umso mehr steigt. Dazu werden drei Gläser mit der gleichen Menge an Limonade gefüllt. In das erste Glas wird ein Bonbon getan, in das zweite Glas zwei Bonbons und in das dritte Glas drei Bonbons. Du kannst beobachten, dass die Limonade beim ersten Glas 22cm steigt, beim zweiten Glas 23cm und beim dritten Glas 22cm. Welche Schlussfolgerung ziehst du daraus?

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
20.1	Ich ändere meine Idee. Es macht keinen Unterschied wie viele Bonbons in die Limonade getan werden.						
20.2	Ich bestätige meine Idee. Wir haben sicherlich einen Fehler bei der Durchführung des Experiments gemacht.						
20.3	Ich ändere meine Idee weil die Ergebnisse gezeigt haben, dass das Ergebnis nicht mit ihr übereinstimmt.						

Du hast die Idee, dass *Milch mit wenig Fett länger haltbar ist, als Milch mit viel Fett*. Dazu stellst du einen Becher Milch mit viel Fett und einen Becher Milch mit wenig Fett in die Sonne und beobachtest, wann die Milch klumpig wird. Du führst drei Tests durch. Im ersten Test stellst du fest, dass beide Milcharten nach 45 Minuten klumpig werden. Im zweiten Test wird die Milch mit viel Fett nach 43 Minuten klumpig und die mit wenig Fett nach 42 Minuten. Im dritten Test stellst du fest, dass die Milch mit viel Fett 43 Minuten haltbar ist und die mit wenig Fett 44 Minuten lang. Welche Schlussfolgerung ziehst du daraus?

Dir fallen folgende Schlussfolgerungen ein. Bewerte die Schlussfolgerungen mit Noten von 1 bis 6.

		Noten					
		1	2	3	4	5	6
21.1	Ich bestätige meine Idee. Die Ergebnisse zeigen, dass die Milch mit wenig Fett im Test drei länger haltbar ist.						
21.2	Ich bestätige meine Idee, weil Milch mit viel Fett unter einer Stunde haltbar ist.						
21.3	Ich ändere meine Idee. Die Ergebnisse zeigen, dass die Milch mit wenig Fett nur im Test 3 länger haltbar war.						

Strukturierungstest 2: Struk2

Strukturierungstest 2: Adaptiert von Wahser (2008)

Nun möchten wir wissen, wie du beim Experimentieren vorgehst.

Bitte lies dir die folgenden Aufgaben aufmerksam durch. Kreuze dann jeweils an, ob du zustimmst („stimmt“) oder ablehnst („stimmt nicht“).

Welche der folgenden Aussagen ist / sind richtig?		Stimmt	Stimmt nicht
1.1	Bei einem Experiment können nur Ergebnisse herauskommen, die ich erwarte.		
1.2	Vor der Durchführung eines Experiments muss ich eine Schlussfolgerung formulieren.		
1.3	Vor der Durchführung eines Experiments muss ich überlegen, welche Beobachtungen ich erwarte.		
1.4	Eine Idee kann ich einfach durch experimentelles Ausprobieren lösen.		

Um ein Problem lösen zu können, muss ich folgende Reihenfolge einhalten:		Stimmt	Stimmt nicht
2.1	Schlussfolgerung → Experiment → Idee		
2.2	Idee → Experiment → Schlussfolgerung		
2.3	Experiment → Idee → Schlussfolgerung		
2.4	Experiment → Schlussfolgerung → Idee		

Welche der folgenden Aussagen ist / sind richtig?		Stimmt	Stimmt nicht
3.1	Eine naturwissenschaftliche Idee muss durch ein Experiment überprüft werden können.		
3.2	Anhand einer Idee kann ich eine Schlussfolgerung formulieren.		
3.3	Anhand eines Experiments kann ich eine Schlussfolgerung formulieren.		
3.4	Die Beobachtung eines Experiments zeigt, ob die Idee richtig oder falsch war.		

Wenn ich mir nicht sicher bin, dass ich ein Experiment richtig durchgeführt habe...		Stimmt	Stimmt nicht
4.1	... gehe ich davon aus, dass die Idee richtig war.		
4.2	... gehe ich davon aus, dass ich das Experiment falsch durchgeführt habe.		
4.3	... frage ich einen Experten um Rat.		
4.4	... formuliere ich eine zur Idee passende Schlussfolgerung.		

Zeigt ein Experiment ein unerwartetes Ergebnis, obwohl das Experiment richtig durchgeführt wurde...		Stimmt	Stimmt nicht
5.1	... war die Idee falsch.		
5.2	... muss das Experiment wiederholt werden.		
5.3	... war die Beobachtung falsch.		
5.4	... ist die Schlussfolgerung falsch.		

Welche der folgenden Aussagen ist / sind richtig?		Stimmt	Stimmt nicht
6.1	Ich kann ein naturwissenschaftliches Problem lösen, ohne zu experimentieren.		
6.2	Bei einem Experiment muss man nicht unbedingt eine Beobachtung machen können.		
6.3	Eine Beobachtung muss zu der Idee passen.		
6.4	Ein Experiment muss sich nicht auf eine Idee beziehen.		

Die Ergebnisse des Experiments zeigen, ...		Stimmt	Stimmt nicht
7.1	... ob die Idee richtig oder falsch war.		
7.2	... ob das Experiment wiederholt werden muss.		
7.3	... ob die Beobachtung falsch war.		
7.4	... ob die Schlussfolgerung falsch war.		

Welche der folgenden Aussagen ist / sind richtig?		Stimmt	Stimmt nicht
8.1	Eine Schlussfolgerung kann ohne die Beobachtung eines Experiments gezogen werden.		
8.2	Die Lösung eines Problems wird mit einer Schlussfolgerung abgeschlossen.		
8.3	In der Schlussfolgerung wird das durchgeführte Experiment beschrieben.		
8.4	Die Schlussfolgerung gibt an, ob die Idee bestätigt wurde oder nicht.		

Es ist wichtig, dass ein Experiment richtig durchgeführt wird, ...		Stimmt	Stimmt nicht
9.1	... weil ich sonst keine Beobachtungen machen kann.		
9.2	... weil ich sonst keine Schlussfolgerung formulieren kann.		
9.3	... weil ich sonst ein anderes Problem löse.		
9.4	... weil ich sonst ein falsches Ergebnis erhalte.		

Erhebungsinstrumente der Studie zu Fördermöglichkeiten im Regelunterricht (Kapitel 10)

Lehrerfragebogen

Persönliche Angaben	
Alter	
Geschlecht	

Angaben zur beruflichen Situation	
Berufserfahrung in Jahren	
Unterrichts-fächer	
Studienfach/-fächer	
Studienort	

Feedback

Wo sehen Sie Verbesserungsmöglichkeiten im Einsatz der Lernumgebungen im Schulalltag (außer, dass eine Doppelstunde zu kurz ist)?

Denken Sie, dass die Lernumgebungen sinnvoll für den Einsatz im Schulalltag sind?

Haben Sie das Ziel „naturwissenschaftliche Arbeitsweisen zu vermitteln“ mit der 2. Klasse umsetzen können?

Denken Sie, dass der 3-Schritt für die Schülerinnen und Schüler sinnvoll ist, um naturwissenschaftliche Arbeitsweisen zu erlernen?

Konnten Sie durch die Fortbildungsveranstaltung Dinge hinzulernen, die für Ihren Berufsalltag nützlich sind? Welche?

Wo lagen in der Vorbereitung der beiden Unterrichtsstunden Unterschiede?

Weitere Anmerkungen:

Beobachtungsinstrument für Klasse 1

Eigenerstellung + Einblicknahme in die Lehr-Lernsituation (ELL): Helmke (2009)

Beobachtungsbogen Klasse 1					
Schule		Klasse		Schülerzahl	Ist:
Evaluator		Datum			Soll:
Thema					

Bitte schätzen Sie ein, ob und in welcher Intensität die folgenden Qualitätsmerkmale in der besuchten Unterrichtsstunde vorkommen.

Bitte beachten Sie: nicht alle Qualitätsmerkmale können und müssen in der Stunde vorkommen!

1) Wie lautet der Arbeitsauftrag / Zielsetzung der Unterrichtsstunde?

2) Wie verläuft die Einführung? Thema?

Beginn Einführung (Zeit): _____

Ende Einführung (Zeit): _____

3) Welche Art von Materialien werden genutzt um den SuS naturwissenschaftliche Arbeitsweisen beizubringen?

4a) Welchen Stellenwert haben Experimente

	Trifft zu
Füllen die Stunde voll aus	
Füllen $\frac{3}{4}$ der Stunde aus	
Füllen die Hälfte der Stunde aus	
Füllen $\frac{1}{4}$ der Stunde aus	
Füllen weniger als $\frac{1}{4}$ der Stunde aus	

4b) Welche Art von Experimenten?

5) Zeiteinteilungen

	Minuten
Einzelarbeit	
Partnerarbeit	
Gruppenarbeit	
Arbeit im Plenum	

6) Arbeit am PC im Lab:

a) Wie lange experimentieren die SuS am PC? _____

b) Werden hier weitere Erklärungen zu abgegeben? Welche?

7) Arbeit an realen Experimenten:

a) Wie lange experimentieren die SuS an Experimenten? Welchen?

b) Werden hier weitere Erklärungen zu abgegeben? Welche?

8) Wie ist die Stunde aufgebaut? (z.B. 10 Minuten Einführung, Arbeiten an realen Experimenten, danach an Computerbasierten; Hauptsächlich Gruppenarbeit/Lehrervortrag; Ergebnissicherung...):

9) Spezifisches	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu	Nicht beurteilbar	Anmerkungen
1. Die Lehrperson gibt eine Einführung in die heutige Doppelstunde.						
2. Die Lehrperson verdeutlicht, dass der Fokus der heutigen Stunde im Erlernen von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen liegt.						
3. Die Lehrperson bietet den SuS Gelegenheit, selbst aktiv zu experimentieren.						
4. Die Lehrperson lässt die SuS eigenständig mit Mess- und Experimentalgeräten arbeiten.						
5. Die Lehrperson fordert die SuS auf, sich selbst Ziele für ein Experiment zu setzen (z.B. Aufstellen von Hypothesen...)						
6. Die Lehrperson erklärt den 3-Schritt (Idee → Experiment → Schlussfolgerung).						
7. Die Lehrperson lässt die SuS ein experimentelles Design planen / entwerfen, mit dem Ziel, dass die SuS es selbst umsetzen.						
8. Die Lehrperson lässt die SuS selbst ein Experiment aufbauen.						
9. Die Lehrperson beauftragt die SuS mit der Beobachtung eines Experiments.						
10. Die Lehrperson lässt die SuS Ergebnisse aus Experimenten protokollieren.						
11. Die Lehrperson gibt den SuS die Möglichkeit, das im Experiment gewonnene Ergebnis selbst zu bewerten.						
12. Die Lehrperson verdeutlicht die Relevanz des Unterrichtsthemas.						
13. Die Lehrperson knüpft an das alltägliche Begriffsverständnis an, wenn sie naturwissenschaftliche Phänomene erklärt.						
10) Klassenmanagement	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu	Nicht beurteilbar	Anmerkungen
1. Die Zeit wird für Lernen genutzt.						
2. Die Lehrperson hat den Überblick über SuSaktivitäten.						
3. Die SuSäußerungen sind gut verstehbar.						
4. Der Unterricht ist störungsfrei.						
11) Lernförderliches Klima, Motivierung	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu	Nicht beurteilbar	Anmerkungen
1. Der Umgangston zwischen Lehrperson und SuS ist wertschätzend.						
2. Der Umgangston zwischen SuS ist freundlich.						
3. Die Lernsituation ist entspannt.						
4. Die Lehrperson geht mit Schülerfehlern verständnisvoll um.						
5. Die Lehrperson geht mit Schülerfehlern so um, dass sie eine Lernchance darstellen.						
6. Die Wartezeiten (nach Fragen) sind ausreichend.						
7. Die Wartezeiten (nach verbesserbaren Antworten) sind ausreichend.						
8. Es gibt Verknüpfungen mit Erfahrungen aus der Lebenswelt.						

9. Es werden Hinweise auf die Wichtigkeit des Lernstoffs für die Zukunft gegeben.						
10. Die Lehrperson gibt differenzierte Rückmeldungen.						
12) Strukturierung, Konsolidierung	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu	Nicht beurteilbar	Anmerkungen
1. Die Schwerpunkte des Lernens werden ausdrücklich thematisiert.						
2. Der Lernstoff wird strukturiert.						
3. Die Lehrperson drückt sich sprachlich prägnant aus.						
4. Die SuS drücken sich sprachlich prägnant aus.						
5. Der Zusammenhang mit bisher Gelerntem wird angesprochen.						
6. Es finden Übungsphasen statt.						
7. Das Gelernte wird auf neue Fragestellungen übertragen.						
13) Aktivierung	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu	Nicht beurteilbar	Anmerkungen
1. Das Verhalten der SuS lässt erkennen, dass mehrere Lösungswege in Frage kommen.						
2. Die SuS sind aufmerksam, aktiv und engagiert.						
3. Die SuS kontrollieren oder bearbeiten ihre Arbeitsergebnisse.						
4. Die SuS nehmen zum eigenen Lernen Stellung.						
5. Die SuS praktizieren Formen des selbstregulierten Lernens.						
6. Der Unterricht eröffnet Freiräume.						
7. Die SuS gestalten den Unterricht aktiv mit.						
8. Die SuS zeigen in den Lehr- und Lernsituationen methodische Kompetenzen.						
9. Die Lehrperson ist um eine breite Beteiligung bemüht.						
14) Differenzierung	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu	Nicht beurteilbar	Anmerkungen
1. Die Lernarrangements (Medien, Material, Organisationsformen) ermöglichen individuelles Lernen.						
2. Die SuS wählen zwischen unterschiedlichen <i>Aufgaben, Medien oder Lernwegen</i> (je nach Interesse, Lernpräferenz oder Vorkenntnissen).						
3. Die Lehrperson ist bemüht sicherzustellen, dass alle SuS den Unterrichtsinhalten folgen können.						
4. Es wird ein Helfersystem (tutorielles Lernen, Helferprinzip, „Lernen durch Lehren“) praktiziert.						
5. Die SuS können phasenweise in individuellem <i>Tempo</i> lernen.						

15) Selbstständiges Lernen	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu	Nicht bewertbar	Anmerkungen
1. Die SuS haben Gelegenheit, fachliche und/oder methodische Kompetenzen zu erwerben bzw. zu erproben.						
2. Die SuS haben Gelegenheit, Medienkompetenz zu erwerben bzw. zu erproben.						
3. Die SuS haben Gelegenheit, personale und/oder soziale Kompetenzen zu erwerben bzw. zu erproben.						
4. Die SuS haben Gelegenheit, personale und/oder soziale Kompetenzen zu erwerben bzw. zu erproben.						
16) Individuelle Unterstützung	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu	Nicht bewertbar	Anmerkungen
1. Die Lehrperson gibt Hilfestellung, wenn SuS etwas nicht verstehen oder können						
2. Die Lehrperson achtet nicht nur auf Leistungsergebnisse, sondern auch auf Lernerfolge und Lernschwierigkeiten.						
3. Die Lehrperson stellt unterschiedliche Aufgaben je nach Können der SuS.						
4. Fehler der SuS werden konstruktiv für das Lernen genutzt.						
17) Nutzung der Lernzeit	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	Trifft eher zu	Trifft zu	Nicht bewertbar	Anmerkungen
1. Es gibt keinen Zeitverlust zu Beginn, während oder am Ende der Unterrichtseinheit.						
2. Die SuS arbeiten konzentriert und aufgabenorientiert.						
3. Die Lehrperson steht für Fragen und Beratung zur Verfügung; sie fängt unterschiedliche Bearbeitungszeiten der SuS mit zielführenden Impulsen auf.						

Bitte ankreuzen (ggf. mehrfach) was im Unterricht beobachtet wurde:

18) Realisierte Sozialformen:

<input type="checkbox"/> Plenumsunterricht	<input type="checkbox"/> Gruppenarbeit	<input type="checkbox"/> Partnerarbeit	<input type="checkbox"/> Einzelarbeit
--	--	--	---------------------------------------

19) Nutzung neuer Medien:

<input type="checkbox"/> Internet, Email	<input type="checkbox"/> PC-Programme
--	---------------------------------------

20) Offene Unterrichtsformen:

<input type="checkbox"/> Planarbeit	<input type="checkbox"/> Stationenlernen	<input type="checkbox"/> Projektarbeit	<input type="checkbox"/> Sonstige (Freiarbeit...)
-------------------------------------	--	--	---

21) Wenn Plenumsunterricht: Anteil der Schülersprechzeit an gesamter Sprechzeit:

<input type="checkbox"/> < 25%	<input type="checkbox"/> 25 – 50%	<input type="checkbox"/> 51 – 75%	<input type="checkbox"/> 76 – 100%
--------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------

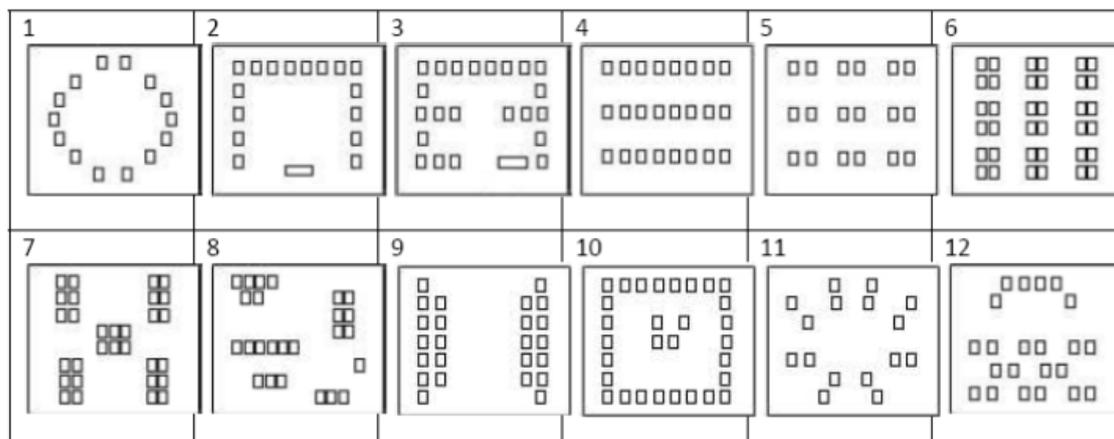
22) Eingesetzte Arbeitsmittel / Medien:

1. Fachrequisiten, Demonstrationsgegenstände, Modelle, Taschenrechner, Karten
2. Computer für Filmpräsentationen, DVD, Video
3. Audiomedien
4. Computer als Arbeitsmedium
5. Lehrbuch, Arbeitsblätter
6. Tafel, OHP
7. Demonstrationsexperimente (welche: _____)
8. Schülerexperimente (welche: _____)

23) Redeanteil der Lehrkraft in der beobachteten Unterrichtssequenz ist funktional:

% des Redeanteils		
zu niedrig	angemessen	zu hoch

24) Sitzordnung



25) Weitere Anmerkungen / Auffälligkeiten:

Beobachtungsinstrument für Klasse 2

Eigenerstellung

Beobachtungsbogen Klasse 2					
Schule		Klasse		Schülerzahl	Ist:
Evaluator		Datum			Soll:
Thema					

Bitte schätzen Sie ein, ob und in welcher Intensität die folgenden Qualitätsmerkmale in der besuchten Unterrichtsstunde vorkommen.

Bitte beachten Sie: nicht alle Qualitätsmerkmale können und müssen in der Stunde vorkommen!

1) Wie lautet der Arbeitsauftrag / Zielsetzung der Unterrichtsstunde?

2) Wie verläuft die Einführung? Thema?

Beginn Einführung (Zeit): _____

Ende Einführung (Zeit): _____

3a) Arbeit am PC

- Vor den Interaktionsboxen Beginn (Zeit):
- Nach den Interaktionsboxen Ende (Zeit):
- Als Präsentation der Lehrkraft
- Als Arbeit in 2er Gruppen
- Als Arbeit in 3er Gruppen
- Als Arbeit in größeren Gruppen

3b) Arbeit an Interaktionsboxen

- Vor den Interaktionsboxen Beginn (Zeit):
- Nach den Interaktionsboxen Ende (Zeit):
- Als Präsentation der Lehrkraft
- Als Arbeit in 2er Gruppen
- Als Arbeit in 3er Gruppen
- Als Arbeit in größeren Gruppen

4a) Welchen Stellenwert haben die Interaktionsboxen im Unterricht?

	Trifft zu
Füllen die Stunde voll aus	
Füllen $\frac{3}{4}$ der Stunde aus	
Füllen die Hälfte der Stunde aus	
Füllen $\frac{1}{4}$ der Stunde aus	
Füllen weniger als $\frac{1}{4}$ der Stunde aus	

4b) Welchen Stellenwert haben die Computerlernumgebungen im Unterricht?

	Trifft zu
Füllen die Stunde voll aus	
Füllen $\frac{3}{4}$ der Stunde aus	
Füllen die Hälfte der Stunde aus	
Füllen $\frac{1}{4}$ der Stunde aus	
Füllen weniger als $\frac{1}{4}$ der Stunde aus	

5) Zeiteinteilungen

	Minuten
Einzelarbeit	
Partnerarbeit	
Gruppenarbeit	
Arbeit im Plenum	

6) Arbeit am PC im Lab:

a) Wie lange experimentieren die SuS am PC? _____

b) Werden hier weitere Erklärungen zu abgegeben? Welche?

7) Arbeit an realen Experimenten:

a) Wie lange experimentieren die SuS an Experimenten? Welchen?

b) Werden hier weitere Erklärungen zu abgegeben? Welche?

8) Wie ist die Stunde aufgebaut? (z.B. 10 Minuten Einführung, Arbeiten an realen Experimenten, danach an Computerbasierten; Hauptsächlich Gruppenarbeit/Lehrervortrag; Ergebnissicherung...):

Die restlichen vier Seiten, auf welchen der ELL (Helmke, 2009) dargestellt ist, werden an dieser Stelle nicht aufgeführt, da sie identisch denen des Beobachtungsinstrumentes der Klasse 1 sind.

Anhang B: Hilfsmaterialien Lernumgebungen

Informationskarte der computerbasierten Lernumgebung *Auftrieb in Flüssigkeiten*

Hier noch einmal mein Auftrag:
Finde so viel wie möglich darüber heraus, wovon es abhängt, ob ein Körper im Wasser sinkt, schwimmt oder steigt.



Zur Orientierung ein paar Hilfen

Finde heraus:

1. Welchen Einfluss hat die Größe des Körpers darauf, ob er im Wasser sinkt, schwimmt oder steigt?
2. Welchen Einfluss haben die Auftriebskraft (F_A) und die Gewichtskraft (F_G) eines Körpers darauf, ob der Körper a) sinkt, b) schwimmt oder c) steigt?
3. Was beeinflusst die Dichte eines Körpers?
Welchen Einfluss haben die Dichte des Körpers und Dichte der Flüssigkeit darauf, ob der Körper a) sinkt, b) schwimmt bzw. c) steigt?

Glossar

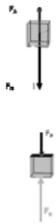
Dichte
Die Dichte (Symbol: ρ) beschreibt eine Eigenschaft von Stoffen. Man kann sie berechnen indem man die Masse eines Stoffes durch das Volumen dieses Stoffes teilt.
Die Dichte eines Körpers wird mit ρ_K bezeichnet.
Die im Labor eingesetzten Körper haben unterschiedliche Dichten.
Die Dichte einer Flüssigkeit wird mit ρ_F bezeichnet.
Die im Labor eingesetzten Flüssigkeiten (Süßwasser und Salzwasser) haben unterschiedliche Dichten.

Kraft F_A
Die *Auftriebskraft* F_A auf den Körper in einer Flüssigkeit ist nach oben gerichtet. Kräfte werden in der Maßeinheit Newton (N) angegeben.

Kraft F_G
Die *Gewichtskraft* F_G , die auf den Körper wirkt, ist stets nach unten gerichtet. Kräfte werden in der Maßeinheit Newton (N) angegeben.

Kraft F_o
Die Kraft F_o , die in einer Flüssigkeit *von oben* auf die obere Grundfläche eines Körpers wirkt, wird von der Flüssigkeit über dem Körper ausgeübt. Der blaue Pfeil im Kraftmesser am Gefäßrand zeigt diese Kraft an. Kräfte werden in der Maßeinheit Newton (N) angegeben.

Kraft F_u
Die Kraft F_u , die in einer Flüssigkeit *von unten* auf die untere Grundfläche eines Körpers wirkt, wird von der Flüssigkeit unter dem Körper ausgeübt. Der grüne Pfeil im Kraftmesser am Gefäßrand zeigt diese Kraft an. Kräfte werden in der Maßeinheit Newton (N) angegeben.



Informationskarte der realen Lernumgebung *Auftrieb in Flüssigkeiten*

Hier noch einmal mein Auftrag:
Finde so viel wie möglich darüber heraus, wovon es abhängt, ob ein Körper im Wasser sinkt, schwimmt oder steigt.



Zur Orientierung ein paar Hilfen

Finde heraus:

1. Welchen Einfluss hat die Größe des Körpers darauf, ob er im Wasser sinkt, schwimmt oder steigt?
2. Welchen Einfluss haben die Auftriebskraft (F_A) und die Gewichtskraft (F_G) eines Körpers darauf, ob der Körper a) sinkt, b) schwimmt oder c) steigt?
3. Was beeinflusst die Dichte eines Körpers?
Welchen Einfluss haben die Dichte des Körpers und Dichte der Flüssigkeit darauf, ob der Körper a) sinkt, b) schwimmt bzw. c) steigt?

Bevor ihr die 12 Körper ins Wasser werft müsst ihr einige Dinge beachten:

- Werft immer nur einen Körper ins Wasser!
- Bringt den Körper mit der Hand in die Mitte des Behälters und dreht in einmal um seine Achse, damit die Wasserblasen, die sich unten bilden, verschwinden.
- Lasst den Körper in der Mitte des Behälters los und achtet darauf, was geschieht:
Sinkt der Körper direkt, steigt er direkt oder bleibt er zunächst „unentschlössen“ bzw. schwimmt der Körper im Wasser?
- Wir arbeiten mit destilliertem Wasser, weil der Kalkgehalt, die Wassertemperatur, das Salzgehalt und Verunreinigungen des Wassers die Dichte des Wassers beeinflussen!



Glossar

Dichte
Die Dichte (Symbol: ρ) beschreibt eine Eigenschaft von Stoffen. Man kann sie berechnen indem man die Masse eines Stoffes durch das Volumen dieses Stoffes teilt.
Die Dichte eines Körpers wird mit ρ_K bezeichnet.
Die im Labor eingesetzten Körper haben unterschiedliche Dichten.
Die Dichte einer Flüssigkeit wird mit ρ_F bezeichnet.
Die im Labor eingesetzten Flüssigkeiten (Süßwasser und Salzwasser) haben unterschiedliche Dichten.

Kraft F_A
Die *Auftriebskraft* F_A auf den Körper in einer Flüssigkeit ist nach oben gerichtet. Kräfte werden in der Maßeinheit Newton (N) angegeben.

Kraft F_G
Die *Gewichtskraft* F_G , die auf den Körper wirkt, ist stets nach unten gerichtet. Kräfte werden in der Maßeinheit Newton (N) angegeben.

Kraft F_o
Die Kraft F_o , die in einer Flüssigkeit *von oben* auf die obere Grundfläche eines Körpers wirkt, wird von der Flüssigkeit über dem Körper ausgeübt. Der blaue Pfeil im Kraftmesser am Gefäßrand zeigt diese Kraft an. Kräfte werden in der Maßeinheit Newton (N) angegeben.

Kraft F_u
Die Kraft F_u , die in einer Flüssigkeit *von unten* auf die untere Grundfläche eines Körpers wirkt, wird von der Flüssigkeit unter dem Körper ausgeübt. Der grüne Pfeil im Kraftmesser am Gefäßrand zeigt diese Kraft an. Kräfte werden in der Maßeinheit Newton (N) angegeben.

