

**Zum Einfluss eines Vorwissensaustausches auf die
Zusammenarbeit von kollaborativ forschenden Schülern**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch – Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität
zu Kiel

Vorgelegt von
Dipl.-Phys. Viktor Senger

Kiel im Sommer 2009

Referent: _____

Korreferent: _____

Tag der mündlichen Prüfung: _____

Zum Druck genehmigt: _____

Der Dekan

Zusammenfassung

Die dieser Arbeit zugrunde liegende Studie untersucht den Einfluss eines Vorwissensaustausches auf den Lernerfolg von kollaborativ forschenden Schülern. Dabei haben Schüler einer Dyade vor ihrer Zusammenarbeit ihre Fachkonzepte unter Ausschluss von dritten ausgetauscht, mit dem Ziel, ihre fachliche Verständigungsebene und damit ihre Kollaboration während der Lerneinheit zu verbessern. In einer quasiexperimentellen Feldstudie, an der 68 Schüler des 11. Jahrgangs von Gymnasien in Schleswig-Holstein teilnahmen, wurde der Einfluss dieser Maßnahme auf den Wissenszuwachs und die Hypothesenanteile der Schülergespräche untersucht. Hierfür wurden Experimental- und Kontrollgruppe mit Hilfe von Vor- und Nachtests sowie Sprachaufnahmen bei einer computergestützten Lerneinheit zum Treibhausmodell verglichen. Es wurden vielversprechende, signifikante Effekte gefunden, wobei tieferegehende Analysen der Gesprächsauswertung nicht konform mit Befunden im internationalen Bereich gehen.

Abstract

This study examines the influence of exchanging prior knowledge towards the learning success of students during collaborative inquiry. This method (PreKnowledgeExchange) enables the students to explore their shared knowledge already before working together. It aims at the students improving their common ground and therefore their collaboration during the learning process. Research concerning the influence of this method towards an increase in the domain knowledge and hypothesis generation, was done during a field study, in which 68 11th graders of a German secondary school in Schleswig-Holstein participated. Experimental and control groups were compared for this by means of pre- and post-tests as well as audio recording material during a computer based greenhouse-simulation. The results were promising and significant, whereas the analysis of the evaluation of the conversations is not corresponding with results taken internationally.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	BILDUNGSPOLITISCHER UND FACHDIDAKTISCHER KONTEXT	6
2.1	Naturwissenschaftliche Grundbildung – Scientific Literacy	6
2.1.1	Umsetzung im Lehrplan – Bildungsstandards	10
2.1.2	Kompetenzen im Physikunterricht	10
2.2	Forschendes Lernen	12
2.3	Kollaboratives Lernen	15
2.3.1	Gruppenarbeitsformen in der Schule	15
2.3.1	Zur Unterrichtsform des kollaborativen forschenden Lernens	19
2.4	Unterrichtsthema Treibhausmodell	21
2.5	Die Rolle des Computers	22
2.5.1	Computer Supported Collaborative Learning (CSCL) & Gesicht-zu-Gesicht Kollaboration	26
3	THEORIE	28
3.1	Modelle zur Beschreibung der Lernprozesse beim forschenden Lernen	28
3.1.1	Das Phasenzklus - Modell	29
3.1.2	Das Extended SDDS - Modell– Scientific Discovery as Dual Search	40
3.1.3	Das Extended SDDS Modell für 2 Schüler	45
3.1.4	Unterstützende Maßnahmen für forschende Schüler	49
3.2	Kollaborationstheorien aus der Psychologie	51
3.2.1	Forschungserkenntnisse und Dimensionen des kollaborativen Lernens	55
3.2.2	Kollaboration beim forschenden Lernen	57
3.2.3	Einfluss der Kommunikation während der Kollaboration	60
3.2.4	Vorwissensaustausch als unterstützende Maßnahme der Kollaboration	63

3.3	Geschlechterunterschiede im Naturwissenschaftlichen Unterricht	66
3.4	Die zentrale Fragestellung dieser Arbeit	70
4	LERNEINHEIT ZUM TREIBHAUSMODELL	73
4.1	Beschreibung der Lerneinheit	73
4.1.2	Simulation zum Treibhausmodell	77
4.1.3	Schülerarbeitsbögen	78
5	METHODE	80
5.1	Zusammenfassung der Forschungsfrage	80
5.2	Design	81
5.1	Stichprobe	82
5.2	Durchführung des Vorwissensaustausches	83
5.3	Instrumente	85
5.3.1	Fachwissenstest zum Treibhausmodell	85
5.3.2	Gesprächsanalyse	87
5.3.3	Personenbezogene Merkmale	90
5.4	Untersuchungsablauf	93
6	ERGEBNISSE	95
6.1	Statistische Analysen	95
6.2	Explorative Datenanalyse	98
6.3	Einfluss des Vorwissensaustausches auf den Wissenszuwachs (H1)	99
6.4	Einfluss des Vorwissensaustausches auf die Hypothesenanteile (H2)	101
6.5	Effekte der personenbezogenen Merkmale	105
7	DISKUSSION	111
8	FORSCHUNGSAUSBLICK & ZUSAMMENFASSUNG	115

8.1	Design eines Vorwissensaustausches	115
8.2	Gesprächsauswertung	116
8.3	Praxisbezug zum Schullalltag	119
9	ZUSAMMENFASSUNG	121
	LITERATURVERZEICHNISS	125
	ANHANG	141

1 Einleitung

Naturwissenschaftliche Erkenntnisse und technische Anwendung bewirken laufend Fortschritte und Änderungen in vielen Bereichen, wie etwa präzisere Methoden für die Bio- und Gentechnologie, neue Verfahren in der Medizin oder Weiterentwicklungen im Umwelt- und Energiesektor.

Die Didaktik der Naturwissenschaften im engeren Sinne befasst sich vor dem Kontext des Zeitgeschehens mit den Bildungsaufgaben, Fachinhalten und Kategorien des Physik-, Chemie und Biologieunterrichtes. Dabei ist im grundlegendsten Sinne ihr oberstes Ziel, den Schüler im Laufe seiner Schulzeit auf unsere von Naturwissenschaft und Technik geprägte Gesellschaft vorzubereiten. Es wird eine Grundbildung angestrebt, durch die er anschlussfähig die auf ihn zukommenden naturwissenschaftlichen Herausforderungen in Beruf und Alltag erkennen, bewerten und beherrschen kann. Die Vorstellung, welche Fähigkeiten eine naturwissenschaftliche Grundbildung beinhalten soll, variiert und wandelt sich mit gesellschaftlichen und technologischen Entwicklungen.

Unsere heutige Auffassung von naturwissenschaftlicher Grundbildung wird durch den Begriff „Scientific Literacy“ geprägt (Gräber et al., 2002). Ziel der naturwissenschaftlichen Grundbildung ist es hiernach, Phänomene erfahrbar zu machen, die Sprache und Historie der Naturwissenschaften zu verstehen, ihre Ergebnisse zu kommunizieren und sich mit ihren spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung sowie deren Grenzen auseinander zu setzen. Der Schüler soll Fähigkeiten entwickeln, die ihn in die Lage versetzen, aktiv an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung teilhaben zu können. Ein wesentlicher Aspekt ist hierbei das theorie- und hypothesengeleitete naturwissenschaftliche Arbeiten, das eine analytische und rationale Betrachtung der Welt ermöglicht (Glaser, Schauble et al., 1992).

Die Methodik des naturwissenschaftlichen Unterrichtes stellt die Frage nach den pädagogischen Wegen, Methoden und Medien, um die angestrebte Grundbildung zu erreichen. Dafür sind verschiedene Unterrichtsformen denkbar, die sich in methodischer Großform, Unterrichtskonzept, Artikulationsschemata, Sozialform und eingesetzten

Medien unterscheiden. Eine Unterrichtsform, welche im Besonderen die Erkenntniskompetenz (selbständiges Experimentieren, Interpretieren von Messdaten, Entwickeln von Modellvorstellungen) sowie Kommunikationskompetenz (Kooperieren in Kleingruppen) anspricht und in diesen Bereichen hohe Lernerfolge zeigt, ist das kollaborative forschende Lernen.

Unterrichtseinheiten zum kollaborativen forschenden Lernen sind eine Form des Entdeckenden Unterrichtes, bei der Schülergruppen selbstreguliert ein ihnen unbekanntes naturwissenschaftliches Phänomen modellieren. In Anlehnung an den Erkenntnisprozess der Naturwissenschaften explorieren sie hierbei zunächst das Themengebiet, recherchieren eigenständig Quellen und versuchen, die für das Phänomen relevanten Parameter zu identifizieren. Nach dieser Orientierung entwickelt die Gruppe ein geeignetes Modell, welches das untersuchte Phänomen in den beobachteten Grenzen beschreibt. Lerneinheiten zum kollaborativen forschenden Lernen sind derart angelegt, dass die Entwicklung solcher Modelle mit auftretenden Hypothesen verbunden ist, die durch eigenständig entwickelte Experimente untersucht werden müssen. Hierbei konstruiert die Gruppe gemeinsam einen ihrer Ansicht nach angemessenen Experimentaufbau, wählt die Versuchsparameter und wertet selbstständig die erhobenen Daten aus. Zum Ende kann eine erfolgreiche Schülergruppe ein gemeinsam entwickeltes Modell präsentieren, welches das untersuchte Phänomen beschreibt.

Das kollaborative forschende Lernen ist auch Gegenstand empirischer Lehr- und Lernforschung. Dieses fachdidaktische Forschungsgebiet setzt sich die Aufgabe, die auftretenden Lern- und Gruppenprozesse besser zu verstehen und Möglichkeiten der gezielten Förderung zu entwickeln. Eine erste Systematisierung unterscheidet zwischen Prozessen, die beim forschenden Lernen auftreten (Orientierung, Hypothesenbildung, Experimentplanung, Datenauswertung, Selbstregulation) und Gruppenprozessen während der Kollaboration (Verbalisierung kognitiver Strukturen, kognitive Konflikte, Kokonstruktion von Wissen, Geteilte Regulation). Dabei orientiert sich der Forschungsbereich an gefestigten fachdidaktischen Modellen, greift grundlegende Erkenntnisse der Entwicklungspsychologie auf und normiert diese auf die Unterrichtssituation des kollaborativen forschenden Lernens.

Die Gruppenprozesse beschreiben die Interaktion zwischen den Schülern während der Zusammenarbeit. Hier wird in Anlehnung an Kollaborationsforschung aus der Entwicklungspsychologie die Stärke verschiedener Indikatoren auf das Lernverhalten untersucht. Typische

Untersuchungsgegenstände sind die Gruppenzusammensetzung (Wissensunterschied, Geschlecht) und der Einfluss von individuellen Eigenschaften wie Kooperationsbereitschaft oder Verbalisierungsfähigkeiten. In ihrer Gesamtheit bestimmen diese Indikatoren die Ausprägung der fachlichen Verständigungsebene (fachliche Intersubjektebene) zwischen den Gruppenteilnehmern. Sie bestimmt während der Zusammenarbeit, wie die Ausdrucksweise und Argumentationsstruktur des Partners interpretiert werden und wie weit eine geteilte Kognition ausgeprägt wird. In den letzten Jahren haben Forschungsvorhaben vermehrt untersucht, ob und wie die Effektivität der Kollaboration direkt durch gezielte Stimulierung der Intersubjektebene gefördert werden kann (Saab, van Joolingen et al., 2007). Aktuelle Diskussionen führen den vielversprechenden Ansatz an, die Fachvorstellungen des einzelnen Schülers transparenter für die Gruppe zu gestalten. Es wird angenommen, dass es für die Kokonstruktion von Wissen förderlich ist, wenn die Schüler einer Gruppe kontextbezogener auf Aussagen ihres Partners eingehen können und die schwierigen Interaktionsphasen der gegenseitigen Orientierung verringern.

Die vorliegende Arbeit ordnet sich in diesen Forschungszweig ein. Die Grundlage bildet der Ansatz, dass die fachliche Verständigungsebene innerhalb einer Gruppe durch neue, im Besonderen kontextbezogene gemeinsame Erfahrungen weiterentwickelt wird. In der Theorie wird aufgezeigt, dass solche Erfahrungen auch vorbereitend für eine Zusammenarbeit ermöglicht werden können und welche Kriterien dabei zu erfüllen sind, um die Kollaboration effektiv und unterrichtstauglich zu unterstützen. Aus Sicht aktueller Forschungserkenntnisse ist bei solchen Vorerfahrungen ein persönlicher Meinungs austausch bezüglich fachkontroverser Inhalte in der kommenden Lerneinheit anzustreben. Umgesetzt wird dies in dieser Studie durch eine Intervention, bei der die Schüler einer Gruppe einige Tage vor der eigentlichen Lerneinheit die Möglichkeit bekommen, ihr Vorwissen auszutauschen. Die Schüler einer Gruppe nehmen hierbei zu den kommenden Fachinhalten Stellung und werden im Gegenzug mit den Ansichten und Ausdrucksformen ihres zukünftigen Partners konfrontiert, die sie bis zur gemeinsamen Unterrichtseinheit reflektieren sollen.

Im Rahmen dieser Studie wird der Einfluss eines Vorwissens austausches auf den Wissenszuwachs der Schüler untersucht und eine in dem Bereich der Kollaborationsforschung zunehmend verwendete Gesprächsanalyse in Bezug auf die Hypothesenanteile durchgeführt.

Das anschließende Kapitel stellt den aktuellen bildungspolitischen und fachdidaktischen Kontext dar. Es beschreibt die heutige Auffassung

naturwissenschaftlicher Grundbildung und positioniert die Unterrichtsform des kollaborativen forschenden Lernens in Bezug auf die Bildungsstandards. Weiterhin wird das forschende Lernen als Lernform in Anlehnung an den Erkenntnisprozess der Naturwissenschaften legitimiert und die Bedeutung der kollaborativen Gruppenarbeit beschrieben.

Das dritte Kapitel legt die theoretischen Grundlagen für den Forschungsgegenstand und begründet die Intervention in Form eines Vorwissensaustausches. Der erste Abschnitt stellt die Unterrichtsform des kollaborativen forschenden Lernens vor und motiviert die Methode vor dem Hintergrund des Curriculums. Anschließend werden die Lernprozesse während des forschenden Lernens dargestellt und konkretisiert, wobei die Rolle der Selbstregulation vertieft wird. Dieser Teil bildet die Grundlage für die Gesprächsanalyse. Der Abschnitt endet mit dem SDDS- Model (Scientific Discovery as Dual Search) zur Beschreibung von forschend lernenden Schülern während der Wissenskonstruktion, aus dem sich auch die erste Motivation für den Vorwissensaustausch ableitet. Der dritte Abschnitt begründet das kollaborative Lernen selbst als Unterstützung der Selbstregulation der Schüler, gibt eine Übersicht über kollaborative Lerntheorien, beschreibt ihren Einfluss auf die Kommunikation innerhalb einer Gruppe und führt die Hypothesenanteile im Gespräch als Indikator für die Kokonstruktion von Wissen an. Diese Betrachtungen bilden die zweite Motivation für den Forschungsgegenstand. Im vierten Abschnitt wird die Rolle des Mediums Computer im Zusammenhang mit dieser Unterrichtsform skizziert. Aufgrund ihres wichtigen Einflusses auf das Lernverhalten von Schülern im naturwissenschaftlichen Unterricht, beschäftigt sich der fünfte Abschnitt mit personenbezogenen Merkmalen. Er bildet den Hintergrund für die weiterführenden Untersuchungen, bei denen die Befunde der Forschungsfragen auf motivationale und geschlechtsspezifische Effekte untersucht werden. Das Kapitel schließt mit der Zusammenfassung der Theorie und den zentralen Fragestellungen dieser Arbeit.

Im vierten Kapitel wird die im Rahmen dieser Studie verwendete Lerneinheit zum Treibhauseffekt vorgestellt. Es beschreibt die Fachinhalte, verwendeten Medien und Schüleraufgabenstellungen.

Das fünfte Kapitel beschreibt die Methode. Der anschließende Ergebnisteil stellt als sechstes Kapitel die Befunde der Varianzanalysen der Fachwissensteste und Gesprächsanalysen dar. Weiterführende Untersuchungen gehen auf die motivationalen Einflüsse und Geschlechtereffekte ein. Die Arbeit schließt im siebten Kapitel mit der Diskussion, die im Besonderen die Umsetzung des

Vorwissensaustausches anspricht und eine Systematik für
weitergehende Forschung vorschlägt.

2 Bildungspolitischer und fachdidaktischer Kontext

Bildungsforschung beschäftigt sich mit Forschungsgegenständen zum Verständnis von etwa Lernprozessen des intentionalen Unterrichts. Ein wichtiges Instrument zur Untersuchung vieler Fragestellungen ist die empirische Studie. Sie untersucht in Bezug auf einen theoretischen Hintergrund unter gewählten Randbedingungen mit angemessenen Methoden hypothesierte Zusammenhänge. Die vorliegende Arbeit ist eine empirische Studie, die den Einfluss eines Vorwissensaustausches auf den Wissenszuwachs und auf verschiedene Gesprächsanteile von Schülern in einer Lernsituation zum kollaborativen forschenden Lernen untersucht. Die Motivation für diesen Forschungsgegenstand wird mit den theoretischen Grundlagen ausführlich in Kapitel 3 dargelegt. Im Vorfeld ist allerdings zunächst darzustellen, welche Rolle die Lernform des kollaborativen forschenden Lernens in Bezug auf aktuelle Bildungspolitik, den Schulalltag und fachdidaktische Forschung einnimmt. Das folgende Kapitel dient zum einen dazu, diese Lernform zu positionieren, sowie grundlegende Begrifflichkeiten zum Verständnis für die späteren, theoretischen Hintergründe einzuführen.

Im ersten Abschnitt wird die heutige Vorstellung von naturwissenschaftlicher Grundbildung und ihre Umsetzung in der Schule im Rahmen der Bildungsstandards aufgezeigt. Vor diesem Hintergrund wird die Unterrichtsform des kollaborativen forschenden Lernens definiert und positioniert. Für spätere Betrachtungen wird es weiterhin zweckmäßig sein, zunächst die Lernform des forschenden Lernens ohne den Rahmen der Gruppenarbeit eingehender zu betrachten. Im zweiten Abschnitt wird daher die Lernform des forschenden Lernens in Anlehnung an den Erkenntnisprozess in den Naturwissenschaften motiviert und ihre Umsetzung in der Schule vorgestellt. Anschließend wird der Begriff des kollaborativen Lernens im schulischen Umfeld als eine Form der Gruppenarbeit dargestellt und seine Verwendung in der Forschung beschrieben. Das in dieser empirischen Studie verwendete Unterrichtsthema motiviert der vierte Abschnitt. Das Kapitel schließt mit Erläuterungen zur Rolle des Computers in diesem Forschungsbereich.

2.1 Naturwissenschaftliche Grundbildung – Scientific Literacy

Die Frage, welche Fähigkeiten eine zeitgemäße, naturwissenschaftliche Grundbildung ausmachen, wird international unter dem Begriff „Scientific Literacy“ diskutiert (Gräber, Nentwig et al., 2002). Sie wird auch als Leitziel für naturwissenschaftliche Grundbildung in Deutschland

angesehen (Fischer, 1998). In dieser Diskussion wird zunächst abgeschätzt, welche naturwissenschaftlichen Fähigkeiten der Mensch in den modernen Industrieländern benötigt, um gegenüber den Anforderungen im Berufs- und Alltagsleben handlungsfähig zu bleiben. Dabei wird dem Abrufen von naturwissenschaftlichem Fachwissen nur eine eingeschränkte Rolle zugewiesen. Die Anforderungen stellen sich vielschichtiger dar. Es wird die Frage diskutiert, in welchen Bereichen gesellschaftlicher und individueller Entwicklung das Verständnis von naturwissenschaftlicher Denk- und Vorgehensweise einen Beitrag leisten sollte. In dieser vielschichtigen Diskussion sind zusätzlich zu den Fachdidaktikern auch etwa Sozialökonominnen und Erziehungswissenschaftler vertreten. Dabei herrscht grundsätzlich Einigkeit über die folgenden Aspekte: Schon aus pragmatischer Sicht benötigen moderne Industrieländer Arbeitskräfte mit naturwissenschaftlicher und technologischer Bildung, um sich wirtschaftlich im internationalen Wettbewerb behaupten zu können. Auf der individuellen Ebene ist grundlegendes naturwissenschaftliches Wissen wichtig, um in Alltagsentscheidungen bezüglich der eigenen Lebensweise auch die naturwissenschaftliche Perspektive zu erkennen und diese dem eigenen Ermessen nach einfließen zu lassen. Weiterhin war und ist die Kenntnis von naturwissenschaftlichen Theorien ein wichtiger Beitrag, um in unserer aufgeklärten Gesellschaft aufkommenden Mystizismen und Obskurantismus erkennen und entgegenzutreten zu können. Nicht zuletzt liegt es in der Verantwortung des demokratischen Bürgers, gesellschaftliche Probleme naturwissenschaftlichen Inhaltes zu verstehen und kritisch zu reflektieren, um an dem politischen Disput und der Entscheidungsfindung teilnehmen zu können.

Die Konkretisierung der Scientific Literacy ist ein sich entwickelnder Prozess, der viele Vorschläge zur Begriffsdefinition hervorgebracht hat. Nach Bybee (1997) etwa kann der Stand naturwissenschaftlicher Grundbildung einer Person in vier Dimensionen beschrieben werden: nominelles Wissen (Assoziation von Fachtermini zu physikalischen Themengebieten/ meist fehlerhafte Vorstellungen, naive Theorien, unvollständiges Verständnis), funktionales Wissen (Faktenwissen/ Begriffsverständnis), konzeptuelles und prozedurales Wissen (umfassenderes Verständnis von Konzepten der Grundlagen naturwissenschaftlicher Disziplinen/ Anwendung von Logik, Evidenz und existierendes Wissen, um Erklärung für naturwissenschaftliche Phänomene konstruieren zu können) sowie multidimensionales Wissen (Verständnis für die Besonderheiten der Naturwissenschaft und deren Abgrenzung zu anderen Disziplinen/ Fähigkeit der naturwissenschaftlichen Reflexion im historischen und sozialen Kontext).

Andere Diskussionsbeiträge wie von Shamos (2002) betonen dagegen, dass weniger das Abrufen von Fachinhalten oder das „Auswendiggelerne“ von speziellen Lösungsstrategien einer naturwissenschaftlichen Grundbildung genüge, sondern die Sensibilisierung und Akzeptanz für den Ablauf von naturwissenschaftlichen Prozessen anzustreben ist. Er zieht dafür das Beispiel heran, dass nicht die Kenntnis um Newtons Gesetze anschlussfähige Grundbildung darstelle, sondern die Fähigkeit, bei der Ursachenbeschreibung eines fallenden Steines zwischen einer wissenschaftlichen Erklärung und einer wissenschaftlichen Definition unterscheiden zu können. Dies sind nur zwei Beiträge dieser Diskussion, die gegeneinander extreme Standpunkte vertreten. Im fachdidaktischen Bereich erlangte Scientific Literacy aktuelle Bedeutung durch seine Verwendung bei der Konstruktion der Testaufgaben für die PISA-Studie. Die im Rahmen der Planung der PISA-Studien entwickelte Begriffsbestimmung beschreibt naturwissenschaftliche Grundbildung pragmatisch in Anlehnung an das Modell von Bybee als "Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betrifft." (PISA, 2002, S.66).

Zusammenfassend lässt sich Scientific Literacy als akzeptiertes Ziel für naturwissenschaftliche Grundbildung beschreiben, dass durch fachbezogene, aber auch fachübergreifende Fähigkeiten beschrieben wird. Ein die Diskussion zusammenfassender Beschreibungsversuch, der hier vertiefend dargestellt wird, ist die Beschreibung von Scientific Literacy als Schnittmenge verschiedener Kompetenzen von Gräber et al. (2002) (Abb. 2.1). Dabei werden zunächst drei Bereiche naturwissenschaftlicher Bildung aufgestellt: Wissen, Handeln und Bewerten. Jeder dieser Bereiche wird durch bestimmte Kompetenzen spezifiziert. Im Bereich des naturwissenschaftlichen Wissens wird unter Sachkompetenz die Kenntnis um Begrifflichkeiten und Konzepte verstanden, die den Gebieten der Biologie, Chemie oder Physik zugeordnet werden, sowie das Verständnis für fachübergreifende Konzepte. Wissenschaftstheoretische Kompetenz steht für die Kenntnis um die Entstehung naturwissenschaftlichen Wissens, also welche Problemstellungen mit welchen Methoden bearbeitet werden, wo die Grenzen dieser liegen und inwiefern die Objektivität dieser Methoden durch andere Einflussfaktoren relativiert werden muss (die Betonung dieses Bereiches wird von Fachdidaktikern wie Bybee am stärksten gefordert). Im Bereich des Handelns steht zu Beginn die Lern- und Denkkompetenz. Sie reflektiert die für jedes Lernen notwendigen

Lernstrategien. Zwar ist dies sicherlich Grundvoraussetzung für jegliche Form der Bildungsaneignung, allerdings können verschiedene Lernstrategien unterschiedliche Bedeutung in dem jeweiligen Fachbereich haben. Soziale und kommunikative Kompetenzen fassen die erforderlichen Fähigkeiten zusammen, um die eigenen naturwissenschaftlichen Anschauungen in angemessenem Umgang mit seiner Umwelt explizieren und kommunizieren zu können. Die vorangehend beschriebenen Bereiche des Wissens und des Handelns dürfen allerdings nicht alleine naturwissenschaftlich geleitetes Vorgehen als Automatismus bestimmen. Der wichtige Bereich des Bewertens setzt sich aus ethischen und ästhetischen Kompetenzen zusammen. Sie sind notwendig, um die Möglichkeiten naturwissenschaftlichen Handelns unter gesellschaftlichen und individuellen Wertevorstellungen, historischen Kontexten und kulturellen Gebräuchen zu reflektieren und in die Entscheidungsfindung einfließen zu lassen. Abschließend ist auch ein Aspekt naturwissenschaftlicher Bildung, ein Empfinden für Ästhetik von fachlichen Gegenständen zu entwickeln, wie etwa eine umständliche von einer eleganten mathematischen Beweisführung unterscheiden zu können.

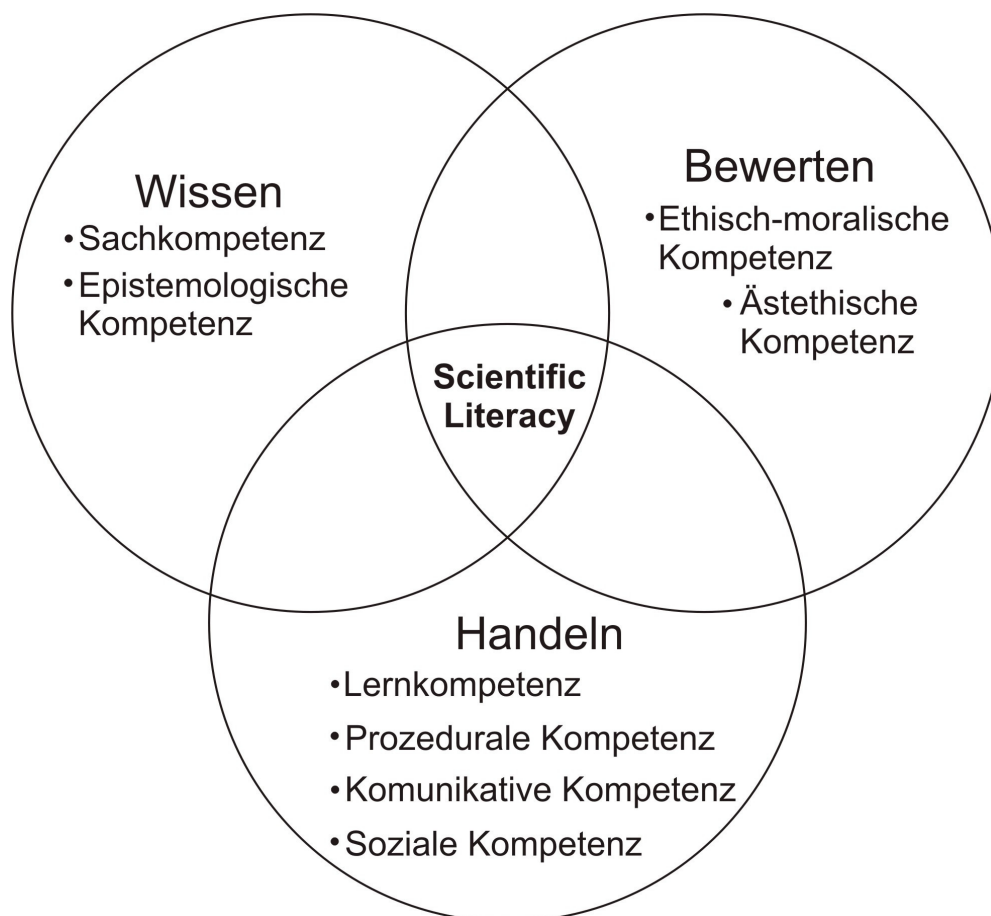


Abb. 2.1 Fähigkeiten zur Beschreibung der Scientific Literacy nach Gräber et al. (2002)

Für den naturwissenschaftlichen Unterricht ergeben sich unter Berücksichtigung der fachdidaktischen Diskussion verschiedene Konsequenzen, die auch bereits Einzug in die Lehrpläne während der Entwicklung der Bildungsstandards gefunden haben.

2.1.1 Umsetzung in den Rahmenplänen – Bildungsstandards

Erkenntnisse aus Studien wie TIMSS zeigten, dass die durch die Rahmenpläne erwünschte Entwicklung naturwissenschaftlicher Fähigkeiten nur teilweise bei den Schülern festgestellt werden kann (Baumert, Lehmann et al., 1997). Mit dem Konstanzer Beschluss im Oktober 1997 legte die Kultusministerkonferenz (KMK) fest, das deutsche Schulsystem im Rahmen wissenschaftlicher Untersuchungen international vergleichbarer zu machen und entwickelte die Bildungsstandards. In dieser Entwicklung fand auch die Diskussion um naturwissenschaftliche Grundbildung und ihre Relevanz für den naturwissenschaftlich orientierten Sachunterricht Einzug (Marquardt-Mau, 2001). Die Bildungsstandards sehen in ihren Bildungs- und Erziehungskonzepten für den naturwissenschaftlichen Unterricht vor, dass Schüler naturwissenschaftliche Kernkompetenzen entwickeln. Auf dem Gymnasium etwa werden Schüler bereits in der Sekundarstufe I angehalten, nach den Ursachen von Erscheinungen in ihrer natürlichen und technischen Umwelt zu fragen, sie gezielt zu beobachten, nach Erklärungen zu suchen und mit Hilfe des naturwissenschaftlichen Experimentes zu untersuchen. Zu Beginn der Sekundarstufe II sollte der Oberstufenschüler über eine grundlegende, naturwissenschaftliche Kompetenz verfügen, die durch Fachkenntnisse, experimentelle Fertigkeiten aber auch soziale Fähigkeiten bestimmt wird. Der Schüler intensiviert bis zum Abitur diese Kompetenzen durch zunehmende quantitative Beschreibungen von Phänomenen, Präzision von erlernten Modellvorstellungen und kritischer Betrachtung der Tragweite der Wissenschaft (Kultusministerkonferenz, 2005). Der folgende Abschnitt konkretisiert die angestrebten Kompetenzziele für das Unterrichtsfach Physik.

2.1.2 Kompetenzen im Physikunterricht

Für den Physikunterricht sind nach den Beschlüssen der Kultusministerkonferenz vier naturwissenschaftliche Kompetenzbereiche definiert. Ihre Unterscheidung soll helfen, den physikalischen Lernprozess in der Schule zu organisieren und zu beurteilen. Die Kompetenzbereiche sind im Einzelnen:

2.1.2.1 Fachwissen

- Physikalische Phänomene, Begriffe, Prinzipien, Fakten,

Gesetzmäßigkeiten kennen und Basiskonzepten zuordnen

2.1.2.2 Erkenntnisgewinnung

- Experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen

2.1.2.3 Kommunikation

- Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen

2.1.2.4 Bewertung

- Physikalische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten

Der Lehrplan versucht eine Vorstellung davon zu geben, durch welche Fähigkeiten die einzelnen Kompetenzen beschrieben werden. Dieser Prozess ist allerdings nicht abgeschlossen und unterliegt einem steten Wandel. So zeigt etwa ein Vergleich der Lehrpläne von Schleswig-Holstein der Jahre 2001 und 2003 Begriffsveränderungen bei den Kompetenzbeschreibungen, die am deutlichsten im Vergleich mit dem KMK-Beschluss von 2004 hervortreten. Im fachdidaktischen Bereich wird zusätzlich als bedenklich angesehen, dass die Bildungsstandards mit den Kompetenzen implizieren, einen zu erreichenden Entwicklungsstand der Schüler vorgeben zu können. Die Umsetzung dieser Forderungen in den einzelnen Kompetenzbereichen ist aber noch mit Schwierigkeiten verbunden. Während das zu vermittelnde Fachwissen durch das Fachcurriculum gut umrissen ist, fehlt eine solche Grundlage in den anderen Kompetenzbereichen. Die Einschätzung dessen, was ein Schüler zum Ende der Sekundarstufe I an kommunikativen Kompetenzen erreicht haben soll, bleibt im persönlichen Ermessen des Lehrers. Weiterhin ist die konkrete Umsetzung zur Förderung dieser Kompetenzbereiche im Schulalltag wenig konkretisiert. Zum jetzigen Zeitpunkt gibt es kaum Vorschläge zur methodischen Umsetzung. Zuletzt ist festzustellen, dass noch keine Testaufgaben existieren, mit denen sich etwa Kommunikations- oder Bewertungskompetenzen valide prüfen lassen. An dieser Stelle soll zusätzlich darauf hingewiesen werden, dass die Entwicklung von Kompetenzen im Zusammenhang mit den Bildungsstandards keine jüngste „Umorientierung“ oder Trendwende im naturwissenschaftlichen Unterricht darstellt. Bereits in den 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts stellten deutsche Fachdidaktiker etwa im Rahmen der Bad Hersfelder Beschlüsse sehr konkrete Ansätze vor, den Lehrplan stärker an einer vielschichtigeren Ausbildung auszurichten (Duit, Härtel et al., 1976).

In diesem Kontext ist die Aufgabe fachdidaktischer Forschung, u.a. bekannte Unterrichtsformen auf die dort auftretenden Lernprozesse zu systematisieren, um Lehrern zu ermöglichen, anschlussfähig ihren Unterricht in Hinblick auf die Kompetenzbereiche planen zu können. So ist beispielsweise eine Möglichkeit, die Schüler im Bereich der Erkenntnisgewinnung und Kommunikation zu fördern, die Unterrichtsform des kollaborativen forschenden Lernens. Diese Unterrichtsform fordert von Schülergruppen eigenverantwortliches Anwenden von experimentellen Untersuchungsmethoden und die Kommunikation des gemeinsamen Vorgehens. Diese Lernform ist eng an den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess angelehnt. Die Schüler sollen sich mit ihnen unbekanntem Phänomenen auseinandersetzen, eigene Hypothesen aufstellen und Experimente zu deren Überprüfung entwickeln. Zum Ende versuchen sie ein Modell zu entwickeln, das den Vorgang in den beobachteten Grenzen beschreiben kann.

Für das weitere Verständnis der theoretischen Grundlagen dieser Arbeit ist eine vertiefende Klärung der Begrifflichkeiten förderlich. Im folgenden Abschnitt wird die Lernform des forschenden Lernens ohne den Rahmen der Gruppenarbeit vertieft.

2.2 Forschendes Lernen

Der Begriff des forschenden Lernens ist in der Forschung nicht eindeutig definiert. Dieser Abschnitt gibt einen Überblick über verschiedene Ansätze, vornehmlich aus dem englischsprachigen Raum, mit dem Ziel, die für diese Arbeit verwendete Definition zu begründen. Zunächst werden dafür die im Unterricht gebräuchlichen Formen des forschenden Lernens beschrieben, gegeneinander abgegrenzt und die im englischen Sprachraum verwendeten Begrifflichkeiten dargestellt.

2.2.1 Unterrichtsformen des forschenden Lernens

Das forschende Lernen blickt eine lange Lern- und Forschungstradition zurück und wurde schon Anfang des 20. Jahrhunderts im Zusammenhang mit der Diskussion um naturwissenschaftliche Grundbildung propagiert (Kerschensteiner, 1914). Während die Lernform des forschenden Lernens schon länger international etwa durch Bruner (1960) und Schwab (1966) etabliert wurde, stellten in Deutschland 1976 Schmidkunz und Lindemann ein erstes, konkretes Unterrichtsverfahren im Sinne des forschenden Lernens vor. In der Folgezeit war die Auseinandersetzung mit dieser Schülerlernform im schulischen Umfeld und fachdidaktischen Bereich immer wieder präsent und schärft sich bis heute aus (z.B. Plöger (1983), Duit (2004)).

Das forschende Lernen kann in unterschiedlichen Formen im Unterricht eingesetzt werden. Während verschiedene situative und inhaltliche Variationen des forschenden Lernens denkbar und zulässig sind, die auch zu angelehnten Lernformen geführt haben, bleibt das lernmethodische Grundkonzept unverändert (Kircher, Girwidz et al., 2001). In Anlehnung an den Erkenntnisprozess der Naturwissenschaften soll der Schüler einem ihm unbekanntem Phänomenen nachgehen und es modellieren. Dabei gewährt ihm die Methode des forschenden Lernens im Grundsatz alle Freiheiten während des Lernens. Sie zielt darauf ab, durch offene Problemstellungen mit mehreren Lösungsansätzen eine hohe Schüleraktivität zu erreichen, bei dem der Lernende weitestgehend selbsttätig und hypothesengeleitet vorgeht. Für das abschließende Schülermodell ist nicht vornehmlich wichtig, ob der aus Sicht der Fachwissenschaft exakte Zusammenhang erarbeitet wurde, sondern dass sich die gefundene Annäherung des Schülers im vorgegebenen Wertebereich zur Beschreibung eignet (z.B. kann eine exponentielle Gesetzmäßigkeit in dem durch die Lerneinheit vorgegebenen Wertebereich quadratisch angenähert werden). Diese Form des Modellierens eignet sich im Besonderen, um bei Nachbesprechungen die Ergebnisse mit anderen Schülern zu vergleichen und die Gültigkeit der eigenen Beschreibung kritisch zu überprüfen.

Eine häufig anzutreffende, angelehnte Lernform ist das Entdeckende Lernen. Die Unterscheidung zum forschenden Lernen ergibt sich im Bereich der Modellierung des unbekanntem Phänomens. Das forschende Lernen überlässt dem Schüler eine eigenständige, meist mathematische Beschreibung des zu untersuchenden Phänomens. Beim Entdeckenden Lernen hält der Lehrer Maßnahmen bereit, um auch die Modellierung der Schüler zu lenken und versucht durch zielgerichtete Unterstützung gleich zu dem zugrundeliegenden Domänenkonzept mit der aus fachwissenschaftlicher Perspektive richtigen mathematischen Beschreibung hinzuleiten. Kircher und Girwidz (2001) weisen außerdem darauf hin, dass Entdeckendes Lernen zwar aus fachwissenschaftlicher Sicht die Ausprägung möglicher Fehlkonzepte verhindere, aber auch die beim forschenden Lernen wichtigen Prozesse der Erkenntnisgewinnung einschränke.

Im angloamerikanischen Sprachraum lassen sich die Begrifflichkeiten inhaltlich nicht derart systematisieren. Dort sind die Begriffe Inquiry und Discovery Learning zu finden, die nur schwierig gegeneinander abgegrenzt werden können. Unter Inquiry Learning wird im Allgemeinen der Lernprozess des selbstgesteuerten und selbstregulierten Lernens bei problemorientierten Aufgaben bezeichnet (Hintikka, 1999; Kuhn, Black et

al., 2000). Discovery Learning hingegen wird als eine Lernvariante verstanden, bei dem Schüler eine naturwissenschaftliche Domäne durch eigene Experimente manipulieren (Kulkarni und Simon, 1988; Saab, van Joolingen et al., 2005)). Sie manipulieren Variablen und Parameter, beobachten die Effekte und nutzen die so erhaltenen Informationen, um neues Wissen aufzubauen. Discovery Learning ist durch induktive Lernprozesse bestimmt, bei denen die Schüler Informationen und neues Wissen aus ihren Experimenten ziehen (Swaak, van Joolingen et al., 1998). Bei erfolgreichem Discovery Learning werden Lernprozesse gefordert, die sehr ähnlich zu den Erkenntnisprozessen in den Naturwissenschaften sind.

Während Lerneinheiten zum forschenden und entdeckenden Lernen teilweise fließend ineinander übergehen, ist jede Form des forschenden Lernens von dem im Schulalltag gebräuchlichem Schülerexperiment abzugrenzen, bei dem die Schüler mit vorgegebenen Arbeitsanweisungen an vorkonstruierten Experimenten arbeiten. Das forschende und entdeckende Lernen betont als wesentlichen Teil das selbstregulierte Arbeiten, das die Entwicklung eines eigenen Arbeitsvorgehens sowie die Entwicklung eigener Experimente beinhaltet. Kritisch ist allerdings anzumerken, dass die beiden Begriffe gerade im internationalen Sprachgebrauch schwer voneinander abzugrenzen sind. Ein weiteres Gebiet, bei dem der Begriff Science Discovery verwendet wird, liegt in psychologischen Forschungsbereichen, die den Erkenntnisprozess bei problemorientierten Aufgaben (problem solving tasks) untersuchen (z.B. Glaser, Schauble et al., 1992). Dieser Bereich bietet viele Impulse für die fachdidaktische Systematisierung der Lernprozesse im Bereich des Inquiry und Discovery Learning (z.B. Wason, 1960). Forschungsvorhaben in beiden Bereichen orientieren sich häufig aneinander.

Das forschende Lernen stellt hohe Ansprüche an den Schüler. Fachdidaktische Forschung in diesem Bereich versucht in einem ersten Schritt die vorkommenden Lernprozesse festzustellen und untersucht Möglichkeiten, die Schüler in den einzelnen Lernphasen zu unterstützen. Im Besonderen das Strukturieren des eigenen Lernprozesses kann in den Lernphasen zu vielfältigen Schwierigkeiten führen (Kap. 3.1.1). Hier begründet sich der Rahmen der kollaborativen Gruppenarbeit. Empirische Forschung hat in Anlehnung an entwicklungspsychologische Erkenntnisse gezeigt, dass gemeinsame Wissenskonstruktion helfen kann, die Selbstregulation der Schüler beim Lernprozess zu unterstützen.

2.3 Kollaboratives Lernen

In dem vorangegangenen Abschnitt über das forschende Lernen wurde die kollaborative Gruppenarbeit als Möglichkeit zur Unterstützung der Schüler beim forschenden Lernen eingeführt. Die Grundlagen auf dem Gebiet des kollaborativen Lernens lehnen eng an psychologischen Entwicklungs- und Lerntheorien an (z.B. Bruner, 1961). Zunehmend versucht fachdidaktische Forschung auf dem Gebiet des forschenden Lernens, gezielt die Kollaboration von Schülergruppen zu fördern (Brown und Campione, 1994; Gijlers und de Jong, 2005; Saab, van Joolingen et al., 2005; Saab, van Joolingen et al., 2007). Dabei herrscht Übereinkunft, dass die Lernsituation der kollaborierenden Personen die auftretenden Lernprozesse bestimmt, also Gruppenzusammensetzung, individuelle Fähigkeiten sowie Art und Kontext der Aufgabenstellung (Kap. 3.2.1). Als Grundlage für das Verständnis der theoretischen Grundlagen in Kapitel 3.2 zielt der nachfolgende Abschnitt darauf ab, den Begriff *kollaboratives Lernen* als Form der Gruppenarbeit und seinen Gebrauch im schulischen Umfeld sowie im fachdidaktischen Kontext zu klären.

2.3.1 Gruppenarbeitsformen in der Schule

Im Schulunterricht sind verschiedene Gruppenarbeitsformen gebräuchlich, in denen Schüler gemeinsam lernen. In Deutschland wird die Gruppenarbeit als Dachbegriff verwendet, um Schüler zu charakterisieren, die durch Interaktion untereinander ein gemeinsames Ziel erreichen sollen. Die beiden allgemeinsten Formen sind dabei kooperatives und kollaboratives Lernen. Das kooperative Lernen wird in dem Zusammenhang verwendet, dass die Schüler einer Gruppe zu Beginn der Arbeitsphase eine mögliche Arbeitsteilung besprechen und die einzelnen Teile innerhalb der Gruppe verteilen. Ein Schüler beschäftigt sich dann mit der ihm zugewiesenen Aufgabe und alle Gruppenteilnehmer tragen am Ende der Lernzeit die einzeln erarbeiteten Ergebnisse zusammen. Bei kollaborativen Arbeitsformen wird das gleichzeitige Erarbeiten der Teilziele gefordert (Abb. 2.2). Zu Beginn werden auch hier mögliche Arbeitsziele besprochen, anschließend arbeitet die Gruppe zu jedem Zeitpunkt gemeinsam an den Teilaufgaben. Für die Unterrichtsform des kollaborativen forschenden Lernens bedeutet dies, dass die Schüler sich gemeinsam innerhalb der Domäne orientieren, indem sie zusammen Hintergrundmaterialien lesen und anschließend diese besprechen. Dies ist auch als fester Bestandteil im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess zu finden. Hypothesen werden gemeinsam erarbeitet und Experimente sowie deren Auswertung miteinander durchgeführt. Bei erfolgreicher Kollaboration greifen die Schüler auf ihr geteiltes Wissen zurück und kokonstruieren Wissen.

Hierbei spielt die Kommunikation innerhalb der Gruppe eine wichtige Funktion (Häussler und Hoffmann, 1998).

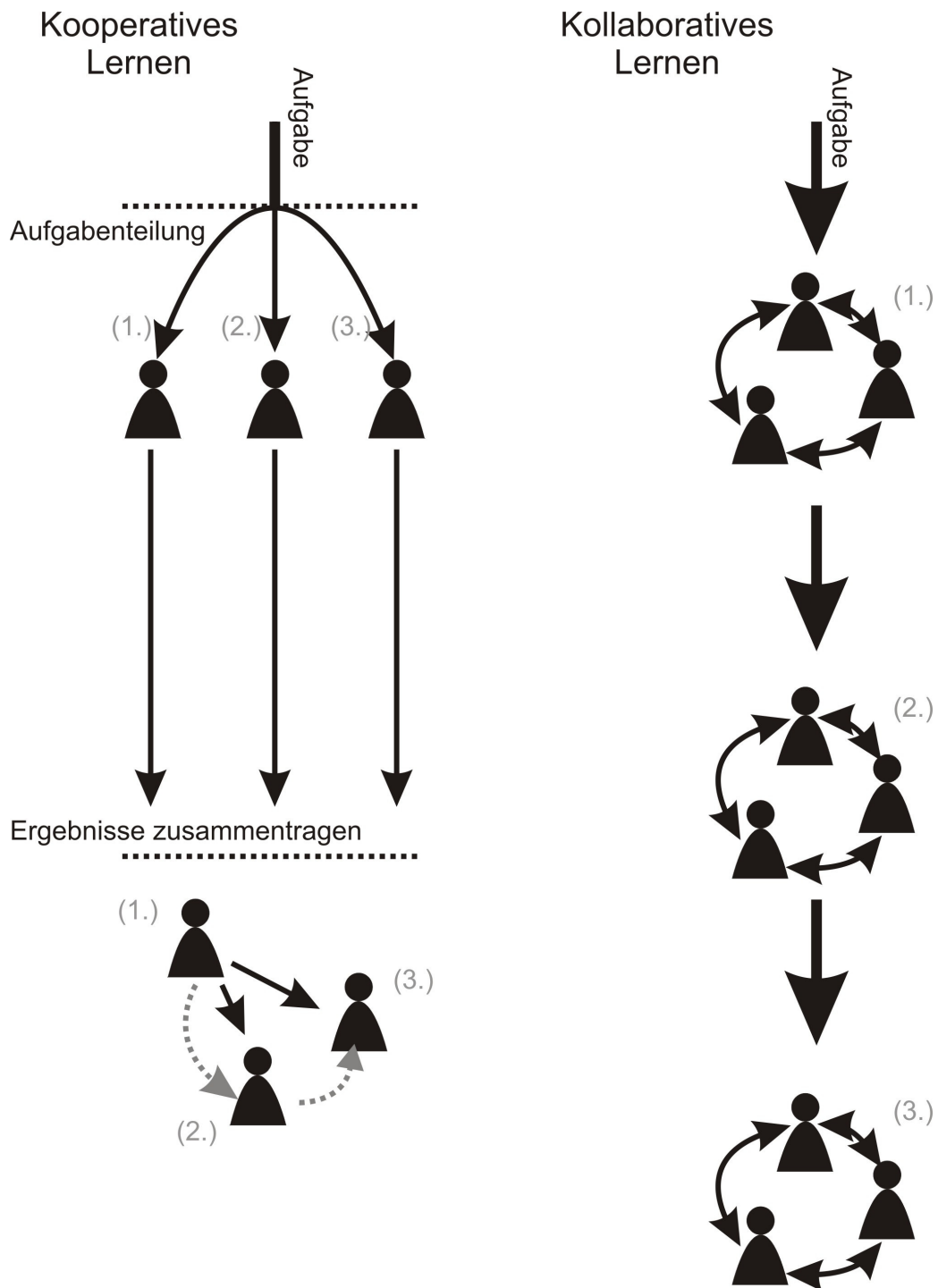


Abb. 2.2 Schematische Darstellung des kooperativen und kollaborativen Lernens. Die Darstellung impliziert einen Aufgabentyp, der eine Arbeitsteilung ermöglicht. Dies ist beim forschenden Lernen nur eingeschränkt sinnvoll.

Deutschsprachige fachdidaktische Lehrbücher für den naturwissenschaftlichen Unterricht stellen die oben genannte

Unterscheidung dieser Formen von Gruppenarbeit dar (Kircher, Girwidz et al., 2001). Allerdings ist ein Erfahrungswert aus Gesprächen mit deutschen Lehrkräften und Fachdidaktikern, dass Gruppenarbeit im hiesigen Sprachgebrauch meist mit Kooperation gleichgestellt wird, und der Begriff Kollaboration (seine genaue Bedeutung und die Motivation für die Unterscheidung zur kooperativen Gruppenarbeit) wenig verbreitet ist (Reinmann-Rothmeier und Mandl, 2002). Im angloamerikanischen Sprachraum ist diese Trennung üblich. Dort wird im Kontext einer Gruppenarbeit zwischen cooperative learning und collaborative learning unterschieden. Allerdings kann dafür eine Vielzahl leicht variierender Definitionen gefunden werden, die einzelne Aspekte des kollaborativen Lernens unterschiedlich betonen (Kreijns, Kirschner et al., 2003). So beschreiben etwa Roschelle (1992) und Teasley (1995) kollaboratives Lernen als eine synchrone Gruppenarbeitsform, bei der die Gruppenteilnehmer die gemeinsame Vorgehensweise koordinieren und Wissen gemeinsam erarbeiten. Dagegen steht das kooperative Lernen für eine Form der Gruppenarbeit, bei der die Problemaufgabe zu Beginn durch Aufgabenteilung unter Gruppenteilnehmern angegangen wird, wobei jeder für die Lösung seines Problems eigenverantwortlich arbeitet (Dillenbourg, 1999).

In der Fachliteratur können verschiedene Auffassungen bezüglich der Vor- und Nachteile der jeweiligen Gruppenarbeitsformen gefunden werden. So beschreiben Springer et al. (1999) in ihrer Übersicht, dass die Befürworter kollaborativen Lernens tiefergehende (konzeptorientierte) Interaktionen behindert und Lernprozesse höherer Ordnung unterbunden sehen, wenn eine Gruppe zu starke Aufgabenteilung betreibt. Demgegenüber argumentieren Vertreter des kooperativen Lernens, dass gerade die kooperative Selbstorganisation und Strukturierung der Aufgabenteile innerhalb der Gruppe zu höherwertigen Interaktionsprozessen führt. In diesem Zusammenhang muss auf zwei Aspekte hingewiesen werden. Die Diskussion wurde überwiegend unabhängig von der Art der Aufgabenstellung, der Entwicklungsstand der Gruppenpartner sowie den Gruppeneigenschaften geführt. Dies ließ die Generalisierbarkeit von Theorien bezüglich auftretender Lern- und Interaktionsprozessen nur eingeschränkt zu. Erst jüngere Perspektiven unterstreichen die Notwendigkeit der Normierung von Randbedingungen bei der Gruppenarbeit (Kap. 3.2.1). Etwa Scardamalia und Bereiter (2003) betonten jüngst, bei der Einschätzung von Gruppenarbeitsformen in der Schule die notwendige Unterscheidung von internen Lernprozessen und gemeinsamer Wissenskonstruktion zu beachten. Das interne Lernen beschreibt hierbei den nicht beobachtbaren, internen Prozess eines Schülers, der zu einer Veränderung von Vorstellung, Einstellungen und

Fähigkeiten führt. Scardamalia betont in diesem Zusammenhang, dass eine wichtige Eigenschaft von Lernumgebungen sein muss, den Gruppenteilnehmern verschiedene Möglichkeiten zur Darstellung und Verdeutlichung zur Verfügung zu stellen, wie es auch Schwerpunkt bei CSCL (Computer Supported Collaborative Learning)-Lernumgebungen ist. Die gemeinsame Wissenskonstruktion dagegen mündet in höherem, der Gemeinschaft verfügbarem Wissen, das als Ausgang für die Entwicklung weiterer Ideen herangezogen werden kann. Nicht bezweifelt wird, dass beide Gruppenarbeitsformen unterschiedlich die auftretenden Interaktionsprozesse gewichten. So werden etwa durch kooperative Arbeitsformen wie beim Gruppenpuzzle andere Interaktionsprozesse gefördert als beim kollaborativen forschenden Lernen. Slavin (1997) betont, dass der Nutzen der jeweiligen Gruppenarbeitsform an die Art der Lernumgebung gebunden ist. Für ihn können kooperative Arbeitsformen wichtige Lernprozesse bei gut strukturierten, geschlossenen und abgestimmten Themenbereichen anregen, bei denen die auftretenden Problembereiche abschätzbar und vorauszusagen sind. Kollaboratives Arbeiten dagegen eignet sich besser, wenn die Herausforderungen der Aufgabenstellung dem Schüler nicht unmittelbar ersichtlich sind. Dies trifft etwa bei problemorientierten Aufgaben wie dem forschenden Lernen zu.

Im Schulalltag können diese beiden Gruppenarbeitsformen auch bewusst ineinandergreifend kombiniert werden. Brown und Ash (1993) etwa gehen in ihrer Schulstudie zur Etablierung von Lerngemeinschaften von verteiltem Fachwissen methodisch derart vor, dass zunächst kooperativ Fachexpertenwissen einzelner Schüler in Anlehnung an die Jigsawmethode (Gruppenpuzzle) geschaffen wird, um anschließend diese unter Gesprächsregeln der kollaborativen Wissenskonstruktion austauschen zu lassen. Hierbei werden sie angehalten Einleitungs- und Klärungsfragen zu stellen, zwischenzeitlich immer wieder den Diskussionsstand zusammenzufassen und Vorhersagen in ähnlichen Kontexten zu geben.

Diese Formen der Gruppenarbeit können nicht strikt voneinander getrennt werden. Vielmehr bestimmt die Notwendigkeit der Situation das gemeinschaftliche Vorgehen. In einer Kooperation werden immer vereinzelt Situationen zu beobachten sein, bei denen Schüler für etwa Begriffsklärung und Reorganisation bei auftretenden Problemen das kollaborative Vorgehen mit den anderen Gruppenteilnehmern suchen. Genauso ist in Lernumgebungen für kollaboratives Arbeiten zu beobachten, dass zwar Medien wie etwa der Computer gemeinsam genutzt werden, doch auch dort kurzzeitig kooperative Aufgabenteilungen entstehen (Miyake, 1986). Lernumgebungen für

kollaborative Gruppenarbeit lassen sich daher am ehesten durch die Eigenschaft charakterisieren, die Kokonstruktion von Wissen zu fördern und Möglichkeiten zur Aufgabenteilung gering zu halten.

Abschließend ist im Rahmen der Begriffsklärung zu betonen, dass viele Erkenntnisse aus dem Bereich der Pädagogischen Psychologie durch unterschiedliche Begrifflichkeiten Schwierigkeiten bei der Einschätzung ihrer Relevanz für den Bereich des kollaborativen forschenden Lernens hervorrufen. Grundlegend für eine Vergleichbarkeit und Übernahme von Forschungsergebnissen ist die Form der Aufgabenstellung in den Versuchsgruppen und die anschließende Wissenserhebung. Hier ist im psychologischen Bereich oft von *problem solving* oder *reasoning* die Rede. Ein Beispiel hierfür ist etwa die Arbeit von Wegerif (1999), welche die Hypothese untersucht, dass der Dialog mit anderen Kindern einen wesentlichen Einfluss auf das logische Denken und die schlüssige Beweisführung bei problemorientierten Aufgaben hat. Diese Studie liefert auch einen Beitrag für den theoretischen Rahmen dieser Arbeit. Allerdings wird *reasoning* nicht näher spezifiziert, und die anschließende Wissenserhebung wurde mit den Ravens's Progressive Matrices durchgeführt, in denen er die Fähigkeit zur Beweisführung und dem Lösen von Problem im Zusammenhang neuer Informationen bei den Versuchspersonen testet. Erst eine genauere Betrachtung der Methode zeigt, dass die Problemstellungen in der Studie von Wegerif mit Aufgabenstellungen beim forschenden Lernen vergleichbar sind. Aber auch innerhalb der fachdidaktischen Forschung werden Begrifflichkeiten variiert. Etwa Heller und Keith (1991) gehen in ihrer Studie so weit, dass sie neue (teilweise umständliche) Lernprozesse definieren, die speziell auf die Aktivierungen in ihrer Lernumgebung abgepasst sein sollen.

Eine etablierte Form des schulischen Lernens, bei dem vielfältige kommunikative und experimentelle Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht gefördert werden können, ist das kollaborative forschende Lernen. Nach der vorangegangenen Begriffsklärung positioniert der nachfolgende Abschnitt die Unterrichtsform des kollaborativen forschenden Lernens im Kontext der Bildungsstandards für den Physikunterricht.

2.3.2 Zur Unterrichtsform des kollaborativen forschenden Lernens

Im schulischen Zusammenhang ist das kollaborative forschende Lernen als schülerorientierte Lernform anzusehen. Hierbei erhält eine Gruppe von Schülern die Aufgabe, sich mit einem ihnen unbekanntem Phänomen auseinander zu setzen, indem sie wie in der naturwissenschaftlichen Forschung gemeinsam das Phänomen beobachten, den Themenbereich explorieren, auf Grundlage ihrer

eigenen Beobachtungen Hypothesen aufstellen und eigenverantwortlich Experimente zu deren Prüfung aufstellen. Diese Methode zielt darauf ab, dass sich Schüler durch eigenverantwortliches Lernen im Sinne der naturwissenschaftlichen Erkenntnismethode die wissenschaftliche Vorgehensweisen aneignen (Linn, Davis et al., 2004). Im Sinne der oben dargestellten Kompetenzen für den Physikunterricht lässt sich das Forschen der Schüler als Aneignung von Untersuchungsmethoden der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung einordnen. Weiterhin sollen die Schüler kollaborativ ihre Untersuchungen kommunizieren, also durch die wissenschaftliche Diskussion, Erörterung und Reflexion das gemeinsame Vorgehen koordinieren und gemeinsames Wissen erarbeiten. Die fachbezogene Interaktion während der Kollaboration kann als geeignet angesehen werden, Kommunikationskompetenzen der Schüler in Kleingruppen zu fördern. Empirische Forschung auf diesem Gebiet zeigt zusätzlich, dass durch das eigenverantwortliche Beobachten, Testen von Hypothesen, Planen von Experimenten und Auswertung in Hinsicht auf ein eigenes Modell des Phänomens ein besonders tiefes und nachhaltiges Verständnis von Fachkonzepten entwickelt werden (Kuhn, Black et al., 2000).

Die Fachliteratur kennt viele, meist sehr ähnliche Beschreibungsversuche des kollaborativen forschenden Lernens. Etwa White (1999) präzisiert das kollaborative forschende Lernen als eine Schülerarbeitsform, bei der wissenschaftliches Arbeiten imitiert wird. Hierbei durchlaufen Schüler gemeinsam die Prozesse „Fragen entwickeln, entwickeln von Hypothesen, planen einer geeigneten Untersuchung, sammeln und auswerten von Daten, sowie Rückschlüsse aus diesen ziehen, die gewonnen Erkenntnisse in Form von Gesetzen und Modellen explizieren und mit anderen die Grenzen der Erkenntnisse reflektieren.“ Autoren wie Kuhn (2000) oder Hakkarainen (2002) definieren kollaboratives forschendes Lernen ebenfalls als Lernform, bei der die Schüler Prozesse durchlaufen, welche epistemologisch und wissenschaftsphilosophisch an Erkenntnisprozesse der Naturwissenschaft anlehnen. Hauptsächlich unterscheiden sich hier die Begrifflichkeiten, wenn die Schülerprozesse systematisiert werden. Dies kann meist auf den zugrunde liegenden Forschungshintergrund zurückgeführt werden.

Die vorliegende Arbeit orientiert sich an der Begriffsauffassung von de Jong und van Joolingen (1998). Hier wird kollaboratives forschendes Lernen als eine Lernform verstanden, bei der Schüler versuchen, reproduzierbare und beeinflussbare naturwissenschaftliche Phänomene zu modellieren. Nach der anfänglichen Präsentation des Phänomens sollen die Schüler mit Hilfe des eigenen Hintergrundwissens, eigener

Nachforschungen und Beobachtungen den Vorgang fachlich erschließen und die zugrundeliegenden Eigenschaften identifizieren. Von den Schülern wird gefordert, dass sie eigenständig begründete Hypothesen aufstellen und durch selbst entwickelte Experimente überprüfen. Hierbei beraten sie gemeinsam und eigenverantwortlich über einen angemessenen Experimentaufbau. Diesen entwickeln sie vor dem Hintergrund, welche Hypothesen getestet werden sollen, welche Materialien zur Verfügung stehen und in welchen Wertebereichen eine Untersuchung sinnvoll erscheint. Anschließend führen die Schüler das Experiment durch und nehmen Messdaten auf. Hier müssen die Schüler eigenständig erkennen, ob die aufgenommenen Daten ausreichen, um ihre Thesen zu bestätigen, oder neue Erkenntnisse zu bedenken sind, die weitere Thesen und Experimente benötigen. Abschließend kann eine erfolgreiche Gruppe ein quantitatives oder auch qualitatives Modell zur Beschreibung des Phänomens präsentieren.

2.4 Unterrichtsthema Treibhausmodell

Eine Lernsituation für das kollaborative forschende Lernen sollte geeignet sein, Lernprozesse wie Hypothesenbildung und deren experimentelle Prüfung als Teil der Modellierung des Phänomens zu fordern (van Joolingen und de Jong, 1991). Weiterhin sind motivationale und praktikable Hintergründe zu beachten. Die Wahl einer Lerneinheit zum Thema Treibhauseffekt für die vorliegende Studie wird im Folgenden motiviert.

Zunächst ist eine vorhandene intrinsische Grundmotivation zur Vertiefung eines Lernstoffes förderlich für das Lernverhalten. Der Klimawandel ist ein in den Medien präsent Thema. Es kann angenommen werden, dass Schüler auf einer umweltpolitischen Ebene bereits einen Bezug gebildet und ein Meinungsbild ausgeprägt haben.

Weiterhin ist zu gewährleisten, dass die Lernumgebung unter Berücksichtigung fachdidaktischer Forschungserkenntnisse bezüglich der Gestaltung von Computerlernumgebungen entwickelt wurde (de Jong und Sarti, 1994). Am IPN liefen in den vergangenen sechs Jahren die aufeinander aufbauenden Forschungsprojekte Co-Lab¹ und ReCoiL², die in internationaler Kooperation unter Berücksichtigung aktueller Forschungserkenntnisse computergestützte Lerneinheiten zum kollaborativen forschenden Lernen entwickelten. Die in dieser Studie

¹ Mehr Informationen über Co-Lab (Colaborative laboratories for Europe) unter www.co-lab.nl.

² Die verwendete Simulation und mehr Informationen über Re-Coil (Resources for Colaborative inquiry Learning) unter www.recoil.nl

verwendete Lerneinheit zum Thema Treibhauseffekt wurde von Kieler Fachdidaktikern in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg und Gymnasiallehrern entwickelt. Dies brachte auch die Vorteile mit sich, dass die Lerneinheit in deutscher Sprache vorlag und mit den Projektmitarbeitern einige notwendige Modifikationen an der Computersimulation der Lerneinheit ermöglicht werden konnten.

Weiterhin muss eine Lerneinheit zum forschenden Lernen gewährleisten, dass die Zusammenhänge des zu erforschenden Vorganges nicht durch das Reproduzieren von Schulwissen entdeckt werden können. Bei einer Modellierung sollen die Schüler die einflussnehmenden Variablen des Phänomens identifizieren, Hypothesen aufstellen und diese durch Experimente überprüfen (Kap. 3.1.1). Gleichzeitig sollte der Lerninhalt für den Schüler Anknüpfungspunkte an vorhandenes Wissen bieten, um ihm eine Grundlage für die eigene Wissenskonstruktion zu ermöglichen (Kap. 3.1.2). Diesen fachinhaltlichen Anspruch kann die Lerneinheit zum Treibhauseffekt erfüllen. Bei der Modellierung beschäftigen sich die Schüler mit einem naturwissenschaftlichen Modell, das mit den Parametern Einfallende Strahlung, Albedo, Durchlassvermögen und Wärmekapazität beschrieben wird. Zwar sind diese Begriffe teilweise durch das Alltagsleben bekannt, allerdings zeigten Vorbesprechungen mit nicht an dieser Studie beteiligten Klassen und den Lehrpersonen der beteiligten Klassen, dass eine fachinhaltliche Vertiefung in der Schule nicht stattfindet. Dieses Bild bestätigt sich bei Auswertung der Sprachaufnahmen. Damit verbunden ergibt sich auch der Einsatz der Lerneinheit zu Beginn der Sekundarstufe II. Die Voraussetzung für das Verständnis des Treibhauseffektes sind die naturwissenschaftlichen Konzepte Energie, Energieumwandlung und Energiespeicherung. Der Lehrplan in Schleswig-Holstein (2006) sieht eine Behandlung dieser Konzepte für den Unterricht am Ende der 10. Klasse vor, wie es auch in den an dieser Untersuchung beteiligten Klassen geschah.

2.5 Die Rolle des Computers

Die an dieser Studie beteiligten Schüler arbeiteten an einer computergestützten Lernumgebung zum Treibhausmodell. Empirische Studien im Bereich des kollaborativen forschenden Lernens sind häufig mit computergestützten Lernumgebungen verbunden. Das Medium Computer bietet im Zusammenhang mit der Lernform des kollaborativen forschenden Lernens verschiedene vorteilhafte Eigenschaften, die im Folgenden skizziert werden und den Einsatz der in dieser Studie verwendeten, computergestützten Lernumgebung begründen.

Ein weites Forschungsfeld befasst sich dem Einsatz von Computerlernumgebungen im naturwissenschaftlichen Unterricht (Miyake, 1986; Brant, Hooper et al., 1991; Tabak, Smith et al., 1996; Baker, Hansen et al., 1999). Diese Lernumgebungen werden für vielfältige Zwecke eingesetzt. So lassen sich etwa gezielt mentale und prozedurale Fähigkeiten trainieren oder illustrative Einführungen in komplexe und abstrakte Themengebiete ermöglichen. Motiviert wird die Verwendung durch Kognitionsansätze, die Schülern hohe Lernleistungen in fachlich anspruchsvollen, interaktiven Computerlernumgebungen vorhersagen (Rivers und Vockell, 1987; Leutner, 1993). Metastudien wie von Bangert-Drowns et al. (1985) konnten schon früh auch auf empirischer Grundlage den positiven Effekt von computergestützten Lerneinheiten bestätigen.

Lerneinheiten zum kollaborativen forschenden Lernen sind häufig mit Experimenten an Computersimulationen verbunden, deren Eigenschaften durch die Schüler zu modellieren sind (de Jong und van Joolingen, 1998). Computersimulationen eignen sich, um naturwissenschaftliche Phänomene darzustellen, deren Größenordnung oder Geschwindigkeit eine Demonstration im Klassenraum nicht ermöglichen. So sind Langzeitphänomene wie etwa das Erdklima im System Sonne-Erde, galvanische Elemente oder auch unhandliche mechanische Experimente wie Mehrkörperstöße durch Simulationen für Schüler erschließbar. Die Computersimulation bringt weiterhin einen Zeitvorteil gegenüber etwa Freihandexperimenten. Anspruchsvolle Schülerexperimente benötigen meist Aufbauten, die je nach Aufgabenstellung vor dem Unterricht aus der Physiksammlung verfügbar gemacht oder gar neu angeschafft werden müssen. Das experiment in Form der Computersimulation ist dagegen als verfügbare Software auf dem Rechner jederzeit bereit, von dem Lehrer im Unterricht eingesetzt zu werden. Der Lehrer benötigt kaum Vorbereitungszeit und kann den Schülern eine konzeptionell geschlossene Unterrichtseinheit präsentieren. Dieses ermöglicht ihm, mehr Betreuung für die Externe Regulation der Schüler aufzuwenden. Ein weiterer Punkt ist die Handlichkeit einer Computersimulation für den Schüler. Auch im Experimentieren unerfahrene Schüler können transparent Variablenmanipulationen vornehmen. Nach einer durchgeführten Messung ist es dem Schüler möglich, mit wenig Aufwand den Ursprungszustand herbeizuführen. Innerhalb der Computerumgebungen können den Schülern Instrumente zur Verfügung gestellt werden, die im Rahmen moderner Datenverarbeitung und Wissenschaft gebräuchlich, aber in der Schulsammlung nicht erhältlich sind, wie etwa virtuelle Graphentools, Tabellenkalkulatoren und Modelleditoren. Während die vorangegangenen Punkte sehr allgemein den Einsatz des Computers im

Naturwissenschaftlichen Unterricht motivierten, ist der für die Lehr-Lernforschung interessanteste Vorteil die Möglichkeit, Lernprozesse der Schüler gezielt anzusprechen (Boekaerts, Zeidner et al., 1999).

Computergestützte Lernumgebungen ermöglichen bereits während ihrer Bearbeitung durch den Schüler, durch einprogrammierte Maßnahmen lenkend einzugreifen (Berry und Broadbent, 1984). Dies kann in Hilfsmitteln bestehen, die für den Schüler begleitend zur Verfügung gestellt werden (z.B. Bibliotheken) oder in Maßnahmen, die für den Fall programmiert sind, dass ein Schüler eine bereits erwartete Schwierigkeit nicht erkennt (z.B. Pop-up-Meldungen) (Kanselaar und Erkens, 1996). So etwa beschäftigt sich die CSL-Forschung (Computer Supported Learning) mit der Fragestellung, wie bestimmte Fachinhalte besonders günstig in Simulationen umzusetzen sind, ob und in welcher Form Zusatzinformationen dem Schüler nähergebracht werden sollen und welche virtuellen Hilfsmittel und Prozesskoordinatoren dem forschenden Schüler zur Verfügung stehen können (Rieber, Boyce et al., 1990). Solche implementierten Hilfsmittel können ermöglichen, spezielle Lernprozesse anzuregen, mentale und prozedurale Vorgänge zu beobachten und diese gezielt zu beeinflussen (Thurman, 1993). Untersuchungen an erfolgreichen Lernumgebungen weisen Eigenschaften nach, welche die Selbstregulation des Schülers fördern (Salomon und Globerson, 1989).

Allgemein werden instruktionelle Maßnahmen in (a) systeminitiierte adaptive Vorrichtungen und (b) durch den Schüler angeforderte, nicht-adaptive Hintergrundinformationen unterteilt (Leutner, 1993). Beispiele für mögliche Hilfsanwendungen sind im Folgenden dargestellt:

a)

- Verhaltensregulatoren (Linn, Layman et al., 1987; Shute und Glaser, 1990; Shimoda, White et al., 2002)
- Modelprogression (Swaak, van Joolingen et al., 1998; de Jong, Martin et al., 1999)
- Knowledge Mapping (Belvedere)
- Modelling Tools (Modelling Space)

b)

- Online-Bibliotheken (Carlsen und Andre, 1992; Schanze, 2002)
- Prozesskoordinatoren (van Joolingen und de Jong, 1991; Reiman und Beller, 1993)

Im schulischen Zusammenhang ist zu beachten, dass virtuelle Lernumgebungen verschiedene Schritte des forschenden Lernens

vereinfachen oder sogar aus dem Lernprozess entfernen. So findet etwa kein Experimentaufbau statt, dem Schüler ergeben sich keine motorischen Herausforderungen (was in deutlicher Realitätsferne zum experimentalwissenschaftlichen Alltag steht). Besondere Aufmerksamkeit muss der Entwicklung des der Simulation zugrundeliegenden Modells erbracht werden, das zum einen dem Verständnishorizont des Schülers angemessen sein muss, aber zum anderen durch Vereinfachung nicht ein realitätsfernes Abbild erzeugen darf. Im Lernort Schule wird diese Reduzierung der Komplexität bewusst als Möglichkeit wahrgenommen, die Herausforderungen während des forschenden Lernens für den Schüler zu vereinfachen.

Auch soll Erwähnung finden, dass die Nutzung des Computers im schulischen Bereich zu Beginn in der Fachdidaktik die Ansicht hervorbrachte, dass der Schüler der Zukunft sich in einem virtuellen Klassenzimmer bewegen könnte. Fachdidaktische Forschung versuchte sogar, maschinelle Systemlogik in Bezug auf das menschliche forschende Lernen zu setzen (Holland, Holyoak et al., 1986). Ernüchterung setzte mit den ersten empirischen Vergleichsstudien ein. Der Einsatz von Simulationen und Animationen in Computerlernumgebungen führte dabei nicht zwangsläufig zu höherem Lernerfolg als in anderen Unterrichtsformen (z.B. Rieber, Boyce et al., 1990). Carlsen und Andre (1992) etwa untersuchten die Wirksamkeit von instruktionellen Simulationen vor oder während der Bearbeitung von Texten. Er fand, dass diese Gruppen beim Lernen mit einem klassischen Schultext signifikant höhere Lernleistungen als die Kontrollgruppe zeigten. Eine Parallelstudie mit Schülern, die einen speziellen Conceptual Change Text bearbeiteten, brachte allerdings, dass keine der beiden Simulationsvariablen einen Einfluss zeigten. Mögliche Ursachen werden darin gesehen, dass in Computerlernumgebungen schnell kognitive Überlastungen und durch missverständliche Instruktionen ungewünschtes Lern- und Planungsverhalten bei den Schülern entsteht. Simulationen fördern in solchen Fällen nicht die Aktivität des Schülers, sondern unterbindet sie teilweise (Swanson, 1990, April). Auch der Begriff Lernerfolg ist Gegenstand der Fachdiskussion. Thomas und Hooper (1991) betonten, dass sich die Effektivität von Simulationen weniger in der Überprüfung von reinem Wissenszuwachs als vielmehr von erlernten Fachkonzepten abschätzen ließe. Im Allgemeinen wird der Idee des virtuellen Klassenzimmers keine Bedeutung mehr zugewiesen, zumindest sind solche Denkrichtungen in den Publikationen der letzten 25 Jahre nicht mehr zu finden. Vielmehr nimmt der Computer wie auch im fachdidaktischen und kognitiven Forschungsbereich die Rolle eines Werkzeuges an, das den Schüler mit vordefinierten Lernsituationen konfrontiert und ihm virtuelle Hilfsmittel zur

Situationsbewältigung zur Verfügung stellt, welches auch spezielle Formen der Analyseverfahren erlaubt. In jedem Fall sollte der Einsatz einer Computerlernumgebung auf die intendierten Lernprozesse und Analyseschwerpunkte hin entwickelt und validiert worden sein.

2.5.1 Computer Supported Collaborative Learning (CSCL) & Gesicht-zu-Gesicht Kollaboration

Kollaborative Gruppenarbeit während der Bearbeitung von computergestützten, problemorientierten Aufgaben zeigt in vielen Studien einen positiven Einfluss auf die auftretenden Lernprozesse. Im Bereich des computergestützten Lernens werden zwei Formen der kollaborativen Zusammenarbeit unterschieden. Im ersten Fall arbeiten zwei Schüler zeitgleich in derselben, virtuellen Lernumgebung, wobei sie allerdings örtlich von einander getrennt sind. In dieser Lernsituation kommunizieren die Schüler durch den Computer, meist in Form von Kurznachrichten (Chat). Die hier anliegenden Forschungstätigkeiten beschäftigen sich mit der Analyse von Chatprotokollen und mit steuerbaren Einflüssen auf das Chatverhalten (Beers, Boshuizen et al., 2007; De Wever, Van Keer et al., 2007). Größere Forschungsgebiete in diesem Bereich sind unter den Bezeichnungen CSCL (Computer Supported Collaborative Learning) oder DAI (Distributed Artificial Intelligence) zu finden (Weiss und Dillenbourg, 1999). Eine andere Möglichkeit der kollaborativen Gruppenarbeit ist die örtliche Zusammenarbeit vor einem Computer (Gesicht-zu-Gesicht; *eng. face-to-face*). Hierbei befinden sich die Gruppenpartner vor demselben Computer und nutzen gleichzeitig denselben Bildschirm sowie Maus und Tastatur. Der Schwerpunkt dieses Gebietes ist die Beobachtung der verbalen Kommunikation und die Untersuchung von Möglichkeiten, Einfluss auf z.B. Kommunikationsprozesse nehmen zu können. Im englischsprachigen Raum wird dieses Gebiet Collaborative Inquiry Learning genannt. Die Motivation für Forschungsfragen im Zusammenhang mit Online-Chat-Kommunikation oder Gesicht-zu-Gesicht Kollaboration ergeben sich aus den situativen Randbedingungen wie etwa örtliche Nähe und Aufgabenkomplexität (Veermans, de Jong et al., 2000).

Im schulischen Kontext nehmen beide Bereiche einen wachsenden Stellenwert ein. Während die Anzahl der Computer/ Internetanbindungen pro Haushalt und im Durchschnitt verbrachte Wochenstunden im Internet unter Jugendlichen in den letzten 10 Jahren erheblich gestiegen sind, wird auch der Lernort Internet und die internetbasierende Kommunikation zunehmend relevanter. Hier liefern Erkenntnisse etwa

der CSCL Forschung weiterbringende Einsichten in Lern- und Kommunikationsprozesse. Aber auch Verwendung des Computers im Klassenzimmer gerade bei kooperativen Lernformen wird zunehmend durch Rahmenplananforderungen im Zusammenhang mit zu fördernder Medienkompetenz eingefordert.

Der Untersuchungsschwerpunkt dieser Arbeit beschäftigt sich mit der Kollaboration innerhalb einer Schülergruppe während des forschenden Lernens. Da die Rolle des Mediums Computer hierbei nicht Forschungsgegenstand ist, wird dieser Punkt im Weiteren nicht vertieft. Die in dieser Studie verwendete Lernumgebung (Kap. 4) zum Treibhauseffekt im Rahmen des ReCoil-Projektes ist jedoch in Hinsicht auf die hier dargestellten Forschungserkenntnisse entwickelt und evaluiert worden. Sie enthält Elemente wie Graphik-, Tabellen-, Modellierungstools und eine Simulation zum Treibhausmodell. Damit ist gewährleistet, dass die in dieser Studie verwendete Computerlernumgebung für die Unterrichtsform des kollaborativen forschenden Lernens geeignet ist.

3 Theorie

Der Theorieteil gliedert sich in vier Abschnitte. Der erste Teil vertieft die Methode des forschenden Lernens. Hier werden der Phasenzyklus und das SDDS-Modell als theoretische Ansätze zur Beschreibung der Lernprozesse von kollaborativ forschenden Schüler eingeführt. Ein wissenschaftlicher Beitrag dieser Arbeit ist hierbei die Konkretisierung des bei diesen Modellen verwendeten Begriffes der „regulativen Prozesse“ aus kognitionspsychologischer Perspektive. Dafür wird das Modell des Selbstregulierten Lernens nach Boekarts (2000) mit Hilfe der Ebenen Motivation, metakognitive Strategien und kognitive Strategien eingeführt und an die eingeführten Modelle adaptiert. Der zweite Abschnitt erläutert aus Sicht der Pädagogischen Psychologie Grundlagen von kollaborativer Gruppenarbeit und den Einfluss der Kollaboration auf die Lernsituation des forschenden Lernens. Da empirische Studien im fachdidaktischen Bereich auch den Einfluss von personenbezogenen Faktoren berücksichtigen sollten, geht der dritte Abschnitt auf den Einfluss von motivationalen Merkmalen und dem Geschlecht auf die Lernleistungen der Schüler im deutschen Physikunterricht ein. Das Kapitel schließt mit der zentralen Fragestellung dieser Arbeit.

3.1 Modelle zur Beschreibung der Lernprozesse beim forschenden Lernen

Beobachtungen der Vorgehensweise von erfolgreich lernenden Schülern beim forschenden Lernen lassen eine Strukturierung des Lernverhaltens zu (Klahr, Dunbar et al., 1991; Schauble, Glaser et al., 1991; Dunbar, 2001). Diese Strukturierungen bilden die Grundlage für Forschungsbemühungen, um den Einfluss von einzelnen Lernprozessen zu untersuchen. Fachdidaktische Forschung im Bereich des forschenden Lernens kennt mehrere Modelle, welche die auftretenden Lernprozesse der Schüler beschreiben (Hintikka, 1999). Im Rahmen dieser Arbeit werden zwei theoretische Modelle herangezogen. Das erste Modell (Phasenzyklus) hat den Schwerpunkt, die kognitiven Prozesse zu systematisieren, die ein Schüler während der Lerneinheit durchläuft, wie etwa Exploration des Themas, Experimentplanung sowie Prozesse der Selbstregulation. Das zweite Modell (SDDS – Scientific Discovery as Dual Search) ermöglicht, das Vorwissen des Schülers in Bezug zu den zu erforschenden Fachinhalten abzubilden und dynamisch die Wissensentwicklung des Schülers oder einer Schülergruppe während der Lerneinheit darzustellen. Die folgenden, vertiefenden Betrachtungen dieser beiden theoretischen Modelle zur Methode des forschenden

Lernens legen die Grundlage für die Motivation des Forschungsgegenstandes dieser Studie.

3.1.1 Das Phasenzyklus - Modell

In verschiedenen Ansätzen zur Beschreibung des forschenden Lernens lassen sich verschiedene Systematisierungen der auftretenden Lernphasen finden, wobei sich diese hauptsächlich in Detailtiefe und kognitionspsychologischer Strukturierung unterscheiden (Kulkarni und Simon, 1988; Friedler, Nachmias et al., 1990; Njoo und de Jong, 1993; Kuhn, Black et al., 2000; Muukkonen, Lakkala et al., 2005). Rivers und Vockell (1987) etwa identifizierten Phasen, bei denen der Schüler sein Experiment plant (Design), ausführt (Datenacquisition) und evaluiert (Datenanalyse und Entwicklung von Hypothesen). Andere Arbeiten wie von Friedler, Nachmias et al. (1990) betonen in ihren Theorien den Stellenwert der selbstentwickelten Hypothesen. Sie lehnen die Prozesse beim forschenden Lernen an den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess an und beschreiben das Vorgehen des Schülers in fünf Schritten. Zunächst wird (a) das naturwissenschaftliche Problem exploriert. Im zweiten Schritt (b) werden Hypothesen entwickelt, welche die Grundlage für (c) die Konstruktion des Experimentes bilden. Während der Durchführung des Experimentes (d) werden Daten gesammelt und interpretiert. Abschließend werden (e) die Ergebnisse der Beschreibung des Phänomens hinzugefügt und (f) weitere Zusammenhänge auf Basis der neuen Erkenntnisse gesucht. Die Schritte (e) und (f) beschreiben den zyklischen Fortgang der vorhergehenden Phasen. Glaser (1992) weist in diesem Zusammenhang auf die Unterscheidung zwischen den generellen Strategien bei wissenschaftlichem Experimentieren (Entwickeln und Interpretieren von Experimenten, Testen von Hypothesen, Identifizierung von Regelmäßigkeiten in Daten, Finden von Korrelationen verschiedener Ereignisse) und den domänenspezifischen Strategien hin, die durch Vorerfahrungen und Fehlkonzepte geprägt werden.

Für die Betrachtungen in dieser Arbeit wird der allgemeine Lernzyklus zum forschenden Lernen von Njoo und de Jong (1993) zu Grunde gelegt, da er auch Selbstregulation der Schüler berücksichtigt (Abb. 3.1). Er lehnt an der Theorie wie von Friedler, Nachmias und Linn (1990) an, wobei er bei den Lernphasen zwischen transformativen und regulativen Prozessen unterscheidet. Dem Phasenzyklus von Nijoo & de Jong (1993) nach durchläuft ein Schüler wiederholend bestimmte transformative und regulative Prozesse während des forschenden Lernens. Die transformativen Prozesse repräsentieren in diesem Modell die Vorgänge, die im Verlauf des Lernens zu neuer Wissenskonstruktion führen, während regulative Prozesse die Selbstregulation des Schülers

reflektieren. Ein weiterer Grund für die Wahl dieses Modells ist seine Anschlussfähigkeit an Vorarbeiten aus diesem fachdidaktischen Forschungsbereich.

3.1.1.1 Transformative Prozesse

Im Folgenden sind die vier transformativen Prozesse des forschenden Lernens nach Nijoo und de Jong (1993) aufgeführt. Es wird das Verhalten der Schüler während der einzelnen Prozesse beschrieben und dabei auftretende, aus der empirischen Forschung bekannte Auffälligkeiten skizziert.

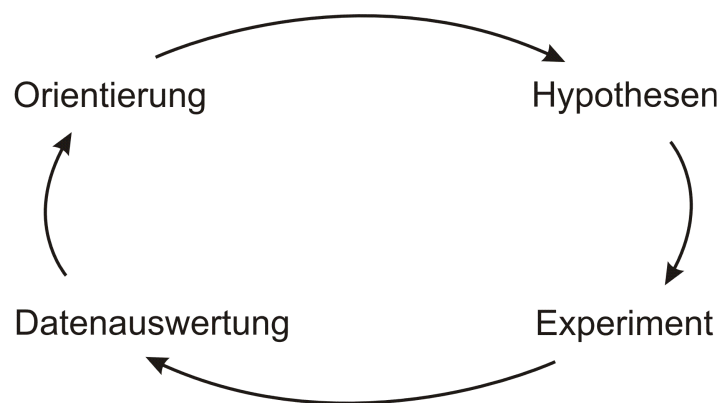


Abb. 3.1 Phasenzyklus zum forschenden Lernen. Die Schüler durchlaufen wiederholend diese transformativen Prozesse.

Orientierung

Nachdem der Schüler mit dem unbekanntem naturwissenschaftlichen Phänomen konfrontiert wurde, beginnt er, sich mit der Fachdomäne auseinander zu setzen. Der Verlauf der Orientierungsphase hängt dabei von dem fachlichen Vorwissen, metakognitiven Strategien, Beobachtungsgabe, mathematischem Verständnis, zugänglichen Informationsquellen (Lehrbücher, Internet, eingebettete Bibliotheken bei Computerlernumgebungen), und von den verfügbaren Zusatzmaterialien (Arbeitsblätter) ab. In dieser Phase ist die Anforderung an den Schüler, die relevanten Variablen im Sinne der Aufgabenstellung selbsttätig zu identifizieren. Die Orientierungsphase bildet mit ihrem explorativen Charakter die Grundlage für die Qualität der anschließenden Hypothesenbildung. Nach Saab (2005) und Baker (1999) wird in dieser Phase beim kollaborativen Lernen auch die gemeinsame Wissensbasis (Common Ground) gebildet, indem die Schüler prüfen, ob sie das gleiche Verständnis für Domänenkonzepte haben. Sie ist damit grundlegend für die Qualität der anschließenden fachlichen Kommunikation.

Empirische Untersuchungen, welche die Vorgehensweise der Schüler während der Orientierung qualitativ beobachten, können eine Vielzahl von Schwierigkeiten aufzeigen, die auf etwa mangelndes Vorwissen oder

ein Überangebot von Hintergrundinformationen zurückzuführen sind. Vermeintlich gezielte Hilfestellungen durch Arbeitsmaterialien können fehlleiten oder dem Entwicklungsstand des Schülers unangemessen sein (Swanson, 1990, April). Zu wenig Unterstützung der Arbeitsstruktur verleitet Schüler zu ungerichteter Exploration nicht relevanter Fachinhalte (de Jong und van Joolingen, 1998).

Hypothesen

Nach der Orientierung versucht der Schüler, das Phänomen zu modellieren. Hierbei überlegt er, welchen Einfluss die während des Orientierungsprozesses identifizierten Variablen auf die zu untersuchende, naturwissenschaftliche Größe haben. Er verknüpft die in der Orientierung als relevant erachteten Variablen in Form von Hypothesen.

Eine Vielzahl von Untersuchungen beschäftigt sich mit dem Zusammenhang zwischen der Fähigkeit, Hypothesen zu generieren und dem Lernerfolg (Klahr und Dunbar, 1988; Friedler, Nachmias et al., 1990; Shute und Glaser, 1990; Schauble, Glaser et al., 1991; Klahr, Fay et al., 1993). Hierbei wird beobachtet, dass Schüler Schwierigkeiten haben, a) Hypothesen aufzustellen, die den Zusammenhang bestätigen, den der Schüler untersuchen möchte (Klayman und Ha, 1987; Njoo und de Jong, 1993), b) Hypothesen zu erkennen, die sich bereits ohne ein Experiment aus den Zusatzmaterialien ergeben (Schauble, Glaser et al., 1991), c) bei einer untersuchten Fehlhypothese das Problemfeld zumindest eingeeengt zu haben, damit die Untersuchung der Fehlhypothese einen konstruktiven Beitrag beim weiteren Vorgehen liefert und d) nach der vorübergehenden Bestätigung einer Hypothese kritisch die Möglichkeiten eines vorliegenden Spezialfalls vor einer Generalisierung zu überprüfen (Wason, 1960; Klayman und Ha, 1987).

Ein großer Bereich empirischer Gesprächsanalyse im Bereich des kollaborativen forschenden Lernens untersucht Zusammenhänge zwischen den Hypothesenanteilen, die innerhalb einer Gruppe geäußert werden, und der gemeinsamen Wissenskonstruktion. Wie Kapitel 3.2.3 näher ausgeführt, gilt der Hypothesenanteil im Gespräch einer Schülergruppe als wichtiger Indikator für den Lernerfolg. Der Forschungsgegenstand dieser Arbeit zielt u.a. darauf ab, die fachliche Verständigungsebene (Intersubjektebene) innerhalb einer Schülergruppe zu verbessern, was zu einem erhöhten Gesprächsanteil an Hypothesen während der Lerneinheit führen sollte. Daher werden die gesprochenen Hypothesenanteile der Schüler während der Lerneinheit mit erhoben.

Experiment

Um die Richtigkeit einer Hypothese zu überprüfen, entwirft der Schüler eigenständig Experimente, die für ihn geeignet scheinen, seine Hypothesen zu untersuchen. Hierbei setzt er sich im Besonderen mit den Herausforderungen bei der Planung und dem Aufbau des Experimentes auseinander. Die in dieser Phase aufgenommenen Daten dienen als Grundlage der Auswertung.

Die Untersuchung des Einflusses einer Variablen auf eine abhängige Größe bedarf der Fähigkeit zu gewährleisten, dass während der Experimentdurchführung nur die eine Variable geändert wird. Es zeigt sich, dass im Experimentieren unerfahrene Schüler Schwierigkeiten haben, konsequent einzelne Variablen nacheinander zu untersuchen und für die Variablen aussagekräftige Wertebereiche zu definieren, sowie dass Experimente durchgeführt werden, die sich grundsätzlich nicht eignen, den Einfluss dieser Variablen zu untersuchen (Klahr, Fay et al., 1993). Es kann beobachtet werden, dass Schüler beharrlich nach der Bestätigung ihrer Hypothese suchen, selbst wenn das experimentelle Verhalten der Variable dem offensichtlich widerspricht (Dunbar, 1993). Die bei der Lernform des forschenden Lernen oft verwendeten Computersimulationen verleiten den Schüler durch ihre einfache Handhabung zu ungerichteter Datenerfassung. Während der Aufnahme der Messreihen ist die kritische Beobachtung des Experimentverlaufes gefordert. Arbeiten von Friedler (1990) beobachten hierbei, dass Schüler häufig keine Plausibilitätsprüfungen durchführen, um einen Messverlauf zu überprüfen. Glaser (1995) gibt hierzu eine weitergehende Übersicht über Schwierigkeiten von Schülern wie auch Lehrern bei dem Umgang mit dem wissenschaftlich orientierten Experiment in der Schule.

Datenauswertung

Die während des Experimentes gesammelten Daten werden im Kontext der anfänglich gebildeten Hypothesen ausgewertet. Dieser Vorgang beinhaltet die Extrahierung der Daten, also Visualisierung in Form von etwa Graphen und Tabellen sowie Interpretation im Sinne der anfänglichen Hypothese. Kann der vermutete Zusammenhang gezeigt werden, so bestätigt sich (zumindest vorläufig) die Hypothese. Der Schüler widmet sich den verbleibenden Einflussgrößen. Kann er umfassend seine Vermutungen bestätigen, schließt der Schüler mit einem selbsttätig entwickelten Modell zur Beschreibung des Phänomens. Zeigt die Datenanalyse ein unerwartetes Ergebnis, kann der Schüler diese Erkenntnis überdenken, und seine ursprüngliche Hypothese ändern bzw. verwerfen, und durch neue Experimente oder genauere Datenanalyse anpassen.

Diese Phase fordert von dem Schüler das ineinander greifende Anwenden von mathematischen Fähigkeiten und ikonischen oder symbolischen Repräsentationsformen, sowie einer kritischen,

naturwissenschaftlichen Selbstreflektion. Es zeigt sich, dass bereits bei dem Gebrauch von Graphen und Tabellen dem Schüler mathematische Grundlagen fehlen können, um gesuchte Informationen zu extrahieren (Beichner, 1994). Schüler zeigen weiterhin eine starke Tendenz, trotz offensichtlicher Abweichung der im Experiment aufgenommenen Daten, ihre anfänglichen Hypothesen beizubehalten und punktuelles, ungewöhnliches Experimentverhalten zu ignorieren (Chinn und Brewer, 1993).

Die Beobachtung, dass Schüler in verschiedenen Phasen die Tendenz entwickeln, hypothesenbestätigende Experimente durchzuführen und während der Datenauswertung ungewöhnliche Befunde zu ignorieren, deckt sich mit Erkenntnissen aus der Sozialpsychologie. Hier treten die Einflüsse im kognitiven Wahrnehmungsempfinden (Wahrnehmungen, Gedanken, Meinungen, Einstellungen, Wünsche oder Absichten) einer Person als äußere Reize auf, die zu den bisherigen Vorerfahrungen der Person konsonant, dissonant oder irrelevant stehen. Nach der Theorie der Kognitiven Dissonanz rufen unvereinbare (dissonante) Kognitionen innere Konflikte (kognitive Konflikte) hervor, die Vermeidungsreaktionen oder Handlungen zur Auflösung des Konfliktes nach sich ziehen (Festinger, Riecken et al., 1957). Das Vorhandensein von Dissonanz übt auf die Person Druck aus, diese zu beseitigen oder zu reduzieren. Gleichfalls bedeutet dies, dass Menschen konsonante Kognitionen als angenehm empfinden und solche aktiv suchen. Daher versuchen Menschen dissonante Informationen zu vermeiden (Seeking-and-Avoiding-Hypothese) (Frey und Irle, 1993; Witte und Heitkamp, 2005; Stauber, 2007). Die Folge des geschilderten Verhaltens ist die selektive Wahrnehmung von Informationen. Schüler beim forschenden Lernen neigen deshalb dazu, einmal getroffene Entscheidungen zunächst beizubehalten. Neue Informationen, die zu aufgestellten Hypothesen in Widerspruch stehen, werden zunächst tendenziell abgewertet, während alle konsonanten Erkenntnisse tendenziell überschätzt werden. Erst wenn die durch die Dissonanz erzeugte innere Spannung zu groß wird, also die individuelle Toleranzschwelle überschreitet, ändert der Schüler die vermuteten Zusammenhänge, um so durch etwa Neuorientierung, Modifizierung der Hypothesen und neue Experimente wieder zur Konsonanz zu kommen. Beim kollaborativen forschenden Lernen werden kognitive Konflikte als wichtiger Motor für effektive Kollaboration und die Kokonstruktion von Wissen innerhalb der Gruppe angesehen (Kap. 3.2.2).

Eine Übersicht über häufig zu beobachtende Schwierigkeiten von Schülern während der transformativen Prozesse sind in Tabelle 3.1 aufgeführt.

Lernphase	
Orientierung	<ul style="list-style-type: none"> - Zu geringe Unterstützung durch die Lernumgebung; Schüler explorieren ungerichtet die Fachdomäne - Vermeintliche Hilfestellung durch die Lernumgebung leitet Schüler fehl - Zu detaillierte Hilfestellung durch die Lernumgebung verhindert den selbstgesteuerten Erkenntnisprozess - Lernumgebung nicht dem Entwicklungsstand der Schüler angepasst
Hypothesen	<ul style="list-style-type: none"> - Hypothese kann bereits mit dem Zusatzmaterial geklärt werden - Bei experimenteller Widerlegung der Hypothese wird das Problemfeld nicht eingeschränkt - Spezialfälle werden untersucht
Experiment	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung von Experimenten, die sich nicht zur Untersuchung des hypothesierten Zusammenhangs eignen - Entwicklung von hypothesenbestätigenden Experimenten, keine, die einen hypothesierten Zusammenhang widerlegen sollen - Nichtuntersuchte Parameter werden nicht konstant gehalten - Bei Computerlernumgebungen verleitet die einfache Bedienungsoberfläche zu ungerichteter Datenerfassung - Experimentaufbau oft nicht kritisch reflektiert
Datenauswertung	<ul style="list-style-type: none"> - Mathematische Voraussetzungen fehlen, um Information aus den Messdaten zu extrahieren, bzw. zu interpretieren - An Hypothesen wird trotz widerlegender Datenlage festgehalten - Punktuell ungewöhnliches Experimentverhalten wird ignoriert

Tab. 3.1 Häufig zu beobachtende Schwierigkeiten von Schülern während der transformativen Prozesse beim forschenden Lernen.

Die in dem Phasenzklus beschriebenen transformativen Prozesse werden nicht zwingend nacheinander abgeleistet. Der in Abb. 3.1 implizierte Zyklus erfüllt vielmehr zwei Aufgaben. Zum einen werden die Lernprozesse, die der Schüler durchläuft (Orientierung,

Hypothesenbildung, Experiment, Datenauswertung), systematisch aufgezählt und beschrieben. Zum anderen wird eine tendenzielle Reihenfolge dargestellt, die sich aus epistemologischen Erfahrungen, Überlegungen und Beobachtungen in Bezug auf den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess ergibt. Im Einzelfall wird sich ein Schüler flexibel entsprechend der Situation verhalten. Nach einer Datenauswertung kann er sich etwa entscheiden, als nächstes ein Experiment modifiziert zu wiederholen, weil ihm jetzt eine vorher unwahrscheinlich vorkommende Hypothese untersuchenswert erscheint (ohne sich neu zu orientieren). Während des anschließenden Experimentes orientiert er sich zwischenzeitlich noch einmal in der Literatur, um zu überprüfen, ob nicht ein anderer mathematischer Zusammenhang denkbar ist (Hypothesenbildung).

Eine weitere Strukturierung des Phasenzyklus ist problematisch. Einzelne Lernereignisse während der Phasen lassen sich in ihrer Bedeutung für die Wissenskonstruktion des Schülers nur schwer einschätzen. Ein Schüler etwa, der einflussnehmende Parameter nicht erkannt hat, wird diese nicht in seinen Hypothesen und den darauf aufbauenden Modellen berücksichtigen. Fällt dem Schüler dies allerdings im weiteren Verlauf seiner Arbeit auf und er durchläuft wiederholt, diesmal erfolgreich, den Phasenzyklus, um diese Vermutung zu untersuchen, hat er in der gewünschten Weise selbstgesteuert Wissen konstruiert, wahrscheinlich sehr nachhaltig. Dieses Beispiel deutet die Schwierigkeiten an, den Wert einzelner Lernereignisse für den Schüler abzuschätzen.

Während der letzten Jahrzehnte haben in der Entwicklungspsychologie und der Fachdidaktik viele neue Betrachtungen bezüglich des Schülers und seiner Lernprozesse während der Wissenskonstruktion Einzug gefunden. Frühere Modelle betrachteten das Lernen von neuem Wissen als reinen kognitiven Prozess (cold cognition), der durch rein fachbezogene Einflüsse zu einer Aufnahme von neuem Wissen oder zur Umstrukturierungen bereits vorhandenen Wissens bestimmt wird (Kunda, 1990; Suis, 1999). Moderne erkenntnistheoretische Modelle sehen als wesentlichen Faktor für das Lernverhalten eines Schülers seine regulativen Fähigkeiten während des Lernens. Seine Selbstregulation wird bestimmt durch Motivation sowie kognitive und metakognitive Fähigkeiten. Diese werden im Folgenden dargestellt.

3.1.1.2 Regulative Prozesse

Bei Problemlöseaufgaben im schulischen und akademischen Umfeld werden selbstregulative Fähigkeiten als entscheidend für den Lernprozess angesehen (Zimmerman und Pons, 1986; Schauble, Glaser

et al., 1991; Boekaerts, 1999). Als Selbstregulation wird hierbei die Handlungsfähigkeit eines Schülers angesehen, einer Lernsituation entsprechend angemessen zu agieren. Auch wenn der Phasenzyklus von Njoo und de Jong (1993) die regulativen Prozesse Planung und Monitoring des Schülers als Einflussgrößen betrachtet, finden generell die entsprechenden lernpsychologischen Grundlagen und Modelle in Bezug auf das selbstregulierte Lernen nur fragmentarisch Einzug in die didaktische Forschung. Die vorliegende Arbeit wird diesen Punkt im nachfolgenden vertiefen und die regulativen Prozesse des Phasenzyklus von Njoo und de Jong durch die Regulation des Selbst, des Lernvorganges und des Lernens nach dem Modell von Boekaerts (1999) konkretisieren.

Das selbstregulative Lernen ist nicht als eine zu erlernende Fähigkeit für einen Schüler anzusehen, die nach einmaligen Erwerb in beliebigen Lernsituationen mit unterschiedlichsten Inhalten und Aufgabenstellungen angewendet werden kann. Vielmehr versteht die Pädagogische Psychologie unter einem Schüler, der ein hohes Maß an Selbstregulation verfügt, dass dieser in einer ihm neuen Lernsituation eine hohe Handlungskompetenz besitzt. Die Handlungskompetenz wird hierbei durch das Repertoire an flexibel einsetzbaren Strategien zur Wissensaufnahme und Wissensverarbeitung bestimmt, sowie der Überwachung der am Lernen beteiligten Prozesse. Die Selbstregulation ist ein situativer Prozess, der durch die aktuellen Ziele, Motivationen und kognitiven Voraussetzungen bestimmt wird (Weinert, 1999).

Aktuelle Modelle der pädagogischen Psychologie beschreiben das Selbstregulierte Lernen als abwechselnden Einfluss von motivationalen, metakognitiven und kognitiven Prozessen auf das Lernverhalten des Schülers. Das in Pisa 2000 zu Grunde gelegte Modell von Boekaerts beschreibt Selbstregulation in 3 Ebenen (Abb. 3.2).

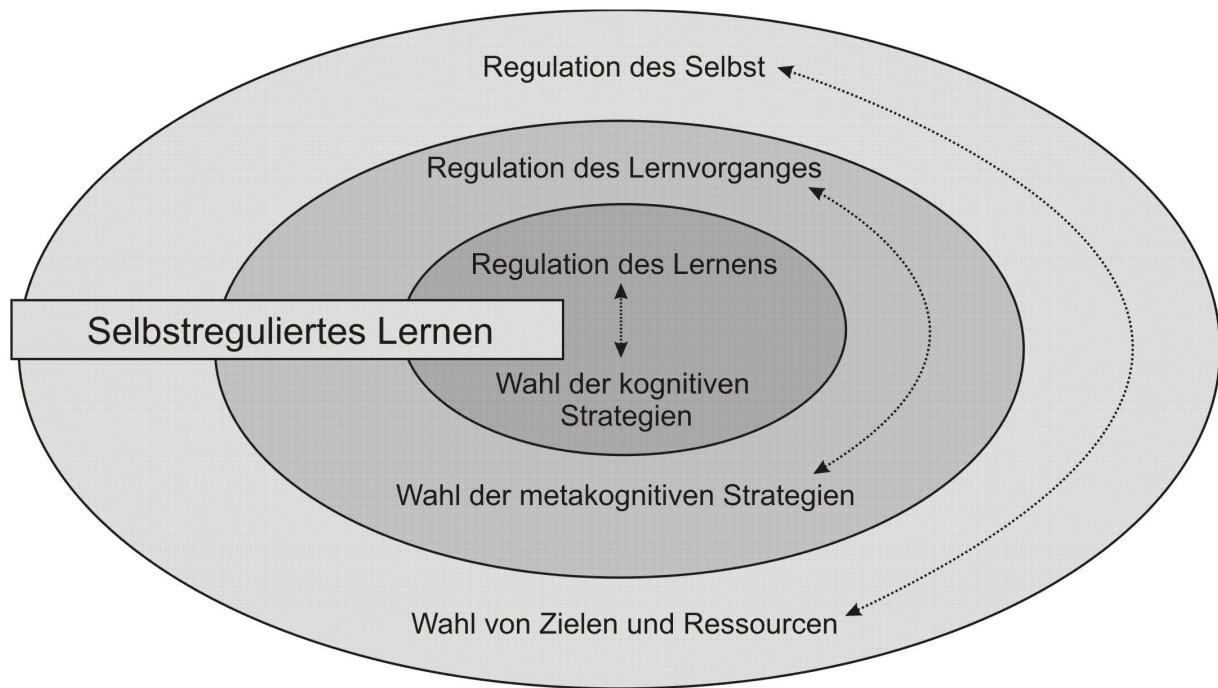


Abb. 3.2 Das 3-Ebenen Modell des Selbstregulierten Lernens von Boekaerts.

Wahl von Zielen und Ressourcen (Regulation des Selbst)

Selbstregulierte Lerner zeichnet die Bereitschaft aus, sich Ziele zu setzen, sich für anstehende Aufgabenschritte zu motivieren und Ergebnisse von Zwischenschritten kritisch zu verarbeiten. Die Regulation des Selbst ermöglicht das Umsetzen von Wünschen in Absichten sowie das Abschirmen der Lernvorgänge gegen konkurrierende Handlungsintentionen.

Am Anfang einer Tätigkeit, wie etwa einer Lerneinheit im Rahmen des forschenden Lernens, steht zunächst der Entschluss, diese Tätigkeit überhaupt zu beginnen. Dieser Schritt kommt durch verschiedene Einflüsse zustande. In der Schule ist dies etwa das Selbstverständnis als Schüler. Für den jetzt anstehenden Lernprozess ist im schulischen Umfeld weniger wichtig, ob der Schüler an dieser Lerneinheit teilnimmt, sondern wie viel Aufwand er bereit ist, zu investieren. Dabei spielen motivationale Faktoren des Schülers eine wichtige Rolle, wie etwa Interesse und Selbstkonzept (Marsh und Seeshing Yeung, 1997). Ein Schüler, der für eine bevorstehende Aufgabe alle erforderlichen kognitiven und metakognitiven Fähigkeiten besitzt, wird während der Arbeit unbewusst bestimmen, wie viel Potential er ausschöpft und welche Ressourcen er bereit ist zu investieren. Motivationsforschung zeigt, dass Schüler, die vielfältige metakognitive Vorgehensweisen für eine vorliegende Aufgabenstellung mitbringen und die einzusetzenden Ressourcen für ein möglichst erfolgreiches Lernen abschätzen können, bei zu geringer Motivation nicht willens sind, eben diese Ressourcen für

die Lernaufgabe zu investieren (Kuhl, 1994; (Rheinberg, 2000)). Sind motivationale Beweggründe nicht ausreichend gegeben, so kann auch Willenskraft als Antrieb für Selbstregulation beobachtet werden. Ein auch später für das kollaborative Lernen wichtiger motivationaler Gesichtspunkt ist das Auftreten von kognitiven Konflikten während des Lernens.

Bei komplexeren Problemlösungsverfahren sind meist viele kleinere Teilaufgaben zu bewältigen. Um das grundsätzliche Ziel zu erreichen, etwa ein naturwissenschaftliches Phänomen während des forschenden Lernens zu modellieren, wird ein Schüler während der Orientierung vermuten, welche Variablen Einfluss haben und wie groß dieser ist. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass eine hohe Überzeugung des Schülers bezüglich der Richtigkeit einer Vermutung negativ mit präziser und konzentrierter Arbeitsweise korreliert. Kuhn (2000) konnte zeigen, dass trotz ähnlicher Wichtigkeit und Komplexität der Fragestellungen die Schüler dazu tendierten, diejenigen zu untersuchen, die einen deutlichen Widerspruch zum Vorwissen darstellten. Eine für den Schüler funktionierende Lernumgebung sollte durchgehend versuchen, durch ausgewählte Fachinhalte kognitive Konflikte zu provozieren und so die Motivation hoch zu halten. Beim kollaborativen forschenden Lernen wird die Anwesenheit eines Partners u.a. durch die Absicht motiviert, über die Konfrontation mit den Fachkonzepten des Partners die Re- und Neukonstruktion von Wissen zu fördern.

Wahl der Metakognitive Strategien und die Fähigkeiten der Organisation (Regulation des Lernvorganges)

Diese zweite Ebene des Modells beschreibt die Organisation des eigenen Lernens. Dazu gehört zum ersten die Wahl der Vorgehensweise während des Lernens, die der Schüler aus eigener Erfahrung als angemessen für das Erreichen des Zieles erachtet. Des Weiteren sind verschiedene strukturierende Prozesse eingebettet, im einzelnen Planung, Ausführung, Monitoring, Evaluation und Korrektur (Brown, 1984; Weinstein und Mayer, 1986).

Metakognitive Strategien werden von dem Lernenden situativ gelernt und angewendet. Für einen Schüler, der sich beispielsweise mit Erfolg Verfahren zur Lösung von bestimmten mathematischen Problemen angeeignet hat (Ableiten einer Funktion nach der Variable x), kann es mit Schwierigkeiten verbunden sein, eben diese Strategie auch bei dem Lösen von einer entsprechenden physikalischen Fragestellung anzusetzen (Ortsfunktion partiell nach der Zeit ableiten). Der Wert einer kognitiven Strategie (Ableiten mathematischer Funktionen) ist nicht auf die Kenntnis um das Ableiten zu reduzieren, sondern in der Flexibilität,

diese Kenntnis auch bei etwa nichtmathematischen Problemstellungen verfügbar zu machen.

Wahl der Kognitiven Strategien (Regulation des Lernens)

Im Rahmen der Planung zum Erreichen des Zieles wählt der Schüler die ihm angemessene Vorgehensweise (Kognitive Strategie). Diese kognitiven Strategien betrachtet der Schüler in dem Kontext des aktuell zu bearbeitenden Inhaltes als erfolgsversprechend. Dem Schüler ist beispielsweise bewusst, dass die Untersuchung seiner Hypothese einer besonderen Form des Experimentes bedarf. Damit verbunden ist seine Kenntnis um die konkreten Vorgehensschritte, den damit verbundenen Aufwand und mögliche Schwierigkeiten bei der Umsetzung. Weitere Beispiele vor dem Hintergrund verstehensorientierten Lernaufgaben sind Elaborationsstrategien. Der Schüler erkennt bei Aufgabenstellungen, die von ihm die Integration neu gelernter Erkenntnisse in bestehendes Vorwissen fordern, dass er sich stets hinterfragt, wie der eben aufgenommene Stoff mit seinem Vorwissen vereinbar ist.

Dieses Model der Selbstregulation unterscheidet weiterhin zwischen interner, externer und geteilter Regulation. Die interne Regulation fasst die eigenen, selbstregulierenden Fähigkeiten des Schülers zusammen. Externe Regulation beschreibt lenkende Einflüsse von außen. Bei Problemlöseaufgaben wie etwa dem forschenden Lernen ist beispielsweise die Gefahr von kognitiver Überlastung bei ungerichteter Exploration der Fachdomäne vorhanden. Hier kann eine externe Regulation etwa in Form von Aufgabenzettel durch den Lehrer die Vorgehensweise des Schülers unterstützen. Dies stellt aber einen schwierigen Kompromiss dar, denn die übermäßige Darlegung von externer Regulation vermindert metakognitive Prozesse des Schülers und damit die Entwicklung eigener Problemlösestrategien (Weinert, 1999). Ein Schüler, der sich nicht während der eigenen Arbeit orientieren, nächste Schritte planen, überwachen und evaluieren muss, verlässt sich so auf metakognitiven Fähigkeiten des Lehrers oder auf dessen regulierende Anweisungen. Das Leitkonzept für Maßnahmen zur Unterstützung von forschenden Schülern sollte dem Modell von Boekaerts nach das Aktivieren und Reizen der internen Regulation sein³.

³ Insgesamt muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass dieses dreigliedrige Model ein Versuch ist, den weitläufigen und häufig auch unpräzisen Sammelbegriff des selbstregulierten Lernens erstmals für die PISA-Studie 2000 zu operationalisieren. Häufig wiederkehrende Kritik liegt in der Einschränkung des Modells auf die Aneignungsprozesse von Wissen und Strategien seines Erwerbs. Aspekte, die hierbei nur eine geringe bis gar keine Rolle einnehmen, sind etwa der Einfluss motivationaler und emotionaler Faktoren. Die für die Fachdidaktik relevante Suche nach Ursachen für verschiedene Regulationsprozesse wird nicht aufgegriffen.

Ein für die Lernform des kollaborativen forschenden Lernens wichtiger Aspekt ist die geteilte Regulation. Sie tritt auf, wenn gleichentwickelte Lerner gemeinsam eine Problemstellung bearbeiten. Dabei prägen sie mittels ihrer individuellen Fähigkeiten und Vorerfahrungen eine Verständigungsebene aus, über die sie ihr Vorgehen koordinieren (metakognitive und kognitive Strategien). Sich erfolgreich regulierende Gruppen können zusätzliche Motivation aufbauen und kokonstruieren mehr Wissen über kognitive Konflikte.

Der vorangegangene Phasenzzyklus hat transformative und regulative Prozesse beschrieben, die Schüler während des forschenden Lernens durchlaufen. Ein weiterer Ansatz zur Beschreibung von kollaborativ forschenden Schülern bildet das SDDS-Modell. Es ermöglicht, das Vorwissen eines Schülers in Relation zu dem zu erlernenden Fachwissen zu stellen und die Wissensentwicklung während des Lernens abzubilden.

3.1.2 Das Extended SDDS - Modell– Scientific Discovery as Dual Search

Das Extended SDDS-Modell beschreibt forschendes Lernen mit Hilfe von zwei abstrakten Aktionsräumen, dem Hypothesen- und Experimentraum. Es gründet sich auf Arbeiten von Klahr und Dunbar (1988). Das von denen entwickelte SDDS-Modell war ein allgemeiner Ansatz, das den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess unabhängig vom fachlichen Kontext mit den beiden Aktionsräumen beschrieb. Es sollte ermöglichen, den Prozess der Hypothesenbildung eines Schülers zu systematisieren und so mehr Einblicke in die Prozesse während der Wissenskonstruktion zu erhalten. Um mit Hilfe des SDDS-Modells die Wissenskonstruktion eines forschend lernenden Schülers unter Berücksichtigung seines Vorwissens zu beschreiben, erweiterten van Joolingen und de Jong (1997) den Ansatz von Klahr und Dunbar, indem sie den Hypothesenraum weiter strukturierten und eine Taxonomie zur Beschreibung möglicher Entwicklungsprozesse einführten. Der folgende Abschnitt stellt das Extended SDDS-Modell vor und schafft die Grundlage für das Extended SDDS-Modell zur Beschreibung einer kollaborativ forschenden Gruppe (Kap. 3.1.3). Dieses wird eine weitere Motivation für den Forschungsgegenstand dieser Arbeit liefern.

Der Grundansatz des SDDS-Modells bildet die Annahme, dass das Wissen eines Schülers in einer Fachdomäne durch die Hypothesen reflektiert wird, die dieser imstande ist zu äußern. Das Modell stellt die Wissenskonstellation eines Schülers zu dem Lerninhalt in Form eines Mengenschemas dar. Die Grundmenge des Modells ist der allgemeine Hypothesenraum (*Universal Hypothesis Space*). Er wird durch alle

möglichen Hypothesen aufgespannt, die in der Fachdomäne der aktuellen Lerneinheit aufgestellt werden können, unabhängig von deren fachlicher Richtigkeit. Das in der Lerneinheit vermittelte Wissen, das aus fachlicher Sicht als zutreffend angesehen wird, ist durch den Lernzielraum (*Target Conceptual Model*) repräsentiert. Der Schülerhypothesenraum (*Learner Hypothesis Space*) bezeichnet die Menge an Hypothesen, die ein Schüler eigenständig als zu der Domäne gehörig benennen könnte. Eine Untermenge davon stellt der Schülerwissensraum (*Learner Domain Space*) dar. Dieser beinhaltet alle Hypothesen, die ein Schüler im Rahmen dieser Fachdomäne als richtig einschätzen würde. Diese beiden Untermengen des allgemeinen Hypothesenraums repräsentieren die Ansichten und Vermutungen des Schülers (Abb. 3.3).

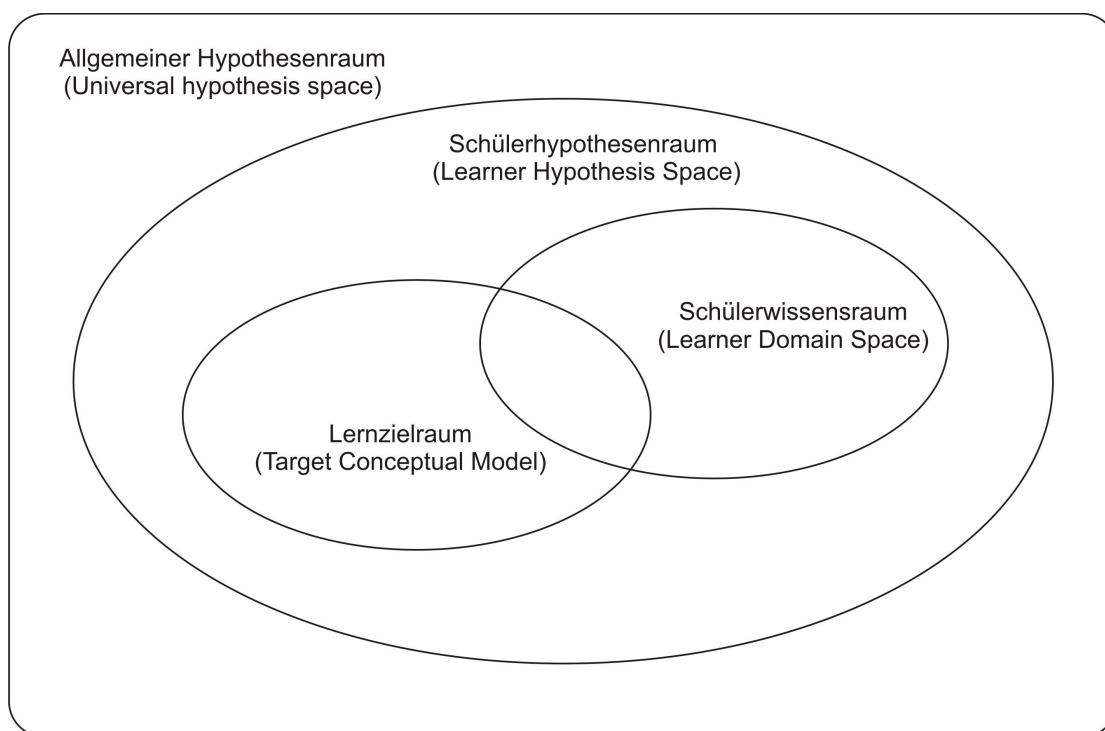


Abb. 3.3 Das SDDS-Modell zur Darstellung des Schülerwissens in Relation zu dem zu erlernenden Fachinhalt (Lernzielraum).

Während einer Lerneinheit zum forschenden Lernen versucht der Schüler, den unbekanntem Vorgang zu erschließen, sich also zumindest teilweise unbekanntes Wissen anzueignen. Im Idealfall kann er hierbei neues Wissen erschließen und Fehlvorstellungen überdenken. Das SDDS-Modell reflektiert diese Entwicklung, indem es den Allgemeinen Hypothesenraum und den Lernzielraum als feststehend betrachtet. Nur das Domänenverständnis eines erfolgreichen forschenden Schülers, also sein Schülerhypothesen- und Schülerwissensraum, ändert sich im Laufe der Lerneinheit. Durch neue Erkenntnisse aus theoretischen Überlegungen und selbst durchgeführten Experimenten wandeln sich

seine Anschauungen, wodurch sich das Domänenverständnis des erfolgreichen Schülers hypothesenweise auf den Lernzielraum abbildet.

Zusätzlich zu einer Abbildung der Wissensentwicklung während einer Lerneinheit können bereits vorher mit Hilfe des SDDS-Modells bei bekannter Wissenskonstellation Vorhersagen über den weiteren Verlauf getroffen werden. Bei einer angemessenen Lerneinheit bestehen Anknüpfungspunkte des Schülerwissens zu dem Lernzielraum, d.h. es gibt Überschneidungen zwischen dem Schülerwissensraum und dem Lernzielmodell. Der Schüler hat Möglichkeiten, eigenständig die Domäne zu explorieren, eigene Anschauungen zu reflektieren und sich neues Wissen zu erarbeiten. Ist die Lerneinheit zu anspruchsvoll oder ist der Lernzielraum bereits Teil des Schülerwissens, so können Lernprozesse aufgrund von Über- oder Unterforderung nur eingeschränkt stattfinden. Einige Lernumgebungen versuchen, durch entwicklungsstandabhängige, auf das Vorwissen angepasste Fachinhalte, einzelne Lernprozesse zu fördern (Manlove, Lazonder et al., 2006). In Abbildung 3.4 sind zur Verdeutlichung verschiedene Beispielfiguren dargestellt.

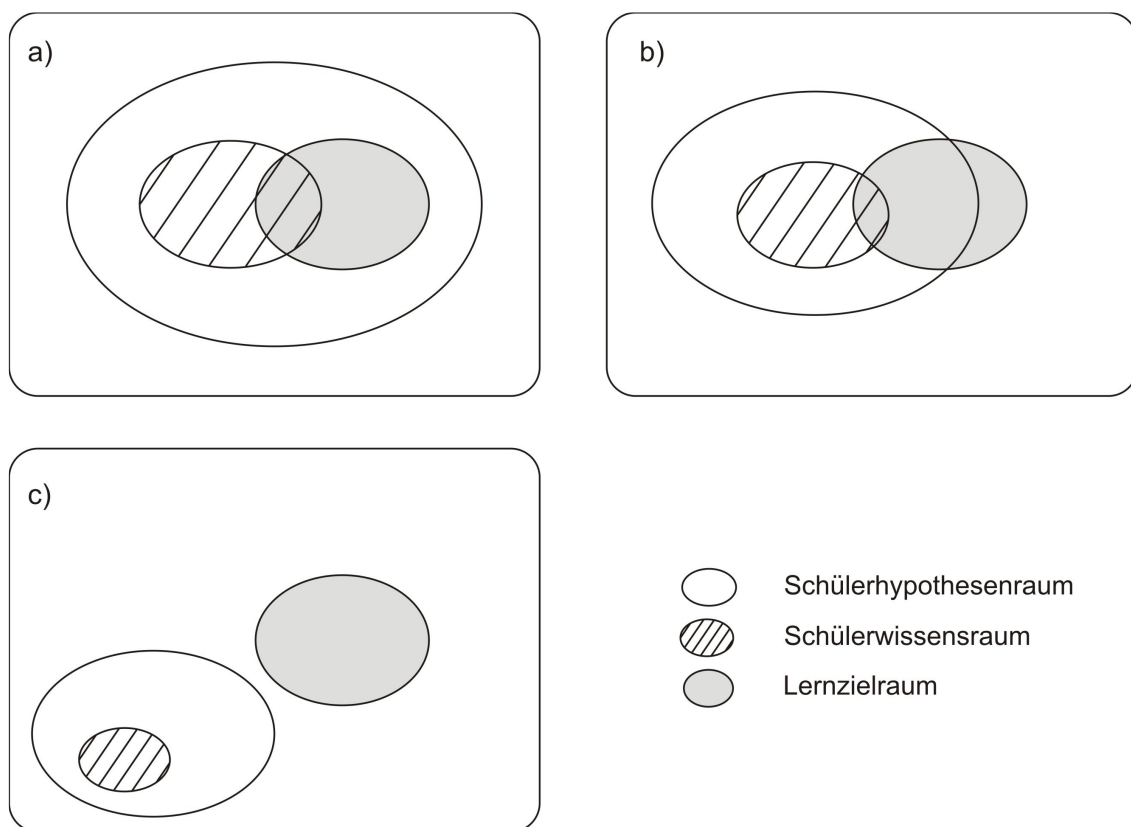


Abb. 3.4 Drei verschiedene Wissenskonstellationen sind abgebildet. a) Der Schüler besitzt Anknüpfungspunkte an das Lernzielmodell. Da es sich vollständig in dem Hypothesenraum des Schülers befindet und es Überschneidungen mit seinem Wissensraum gibt, hat er die Möglichkeit, eigenständig relevante Variablenverknüpfungen untersuchen. b) Ein Teil des

Lernzielmodells liegt außerhalb des Schülerhypothesenraums. Der Schüler muss sein Fachdomänenverständnis erweitern, um relevante Hypothesen in Bezug auf den Fachinhalt als untersuchenswert zu empfinden. Dies kann etwa durch Zusatzmaterialien wie Literatur passieren. c) Das Lernzielmodell liegt außerhalb des Domänenverständnisses des Schülers. Sein fachlicher Entwicklungsstand ist zu niedrig.

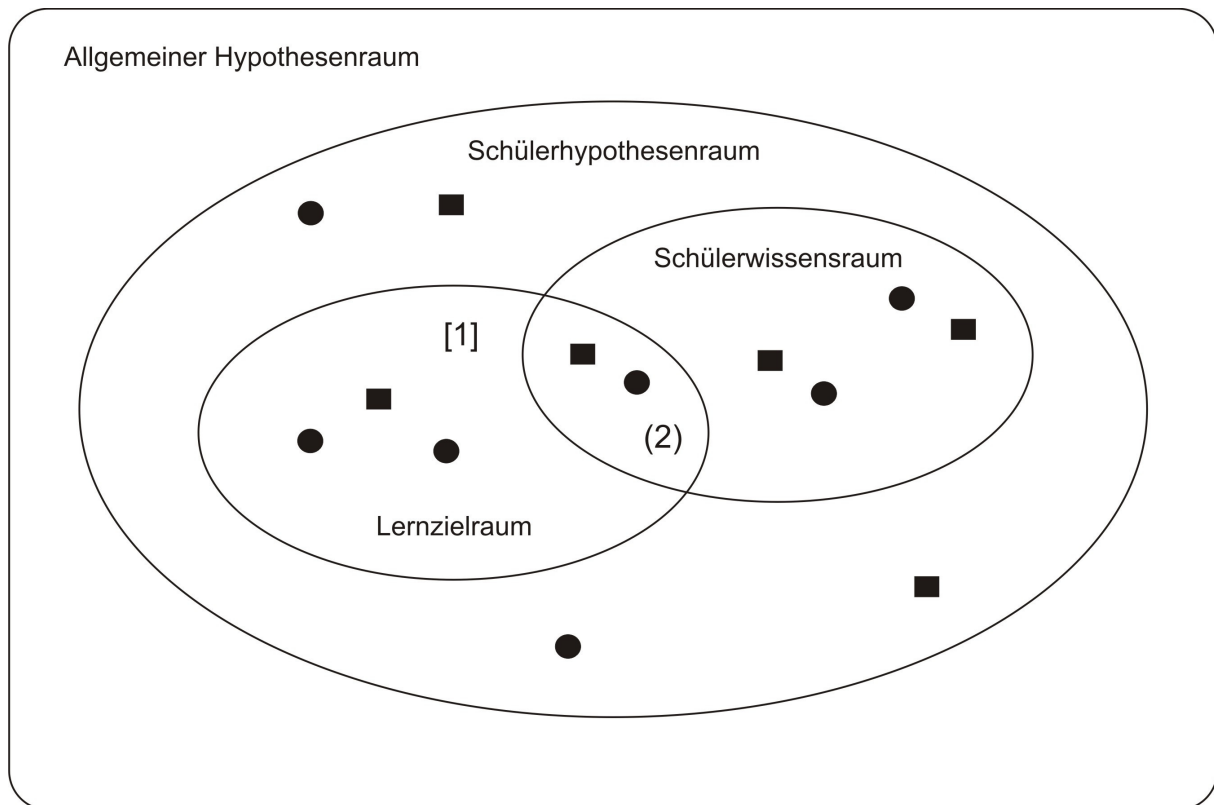
Jede Hypothese kann innerhalb des Modells eingeordnet werden. Hypothesen innerhalb der Schülerräume werden zusätzlich die Eigenschaft zugewiesen, ob sie der Schüler als *wahr* oder *möglicherweise wahr* ansieht. Hypothesen, die für den Schüler als *wahr* gelten, werden von diesem nicht weiter untersucht, solange nicht etwa ein deutlicher experimenteller Befund ihn zweifeln lässt. Sieht der Schüler eine Hypothese als *möglicherweise wahr* an, tendiert er eigenständig dazu, diese für ihn unsichere Aussage zu überprüfen. Zum Verständnis werden im Nachfolgenden einige Beispielhypothesen im Kontext der verwendeten Lerneinheit zum Treibhausmodell und ihre Einordnung in das SDDS-Modell aufgeführt (Abb. 3.5).

(1) Je höher die Sonneneinstrahlung desto geringer die Wärmekapazität der Erde.

Eine fachlich falsche Hypothese. Der Schüler sieht diese Hypothese allerdings als wahr an. Sie befindet sich damit innerhalb des Schülerwissensraumes und außerhalb des Lernzielmodells. Der Schüler wird seine Ansicht eigenständig nicht in Frage stellen. Ein deutlicher kognitiver Konflikt muss auftreten, damit er seine Hypothese hinterfragt.

(2) Ich glaube, dass Körper mit unterschiedlicher Wärmekapazität bei gleicher Lichtbestrahlung dieselbe Temperatur annehmen. Nur geht es bei dem Körper mit der geringeren Wärmekapazität schneller.

Eine fachlich richtige Hypothese. Sie ordnet sich in der Schnittmenge zwischen Lernzielmodell und Schülerhypothesenraum ein. In diesem Fall hat der Schüler zwar eine richtige Vermutung, aber er beobachtet kritisch neue Befunde und sucht gegebenenfalls eigenständig nach einer endgültigen Bestätigung.



- Hypothese, die der Schüler als "wahr" ansieht
- Hypothese, die der Schüler als "möglicherweise wahr" ansieht

Abb. 3.5 Extended SDDS-Modell. Die Beispielhypothesen [1] und (2) sind exemplarisch dargestellt.

Der zweite Aktionsraum, der die Handlungen eines Schülers während des forschenden Lernens darstellt, ist der Experimentraum. Er ist ähnlich aufgebaut wie der Hypothesenraum und umfasst die Gesamtheit aller durchführbaren Experimente in der Fachdomäne der aktuellen Lerneinheit. Auch hier kann ein Schülerwissensraum abgebildet werden, der die Menge an Experimenten repräsentiert, die ein Schüler eigenständig in dieser Domäne durchführen könnte. Der Lernzielraum entspricht dann den notwendigen Experimenten, die zur Untersuchung des Phänomens geeignet sind. Da die Vertiefung des Experimentraums keinen inhaltlichen Beitrag zu der vorliegenden Arbeit hat, wird er nicht weiter vertieft.

Das Extended SDDS-Modell ist zur Beschreibung der Wissenskonsstruktion eines alleine forschenden Schülers entwickelt worden. Ein Modell, das im Bereich des kollaborativen forschenden Lernens geeignet sein soll, die Wissenskonsstruktion der kollaborierenden Schüler zu beschreiben, sollte auch die Wissensunterschiede und das geteilte Wissen innerhalb der Gruppe berücksichtigen. Der folgende

Abschnitt beschreibt die Erweiterung des Extended SDDS-Modells für zwei Schüler.

3.1.3 Das Extended SDDS Modell für 2 Schüler

Odaka und Simon (1997) wiesen darauf hin, dass ein Modell benötigt wird, welches das Vorwissen und den Lernfortschritt aller Gruppenmitglieder während einer Unterrichtseinheit zum kollaborativen forschenden Lernen darstellt. Das Extended SDDS-Modells für zwei Schüler kann dies ermöglichen. Die nachfolgenden Ausführungen beschreiben den Einfluss einer hohen gemeinsamen Wissensbasis und die daraus resultierenden kognitiven Konflikte auf das Lernverhalten und bilden damit eine Motivation für die im Rahmen dieser Studie untersuchte Maßnahme in Form eines Vorwissensaustausches.

Nicht alle Vorstellungen innerhalb einer Fachdomäne werden von den Schülern einer Schülergruppe geteilt. Die Erweiterung des Extended SDDS-Modells (Kap. 2.2) auf zwei Personen ermöglicht, individuelles Wissen und geteiltes Wissen einer kollaborativ forschenden Schülergruppe darzustellen. Das geteilte Wissen ist die Schnittmenge beider Schülerwissensräume. Wollen zwei Schüler miteinander eine fachliche Problemstellung angehen, so ist für eine erfolgreiche Kollaboration notwendig, dass sich die betrachtete Hypothese in der Menge des geteilten Wissens befindet. Dabei kann das individuelle Wissen der Schüler in verschiedener Konstellation bezüglich einer einzelnen Hypothese stehen. Das Modell zeigt, dass nahezu alle Konstellationen in der Menge des geteilten Wissens zu einem kognitiven Konflikt führen können. Bei erfolgreicher Kollaboration versuchen die Schüler, diesen Konflikt durch Fachdiskussionen, gemeinsam durchgeführten Experimenten und gemeinsamer Literaturrecherche zu lösen. Idealerweise führt dies zur Ausprägung einer gemeinsamen Wissensbasis (Common Ground). Ist das Lernzielmodell einer Lerneinheit dem Entwicklungsstand beider Schüler angepasst, kann davon ausgegangen werden, dass tendenziell fachlich richtiges Wissen gemeinsam konstruiert wird. Die folgenden drei Beispiele verdeutlichen den Zusammenhang. Hierbei beschäftigen sich zwei Schüler mit dem Zusammenhang zwischen der einfallenden Sonneneinstrahlung und der Wärmekapazität der Erde. Die drei dargestellten Wissenskonstellationen sind in Abbildung 3.6 visualisiert.

Lernzielmodell	Eine Änderung der Sonneneinstrahlung hat keinen Einfluss auf die Wärmekapazität der Erde (fachlich richtig).
----------------	--

Beispiel 1

Schüler A „Sag mal, die Sonneneinstrahlung verändert die Wärmekapazität der Erde doch überhaupt nicht, oder?“

Schüler B „Genau. Die Wärmekapazität beschreibt die Menge an Energie, die von der Erde aufgenommen werden muss, damit sie sich um ein Grad erhöht. Sie wird von der Stärke der einfallenden Strahlung nicht beeinflusst.“

Schüler A vermutet, dass die vorliegende fachlich richtige Hypothese falsch ist. Schüler B glaubt zu wissen, dass die Hypothese richtig ist.

Werden sich die beiden Schüler schnell ihrer unterschiedlichen Ansichten gewahr, können sie versuchen, diesen kognitiven Konflikt durch Diskussion und Experimente zu lösen. Zweifel, die Schüler A hegt, kann er ausdrücken und können durch Schüler B bei der eigenen Argumentation berücksichtigt werden. Beide Schüler haben die Möglichkeit, aktiv im Lernprozess zu kollaborieren.

Beispiel 2

Schüler A „Die Wärmekapazität ist ja so etwas wie eine Bodeneigenschaft, da ist egal ob die Sonne scheint oder nicht.“

Schüler B „Hmmm ... Mein ich auch. Irgendwie bleibt der Boden ja gleich, auch wenns dunkel wird.“

Schüler A „Genau. Ein Stein auf dem Mond kann genauso viel Sonnenenergie aufnehmen wie auf der Erde. Die haben nix miteinander zu tun“

Schüler A meint zu wissen, dass diese fachlich richtige Hypothese wahr ist. Schüler B vermutet, dass diese wahr ist.

Die Hypothese liegt innerhalb beider Schülerwissensräume. In diesem Beispiel entsteht kein kognitiver Konflikt, da die Erklärung von Schüler A die Vermutung von Schüler B bestärkt und ihm plausibel erscheint. Allerdings prüfen auch in solchen Konstellation Schüler durchaus ihre Vermutung, um Sicherheit in diesem Zusammenhang zu erhalten.

Beispiel 3

- Schüler A „Ich glaube, eine höhere Sonneneinstrahlung vermindert irgendwie die Wärmekapazität.“
- Schüler B „Kann sein. Ich höre den Begriff Wärmekapazität das erste Mal.“

Schüler A vermutet, dass diese fachlich richtige Hypothese nicht wahr ist. Schüler B kann die Hypothese nicht beurteilen.

Die Hypothese liegt außerhalb der Schülerwissensraums von Schüler B. Dieser hat nicht die notwendige Kenntnis von den zum Verständnis benötigten Fachkonzepten. Schüler A wird nur aufgrund eigener Zweifel eventuell seine Ansicht durch Experimente prüfen. Ein kognitiver Konflikt zu Schüler B kann nicht entstehen. In einer Diskussion kann Schüler B nichts beitragen, keine gemeinsame Wissenskonstruktion entsteht.

Weiterhin gibt es nur noch den Fall, dass beide Schüler eine fachlich falsche Hypothese als wahr annehmen, also beide Schüler dasselbe Misskonzept haben. Hier kommt es ebenfalls nicht zu einem kognitiven Konflikt.

Kognitiven Konflikten führen kann, die zu einer effektiveren Kollaboration und höherem Lernerfolg führen.

3.1.4 Unterstützende Maßnahmen für forschende Schüler

Bei der Gestaltung von Unterrichtseinheiten im Sinne des forschenden Lernens kann auf weitreichende Erkenntnisse aus der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung zurückgegriffen werden. Dieser Abschnitt skizziert empirische Forschungsergebnisse, die auch später bei der Gestaltung der in dieser Studie verwendeter Unterrichtseinheit berücksichtigt werden. Zusätzlich führt dieser Abschnitt die Kollaboration während des forschenden Lernens als Möglichkeit ein, forschende Schüler bei ihren schwierigen Lernprozessen zu unterstützen.

Aufgrund der Komplexität der auftretenden Prozesse während des forschenden Lernens ist es je nach Entwicklungsstand der Schüler notwendig, diese während einzelner Arbeitsphasen zu unterstützen, um etwa kognitive Überlastung zu verhindern (Komis, Avouris et al., 2002). Kirschner (2006) etwa weist darauf hin, dass forschendes Lernen trotz seiner Popularität immer wieder nicht die gewünschten Erfolge bringt, da der Schüler meist ohne strukturierende Bezugspunkte der eigenen Wissenskonstruktion überlassen wird. Metastudien bestätigen die Schwierigkeit der angemessenen Unterstützung von Schülern beim forschenden Lernen und zeigen, dass nahezu sämtliche Studien seit den 60er Jahren darstellen konnten, dass Schüler mit unterstützenden Instruktionen und einem thematischen Fokus auf das Curriculum gegenüber Schülern, die vollständig eigenverantwortlich Themen explorierten, einen höheren Lernerfolg und Langzeitwissen aufbauen konnten (Mayer, 2004). Dies wird auch durch entwicklungspsychologische Beobachtungen gestützt (Mayer, 1987). Der Lehrer kann hier Hilfestellungen wie vorbereitete Hintergrundmaterialien und Arbeitsanweisungen zur Verfügung stellen (Kap. 3.1.4). Dieses ist nur teilweise auf den fachinhaltlichen Kontext bezogen. Vielmehr sollen die Schüler in Abhängigkeit ihres Entwicklungsstandes und ihrer Erfahrung mit selbstregulierten Arbeiten bei Problemlöseaufgaben in kognitiv anspruchsvollen Phasen unterstützt und die Vorgehensweise strukturiert werden.

Unterstützende Maßnahmen innerhalb der Lernumgebung und gezielte Unterstützung durch den Lehrer spannen ein weites Forschungsgebiet auf (Muukkonen, Lakkala et al., 2005). Die Entwicklung der anfänglichen Aufgabenstellung kann bereits in der Orientierungsphase positiven Einfluss auf Motivation und Selbstregulation des Schülers nehmen, wenn diese nicht bezugslos vorgesetzt wird, sondern durch eigene kognitive Anstrengungen des Schülers herbeigeführt ist (Bereiter, 2002;

Hakkarainen und Sintonen, 2002). Bei der Auswahl von Hintergrundmaterialien sollte dem Schüler ermöglicht werden, seine meist intuitiven Kenntnisse und die durch seinen fachlichen Entwicklungsstand limitierten Ansichten mit gefestigten wissenschaftlichen Theorien und Ausdrucksweisen vergleichen zu können (Scardamalia und Bereiter, 1994). Dies bekräftigt auch Chi (1989), die ein effizienteres Lernverhalten beobachtet, wenn in den Arbeitsmaterialien wissenschaftliche Sichtweisen und Argumentation dargestellt werden.

Der Zweck von Hilfsmitteln während des Lernens ist darin zu sehen, dass die Schüler in der Lage sind, anspruchsvollere Aufgaben zu bewältigen, die sie ohne Hilfsmittel kognitiv überlasten (Reiser, 2002). Eine Vielzahl von Maßnahmen, wie etwa Aufgabenformate mit Zwischenzeitzielen, eignen sich zum einen, die kognitive Last des Schülers zu verringern, sowie ungerichtetes Forschen des Schülers einzuschränken, um die durch Lerneinheit beabsichtigten Fachzusammenhänge nicht in den Hintergrund geraten zu lassen (Dunbar, 1993). Allerdings führt die Bereitstellung von Hilfsmitteln nicht zwangsläufig zu einer Unterstützung des Lernens (Reiser, 2002). Dem Schüler sollte etwa eine benötigte Information, die nur durch unangemessene eigene Anstrengungen beschafft werden kann, zu dem benötigten Zeitpunkt zur Verfügung gestellt werden (Njoo und de Jong, 1993). Reimann und Beller (2002) etwa beschreiben Lernerfolge, wenn bei auftretenden Problemen zunächst gezielt Vorerfahrungen der Schüler aufgerufen werden. Die Schwierigkeit solcher Maßnahmen, die wie hier regulative Prozesse unterstützen sollen, liegt in dem Erkennen des richtigen Zeitpunktes. So wurde bei Prozesskoordinatoren, die den Schüler mit strukturierenden Leitfäden bei auftretenden Schwierigkeiten unterstützen sollten, eine wiederkehrende Ablehnung beobachtet. Zu Beginn der Lerneinheit wurden diese Hilfsmittel zwar kurz von dem Schüler begutachtet, aber im späteren Verlauf der Arbeit riefen die Schüler bei auftretenden Schwierigkeiten, also im Kontext einer akuten Problemstellung, diese Prozesskoordinatoren nicht aktiv auf.

Maßnahmen zur Unterstützung von forschenden Schülern sind oft auf die Lernprozesse eines Schülers fokussiert. Die an die wissenschaftliche Methode angelehnte Unterrichtsform des forschenden Lernens vernachlässigte dabei einen wesentlichen Aspekt wissenschaftlicher Arbeit, und zwar die Fachdiskussion mit anderen Wissenschaftlern während des Erkenntnisprozesses. Anfang der 80er Jahre wurden Untersuchungen durchgeführt, in denen Schülergruppen kollaborativ Unterrichtseinheiten zum forschenden Lernen durchliefen. Dabei konnte gezeigt werden, dass die Schülergruppen nahezu immer höheren oder

zumindest gleichhohen Lernerfolg vorwiesen als alleine arbeitende Schüler. Qualitative Gesprächsanalysen deuteten darauf hin, dass sich die Schüler innerhalb der Gruppe im Besonderen bei regulativen Prozessen unterstützen. Die Kollaboration während des forschenden Lernens wurde selbst Forschungsgegenstand. Es wird angenommen, dass kollaborativ forschende Schülergruppen eine gemeinsame Wissensbasis aufbauen und neues Wissen kokonstruieren. Besonders bei Aufgabenstellungen des forschenden Lernens ist kollaborative Gruppenarbeit geeignet, um die Schüler zu unterstützen (Salomon und Globerson, 1989; Saab, van Joolingen et al., 2005).

3.2 Kollaborationstheorien aus der Psychologie

In dem Abschnitt 2.3 wurde die kollaborative Gruppenarbeit als Möglichkeit zur Unterstützung der Schüler beim forschenden Lernen eingeführt. Die Grundlagen auf dem Gebiet des kollaborativen Lernens lehnen eng an psychologischen Entwicklungs- und Lerntheorien an (Bruner, 1961). Zunehmend versucht fachdidaktische Forschung auf dem Gebiet des kollaborativen forschenden Lernens, gezielt die Kollaboration von Schülergruppen zu fördern. In der hier vorliegenden Arbeit wird der Einfluss einer Maßnahme untersucht, die darauf abzielt, die Effektivität der Kollaboration innerhalb einer Schülergruppe im Schulunterricht während des kollaborativen forschenden Lernens zu verbessern. Für die Motivation der Maßnahme in Form eines Vorwissensaustausches werden die Begriffe *Inter- & Innersubjektebene*, *Geteilte Kognition* und *Kommunikation* (epistemologisch) grundlegend sein und sind im Folgenden ausführlich beschrieben.

Forschungsarbeit im Bereich des kollaborativen Lernens konzentrierte sich anfänglich auf das Verhalten und die Reaktion des Individuums innerhalb der Gruppe. Dieser Ansatz war begründet in der Kognitionspsychologischen Sichtweise der 70er und 80er Jahre, nach der die Kognition eines Einzelnen als Summe von Informationsprozessen gesehen wurde und der soziale Kontext allenfalls eine Hintergrundvariable darstellte (de Groot, 1969; van der Linden, Erkens et al., 2000). Dies änderte sich erst mit den Anfängen des Sozio-Konstruktivismus. Aus empirischer Sicht war das Ziel zunächst festzustellen, ob, bzw. unter welchen Umständen kollaboratives Lernen effektiver ist als das Einzellernen. In Forschungsarbeiten wurden Variablen wie Gruppengröße, Gruppenzusammensetzung, Art der Aufgabenstellung, Medienwahl, usw. variiert. Die Vielzahl an Variablen und deren unterschiedliche, scheinbar stark situativ bedingten Interrelationen machten es schwierig, belegbare Beziehungen zwischen Randbedingungen und Lernerfolg innerhalb einer Gruppe festzumachen.

Ein wichtiger Fortschritt wurde erreicht, als zunehmend die soziale Interaktion selbst zum Forschungsgegenstand wurde. In der Kollaborationsforschung können heute drei theoretische Ansätze gefunden werden: Der sozio-konstruktivistische Ansatz, der sozio-kulturelle Ansatz und die Theorie der geteilten Kognition (shared cognition) (Dillenbourg, 1999).

Piagets Erkenntnistheorie konzentriert sich auf die Entwicklung eines aufwachsenden, einzelnen Individuums. Zwei seiner Hauptaspekte des Lernens, *Kognitiver Konflikt* und *Koordination der eigenen und fremden Meinung*, motivierten in den 70er Jahren Kognitionspsychologen die sozio-konstruktivistische Theorie zu entwickeln (Mayer, 1987). Der Schwerpunkt dieses Ansatzes betont deutlich stärker die Interaktion mit einem Partner während des Lernens. Die Hauptthese ist hierbei, dass im Sinne der Erkenntnisgewinnung ein Individuum mit anderen derart interagiert, dass es deren Ansichten über die Realität mit den eigenen Anschauungen in Einklang bringen möchte (Doise, 1990). Die mit dieser Theorie verbundene empirische Forschung basierte auf Piagets Konversationsbeispielen und versuchte, einen Konflikt auf sozialer Ebene als Katalysator für die Umstrukturierung der individuellen Kognition zu erhalten (Sozio-kognitiver Konflikt). Die hierbei gefundenen Ergebnisse deuteten darauf hin, dass unterschiedliche Entwicklungsstadien der Individuen und unterschiedliche Anschauungen förderlich für die gemeinsame Erkenntnisgewinnung sind. Es ergab sich die Fragestellung, wie möglichst viel kognitiver Konflikt in einer Gruppe ausgelöst werden kann. Dies passierte immer noch auf den Grundlagen Piagets, bei denen die individuelle Kognition wichtigste Größe für die Neugewinnung von Erkenntnissen war. Zwei Kinder, die sich in unterschiedlichen Stadien der Entwicklung befinden, lernen demnach nicht voneinander. Das weniger entwickelte Kind hat durch soziale Interaktion die Möglichkeit, die ausgeprägteren Fähigkeiten des anderen Kindes zu modellieren. Vermehrt wurde die sozio-konstruktivistische Anschauung als zu mechanisch angesehen (Perret-Clermont, 1991), und Lernpsychologen betonten Beobachtungen, dass auch zwei gleichentwickelte Kinder mit unterschiedlichen Ansichten, die jeweils falsch waren, gemeinsam ein richtiges Konzept herausarbeiten können (Glachan und Light, 1982). Es wurde in Betracht gezogen, dass unterschiedliche Anschauungen nicht Automatismen hervorriefen, die in der Reorganisation von Wissen resultieren. Ein weiterbringender Gedanke war, zusätzlich zu den Lernprozessen des einzelnen Schülers die Interaktion zwischen beiden Lernenden zu beobachten. Empirische Studien zeigten, dass die Art der Kommunikation bei einem gemeinsamen Lernprozess eine wesentliche Rolle spielte. Dies drückte sich deutlich in Untersuchungen von etwa Bearison und Zimiles (1986)

aus, die beobachteten, dass nichtverbales, kollaboratives Arbeiten an Problemlöseaufgaben zu keinen überzufälligen Vorteilen gegenüber dem Einzellernenden führte. Der aufkommende sozio-kulturelle Ansatz gewichtete die Rolle der Kommunikation während der sozialen Interaktion stärker (Blaye, 88; Gilly, 1989). Hiernach ist Erkenntnisgewinnung vor dem kulturellen und historischen Hintergrund zu sehen. Neues Wissen wird nicht individuell, sondern in der Gesellschaft gemeinsam erlangt und geteilt (Rojas-Drummond und Mercer, 2003).

Im Gegensatz zu Piaget, der die soziale Impression als Katalysator für daraus zwingend resultierende Kognitionsprozesse in einem Individuum ansah, beobachtete Vigotsky, dass zwei Personen zunächst ihren Vorerfahrungen entsprechend durch wechselseitige Aussagen und Reaktionen des Gegenübers eine gemeinsame, für diese beiden Personen charakteristische Verständigungsebene (Intersubjektebene) herausbildeten (Vygotsky, 1962; Vygotsky, 1978). Vigotsky legte die Grundlage für den sozio-kulturellen Ansatz und beschrieb Erkenntnisgewinnung mit anderen Menschen durch Kommunikation über die Intersubjektebene mit dem Partner und kognitiver Verarbeitung auf der Innersubjektebene des Individuums. Die beiden Lernenden begegnen sich auf der Intersubjektebene, indem sie verbal kommunizieren und dieses in dem situativen Kontext interpretieren. In einem Beispiel verdeutlicht beginnt Kind A mit einer Handlung, z.B. mit einer Aussage und damit verbundener Gestik. Kind B vollführt danach eine Reaktion. Diese Reaktion von Kind B ermöglicht Kind A zu interpretieren, wie Kind B seine Handlung aufgenommen hat (Fox, 1987). Genauere Analysen sozio-kultureller Studien zeigen, dass Gruppenteilnehmer versuchen, sich im Besonderen durch Änderung des Satzbaus und ihres Vokabulars dem Milieu des Partners anzupassen, also eine tiefere Intersubjektebene auszubilden. Die Kommunikation ist hiernach im Sinne wechselseitiger Regulierung als Voraussetzung für eine sinngemäße Internalisierung anzusehen (Rogoff, 1990). Erst auf der zweiten, Innersubjektebene wird die Deutung dieser Kommunikation in Bezug auf die eigenen Vorstellungen und Konzepte verarbeitet. Vigotsky definierte in diesem Zusammenhang die Zone der proximalen Näherung, die als der Unterschied zwischen dem aktuellen Entwicklungsstand und dem möglichen (potentiellen) Entwicklungsstand unter der Führung eines Erwachsenen oder in Kollaboration mit einem weiterentwickelten Partner zu verstehen ist.

In der heutigen Kollaborationsforschung findet das Modell der geteilten Kognition hohe Akzeptanz, welches sich aus den zuvor beschriebenen Erkenntnistheorien bildete (Dillenbourg, Baker et al., 1996). Dieses

Modell sieht in den Teilnehmern einer Gruppe und der Gruppe an sich eigene vollwertige kognitive Systeme. Forschungsfragen, die diesem Ansatz der geteilten Kognition nachgehen, versuchen zu ergründen, welche Lernprozesse bei den einzelnen Teilnehmern und der Gruppe als solche auftreten. Dabei ist von besonderem Interesse, wie sich die Gruppe mithilfe ihres geteilten Wissens neues Wissen gemeinsam erarbeitet (kookonstruiert). Dabei rückt nicht nur die soziale Interaktion, sondern auch das soziale Umfeld der Interagierenden in den Vordergrund. Beispielsweise wird ein Schüler einem nahestehenden, befreundeten Schüler gegenüber, von dessen gutem Verständnis von Physik er überzeugt ist, eine andere Sprachkultur ausprägen, als gegenüber eines z.B. andersgeschlechtlichen, unbekanntem Partners. Dieser Ansatz nimmt an, dass das gemeinsame Lernverhalten der Gruppe durch die Verfügbarkeit des geteilten Wissens bestimmt wird, was der Qualität einer fachbezogenen Intersubjektebene beim soziokulturellen Ansatz entspricht. Jede gemeinsame Erfahrung während einer Zusammenarbeit führt zu einer weiteren Ausprägung des geteilten Wissens und einer tieferen Ausprägung der fachbezogenen Intersubjektebene für zukünftige Aufgaben. Gruppenteilnehmer eignen sich während der Zusammenarbeit ein Vokabular, Grammatik und soziale Gesten an, die auch für zukünftige Zusammenarbeit grundlegend sind. Der sozio-kulturelle Aspekt der Intersubjektebene und das gemeinsame Wissen der geteilten Kognition bilden einen theoretischen Hintergrund für die Motivation der hier vorliegenden Forschungsfrage.

Zur Beurteilung der Kollaboration in einem Lernszenario sind geeignete Instrumente notwendig. Die Beobachtung der Interaktion während des kollaborativen Lernens war lange stichprobenartig, da das in der empirischen Forschung im sozio-kulturellen Bereich vorwiegend verwendete Instrument zur Messung des Lernerfolges der Vor- und Nachtest des Individuums war. Erst durch den Fokus der nachfolgenden Lerntheorien auf die sozial-fachliche Kommunikation wurden neue Instrumente wie Gesprächsanalysen verwendet. Die Wahl der Instrumente für empirische Untersuchungen wird auch vor dem Hintergrund des jeweiligen epistemologischen Ansatzes bestimmt. Empirische Studien im sozio-kognitiven Bereich führten vornehmlich Vor- und Nachtests durch und ermittelten über Varianzen die Effekte. Die Kollaboration als solche wurde als schwarze Box gesehen und nicht weiter untersucht. Erst mit dem sozio-kulturellen Ansatz wurde auch die soziale Ebene während der Kollaboration Gegenstand der Untersuchungen. Forschung im Bereich der geteilten Kognition legt nahezu den gesamten Schwerpunkt auf die Analyse der sozialen Interaktion während des Lernens (Hmelo-Silver und Bromme, 2007). Hier werden zusätzlich über motivationale Skalen und

Gesprächsanalysen Erkenntnisse gesucht. Auch die Randbedingungen der Studien sind durch den Theoried Hintergrund bedingt. So sind etwa Untersuchungen, die an Piagets Arbeiten anlehnen, mit Gruppenteilnehmern gleichen Alters oder vergleichbarer Entwicklungsstufe durchgeführt worden. An Vigotsky angelehnte Forschung bezieht sich meist auf die Interaktion zwischen Experten und Laien (Bromme, 2000; Bromme, Jucks et al., 2004). Diese Präferenzen machen es teilweise schwierig, Untersuchungsergebnisse zu generalisieren.

3.2.1 Forschungserkenntnisse und Dimensionen des kollaborativen Lernens

Der Forschungsbereich des kollaborativen Lernens zeigt eine große Anzahl von Studien, die den Einfluss der Kollaboration und Maßnahmen zur Unterstützung kollaborierender Schüler untersuchen (Übersicht in Lethinen (1999)). Es können allerdings nur wenige Erkenntnisse generalisiert werden, ohne die kollaborative Gruppenarbeit in dem jeweiligen situativen Kontext zu betrachten (Linn, Davis et al., 2004). Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über die für diese Arbeit relevanten Erkenntnisse und beschreibt Dimensionen, die eine Strukturierung von Kollaborationsforschung vor dem Hintergrund der Lernsituation ermöglichen.

Metastudien, die Forschungsarbeiten zu dem Vergleich kollaborierender mit alleine lernenden Schülern bei problemorientierten Aufgaben zusammenfassen, zeigen unter verschiedenen Randbedingungen für die Gruppen einen größeren, mindestens aber gleich hohen Wissenszuwachs (van der Linden, Erkens et al., 2000). Weiterhin ist eine Vielzahl von Studien zu finden, die den Effekt von dritten Variablen auf das Kollaborationsverhalten untersuchen (Rochelle, 1992; Pea, 1996; Dillenbourg, 1999). Allerdings bemerken selbst diese Autoren oft kritisch, dass Studien, die Zusammenhänge unabhängig von der Lernsituation erforschen, zwar eine Vielzahl von Indikatoren herausstellen können, aber kausale Zusammenhänge nur selten nachweisbar sind (Arvaja, Salovaara et al., 2007). Forschungsvorhaben müssen bedenken, dass z.B. die Gruppenzusammensetzung und Aufgabenstellung die Effektivität der Kollaboration mitbestimmen und diese vor dem Hintergrund der zu erlernenden Fähigkeiten zu sehen ist (Damon und Phelps, 1989; Dillenbourg, Baker et al., 1996). Dillenbourg (1996) schlägt vor, die Lernsituationen in der Kollaborationsforschung zu systematisieren, indem sie entlang dreier Dimensionen normiert werden: Gruppenzusammensetzung, Individuelle Fähigkeiten und Art und Kontext der Aufgabenstellung (Abb. 3.7).

Jede Dimension wird durch weitere Parameter charakterisiert. Im Rahmen der Gruppenzusammensetzung sind dies z.B. Gruppengröße, Geschlecht und Heterogenität in Entwicklungs- und Wissensunterschieden zwischen den Gruppenteilnehmern. Die zweite Dimension beschäftigt sich mit den individuellen Fähigkeiten der Schüler innerhalb der Gruppe, also inwiefern die erfolgreiche Kollaboration durch den absoluten Entwicklungs- und Wissensstand des Einzelnen begünstigt wird. Beispiele hierfür sind Intelligenz, sozialer Status und Fachwissen. Im schulischen Kontext ist diese Dimension durch die untersuchte Klassenstufe und Schulform charakterisiert. Die dritte Dimension spannt die Menge an Aufgabentypen auf, mit denen kollaborativ arbeitende Gruppen konfrontiert werden. Beispiele sind Planungs- und Projektaufgaben oder etwa Problemlöseaufgaben wie beim forschenden Lernen.

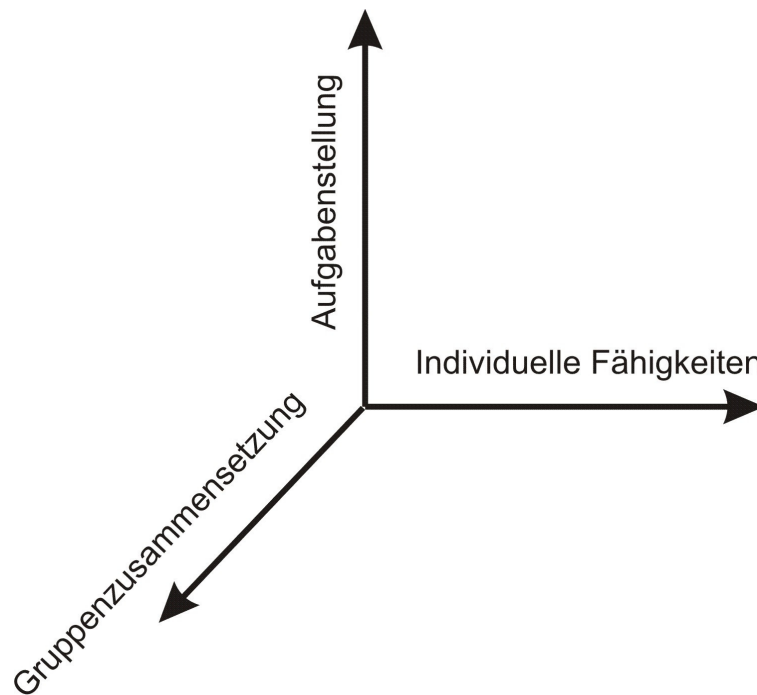


Abb. 3.7 Dimensionen des kollaborativen Lernens nach Dillenbourg (1996)

Diese Systematisierung erlaubt bereits eine genauere Abgrenzung der in Abschnitt 3.2 dargestellten theoretischen Ansätze. Sozio-kognitive Studien untersuchen Interaktionen zwischen gleichentwickelten sehr jungen Kindern bei Koordinierungs- oder Problemlöseaufgaben. Untersuchungen aus der Vigotsky-Perspektive richten den Fokus auf Gruppen, bei denen im Sinne der Zone proximaler Entwicklung unterschiedlich stark entwickelte Partner miteinander interagieren, wie etwa ein 12-Jähriger mit einem 15-Jährigen oder ein 15-Jähriger Fachexperte mit einem 20-Jährigen Laien. Typische

Aufgabenstellungen sind hier das Verhalten bei Fähigkeitenerwerb, gemeinsamer Planung oder Gedächtnisaufgaben.

3.2.2 Kollaboration beim forschenden Lernen

Dieser Abschnitt spezifiziert die Lernform des kollaborativen forschenden Lernens im Sinne der Dimensionen von Dillenbourg und stellt den aktuellen Stand der Kollaborationsforschung vor dem Hintergrund der Lernsituation des kollaborativen forschenden Lernens dar.

Die Dimension der Gruppenzusammensetzung ergibt sich aus den üblichen Gegebenheiten des Lernortes Schule. Im schulischen Kontext sowie in der fachdidaktischen Forschung besteht eine Gruppe in dieser Lernform meist aus zwei Schülern (Dyade). Die Gruppen werden innerhalb der gleichen Klasse gebildet, entsprechend kollaborieren gleichaltrige Schüler, die einen ähnlichen Entwicklungsstand haben, der durch den Notenunterschied abbildbar ist. Der Entwicklungsunterschied innerhalb einer Gruppe ist in den Varianzen innerhalb einer Klassenstufe anzunehmen. Einige wenige Forschungsarbeiten untersuchen das Gruppenverhalten nach Geschlechtern getrennt, meistens ist die Zusammensetzung zufällig gewählt. Forschung im Bereich des kollaborativen forschenden Lernens berücksichtigt in der Dimension der Individuellen Fähigkeiten nicht Schülerintelligenz oder soziale Variablen. Stellvertretend dafür wird vor dem jeweiligen nationalen Schulsystem die Schulart betrachtet. Im deutschen Bildungsraum lassen sich gehäuft Untersuchungen in Gymnasien und Grundschulen finden, Metastudien aus Amerika zeigen einen deutlichen Schwerpunkt der Kollaborationsforschung in der High- und Secondary School. Die Dimension der Aufgabentypen ist in der Methode des forschenden Lernens (Kap. 2.2) ausführlich beschrieben.

Vor diesen Dimensionen des kollaborativen Lernens wird im Folgenden der aktuelle Forschungsstand dargestellt. Im Allgemeinen kann gezeigt werden, dass die Kollaboration während des forschenden Lernens einen positiven Einfluss auf das Lernverhalten hat (Springer, Stanne et al., 1999; van der Linden, Erkens et al., 2000). In Bezug auf die Gruppengröße kann hier gezeigt werden, dass bei problemorientierten Aufgaben Paare effektiver kollaborieren als größere Gruppen. Dreiergruppen kollaborieren schwächer als Zweiergruppen, da scheinbar innerhalb der Gruppe ein höheres Konkurrenzverhalten auftritt (Trowbridge, 1987). Bei noch größeren Gruppen kann das „Social loafing“ beobachtet werden (Kreijns, Kirschner et al., 2003). Hierbei nehmen bei wachsender Gruppengröße durch die steigende Anonymität zunehmend Mitglieder nicht mehr an dem Kollaborationsprozess der Gruppe teil. Weiterhin führen zu starke Entwicklungsunterschiede

innerhalb einer Zweiergruppe oft zum „Huckepack- Effekt“. Hierbei ist der stärkere Partner nicht mehr bereit, mit dem schwächeren zu interagieren und bewältigt die Arbeit alleine. Webb (1991) beobachtete, dass dies zu großen Teilen von dem Verhalten des stärkeren Schülers abhängig ist. Er unterscheidet zwischen leistungsstarken Schülern, die gut in einer gemischten Gruppe arbeiten und leistungsschwachen Schülern, die schwach in einer Gruppe arbeiten. Im ersten Fall ist der bessere Schüler gewillt, sein Vorgehen mit dem schwächeren Partner zu reflektieren und gemeinsam Wissen zu erarbeiten. Im zweiten Fall lehnt der stärkere Schüler Erklärungen ab, übernimmt eigenständig Tätigkeiten und ignoriert (bis hin zu beleidigt) den Gruppenpartner.

Andere Erkenntnisse beleuchten die Funktion von Randbedingungen kollaborativen Arbeitens bei problemorientierten Aufgaben. So verringert sich etwa der Einfluss von Entwicklungsunterschieden innerhalb einer Gruppe auf den Lernerfolg, wenn den Schülern die Möglichkeit gegeben wird, mit der Klasse zu interagieren. Eine Lernumgebung im Sinne des forschenden Lernen sollte gezielt die Zusammenarbeit verlangen und fördern, da Schüler nicht zwangsläufig kollaborieren, nur weil sie die Möglichkeit haben (Kreijns, Kirschner et al., 2003). Auch neigen Schüler dazu, bei Problemstellung je nach Aufwand einen kollaborativen oder kooperativen Lösungsweg anzustreben. Um die Kokonstruktion von Wissen zu fördern, sollten Lernumgebungen zum forschenden Lernen mögliche Arbeitsteilungen verhindern (Baker, Hansen et al., 1999). Im allgemeinen kann der Lernprozess unterstützt werden, wenn zeitlich abgepasst eine Expertenhilfe die Gruppe unterstützt (Dunbar, 1995). Suthers und Hundhausen (2003) betonen die Wichtigkeit von verschiedenen Externalisierungsmöglichkeiten für die Gruppenteilnehmer. Sie unterstützen den gemeinsamen Argumentationsprozess, und bilden ein abrufbares Gedächtnis für die Gruppe (visualisierter Common ground).

Eine wissenschaftliche Perspektive im Bereich des kollaborativen forschenden Lernens ist die Untersuchung der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Förderung der Kollaboration. Dies ist motiviert durch die Beobachtung, dass Schüler nicht automatisch einen Vorteil aus einer möglichen Kollaboration ziehen (Webb, 1991; Mercer, 1996; Chan, 2001). Es kann beobachtet werden, dass die Schüler zum einen gar nicht erst den gemeinsamen Kollaborationsprozess beginnen, zum anderen haben sie Schwierigkeiten, Nutzen daraus zu ziehen. Hierbei wird deutlich, dass der Lernerfolg nicht nur von dem Input des Partners abhängt, sondern erheblich durch die aktive Teilnahme beider Partner an dem Gespräch zum Lösungsprozess (Damon und Phelps, 1989; Forman, 1992; Tudge, 1992). Damit die Kollaboration positiven Einfluss

auf den Lernprozess hat, muss jeder Schüler Verantwortung innerhalb der Aussagen für die eigene Ansicht übernehmen, die Rückmeldungen des Partners in Bezug auf eigene Anschauungen beziehen, um so durch den sozio-kognitiven Prozess einen positiven Einfluss auf die Aufgabenstellung, Planung und das Monitoring zu haben (Scardamalia, 2002). Kreijns (2003) klassifiziert Maßnahmen zur Unterstützung der Kollaboration mit drei Zielrichtungen: (1) Unterstützung des epistemischen Flusses. Dieser Ansatz betont einen positiven Einfluss durch die Möglichkeit der Schüler, sich mittels verschiedener Medien austauschen zu können. Die unterschiedlichen Formen der Wissensdarstellung, und die notwendigen Evaluationen ermöglichen durch einen breiteren Fluss der gegenseitigen Wissensdarstellung sich in die Perspektive des Partners hineinzudenken. (2) Aufgabenbezogene Strukturierung des Kollaborationsprozesses. Die Schüler werden z.B. mittels etwa Gesprächskordinatoren in ihren Bemühungen strukturiert. (3) Stärkung des Gruppenbewusstseins. Hierunter sind Maßnahmen zu sehen, die eine gemeinsame Wissenskonstruktion innerhalb der Gruppe fordern. Schüler werden etwa nur noch auf Gruppenebene beurteilt.

Wenn Schüler zusammen an problemorientierten Aufgabenstellungen arbeiten, ist die Kommunikation der beiden nötig, um den Arbeitsprozess aufrecht zu erhalten und die gemeinsame Wissenskonstruktion zu gewährleisten (Teasley, 1995). Eine Möglichkeit, diese im Sinne der Stärkung des epistemischen Flusses zu fördern, sind Maßnahmen zur Förderung der Kommunikationsprozesse. Hierbei bilden kognitive Werkzeuge eine Klasse von Maßnahmen (Lajoie, 1993). Ein Beispiel hierfür sind Hilfemenüs in Computerlernumgebungen, die Satzvorschläge machen, um mögliche Argumentationsanfänge zu fördern. Allerdings ist eine Schwierigkeit bei solchen passiven Hilfsmitteln darin zu sehen, dass Schüler diese nicht häufig nutzen (Lazonder, 2003). Eine andere Klasse bilden Instruktionen, zu denen die Gruppe vor oder während der Zusammenarbeit aufgefordert wird, den gemeinsamen Wissensstand abzugleichen und das weitere Vorgehen zu koordinieren (z.B. de Jong, Martin et al. 1999; Wegerif, Mercer et al. 1999; Rojas-Drummond and Mercer 2003). Mercer (1996) etwa gab Studenten einen Regelkatalog, den Sie als Leitfaden für Diskussionen nutzen sollten. Dieser Katalog forderte beispielsweise Übereinkunft zu erreichen und alternative Ideen zu berücksichtigen. Ziel war hierbei, den Gesprächsanteil an Hypothesen durch angeleitete Diskussionen und Rechtfertigungen zu fördern. In Bezug auf die Gruppenzusammensetzung haben Brown und Campione (1994) gezeigt, dass unterschiedlich (heterogen) verteiltes Wissen zwischen den Schülern eine Zusammenarbeit fördert. Dieser Punkt wird als Teil der Motivation dieser Arbeit aufgenommen und lässt sich durch theoretische

Überlegungen mit dem SDDS-Model herbeiführen (Kap. 3.1.3). Muukkonen (2005) zeigte, dass bereits während der Orientierung das Gruppenbewusstsein und die Gruppenarbeit gestärkt werden kann, indem die Lernenden kollaborativ die Aufgabenstellung durch den Lehrer geleitet erarbeiten. Dies deckt sich mit Erkenntnissen aus Untersuchungen motivationaler Einflussfaktoren auf das forschende Lernen (Kap. 3.1.4). Saab (2007) stellt eine aktuelle Übersicht über kollaborationsfördernde Maßnahmen beim forschenden Lernen auf.

Die vorliegende Arbeit untersucht den Einfluss eines Vorwissensaustausches auf die Kollaboration forschender Schüler. Dabei versucht sie, gezielt über eine Vertiefung der Intersubjektebene die Kommunikation zu fördern. Der folgende Abschnitt vertieft die Rolle der Kommunikation bei der Kollaboration und begründet die Durchführung der in dieser Arbeit untersuchten Maßnahme.

3.2.3 Einfluss der Kommunikation während der Kollaboration

Die Qualität der Intersubjektebene bestimmt die Interpretationen auf der Innersubjektebene. Die Partner verarbeiten Aussagen ihres Gegenübers entsprechend dem fachlichen und sozialen Kontext, sowie ihren Vorerfahrungen. Sie entscheiden derart beeinflusst auch über die eigene Wortwahl und Argumentationsstruktur, bei der eigene Vorstellungen situativ neustrukturiert werden (Grice, 1989). Der folgende Abschnitt beschäftigt sich mit dem Einfluss der Kommunikation auf das Lernverhalten von kollaborierenden Schülern, fasst Erkenntnisse im Zusammenhang mit Sprachanalysen im Bereich des forschenden Lernens zusammen und begründet die Vorgehensweise bei der in dieser Arbeit untersuchten Maßnahme in Form eines Vorwissensaustausches.

Der Einfluss der Kommunikation auf die Reifeentwicklung Heranwachsender ist ein weit untersuchtes, vielschichtiges Feld der Pädagogischen Psychologie (Mercer, 1996). Es gilt als gesichert, dass epistemologische Dialoge, in denen eine Gruppe mittels Erklärungen und Argumentationen ein naturwissenschaftliches Problem bespricht, ein wichtiger Einfluss für die Entwicklung von konzeptuellem Verständnis sind (de Vries, Lund et al., 2002). Studien wie von Berry und Broadbent (1984) berichten, dass alleine schon die Verbalisierung der Arbeitsinstruktionen durch den Lehrer den Lernerfolg eines alleine forschenden Schülers signifikant erhöhte in Relation zu Schülern, welche die Arbeitsanweisungen in schriftlicher Form erhalten. Im Zusammenhang mit Wissenserwerb unter Gleichaltrigen wurde die Rolle der Verbalisierung bereits unter vielen Aspekten untersucht. Ein grundsätzlicher Forschungsgegenstand war anfänglich, ob die reine Verbalisierung von Gedanken, also „Lautes Denken“, bei z.B.

problemorientierten Aufgaben Einfluss auf den Lernerfolg hat. Diese Private-speech Studien (self-speech, self-directed speech oder egocentric speech), bei der ein Proband während der Problemlösung seine nächsten Arbeitsschritte verbalisieren musste, konnten zeigen, dass inhaltsbezogene Äußerungen das Lernverhalten unterstützen und den Lernerfolg erhöhen (Vygotsky, 1962; Berk, 1992). Auf dem Gebiet der Private-Speech Studies wurde meist die Korrelation zwischen der absoluten Frequenz der Äußerungen und dem Lernerfolg betrachtet. Nicht klar ist, ob zwischen verschiedenen Arten von Äußerungen ein unterschiedlicher Einfluss besteht (Berk, 1992). Auf diesen Erkenntnissen aufbauend wurden inhaltsbezogene Äußerungen näher untersucht. Um die Vergleichbarkeit solcher Studien zu ermöglichen, ist im ersten Schritt die Entwicklung eines Kodierungsschemas zur Klassifizierung der Äußerungen nötig. Es lassen sich heute eine Vielzahl von Kodierungsschemata finden, die meist an die Phasen des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses angelehnt sind (Teasley, 1995; de Jong und van Joolingen, 1998; Weinberger, Stegmann et al., 2007). Analysen auf der Grundlage solcher Kodierungen zeigen, dass der Lernerfolg von den Schülern mit der Menge an Interpretationen (Erklärungen, Rechtfertigungen, Hypothesen) korrelierte (Thorndyke und Stasz, 1980).

Ein weiterer Untersuchungszeitweig beschäftigt sich mit dem Einfluss der Kommunikation zwischen interagierenden, gleichentwickelten Paaren. Auch hier wurden grundlegende Untersuchungen durchgeführt, deren Design zwischen Gruppen mit erlaubtem Gruppengespräch, Gruppen ohne erlaubtem Gruppengespräch, alleinarbeitende Schüler mit Private Speech und still alleinarbeitende Schüler unterschied (Fletcher, 1985). Es bestätigte sich, dass die Variable Gruppenarbeit einen deutlichen Einfluss auf den Lernerfolg hatte. Überraschenderweise stellte sich heraus, dass die Variable Verbalisierung ein stärkerer Prädiktor für den Lernerfolg war, als die Variable Gruppenarbeit. Weiterhin konnte zwischen der Variable Gruppenarbeit und der Variable Verbalisierung eine starke Interrelation gezeigt werden. Qualitative Analysen der Gespräche wiesen darauf hin, dass sprechende Gruppen ein tieferes, qualitatives Verständnis für die zugrundeliegenden Konzepte erlangen (Durling und Shick, 1976). Nichtsprechende Paare wichen auf Hilfsgebärden in Form von Gesten aus. Teasley (1995) untersuchte, welche Art von Selbstgesprächen bei alleine lernenden Schülern mit dem Lernerfolg korrelieren und ob die Anwesenheit eines Partners Einfluss auf die Art der Gesprächsanteile hat, die geäußert werden. Zu Untersuchungszwecken wurde hierbei eine Lerneinheit von Klar und Dunbar (1993) genommen. Es zeigte sich, dass der Gesprächsanteil an Hypothesen bei Gruppen stark zunahm und dort signifikant zum

Prädiktor für den Lernerfolg wurde. Auch andere empirische Arbeiten konnten einen deutlichen Zusammenhang zwischen den Hypothesenanteilen und dem Lernerfolg feststellen (Kneser und Ploetzner, 2001).

Forschung im Bereich des kollaborativen forschenden Lernens nutzt zunehmend das Instrument der Gesprächsanalyse. Die vorangegangenen Erkenntnisse aus der Kollaborationsforschung können dabei bestätigt werden. Der Gesprächsanteil Hypothese innerhalb von Gruppen bei Aufgabenstellungen zum forschenden Lernen korreliert mit dem Lernerfolg (Okada und Simon, 1997; Saab, van Joolingen et al., 2005; Saab, van Joolingen et al., 2007). Qualitative Analysen der Dialoge bei Vergleichsstudien mit kooperativ forschenden Gruppen, durch eine Hilfskraft geleitet forschende Gruppen und kollaborativ forschende Gruppen zeigen, dass die Dialoge der kollaborierend forschenden Schüler eine größere inhaltlichen Tiefe aufweisen und im Anschluss eine höhere Schülermotivation feststellbar ist (Damon und Phelps, 1989). Weiterhin weisen Gruppen mit einem heterogen verteilten Wissen einen höheren Hypothesenanteil auf und diese Gruppen führen mehr Experimente durch. Dagegen führt homogen verteiltes Wissen zu unerwünscht hohem Orientierungsverhalten während des Arbeitens (Gijlers und de Jong, 2005).

Scardamalia (2002) schließt eine Studie mit der Beobachtung, dass bei Lerneinheiten die erfolgreichen Schüler Verantwortung für Aussagen über eigene Ansichten nehmen. Sie agieren dann nicht als Übermittler eigener Ansichten, sondern beobachten die Rückmeldungen des Partners und beziehen ihre Antworten auf dessen Aussagen (Sozio-kognitiver Prozess). Lindström (1993) führt in einer Vergleichsstudie den deutlichen Lernunterschied der Experimentalgruppe während einer computergestützten Lerneinheit vornehmlich auf eine Maßnahme zur Förderung derer problembezogener Dialoge zurück. Kneser und Ploetzner (2001) beobachten in ihrer Studie, dass Schüler, die qualitative Einführung erhalten haben besser während der Dialoge an das Vorwissen ihres Partners anknüpfen konnten, als die Schüler mit einer quantitativen Einführung.

Zusammenfassend ist die Förderung der Kommunikation beim kollaborativen forschenden Lernen ein vielversprechender Ansatz, um die Kollaboration innerhalb einer Schülergruppe zu erhöhen und damit den Lernerfolg zu steigern. Eine große Zahl an Untersuchungen berichtet von positiven Effekten von Instruktionen auf die Kommunikation (Mercer, 1996; Vogt, Upmeier zu Belzen et al., 1999; Wegerif, Mercer et al., 1999; Rojas-Drummond und Mercer, 2003). Der nächste Abschnitt

greift die hier vorgestellten Forschungsergebnisse zur Kommunikation auf, begründet einen möglichen positiven Einfluss eines Vorwissensaustausches auf das Lernverhalten und begründet die Vorgehensweise bei der Umsetzung in dieser Studie.

3.2.4 Vorwissensaustausch als unterstützende Maßnahme der Kollaboration

Die Möglichkeit, sich mit den Domänenkonzepten des Partners auseinander zu setzen, kann entsprechend der Ausführungen des vorangegangenen Abschnittes dazu führen, dass die Gruppe ein höheres geteiltes Wissen und eine intensivere, fachliche Verständigungsebene ausprägt. Die vorliegende Arbeit untersucht, ob ein Wissensaustausch vor einer Lerneinheit zum kollaborativen forschenden Lernen einen positiven Einfluss auf das Lernverhalten einer Schülergruppe während der Lerneinheit hat. Bei einem Austausch von Domänenkonzepten sind vielfältige Umsetzungen denkbar. Dieser Abschnitt begründet die in dieser Arbeit gewählte Vorgehensweise, indem er theoriegeleitet Bedingungen entwickelt, die einen erfolgreichen Wissensaustausch begünstigen können.

Der fachliche Kontext bildet eine Dimension des kollaborativen Umfeldes (Kap. 3.2.1). Eine Intervention, welche die fachliche Intersubjektebene vertieft, sollte konkret die kommenden Fachinhalte thematisieren. Das SDDS-Modell stützt diesen Ansatz aus der Perspektive des forschenden Lernens, indem es zeigt, dass der Austausch von Vorwissen das geteilte Wissen erhöht (Kap. 3.1.3). Daraus ergibt sich das erste Kriterium:

1. Ein Vorwissensaustausch sollte die kommenden Fachinhalte und Domänenkonzepte thematisieren.

Die Kokonstruktion von Wissen wird durch kognitive Konflikte gefördert (Kap. 3.2.2). Die vorliegende Maßnahme versucht, den sozio-kognitiven Prozess der zukünftigen Partner einer Zweiergruppe durch Stellungnahme zu den kommenden Fachinhalten anzuregen. Dabei sollten die thematisierten Fachinhalte durch unterschiedliche Schülervorstellungen beschreibbar sein. Fachinhalte, die zu niedrig oder zu hoch in Relation zu dem fachlichen Entwicklungsstand der beiden Schüler stehen, bzw. häufig mit den gleichen (Fehl-)Vorstellungen verbunden sind, könnten Erklärungsversuche durch zu einfache oder mangelnde Alternativkonzepte verhindern.

2. Fragen, die Schüler im Rahmen eines Vorwissensaustausches bearbeiten, sollten eine hohe Schüleraktivierung ermöglichen.

Schüler können in verschiedener Weise aufgefordert werden, ihre fachlichen Ansichten darzustellen. Die geforderte Darstellung sollte an authentische Prozesse beim kollaborativen forschenden Lernen angelehnt sein. Dazu wird die Beobachtung im Bereich des kollaborativen forschenden Lernens aufgegriffen, dass erfolgreich kollaborierende Gruppen einen hohen Hypothesenanteil im Gespräch aufweisen (3.2.3). Der in dieser Arbeit untersuchte Ansatz versucht, durch den Vorwissensaustausch eine diskussionsähnliche Situation herbeizuführen. Die Schüler sollen wie in der Gruppensituation gefordert sein, eigene Anschauungen und Fachansichten darzustellen, indem Sie auf unbekannte Ansichten eingehen. Eine Möglichkeit, dieses zu erreichen, ist Schüler zu Hypothesen Stellung nehmen zu lassen, die auf die kommenden Fachinhalte bezogen sind.

3. Die verwendeten Fragen zur Darstellung des Schülerwissens sollten die Form von Hypothesen haben, denen gegenüber der Schüler wie bei einer Diskussion mit einem Partner Stellung nimmt.

Die Stellungnahme kann über die möglichen Antwortformate Multiple-Choice, Halb offen und Offen erfolgen. Wegweisend ist dabei die Rolle des verbalen Austausches bei der Kollaboration innerhalb einer Gruppe (Kap. 3.2.1). Die Externalisierung des Wissens sollte den Zweck erfüllen, dem Schüler eine Auseinandersetzung mit der Darstellung seines zukünftigen Partners über ihre fachliche Verständigungsebene zu ermöglichen.

4. Für einen Vorwissensaustausch eignet sich das offene Antwortformat, bei dem sich die Schüler mit eigener Wortwahl und Argumentationsstruktur austauschen.

Ein Vorwissensaustausch, der darauf abzielt, die fachliche Verständigungsebene zwischen den Partnern in einer Gruppe auszubilden, darf keine Überschneidung dieser Ebenen zu Dritten ermöglichen (Kap. 3.2.3). Dies ist wesentlicher Aspekt bei der Umsetzung der Maßnahme. Ein Schüler muss seine Stellungnahmen mit der Überzeugung durchführen, dass er sich gegenüber seinem zukünftigen Partner rechtfertigt. Nimmt der Schüler an, dass z.B. eine fachliche Begutachtung des Vorwissensaustausches durch eine weitere Person wie etwa den Lehrer stattfindet, wird die Externalisierung durch die fachliche Verständigungsebene zu dem Lehrer beeinflusst. Ein

Schüler, dem bewusst ist, dass der Lehrer seine Äußerungen korrigiert oder gar in der Klasse vorstellt, wird sich entsprechend anpassen. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die fachliche Richtigkeit der Schüleransichten während des Vorwissensaustausches keinen Einfluss auf die Wirksamkeit der Maßnahme haben sollten. Es kann nicht vorausgesagt werden, ob ein Schüler durch einen fachlich richtigen Impuls von dem Partner neues Wissen konstruiert, oder ob ein fachlich falscher Impuls durch Rekonstruktion des Schülers doch wieder zu richtigem Wissen führt. Die Initialisierung von kognitiven Konflikten und die Erhöhung des geteilten Wissens begründet die vermutete Wirksamkeit der Maßnahme.

5. Der Vorwissensaustausch muss unter Ausschluss von Dritten (z.B. dem Klassenlehrer) stattfinden.

Ein für die Wirksamkeit des Vorwissensaustausches bedeutender Aspekt ist der Zeitpunkt der Intervention. Bei der Überlegung, wie viel Zeit zwischen dem Vorwissensaustausch und der Lerneinheit liegen soll, dienen im Folgenden nur Plausibilitätsüberlegungen. Es wird angenommen, dass der Vorwissensaustausch für seine Wirksamkeit genügend zeitlichen Raum zulassen muss, um sich mit den Stellungnahmen des Partners auseinander zu setzen und diese zu reflektieren. Daher wird zumindest ein eintägiger Zeitabstand angestrebt. Dagegen wird eine anfängliche Aktivierung der Schüler durch den Vorwissensaustausch nach mehreren Tagen oder Wochen kaum noch Auswirkungen in der Lerneinheit haben.

6. Das zeitliche Intervall zwischen Vorwissensaustausch und Lerneinheit sollte 1-3 Tage betragen.

Die vorangegangenen theoretischen Ausführungen haben die Motivation für den Vorwissensaustausch dargelegt und die Vorgehensweise bei der Umsetzung begründet. Vor der Zusammenfassung der zentralen Fragestellung dieser Arbeit werden im Folgenden bekannte Geschlechterunterschiede im deutschen, naturwissenschaftlichen Unterricht beschrieben, die bei empirischen Arbeiten in der Lehr-Lernforschung stets zu berücksichtigen sind.

3.3 Geschlechterunterschiede im Naturwissenschaftlichen Unterricht

Die Beurteilung des Lernverhaltens von Schülern geht über die Evaluation des Fachwissens in Form des klassischen Prä-Posttests hinaus. Größer angelegte Querschnittstudien wie TIMSS oder PISA betrachten zusätzlich, wieweit die Wahl der Lernstrategien eines Schülers durch dessen motivationale Präferenzen und selbstbezogene Kognition bedingt wird (Artelt, Demmrich et al., 2001). Empirische Unterrichtsforschung untersucht weiterhin, welche geschlechtsspezifischen Effekte bezogen auf das Lernverhalten zu finden sind (Hoffmann, Häußler et al. 1997; Labudde 2000; Labudde, Herzog et al. 2000; Zimmer, Burba et al. 2004). Die folgenden Ausführungen beziehen sich entsprechend der Untersuchungsgruppe dieser Studie auf deutsche Gymnasialschüler im naturwissenschaftlichen Unterricht im Alter von 15-16 Jahren. Dieses Kapitel skizziert relevante Forschungserkenntnisse und motiviert die in dieser Studie verwendeten Skalen.

Ein Gegenstand fachdidaktischer Unterrichtsforschung im naturwissenschaftlichen Bereich ist die Untersuchung von Unterschieden in Einstellung und Leistung zwischen Mädchen und Jungen. Eine große Zahl von Forschungsarbeiten berichtet bereits seit vielen Jahrzehnten von geschlechtsspezifischen Auffälligkeiten, wie etwa der unterschiedlichen Entwicklung des Interesses an Physik während der Sekundarstufe (Gardner, 1998; Häussler, Hoffmann et al., 1998), geschlechtsabhängige Interaktion zwischen Lehrkraft und Schüler (Labudde, Herzog et al., 2000), vom Zusammenhang zwischen Gesellschaft und Geschlechterrollen sowie deren Einfluss auf den Schulalltag (Hannover, 1991) oder von Unterschieden zwischen Mädchen und Jungen in Bezug auf ihr Vorwissen und ihre Art zu lernen (Roychoudhury, Tippins et al., 1995). Ein großer Forschungsbereich beschäftigt sich mit Möglichkeiten, durch geschlechterorientierte Anpassung der Unterrichtsgestaltung einen positiven Einfluss auf das Lernverhalten zu nehmen. Empirische Studien im Rahmen von BLK-Modellversuchen etwa untersuchten, ob durch geschlechtsspezifische Unterrichtsinnovationen der Lernerfolg, das Interesse für das Fach Physik und das fachspezifische Selbstkonzept von Mädchen erhöht werden kann (Hoffmann, Häußler et al., 1997). Hierbei beschäftigte sich ein Bereich des Modellversuches mit der Frage, ob Mädchen von Änderungen der Klassenstruktur in kleinere Arbeitsgruppen profitieren. Diese Erkenntnisse sind im Besonderen bei gruppenarbeiterorientierten

Unterrichtsformen wie dem kollaborativen forschenden Lernen von Interesse. Hierbei wurde festgestellt, dass eine positive Tendenz erreicht wurde, aber zunächst kein statistisch gesicherter Zusammenhang nachgewiesen werden konnte.

In einem zusammenfassenden Übersichtsartikel benennen Helmke und Weinert (1997) zwei geschlechtsspezifische Merkmale, die sich als innerwissenschaftliche Ansatzpunkte zur Untersuchung von Entstehung und Vermeidbarkeit (oder auch Nichtvermeidbarkeit) von Geschlechtereffekten eignen. Zum einen führen sie die Beobachtung an, dass ab dem mittleren Schulalter im Gegensatz zu den sprachlichen Kompetenzen signifikante Unterschiede in den visuell-räumlichen und mathematischen Fähigkeiten zugunsten der Jungen zu beobachten sind. Desweiteren erzielen Mädchen im Durchschnitt in Mathematik und den Naturwissenschaften erheblich schwächere Schulleistungen als Jungen, besonders deutlich in Physik. Weinert fasst hier auch den psychologischen Erkenntnisstand der geschlechtsspezifischen Bedingungsfaktoren schulischer Leistung zusammen. Als relevant für Studien im naturwissenschaftlichen Bereich kann herausgestellt werden, dass der Leistungsunterschied in den Naturwissenschaften mit höherem Fähigkeitsniveau und Schulalter zunimmt, aber selbst bei großer Streuung gering. Empirische Belege deuten darauf hin, dass Lehrer wie Schüler Leistungsunterschiede im Sinne von Geschlechterstereotypen interpretieren und dies als Ursachenbeschreibung des Lernverhaltens verwenden, aus dem längerfristige Entwicklungskontraste entstehen (Baumert, 1992). Allerdings können naturwissenschaftliche Lerneinheiten auch derart konzipiert sein, dass die Geschlechtervariable keinen Einfluss hat. Solche Beobachtungen sind allerdings kaum zu systematisieren. Eine weiterbringende Theorie, die begründet, ob und weshalb bestimmte Unterrichtsformen ein unterschiedliches Lernverhalten bei Jungen oder Mädchen auslösen, existiert zum jetzigen Zeitpunkt nicht. Allerdings ermöglichen Erkenntnisse aus empirischen Studien wie der vorliegenden, langfristig eine Grundlage für theoretische Ansätze zu entwickeln.

Die aktuellen Befunde der Pisastudie zeigen, dass naturwissenschaftliche Kompetenzunterschiede in den unteren Leistungsniveaus nicht festzustellen sind (Prenzel, Baumert et al., 2004). Erst in dem obersten Leistungsviertel kann eine signifikante Stärke der Mädchen im Fach Biologie, sowie eine tendenzielle Stärke der Jungen in Physik gezeigt werden. Die durchschnittlichen Kompetenzpunkte in den Fächern Physik, Chemie und Biologie unterscheiden sich dagegen unwesentlich voneinander. Diese Beobachtung verwundert zunächst, da viele Arbeiten wie die von TIMSS/ III (2000) die dominante Rolle der

Jungen betonen (Baumert, Bos et al., 2000). Eine Erklärung für die scheinbar unterschiedlichen Befunde liegt in der Teststruktur der Pisa-Studie. Das für Pisa entwickelte Facettendesign der Testaufgaben beschreibt naturwissenschaftliches Lernen durch sieben kognitive Kompetenzen. Diese Kompetenzen werden zu gleichen Teilen in den fächerspezifischen Aufgabentypen getestet. Hierbei zeigen die Ergebnisse, dass die Mädchen fachübergreifend in den Kompetenzen *Bewerten* und *Verbalisieren von Sachverhalten* stärker als Jungen abschneiden. Konform mit den Stärken in der Lesekompetenz bevorzugen Mädchen auch in den Naturwissenschaften den verbalen Repräsentationsmodus. Jungen heben sich in numerischen und graphischen Repräsentationsformen ab, am deutlichsten im Umgang mit mentalen Modellen. Diese Effekte sind allerdings beim Vergleich von Mädchen und Jungen nur im obersten Leistungsviertel der Jahrgänge nachweisbar, in der restlichen Schülerschaft werden keine geschlechtsspezifischen Kompetenzvorteile gefunden. Weiterhin werden im Rahmen des Facettendesigns keine fachspezifischen Kompetenzunterschiede bei dem Vergleich der Fächer Physik, Biologie und Chemie gefunden (Rost, Walter et al., 2004). Diese Erkenntnisse gehen ebenfalls konform mit Studien, die klare Geschlechterunterschiede in den naturwissenschaftlichen Fächern feststellen können. Zwar tauchen bei Pisa auf der kognitiven Kompetenzebene keine Fächereffekte auf, allerdings kann nicht angenommen werden, dass die getesteten Kompetenzen zu gleichen Anteilen in den einzelnen naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern gefordert werden. So wird angenommen, dass Kompetenzen wie das Verbalisieren von Sachverhalten, die bei Mädchen stärker ausgeprägt sind, im Biologieunterricht häufiger gefordert werden als im Fach Physik.

Die Lernleistung von Schülern steht in engem Zusammenhang mit der Motivation (Kap. 3.1.1) (Eccles, 2002). Bei motivationalen Merkmalen handelt es sich etwa um Interesse für bestimmte Fachinhalte oder selbstbezogene Kognitionen in Bezug auf die eigenen Fähigkeiten. Gerade selbstbezogene Kognitionen stehen im besonderen Zusammenhang mit dem Kompetenzerwerb (Köller und Klieme, 2000). Als Motor für Lernprozesse des Schülers beeinflussen sie dessen Auswahl von Lerngegenständen und die Intensität der Auseinandersetzungen mit diesen. Umgekehrt wirken sich Lernerfolge auf die Motivationsentwicklung aus, indem Kompetenzerfahrungen die Tendenz erhöhen können, sich weiter mit dem Lerngegenstand zu beschäftigen (Baumert, Schnabel et al., 1998). Empirische Studien zu fachbezogenen Interessen und Selbstkonzepten der Begabung zeigen geschlechterspezifische Muster, die nur teilweise durch Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen im Kompetenzniveau erklärt werden

können (Zimmer, Burba et al., 2004). So scheinen Mädchen beispielsweise ihre Fähigkeiten im Bereich der Naturwissenschaften niedriger einzuschätzen, als man aufgrund ihrer Noten erwarten würde. Diese Tendenzen beeinflussen die Erfolgchancen von Mädchen und Jungen in spezifischen Domänen unabhängig von ihrem Lernpotenzial (Stanat und Kunter, 2001).

Für die vorliegende Arbeit sind diejenigen Erkenntnisse der Gender-Forschung von Interesse, die aus kompetenzorientierten Untersuchungen hervorgehen. Hier im Besonderen die Befunde der Pisa-Studie, da die Unterrichtsmethode des kollaborativen forschenden Lernens nicht fachinhaltsspezifische, sondern kompetenzorientierte Anforderungen stellt. Die Intervention des Vorwissensaustausches zielt implizit darauf ab, nach einer (schriftlichen) Verbalisierung der eigenen Fachansicht die Bewertung des Partners als Katalysator für die Kollaboration zu nutzen. Diese Kompetenzen sind nach Pisa bei Mädchen stärker ausgeprägt. Untersuchungen des geschlechterspezifischen, sprachlichen Argumentationsverhaltens im Physikunterricht stützen dies (Stadler, Duit et al., 2000). Dieser Aspekt wird noch dadurch verschärft, dass nach Pisa in Schleswig-Holstein der bundesweit stärkste Unterschied zwischen Jungen und Mädchen beim Leistungsvergleich im Fach Physik vorherrscht. Es wird vor diesem Hintergrund angenommen, dass die in dieser Studie teilnehmenden Mädchen in einem höheren Maße von dem Vorwissensaustausch profitieren als die Jungen.

Die empirischen Befunde dieser Arbeit werden, soweit möglich, auf Effekte des Geschlechtes und der in Kapittel 5.5.3 beschriebenen personenbezogenen Merkmale weiterführend untersucht.

3.4 Die zentrale Fragestellung dieser Arbeit

Die vorangegangenen Ausführungen beschäftigten sich mit der Lernmethode des kollaborativen forschenden Lernens und legten anhand des aktuellen Forschungsstandes die theoretischen Grundlagen und Motivation für einen Vorwissensaustausch sowie Kriterien für dessen Durchführung. Dieser Abschnitt fasst diese Überlegungen zusammen und begründet über den Ansatz der fachlichen Intersubjektebene und des SDDS-Modells den Vorwissensaustausch als unterstützende Maßnahme zur Förderung der Kollaboration und des Wissenszuwachses von Schülern während einer Lerneinheit zum kollaborativen forschenden Lernen.

Die Entwicklungspsychologie beschreibt die Kollaboration von Schülern als Verständigungsprozess auf der eigenen Innersubjektebene und der gemeinsamen, fachlichen Intersubjektebene (Kap. 3.2). Die fachliche Intersubjektebene (Verständigungsebene) bestimmt dabei die Interpretation der Kommunikation und die eigene Ausdrucksform, Wortwahl, Gestik und Argumentationsstruktur (Kap. 3.2.3). Empirische Studien zeigen, dass die Effektivität der Kollaboration unter gleichentwickelten Schülern im Kontext von problemorientierten Aufgaben stark mit dem Lernerfolg der Gruppe korreliert (Kap. 3.2.2). Durch kontextbezogene Erfahrungen, die Einblicke in die Argumentationsstrukturen und Fachkonzepte des Partners ermöglichen, entwickelt sich die Verständigungsebene gegenüber dem Partner weiter. Aktuelle Diskussionen im Bereich des kollaborativen forschenden Lernens beschäftigen sich mit Ansätzen, Schülern dabei mehr Transparenz in Bezug auf ihr Domänenwissen während der Zusammenarbeit zu ermöglichen (Gijlers und de Jong, 2005). Hieraus ergibt sich die erste Motivation für die Maßnahme. Der Vorwissensaustausch zielt darauf ab, bereits vor der Zusammenarbeit den Schülern einer Gruppe eine kontextbezogene Vorerfahrung zu ermöglichen, welche an einen persönlichen Wissens- und Meinungs austausch bezüglich fachkontroverser Inhalte in der kommenden Lerneinheit anlehnt.

Die zweite Motivation für die Forschungsfrage leitet sich aus dem Extended SDDS-Modell für zwei Personen her (Kap. 3.1.3). Dieses Modell abstrahiert die Wissenskonstruktion beim kollaborativen forschenden Lernen als Interaktion der Schüler in einem Hypothesenraum, der alle möglichen Zusammenhänge in der

Fachdomäne beinhaltet. Hiernach ist für eine effektive Kollaboration notwendig, dass sich während der Zusammenarbeit auftretende Hypothesen in der Menge des geteilten Wissens befinden und der Kokonstruktion von Wissen kognitive Konflikte vorangehen. Ein sich hieraus ergebender und in der Fachforschung diskutierter Ansatz ist die Suche nach Maßnahmen, die das geteilte Wissen innerhalb einer Schülergruppe erhöhen und mögliche kognitive Konflikte in der Gruppe aufzeigen (Gijlers und de Jong, 2005). Diese Studie greift diesen Ansatz in Form des Vorwissensaustausches auf. Dabei vergleichen sich die Schüler bezüglich unterschiedlicher Fachkonzepte der kommenden Lerneinheit, die sich durch ein hohes Konfliktpotential auszeichnen. Es ergibt sich daraus die erste Forschungshypothese:

(H1) Kollaborativ forschende Schüler, denen vor der Lerneinheit ein Vorwissensaustausch ermöglicht wurde, weisen nach Bearbeitung der Lerneinheit einen höheren Wissenszuwachs auf, als die Schüler, denen kein Vorwissensaustausch ermöglicht wurde.

In Abschnitt 3.2.3 wurde ausgeführt, dass die Verbalisierung zusätzlich zur Kollaboration einen wichtigen Prädiktor für den Lernerfolg darstellt. Gesprächsanalysen im Bereich des kollaborativen forschenden Lernens zeigen, dass der Lernerfolg von Gruppen positiv mit den Hypothesenanteilen korreliert. Der Vorwissensaustausch soll das geteilte Wissen erhöhen und unterschiedliche Fachvorstellungen offenbaren, welche die Schüler bei erfolgreicher Kollaboration durch Fachdiskussionen lösen sollten. Die in dieser Arbeit angestrebte Förderung der fachlichen Verständigungsebene durch den Vorwissensaustausch kann eine problembezogenere Gesprächsführung fördern. Daraus ergibt sich die zweite Forschungshypothese:

(H2) Kollaborativ forschende Schüler, denen vor der Zusammenarbeit ein Vorwissensaustausch ermöglicht wurde, haben einen höheren Hypothesenanteil im Gespräch während der Lerneinheit, als die Schüler, denen kein Vorwissensaustausch ermöglicht wurde.

Bei positivem Befund der H2 bietet sich für das genauere Verständnis der Gruppen- und Lernprozesse eine vertiefende Untersuchung des Zusammenhanges zwischen Vorwissensaustausch, Hypothesenanteile und Wissenszuwachs an. In diesem Fall wird überprüft, inwiefern ein mediierender Effekt der Hypothesenanteile festgestellt werden kann.

Die Genderforschung zeigt klare Unterschiede im Lernverhalten zwischen Jungen und Mädchen auf. Im Besonderen die Ausführungen des vorangegangenen Abschnittes weisen darauf hin, dass in der

Entwicklungsstufe der an dieser Studie teilnehmenden Schüler ein Kompetenzunterschied in den Bereichen *Verbalisieren* und *Bewerten* zugunsten der Mädchen vorliegt. Eine genauere Analyse könnte tiefergehende Einblicke in die Prozesse ermöglichen, die der Vorwissensaustausch auslöst. Es werden daher die Befunde im Besonderen zur H2 auf geschlechtsspezifische Effekte untersucht.

Zusätzlich sind motivationale Faktoren wichtige Prädiktoren auf die Lernleistungen von Schülern im naturwissenschaftlichen Unterricht (Kap. 3.3). Dieser Hintergrund ist bei empirischen Arbeiten im schulischen Bereich im Allgemeinen zu berücksichtigen. Diese Arbeit untersucht auch weiterführend den Effekt dieser personenbezogenen Merkmale auf den Einfluss des Vorwissensaustausches.

4 Lerneinheit zum Treibhausmodell

In dieser Arbeit wird der Einfluss eines Vorwissensaustausches auf den Wissenszuwachs von Schülern während einer Lerneinheit zum kollaborativen forschenden Lernen untersucht. Die in dieser Studie verwendete doppelstündige Lerneinheit lässt die Schüler eine Simulation zum Erdklima modellieren. Fachinhaltlich greift sie physikalische Konzepte aus der Wärmelehre des 10. Jahrganges auf und bringt sie in Zusammenhang mit einem vereinfachten Treibhausmodell. Die Schüler haben in der Lerneinheit zur Aufgabe, die Eigenschaften einer computergestützten Simulation des Systems Sonne-Erde zu modellieren und den Einfluss von natürlichen und zivilisatorischen Phänomenen auf das Klima abzuschätzen. Die Beschreibung der Lerneinheit, die Simulation zum Treibhausmodell und der Schülerarbeitsbogen werden im Folgenden dargestellt.

4.1 Beschreibung der Lerneinheit

Die Modellierung des Erdklimas mit Hilfe von EBM's (Energy Balance Model) kann unter Berücksichtigung einer Vielzahl von Einflussgrößen in hoher Komplexität angegangen werden (McGuffie und Henderson-Sellers, 1999). Für die Verwendung in der Schule eignen sich schlanke Modelle, die auf die wichtigsten Grundgrößen reduziert sind. Das in dieser Studie von den Schülern zu modellierende 0-dimensionale EBM beschreibt den Einfluss der globalen Größen Einfallende Strahlung, Albedo, Wärmekapazität und Durchlassvermögen auf die Gleichgewichtstemperatur der Erde. Im Folgenden wird dieses 0-dimensionale Treibhausmodell beschrieben und die wissenschaftliche Rationalität des Modells erörtert.

Ein Treibhausmodell besteht aus einer vereinfachten Erde, auf welche die Lichtstrahlen der Sonne treffen. Die Sonnenenergie wird dann je nach Beschaffenheit des Erdkörpers im System Erde aufgenommen, umverteilt und in Abhängigkeit des momentanen Zustandes wieder abgegeben. Ziel dieser Modelle ist es, eine Abschätzung für den Temperaturverlauf auf der Erde zu geben. Bei einem 0-dimensionalen EBM werden der Erde nur globale Eigenschaften zugeschrieben und lokale Prozesse ignoriert. In diesem Modell strahlt die Sonne Energie in Form von Lichtstrahlen auf die Erde. Diese *Einfallende Strahlung* durchquert ungehindert die Atmosphäre und trifft auf die Erde. Ein Teil dieser Strahlung wird sofort wieder reflektiert, ein weiterer Teil wird von der Erde aufgenommen. Dabei wird der Erdoberfläche die Eigenschaft

Albedo zugeordnet, die dem prozentualen Anteil der reflektierten Strahlung entspricht. Die verbleibende Strahlung wird von der Erde aufgenommen und führt zu der Erhöhung der inneren Energie und damit zu deren Erwärmung. Die Geschwindigkeit der Erwärmung ist durch die *Wärmekapazität* der Erde bestimmt. Die Erde strahlt in Abhängigkeit der aktuellen Temperatur ihrerseits Energie in Form von Wärmestrahlung ab. Diese Wärmestrahlung verlässt dann die Erde, wird aber teilweise beim Durchgang durch die Atmosphäre zurückgestrahlt. Dieser Einfluss von etwa Wolken, Treibhausgasen, oder auch Staubpartikeln nach Vulkanausbrüchen wird durch das *Durchlassvermögen* der Atmosphäre beschrieben, welches den prozentualen Anteil der Wärmestrahlung angibt, der aus dem System Erde entweicht (Abb. 4.1).

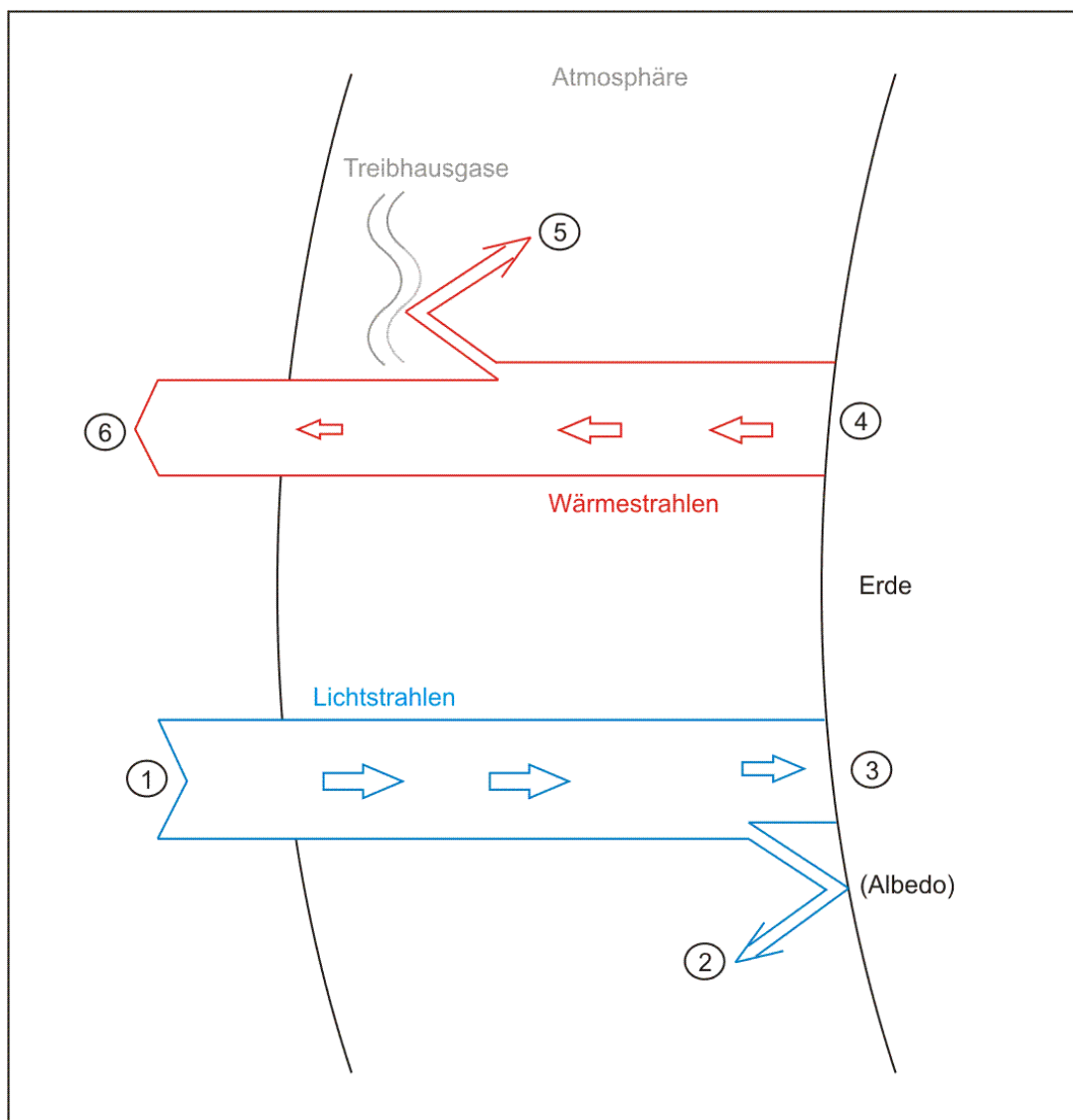


Abb. 4.1 0-dimensionalen EBM. (1) Lichtstrahlen der Sonne treffen auf die Erde. (2) Ein Teil wird in Abhängigkeit der Albedo direkt reflektiert. (3) Die von der Erde aufgenommenen Lichtstrahlen erwärmen die Erde in Abhängigkeit ihrer Wärmekapazität. (4) Die Erde gibt Wärmestrahlung ab. (5) Ein

Teil dieser Strahlung wird von etwa Treibhausgasen aufgenommen und zurückgeworfen. (6) Der Rest der Wärmestrahlung verlässt die Erde; diese Abbildung war auch Bestandteil des Vorbereitungszettels der Schüler.

Das 0-dimensionale EBM geht von einer Vielzahl von Vereinfachungen aus, die kurz zusammenfassend diskutiert werden.

4.1.1.1 Einfallende und ausfallende Strahlung

Die einfallende Sonnenstrahlung auf die Erde besteht aus elektromagnetischer Strahlung im Wellenlängenbereich zwischen 200nm und 2500nm mit einer Intensitätsverteilung gemäß dem plankschen Strahlungsgesetz, die bei der Durchquerung der Atmosphäre einer dispersiven Absorptionscharakteristik ausgesetzt ist (Abb. 4.2). In dem 0-dimensionalen EBM wird die Gesamtenergie der einfallenden Strahlung unter Berücksichtigung des Absorptionsverhaltens der Atmosphäre gemittelt, d.h. die Sonne führt in diesem Modell dem System Erde einen konstanten Energiebetrag zu. Bei höheren EBMs, die auch die Oberfläche der Erde auflösen, werden z.B. Breitengradabhängige Energieflussdichten abgeschätzt.

Die auf die Erde treffende Strahlung wird teilweise in Abhängigkeit der Oberflächenbeschaffenheit absorbiert und der inneren Energie des bestrahlten Körpers zugeführt. Die von diesem abgegebene Wärmestrahlung liegt stark im infraroten Bereich. Durchläuft diese die Atmosphäre, ist sie ebenfalls wellenlängenabhängig dem Absorptions- und Reflexionsverhalten ausgesetzt. Das Modell mittelt auch hier die Gesamtenergie der Strahlung und fasst Atmosphäreneffekte unter dem Durchlassvermögen zusammen. Diese Vereinfachungen können durch experimentelle Untersuchungen gestützt und legitimiert werden. Mit fortgeschrittener extraterrestrischer Diagnostik sind bereits seit den 80er Jahren Messungen verfügbar, die einen Vergleich zwischen dem einfallendem Emissionsspektrum der Sonne vor Atmosphäreneintritt und Messdaten etwa auf Meeresspiegelhöhe ermöglichen. Die astrophysikalische Diagnostik bildete die Grundlage für die experimentelle Feststellung der globalen Größen der EBMs.

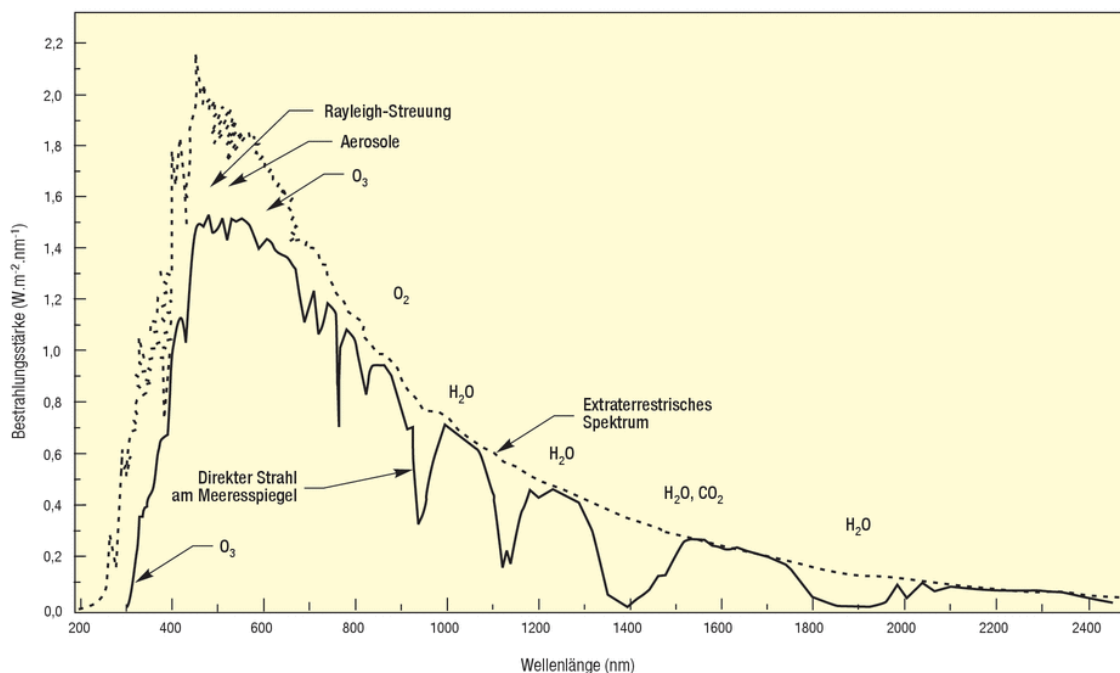


Abb. 4.2 Emissionsspektrum der Sonne, außerhalb der Atmosphäre und auf Meereshöhe; eingezeichnet sind zusätzlich die Ursachen für die Absorptionscharakteristik der Erdatmosphäre

4.1.1.2 Albedo & Wärmekapazität

Mehrdimensionale EBMs schätzen detaillierter Regionaltypen (z.B. Meer, Wüste, Gebirge) ab und weisen diesen ein spezifisches Albedo und eine Wärmekapazität zu. Weiterführende Modelle versuchen zusätzlich, den Wärmeaustausch zwischen den Regionaltypen zu modellieren (2-Dimensional), und die Eigenschaften der unterschiedlichen Atmosphärenschichten sowie Meerestiefen zu berücksichtigen (3-Dimensional). Diese Betrachtungen sind dann notwendig, wenn lokal aufgelöste Aussagen über den längerfristigen Temperaturverlauf gemacht werden sollen. Das 0-dimensionale EBM betrachtet die Erde als einen einzelnen Energiespeicher, dem er auch hier einen gemittelten Albedo und Wärmekapazitätswert zuweist.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass die Modellierung des Erdklimas eine Vielzahl von zusätzlichen Betrachtungen ermöglicht, die versuchen, die Energieflüsse im System Erde hochaufgelöster nachvollziehen zu können (z.B. Einstrahlwinkel für die Sonnenstrahlen in Abhängigkeit des Breitengrades, Energiezuläufe im Inneren des Systems Erde etwa durch Mineralölverbrennung). Im Sinne einer Einführung in die Problematik trifft das 0-Dimensionale EBM eine Vielzahl vertretbarer Vereinfachungen, wodurch es im Verständnishorizont eines gymnasialen 11.Klässlers erfahrbar gemacht

werden kann. Die wissenschaftliche Rationalität ist auch dadurch gegeben, dass das 0-dimensionale EBM nicht aus einer Elementarisierung und Rekonstruktion der Thematik für den Schulgebrauch entstanden ist, sondern im Bereich der Klimaforschung entwickelt wurde. Es bildete eine wichtige Vorstufe für die heutigen, weiterentwickelten Modelle. Am deutlichsten wird die Legitimation mit dem hohen Gütewert des Modells gestärkt, das trotz der vielen Vereinfachungen bereits die Durchschnittstemperatur der Erde mit 2° Genauigkeit abschätzen kann. Insgesamt wird es daher als anschlussfähiges Modell zur Verwendung im Schulunterricht angesehen.

4.1.2 Simulation zum Treibhausmodell

Die in der Lerneinheit verwendete Computersimulation entstammt aus dem ReCoil-Projekt. Der Simulation unterliegt ein konzeptuelles, quantitatives, kontinuierliches und dynamisches Fluss-Modell (van Joolingen und de Jong, 1991). Die Simulation ermöglicht, durch Variation verschiedener Eingangsvariablen die Reaktion des Systems zu beobachten. Die von den Schülern vorgenommenen Messungen konnten mit Hilfe von Graphen- und Tabellenanzeigen visualisiert werden. Der Simulation liegt das in Abbildung 4.3 dargestellte Flussmodell zugrunde.

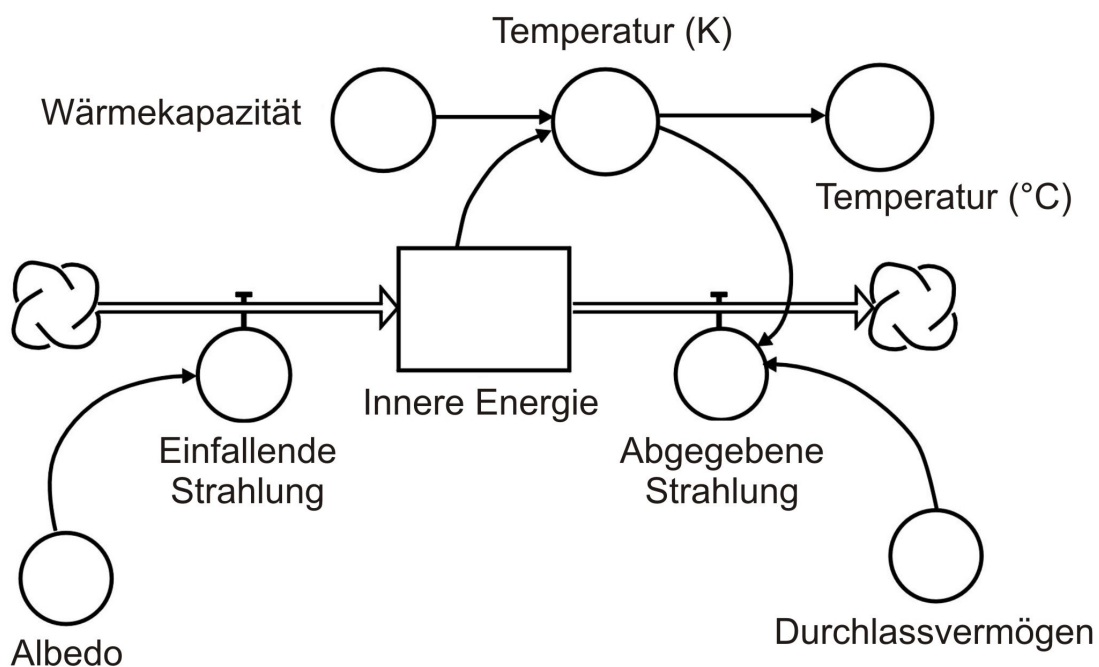


Abb. 4.3 Das der Simulation zum Treibhauseffekt zugrunde liegende Fluss-Modell.

Die Simulationsoberfläche stellt ein vereinfachtes System Sonne-Erde dar (Abb. 4.4). Es lassen sich hier die Parameter Einfallende Strahlung und Albedo ändern. Das Durchlassvermögen lässt sich ebenfalls

kontinuierlich regeln, kann aber auch vollständig ein- und ausgeschaltet werden. Die detaillierten Parameter des Modells sowie eine umfassende didaktische Analyse sind in der Teacher Information zu dem Greenspheresimulation auf dem ReCoil-Server⁴ zu finden.

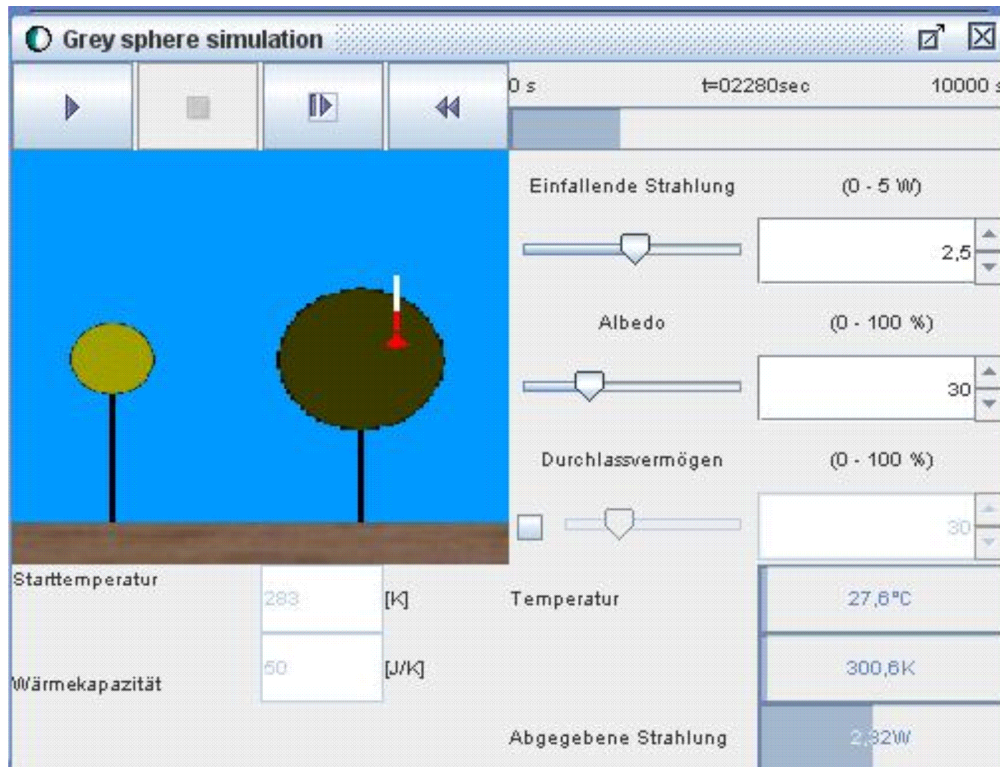


Abb. 4.4 Screenshot der Computersimulation zum Treibhauseffekt.

Bei der Untersuchung der Eigenschaften dieses Modells wurden die Schüler durch Aufgaben mit Kurzzeitzielen unterstützt. Der Aufbau des Schülerarbeitsbogens ist im Nachfolgenden dargestellt.

4.1.3 Schülerarbeitsbögen

Der Schülerarbeitsbogen besteht aus zwei Teilen, die zeitlich für jeweils eine Schulstunde vorgesehen sind. Im ersten Teil beschäftigen sich die Schüler vornehmlich mit der computergestützten Simulation zum Treibhausmodell. Ihre Aufgabe besteht hier in der Modellierung der Gleichgewichtstemperatur der Erde durch die physikalischen Parameter des Modells. Der zweite Teil erfordert das Abstrahieren der physikalischen Parameter auf natürliche und zivilisatorische Phänomene. Hier steht den Schülern zusätzlich das Internet zur Verfügung.

Die verwendeten instruktionellen Maßnahmen haben das Ziel, in Form von Arbeitsanweisungen die Arbeitsstruktur zu fördern und kognitive

⁴ www.recoil.nl

Überlastung zu verhindern (Charney, Reder et al., 1990; Quinn und Alessi, 1994; de Jong, Martin et al., 1999; White und Shimoda, 1999). Hierfür sind die begleitenden Arbeitsanweisungen in zwei Hauptblöcke mit jeweils mehreren Kurzzeitzielen von steigender Komplexität unterteilt. Im ersten Abschnitt des ersten Aufgabenteils haben die Schüler den Einfluss der Parameter *Einfallende Strahlung*, *Durchlassvermögen*, *Albedo* und *Wärmekapazität* auf die abhängige Variable *Gleichgewichtstemperatur* zu untersuchen. Hierauf basierend verlangt der zweite Abschnitt vertiefende, quantitative Beschreibungen dieser Parameter. Im zweiten Aufgabenteil haben die Schüler den Transferschritt zu leisten, die eben kennen gelernten, abstrakten physikalischen Größen in Kontexte von natürlichen und zivilisatorischen Phänomenen zu bringen. So soll etwa ein Vulkanausbruch mit Hilfe der erlernten physikalischen Konzepte beschrieben und sein Einfluss auf das System Sonne-Erde abgeschätzt werden.

Als Aufgabentypen werden Modellierungs- und Schätzaufgaben verwendet. Die Modellierungsaufgaben fordern von dem Schüler den Einfluss der vorkommenden Parameter zu untersuchen, sowie ihre Abhängigkeiten untereinander und auf die abhängige Größe zu beschreiben. Die Schätzaufgaben verlangen die Vorhersage von natürlichen und zivilisatorischen Phänomenen auf Grundlage des vorangehend erarbeiteten Domänenverständnisses.

Bei der Entwicklung der Arbeitsanweisungen zu der Simulation wurden Untersuchungen berücksichtigt, die sich mit der Herangehensweise des Lehrkörpers an Themen in der Thermodynamik beschäftigen, sowie hierbei mögliche Schülerkonzepte und Fehlvorstellungen darstellen (Kesidou und Duit, 1993; Liu und McKeough, 2005). Der vollständige Schülerarbeitsbogen ist im Anhang beigelegt.

5 Methode

Im Folgenden wird die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte empirische Feldstudie zum Einfluss eines Vorwissensaustausches auf den Wissenszuwachs und den gesprochenen Hypothesenanteil von Schülern während der Bearbeitung einer Lerneinheit zum kollaborativen forschenden Lernen vorgestellt. Der erste Abschnitt fasst die Forschungshypothesen zusammen. Im zweiten Abschnitt wird das Untersuchungsdesign dargestellt. Die Stichprobe und das verwendete Kriterium zur Bildung der einzelnen Schülergruppen (Dyaden) werden danach beschrieben. Der folgende Abschnitt stellt ausführlich die Durchführung des Vorwissensaustausches dar. Anschließend werden im vierten Abschnitt die verwendeten Versuchsinstrumente beschrieben. Das Kapitel schließt mit dem Untersuchungsablauf.

5.1 Zusammenfassung der Forschungsfrage

Die im Theorieteil beschriebenen kognitionspsychologischen und fachdidaktischen Erkenntnisse betonen, dass die Effektivität der Kollaboration während des forschenden Lernens einen wichtigen Einfluss auf den Lernerfolg der Schüler einer Zweiergruppe hat. Die Kollaboration wird u.a. als regulatives Element angesehen, das die beiden Partner bei der Auswahl und Entwicklung von kognitiven und metakognitiven Strategien unterstützt und die Lernmotivation erhöht (Kap. 3.1.3). Effektive Kollaboration wird durch die Ausprägung der fachlichen Interaktionsebene bedingt, auf dessen Grundlage der Schüler die fachbezogene Kommunikation interpretiert (Kap. 3.2.2). Die Kokonstruktion von Wissen im Rahmen fachbezogener Kommunikation wird durch auftretende kognitive Konflikte gefördert (Kap. 3.2.3).

Ziel der vorliegenden Studie ist es, den Einfluss eines Vorwissensaustausches auf den Wissenszuwachs während der Bearbeitung einer Lerneinheit zum forschenden Lernen zu untersuchen. Es wird erwartet, dass eine Maßnahme in Form eines Vorwissensaustausches durch eine Erhöhung des geteilten Wissens und Förderung von kognitiven Konflikten im Vorfeld zu einer stärkeren Ausprägung der fachlichen Intersubjektebene der Gruppe führt. Dies sollte sich in einem höheren Wissenszuwachs nach der Lerneinheit und einer effektiveren Kollaboration während der Lerneinheit zeigen. Ein messbarer Indikator für effektive Kollaboration ist der Hypothesenanteil des Gruppengesprächs.

Motivationale Faktoren, Interesse, Selbstkonzept und das Geschlecht haben einen aus der Literatur bekannten Einfluss auf das Lernverhalten von Schülern, wie in Kap. 3.3 ausgeführt wurde. In den weiterführenden Analysen wird untersucht, inwiefern der Einfluss des Vorwissensaustausches mit diesen personenbezogenen Merkmalen der Schüler in Zusammenhang steht.

5.2 Design

Für die vorliegende empirische Untersuchung wurde eine zweifaktorielle, quasiexperimentelle Feldstudie mit einem messwiederholten Faktor durchgeführt⁵. Das zugrunde liegende Design ist in Abbildung 5.1 dargestellt.

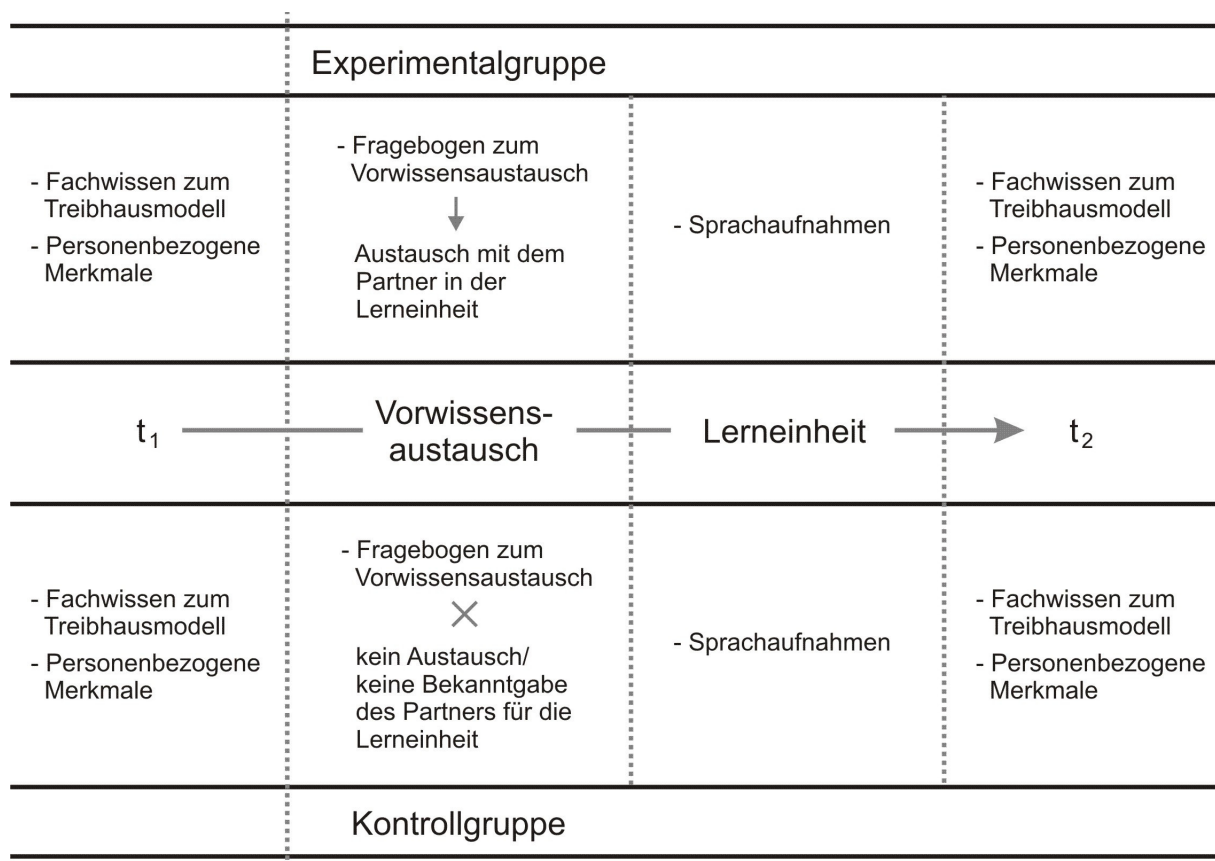


Abb. 5.1 Experimentdesign der vorliegenden Studie.

Die erste Forschungshypothese (H1) formuliert einen möglichen Einfluss des Vorwissensaustausches auf den Wissenszuwachs während der Lerneinheit. Die untersuchte unabhängige Variable wird im Folgenden *Maßnahme* (0=kein Vorwissensaustausch; 1=Vorwissensaustausch) genannt und bezieht sich auf die Gruppenzugehörigkeit. Die abhängige

⁵Diese im sozialempririschen Bereich übliche Notation beschreibt eine Studie mit einer Untersuchungsvariablen, die zu zwei verschiedenen Messzeitpunkten erhoben wurde.

Variable *Wissenszuwachs* ist die Differenz im *Fachwissen zum Treibhausmodell* von Messzeitpunkt t_1 (Vortest) zu Messzeitpunkt t_2 (Nachtest). Der Unterschied im Wissenszuwachs zwischen Experimental- und Kontrollgruppe wurde mit Hilfe einer Varianzanalyse untersucht.

Im Rahmen der zweiten Forschungshypothese (H2) wird untersucht, inwiefern der Hypothesenanteil im Gespräch einen mediiierenden Effekt auf den Einfluss der *Maßnahme* auf den *Wissenszuwachs* hat. Der Mediator *Hypothesenanteil* ist definiert als der prozentuale Anteil der formulierten Hypothesen während des Gespräches einer Dyade. Die untersuchten Beziehungsgefüge sind in Abbildung 5.2 dargestellt.

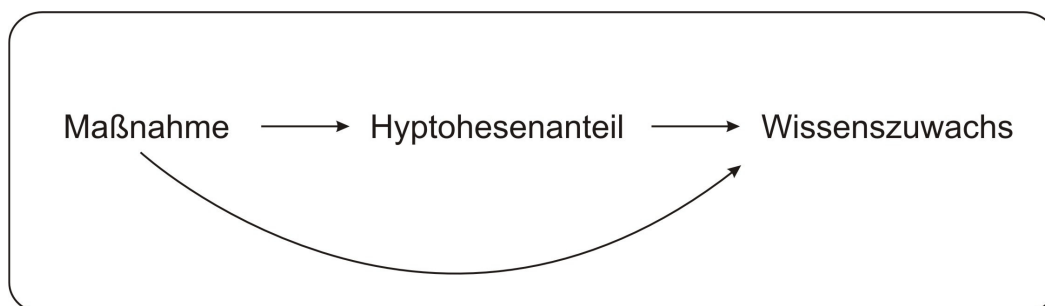


Abb. 5.2 Angenommenes Beziehungsgefüge in der vorliegenden Untersuchung bezüglich der Hypothesen (H1) und (H2).

Neben dem Fachwissen wurden zu beiden Messzeitpunkten verschiedene motivationale Konstrukte erhoben. In weiterführenden explorativen Analysen werden diese Konstrukte geschlechtsspezifisch in Hinblick auf ihren Effekt auf den Einfluss der Maßnahme beim Wissenszuwachs untersucht.

5.3 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen vier Klassen (68 Schüler, 11.Jahrgangsstufe) aus drei Gymnasien des Bundeslandes Schleswig-Holstein teil. Das Durchschnittsalter betrug 17,1 Jahre. Die Geschlechter waren zu gleichen Teilen vertreten (Tab. 5.1).

Geschlecht	N	M_{Alter}	SD_{Alter}
Mädchen	35	17,06	0,56
Jungen	33	17,13	0,66
Gesamt	68	17,10	0,61

Tab. 5.1 Stichprobenbeschreibung der Untersuchung mit Anzahl der Schüler (N), Durchschnittsalter (M_{Alter}) und Standardabweichung (SD_{Alter}) nach Geschlechtern getrennt.

5.3.1.1 Kriterium zur Gruppenzusammensetzung

Wie im Theorieteil ausgeführt, führen zu große Wissensunterschiede innerhalb einer Dyade zur Passivität des schwächeren Partners und eines Verzichtes des stärkeren Partners, Wissen kostruktuieren. Um diesen Effekt klein zu halten, wurden die Dyaden bezüglich des Merkmals Fachwissensunterschied innerhalb der Dyade parallelisiert. Hierfür wurden die Schüler einer Klasse entsprechend der erreichten Punktzahl im Vortest aufsteigend geordnet. Diese Liste wurde in eine leistungsstarke (obere Hälfte) und eine leistungsschwächere Gruppe (untere Hälfte) geteilt. Gepaart wurden dann die jeweils stärksten der beiden Gruppen, dann die zweitstärksten, usw. Abbildung 5.3 stellt die Gruppenzusammensetzung an einer Beispielgruppe von sechs Schülern dar.

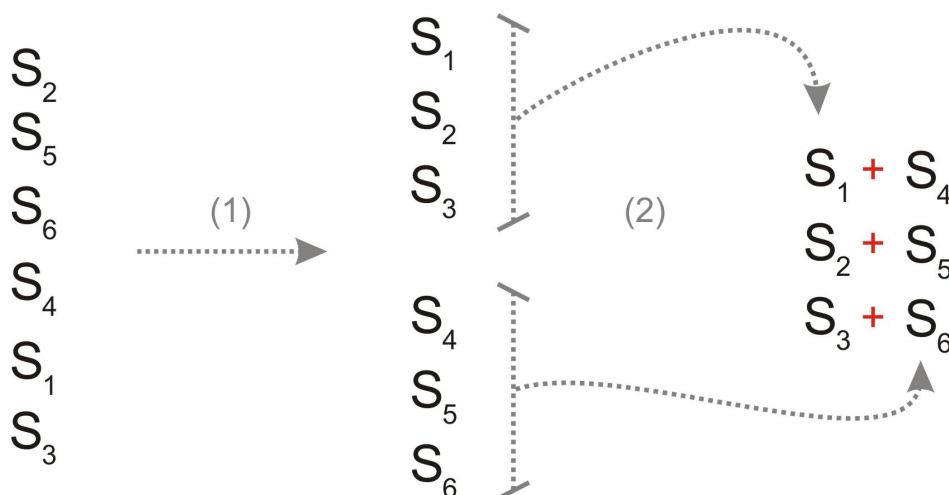


Abb. 5.3 Anwendung des Gruppenkriteriums am Beispiel von 6 Schülern. Jeder Schüler S wird durch einen Indize beschrieben, der für den Rangplatz in Bezug auf die erreichten Punkte beim Vortest steht (1-6). Im ersten Schritt werden die Schüler nach erreichten Punkten beim Vortest geordnet und in zwei Hälften geteilt (1). Danach folgen die Paarung zwischen der oberen und unteren Leistungshälfte (2).

5.4 Durchführung des Vorwissensaustausches

Die in dieser Studie untersuchte Maßnahme zielte darauf ab, den Schülern einer Dyade bereits vor der Zusammenarbeit Einblicke in die physikalischen Fachkonzepte des Partners zu geben und so die Kollaboration wie auch den Wissenszuwachs zu steigern. Dazu wurde ein Fragebogen gemäß den Richtlinien aus Kap. 3.2.4 entwickelt. Dieser

Fragebogen zum Vorwissensaustausch besteht aus drei Aufgaben des Wissenstestes. Die Aufgaben thematisieren unterschiedliche physikalische Konzepte des Treibhausmodells und zeigten in den Analysen der Pilotstudie und des Vortest eine hohe Trennschärfe (Tab. 5.2).

Die Schüler erhielten zu Beginn der Schulstunde die Arbeitsanweisung, auf dem Fragebogen zum Vorwissensaustausch die bereits aus dem Vortest bekannten Aufgaben erneut im Multiple-Choice-Verfahren zu bewerten und zusätzlich eine schriftliche Begründung für ihre Bewertung zu geben. Der Vorbereitungszettel des Wissenstestes lag bei. Zusätzlich instruierte der Versuchsleiter die Schüler bezüglich des weiteren Ablaufs. Die Instruktion lautete: "Der von Ihnen jetzt zu bearbeitende Fragebogen zum Vorwissensaustausch wird im Anschluss ihrem zukünftigen, jetzt noch unbekanntem Partner zur Beurteilung mit nach Hause gegeben. Er wird zur Aufgabe bekommen, sich Ihre Begründungen bis zum Beginn der kommenden Lerneinheit durchzulesen. Zu Beginn der kommenden Lerneinheit werden sie gebeten, eine kurze Zusammenfassung des Gelesenen und eine Beurteilung abzugeben. Die Lehrkraft dieser Klasse wird zu keinem Zeitpunkt Einsicht in ihre Fragebögen erhalten."

Zur Bearbeitung des Fragebogens zum Vorwissensaustausch hatten die Schüler 12 Minuten. Im Anschluss wurden für die Schüler der Experimentalgruppe die Partner für die kommende Lerneinheit bekannt gegeben. Diese tauschten die Fragebögen zum Vorwissensaustausch aus und sollten nach der anfänglichen Instruktion verfahren. Der Kontrollgruppe wurde nicht bekannt gegeben, wer ihr Partner während der Lerneinheit sein würde. Sie erhielten die Aufgabe, ihren eigenen Fragebogen zum Vorwissensaustausch mit nach Hause zu nehmen, erneut durchzulesen und ebenfalls zu Beginn der kommenden Lerneinheit Stellung nehmen zu können.

Zu Beginn der Lerneinheit wurde nicht überprüft, ob die Schüler sich mit dem Fragebogen zum Vorwissensaustausch beschäftigt haben. Der vollständige Fragebogen zum Vorwissensaustausch ist im Anhang aufgeführt.

Aufgabennummer	Trennschärfekoeffizient
4	0,32
16	0,43
27	0,58

Tab. 5.2 Die für den Fragebogen zum Vorwissensaustausch verwendeten Items mit Trennschärfekoeffizienten.

5.5 Instrumente

Zur Untersuchung der in Abschnitt 0 vorgestellten Fragestellungen bearbeiteten die Schüler einen vor und nach der Lerneinheit eingereichten Fachwissenstest zum Treibhausmodell. Während der Lerneinheit zeichneten Aufnahmegeräte die Dyadengespräche auf. Zusätzlich wurden personenbezogene Merkmale wie Motivation, Interesse und fachspezifisches Selbstkonzept erhoben. Diese werden ausführlich im Folgenden beschrieben.

5.5.1 Fachwissenstest zum Treibhausmodell

Der verwendete Fachwissenstest zum Treibhausmodell wurde den Schülern in Papierform präsentiert und besteht aus einem Vorbereitungszettel, der ein einfaches Modell zum Treibhauseffekt beschreibt, sowie dem Hypothesentest mit 23 Aufgaben zum Thema Treibhauseffekt. Er ist zur Verwendung an Schülern des 11. Jahrganges entwickelt worden. Für die Bearbeitung des Fachwissenstests zum Treibhausmodell ist ein Grundverständnis für die physikalischen Konzepte Energie, Energieumwandlung und Energiespeicherung notwendig. Der Lehrplan in Schleswig-Holstein führt diese Inhalte in der 10. Klasse ein. Die Physiklehrer der an der Studie teilgenommenen Klassen bestätigten nach Einsicht in die Versuchsmaterialien, dass ein Zusammenhang zwischen dem Treibhauseffekt und den fachphysikalischen Inhalten im vorangegangenen Jahr nicht unterrichtet wurde. Um einen Einsatz im Rahmen einer Schulstunde zu ermöglichen, ist der Test für eine maximale Bearbeitungsdauer von 35 Minuten entwickelt worden.

Um eine möglichst hohe Objektivität zu gewährleisten, wurde ein Antwortschema im Multiple-Choice-Verfahren gewählt. Die 4-stufige Antwortskala bestand aus den möglichen Antworten 4=„Ja, das ist richtig“, 3=„Ja, ich glaube das ist richtig“, 2=„Nein, ich glaube, das ist nicht richtig“ und „1=Nein, das ist nicht richtig“. Für die Gesamtauswertung wurden die erreichten Punkte aller Hypothesen gemittelt, ein Schüler konnte in diesem Test also ein Ergebnis zwischen mindestens 1 und höchstens 4 erreichen. Bei fachlich falschen Hypothesen wurde entsprechend rekodiert. Zur Erläuterung der Antwortskala wurden die Schüler vor der Bearbeitung des Tests instruiert, dass die Antwort „Ja, das ist richtig“ angekreuzt werden sollte, falls sie die Richtigkeit dieser Hypothese fachlich mit Hilfe der

Informationen zum Treibhausmodell begründen könnten und sich auch innerhalb des normalen Schulunterrichtes dafür melden würden. Die Antwort „Ja, ich glaube, das ist richtig“ beschreibt die Fälle, in denen die Schüler zwar der Meinung sind, dass die Hypothese richtig sei, sie sich aber wegen mangelnder fachlicher Begründung oder Unsicherheit nicht im Schulunterricht melden würden. Eine Beispielaufgabe ist in Tabelle 5.3 dargestellt.

	Ja, das ist richtig.	Ja, ich glaube, das ist richtig.	Nein, ich glaube, das ist nicht richtig.	Nein, das ist nicht richtig.
11. In einem schneereichen Winter hat das Land Schleswig-Holstein eine höhere Albedo als im Sommer.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Tab. 5.3 Beispielitem mit Antwortschema aus dem Fachwissenstest zum Treibhausmodell.

Zur Überprüfung der Reliabilität wurde eine Pilotstudie im Frühjahr 2007 an einem Gymnasium in Schleswig-Holstein durchgeführt, welches nicht an der Hauptstudie beteiligt war (N=30). Die Analyse führte zu einer Modifikation zweier Aufgabenformulierungen und zur Reduktion der ursprünglichen Aufgabenanzahl, die durch eine niedrige Trennschärfe auffielen. Dies fand unter Berücksichtigung der internen Validität statt, d.h. die verbleibenden Hypothesen deckten immer noch die auftretenden physikalischen Inhalte zu annähernd gleichen Teilen ab. Weiterhin wurden nach der Hauptstudie solche Items aus der Analyse ausgeschlossen, die zwar über einen positiven Reliabilitätskoeffizienten verfügten, aber ein Mittelwertvergleiche zwischen Vor- und Nachtestdaten einen Lernverlust implizierten. Es ergab sich im Anschluss für die Skala „Fachwissen zum Treibhausmodell“ ein Cronbachs Alpha von 0,56 (VT) und 0,72 (NT). In Tabelle 5.4 sind Mittelwerte, Standardabweichungen und Reliabilitätskoeffizienten angegeben.

Skala	Items	Messzeitpunkt	N	M	SD	α
Fachwissen zum Treibhausmodell	11	t ₁ (Vortest)	68	3,34	0,32	0,56
	11	t ₂ (Nachtest)	68	3,47	0,36	0,72

Tab. 5.4 Übersicht über die Anzahl der teilnehmenden Schüler (N), Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD) und Cronbachs Alphas (α) des Wissenstest zu den beiden Messzeitpunkten.

Um die inhaltliche Validität des Fachwissenstests zum Treibhausmodell zu gewährleisten, wurde während der Entwicklung mit mehreren externen Begutachtern zusammengearbeitet. Als Experten zur Überprüfung der physikalischen Richtigkeit und Eindeutigkeit der Items wurden Doktoranden der Physik der Christian-Albrechts-Universität herangezogen. Bei der Fragestellung, ob sich ein Item im Verständnishorizont der Schüler befindet und sich zum auslösen der angestrebten Denkprozesse während des Tests eignet, gaben die Physiklehrer der an der Studie teilnehmenden Klassen sowie Lehrkräfte des Gymnasiums Farmsen Stellung ab. Die Überprüfung der Konstruktvalidität des Wissenstests wurde mit Hilfe einer explorativen Faktorenanalyse durchgeführt. Dabei ließ sich jedoch kein Gesamtfaktor „Fachwissen zum Treibhausmodell“ extrahieren. Dies war aufgrund der Formulierung der Aufgaben auch nicht zu erwarten, da in den einzelnen Aufgaben verschiedene Fachkonzepte in Form von Hypothesen verbunden werden. Die Gesamtskala „Fachwissen zum Treibhausmodell“ wurde daher über den Mittelwert der einzelnen Aufgaben des Wissenstests gebildet. Der vollständige Fachwissenstest zum Treibhausmodell ist im Anhang aufgeführt.

5.5.2 Gesprächsanalyse

Zur Auswertung der verbalen Kommunikation wurden während der Lerneinheit Tonbandaufnahmen von 21 Dyaden gemacht. Zur Gesprächsaufnahme wurde jeder Arbeitsplatz einer Dyade mit einem digitalen Aufnahmegerät ausgestattet, von dem Knopfmikrophone zum Anstecken an Kragen oder Pullover abgingen. Das Transkribieren der erhaltenen Rohdaten wurde mit der Software „Videograph“ durchgeführt (Rimmele, 2002) und richtete sich nach den Transkriptionsregeln der Videostudie am IPN (Seidel, 2003). Diese standardisierten Richtlinien legen bei der Überführung der aufgenommen Rohdaten in die Schriftform ein einheitliches Schema fest, nach dem etwa die sprechenden Personen benannt werden, wie mit Überschneidungen von Sprechersequenzen umgegangen wird sowie durch welche Zeichen nicht verwertbare Äußerungen wie lange Pausen, Zögern oder unverständliche Laute gekennzeichnet werden. Die dort ebenfalls beschriebenen Richtlinien zur Beschreibung nonverbaler Kommunikation finden im Rahmen dieser Studie keine Anwendung, da eine Auswertung von Tonaufnahmen vorgenommen wird.

Für die anschließende Kodierung der Transkripte wurde das Kodierungsschema von Giljers und de Jong (2005) verwendet. Hierbei wird jede Sinnaussage eines Schülers in drei Ebenen kodiert. Eine Sinnaussage ist definiert als eine Aneinanderreihung von Worten, die in ihrer Gesamtheit eine inhaltliche Aussage zum Ziel haben. Dabei kann sich diese Aussage über mehrere Sätze hinziehen, sowie ein einzelner Satz mehrere Aussagen beinhalten kann.

In der ersten Ebene wurde geprüft, ob eine Aussage auf die Lerneinheit bezogen ist oder nicht (On-, Off-topic). Nicht unterrichtsbezogene Aussagen sind etwa Unterhaltungen über eine bevorstehende Arbeit in einem anderen Fach oder Kleidungsgehnheiten von Mitschülern und wurden nicht weiter betrachtet.

Auf der zweiten Kodierungsebene wurden die auf die Lerneinheit bezogenen Aussagen als transformativ, regulativ oder technisch eingestuft. Die Beschreibung von transformativen und regulativen Prozessen wurde in Kap. 3.1.1 ausführlich dargestellt. Zusätzlich wurden technische Aussagen betrachtet, die sich mit der Bedienung der Computersimulation beschäftigen, wie etwa: „Können wir irgendwie diese drei Datensätze gleichzeitig mit dem Graphiktool darstellen?“.

Die dritte Ebene diente der gesonderten Untersuchung der transformativen Gesprächsanteile. Hier fand eine Unterteilung in die folgenden vier Kategorien statt: Orientierung, Hypothese, Experiment und Datenauswertung. Die für die Forschungsfrage dieser Arbeit relevanten Hypothesen sind Aussagen, die den Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Einflussvariablen in Bezug auf die Modellierung des Treibhauseffektes beschreiben sollten. Beispielhypothesen sind etwa: „Ich glaube, je höher wir die Wärmekapazität wählen, desto langsamer erreicht die Erde eine Gleichgewichtstemperatur“ oder „Wahrscheinlich wirkt sich so ein Vulkanausbruch schlecht auf das Durchlassvermögen aus“. Zusätzlich wurde die unmittelbare Reaktion des Partners als Hypothese eingestuft, wenn er Zustimmung, Ablehnung oder Zweifel signalisierte. Dies geschah mit dem Hintergrund, dass der Hypothesenanteil des Gesprächs als Indikator die Kollaboration innerhalb der Dyade reflektieren soll. In Fällen, in denen der Partner nicht auf die Hypothese reagiert, kann nicht von einer Kokonstruktion von Wissen ausgegangen werden.

Das Kodierungsschema ist in Abbildung 5.4 dargestellt, zur Verdeutlichung zeigt Tabelle 5.5 exemplarisch einige Schülersaussagen und deren Kodierung.

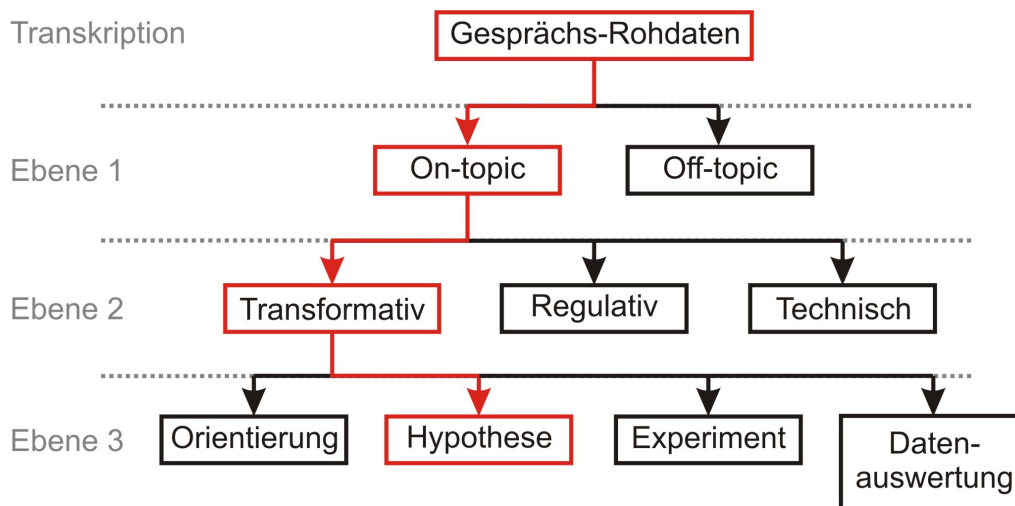


Abb. 5.4 Kodierungsschema der Gesprächsanalyse

Beispielaussage	Ebene 1	Ebene 2	Ebene 3
„Ich war gestern Inlinern.“	Off-Topic	-	-
„Wo kann ich die Simulation noch einmal starten?“	On-Topic	technisch	
„Moment, wir sollten mal so etwas wie eine Skizze machen, bevor wir mit der Simulation weitermachen.“	On-Topic	regulativ	-
„Warte Mal, ich lese mir noch einmal den Absatz über die einfallende Strahlung durch.“	On-Topic	transformativ	Orientierung
„Ich glaube, die Erhöhung der Wärmekapazität verlangsamt nur die Erwärmung.“	On-Topic	transformativ	Hypothese
„Erhöhe die Albedo bitte mal lieber nur in 0,1 Schritten.“	On-Topic	transformativ	Experiment
„So, ich finde, bei diesem Graph sieht man schon, dass das Durchlassvermögen keinen Einfluss auf die Wärmekapazität hat.“	On-Topic	transformativ	Datenauswertung

Tab. 5.5 Exemplarische Kodierung einiger Schüleraussagen.

5.5.3 Personenbezogene Merkmale

Motivationale Faktoren, Interesse und das Selbstkonzept haben einen aus der Literatur bekannten Effekt auf das Lernverhalten von Schülern. Sie sind wichtige Einflussgrößen auf das Selbstregulierte Lernen, wie in Kapitel 3.1.1 ausführlich dargestellt. Mit Hilfe des Fragebogens zu personenbezogenen Merkmalen wurden unterschiedliche Konstrukte als Abschluss des Vor- und Nachtests erhoben. Der Fragebogen zu personenbezogenen Merkmalen wurde ebenfalls in Papierform dargereicht und an den Fachwissenstest zum Treibhausmodell angehängt. Die Schüler hatten für die Bearbeitung keine Zeitbeschränkung. Für die Items wurde ein vierstufiges Antwortformat gewählt (1=trifft nicht zu, 2=trifft eher nicht zu, 3=trifft eher zu, 4=trifft zu). Die erhobenen Skalen sind im Folgenden beschrieben und in Tabelle 5.6 mit Beispielitems, Mittelwerten, Standardabweichung und Cronbachs alpha aufgeführt. Die vollständigen Skalen sind im Anhang angefügt.

5.5.3.1 Vortest

Präferenz für kooperative Lernformen

Diese Skala bildet die Bereitschaft eines einzelnen Schülers ab, mit einem zweiten zusammenzuarbeiten und sich aktiv an gemeinsamen Aufgabenstellungen zu beteiligen. Es wurde die Skala aus Erhebungsinstrumenten der PISA-Studie entnommen (Ramm, Prenzel et al., 2006).

Präferenz für wettbewerbsorientierte Lernformen

Diese Skala bildet ab, welche Rolle der Leistungsvergleich mit anderen bei dem eigenem Lernverhalten spielt. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich eine hohe Ausprägung dieses Merkmals negativ auf die Zusammenarbeit während der Lerneinheit auswirkt. Es wurde die Skala aus Ramm et al. (2006) verwendet, die auf Arbeiten von Owens und Barnes (1992) zurückgeht.

Fachspezifisches Selbstkonzept

Das Fachspezifische Selbstkonzept ist ein Prädiktor für akademische Leistung. Es kann als fachbezogene Wahrnehmung eigener Kompetenzen angesehen werden, das sich aus den Erfahrungen in dem jeweiligen Fachkontext herausbildet und nachfolgendes Handeln bei fachbezogenen Anforderungen und Problemstellungen mitbestimmt. Die Erfahrungen zur Entwicklung des Fachspezifischen Selbstkonzeptes leiten sich nach dem Modell von Marsh (1986, 1997, 1998) aus interindividuellen Vergleichen (Eigene Leistung gegen Leistungen anderer Schüler in dem Schulfach) und intraindividuellen Vergleichen

(Eigene Leistungen in diesem Fach gegen eigene Leistungen in anderen Fächern) der Schüler ab. Für den Vortest wurden Items aus der Arbeit von Schwanzer (2005) entnommen.

Interesse an Physik/ Interesse an dem Thema „Treibhauseffekt“/
Interesse an dieser Studie mitzuwirken

Wie in Kapitel 3.1.1 ausgeführt hat Interesse einen erheblichen Effekt auf das Lernverhalten. Unter Interesse versteht man im Rahmen der Motivationspsychologie die Anteilnahme respektive Aufmerksamkeit, die eine Person an einer Sache oder einer anderen Person nimmt (Krapp, 1999). Dabei wird aus der prozessorientierten Perspektive die aktuelle Situation untersucht (Interesse an dem Thema „Treibhauseffekt“/ Interesse an dieser Studie mitzuwirken). Die strukturorientierte Perspektive betrachtet die langfristige Grundmotivation (Interesse an Physik). Die verwendeten Items zum Interesse sind aus Pisa 2003 entnommen und für die vorliegende Unterrichtssituation parallelisiert (Ramm, Prenzel et al., 2006).

5.5.3.2 Nachtest

Engagiertes Lernverhalten

In Anlehnung an die Befunde von Trautwein & Köller wird das engagierte Lernverhalten im Sinne der Anstrengungs- bzw. Konzentrationsbereitschaft für die Mitarbeit im Unterricht erhoben.

Selbstwirksamkeit

Selbstwirksamkeit ist die individuell unterschiedlich ausgeprägte Überzeugung, ob und wie eine Person in einer bestimmten Situation die geforderte Leistung erbringt. Diese Einschätzung bezüglich der eigenen Fähigkeit beeinflusst ihre Wahrnehmung, Motivation und Leistung (Bruner, 1994). Die Items sind aus Pisa entnommen und der vorliegenden Perspektive angepasst (Ramm, Prenzel et al., 2006).

Wirksamkeit Maßnahme/ Wirksamkeit Wissensaustausch

Die Schüler werden bezüglich der Wirkung der Maßnahme auf die Zusammenarbeit befragt. Dies ermöglicht eine differenzierte Betrachtung der Kausalität zwischen Intervention und Lernerfolg. Diese Skala wurde für die Zwecke dieser Studie entwickelt.

Skala	Items	Beispielitem	M	SD	α
Präferenz für kooperative Lernformen	5	Ich arbeite gerne mit anderen Schülern zusammen.	2,94	0,45	0,62

Präferenz für wettbewerbsorientierte Lernformen	4	Wenn ich versuche, besser als andere zu sein, leiste ich gute Arbeit.	2,72	0,66	0,76
Fachspezifisches Selbstkonzept	4	Bei manchen Sachen in Physik, die ich nicht verstanden habe, weiß ich im vornherein: "Das verstehe ich nie!"	2,70	0,72	0,85
Interesse an Physik	4	Bei manchen Sachen in Physik, die ich nicht verstanden habe, weiß ich im vornherein: "Das verstehe ich nie!"	2,60	0,73	0,79
Interesse an dem Thema „Treibhauseffekt“	3	Das Thema „Treibhauseffekt“ klingt völlig uninteressant.	2,89	0,71	0,88
Interesse ,an dieser wissenschaftlichen Studie mitzuwirken	3	Ich finde es interessant, an dieser Studie teilzunehmen.	3,36	0,52	0,79
Engagiertes Lernverhalten	5	In der Doppelstunde war ich sehr konzentriert.	3,07	0,60	0,87
Selbstwirksamkeit	5	Egal wie ich mich anstrenge, solche Aufgaben wie in der Doppelstunde kann ich einfach nicht lösen.	2,85	0,64	0,84
Wirksamkeit Maßnahme	4	Es hat der Zusammenarbeit in der Doppelstunde gut getan, dass ich mich bereits vorher mit den Ansichten meines Partners zu dem Thema beschäftigen konnte..	2,35	0,74	0,76
Wirksamkeit Wissensaustausch	4	Die schriftlichen Fachantworten meines Partners, mit denen ich mich vor der Doppelstunde beschäftigt habe, fand ich nichtssagend.	2,55	0,51	0,48

Tab. 5.6 Übersicht über die Skalen der personenbezogenen Merkmale mit Mittelwert (M), Standardabweichung (SD) und Cronbachs Alpha (α).

5.6 Untersuchungsablauf

Die Studie wurde im Sommer 2006 durchgeführt. Vorangehend wurden die Schüler im Rahmen der Einverständniserklärungen für Ministerium und Datenschutzzentrum über die Ziele und den Ablauf der Studie informiert. Es fand in allen Schulen ein persönliches Aufklärungsgespräch mit den Klassenlehrern und eine Besichtigung der Computerräume statt. Bei dieser wurde sichergestellt, dass die Schule über eine ausreichende Anzahl an Arbeitsplätze verfügt und dass die Computersimulation zum Treibhauseffekt auf den zur Verfügung stehenden Computern ohne Leistungseinbußen ausgeführt werden konnte.

Während der Studie kam es mit jeder Klasse zu drei Treffen, die im Nachfolgenden beschrieben werden und in Abbildung 5.5 dargestellt sind.

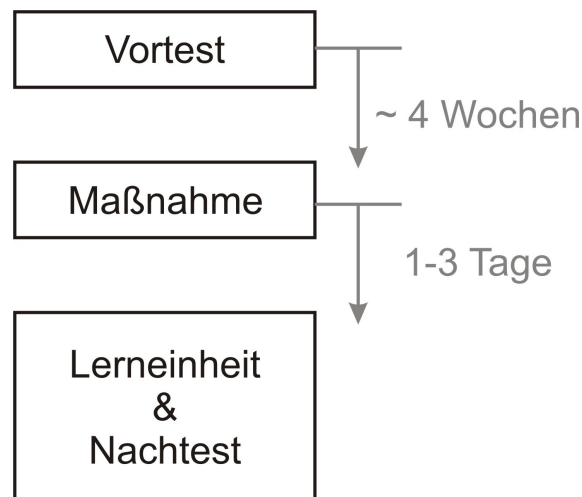


Abb. 5.5 Untersuchungsablauf der Studie

5.6.1.1 Vortest (Mitte April)

Die Schüler betraten ihren gewohnten Klassenraum. Sie sollten sich gemäß ihrer normalen Gewohnheiten setzen und ein Schreibgerät zur Hand nehmen. Anschließend wurde der Fachwissenstest zum Treibhausmodell verteilt. Es wurde die Ansage von dem Klassenlehrer gegeben, dass dieser Test unter Klausurbedingungen zu schreiben sei.

Der Vortest nahm etwa 40 Minuten ein und begann mit einem 10-minütigen Studieren des Vorbereitungszettels. Nach Ablauf der Zeit wurde gemeinsam der bisher verdeckte Hypothesentest umgedreht und anschließend 25-minütig bearbeitet. Nach Ende der 25 Minuten wurde wiederum gemeinsam der Anhang mit dem Fragebogen zu personenbezogenen Merkmalen umgedreht. In dem verbleibenden Teil der Unterrichtsstunde sollten die Schüler diesen Fragebogen

beantworten, wobei sie dabei keine Zeitbeschränkung hatten. Es wurde angesagt, dass die Items möglichst spontan zu beantworten seien.

Die Vortest wurden in den anschließenden vier Wochen analysiert, die Dyaden entsprechend des Gruppenkriteriums aus Kapitel 5.3 zusammengesetzt und zufällig die Experimental- und Kontrollgruppe bestimmt.

5.6.1.2 Maßnahme (Mitte/ Ende Mai)

Die Durchführung des Vorwissensaustausches fand etwa fünf Wochen später statt und ist ausführlich in Kapitel 5.4 beschrieben. Zu Beginn der Schulstunde erhielten die Schüler die Arbeitsanweisung, den Fragebogen zum Vorwissensaustausch zu bearbeiten und eine Instruktion bezüglich des weiteren Ablaufs. Im Anschluss wurden die Gruppen der Experimentalgruppe bekannt gegeben.

5.6.1.3 Lerneinheit & Nachttest (Mitte/ Ende Mai)

Einige Tage nach der Maßnahme fand in den Computerräumen der Schulen die doppelstündige Lerneinheit zum Treibhauseffekt statt. Vor der Lerneinheit wurden die Räume derart präpariert, dass jeder Arbeitsplatz einer Dyade die anonymisierte Kennung der Schüler aufwies, die Computersimulation bereits auf den Computern gestartet wurde und alle Arbeitsmaterialien (Aufgabenzettel, gekennzeichnete Arbeitszettel) vollständig auslagen. Die Dyaden, von denen Gesprächsaufnahmen genommen werden sollten, fanden ihre Plätze mit Kopfhörern und laufendem Aufnahmegerät vor. Bei Betreten des Computerraumes wurde den Schülern der Kontrollgruppe ihr Partner für diese Lerneinheit bekannt gegeben. Als die Schüler ihre Plätze einnahmen, wurde mit der Klasse gemeinsam der Aufgabenzettel besprochen und die Aufgaben zeitlich abgeschätzt. Die Pause sollte ignoriert werden. Die Dyaden, bei denen das Gruppengespräch aufgenommen wurde, sollten ihre Kennung eingebettet in einen Satz deutlich in ihr Mikrophon sprechen. Gemeinsam wurde jetzt die Lerneinheit begonnen. Im direkten Anschluss an die Doppelstunde wurde in den Klassenräumen der Nachttest bearbeitet.

Um zu gewährleisten, dass zwischen den in dieser Studie untersuchten Klassen gleiche Arbeitsbedingungen herrschten, gab der gleiche Versuchsleiter in jeder Untersuchungsphase den Schülern die Instruktionen, führte die Aufsicht während der Tests und während der Lerneinheit und bereitete die Computerräume vor Ort für die Lerneinheit vor. Die Physiklehrer der Klassen waren durchgehend anwesend, intervenierten aber nicht.

6 Ergebnisse

Der Ergebnissteil gliedert sich in fünf Abschnitte. Zu Beginn werden die statistischen Analyseverfahren zur Untersuchung der jeweiligen Forschungsfrage beschrieben. Der zweite Abschnitt fasst die explorative Datenanalyse zusammen, in der die Vortestdaten nach systematischen Unterschieden zwischen Experimental- und Kontrollgruppe wie etwa Schul- oder Klasseneffekte analysiert wurden. Der dritte Abschnitt gibt die Ergebnisse des Einflusses des Vorwissensaustausches auf den Wissenszuwachs der Schüler während der Lerneinheit wieder. Es konnte gezeigt werden, dass die Schüler der Experimentalgruppe einen signifikant höheren Wissenszuwachs als die Kontrollgruppe hatten. Im vierten Abschnitt werden die Ergebnisse bezüglich des Einflusses des Vorwissensaustausches auf die Hypothesenanteile dargelegt. Auch hier zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen Experimental- und Kontrollgruppe. Es wurde eine hochsignifikante Erhöhung der Hypothesenanteile in der Experimentalgruppe gefunden. Allerdings konnte kein medierender Effekt der Hypothesenanteile nachgewiesen werden. Der letzte Abschnitt stellt die weiterführenden Analysen dar, die vornehmlich die vorangegangenen Befunde auf Geschlechtereffekte sowie den Einfluss weiterer personenbezogener Merkmale untersuchen.

6.1 Statistische Analysen

Dieser Abschnitt stellt die Analyseverfahren der in Kapitel 0 beschriebenen, zentralen Fragestellungen dar. Vorausgehend wird der Umgang mit fehlenden Werten erläutert.

6.1.1.1 Umgang mit fehlenden Werten

Von den ursprünglich 68 Schülern waren zu den einzelnen Messzeitpunkten bis zu vier Schüler nicht anwesend. Auch weisen die vorhandenen Schülerfragebögen vereinzelt fehlende Werte auf (<1%). Für die Untersuchungen der Forschungshypothesen H1, H2 und den weiterführenden Analysen mittels Varianz- und Regressionsanalysen sind vollständige Datenmatrizen notwendig. Um bei diesen Untersuchungen den fall- oder paarweisen Ausschluss von Schülerdaten zu vermeiden, werden fehlenden Daten durch imputationsbasierte Schätzverfahren ersetzt (Lüdtke, Robitzsch et al., 2007). Unter der Annahme, dass die Ausprägung von fehlenden Werten bei dem Fachwissentest zum Treibhausmodell in keinem systematischen Zusammenhang mit der Ausprägung anderer Variablen steht, wurden

fehlende Werte innerhalb der Experimental- und Kontrollgruppe durch den jeweiligen Zeitreihen-Mittelwert ersetzt (Demirtas, 2004).

6.1.1.2 Analyse der H1

Um zu untersuchen, ob der Vorwissensaustausch einen Einfluss auf den Wissenszuwachs der Schüler hat, wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung⁶ mit dem Zwischensubjektfaktor Maßnahme (Vorwissensaustausch, kein Vorwissensaustausch), dem Innersubjektfaktor Messzeitpunkt (t_1 , t_2) und dem Fachwissen zum Treibhausmodell als messwiederholte, abhängige Variable berechnet (Abb. 6.1).

	t_1	t_2
Experimentalgruppe (Vorwissensaustausch)	M, SD	M, SD
Kontrollgruppe (kein Vorwissensaustausch)	M, SD	M, SD

Abb. 6.1 Untersuchungsdesign der H1. Im Rahmen einer 2-faktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung werden die Schülerdaten (Mittelwert M und Standardabweichung SD des Fachwissenstests zum Treibhausmodell) untersucht.

6.1.1.3 Analyse der H2

Die zweite Forschungshypothese, nach der sich der Vorwissensaustausch positiv auf die gesprochenen Hypothesenanteile in der Experimentalgruppe auswirken soll, wurde mit Hilfe von t-Tests für unabhängige Stichproben mit dem Zwischensubjektfaktor Maßnahme (Vorwissensaustausch, kein Vorwissensaustausch) und der abhängigen Variable Hypothesenanteil untersucht.

Zusätzlich wurde überprüft, ob ein medierender Effekt des Faktors Hypothesenanteil auf den Einfluss der Maßnahme auf den Wissenszuwachs nachgewiesen werden kann. Analyseverfahren mit

⁶ Diese im sozialempririschen Bereich übliche Notation betont, dass der gleiche Test (Fachwissen zum Treibhausmodell) zu zwei verschiedenen Messzeitpunkten innerhalb der Untersuchungsgruppen erhoben wurde.

Mittelwertsvergleichen und Varianzanalysen haben hier allerdings nur eingeschränkte Aussagefähigkeit (Fiske, Kenny et al., 1982). Die statistische Analyse eines möglichen mediierenden Effektes wurde regressionsanalytisch nach dem Verfahren von Baron u. Kenny durchgeführt (Baron und Kenny, 1986). Hiernach wird untersucht, inwiefern sich der Regressionskoeffizient der unabhängigen Variable Maßnahme bei der Vorhersage der abhängigen Variablen Wissenszuwachs verringert, wenn ein möglicher Mediator Hypothesenanteil in das Modell aufgenommen wird. Dafür müssen folgende Zusammenhänge erfüllt sein (Abb. 6.2):

- (a) Die unabhängige Variable (*Maßnahme*) hat einen signifikanten Einfluss auf die abhängige Variable (*Wissenszuwachs*).
- (b) Variationen der unabhängigen Variable (*Maßnahme*) führen zu signifikanten Änderungen des möglichen Mediators (*Hypothesenanteil*)
- (c) Variationen des Mediators (*Hypothesenanteil*) führen zu signifikanten Änderungen der abhängigen Variable (*Wissenszuwachs*)
- (d) Wird die Mediatorvariable *Hypothesenanteil* in einem zweiten Analyseschritt in das erste Regressionsmodell (a) eingefügt, verliert ein vorher festgestellter Zusammenhang zwischen unabhängiger (*Maßnahme*) und abhängiger Variable (*Wissenszuwachs*) an Stärke.

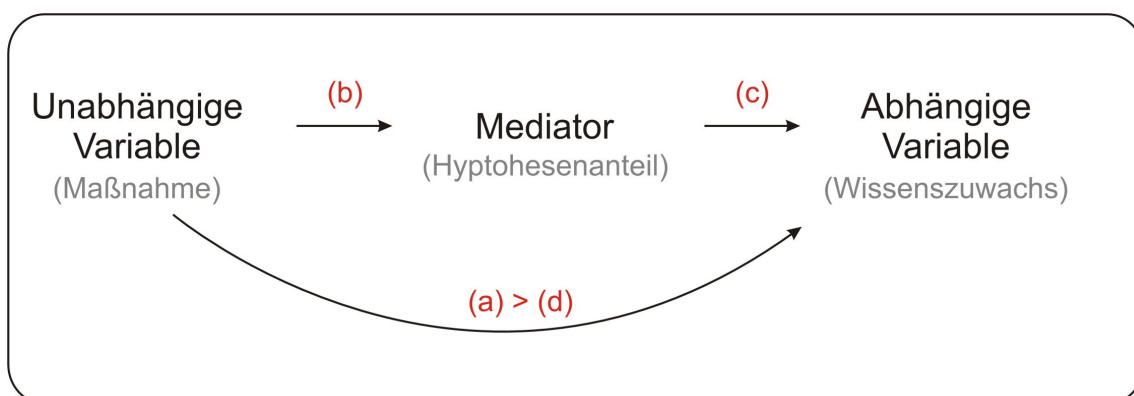


Abb. 6.2 Hypothesiertes Beziehungsgefüge der Studie. Die Zusammenhänge (a), (b) und (c) müssen bei Vorliegen eines Mediators Hypothesenanteil vorhanden sein. Durch Hinzunahme des Mediators (*Hypothesenanteil*) sinkt dann der Regressionskoeffizient der unabhängigen Variablen (*Maßnahme*) auf die abhängige Variable (*Wissenszuwachs*) (d).

Der Zusammenhang (d) beschreibt die Güte des Mediators. Je stärker das β -Gewicht der unabhängigen Variable im zweiten Regressionsmodell fällt, desto stärker der Effekt des Mediators. Kann der Zusammenhang zwischen unabhängiger und abhängiger Variable eindeutig über den Mediator erklärt werden, sinkt in diesem Regressionsmodell das β -Gewicht der unabhängigen Variable auf Null, d.h. die Varianz der abhängigen Variable kann vollständig über den einen Mediator erklärt werden. Dies ist jedoch bei Untersuchungen in sozialen Umfeldern wie dem Lernverhalten von Schülern nicht zu erwarten, da in diesem komplexen Kontext immer mehrere Prädiktoren eine Rolle spielen.

6.1.1.4 Weiterführende Ergebnisse

Die Befunde zu den Forschungsfragen H1 und H2 werden weiterführend auf Effekte der personenbezogenen Merkmale auf den Wissenszuwachs und die Hypothesenanteile mittels t-Tests, Varianz- und Regressionsanalysen untersucht.

Bei der Untersuchung von möglichen Zusammenhängen in Bezug auf die Hypothesenanteile werden Analysen vermieden, bei denen aufgrund einer zu geringen Untersuchungsgruppe von keiner Normalverteilung ausgegangen werden kann. Von den 28 ausgewerteten Schülergesprächsdaten fallen zu gleichen Teilen 14 in die Experimental- und Kontrollgruppe. Werden diese weiterhin nach Geschlechtern, Leitungsniveaus, usw. unterschieden, so ergeben sich Untersuchungsgruppen aus 3-7 Schülern. Dabei kann selten die Normalverteilung des zu untersuchenden Merkmals innerhalb der Untersuchungsgruppe gezeigt werden, was etwa durch den Kolmogorov-Smirnov-Test geprüft wird. Dies ist aber Voraussetzung für die Anwendung sozialstatistischer Analysen. Zwar könnten solche kleinen Untersuchungsgruppen durch nichtparametrische Verfahren wie etwa Salomonpläne aus dem klinischen Bereich analysiert werden (Bortz und Lienert, 2003), haben aber wenig Aussagekraft für mögliche Generalisierungen im Bereich der Lehr- Lernforschung.

6.2 Explorative Datenanalyse

In einem ersten Schritt wurde überprüft, ob bereits zum Vortestzeitpunkt Unterschiede zwischen Experimental- und Kontrollgruppe vorlagen, sowohl über alle teilgenommenen Schüler wie auch auf Klassen- und Schulebene. T-Tests zeigten hierbei keine signifikanten Effekte. Weiterhin wurde untersucht, ob Geschlechterunterschiede innerhalb der Experimental- und Kontrollgruppe festzustellen waren. Auch hier wurden

keine Auffälligkeiten gefunden (Experimentalgruppe: $t_{(29)}=0,11$; $p>0,05$; Kontrollgruppe: $t_{(35)}=0,10$; $p>0,05$).

6.3 Einfluss des Vorwissensaustausches auf den Wissenszuwachs (H1)

Zunächst war festzustellen, ob ein signifikanter Wissenszuwachs durch die Lerneinheit erreicht wurde. Dies ist Voraussetzung für die Untersuchung der Frage, ob der Vorwissensaustausch einen Einfluss auf den Wissenszuwachs der Schüler hatte. Der Mittelwert des Vortests betrug $M=3,34$ ($SD_M 0,05$). Im Nachtest erreichten die Schüler eine gemittelte Punktzahl von $M=3,40$ ($SD_M 0,06$), der Wissenszuwachs war mit $t_{(67)}=3,21^{**}$ hochsignifikant. Die in Tabelle 6.1 aufgeführten deskriptiven Ergebnisse des Vor- und Nachtests zeigen den höchstsignifikanten Wissenszuwachs der Schüler durch die Lerneinheit innerhalb der Experimentalgruppe ($t_{(67)}=3,803$; $p<0,001$) und den stark tendenziellen Wissenszuwachs innerhalb der Kontrollgruppe ($t_{(36)}=1,001$, $p<0,05$). Abbildung 6.3 stellt die Entwicklung graphisch dar.

	N	t_1		t_2		Δ_{t_1, t_2}
		M	SD	M	SD	M
Experimentalgruppe	31	3,34	0,38	3,56	0,32	0,22
Kontrollgruppe	37	3,35	0,27	3,40	0,38	0,05
Gesamt	68	3,35	0,27	3,43	0,37	0,08

Tab. 6.1 Mittelwerte M und Standardabweichungen SD der Experimentalgruppe (Vorwissensaustausch) und Kontrollgruppe (kein Vorwissensaustausch) bei dem Fachwissenstest zum Treibhausmodell zu den beiden Messzeitpunkten t_1 und t_2 sowie deren Differenz Δ_{t_1, t_2} .

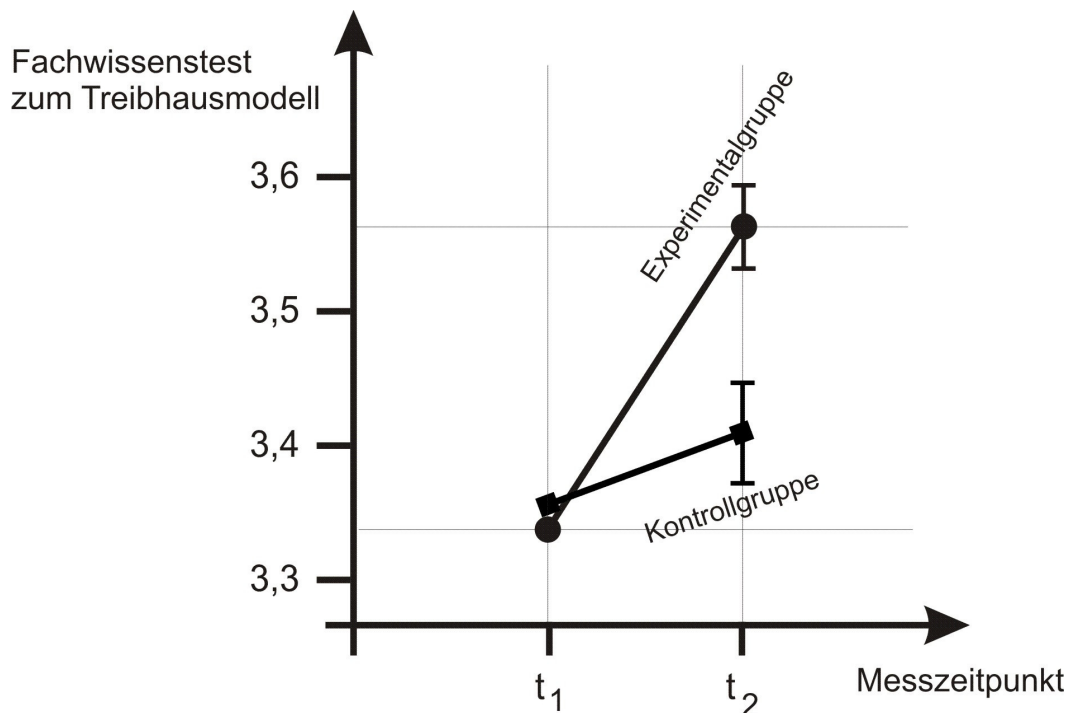


Abb. 6.3 Graphische Darstellung des Wissenszuwachses der Experimentalgruppe (Vorwissensaustausch) und der Kontrollgruppe (kein Vorwissensaustausch) zwischen Vor- und Nachtest mit Standardabweichung für den Nachtest. Zu beachten ist die geänderte Skalierung, um den Effekt hervorzuheben. Die Skala zum Fachwissenstest verläuft von 1-4.

Eine 2-faktorielle Varianzanalyse zur Untersuchung des Einflusses der Maßnahme auf den Wissenszuwachs brachte zum einen die Bestätigung des höchstsignifikanten Unterschiedes zwischen Vor- und Nachtest ($F_{(1;66)}=12,001^{***}$, $p<0,001$ ($\eta=0,39$ / $\eta^2=0,15$), und zeigte einen signifikanten Unterschied im Wissenszuwachs zwischen Experimental- und Kontrollgruppe mit $F_{(1;66)}=4,436$, $p=0,039$ ($\eta=0,23$ / $\eta^2=0,06$)⁷.

Der erwartete Unterschied zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe hinsichtlich des Wissenszuwachses konnte damit bestätigt werden. Der Vorwissensaustausch hat einen signifikant positiven Einfluss auf den Wissenszuwachs der Schüler innerhalb der Experimentalgruppe, es wurde ein fast mittelstarker Effekt erreicht. Die Forschungshypothese H1 hat sich damit bestätigt.

⁷ Bei Varianzanalysen wird die Effektstärke durch das Maß η (Eta) angegeben. Dabei spricht man bei $\eta > 0,10$ (0,24 / 0,37) von einem kleinem (mittleren / großen) Effekt (Westermann, 2000). Statistische Analysen verwenden meist das partielle η^2 (Eta-Quadrat), da es Vorteile bei der Interpretation von PRE-Modellen hat.

6.4 Einfluss des Vorwissensaustausches auf die Hypothesenanteile (H2)

Es wurden etwa 23 Stunden Gesprächsrohdaten von 14 Dyaden (28 Schüler) ausgewertet. Die Gespräche wiesen im Durchschnitt $M=588$ ($SD=170$) Gesamtaussagen auf. Ein Vergleich der Gesamtaussagen zwischen Experimentalgruppe (Vorwissensaustausch) und Kontrollgruppe (kein Vorwissensaustausch) stellte eine tendenzielle Erhöhung in der Experimentalgruppe fest ($t_{(26)}=1,93$; $p=0,065$). Weiterhin wurde in der Experimentalgruppe ein signifikant höherer Ontopic-Anteil gezeigt ($t_{(26)}=2,99$; $p<0,01$), die Schüler beschäftigten sich hier deutlich mehr mit dem Lernstoff. Tabelle 6.2, 6.3 und Abbildung 6.4 fassen die Häufigkeiten der Gesamtaussagen sowie der Gesprächsanteile Ontopic, Offtopic und Hypothesen zusammen.

	N	Anzahl der Gesamtaussagen	
		<i>M</i>	<i>SD</i>
Vorwissensaustausch	7	647	200
Kein Vorwissensaustausch	7	529	110
Gesamt	14	588	170

Tab. 6.2 Häufigkeiten der Gesamtaussagen der Experimentalgruppe (Vorwissensaustausch) und Kontrollgruppe (kein Vorwissensaustausch) mit Mittelwert *M* und Standardabweichung *SD*

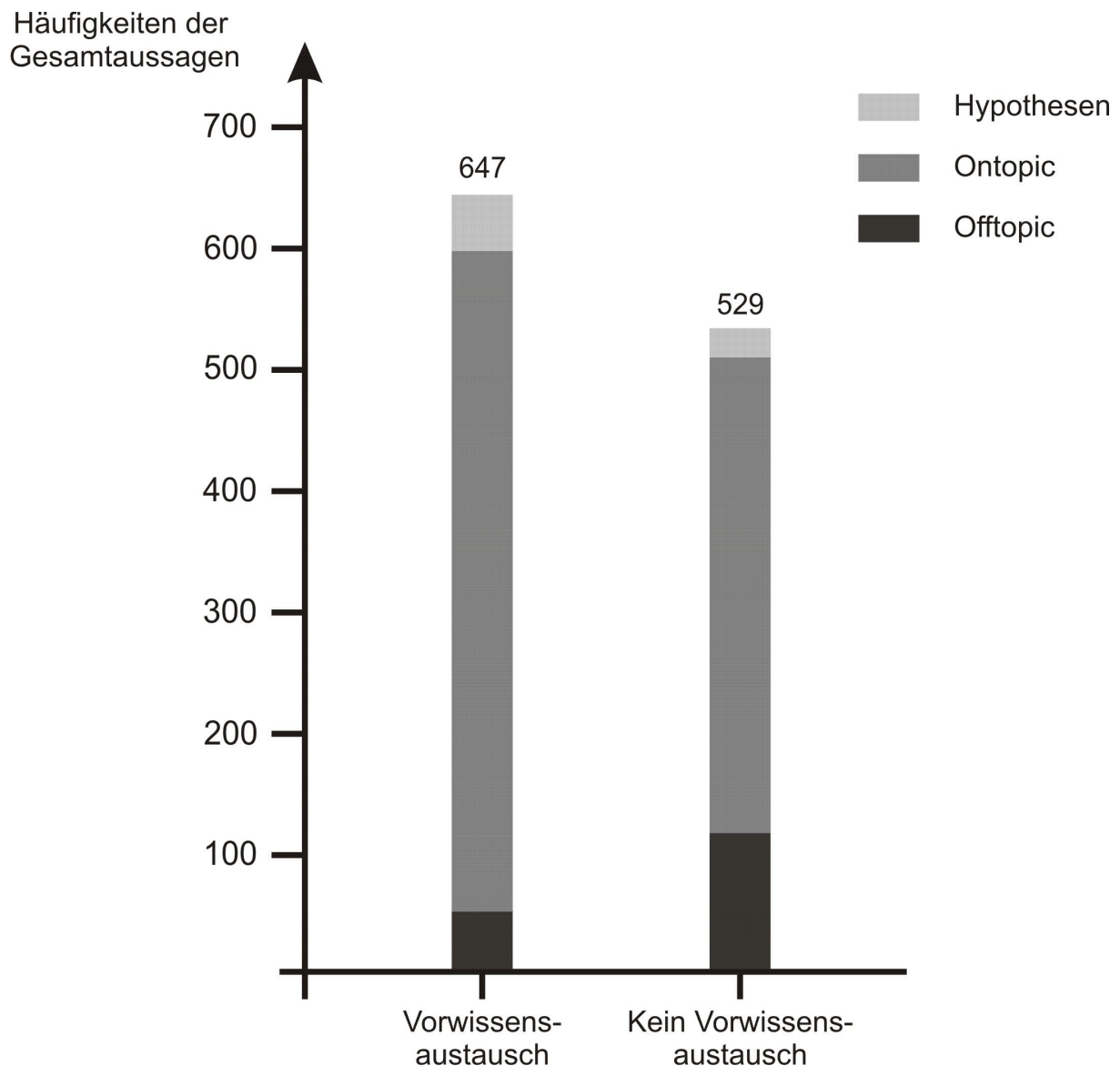
	N	Gesprächsanteile	M	SD
Vorwissensaustausch	14	Offtopic	8,14	5,92
		Ontopic	91,86	5,92
		Hypothesen	7,33	2,61
Kein Vorwissensaustausch	14	Offtopic	21,29	15,37
		Ontopic	78,71	15,37
		Hypothesen	4,54	2,43

Gesamt	28	Offtopic	14,71	13,24
		Ontopic	85,29	13,24
		Hypothesen	5,94	2,85

Tab. 6.3 Mittelwerte M und Standardabweichungen SD der Experimentalgruppe (Vorwissensaustausch) und Kontrollgruppe (kein Vorwissensaustausch) bei den prozentualen Gesprächsanteilen Offtopic, Ontopic und Hypothesen.

Der prozentuale Anteil an Hypothesen an den Gesamtaussagen betrug durchschnittlich $M=5,94$ ($SD=2,85$). Der Interrater kodierte 29% der Gesprächsdaten mit einer Interraterreliabilität von $\kappa= 0,84$ bei den Hypothesenanteilen. Bei dem Vergleich der Hypothesenanteile zwischen Experimental- und Kontrollgruppe wurde der hypothesierte Einfluss der Maßnahme auf die Hypothesenanteile gefunden. Die Schüler, denen ein Vorwissensaustausch ermöglicht wurde, haben signifikant höhere Hypothesenanteile während ihres Gespräches ($t_{(26)}=2,93$; $p<0,01$).

Der erwartete positive Einfluss des Vorwissensaustausches auf die Hypothesenanteile wurde deutlich gefunden. Weiterhin konnte der Vorwissensaustausch das gesamte, lernbezogene Gespräch fördern, was sich in signifikant höheren Ontopicanteilen und höherer Anzahl an Gesamtaussagen darstellt.



6.4 Häufigkeiten der Gesamtaussagen der beiden Untersuchungsgruppen während der Lerneinheit zum Treibhausmodell.

Die zur Überprüfung eines möglichen Mediators Hypothesenanteil ermittelten Ergebnisse der Regressionsanalysen sind in Tab. 6.4 zusammengetragen. Dabei ergibt sich konform zum Befund zur H1 mit einem gewichtigen Regressionskoeffizienten ($\beta=0,268^*$) ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen der Maßnahme und dem Wissenszuwachs. Die Maßnahme hat ebenfalls eine hochsignifikante Vorhersagekraft auf die Hypothesenanteile ($\beta=0,323^{**}$). Die Prüfung des dritten Kriteriums bringt zwar keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den Hypothesenanteilen und dem Wissenszuwachs, allerdings zeigt eine Korrelation nach Pearson eine deutliche Tendenz ($p<0,10$) zwischen diesen beiden Variablen. Bei Überprüfung des vierten Kriteriums fällt der standardisierte Regressionskoeffizient der Maßnahme bei Mitberücksichtigung des Faktors Hypothesenanteil ($\Delta\beta=0,018$) und

die Varianzaufklärung des Modells nimmt zu ($\Delta R^2=0,073$). Der Befund deutet an, dass der Einfluss des Vorwissensaustausches durch die Hypothesenanteile mediiert wird. Der Vorwissensaustausch fördert die gemeinsame Wissenskonstruktion während des Gespräches durch die das Besprechen von Hypothesen. In Tabelle 6.4 sind die Ergebnisse der Regressionsanalysen im Kontext der Mediator Kriterien dargestellt.

Bedingung	Prädiktor	Abhängige Variable	β	R^2
(a)	Maßnahme	Wissenszuwachs	,268*	,072
(b)	Maßnahme	Hypothesenanteile	,323**	,104
(c)	Hypothesenanteile	Wissenszuwachs	,054	,003
(d)	Maßnahme Hypothesenanteile	Wissenszuwachs	,280* ,036	,073

$p < 0,001^{***}$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,05^*$

Tab. 6.4 Die gefundenen Zusammenhänge der Mediator Kriterien (a), (b), (c) und (d) mit den standardisierten Regressionskoeffizienten β und dem korrigierten Bestimmtheitsmaß R^2 .

Zusammenfassend kann berichtet werden, dass wie in der Forschungshypothese angenommen ein starker Einfluss der Maßnahme auf die Hypothesenanteile festgestellt werden konnte. Die Schülerinnen und Schüler, denen der Vorwissensaustausch ermöglicht wurde, besprechen mehr Hypothesen während ihrer Zusammenarbeit. Ein angenommener mediiender Effekt der Variable Hypothesenanteil wird tendenziell gefunden. Die Mediator Kriterien wurden großteils erfüllt und der Regressionskoeffizient für die Maßnahme bei Mitberücksichtigung der Hypothesenanteile sank, allerdings scheinen die Hypothesenanteile nur tendenziell mit dem Wissenszuwachs der Schüler zusammen zu hängen. Dieser Befund ist überraschend, da ein Zusammenhang des Wissenszuwachses von den Hypothesenanteilen in vielen Studien nachgewiesen werden konnte (Kap. 3.2.3).

6.5 Effekte der personenbezogenen Merkmale

Im Folgenden wird von den personenbezogenen Effekten berichtet, die sich aus den weiterführenden Analysen der vorangegangenen Befunde ergaben. Die berücksichtigten personenbezogenen Konstrukte sind in Kapitel 5.5.3 beschrieben. Ein besonderer Fokus wurde hierbei auf die im Schullalltag besonders relevanten Faktoren Geschlecht und Fachspezifisches Selbstkonzept gelegt.

6.5.1.1 Effekte der personenbezogenen Merkmale auf den Wissenszuwachs

Für die Untersuchung eines möglichen geschlechterbedingten Unterschiedes in der Wirksamkeit der Maßnahme wurde eine Varianzanalyse mit Maßnahme (Vorwissensaustausch/ kein Vorwissensaustausch) und Geschlecht als unabhängige Variablen und Wissenszuwachs als abhängige Variable durchgeführt. Dabei zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern. Die Jungen erzielen unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit bessere Ergebnisse als die Mädchen. Die Interaktion zwischen Maßnahme und Geschlecht erwies sich als nicht signifikant. Die Wirksamkeit der Maßnahme auf den Wissenszuwachs ist demnach nicht von dem Geschlecht abhängig. Die deskriptive Statistik der Ergebnisse des Fachwissenstests zum Treibhausmodell nach Jungen und Mädchen aufgelöst ist in Tab. 6.5 dargelegt. Tab. 6.6 berichtet den Befund der Varianzanalyse.

	N	t ₁		t ₂		Δ _{t₁, t₂}	
		M	SD	M	SD	M	SD
Experimentalgruppe	31						
männlich	15	3,35	0,39	3,63	0,37	0,28	0,28
weiblich	16	3,33	0,37	3,50	0,26	0,16	0,36
Kontrollgruppe	37						
männlich	18	3,40	0,25	3,58	0,20	0,18	0,22
weiblich	19	3,30	0,29	3,23	0,44	-0,07	0,36
Gesamt	68						
männlich	33	3,37	0,32	3,60	0,29	0,23	0,25
weiblich	35	3,32	0,33	3,35	0,39	0,04	0,37

Tab. 6.5 Mittelwerte *M* und Standardabweichungen *SD* der Experimentalgruppe (Vorwissensaustausch) und Kontrollgruppe (kein Vorwissensaustausch) bei dem Fachwissenstest zum Treibhausmodell zu den beiden Messzeitpunkten t₁ und t₂

sowie der Fachwissenszuwachs $\Delta_{t1, t2}$ nach Geschlechtern aufgelöst.

Unabhängige Variable	$F_{(df)}$
Maßnahme	4,696 _(2,64) *
Geschlecht	6,002 _(2,64) *
Interaktionsterm	0,751 _(2,64)

$p < 0,001^{***}$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,05^*$

Tab. 6.6 Varianzanalyse zur Bestimmung eines Interaktionseffektes zwischen der Maßnahme (Vorwissensaustausch, kein Vorwissensaustausch) und dem Geschlecht auf den Wissenszuwachs.

Weiterhin wurde mit regressionsanalytischen Verfahren der Einfluss von möglichen Prädiktoren auf die abhängige Variable Nachtest untersucht. Ein besonderer Fokus wurde hierbei auf die aus der Lehr- Lernforschung bekannten Prädiktoren Vortest, Fachspezifisches Selbstkonzept und Geschlecht gelegt (Kap.5.5.3). Wie in Tabelle 6.7 ersichtlich, ergab sich innerhalb der Kontrollgruppe eine signifikante Vorhersagekraft des Fachspezifischen Selbstkonzeptes und des Geschlechtes auf das Nachtestergebnis. Dieser Effekt ist aus der Literatur bekannt und wurde erwartet. Für diese Schüler prägt ihr fachliches Selbstbild ihre Herangehensweise an neue Problemstellungen. Sie prägt auch die Kommunikation zwischen den Schülern, bei der sich vermeidlich stärkere Schüler gegenüber schwächeren Schülern bereits zu Beginn der Zusammenarbeit in eine Rollenverteilung begeben. In der Experimentalgruppe verlieren diese Variablen allerdings ihre Vorhersagekraft, ihr Einfluss wird durch das Vortestergebnis aufgefangen. Der starke Abfall der Vorhersagekraft dieser Variablen deutet an, dass die Maßnahme durch die Konfrontation mit den Ansichten des Partners bezüglich der kommenden Fachinhalte bei den Schülern eine Änderung der Selbstwahrnehmung bewirkte. Sie können viel besser einschätzen, was ihr Gegenüber tatsächlich mit den Fachinhalten anfangen kann, da sie bereits vor der Lerneinheit ihr Vorwissen ausgetauscht haben. Die Berücksichtigung weiterer personenbezogener Faktoren in das Regressionsmodell brachte keine weiteren Auffälligkeiten.

Prädiktoren	Untersuchungsgruppe	
	Kein Vorwissensaustausch	Vorwissensaustausch
	β	β
Vortest	,360*	,545***
Fachspezifisches Selbstkonzept	,343*	,155
Geschlecht	-,287*	-,159
R ²	,530	,633

$p < 0,001$ ***, $p < 0,01$ ** , $p < 0,05$ *

Tab. 6.7 Regression mit personenbezogenen Merkmalen auf das Nachttestergebnis.

(H1) Die weiterführende Analyse der Ergebnisse zum Einfluss des Vorwissensaustausches auf den Wissenszuwachs zeigte, dass die Wirksamkeit der Maßnahme nicht durch das Geschlecht der Schüler beeinflusst wird. Allerdings ergaben die Befunde, dass die Jungen gruppenunabhängig einen höheren Wissenszuwachs erreichten. Offenbar wurden die Jungen in dieser Lerneinheit stärker aktiviert. Weiterhin wurde gefunden, dass in der Kontrollgruppe wie erwartet das Geschlecht und das Fachspezifische Selbstkonzept starke Prädiktoren für das Nachttestergebnis bilden. Das Handeln der Schüler ist hier durch ihre Vorerfahrungen mit den Mitschülern und dem Physikunterricht geprägt. In der Experimentalgruppe ergab sich ein anderes Bild. Hier verschwand deren Vorhersagekraft auf das Nachttestergebnis und wurde durch den Prädiktor Vortest aufgefangen.

6.5.1.2 Effekte der personenbezogenen Merkmale auf die Hypothesenanteile

Die geschlechter aufgelöste, deskriptive Statistik der Gesprächsanteile werden in Tabelle 6.8 dargestellt. Hierbei ist deutlich ersichtlich, dass Jungen gruppenunabhängig mehr Hypothesen äußern als Mädchen.

	N	Gesprächsanteile	M	SD
Experimentalgruppe	14			
männlich	6	Offtopic	10,85	8,26

			Ontopic	89,15	8,26
			Hypothesen	7,42	2,99
	weiblich	8	Offtopic	6,11	2,35
			Ontopic	93,89	2,35
			Hypothesen	7,26	2,49
Kontrollgruppe		14			
	männlich	7	Offtopic	19,66	16,39
			Ontopic	80,34	16,39
			Hypothesen	5,21	2,41
	weiblich	7	Offtopic	22,91	15,39
			Ontopic	77,09	15,39
			Hypothesen	3,87	2,43
Gesamt		28			
	männlich	13	Offtopic	15,59	13,55
			Ontopic	84,41	13,55
			Hypothesen	6,23	2,82
	weiblich	15	Offtopic	13,95	13,40
			Ontopic	86,05	13,40
			Hypothesen	5,68	2,95

Tab. 6.8 Mittelwerte M und Standardabweichungen SD der Experimentalgruppe (Vorwissensaustausch) und Kontrollgruppe (kein Vorwissensaustausch) bei den prozentualen Gesprächsanteilen Offtopic, Ontopic und Hypothesen nach Geschlechtern aufgelöst.

Zur Analyse eines möglichen geschlechterbedingten Unterschiedes bei den Hypothesenanteilen wurde eine Varianzanalyse mit den Faktoren Maßnahme (Vorwissensaustausch/ kein Vorwissensaustausch) und Geschlecht als unabhängige Variablen sowie Hypothesenanteil als abhängige Variable durchgeführt. Dabei zeigt sich wie schon im Befund zur ersten Forschungsfrage, dass die Wirksamkeit der Maßnahme auf die Hypothesenanteile nicht geschlechtergebunden ist (Tab. 6.9).

Unabhängige Variable	$F_{(df)}$
Vorwissensaustausch	8,213 _(2,24) **
Geschlecht	0,588 _(2,24)
Interaktionsterm	0,371 _(2,24)
R^2	,277

$p < 0,001$ ***, $p < 0,01$ ** , $p < 0,05$ *

Tab. 6.9 Varianzanalyse zur Bestimmung eines Interaktionseffektes zwischen dem Einfluss des Vorwissensaustausches und dem Geschlecht auf die Hypothesenanteile.

Die regressionsanalytische Untersuchung der Hypothesenanteile fand keine signifikanten Zusammenhänge der möglichen Prädiktoren Vortest oder Fachspezifisches Selbstkonzept. Allerdings zeigte sich innerhalb der Kontrollgruppe ein signifikanter Effekt beim Geschlecht und bei der Präferenz für kooperative Lernformen (Tab. 6.10). Diese Prädiktoren wurde nur innerhalb der Kontrollgruppe signifikant. Hier äußerten die Jungen deutlich mehr Hypothesen als die Mädchen. Dieser Befund steht überraschenderweise nicht im Einklang mit den Erkenntnissen aus der Pisastudie, nach der Mädchen gerade im Bereich Verbalisieren stärkere Leistungen bringen (Kap. 3.3). Die Präferenz für kooperative Lernformen besitzt ebenfalls nur in der Experimentalgruppe eine starke Vorhersagekraft. Die gemeinsame Wissenskonstruktion durch Hypothesen wurde hier signifikant durch Bereitschaft zur Kollaboration mitbestimmt.

Andere signifikante personenbezogene Faktoren waren in der Kontrollgruppe nicht feststellbar. Die Einbeziehung weiterer personenbezogener Merkmale in das Regressionsmodell brachte keine weiteren Befunde.

Prädiktoren	Untersuchungsgruppe	
	Vorwissensaustausch	kein Vorwissensaustausch
	β	β
Präferenz für kooperative Lernformen	,545	,787**

Geschlecht	,182	,696**
R ²	,269	,734

$p < 0,001^{***}$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,05^*$

Tab. 6.10 Regression mit personenbezogenen Merkmalen auf die Hypothesenanteile. Obwohl nicht signifikant, zeigt die Präferenz für kooperative Lernformen eine starke Tendenz innerhalb der Kontrollgruppe ($p < 0,10$).

(H2) Bei der weiterführenden Analyse zum Einfluss des Vorwissensaustausches auf die Hypothesenanteile zeigt sich, dass die Wirksamkeit der Maßnahme nicht geschlechtergebunden ist. Jungen und Mädchen haben ähnlich hohe themenbezogene Gesprächsanteile (Ontopic) und beteiligen sich beide gleich am Erkenntnisprozess. Ein signifikanter Geschlechtereffekt wird allerdings in der Kontrollgruppe gefunden. Hier zeigen die Jungen einen höheren Hypothesenanteil im Gespräch als die Mädchen. Dieser Befund steht entgegen der Erwartungen, die in Kapitel 3.3 aus den Betrachtungen zu Geschlechterunterschieden im naturwissenschaftlichen Unterricht abgeleitet wurden. Hiernach ist anzunehmen, dass die Stärke von Mädchen im Verbalisieren und Bewerten von Sachverhalten liegt, also auch mit mehr gesprochenen Hypothesenanteilen einher geht. Dies ist hier nicht der Fall und deckt sich mit dem Befund zur ersten Forschungsfrage, dass die Jungen in der Kontrollgruppe bessere Leistungen als die Mädchen brachten. Weiterhin ergab sich, dass innerhalb der Kontrollgruppe der Prädiktor Präferenz für kooperative Lernformen eine starke Vorhersagekraft besitzt. In der Experimentalgruppe fand sich entgegen der interessante Befund, dass die hohe Intensität an fachlicher Kommunikation nicht von der grundlegenden Kooperationsbereitschaft abhing.

6.5.1.3 Weitere motivationale Auffälligkeiten

Insgesamt empfanden die Schüler in der Experimentalgruppe eine signifikant höhere Selbstwirksamkeit in Bezug auf ihre Leistung während der Lerneinheit als die Schüler in der Kontrollgruppe. Dieser Punkt ist wichtig für eine langfristige Akzeptanz einer Maßnahme. Solche positiven Schülerwahrnehmungen sind eine Voraussetzung, um Maßnahmen wie einen Vorwissensaustausch auch langfristig in die Lernkultur der Klasse einzubinden.

7 Diskussion

Im Folgenden werden die empirischen Ergebnisse diskutiert und mögliche Generalisierungen der Befunde abgeschätzt. Hierfür werden zunächst die in Kapitel 6 berichteten Ergebnisse zusammengefasst: Der im Rahmen dieser Studie durchgeführte Vorwissensaustausch hat den vermuteten Einfluss auf den Wissenszuwachs der Schüler deutlich nachgewiesen. Die Überprüfung des Einflusses der Maßnahme auf die Hypothesenanteile im Rahmen der zweiten Forschungshypothese brachte ebenfalls erwartungskonform den signifikant höheren Gesprächsanteil in der Experimentalgruppe. Für die Feststellung eines möglichen Mediators Hypothesenanteile wurde ein breiteres Ergebnisspektrum analysiert. Bei gleichzeitiger Betrachtung des Vorwissensaustausches und der Hypothesenanteile auf den Wissenszuwachs sinkt die Vorhersagekraft des Vorwissensaustausches, was einen mediierenden Effekt der Hypothesenanteile andeutet. Allerdings korreliert der Hypothesenanteil nur tendenziell mit dem Wissenszuwachs, was den vermuteten Mediator Hypothesenanteile erwartungswidrig nur unzureichend bestätigt. Die weiterführenden Analysen der Befunde zum Einfluss des Vorwissensaustausches auf den Wissenszuwachs zeigten, dass die Wirksamkeit der Maßnahme nicht durch das Geschlecht der Schüler beeinflusst wird. Die Jungen erreichen gruppenunabhängig einen höheren Wissenszuwachs. Weiterhin zeigten die Befunde, dass in der Kontrollgruppe wie erwartet das Geschlecht und das Fachspezifische Selbstkonzept starke Prädiktoren für das Nachtstergesamtresultat bilden. Diese Effekte sind aus der Lehr- Lernforschung für den naturwissenschaftlichen Unterricht bekannt. In der Experimentalgruppe ergab sich allerdings ein anderes Bild. Die Vorhersagekraft dieser Faktoren auf das Nachtstergesamtresultat verschwand hier und wurde durch den Prädiktor Vortestergebnis aufgefangen. Dies impliziert, dass der Wissenszuwachs während der Lerneinheit stärker vom Vorwissen abhing und nicht mehr durch personenbezogene Merkmale beeinflusst wurde. Bei der weiterführenden Analyse zum Einfluss des Vorwissensaustausches auf die Hypothesenanteile zeigte sich erwartungswidrig, dass die männlichen Schüler gruppenunabhängig höhere Hypothesenanteile zeigten. Auch hier ist kein Zusammenhang zwischen der starken Wirkung der Maßnahme auf die Hypothesenanteile und dem Geschlecht feststellbar. Weiterhin stufen die Schüler in der Experimentalgruppe ihre eigene Leistung während der Lerneinheit besser ein als die Schüler in der Kontrollgruppe, was sich durch einen signifikanten Unterschied in der Selbstwirksamkeit widerspiegelt.

Der signifikante Haupteffekt zugunsten der Experimentalgruppe signalisiert, dass die Schüler, denen ein Vorwissensaustausch ermöglicht wurde, Wissen während der Lerneinheit besser konstruieren konnten. Dieser Einfluss ist zunächst auf den Vorwissensaustausch zurück zu führen. Die Schüler nehmen offenbar die Möglichkeit an, sich bereits im Vorfeld mit den Ansichten des Partners auseinanderzusetzen. Es setzen die durch den Vorwissensaustausch gewünschten kognitiven Konflikte ein. Der Schüler kann eigene Fachkonzepte überdenken, aus seiner Sicht richtige Vorstellungen argumentativ stärken oder gegebenenfalls diese rekonstruieren. Als Katalysator für den starken Einfluss des Vorwissensaustausches könnten zwei weitere Aspekte angeführt werden. Zum einen befindet sich der Schüler in einer ungewohnten Beurteilungsrolle gegenüber einem anderen Schüler. Dies mag sich motivationssteigernd auswirken, da ihm ein transparenter Vergleich ermöglicht wird. Allerdings dürfen nicht pauschal Ansätze aus Forschungsbereichen der Experten-Laien Kommunikation (Bromme, 2000; Bromme, Jucks et al., 2004) übernommen werden, da die Schüler sich der Gegenbeurteilung klar waren. Es ist vielmehr zu vermuten, dass diese Transparenz ihm eine bessere fachliche Positionierung gegenüber dem Partner ermöglicht. Diese Vermutung wird durch den Wegfall des Einflusses des fachspezifischen Selbstkonzeptes wesentlich gestärkt. Zum anderen mögen außerschulische Prozesse eine fördernde Wirkung gehabt haben. Zwar gelang es mit Hilfe der Maßnahme, den Austausch von Vorerfahrungen zu initialisieren, allerdings konnte diese Studie nicht kontrollieren, zu welchem Zeitpunkt und in welcher Form sich der Schüler mit den Ansichten des Partners auseinander setzte. Hier sind vielfältige Szenarien denkbar, die von der Selbstregulation des jeweiligen Schülers und seinem Umfeld abhängen. Gerade die mögliche Einbeziehung etwa weiterer Schüler, der Eltern oder Geschwister könnte durch eine dort aufgebaute extrinsische Motivation vor dem Hintergrund einer Beurteilung eines Mitschülers sich förderlich auf die Mitarbeit ausgewirkt haben. Eine Korrelation innerhalb der Experimentalgruppe zwischen der Präferenz für wettbewerbsorientierte Lernformen und dem Wissenszuwachs konnte allerdings nur tendenziell gezeigt werden.

Zusätzlich zielte der Vorwissensaustausch auf eine Anregung von Hypothesenanteilen im Gespräch ab. Es ist zu betonen, dass dieser Effekt ohne gesonderte Maßnahmen zur Gesprächsführung bei der Instruktion des Vorwissensaustausches oder während der Lerneinheit erreicht wurde. Die Bereitschaft zur Kollaboration wurde offenbar einzig durch den Vorwissensaustausch gesteigert und zeigte sich zusätzlich zu den Befunden der Hypothesenanteile in signifikant höheren Ontopic-Gesprächsanteilen gegenüber der Kontrollgruppe. Allerdings konnte

erstaunlicherweise kein klarer Zusammenhang zwischen den Hypothesenanteilen und dem Wissenszuwachs gefunden werden, obwohl Untersuchung in diesem Forschungsbereich deutliche Korrelation dieser Variablen zeigen (van Joolingen und de Jong, 1991; Okada und Simon, 1997; Kneser und Ploetzner, 2001; Gijlers und de Jong, 2005; Saab, van Joolingen et al., 2007). Wieso konnte dieser Zusammenhang in dieser Studie nicht gefunden werden? Ein Ursprung kann in dem in dieser Studie verwendeten Instrument zur Gesprächsauswertung gefunden werden. Es zeigten sich diverse Schwierigkeiten bei der Kodierung der Transkripte. Im Besonderen die Identifizierung einer Hypothese warf viele Diskussionen auf. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in der Fachliteratur zwar Transkriptionsregeln sowie weitere Kodierungsschemata wie etwa DISCOUNT von Pilkington (1996) existieren, allerdings noch kein einheitliches Manual zur Identifizierung einer Hypothese zu finden ist. Dieser Punkt wird in Kapitel 8.2 aufgegriffen und vertieft. Desweiteren ist ein Grundsatzaspekt der Gesprächsauswertung kritisch zu betrachten. Es gilt in der Fachliteratur als erwiesen, dass die Gesprächsanteile, welche zu direkter Wissenskonstruktion führen, auch mit dem Wissenszuwachs korrelieren. Als Indikator für eine gemeinsame Wissenskonstruktion werden die Hypothesenanteile betrachtet. Doch inwiefern repräsentieren die Hypothesen in einem Gespräch vollständig die gemeinsame Wissenskonstruktion? Gibt es auch andere Gesprächsanteile, bei denen die Kokonstruktion von Wissen auftritt? Auffällig war die Beobachtung, dass Schüler auch nicht-hypothesierte Zusammenhänge während beispielsweise ihrer Experimentauswertung erkannten. Sie konstruierten hierbei neues Wissen nicht durch das hypothesengeleitete Experiment, sondern erschlossen Zusammenhänge durch spontane Beobachtungen.

Die Aufschlüsselung der Forschungsfragen nach personenbezogenen Effekten brachte den überraschenden Befund bezüglich der Faktoren Geschlecht und Fachspezifisches Selbstkonzept, die ihre Vorhersagekraft auf das Nachtestergebnis in der Experimentalgruppe verloren. Dieser Befund ist von großer Relevanz. Nach der Theorie von Steele (1997) können Mitglieder einer Gruppe, über die ein negativer Stereotyp in Bezug auf ihre Kompetenz existiert, alleine aufgrund des Wissens über dieses Vorurteil in ihren Leistungen beeinträchtigt werden. Beispiele hierfür sind erhöhte Selbstaufmerksamkeit, Testangst oder Motivationsverlust. Diese Annahmen werden durch die Längsschnittstudien wie TIMSS unterstützt, die den Leistungsnachteil in naturwissenschaftlichen Fächern zu einem Teil auf ausgeprägte Angst vor Misserfolg sowie auf das geschlechtsbedingte Selbstbild zurückführen (Köller und Klieme, 2000; Stanat und Kunter, 2003). Dieses

Bild wird in der Kontrollgruppe wieder gefunden. Wieso verlieren diese Faktoren ihren Einfluss in der Experimentalgruppe? Bezüglich des Geschlechtereffektes kann ein Erklärungsansatz in dem Design des Vorwissensaustausches liegen. Die Schüler wurden aufgefordert, ihre eigene Argumentationsstruktur in schriftlicher Form zu verbalisieren sowie die Stellungnahme ihres Partners fachlich zu bewerten. Dies sind genau jene Kompetenzen, bei denen die Mädchen in PISA bessere Leistungen zeigen (Baumert and a. 2001; Stanat and Kunter 2001; Stanat and Kunter 2003). Es kann vermutet werden, dass die in dem Vorwissensaustausch geforderte Form der Wissensexplikation den Mädchen gute Möglichkeiten zur Darstellung eigener Ansichten ermöglicht. Dies fördert offenbar auch ein positiveres Selbstbild. Weiterhin könnte der stark verminderte Effekt des Fachspezifischen Selbstkonzeptes eine wichtige Erkenntnis zum Verständnis der Wirksamkeit des Vorwissensaustausches sein. Hierbei unterschieden sich die Untersuchungsgruppen darin, dass die Kontrollgruppe bei der Abschätzung der eigenen Leistung gegenüber denen des Partners nur die Vorerfahrung aus dem Physikunterricht heranziehen konnte. Dabei sind Mutmaßungen vordergründig. Die Schüler der Experimentalgruppe dagegen konnten sich konkret mit den Vorvorstellungen des Partners zu dem kommenden Fachgebiet vertraut machen. Bedenkt man zusätzlich die Kürze der Zeit, die den Schülern zur Beantwortung des Fragebogens zum Vorwissensaustausch zur Verfügung stand, so kann die Schwierigkeit abgeschätzt werden, die erfragten Zusammenhänge niederzuschreiben. Bei der nicht zeitgebundenen Aufarbeitung durch den Partner kann dieser wahrscheinlich Aspekte herausstellen, zu denen er eine validere (subjektiv auch „bessere“) Argumentation anführen könnte. Es ist anzunehmen, dass sich das fachliche Selbstbild in Bezug auf die kommende Lerneinheit durch Kenntnis um den Wissensstand des Partners angleicht.

Insgesamt zeigen die Befunde der Datenanalyse motivierende Ergebnisse für weitere Forschung auf diesem Gebiet. Nicht zuletzt die signifikant höhere Selbstwirksamkeit innerhalb der Experimentalgruppe stützt die Berechtigung für anknüpfende Vorhaben. Aber auch kritische Beobachtungen im Besonderen gegenüber dem Messinstrument der Gesprächsauswertung sind zu bemerken. Der folgende Ausblick zeigt mögliche Variationen im Design des Vorwissensaustausches, und resümiert Erfahrungen während der Datenanalyse, um so Hinweise für eine notwendige Validierung des Messinstrumentes der Gesprächsauswertung im Bereich des kollaborativen forschenden Lernens zu geben.

8 Forschungsausblick & Zusammenfassung

Dieses Kapitel reflektiert die Relevanz der Untersuchung im Forschungsgebiet des kollaborativen forschenden Lernens und gibt mögliche Ausblicke für aufbauende Arbeiten. Zunächst wird in Abschnitt 8.1 das Design des Vorwissensaustausches näher betrachtet und Hinweise abgeleitet, die eine weitere Optimierung in Aussicht stellen. Das in dieser Studie verwendete Instrument zur Gesprächsauswertung wird in Abschnitt 8.2 kritisch evaluiert und mögliche Ansatzpunkte für eine bessere Güte dieses Messinstrumentes herausgestellt. Abschnitt 8.3 bildet den Praxisbezug zum Schullalltag. Das Kapitel schließt mit der Zusammenfassung dieser Forschungsarbeit.

8.1 Design eines Vorwissensaustausches

Die positiven Ergebnisse bezüglich des Einflusses des Vorwissensaustausches unterstreichen die Gültigkeit der in Kapitel 3.2.4 hergeleiteten Kriterien zur Durchführung eines Vorwissensaustausches. Diese sind theoriegeleitet, aber dennoch zunächst explorativ entwickelt worden. Die kognitiven und affektiven Prozesse, die zu der Wirksamkeit des Vorwissensaustausches geführt haben, sind nicht vollständig verstanden. Es bleibt zu zeigen, inwiefern einzelne Kriterien notwendige Bedingungen für einen positiven Einfluss eines Vorwissensaustausches sind. Beispielsweise fällt das dritte Kriterium auf, nachdem Fragen zur Darstellung des Schülerwissens in Form von Hypothesen gestellt werden sollten. Hier sind andere Externalisierungsformen denkbar, die dem Schüler eine gute Darstellung eigener Modellvorstellungen ermöglichen. Ebenfalls ist zu untersuchen, ob die Befunde bei Schülern anderer Klassenstufen und in weiteren Fachkontexten stabil bleiben. Dieses ist notwendig, um die Kriterien für einen Vorwissensaustausch auf Aufgabenstellungen des kollaborativen forschenden Lernens generalisieren zu können.

Weiterhin werfen verschiedene Aspekte des Designs Fragestellungen auf. Nach der Anwendung des Gruppenkriteriums erfolgte die Zusammensetzung der Dyaden parallelisiert und randomisiert. Die Gruppenzusammensetzung bildet allerdings eine wichtige Dimension bei kollaborativer Arbeit. Es kann davon ausgegangen werden, dass Vorerfahrungen mit dem Partner (etwa Fachspezifisches Selbstkonzept im Vergleich mit Einschätzung über den zukünftigen Partner), Interesse und Motivation moderierende Effekte auf die Wirksamkeit eines Vorwissensaustausches haben.

Neben dem Fragebogen zum Vorwissensaustausch stellt die Instruktion an die Schüler einen wichtigen Faktor dar. In der vorliegenden Studie wurde durch die Instruktion nicht konkretisiert, wann und wie sie den Fragebogen zum Vorwissensaustausch des Partners zu begutachten haben. Um mehr Einsichten in die stattfindenden Prozesse bei der Wirksamkeit der Maßnahme zu erhalten, ist ein vielversprechender Ausblick, durch gezieltere Instruktionen metakognitive Strategien zu initiieren, wie etwa Beurteilungsmethoden oder soziale Interaktionen mit Dritten.

Der sicherlich Interessanteste, aber auch am aufwändigsten umzusetzende Forschungsausblick wäre die Untersuchung von Langzeiteffekten, also welchen Vorteil fest zusammenarbeitende Gruppen mit ständigem Vorwissensaustausch gegenüber fest zusammenarbeitenden Gruppen ohne Vorwissensaustausch und zufällig zusammenarbeitenden Gruppen über einen längeren Zeitraum haben. Es ist anzunehmen, dass der bereits in dieser Studie überzeugende Einfluss des Vorwissensaustausches bei kontinuierlicher Verbesserung der fachlichen Verständigungsebene im Rahmen einer Längsschnittstudie an Stärke zunimmt.

8.2 Gesprächsauswertung

Die Gesprächsauswertung von Schülern im Bereich des kollaborativen forschenden Lernens zielt darauf ab, die Gesprächsanteile der Schülergruppen bei der Wissenskonstruktion festzustellen, um Zusammenhänge mit dem Lernverhalten untersuchen zu können. Das in dieser Arbeit verwendete Kodierungsschema von De Jong und van Joolingen (1998) dient der Klassifizierung aller lernbezogenen Gesprächsausprägungen. Im Folgenden wird eine kritische Reflexion auf methodischer und modelltheoretischer Ebene dargelegt. Methodisch zielt die Gesprächsauswertung letztendlich auf die Identifizierung der Hypothesenanteile im Gespräch der Schülergruppen ab. Die in dem Kodierungsschema beschriebenen Hypothesenanteile werden allerdings begrifflich nur umrissen. Dies zieht während der konkreten Gesprächsauswertung die Notwendigkeit von Grundsatzentscheidungen bezüglich der Identifizierung einzelner Hypothesen nach sich. Die hier gemachten Erfahrungen zeigen eine Fülle von Spezialfällen auf, die im Nachfolgenden geschildert werden. Weiterhin wird modelltheoretisch vorgeschlagen, die On-Topic Gesprächsanteile weiter auszudifferenzieren. Aus vertiefender fachdidaktischer Perspektive ist es notwendig, die Gesprächsanteile zu unterscheiden, welche durch die

Lerneinheit motiviert sind oder sich aus dem Vorwissen der Schüler ergeben.

Eine Hypothese in einer *je-desto* oder *wenn-dann* Syntax taucht ausformuliert nahezu nie auf. Vielmehr äußern Schüler ihre Vermutungen in halbartikulierten Sätzen, die sie im Kontext des Gespräches abkürzen, bzw. in hypothesenähnliche Fragen umformulieren (Bsp.: „Müsste das jetzt nicht unsere Temperatur erniedrigen?). Weiterhin ist auf eine Trennung zwischen Hypothesen und hypothesenähnlichen Rekapitulationen zu achten, bei denen die Schüler sich bezüglich bereits erarbeiteter Inhalte besprechen (Bsp. „Wie war das noch mal... je höher die Temperatur steigt, desto wärmer wurde es, oder?). Diese notwendige Trennung wirft die deutlichste Schwäche der zurzeit üblichen Gesprächsauswertung auf. Die während der Kodierung identifizierten Hypothesen werden ohne weitere Gewichtung bezüglich ihrer inhaltlichen Güte summiert. Es wird nicht näher betrachtet, ob der vermutete Zusammenhang als weiterführend, irreleitend oder nicht kontextbezogen zu betrachten ist. Dieses rein quantitative Vorgehen schließt jegliche Form der qualitativen Betrachtung aus. Ein damit verbundener, ebenfalls bis jetzt nur vereinzelt untersuchter Aspekt ist die Verwertung der Reaktion des Partners auf eine geäußerte Hypothese (Kneser und Ploetzner, 2001). Grundsätzlich dient der Gesprächsanteil an Hypothesen als ein Indikator für die gemeinsame Wissenskonstruktion, es sollte also in die Auswertung einfließen, ob der Partner dieser Hypothese zustimmt, sie ablehnt oder sich nicht an der Wissenskonstruktion beteiligt (Bsp.: „Ja, jetzt sag einfach, was ich hier hinschreiben soll.“). Wird versucht, diese Reaktion zu beachten, verschärft sich die Schwierigkeit des einfachen Summierens von Hypothesen. Dies zeigt sich hierbei besonders deutlich bei Auftreten eines kognitiven Konfliktes. Sind die Partner bereit, diesen durch Diskussion zu lösen, wird die gleiche Hypothese gerade bei schwächeren Gruppen mehrfach mit leicht veränderter Syntax wiederholt. Zuletzt ist ein erwähnenswerter Eindruck aus den Gesprächsanalysen, dass Schüler auch bei Gesprächsprozessen, die nicht als Hypothese klassifiziert waren, gemeinsames Wissen konstruierten. Sie extrahierten beispielsweise überraschend Erkenntnisse während der Datenauswertung (Bsp.: „Oh, schau mal, die Kurve sinkt an dieser Stelle. Also hat das mit der Temperatur nichts zu tun.“ „Genau.“). Es existierten also auch Phasen der gemeinsamen Wissenskonstruktion, in denen sich nicht-vermutete Zusammenhänge aus der Beobachtung ergaben. Bislang ist nicht untersucht, ob und wie auch solche Phasen als Indikator für eine gemeinsame Wissenskonstruktion berücksichtigt werden können.

Vielversprechende Ansätze für die Konkretisierung der Gesprächsauswertung finden sich in differenzierenden Arbeiten. So klassifiziert etwa Wegerif (1999) das Argumentieren in Schülerdialogen in drei Gesprächsformen. Der Disputational talk ist dabei charakterisiert durch eine Uneinigkeit bezüglich des aktuellen Gesprächsgegenstandes, individuelle Meinungsfindung und kaum konstruktive Versuche, die Diskussion durch Vorschläge oder fachbezogene Kritik zu lösen. Kurze, wenig ausgeschärfte Aussagen sind hier typisch. Die zweite Gesprächsform stellt der Cumulative talk dar, bei dem ein Schüler positiv aber unkritisch die Aussage des anderen reflektiert. Hierbei nutzen die Partner das Gespräch um eine gemeinsame Wissensbasis auszubauen. Diese Form ist charakterisiert durch ausführliche Erläuterung von Begriffen und Konzepten, Wiederholungen sowie Bestätigungen. Als drittes wird der Exploratory talk unterschieden, der Gesprächsaussagen umfasst, bei denen die Partner kritisch und konstruktiv auf die Aussagen des anderen eingehen. Hypothesen und Vorschläge werden zur gemeinsamen Erörterung formuliert. Zwar werden zu den bestätigenden Antworten auch zweifelnde Rückmeldungen gegeben, allerdings werden diese begründet und alternative Hypothesen vorgeschlagen. Eine Anpassung solcher Gesprächsklassifizierung an die Lernsituation des kollaborativen forschenden Lernens könnte zu der Vermeidung vieler in dieser Arbeit beobachteten Auffälligkeiten führen und langfristig zur Validierung der Gesprächsauswertung beitragen.

Die Gesprächsanalyse warf im Verlauf eine weitere, modelltheoretische Frage des Auswertungsschemas auf. Lerneinheiten zum kollaborativen forschenden Lernen zielen im wesentlichen darauf ab, Kompetenzen aus dem Bereich Experimentieren und Kommunikation zu fördern. Ein Maß für den Erfolg wird nach dem Modell von Gilijers und de Jong (2005) bereits aus der Höhe der Hypothesenanteile geschlossen. Allerdings zeigt sich, dass nur ein Teil der Hypothesenanteile aus einer Schüleraktivierung durch die Lerneinheit entsteht. Bei einem anderen Anteil führt die Lerneinheit lediglich zu einer notgedrungenen Aktivierung des Vorwissens, da die Inhalte für den Schüler nicht verwertbar sind. Zwar geben gute Lerneinheiten zum kollaborativen forschenden Lernen Impulse, um das Vorwissen der Schüler in die vorliegende Aufgabe einzubinden, allerdings sollten die Inhalte und Problemstellung der Lerneinheit die wesentliche Arbeitsgrundlage bilden. Hier macht es Sinn zu prüfen, ob die Schüler Vermutungen aufgrund einer guten Problemorientierung und Inhalten der Lerneinheit äußern, oder sie zur Interpretation von themenverwandtem Vorwissen gezwungen sind. Die Förderung der Hypothesenanteile ist im konstruktivistischen Sinne zweifelsohne der wesentlichste und zielführendste Ansatz, die Wissensbildung innerhalb von Schülergruppen zu fördern, zu vernetzen

und letztendlich auch empirisch zu erfassen. Für eine vertiefende Analyse der Mechanismen einer Lerneinheiten kann allerdings zukünftig ein vielversprechender Ausblick in der Unterscheidung zwischen solchen Hypothesenanteilen liegen, die sich durch die Aktivierung der Lerneinheit ergeben (modellbezogen), und Hypothesenanteilen, die aus reinem Vorwissen entstehen (nicht-modellbezogen).

Abschließend muss resümiert werden, dass das Instrument der Gesprächsauswertung, welches im Bereich des kollaborativen forschenden Lernens zunehmend verwendet wird, deutlicher Konkretisierung bedarf. Hierbei sind im Besonderen die Gütekriterien Objektivität (Was ist eine Hypothese?) und Validität (Umfasst der Begriff Hypothese wirklich die gemeinsame Wissenskonstruktion?) anzuführen. Eine Normierung durch ein Manual muss angestrebt werden. Studien wie von Kneser (2001) betonen ebenfalls die noch bestehende Unklarheit bei Dialogprozesses während des kollaborativen Lernens, etwa in Bezug auf die Rolle des hypothesierenden Schülers zu dem reflektierenden Schüler, Ansichtenwechsel in der Gruppe während des Kollaborationsprozesses oder die Bewertung der Länge und fachlicher Tiefe von Dialogen. Neuere Forschungsbeiträge betonen zusätzlich, dass Diagnostik und Auswertung stark an die jeweiligen Forschungsfragen angepasst werden. Dieses erschwert eine Normierung auf mögliche Auswertungsverfahren, so dass zum jetzigen Zeitpunkt zumindest eine möglichst transparente Datenerhebung und Auswertung der Forschungsarbeiten gewährleistet sein muss (Strijbos und Fischer, 2007). Auch Entwicklungen aus dem Bereich der CSCL-Forschung, die mit der Auswertung von Chatprotokollen eine lange und perspektivreiche Tradition haben, können weiterbringende Impulse bringen (Hmelo-Silver und Bromme, 2007; Strijbos und Stahl, 2007; Zemel, Xhafa et al., 2007).

8.3 Praxisbezug zum Schullalltag

Die vorliegende Arbeit untersuchte eine Maßnahme, deren Ziel die Förderung fachbezogener und wissenskonstruierender Kommunikation innerhalb einer Schülergruppe beim forschenden Lernen ist. Das langfristige Ziel solcher Arbeiten wie der vorliegenden ist es, dem Lehrer, der die Methode des forschenden Lernens im Unterricht verwenden möchte, einen möglichst breiten Maßnahmenkatalog zur Verfügung zu stellen, mit dem die Schüler während der Unterrichtseinheit und er selbst bei der Konzipierung einer Lerneinheit unterstützt werden können. In diesem Zusammenhang ist auch die Motivation für diese Arbeit zu verstehen, die zunächst untersuchte, ob ein Vorwissensaustausch Erfolg versprechend sein kann, unter welchen Kriterien er durchzuführen wäre

und wie stark er das Lernverhalten der Schüler in einer Lernsituation zum forschenden Lernen beeinflusst.

Bei der Entwicklung der Kriterien für einen Vorwissensaustausch wurde im Besonderen darauf geachtet, eine für den Schullalltag nutzbare Maßnahme zu entwickeln. Dies äußert sich u.a. in einer geringen Durchführungszeit von etwa 12 Minuten, einer vorbereitenden Thematisierung der kommenden Fachinhalte und in einer Wiederholung des zugrunde liegenden Stoffes durch die Schüler, welche zum großen Teil außerhalb der Unterrichtszeit stattfinden wird.

Nach der Auswertung und Diskussion kann resümiert werden, dass die Förderung von Interaktionsprozessen in Form eines Vorwissensaustausches ein sinnvoller Weg ist, die fachbezogene Kommunikation der Schüler zu fördern. Ein spannender Ausblick ist sicherlich, inwiefern sich die Effizienz eines Vorwissensaustausches erhöht, wenn Schüler über längere Perioden (mehrere Schuljahre) gemeinsam in festen Gruppen arbeiten. Dieser Abschnitt soll zum Ende auch den interessierten Lehrer motivieren, eigene Beobachtungen durchzuführen, deren Rückmeldungen für die Bildungsforschung ein wichtiger explorativer Beitrag zum Erkennen und Verstehen der auftretenden Schülerprozesse sind.

9 Zusammenfassung

Das kollaborative forschende Lernen ist eine Form des Entdeckenden Unterrichtes, bei dem Schülerinnen und Schüler wissenschaftliche Vorgehensweisen der Erkenntnisgewinnung nachahmen. In kleinen Gruppen sollen sie ihnen unbekannte, naturwissenschaftliche Vorgänge selbständig modellieren und das miteinander erworbene Wissen explizieren. Die dabei notwendigen Arbeitsphasen wie Exploration, Hypothesenbildung, Experimentplanung und Auswertung können Erkenntnis- und Kommunikationskompetenzen der Schülerinnen und Schüler nachhaltig positiv beeinflussen. Jedoch erfordert diese Lernform von den Lernenden ein hohes Maß an selbstregulativen Fähigkeiten. Diese Komplexität kann durch kollaborative Partnerarbeit gesenkt werden. Fachdidaktische Forschung in diesem Gebiet setzt seit kurzem vermehrt einen Schwerpunkt auf die Untersuchung von situativen Maßnahmen zur Förderung der Gruppenprozesse, im Besonderen der Ausprägung der fachlichen Verständigungsebene.

Kollaborationsforschung im Bereich des forschenden Lernens geht weitestgehend davon aus, dass eine hohe Ausprägung des geteilten Wissens und kognitive Konflikte innerhalb einer Schülergruppe förderlich für die Ausprägung einer fachlichen Verständigungsebene sind. Es wird diskutiert, inwiefern bereits vor einer kommenden Zusammenarbeit durch geeignete Maßnahmen die fachliche Verständigungsebene einer Schülergruppe gefördert werden kann. Hier ordnet sich die vorliegende Arbeit ein, die untersuchte, welchen Einfluss eine gemeinsame Vorerfahrung in Form eines Vorwissensaustausches auf den Wissenszuwachs und die Kollaboration während einer Lerneinheit zum kollaborativen forschenden Lernen hat.

Für die Untersuchung dieser Forschungsfrage wurden zunächst aus fachdidaktischen Forschungserkenntnissen hergeleitete Kriterien aufgestellt, unter denen ein Vorwissensaustausch im Unterricht Erfolg versprechend ist. Auf dieser Grundlage wurde eine Maßnahme entwickelt, die aus einem Fragebogen zum Vorwissensaustausch und einer Schülerinstruktion bestand. Zur Überprüfung des Einflusses des Vorwissensaustausches auf den Wissenszuwachs der Schüler und die Hypothesenanteile innerhalb der Schülergespräche wurde eine quasiexperimentelle Feldstudie durchgeführt. Hier wurden zwei Gruppen von Schülerinnen und Schülern hinsichtlich ihres Wissenszuwachses nach der Bearbeitung einer computergestützten Unterrichtseinheit zum

Treibhausmodell verglichen. Die Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe erhielten durch den Vorwissensaustausch die Möglichkeit, sich vor der Bearbeitung der Unterrichtseinheit über den kommenden Fachinhalt auszutauschen. Die Schüler der Kontrollgruppe erhielten diese Möglichkeit nicht. An der Studie nahmen insgesamt 68 Schülerinnen und Schüler des 11. Jahrgangs von Gymnasien in Schleswig-Holstein teil. Zur Erfassung des Vorwissens wurde allen Schülerinnen und Schülern ein hierfür entwickelter Wissenstest zum Treibhausmodell vorgelegt. Der verwendete Wissenstest wurde gezielt auf die Inhalte der Lernumgebung entwickelt und in einer Pilotstudie getestet. Die Schüler sollten dabei Hypothesen, die sich aus einem beigelegten Szenario ableiten ließen, auf ihre Richtigkeit überprüfen. Die Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe wurden im Rahmen des Vorwissensaustausches in einer späteren Unterrichtsstunde gebeten, einige der Hypothesen erneut zu bewerten und schriftlich ausführlicher zu begründen. Diese schriftlichen Begründungen tauschten Sie mit ihrem zukünftigen Partner aus und erhielten die Instruktion, den Inhalt zu Beginn der kommenden Lerneinheit zusammenfassen zu können. In dieser Lerneinheit arbeiteten die Schüler an einer Computersimulation zum Treibhausmodell, die im Rahmen des Projektes ReCoil entstanden war und durch zusätzliche Arbeitsmaterialien sowie einer Anpassung auf den deutschen Bildungsraum abgestimmt wurde. Während der Lerneinheit zeichneten Aufnahmegeräte die Gespräche der Arbeitsgruppen mit, um bei der Gesprächsauswertung mit Hilfe der gesprochenen Hypothesenanteile Rückschlüsse über eine gemeinsame Wissenskonstruktion ziehen zu können. Mit der erneuten Bearbeitung des Wissenstests zum Treibhausmodell im unmittelbaren Anschluss an diese Unterrichtseinheit wurde der Zusammenhang zwischen dem Vorwissensaustausch und dem Wissenszuwachs sowie der Hypothesenanteile der Schülerinnen und Schüler überprüft. Zusätzlich wurden zu jedem Messzeitpunkt personenbezogene Merkmale erhoben.

Der Befund der Datenanalyse konnte einen deutlichen positiven Einfluss des Vorwissensaustausches auf den Wissenszuwachs der Schüler zeigen. Weiterhin zeigte sich ein positiver Einfluss auf die Hypothesenanteile im Gespräch der Schülergruppen. Allerdings reicht der Datenbefund nicht aus, um die Hypothesenanteile als mediierende Variable zwischen dem Einfluss des Vorwissensaustausches und dem Wissenszuwachs identifizieren zu können. Zwar verringerte sich die Vorhersagekraft des Vorwissensaustausches auf den Wissenszuwachs unter Berücksichtigung der Hypothesenanteile, allerdings war zwischen den Hypothesenanteilen und dem Wissenszuwachs nur ein tendenzieller Interaktionseffekt zu erkennen. Die Abweichung des Befundes von Arbeiten wie Giljers und de Jong (2005) oder Saab (2007) wird auf die

mangelnde Güte des in diesem Forschungsbereich verwendeten Messinstrumentes der Gesprächsauswertung zurückgeführt. Aufgrund des Fehlens eines standardisierten Manuals kann der Gesprächsauswertung nur eine geringe Objektivität und fragliche Validität zugesprochen werden. Hier besteht erheblicher Nachholbedarf. Es wird angenommen, dass bei gleicher Datenlage und Verwendung eines Instrumentes höherer Güte die Gesprächsauswertung eine Mediation des Wissenszuwachses durch die Hypothesenanteile gezeigt hätte. Die weiterführenden Analysen untersuchten, inwiefern verschiedene personenbezogene Merkmale wie Motivation und Geschlecht ihren aus der Unterrichtsforschung bekannten Einfluss auf das Lernverhalten im Physikunterricht behalten würden. Es zeigte sich, dass sowohl Mädchen wie auch Jungen gleichermaßen von dem Vorwissensaustausch profitierten. Interessanterweise wurde in der Experimentalgruppe kein Einfluss des fachspezifischen Selbstkonzeptes und des Geschlechtes auf den Wissenszuwachs nachgewiesen. Der Vorwissensaustausch ermöglicht den Schülern offenbar, das Wissen des Partners abzuschätzen und Sicherheit zu dem eigenen Leistungsvermögen zu entwickeln. Die Hypothesenanteile wurden in der Kontrollgruppe wesentlich von dem Geschlecht und der Kooperationsbereitschaft der Schüler bestimmt. Auch hier fällt der Einfluss dieser Faktoren in der Experimentalgruppe weg. Der Vorwissensaustausch konnte die Schüler hier soweit aktivieren, dass ihre hohe Intensität an fachlicher Kommunikation nicht von ihrer grundlegenden Kooperationsbereitschaft abhing. Rückblickend empfanden die Schüler der Experimentalgruppe eine signifikant höhere Selbstwirksamkeit als die Schüler der Kontrollgruppe, was eine wesentliche Voraussetzung für eine Einbindung eines Vorwissensaustausches in die Lernkultur einer Klasse ist.

Der Schwerpunkt dieser Studie war die Untersuchung einer Maßnahme zur Förderung der Kollaboration forschender Schüler. Es wurde gezeigt, dass eine höhere Transparenz bezüglich der individuellen Vorstellungen innerhalb einer Schülergruppe bereits durch einen einfachen Vorwissensaustausch im Vorfeld einer Zusammenarbeit ermöglicht werden kann. Ein deutlicher, positiver Einfluss auf den Wissenszuwachs und die Interaktionsprozesse während der Lerneinheit zeigt, dass weitere Vertiefungen dieser Forschung vielversprechend sind und interessante Ausblicke für die Unterrichtsmethodik bieten. Ebenfalls motiviert die Reduzierung von personengebundenen Einflüssen wie Geschlecht oder fachspezifischen Selbstkonzept weitergehende Forschung. Jedoch wird auch eine erhebliche Notwendigkeit in der Validierung des Messinstrumentes der Gesprächsauswertung erkannt. Die Entwicklung einer valideren Diagnostik könnte Forschungsvorhaben

mit Gesprächsauswertung im Bereich des kollaborativen forschenden Lernens normieren und damit Generalisierungen über die Ebene von Einzelfallbetrachtungen ermöglichen.

Literaturverzeichnis

- ARTELT, C., A. DEMMRICH, et al. (2001). Selbstreguliertes Lernen. *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. J. Baumert and u. a. Opladen, Leske + Budrich.
- ARVAJA, M., H. SALOVAARA, et al. (2007). *Combining individual and group-level perspectives for studying collaborative knowledge construction in context*. *Learning and Instruction* 17: 448-459.
- BAKER, M., T. HANSEN, et al. (1999). The role of grounding in collaborative learning tasks. *Collaborative learning. Cognitive and computational approaches*. P. Dillenbourg: 31-63.
- BANGERT-DROWNS, R. L., J. A. KULIK, et al. (1985). *Effectiveness of computer-based education in secondary schools*. *Journal of computer-based instruction* 12(3): 59-68.
- BARON, R. M. und D. A. KENNY (1986). *The Moderator-Mediator Variable Distinction in Social Psychological Research: Conceptual, Strategic, and Statistical Considerations*. *Journal of Personality and Social Psychology* 51 (6): 1173-1182.
- BAUMERT, J. (1992). *Koedukation oder Geschlechtertrennung*. *Zeitschrift für die Pädagogik* 38(1): 83-110.
- BAUMERT, J., W. BOS, et al. (2000). *TIMSS/III: Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie - Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn*. Opladen, Leske + Budrich.
- BAUMERT, J., R. H. LEHMANN, et al. (1997). *TIMSS - mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich: deskriptive Befunde*. Opladen, Leske + Budrich.
- BAUMERT, J., K. SCHNABEL, et al. (1998). Learning math in school: Does interest really matter? *Interest and learning*. L. Hoffmann, A. Krapp and J. Baumert. Kiel, Institute for Science Education at the University of Kiel. 164: 327-337.
- BEARISON, D. J. und H. ZIMILES (1986). *Thought and emotion. Developmental perspectives*.

-
- BEERS, P. J., H. P. A. BOSHUIZEN, et al. (2007). *The analysis of negotiation of common ground in CSCL*. Learning and Instruction 17: 427-435.
- BEICHNER, R. J. (1994). *Testing student interpretation of kinematics graphs*. American Journal of Physics 62: 750-762.
- BEREITER, C. (2002). *Education and mind in the knowledge age*. Hillsdale, NJ., Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- BERK, L. E. (1992). Children's private speech: An overview of theory and the status of research. *Private speech: From social interaction to self regulation*. R. M. Diaz and L. E. Berk. Hillsdale, NJ, Erlbaum: 17-53.
- BERRY, D. C. und D. E. BROADBENT (1984). *On the relationship between task performance and associated verbalizable knowledge*. The Quarterly Journal of Experimental Psychology 36A: 209-231.
- BOEKAERTS, M. (1999). *Self-regulated learning: where we are today*. International Journal of Educational Research 31: 445-457.
- BOEKAERTS, M. und M. NIEMIVIRTA (2000). Self-regulated learning: Finding a balance between learning goals and ego-protective goals. *Handbook of self-regulation*. M. Boekaerts, P. R. Pintrich and M. Zeidner. San Diego, CA, Academic Press: 417-450.
- BOEKAERTS, M., M. ZEIDNER, et al. (1999). *Handbook of self-regulation*. San Diego, CA, Academic.
- BORTZ, J. und G. A. LIENERT (2003). *Kurzgefaßte Statistik für die Klinische Forschung. Leitfaden für die verteilungsfreie Analyse kleiner Stichproben*. Berlin Heidelberg, Springer-Verlag.
- BRANT, G., E. HOOPER, et al. (1991). *Which comes first the simulation or the lecture?* Journal of Educational Computing Research 7: 469-481.
- BROMME, R. (2000). Beyond one's own perspective: The psychology of cognitive interdisciplinary. *Practising interdisciplinarity*. N. S. P. Weingart. Toronto, Toronto University Press: 115-133.
- BROMME, R., R. JUCKS, et al. (2004). Experten-Laien-Kommunikation im Wissensmanagement. *Der Mensch im Wissensmanagement: Psychologische Konzepte zum besseren Verständnis und Umgang mit Wissen*. H. M. G. Reinmann. Göttingen, Hogrefe: 176-188.

- BROWN, A. L. (1984). Metakognition, Handlungskontrolle, Selbststeuerung und andere, noch geheimnisvollere Mechanismen. *Metakognition Motivation und Lernen*. F. E. Weinert and R. H. Kluwe. Stuttgart, Kohlhammer: 60-109.
- BROWN, A. L., D. ASH, et al. (1993). Distributed expertise in the classroom. *Distributed cognitions: Psychological and educational considerations*. G. Salomon. Cambridge, England, Cambridge University Press: 188-228.
- BROWN, A. L. und J. C. CAMPIONE (1994). Guided discovery in a community of learners. *Classroom lessons: Integrating cognitive theory & classroom practice*. K. McGilly. Cambridge, MA, MIT Press: 229-270.
- BRUNER, J. S. (1961). *The act of discovery*. Harvard educational review 31: 21-32.
- CARLSEN, D. D. und T. ANDRE (1992). *Use of a microcomputer simulation and conceptual change text to overcome student preconceptions about electric circuits*. Journal of computer-based instruction 19(4): 105-109.
- CHAN, C. K. K. (2001). *Peer collaboration and discourse patterns in learning from incompatible information*. Instructional Science 29: 443-479.
- CHARNEY, D., L. REDER, et al. (1990). *Goal setting and procedure selection in acquiring computer skills: A comparison of tutorials, problem solving, and learner exploration*. Cognition and Instruction 7(4): 323-342.
- CHI, M. T. H. (1989). *Self-Explanations: How students study and use examples in learning to solve problems*. Cognitive Science 13: 145-182.
- CHINN, C. A. und W. F. BREWER (1993). *The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction*. Review of Educational Research 63(1): 1-49.
- DAMON, W. und E. PHELPS (1989). *Critical distinctions among three approaches to peer education*. International Journal of Educational Research 13(1): 9-19.
- DE GROOT, A. D. (1969). *Methodology, foundations of inference and research in the behavioural sciences*, The Hague: Mouton.

-
- DE JONG, T., E. MARTIN, et al. (1999). *The integration of computer simulation and learning support: An example from the physics domain of collisions*. Journal of Research in Science Teaching 36(5): 597-615.
- DE JONG, T. und W. R. VAN JOOLINGEN (1998). *Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains*. Review of Educational Research 68(2): 179-201.
- DE VRIES, E., K. LUND, et al. (2002). *Computer-mediated epistemic dialogue: Explanation and argumentation as vehicles for understanding scientific notions*. The Journal of the Learning Sciences 11(1): 63-103.
- DE WEVER, B., H. VAN KEER, et al. (2007). *Applying multilevel modelling to content analysis data: Methodological issues in the study of role assignment in asynchronous discussion groups*. Learning and Instruction 17: 436-447.
- DEMIRTAS, H. (2004). *Modeling Incomplete Longitudinal Data*. Journal of Modern Applied Statistical Methods 3(2): 305-321.
- DILLENBOURG, P. (1999). *What do you mean by collaborative learning?* Oxford, Elsevier.
- DILLENBOURG, P., M. BAKER, et al. (1996). *The evolution of research on collaborative learning*. Oxford, Elsevier.
- DUNBAR, K. (1993). *Concept discovery in a scientific domain*. Cognitive Science 17: 397-434.
- DUNBAR, K. (1995). How scientists really reason: Scientific reasoning in real world laboratories. *Mechanisms of insight*. R. J. Sternberg and J. Davidson. Cambridge, MA: MIT Press: 365-395.
- DUNBAR, K. (2001). *What scientific thinking reveals about the nature of cognition*. Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates.
- DURLING, R. und C. SHICK (1976). *Concept attainment by pairs and individuals as a function of vocalization*. Journal of Educational Psychology 68: 83-91.
- FESTINGER, L., H. RIECKEN, et al. (1957). *When Prophecy Fails*. The Public Opinion Quarterly 21(2): 325-326.

- FISKE, S. T., D. A. KENNY, et al. (1982). *Structural models for the mediation of salience effects on attribution*. Journal of Experimental Social Psychology 18: 105-127.
- FLETCHER, B. (1985). *Group and individual learning of junior school children on a microcomputer-based task: Social or cognitive facilitation*. Educational Review 37(3): 251-261.
- FORMAN, E. A. (1992). Discourse, intersubjectivity, and the development of peer collaboration: A Vygotskian approach. *Children's development within social contexts*. L. T. Winnegar and J. Valsiner. Hillsdale, NJ: Erlbaum: 126-154.
- FREY, D. und M. IRLE (1993). *Theorien der Sozialpsychologie. Bd.I: Kognitive Theorien*. Bern, Huber.
- FRIEDLER, Y., R. NACHMIAS, et al. (1990). *Learning scientific reasoning skills in microcomputer-based laboratories*. Journal of Research in Science Teaching 27(2): 173-191.
- GARDNER, P. L. (1998). The development of male's and female's interests in science and technology. *Interest and Learning: Proceedings of the Seeon Conference on Interest and Gender*. L. Hoffmann, A. Krapp, K. A. Renninger and J. Baumert. Kiel, IPN.
- GIJLERS, H. und T. DE JONG (2005). *The relation between prior knowledge and students' collaborative discovery learning processes*. Journal of Research in Science Teaching 42: 264-282.
- GLACHAN, M. und P. LIGHT (1982). Peer interaction and learning: Can two wrongs make a right? *Social cognition: Studies in the development of understanding*. G. Butterworth and P. Light. Chicago, University of Chicago Press: 238-262.
- GLASER, R., L. SCHAUBLE, et al. (1992). *Scientific reasoning across different domains*. Berlin, Springer [u. a.].
- GRÄBER, W., P. NENTWIG, et al. (2002). *Scientific Literacy - Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Leske + Budrich, Opladen.
- GRICE, H. P. (1989). *Studies in the way of words*. Cambridge, MA, Harvard University Press.
- HAKKARAINEN, K. und M. SINTONEN (2002). *Interrogative model of inquiry and computer-supported collaborative learning*. Science & Education 11: 25-43.

-
- HANNOVER, B. (1991). *Zur Unterrepräsentanz von Mädchen in Naturwissenschaften und Technik. Psychologische Praediktoren d. Fach- u. Berufswahl.* Zeitschrift für pädagogische Psychologie 5(3): 169-186.
- HÄUSSLER, P. und L. HOFFMANN (1998). Qualitative differences in students' interest in physics, and the dependence on gender and age. *Interest and Learning. Proceedings of the Seeon Conference on Interest and Gender.* L. Hoffmann, A. Krapp, K. A. Renninger and J. Baumert. Kiel, IPN.
- HÄUSSLER, P., L. HOFFMANN, et al. (1998). *A typology of students' interest in physics and the distribution of gender and age within each type.* International Journal of Science Education 20(2): 223-238.
- HELLER, P. und M. HOLLABAUGH (1991). *Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups.* American Journal of Physics 60(7): 637-644.
- HELLER, P., R. KEITH, et al. (1991). *Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problem solving.* American Journal of Physics 60(7): 627-636.
- HELMKE, A. und W. F. E. (1997). *Bedingungsfaktoren schulischer Leistungen.* Enzyklopädie der Psychologie Band 3.
- HINTIKKA, J. (1999). *Inquiry as inquiry: A logic of scientific discovery. Jaakko Hintikka selected papers.* Dordrecht, The Netherlands, Kluwer.
- HMELO-SILVER, C. E. und R. BROMME (2007). *Coding discussions and discussing coding: Research on collaborative learning in computer-supported environments.* Learning and Instruction 17: 460-464.
- HOFFMANN, L., P. HÄÜBLER, et al. (1997). *An den Interessen von Jungen und Mädchen orientierter Physikunterricht. Ergebnisse eines BLK-Modellversuchs.* Kiel, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.
- HOLLAND, J., K. HOLYOAK, et al. (1986). *Induction: Processes of inference, learning, and discovery.* Cambridge, MIT Press.
- KANSELAAR, G. und G. ERKENS (1996). *Interactivity in cooperative problem solving with computers.*

- KESIDOU, S. und R. DUIT (1993). *Students' conceptions of the second law of thermodynamics - an interpretive study*. Journal of Research in Science Teaching 30(1): 85-106.
- KIRCHER, E., R. GIRWIDZ, et al. (2001). *Physikdidaktik*. Berlin, Springer.
- KIRSCHNER, P. A., J. SWELLER, et al. (2006). *Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based experimental and inquiry-based teaching*. Educational Psychologist 41(2): 75-86.
- KLAHR, D. und K. DUNBAR (1988). *Dual space search during scientific reasoning*. Cognitive Science 12: 1-48.
- KLAHR, D., K. DUNBAR, et al. (1991). *Designing good experiments to test bad hypotheses*. San Mateo, CA, Morgan-Kaufman.
- KLAHR, D., A. L. FAY, et al. (1993). *Heuristics for scientific experimentation: a developmental study*. Cognitive Psychology 25: 111-146.
- KLAYMAN, J. und Y.-W. HA (1987). *Confirmation, Disconfirmation, and Information in Hypothesis Testing*. Psychological Review 94(2): 211-228.
- KNESER, C. und R. PLOETZNER (2001). *Collaboration on the basis of complementary domain knowledge: observed dialogue structures and their relation to learning success*. Learning and Instruction 11: 53-83.
- KÖLLER, O. und E. KLIEME (2000). *Geschlechterdifferenzen in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Leistungen. TIMSS/III. Dritte internationale Mathematik und Naturwissenschaftsstudie. Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn*. J. Baumert, W. Bos and R. Lehmann. Opladen, Leske + Budrich. 2: 373-404.
- KOMIS, V., N. AVOURIS, et al. (2002). *Computer-supported collaborative concept mapping: Study of synchronous peer interaction*. Education and Information Technologies 7: 169-188.
- KRAPP, A. (1999). *Interest, motivation and learning: An educational-psychological perspective*. European Journal of Psychology of Education XIV(1): 23-40.

-
- KREIJNS, K., P. A. KIRSCHNER, et al. (2003). *Identifying the pitfalls for social interaction in computer-supported collaborative learning environments: a review of the research*. Computers in Human Behavior 19: 335-353.
- KUHN, D., J. BLACK, et al. (2000). *The development of cognitive skills to support inquiry learning*. Cognition and Instruction 18: 495-523.
- KULKARNI, D. und H. A. SIMON (1988). *The processes of scientific discovery: The strategy of experimentation*. Cognitive Science 12.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ, B. D. (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss Beschluss vom 16.12.2004*. München, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
- KUNDA, Z. (1990). *The case for motivated reasoning*. Psychological Bulletin 108(3): 480-498.
- LABUDDE, P., W. HERZOG, et al. (2000). *Girls and physics: teaching and learning strategies tested by classroom interventions in grade 11*. International Journal of Science Education 22(2): 143-157.
- LAJOIE, S. P. (1993). Computer environments as cognitive tools for enhancing learning. *Computers as cognitive tools*. S. P. Lajoie and S. J. Derry. Hillsdale, NJ, Erlbaum: 261-289.
- LAZONDER, A. W. (2003). *Principles for designing Web searching instruction*. Education and Information Technologies 8(2): 179-193.
- LEHTINEN, E., K. HAKKARAINEN, et al. (1999). *Computer supported collaborative learning: A review of CL-Net project (The J. H. G. I. Giesbers Reports on Education, 10)*. Nijmegen, the Netherlands, University of Nijmegen.
- LEUTNER, D. (1993). *Guided discovery learning with computer-based simulation games: effects of adaptive and non-adaptive instructional support*. Learning and instruction 3: 113-131.
- LINDSTRÖM, B., F. MARTON, et al. (1993). *Computer simulation as a tool for developing intuitive and conceptual understanding in mechanics*. Computers in Human Behavior 9: 263-281.
- LINN, M. C., E. A. DAVIS, et al. (2004). *Inquiry and technology*. London, Lawrence Erlbaum Associates.

- LINN, M. C., E. A. DAVIS, et al. (2004). *Specific design principles: Elaborating the scaffolded knowledge integration framework*. London, Lawrence Erlbaum Associates.
- LINN, M. C., J. LAYMAN, et al. (1987). *Cognitive consequences of microcomputer-based laboratories: Graphing skills development*. Journal of contemporary Educational Psychology 12: 244-253.
- LIU, X. und A. MCKEOUGH (2005). *Developmental growth in students' concept of energy: Analysis of selected items from the TIMSS Database*. Journal of Research in Science Teaching 42(5): 493-517.
- LÜDTKE, O., A. ROBITZSCH, et al. (2007). *Umgang mit fehlenden Werten in der psychologischen Forschung*. Psychologische Rundschau 58 (2): 103-117.
- MANLOVE, S., A. W. LAZONDER, et al. (2006). *Journal of Computer Assisted Learning*. Regulative support for collaborative scientific inquiry learning 22(2): 87-98.
- MARQUARDT-MAU, B. (2001). *Scientific-Literacy im Sachunterricht? Die Aktualität der Pädagogik Martin Wagenscheins für den Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: S.185-201.
- MARSH, H. W. (1986). *Verbal and math self-concepts: An internal/external frame of reference model*. Educational Psychology 23(1): 129-149.
- MARSH, H. W. und A. SEESHING YEUNG (1997). *Causal effects of academic self-concept on academic achievement: Structural equation models of longitudinal data*. Journal of Educational Psychology 89(1): 41-54.
- MARSH, H. W. und A. SEESHING YEUNG (1998). *Longitudinal structural equation models of academic self-concept and achievement: Gender differences in the development of math and English constructs*. American Educational Research Journal 35(4): 705-738.
- MAYER, R. E. (1987). *Educational psychology: A cognitive approach*. Boston, Little, Brown & Co.
- MAYER, R. E. (2004). *Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning?* American Psychologist 59(1): 14-19.

-
- MCGUFFIE, K. und HENDERSON-SELLERS (1999). *A Climate Modelling Primer. Second Edition*. Chichester, John Wiley & Sons Ltd.
- MERCER, N. (1996). *The quality of talk in children's collaborative activity in the classroom*. Learning and Instruction 6(4): 359-377.
- MIYAKE, N. (1986). *Constructive interaction and the iterative process of understanding*. Cognitive Science 10: 151-177.
- MUUKKONEN, H., M. LAKKALA, et al. (2005). *Technology-Mediation and Tutoring: How do they shape progressive inquiry discourse?* The Journal of the Learning Sciences 14(4): 527-565.
- NJOO, M. und T. DE JONG (1993). *Exploratory Learning with a computer simulation for control theory: learning processes and instructional support*. Journal of Research in Science Teaching 30(8): 821-844.
- OKADA, T. und H. A. SIMON (1997). *Collaborative discovery in a scientific domain*. Cognitive Science 21: 109-146.
- PEA, R. D. (1996). Seeing what we build together: Distributed multimedia learning environments for transformative communications. *CSCCL: Theory and practice of an emerging paradigm*. T. Koschmann. Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, Inc.: 171-186.
- PRENZEL, M., J. BAUMERT, et al. (2004). *PISA 2003 Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland - Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. Münster, Waxmann.
- QUINN, J. und S. ALESSI (1994). *The effects of simulation complexity and hypothesis-generation strategy on learning*. Journal of Research on Computing in Education 27: 75-91.
- RAMM, G., M. PRENZEL, et al., Eds. (2006). *PISA 2003. Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Münster, Waxmann Verlag.
- REIMAN, P. und S. BELLER (1993). *Computer-based support for analogical problem solving and learning*. Berlin, Germany, Springer Verlag.
- REINMANN-ROTHMEIER, G. und H. MANDL (2002). *Analyse und Förderung kooperativen Lernens in netzbasierten Umgebungen*. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie 34(1): 44-57.

- REISER, B. J. (2002). Why scaffolding should sometimes make tasks more difficult for learners. *Computer support for collaborative learning: Foundations for a CSCL community. Proceedings of CSCL 2002*. G. Stahl. Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, Inc.: 443-452.
- RHEINBERG, F. (2000). *Motivation*. Stuttgart, Kohlhammer.
- RIEBER, L. P., M. J. BOYCE, et al. (1990). *The effects of computer animation on adult learning and retrieval tasks*. Journal of computer-based instruction 17(2): 46-52.
- RIVERS, R. H. und E. VOCKELL (1987). *Computer simulations to stimulate scientific problem solving*. Journal of Research in Science Teaching 24(5): 403-415.
- ROCHELLE, J. (1992). *Learning by collaborating: Convergent conceptual change*. Journal of the Learning Sciences 5: 239-277.
- ROGOFF, B. (1990). *Apprentices in thinking: Cognitive development in a social context*. New York, Oxford.
- ROJAS-DRUMMOND, S. und N. MERCER (2003). *Scaffolding the development of effective collaboration and learning*. International Journal of Educational Research 39: 99-111.
- ROST, J., O. WALTER, et al. (2004). Naturwissenschaftliche Kompetenz. *PISA 2003 Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland - Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. Münster, Waxmann.
- ROYCHOUDHURY, A., D. J. TIPPINS, et al. (1995). *Gender-Inclusive Science Teaching: A feminist-constructivist approach*. Journal for Research in Science Teaching 32(9): 897-924.
- SAAB, N., W. R. VAN JOOLINGEN, et al. (2005). *Communication in collaborative discovery learning*. British Journal of Educational Psychology 75(4): 603-621.
- SAAB, N., W. R. VAN JOOLINGEN, et al. (2007). *Supporting communication in a collaborative discovery learning environment: the effect of instruction*. Instructional Science 35: 73-98.
- SALOMON, G. und T. GLOBERSON (1989). *When teams do not function the way they ought to*. International Journal of Educational Research 13: 89-98.

-
- SCARDAMALIA, M. (2002). Collective cognitive responsibility for the advancement of knowledge. *Liberal education in a knowledge society*. B. Smith. Chicago, Open Court: 67-98.
- SCARDAMALIA, M. und C. BEREITER (1994). *Computer support for knowledge-building communities*. The Journal of the Learning Sciences 3: 265-283.
- SCARDAMALIA, M. und C. BEREITER (2003). Knowledge Building. *Encyclopedia of education*. J. W. Guthrie. New York, Macmillan: 1370-1373.
- SCARDAMALIA, M. und C. BEREITER (2003). *Knowledge building environments: Extending the limits of the possible in education and knowledge work*. Thousand Oaks, Sage Publications.
- SCHANZE, S. (2002). *Wissenserwerb mithilfe der internetbasierten Lernumgebung ChemNet - Eine empirische Untersuchung zum Lernen mit linearen und vernetzten Hypertexten*. Chemiedidaktik. Kiel, IPN - Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- SCHAUBLE, L., R. GLASER, et al. (1991). *Causal models and experimentation strategies in scientific reasoning*. Journal of the Learning Sciences 1: 201-238.
- SHIMODA, T. A., B. Y. WHITE, et al. (2002). *Student goal orientation in learning inquiry skills with modifiable software advisors*. Science education 86(2): 244-263.
- SHUTE, V. J. und R. GLASER (1990). *A large-scale evaluation of an intelligent discovery world: Smihtown*. Interactive Learning Environments 1: 51-77.
- SPRINGER, L., M. E. STANNE, et al. (1999). *Effects of small-group learning on undergraduates in science, mathematics, engineering, and technology: a meta-analysis*. Review of Educational Research 69(1): 21-51.
- STADLER, H., R. DUIT, et al. (2000). *Do boys and girls understand physics differently?* Physics Education 35(6): 417-422.
- STANAT, P. und H. KUNTER (2003). Kompetenzerwerb, Bildungsbeteiligung und Schullaufbahn von Mädchen und Jungen im Ländervergleich. *PISA 2000 - Ein differenzierter Blick auf die Länder der Bundesrepublik Deutschland*. J. Baumert and u. a. Opladen, Leske + Budrich: 211-242.

- STANAT, P. und M. KUNTER (2001). Geschlechterunterschiede in Basiskompetenzen. *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. J. Baumert and u. a. Opladen, Leske + Budrich.
- STAUBER, B. (2007). *Motivation in Transition*. YOUNG - Nordic Journal of Youth Research 15(1): 31-47.
- STEELE, C. M. (1997). *A threat in the air: How stereotypes shape intellectual identity and performance*. American Psychologist 52(6): 613-629.
- STRIJBOS, J.-W. und F. FISCHER (2007). *Methodological challenges for collaborative learning research*. Learning and Instruction 17: 389-393.
- STRIJBOS, J.-W. und G. STAHL (2007). *Methodological issues in developing a multi-dimensional coding procedure for small-group chat communication*. Learning and Instruction 17: 394-404.
- SUIS, J. (1999). *The Importance of the Question in Motivated Cognition and Social Comparison*. Psychological Inquiry 10.
- SUTHERS, D. D. und C. D. HUNDHAUSEN (2003). *An experimental study of the effects of representational guidance on collaborative learning processes*. The Journal of the Learning Sciences 12: 183-218.
- SWAAK, J., W. R. VAN JOOLINGEN, et al. (1998). *Supporting simulation-based learning: The effects of model progression and assignments on definitional and intuitive knowledge*. Learning and Instruction 8(3): 235-252.
- SWANSON, J. H. (1990, April). *The effectiveness of tutorial strategies: An experimental evaluation. Paper presented at the 1990 AERA Meeting.*, Boston.
- TABAK, I., B. K. SMITH, et al. (1996). *Combining general and domain-specific strategic support for biological inquiry*. Berlin, Springer Verlag.
- TEASLEY, S. D. (1995). *The role of talk in children's peer collaborations*. Developmental Psychology 31(2): 207-220.
- THOMAS, R. und E. HOOPER (1991). *Simulations: An opportunity we are missing*. Journal of research on computing in education 23(4): 497-513.

-
- THORNDYKE, P. und C. STASZ (1980). *Individual differences in procedures for knowledge acquisition from maps*. *Cognitive Psychology* 12: 137-175.
- THURMAN, R. A. (1993). *Instructional simulation from a cognitive psychology viewpoint*. *Educational technology research & development* 41(4): 75-89.
- TROWBRIDGE, D. (1987). An investigation of groups working at the computer. *Applications of cognitive psychology: Problem solving, education and computing*. K. Pezdek and W. Banks. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum: 47-57.
- TUDGE, J. (1992). *Processes and consequences of peer collaboration: A Vygotskian analysis*. *Child Development* 63: 1364-1379.
- VAN DER LINDEN, J. L., G. ERKENS, et al. (2000). *Collaborative learning*. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer.
- VAN JOOLINGEN, W. R. und T. DE JONG (1991). *Supporting hypothesis generation by learners exploring an interactive computer simulation*. *Instructional Science* 20: 389-404.
- VAN JOOLINGEN, W. R. und T. DE JONG (1997) *An extended dual search space model of scientific discovery learning*. *Instructional Science* 25: 307-346.
- VEERMANS, K. H., T. DE JONG, et al. (2000). *Promoting self directed learning in simulation based discovery learning environments through intelligent support*. *Interactive Learning Environments* 8: 229-255.
- VOGT, H., A. UPMEIER ZU BELZEN, et al. (1999). *Unterrichtliche Aspekte im Fach Biologie, durch die Unterricht aus Schülersicht als interessant erachtet wird*. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 5(3): 75-85.
- VYGOTSKY, L. S. (1962). *Thought and Language*. Boston, MIT Press.
- VYGOTSKY, L. S. (1978). *Mind in Society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press (Original work published in 1930).
- WASON, P. C. (1960). *On the failure to eliminate hypotheses in a conceptual task*. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 12: 129-140.

- WEBB, N. M. (1991). *Task related verbal interaction and mathematics learning in small groups*. Journal for Research in Mathematics Education 22: 366-389.
- WEGERIF, R., N. MERCER, et al. (1999). *From social interaction to individual reasoning: an empirical investigation of a possible socio-cultural model of cognitive development*. Learning and Instruction 9: 493-515.
- WEINBERGER, A., K. STEGMANN, et al. (2007). *Knowledge convergence in collaborative learning: Concepts and assessment*. Learning and Instruction 17: 416-426.
- WEINERT, F. E. (1999). *Konzepte der Kompetenz*. Paris, OECD.
- WEINSTEIN, C. E. und R. E. MAYER (1986). The teaching of learning strategies. *Handbook of research on teaching*. M. Wittrock. New York, Macmillan: 315-327.
- WEISS, G. und P. DILLENBOURG (1999). What is "multi" in multi-agent learning? *Collaborative Learning. Cognitive and computational approaches*. P. Dillenbourg. Oxford, Elsevier Science Ltd.: 1-20.
- WHITE, B. Y. und T. A. SHIMODA (1999). *Enabling students to construct theories of collaborative inquiry and reflective learning: Computer support for metacognitive development*. International Journal of Artificial Intelligence in Education 10: 151-182.
- WITTE, E. H. und I. HEITKAMP (2005). *Quantitative Rekonstruktionen (Retrospektiven) als Instrument der Theoriebildung in der Sozialpsychologie*. Hamburg, Universität Hamburg, Arbeitsgruppe Sozialpsychologie.
- ZEMEL, A., F. XHAFI, et al. (2007). *What's in the mix? Combining coding and conversation analysis to investigate chat-based problem solving*. Learning and Instruction 17: 405-415.
- ZIMMER, K., D. BURBA, et al. (2004). Kompetenzen von Jungen und Mädchen. *PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland - Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. M. Prenzel, J. Baumert, W. Blum et al. Münster, Waxmann Verlag GmbH: 211-223.
- ZIMMERMAN, B. J. und M. M. PONS (1986). *Development of a structured interview for assessing student use of self-regulated*

learning strategies. American Educational Research Journal 23(4):
614-628.

Anhang

Die Frage- und Arbeitsbögen sind dem Format dieser Arbeit angepasst und auf das wesentliche reduziert. Sie entsprechen inhaltlich jedoch den Originalen. In den Tests sind die richtigen Antworten mit einem (x) gekennzeichnet.

Alle in dieser Arbeit gesammelten Daten durch Fragebögen und Sprachaufnahmen sowie deren Auswertung und Analyse sind auf der beigefügten DVD dokumentiert. Diese Daten sind für weiterführende Arbeiten im wissenschaftlichen Sinne frei verfügbar.

Übersicht

- A Fragebogen zum Treibhausmodell
- B Fragebogen zum Vorwissensaustausch
- C Skalen der personenbezogenen Merkmale

A Fragebogen zum Treibhausmodell

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

für die Bereitschaft, an dieser kleinen Studie teilzunehmen, möchten wir Ihnen herzlich danken. Im Mittelpunkt der Untersuchung wird das computergestützte Lernen mit einer einfachen Simulation zum Thema „Treibhauseffekt“ sein. Vor und nach der Hauptstudie möchten wir Sie bitten, jeweils einen Fragebogen auszufüllen. Um die beiden Fragebögen später einander zuordnen zu können, benötigen wir eine Kennung. Diese ergibt sich aus wenigen unverfänglichen Informationen. Durch das gewählte Zuordnungsverfahren bleibt Ihre Anonymität gewahrt.

Bitte tragen Sie in das vorgesehene Feld ...

... den ersten Buchstaben im Vornamen Ihres Vaters

... den ersten Buchstaben im Vornamen Ihrer Mutter

... Monatstag Ihrer Geburt (z.B.: für den 04.08.1985)

Beantworten Sie bitte die folgenden Fragen!

Alter: _____ Jahre Geschlecht: männlich weiblich

Bitte stoppen Sie hier, bis Sie aufgefordert werden, mit dem Ausfüllen des Fragebogens weiterzumachen!

Einleitung

In dem folgenden Abschnitt wird ein einfaches Modell zum Treibhauseffekt dargestellt. Um zu verstehen, welchen Einfluss Treibhausgase auf unser Klima haben, ist es nötig, die Energieflüsse des Systems Sonne-Erde kennen zu lernen. Nehmen Sie sich ca. 10 min Zeit, um sich damit vertraut zu machen. Nach Ablauf der 10 min bearbeiten Sie bitte den Fragebogen. Darin ist es Ihre Aufgabe, die dort gemachten Aussagen und Hypothesen 1.-30. zu durchdenken und zu prüfen, ob sie mit dem hier vorgestellten Modell vereinbar sind!

Treibhausmodell

Das einfachste Treibhausmodell (0-dimensionales EBM (Energy Balance Model)) besteht aus der Sonne und einer vereinfachten Erde (Fig.1). Bei dem 0-dimensionalen EBM wird die Oberfläche der Erde nicht weiter unterteilt. Ziel dieses Modells ist es, eine Abschätzung für Temperaturverläufe auf der Erde zu geben.

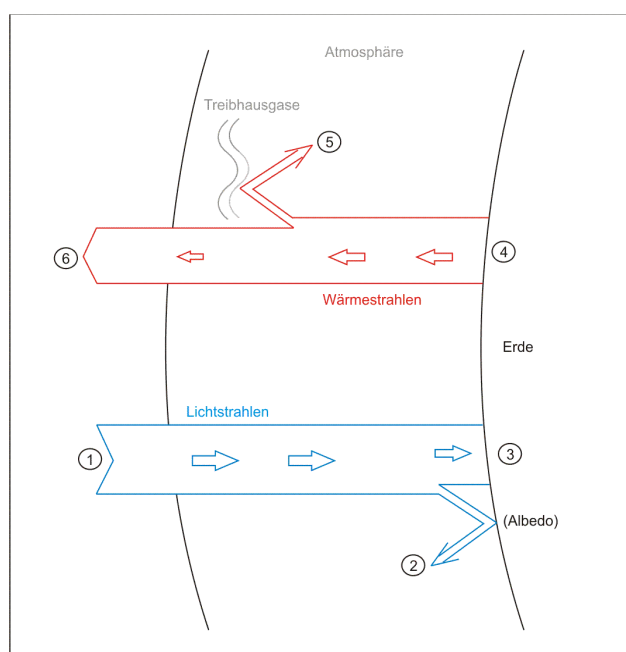


Fig.1: Skizze des 0-dimensionalen EBM.

- (1) Lichtstrahlen der Sonne treffen auf die Erde.
- (2) Ein Teil wird in Abhängigkeit der Albedo (Erklärung s.u.) direkt reflektiert.
- (3) Die verbleibenden Strahlen werden von der Erde aufgenommen. Die Erde wird in Abhängigkeit der Wärmekapazität erwärmt.
- (4) Die Erde gibt Wärmestrahlung ab.
- (5) Ein Teil dieser Strahlung wird von den Treibhausgasen aufgenommen und zurückgeworfen.
- (6) Der Rest der Wärmestrahlung verlässt die Erde.

In diesem Modell strahlt die Sonne Energie in Form von Lichtstrahlen auf die Erde. Diese durchqueren ungehindert (!) die Atmosphäre und treffen auf die Erde. Ein Teil dieser Strahlen wird sofort wieder reflektiert, ein weiterer Teil von der Erde aufgenommen. Ein Maß dafür, wie viel von der Erde sofort reflektiert wird, ist die **Albedo**. Die Albedo ist eine Zahl, die aussagt, wie viel Strahlung von einer Oberfläche reflektiert wird. Eine Albedo von z.B. 0,25 meint, dass 25% der Strahlung direkt reflektiert wird.

Der Teil der Lichtstrahlen, welcher von der Erde aufgenommen wird, führt zu deren Erwärmung. Die Geschwindigkeit, in der ein Körper, bzw. in diesem Fall die Erde, erwärmt wird, hängt von dessen **Wärmekapazität** ab. Die Wärmekapazität ist eine Größe, die aussagt, wie viel Energie nötig ist, um die Temperatur von 1g eines Körpers um 1° Kelvin zu erhöhen.

Wenn ein Körper, wie hier die Erde, sich erwärmt, strahlt er seinerseits Energie in Form von **Wärmestrahlung** ab. Die Intensität der Wärmestrahlung nimmt mit steigender Temperatur zu. Diese Wärmestrahlung verlässt dann die Erde, wird aber teilweise durch Treibhausgase aufgenommen und zurückgestrahlt. Wie viel die Treibhausgase zur Erde zurückstrahlen, wird mit dem **Durchlassvermögen** der Atmosphäre beschrieben. Ein Durchlassvermögen von 0,35 beispielsweise bedeutet, dass 35% der Wärmestrahlung, die von der Erde kommen, nach außen entweichen kann und 65% reflektiert wird, um dann wieder auf die Erde zu treffen.

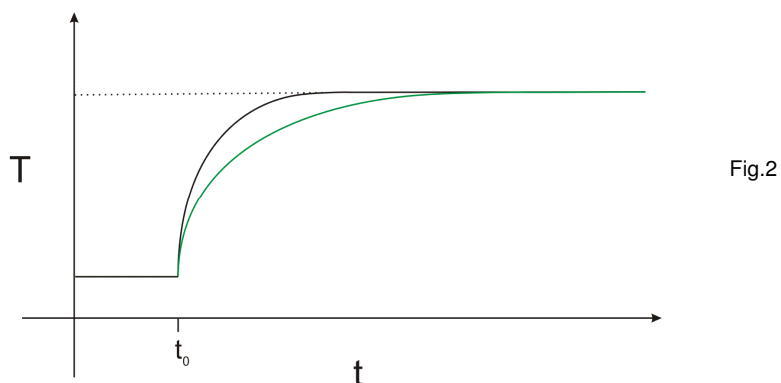
Je nach Anfangsintensität der Sonneneinstrahlung, Wärmekapazität der Erde, Albedo und Durchlassvermögen kann ein solches Modell berechnen, wie sich die Temperatur der Erde zeitlich entwickelt. Irgendwann, wenn die Erde genügend warm ist, verlässt genauso viel Energie die Atmosphäre in Form von Wärmestrahlung, wie Energie in Form von Lichtstrahlen auf die Erde treffen. Dann hat sich eine Gleichgewichtstemperatur eingestellt.

Die folgenden Aussagen/Hypothesen befassen sich mit verschiedenen Aspekten dieses Treibhausmodells. Wir möchten Sie bitten, anzukreuzen, ob Sie die einzelnen Aussagen für richtig oder falsch halten. Es kann sein, dass Sie eine Frage nicht sicher beantworten können. Kreuzen Sie dann an, ob Sie nach Ihrer Vorstellung die Aussage für eher richtig oder eher falsch halten. Bedenken Sie, dass wir nicht Sie persönlich in Ihrer Leistung überprüfen möchten. Wir benötigen die Informationen für eine wissenschaftliche Untersuchung. Uns kommt es daher darauf an, dass Sie ehrlich und nach bestem Wissen antworten. Gern geben wir Ihnen im Anschluss an die Untersuchung die Auflösung zu den Aufgaben bekannt.

Aussagen/Hypothesen

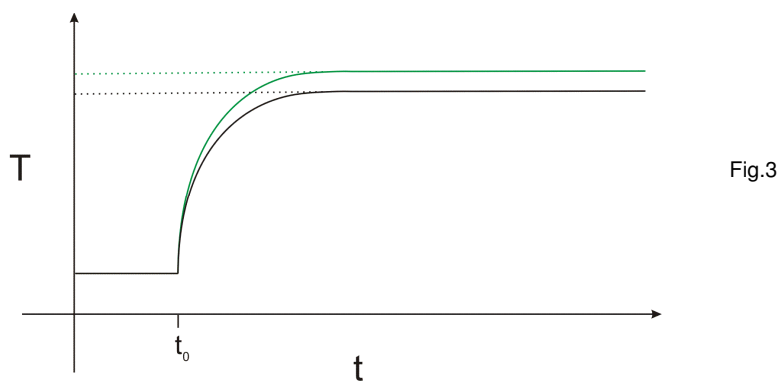
	Ja, das ist richtig.	Ja, ich glaube, das ist richtig.	Nein, ich glaube, das ist nicht richtig.	Nein, das ist nicht richtig.
1. Die Gleichgewichtstemperatur auf der Erde ist abhängig von der einfallenden Strahlung, der Albedo der Erde, der Wärmekapazität der Erde und dem Durchlassvermögen der Atmosphäre.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Wenn ein Körper mit Licht bestrahlt wird, erhöht sich je nach seiner Beschaffenheit seine Temperatur und er strahlt seinerseits Wärmestrahlung ab.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Die Solarkonstante beschreibt die Menge an Lichtenergie, die auf die Erde trifft. Ihre Einheit ist $[J/m^2]$. Bei dem 0-dimensionalen EBM ist ihre Einheit allerdings $[J]$, da die Oberfläche der Erde als eine Flächeneinheit betrachtet wird.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die Wärmekapazität c_v ist eine physikalische Größe, die aussagt, wie viel Energie nötig ist, um einen Körper pro g und 1° Kelvin zu erhöhen. Ihre physikalische Einheit lautet				
$[c_v] = \left[\frac{J}{g \cdot ^\circ K} \right]$				
5. Wenn sich die Wärmekapazität der Erde erhöht, sinkt die Gleichgewichtstemperatur.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Fällt dasselbe Licht auf ansonsten gleiche Körper mit unterschiedlicher Wärmekapazität, nehmen sie später dieselbe Temperatur an, nur geht es bei dem Körper mit der geringeren Wärmekapazität schneller.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Bei den Aussagen 8. und 9. soll geprüft werden, ob die Temperaturverläufe zweier Körper (schwarz und grün) möglich sind. Diese beiden Körper sind bis auf ihre Wärmekapazität gleich beschaffen. Die Temperatur T ist über der Zeit t aufgetragen. Zu Beginn fällt Licht auf beide Körper und sie haben dieselbe Temperatur und befinden sich im Gleichgewicht. Bei $t=t_0$ erhöht sich plötzlich die Lichteinstrahlung auf die Körper. Die Temperaturen der beiden Körper verändern sich. Prüfen Sie, ob die folgenden Graphen und die dazugehörigen Aussagen stimmen können!



Ja, das ist richtig. Ja, ich glaube, das ist richtig. Nein, ich glaube, das ist nicht richtig. Nein, das ist nicht richtig.

8. Die Körper pendeln sich bei derselben Gleichgewichtstemperatur ein. Der unterschiedliche Verlauf der Kurven ist dadurch zu erklären, dass der grüne Körper eine höhere Wärmekapazität hat und er entsprechend träger reagiert (Fig.2).



9. Der grüne Körper hat eine geringere Wärmekapazität als der schwarze. Dadurch steigt seine Temperatur schneller an und erreicht eine höhere Gleichgewichtstemperatur (Fig.3).

10. Je höher die Albedo, desto geringer ist die Gleichgewichtstemperatur bei gleicher Lichtbestrahlung.

11. In einem schneereichen Winter hat das Land Schleswig-Holstein eine höhere Albedo als im Sommer.

	Ja, das ist richtig.	Ja, ich glaube, das ist richtig.	Nein, ich glaube, das ist nicht richtig.	Nein, das ist nicht richtig.
12. Die Albedo der Erdoberfläche ist ein wichtiger Ausgleichsfaktor im Erdklima. Wenn sie ansteigt, dann erhöht sich die Energie, die vom Boden aufgenommen wird.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13. Die Erde hat ungefähr eine Albedo von 0,38. Dies bedeutet, dass 38% der Lichtstrahlen, die auf die Erde treffen, von der Erde absorbiert werden. Der Rest wird direkt reflektiert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
14. Die Albedo hat keinen Einfluss auf das Durchlassvermögen der Treibhausgase.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15. Die Wärmekapazität einer Region (Gebirge, Meer, usw.) ist proportional zu deren Albedo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
16. Eine Verringerung des Durchlassvermögens für die Wärmestrahlung der Erde führt zu einer niedrigeren Gleichgewichtstemperatur.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17. Treibhausgase verringern das Durchlassvermögen für die Wärmestrahlung von der Erde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bei den mehrdimensionalen EBMs wird vornehmlich die Erde weiter unterteilt. Das 1-dimensionale EBM unterteilt die Oberfläche der Erde in Breitengrade. Für jeden Breitengrad wird dann einzeln die Energiebilanz berechnet. Ein zusätzlicher Energiefluss zwischen den Breitengraden findet statt.				
19. Dadurch werden u.a. die verschiedenen Wärmekapazitäten entlang der Breitengrade berücksichtigt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
20. Das 1-dimensionale EBM berücksichtigt die unterschiedliche Lichteinstrahlung auf die Oberfläche der Erde.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
21. Bei dem 1-dimensionalen EBM ist die Wärmestrahlung an den Polen schwächer als am Äquator.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
22. Der Energiefluss zwischen den Breitengraden ist u.a. abhängig von deren Temperaturdifferenz.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das 2-dimensionale EBM unterscheidet zusätzlich zu den Breitengraden auch unterschiedliche Erdoberflächen, wie etwa Gebirge, Meer, Wüste, ... usw.				
23. Dies ist sinnvoll, da die einzelnen Regionen unterschiedliche Wärmekapazitäten haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
25. Die Albedo ist für die unterschiedlichen Erdregionen gleich.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Auch Veränderungen in der Pflanzenwelt (Biosphäre) haben direkten Einfluss auf das Erdklima.

	Ja, das ist richtig.	Ja, ich glaube, das ist richtig.	Nein, ich glaube, das ist nicht richtig.	Nein, das ist nicht richtig.
26. Der Feuchtigkeitstransport von der Oberfläche der Erde in die Atmosphäre führt zu einer Verringerung des Durchlassvermögens.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
27. Änderung der Bodenvegetation (Waldrodung, Überschwemmung) ändert die Albedo der Region und damit die vom Boden aufgenommene Strahlung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
28. Die Pflanzenwelt verarbeitet täglich einen hohen Anteil von Treibhausgasen. Ein Verminderung der Pflanzenwelt führt zu einem größeren Durchlassvermögen der Atmosphäre.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Das 3-dimensionale EBM berücksichtigt zusätzlich die Atmosphäre der Erde und unterteilt sie in verschiedene Höhenschichten.				
29. Jede Luftschicht hat ihre eigene Gleichgewichtstemperatur. Das liegt daran, dass jede Luftschicht ihre eigene Wärmekapazität hat.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
30. Reflexionen in der Atmosphäre führen dazu, dass einzelnen Luftschichten eine Albedo zugeordnet wird.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Bitte stoppen Sie hier, bis Sie aufgefordert werden, mit dem Ausfüllen des Fragebogens weiterzumachen!

Wir möchten nun etwas über Ihre Einstellungen zum Fach Physik erfahren. Bitte wählen Sie für jede Aussage eine der vier Antwortmöglichkeiten zwischen „trifft nicht zu“ und „trifft zu“ aus. Kreuzen Sie denjenigen Punkt an, der Ihre Meinung am Besten widerspiegelt. Entscheiden Sie sich immer nur für eine Antwortalternative, auch wenn Sie einmal zwischen Zweien hin und her schwanken. Ihr spontaner erster Gedanke ist es, der uns interessiert.

		trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
1.	Ich arbeite gerne mit anderen Schülern zusammen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.	Ich versuche gerne, besser zu sein als andere Schüler.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.	Physik würde ich lieber machen, wenn es nicht so schwierig wäre.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.	In meiner Freizeit sehe ich mir gerne Fernsehsendungen an, die etwas mit Physik zu tun haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5.	Das Thema „Treibhauseffekt“ klingt völlig uninteressant.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6.	Ich finde es interessant, an dieser Studie teilzunehmen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7.	Ich bin für Physik begabt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8.	Ich finde Physik nicht besonders interessant.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9.	Ich nehme gerne an einer Studie dieser Art teil.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10.	Die beste Arbeit leiste ich, während ich mit anderen Schülern zusammen arbeite.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11.	Wenn ich versuche, besser als andere zu sein, leiste ich gute Arbeit.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12.	Außerhalb des Nötigen für den Unterricht setze ich mich nicht mit Physik auseinander.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13.	Es interessiert mich, mehr über das Thema Treibhauseffekt zu erfahren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
14. Ich helfe anderen gern dabei, in einer Gruppe gute Arbeit zu leisten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15. Ich wäre gerne in irgendeinem Bereich der beste.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
16. Bei manchen Sachen in Physik, die ich nicht verstanden habe, weiß ich im vornherein: „Das verstehe ich nie!“	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17. Auf diese Studie habe ich keine Lust.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
18. Ich finde es nützlich, die Ideen von allen zusammen zu bringen, wenn man an einem Projekt arbeitet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
19. Ich lerne schneller, wenn ich versuche, besser zu sein als die anderen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
20. Physik liegt mir einfach nicht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
21. Am meisten lerne ich, wenn ich mit anderen Schülern zusammen arbeite.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
22. Der Physikunterricht macht Spaß.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
23. Ich finde das Thema Treibhauseffekt interessant.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

B Fragebogen zum Vorwissensaustausch

Arbeitsblatt

In dem folgenden Abschnitt ist es ihre Aufgabe, die folgenden drei Hypothesen erneut zu beurteilen. Versuchen Sie, eine physikalisch möglichst korrekte Formulierung zu finden. Für diese Aufgabe stehen ihnen 15min zur Verfügung.

	Ja, das ist richtig.	Ja, ich glaube, das ist richtig.	Nein, ich glaube, das ist nicht richtig.	Nein, das ist nicht richtig.
--	----------------------	----------------------------------	--	------------------------------

1. Die Solarkonstante beschreibt die Menge an Lichtenergie, die auf die Erde trifft. Ihre Einheit ist $[J/ m^2]$. Bei dem 0-dimensionalen EBM ist ihre Einheit allerdings $[J]$, da die Oberfläche der Erde als eine Flächeneinheit betrachtet wird.

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Begründung: _____

	Ja, das ist richtig.	Ja, ich glaube, das ist richtig.	Nein, ich glaube, das ist nicht richtig.	Nein, das ist nicht richtig.
--	----------------------	----------------------------------	--	------------------------------

2. Änderung der Bodenvegetation (Waldrodung, Überschwemmung) ändert die Albedo der Region und damit die vom Boden aufgenommene Strahlung.

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Begründung: _____

Ja, das ist richtig.	Ja, ich glaube, das ist richtig.	Nein, ich glaube, das ist nicht richtig.	Nein, das ist nicht richtig.
----------------------	----------------------------------	--	------------------------------

3. Eine Verringerung des Durchlassvermögens für die Wärmestrahlung der Erde führt zu einer niedrigeren Gleichgewichtstemperatur.

<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Begründung: _____

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

In dem folgenden Abschnitt ist das Ihnen bekannte Modell zum Treibhauseffekt dargestellt. Sie können bei der Bearbeitung des Fragebogens zum Vorwissensaustausch jederzeit hierauf zurückgreifen.

Treibhausmodell

Das einfachste Treibhausmodell (0-dimensionales EBM (Energy Balance Model)) besteht aus der Sonne und einer vereinfachten Erde (Fig.1). Bei dem 0-dimensionalen EBM wird die Oberfläche der Erde nicht weiter unterteilt. Ziel dieses Modells ist es, eine Abschätzung für Temperaturverläufe auf der Erde zu geben.

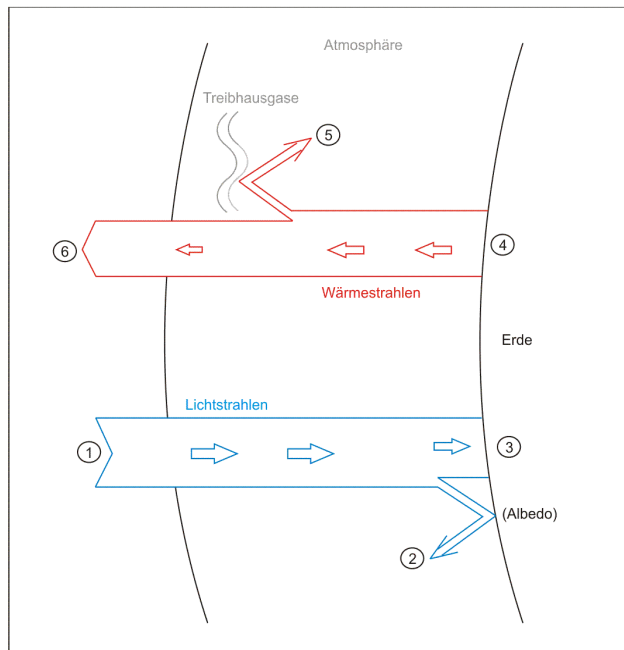


Fig.1: Skizze des 0-dimensionalen EBM.

- (1) Lichtstrahlen der Sonne treffen auf die Erde.
- (2) Ein Teil wird in Abhängigkeit der Albedo (Erklärung s.u.) direkt reflektiert.
- (3) Die verbleibenden Strahlen werden von der Erde aufgenommen. Die Erde wird in Abhängigkeit der Wärmekapazität erwärmt.
- (4) Die Erde gibt Wärmestrahlung ab.
- (5) Ein Teil dieser Strahlung wird von den Treibhausgasen aufgenommen und zurückgeworfen.
- (6) Der Rest der Wärmestrahlung verlässt die Erde.

In diesem Modell strahlt die Sonne Energie in Form von Lichtstrahlen auf die Erde. Diese durchqueren ungehindert (!) die Atmosphäre und treffen auf die Erde. Ein Teil dieser Strahlen wird sofort wieder reflektiert, ein weiterer Teil wird von der Erde aufgenommen. Ein Maß dafür, wie viel von der Erde sofort reflektiert wird, ist die **Albedo**. Die Albedo ist eine Zahl, die aussagt, wie viel Strahlung von einer Oberfläche reflektiert wird. Eine Albedo von z.B. 0,25 meint, dass 25% der Strahlung direkt reflektiert wird.

Der Teil der Lichtstrahlen, welcher von der Erde aufgenommen wird, führt zu deren Erwärmung. Die Geschwindigkeit, in der ein Körper, bzw. in diesem Fall die Erde, erwärmt wird, hängt von dessen **Wärmekapazität** ab. Die Wärmekapazität ist eine Größe, die aussagt, wie viel Energie nötig ist, um die Temperatur von 1g eines Körpers um 1° Kelvin zu erhöhen.

Wenn ein Körper, wie hier die Erde, sich erwärmt, strahlt er seinerseits Energie in Form von **Wärmestrahlung** ab. Die Intensität der Wärmestrahlung nimmt mit steigender Temperatur zu. Diese Wärmestrahlung verlässt dann die Erde, wird aber teilweise durch Treibhausgase aufgenommen und zurückgestrahlt. Wie viel die Treibhausgase zur Erde zurückstrahlen, wird mit dem **Durchlassvermögen** der Atmosphäre beschrieben. Ein Durchlassvermögen von 0,35 beispielsweise bedeutet, dass 35% der Wärmestrahlung, die von der Erde kommen, nach außen entweichen kann und 65% reflektiert wird, um dann wieder auf die Erde zu treffen.

Je nach Anfangsintensität der Sonneneinstrahlung, Wärmekapazität der Erde, Albedo und Durchlassvermögen kann ein solches Modell berechnen, wie sich die Temperatur der Erde zeitlich entwickelt. Irgendwann, wenn die Erde genügend warm ist, verlässt genauso viel Energie die Atmosphäre in Form von Wärmestrahlung, wie Energie in Form von Lichtstrahlen auf die Erde trifft. Dann hat sich eine Gleichgewichtstemperatur eingestellt.

C Skalen der personenbezogenen Merkmale

Vortest

Skala: Präferenz für kooperative Lernformen [pkI01-pkI05]

		trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
1.	Ich arbeite gerne mit anderen Schülern zusammen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.	Am meisten lerne ich, wenn ich mit anderen Schülern zusammen arbeite.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.	Die beste Arbeit leiste ich, während ich mit anderen Schülern zusammen arbeite.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.	Ich helfe anderen gern dabei, in einer Gruppe gute Arbeit zu leisten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5.	Ich finde es nützlich, die Ideen von allen zusammen zu bringen, wenn man an einem Projekt arbeitet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Skala: Präferenz für wettbewerbsorientierte Lernformen [pwl01-pwl04]

		trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
1.	Ich versuche gerne, besser zu sein als andere Schüler/Schülerinnen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.	Wenn ich versuche, besser als andere zu sein, leiste ich gute Arbeit.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.	Ich wäre gerne in irgendeinem Bereich der beste.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.	Ich lerne schneller, wenn ich versuche, besser zu sein als die	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Skala: Fachspezifisches Selbstkonzept [fsk01-fsk04]

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
1. Physik würde ich lieber machen, wenn es nicht so schwer wäre.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Ich bin für Physik begabt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Bei manchen Sachen in Physik, die ich nicht verstanden habe, weiß ich im vornherein: "Das verstehe ich nie!"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Physik liegt mir einfach nicht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Skala: Interesse an Physik [intphys01-intphys04]

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
1. In meiner Freizeit sehe ich mir gerne Fernsehsendungen an, die etwas mit Physik zu tun haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Ich finde Physik nicht besonders interessant.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Außerhalb des Nötigen für den Unterricht setze ich mich nicht mit Physik auseinander.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Der Physikunterricht macht Spaß.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Subskala: Interesse an dem Thema „Treibhauseffekt“ [intthe01-intthe03]

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
1. Ich finde das Thema Treibhauseffekt interessant.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Das Thema „Treibhauseffekt“ klingt völlig uninteressant.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

-
3. Es interessiert mich, mehr über das Thema Treibhauseffekt zu erfahren.

Subskala: Interesse ,an dieser wissenschaftlichen Studie mitzuwirken [intstu01-intstu03]

		trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
1.	Ich finde es interessant, an dieser Studie teilzunehmen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.	Auf diese Studie habe ich keine Lust.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.	Ich nehme gerne an einer Studie dieser Art teil.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

NACHTEST

Skala: Engagiertes Lernverhalten [enl01-enl05]

		trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
1.	In der Doppelstunde habe ich mich angestrengt, auch wenn mir manche Aufgaben schwer gefallen sind.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.	In der Doppelstunde habe ich mich auch dann angestrengt, wenn ich die Aufgabe nicht gleich verstanden habe.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.	In der Doppelstunde war ich sehr konzentriert.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.	Ich habe mir in der Doppelstunde nur wenig Mühe gegeben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5.	Wenn ich in der Doppelstunde eine Aufgabe nicht gleich verstand, habe ich trotzdem versucht, sie zu lösen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Skala: Selbstwirksamkeit [sw01-sw05]

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
1. Wenn ich in der Doppelstunde eine schwierige Aufgabe zu lösen hatte, wusste ich, dass ich es schaffen kann, wenn ich mich anstrenge.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Ich wusste bei den Aufgaben in der Doppelstunde, dass ich sie lösen kann, wenn ich mich anstrenge.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Wenn ich möchte, finde ich immer einen Weg, solche Aufgaben wie in der Doppelstunde zu lösen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Egal wie ich mich anstrenge, solche Aufgaben wie in der Doppelstunde kann ich einfach nicht lösen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Ich kann solche Aufgaben wie in der Doppelstunde einfach nicht lösen, auch wenn ich mich bemühe, den Lösungsweg zu finden.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Subskala: Wirksamkeit Maßnahme [wm01-wm04]

	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
1. Dadurch, dass ich vor der Doppelstunde etwas über die Meinung meines Partners erfuhr, konnte ich besser mit ihm zusammenarbeiten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Es hat der Zusammenarbeit in der Doppelstunde gut getan, dass ich mich bereits vorher mit den Ansichten meines Partners zu dem Thema beschäftigen konnte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Für die Zusammenarbeit in der Doppelstunde war es unwichtig, dass ich mich vorher mit der Fachmeinung meines Partners auseinandergesetzt habe.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Ich habe mich zwar mit den Fachansichten meines Partners vor der Doppelstunde beschäftigt, aber unserer Zusammenarbeit hat es nicht genützt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Subskala: Wissensaustausch [wa01-wa04]

		trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft zu
1.	Ich konnte mir durch die Fachantworten meines Partners, mit denen ich mich vor der Doppelstunde beschäftigt habe, ein gutes Bild über seine Ansichten machen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.	Ich habe mich zwar vor der Doppelstunde mit den Fachantworten meines Partners beschäftigt, aber ein Bild von seinen Ansichten konnte ich mir trotzdem nicht machen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.	Die schriftlichen Fachantworten meines Partners, mit denen ich mich vor der Doppelstunde beschäftigt habe, fand ich nichtssagend.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.	Nachdem ich mich als Vorbereitung mit den Fachansichten meines Partners beschäftigt habe, hatte ich einen guten Überblick über seine Ansichten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Danksagung

Allen voran danke ich Prof. Dr. Manfred Euler, der mich in seine Arbeitsgruppe am IPN aufnahm und so die Grundlage für diese Arbeit schuf.

Prof. Dr. Sascha Schanze möchte ich im Besonderen herausheben. Seine Betreuung war in jeder Phase meiner Arbeit durch Geduld und Offenheit gekennzeichnet. Gerade seine Impulse zu fachdidaktischer Denkweise und dem Erkenntnisprozess in der Lehr- Lernforschung bildeten einen wesentlichen Grundpfeiler für meine eigenen Entwicklung.

Für ihre Unterstützung bei dem Einstieg in sozialemprirische und experimentalpsychologische Methoden möchte ich Frau Dipl. Psych. Claudia Kastens danken. Gerade zu Anfang meiner Arbeit war sie eine wichtige Ansprechpartnerin bei der Klärung grundlegender Begriffe.

Dr. Lars Berger und Dr. Roland Rodde möchte ich für ihren wissenschaftlichen Rat bei der Entwicklung des Fragebogens zum Treibhausmodell danken, aber die vielen wissenschaftlichen Diskussionen aus fachfremder Perspektive.

Frau Studienrätin Nina Schäfer danke ich dafür, dass sie als Fachfremde trotz des babylonischen Sprachgewirrs wissenschaftlicher Ausdrucksformen die Mühen einer sprachlichen Korrektur auf sich nahm.

Weiterhin möchte ich den vielen Mitwissenschaftlern, wissenschaftlichen Angestellten, Doktoranden, Studenten und Professoren für ihr konstruktives Mitwirken danken, die auf Tagungen, Kolloquien, Arbeitsgruppensitzungen und in der gemeinsamen Mittagspause häufig, bewusst oder unbewusst, mit ihren Anmerkungen Denkanstöße zur Vertiefung meines Forschungsvorhabens gaben.

Ein wesentlicher Faktor des eigenen Leistungsvermögens ist das private Umfeld. Hier möchte ich meinem langjährigen Freund Mark Broszeit danken, der mich in einer sehr schwierigen Phase meiner Arbeit zwischenmenschlich unterstützte und begleitete.

Ein Quell ewiger Freude war und ist mein Bruderherz. Gerade durch seine jugendliche Unbekümmertheit und seinen selbstverständlichen Glauben an den großen Bruder war er ein steter Quell der Motivation.

Meiner Mutter gebührt das letzte Wort. In unzähligen Situationen unterstützte sie mich, direkt oder indirekt, auch gegen meinen Willen. Ihr danke ich im Besonderen. Sie hat auf meinem wissenschaftlichen Werdegang vieles an Alltagslast von mir ferngehalten.

Lebenslauf

Name: Viktor Senger

Wohnort: Feldstr. 76, 24105 Kiel

Geboren: 25.5.1978 in Berent

Familienstand: ledig

Staatsangehörigkeit: deutsch

Schulbildung: 1984 – 1988 Grundschule in Suchsdorf

1988 – 1997 Humboldtschule in Kiel mit Abschluss der allgemeinen Hochschulreife,
Prüfungsfächer: Mathematik, Physik, Englisch und Geschichte

Wehrdienst: 1997 – 1998 Wehrdienst bei der Luftwaffe

Studium: 1998 – 2004 Studium der Physik an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel,
Diplomarbeit mit dem Titel
`Spektroskopische Bestimmung der Ionen-temperatur im Tj-K`
Betreuer: Prof. Dr. U. Stroth

Promotionszeit: 2004 – 2007 Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Euler am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften in Kiel

Referendariat: 2007 – 2009 Vorbereitungsdienst in Hamburg mit Abschluss zum 2. Staatsexamen

Berufstätigkeit: Seit Mai 2009 Studienrat am Insarnho Gymnasium in Gettorf

Eidesstattliche Versicherung

Hiermit versichere ich an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit abgesehen vom Rat meiner akademischen Lehrer ohne fremde Hilfe und lediglich unter der Verwendung der angegebenen Literatur sowie den bekannten Nachschlagewerken der Naturwissenschaften angefertigt habe, und sie nach Inhalt und Form meine eigene ist. Diese Arbeit ist unter Einhaltung der Regeln guter wissenschaftlicher Praxis entstanden.

Desweiteren versichere ich, dass diese Arbeit weder ganz noch teilweise an anderer Stelle zur Prüfung vorlag. Frühere Promotionsversuche wurden von mir nicht vorgenommen.

Kiel, den

Viktor Senger