

Förderung von wissenschaftsmethodischen Kompetenzen durch Forschendes Lernen

Ein Vergleich zwischen direkter Instruktion und Guided-Scientific-Inquiry

Sandra Hof & Jürgen Mayer

sandra.hof@didaktik.bio.uni-giessen.de

Universität Gießen, Institut für Biologiedidaktik, Karl-Glöckner-Str. 21c, 35394 Gießen

Zusammenfassung

Die Entwicklung von wissenschaftsmethodischen Kompetenzen beim Experimentieren ist ein bedeutendes Ziel im naturwissenschaftlichen Unterricht. In der hier vorgestellten Studie wird untersucht, unter welchen Bedingungen Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I Kompetenzen des Experimentierens erwerben können. Dabei wird der Lernzuwachs von zwei Lernumgebungen verglichen, die sich im Grad der Offenheit des Unterrichts unterscheiden. Das Untersuchungsdesign besteht aus einem Pretest, einem Posttest und einem Follow up. Eine Intervention, bestehend aus 12 Experimenten zum Themenbereich der Fotosynthese, wurde entwickelt und in Klasse 7 unterrichtet; die Effekte der beiden genannten Unterrichtsvarianten werden über Kompetenzmessung beim Experimentieren und einem Wissenstests im Bereich der Fotosynthese gemessen. Erste Ergebnisse des Pretests zeigen, dass die Schülerinnen und Schülern nur über sehr geringe Kompetenzen beim Experimentieren verfügen. Wie erwartet, war auch der Wissensstand im Bereich der Fotosynthese sehr niedrig.

Abstract

One important demand in science education is to provide students with competences of scientific inquiry. The purpose of this study is to investigate, how secondary school students develop inquiry skills under various kinds of instruction. The outcomes of two different learning environments are compared. The research design included a set of pre-instruction and post-instruction tests on process skills and the knowledge of photosynthesis with a ten week intervention period in between. The intervention which consisted of 12 activities and investigations was designed and taught by the first author. First results of the pre-test show a low competence in the four inquiry skills formulating questions, generating hypotheses, planning of an investigation and interpreting data.

1 Einleitung

Die Entwicklung von wissenschaftsmethodischen Kompetenzen ist ein bedeutendes Bildungsziel im naturwissenschaftlichen Unterricht (Mayer et al. 2004, DfES & QCA 1999, NRC 1996). Diese Kompetenzen werden in Standards und Curricula international mit den Begriffen „Scientific Inquiry“ und „Nature of Science“, in Deutschland als wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen oder Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung beschrieben (DfES & QCA 1999, NRC 1996, KMK 2005). Ein Schwerpunkt naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bildet das Experimentieren; Schülerinnen und Schüler sollen lernen, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen werden (Hypothesen formulieren, Experimente planen, Daten interpretieren) und was naturwissenschaftliche Methodik und Aussagen charakterisiert (NRC 1996, Roberts/Gott 1999, Mayer 2001, Roberts 2001). Seit einigen Jahren wird diesem Kompetenzbereich in Deutschland nicht zuletzt durch den Einfluss internationaler Schulleistungsstudien wie TIMSS und PISA (Deutsches PISA-Konsortium 2001, Baumert et al. 1997) große Aufmerksamkeit geschenkt und intensiv in Modellversuche zur Bildungsqualität einbezogen (Bayrhuber et. al. 2007, Mayer 2001).

In dem vorliegenden Forschungsvorhaben soll geprüft werden, welche Effekte eine unterschiedliche instruktionale Unterstützung der Lernenden auf die Ausbildung wissenschaftsmethodischer Kompetenzen beim Experimentieren von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I hat. Verglichen werden zwei Lernumgebungen, die sich in der Offenheit des Unterrichts unterscheiden. Bisherige Befunde vorwiegend angelsächsischer Forschungsarbeiten zu dieser Frage ergeben ein relativ uneinheitliches Bild. Da diese Kompetenzen seit 2005 verbindlich in den deutschen Bildungsstandards festgeschrieben sind und in Zukunft bundesweit evaluiert werden, wird dieses Projekt auch als ein Beitrag zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen angesehen.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht

Hinsichtlich der Struktur des wissenschaftlichen Denkens bzw. der Teilkompetenzen bauen die meisten Studien (s.u.) auf ausgewählten process skills auf, die auf einzelnen Schritten des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses basieren, wie Hypothesen formulieren, Experimente planen und Daten interpretieren. Insgesamt lassen sich wissenschaftsmethodisch sowie curricular eine große

Anzahl entsprechender Schritte differenzieren. Während Standards und Unterrichtsmodele in der Regel zwischen fünf und acht Teilkompetenzen formulieren, konzentrierten sich die Forschungsarbeiten in der Regel auf drei bzw. vier: Hypothesen generieren, Planung eines Experiments, Deutung von Befunden (Dunbar/Klahr 1988, Mayer/Ziemek/Keiner 2003, Hammann 2004).

Innerhalb jeder der Teilkompetenzen lassen sich spezifische Probleme der Lernenden identifizieren; am deutlichsten im Bereich Planen eines Experiments, in dem die Lernenden große Probleme haben, in systematischer Weise mit relevanten Variablen umzugehen. Insbesondere die Berücksichtigung von Kontrollvariablen bereitet Schülerinnen und Schülern häufig Schwierigkeiten (Dunbar/Klahr 1988, Mayer/Ziemek/Keiner 2003, Hammann 2004, Möller/Grube/Mayer 2006). Tschirgi (1982) betrachtete nach dem SDDS-Modell von Dunbar/Klahr (1988) den Experimentiersuchraum und untersuchte die Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern sowie Erwachsenen, ein Experiment unter Berücksichtigung der Variablen zu planen und Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen zu ziehen. Dabei zeigte sich, dass, mit entsprechender Instruktion, die Probanden in der Lage waren, die Variablen konstant zu halten. Ein systematisches Vorgehen beim Experimentieren von 10- und 13-jährigen Schülerinnen und Schülern untersuchten Siegler and Liebert (1975), die ebenfalls von drei Teilkompetenzen ausgehen: Das Generieren von Hypothesen, das Planen von Experimenten und das Analysieren von Daten. Sie konnten zeigen, dass Schwierigkeiten bei einem systematischen Vorgehen auftreten und dass Experimente oftmals ohne eine erkennbare Logik nach dem „trial-and-error“-Prinzip durchgeführt werden. Vollmeyer/Burns (1996) testeten in Anlehnung an das SDDS-Modell die Annahme, dass die Suche im Hypothesensuchraum zur Aneignung von mehr Wissen führt und stellten fest, dass durch ungerichtete Erkundungen mehr über die Funktionsweise eines Systems herausgefunden wird, was wiederum den Erwerb von größerem Wissen nach sich zieht.

Fasst man die empirischen Belege über die Schwierigkeiten beim Experimentieren zusammen, so lassen sich folgende Problembereiche identifizieren (Hammann 2006): Bei Schülerinnen und Schülern bestehen Defizite im Aufstellen von Hypothesen. Dies äußert sich darin, dass beispielsweise häufig gänzlich ohne Hypothesen gearbeitet wird. Bei der Planung eines Experimentes wird oftmals der Kontrollansatz vergessen. In der weiteren Planung des Experiments wird unsystematisch mit Variablen umgegangen und Ansätze unlogisch in Bezug gesetzt. Betrachtet man die Datenanalyse, so werden oftmals unlogische Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen gezogen.

2.2 Forschendes Lernen

Zur Förderung der wissenschaftsmethodischen Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht existieren verschiedene fachspezifische Ansätze (Mayer/Ziemek 2006; Schmidkunz/Lindemann 1992; Watts 1991). Diese basieren in der Regel auf Konzeptionen des „Entdeckenden Lernens“ (Bruner 1966, Neber 2001), des „Forschenden Lernens“ sowie des „Problemorientierten Lernens“ (Gräsel 1997). In Anlehnung an das entdeckende Lernen erfolgt die „Entdeckung“ im naturwissenschaftlichen Unterricht meist mittels wissenschaftlicher Untersuchungen (Experimente). Im Konzept des Forschenden Lernens innerhalb des naturwissenschaftlichen Unterrichts wird der Lernprozess konsequent am Prozess des wissenschaftlichen Vorgehens ausgerichtet, d. h. an den einzelnen Phasen von der Fragestellung über Hypothesen bis zur Erklärung der Befunde. Damit wird der Lernprozess der Schülerinnen und Schüler weitgehend mit dem Prozess wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung parallelisiert (Mayer und Ziemek 2006; Schmidkunz/Lindemann 1992; Watts 1991). Beim Forschenden Lernen eignen sich Lernende neben Inhalten auch Methoden an.

Nach Mayer und Ziemek (2006) zeichnet sich Forschendes Lernen durch (1) Problemorientiertes Lernen, (2) Lernen in Kontexten, (3) Eigenständiges, offenes Lernen sowie (4) Kooperatives Lernen aus (vgl. Abb. 1).

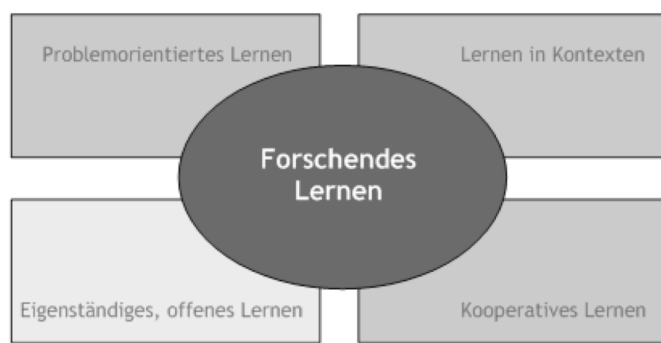


Abb. 1: Elemente des Forschenden Lernens (nach Mayer & Ziemek 2006)

Unter dem Teilaspekt des *problemorientierten Lernens* lassen sich Konzepte zusammenfassen, die auf der Basis einer konstruktivistischen Lerntheorie die Bedeutung komplexer, realitätsnaher Probleme als Ausgangspunkt von Lernprozessen betonen. Wege und Mittel zur Lösung des Problems sind den Lernenden bei diesem Vorgehen nicht bekannt. Entscheidend ist, dass der Lernende über das Vermittelte bzw. bisher Bekannte hinaus zu neuem, erweiterten Wissen gelangt. Es geht um das Auffinden von Lösungsideen, wobei auch immer Phantasie und Kreativität gefragt sind. Neben reinem Wissen werden auch

neue Fähigkeiten erworben, wie man in problemhaltigen Situationen mit seinem vorhandenen Wissen umgehen kann, um neues zu generieren.

Forschendes Lernen soll darüber hinaus in authentische, d. h. *realitätsnahe und anwendungsbezogene Kontexte* aus Alltag, Wissenschaft und Technik eingebunden sein. Nach der Konzeption der PISA-Studie (Deutsches PISA-Konsortium 2001) sind Kontexte Situationen, in denen Schülerinnen und Schüler ihr Wissen anwenden können. Es handelt sich um bedeutsame Themenbereiche, deren Erschließung eine differenzierte Sichtweise eröffnet und die Handlungsfähigkeit vergrößert. Durch den Bezug zum Alltag wird die Lernsituation der Anwendungssituation angenähert, sodass ein Transfer auf außerschulische Lebenssituationen gefördert wird. Darüber hinaus erhalten die Lern- und Untersuchungsinhalte eine Relevanz, die sich positiv auf die Motivation der Lernenden auswirkt.

Bei einem weiteren Gesichtspunkt des Forschenden Lernens, dem *kooperativen Lernen*, arbeiten die Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen und unterstützen sich gegenseitig beim Lernen. Damit kann die Kleingruppe weitergehende Erkenntnisse erlangen, als die Summe aller Einzelleistungen ergeben würde.

Dem vierten Aspekt des Forschenden Lernens, dem *eigenständigen, offenen Lernen*, wird in dem vorliegenden Projekt besondere Aufmerksamkeit geschenkt (graue Unterlegung in Abbildung 1). Dem Ansatz des offenen Lernens kommt insofern große Bedeutung zu, als dass Experimentieren im Unterricht allein keine direkte Wirksamkeit auf eine Lernprogression von Lernenden zu haben scheint. Zwar zeigen einige Studien (z.B. Chen/Klahr 1999, Breddermann 1983, Shymansky et al. 1983) eine Überlegenheit von Versuchsgruppen gegenüber Kontrollgruppen, in anderen Untersuchungen (z.B. Lapointe et al. 1992, Ruby 2001, Reynolds 1991) hingegen lässt sich diese Überlegenheit nicht feststellen. Offensichtlich scheint die unterrichtsmethodische Einbettung größeren Einfluss auf den Wissenszuwachs zu haben. An dieser Stelle werden in der Forschungsliteratur verschiedene Ansätze des forschenden Lernens genannt, die einen Lernzuwachs auf inhaltlicher Ebene ermöglichen können.

In der vorliegenden Arbeit wird der Faktor Offenheit variiert. Zunächst sind die verschiedenen Öffnungsgrade beim Experimentieren zu differenzieren: Furtak (2006) unterscheidet drei Arten der Instruktion: Zum einen ist dies die 'Traditionelle direkte Instruktion', bei der die Schüler die Antworten auf die Fragen vom Lehrer erhalten. Das Gegenteil stellt das Konzept des 'Open Inquiry' dar. Bei diesem Ansatz führen die Schüler ihre eigenen Experimente durch,

deren geplantes Ergebnis, nicht aber der Ausgang des Inquiry-Prozesses dem Lehrer bekannt ist. Die dritte Art der Instruktion ist die des 'Guided Inquiry', welche eine Mittelstellung zwischen den ersten beiden Extremen einnimmt. Dieses Setting vereint konstruktivistische Ansätze des Lernens mit gegenwärtig anerkannten Prinzipien und Gesetzen der Naturwissenschaft, d. h. einerseits ist eine Öffnung des Lernprozesses durch einen bestimmten Grad der Selbstständigkeit gegeben, andererseits sind die Antworten und Ergebnisse in der Regel zumindest dem Lehrer bekannt.

Tab. 1: Grade der Offenheit beim Experimentieren

Grad	Fragestellung formulieren	Hypothesen generieren	Planung des Experiments	Durchführung des Experiments	Auswertung
0	Lehrer	Lehrer	Lehrer	Lehrer	Lehrer
1	Lehrer/Schüler	Lehrer/Schüler	Lehrer/Schüler	Lehrer/Schüler	Lehrer/Schüler
	Impulsgeber Lehrer	Impulsgeber Lehrer	Impulsgeber Lehrer	Impulsgeber Lehrer	Impulsgeber Lehrer
2	Lehrer/Schüler	Lehrer/Schüler	Lehrer/Schüler	Lehrer/Schüler	Lehrer/Schüler
	Impulsgeber Schüler	Impulsgeber Schüler	Impulsgeber Schüler	Impulsgeber Schüler	Impulsgeber Schüler
3	Schüler	Schüler	Schüler	Schüler	Schüler

Quelle: Mayer & Ziemek 2006, verändert.

In dem vorliegenden Forschungsprojekt werden nach der oben angeführten Definition Effekte der *Traditionellen direkten Instruktion* und des *Guided-Scientific-Inquiry* miteinander verglichen. Diejenigen Klassen, die mit *Guided-Scientific-Inquiry* konfrontiert werden, bilden die Experimentalgruppen I; diejenigen, die mit der *Traditionellen direkten Instruktion* konfrontiert werden die Experimentalgruppen II. Tabelle 1 zeigt die der Interventionsstudie zugrunde liegenden Offenheitsgrade. In beiden Experimentalgruppen ist der Unterricht zu Beginn der Intervention geschlossen, d. h. Öffnungsgrad 0. Während der Unterricht im Verlauf der Intervention in einer Experimentalgruppe (Experimentalgruppe I) immer weiter geöffnet wird (bis zu Grad 3) bleibt der der anderen Experimentalgruppe bis zum Ende der Intervention geschlossen (Grad 0 oder 1).

3 Forschungsfragen und -hypothesen

- (1) Welche Effekte hat ein unterschiedlicher Öffnungsgrad auf den Erwerb von Kompetenzen des Experimentierens?

H1: Guided Inquiry zeigt positive Effekte auf den Erwerb wissenschaftsmethodischer Kompetenzen.

Roth & Roychoudhury (1993) untersuchten die Entwicklung von wissenschaftsmethodischen Kompetenzen auf der vierstufigen Herron-Skala und stellten einen Zuwachs bei wissenschaftsmethodischen Kompetenzen, v. a. bei der Teilkompetenz „Planung eines Experiments“, fest.

H2: Direkte Instruktion zeigt positive Effekte auf den Erwerb wissenschaftsmethodischer Kompetenzen.

Klahr & Nigam (2004) untersuchten die Effekte von direkter Instruktion und entdeckendem Lernen auf den Erwerb von wissenschaftsmethodischen Kompetenzen bei 10-jährigen Schülern. Dabei konnten sie eine Überlegenheit der Schüler, die mittels einer direkten Instruktion lernten, feststellen.

- (2) Welche Effekte hat ein unterschiedlicher Öffnungsgrad auf den Erwerb von Fachwissen?

H1: Guided Inquiry zeigt positive Effekte auf den Erwerb von Fachwissen

Vollmeyer/Burns (1996) konnten zeigen, dass durch ungerichtete Erkundungen mehr über die Funktionsweise eines Systems herausgefunden wird, was wiederum den Erwerb von größerem Wissen nach sich zieht.

H2: Direkte Instruktion zeigt positive Effekte auf den Erwerb von Fachwissen

Aufgrund der für methodische Sachverhalte aufgewendeten Zeit steht weniger Lernzeit für inhaltliches Wissen zur Verfügung. Ausubel et al. (1981) führen an, dass der Prozess des Entdeckenlassens sehr viel zeitintensiver ist als der Lehrervortrag und dass dies zu einer zu geringen Vermittlung von Fachinhalten führt (Ausubel et al. 1981: 618).

- (3) Welcher Zusammenhang besteht zwischen den Lernausgangsleistungen (Vorwissen und Kompetenzgrad) und dem Kompetenzerwerb der Schüler?

H1: Innerhalb der durch Guided Inquiry unterrichteten Lerngruppe werden leistungstärkere Lernende im Lernzuwachs im Vergleich zu leistungsschwächeren Lernenden begünstigt (Ausubel et al. 1981).

H2: Es gibt keinen Unterschied zwischen direkter Instruktion und Guided Inquiry hinsichtlich des Leistungsniveaus (Werning & Bannach 1994) & Scherer 1995).

4 Methodik

4.1 Messinstrument und Untersuchungsdesign

Tabelle 2 zeigt das der vorliegenden Interventionsstudie zugrunde liegende Untersuchungsdesign. In einem Pre-/Post-/Follow-up-Design mit zwei Experimental- und einer Kontrollgruppe werden Effekte von abgestuften Graden der Schülerelbstständigkeit bzw. Offenheit der Unterrichtssituation verglichen. Zwischen Pre- und Posttest findet die Intervention statt. In beiden Experimentalgruppen ist der Unterricht zu Beginn der Intervention geschlossen, d.h. Öffnungsgrad 0. Während der Unterricht im Verlauf der Intervention in einer Experimentalgruppe (Experimentalgruppe I) immer weiter geöffnet wird (bis zu Grad 3) bleibt der der anderen Experimentalgruppe (Experimentalgruppe II) bis zum Ende der Intervention geschlossen (Grad 0 oder 1). Die Effekte der Unterrichtsvarianten werden über Kompetenzmessung und Wissenstests gemessen. Zur Messung der Kompetenz beim Experimentieren wurde ein Testinstrument entwickelt, das 16 Items enthielt, die die von Grube, Möller & Mayer (2007) postulierten vier Teilkompetenzen des Experimentierens „Fragestellung formulieren“, „Hypothesen generieren“, „Planung eines Experiments“ und „Deutung der Ergebnisse“ abbildet. Das Fachwissen im Bereich der Fotosynthese wurde über zwölf Items gemessen.

Um zu ermitteln, ob die Konzeption der Intervention auch auf der Schülerseite angekommen ist und wahrgenommen wird, wurde ein Schülerfragebogen zum Forschenden Lernen entwickelt. Dort wurden die vier Elemente des Forschenden Lernens (vgl. 2.2) mit 60 Items (Likert-Skala) erfasst.

Tab. 2: Das Untersuchungsdesign

	Arten der Instruktion		
1. Pretest	Kompetenztest zum Experimentieren Fachwissen Fotosynthese		
2. Intervention	Guided Inquiry Experimentalklasse I	Direkte Instruktion Experimentalklasse II	Kontrollklasse
3. Kontrolle der Lernumgebung	Lehrerfragebogen zur Offenheit beim Experimentieren Schülerfragebogen zum Forschenden Lernen		
4. Posttest	Kompetenztest zum Experimentieren Fachwissen Fotosynthese		
5. Follow-up	Kompetenztest zum Experimentieren Fachwissen Fotosynthese		

4.2 Stichprobe

Pretest mit Validierungsstudie:

An dem Pretest mit Validierung nahmen 1032 Schülerinnen und Schüler mehrerer Gymnasien und Gesamtschulen der Jahrgangsstufen 5 bis 10 teil. Die Ausdehnung des Pretests über mehrere Jahrgangsstufen verfolgt das Ziel, das Messinstrument zur Kompetenzerfassung zu validieren. Die Schüler bearbeiteten innerhalb ihres regulären Biologieunterrichts den Fragebogen, welcher neben den Messinstrumenten zur Kompetenz- und Fachwissenmessung soziodemographische Variablen enthielt. Ergänzend wurden ebenfalls die letzten Zeugnisnoten in Biologie, Mathematik und Deutsch erhoben.

Pre- / Posttest und Follow up:

An der Interventionsstudie nahmen 250 Schülerinnen und Schüler aus der 7. Jahrgangsstufe eines Gymnasiums teil.

Statistische Methoden:

Da im Pretest keine Normalverteilung der Daten vorlag, wurde der Median als Lagemaß verwendet. Als statistische Verfahren zur Überprüfung der Signifikanz werden daher nicht-parametrische Tests herangezogen, z.B. der U-Test von Mann & Whitney oder der Kruskal-Wallis-Test.

5 Darstellung und Diskussion erster Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Pretests sowie erste Ergebnisse aus der Interventionsstudie vorgestellt. Der Schwerpunkt des Pretests lag auf einem Kompetenztest in der Jahrgangsstufe 7, dieser wurde im Hinblick auf eine Validierung des Messinstruments auf die gesamte Sekundarstufe I ausgedehnt.

5.1 Ergebnisse des Pretests - Kompetenzen beim Experimentieren

Die Ergebnisse des Kompetenztests zum Experimentieren sind aus Abb. 2 ersichtlich. Dabei zeigt sich, dass die untersuchten Schülerinnen und Schüler – gemessen an der maximalen Punktzahl von 12 – über eine niedrige Kompetenz verfügen. So liegt der Median bspw. in Klasse 5 im Gymnasium bei drei Punkten, in Klasse 8 bei sieben und in Klasse 10 bei acht Punkten. Am Ende der Sekundarstufe I konnte also im Schnitt nur die Hälfte der maximalen Punktzahl erreicht werden.

Aus den Untersuchungsergebnissen wird weiterhin deutlich, dass ein Kompetenzzuwachs in allen Schulformen von der Jahrgangsstufe 5 bis hin zu 9 zu verzeichnen ist (Abb. 2). Betrachtet man die unterschiedlichen Schulformen, so ist zu ersehen, dass Gymnasiasten in den Jahrgangsstufen 7-10 über eine deutlich bessere Kompetenz als Realschüler beim Experimentieren verfügen (Kruskal-Wallis-Test: Signifikanz auf 1% Niveau **).

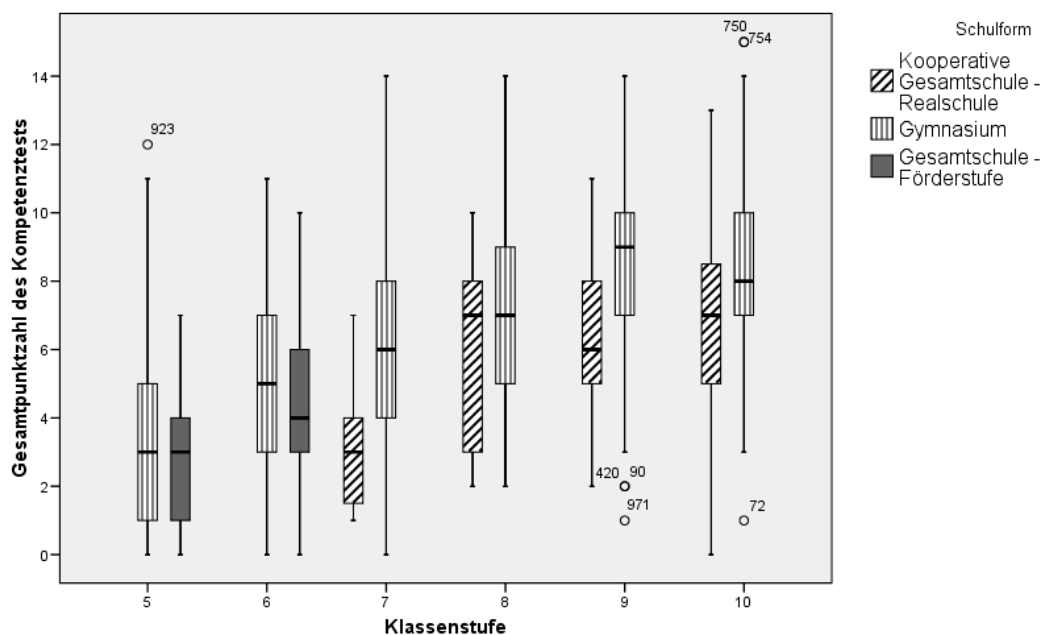


Abb. 2: Ergebnisse des Pretests: Kompetenzen beim Experimentieren (max. 16 Punkte)

Die Unterschiede zwischen der Gesamtschule-Förderstufe und dem Gymnasium in den Jahrgangsstufen fünf und sechs ist immer noch signifikant, wenngleich sich ein geringer Unterschied zeigt. Dies ist damit zu erklären, dass in der Gesamtschule-Förderstufe neben Realschülern auch Gymnasialschüler vorhanden sind, die ihrerseits eine höhere Punktzahl erreichen als Realschüler.

Im Hinblick auf die Validierung des neu konstruierten Fragebogens zeigt sich, dass ein geeignetes Messinstrument zur Kompetenzerfassung beim Experimentieren vorliegt.

5.2 Ergebnisse des Pretests - Fachwissen Fotosynthese

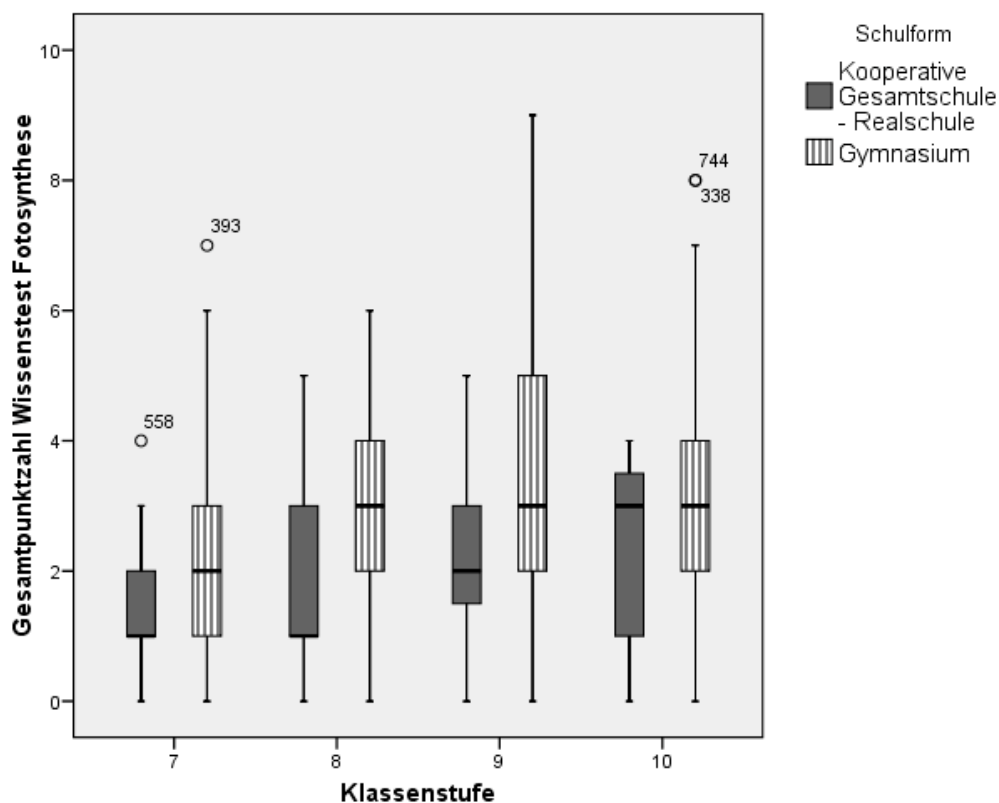


Abb. 3: Ergebnisse des Pretests: Fachwissen Fotosynthese (max. 12 Punkte)

Betrachtet man nun das Inhaltswissen im Themenbereich der Fotosynthese, zeigt sich über alle Jahrgangsstufen hinweg ein vergleichsweise geringes Wissen. Erwartungsgemäß konnten die Schülerinnen und Schüler in der Jahrgangsstufe sieben von den maximal zu erreichenden zwölf Punkten im Mittel 1 Punkt (Realschule) bzw. 2 Punkte (Gymnasium) erreichen. Dies liegt darin begründet, dass der Themenbereich Fotosynthese zum Messzeitpunkt noch nicht unterrichtet wurde. Für die folgenden Jahrgangsstufen zeigt sich, dass kein nennenswerter

Wissenszuwachs zu verzeichnen ist. Dies könnte zumindest für das Gymnasium, in der die Fotosynthese in der Jahrgangsstufe sieben zu den verbindlichen Themen gehört, bedeuten, dass Schülerinnen und Schüler das Gelernte sehr schnell wieder vergessen.

5.3 Korrelationen zwischen Kompetenz beim Experimentieren und Leistungsniveau

In Tabelle 3 sind zum einen die Korrelationen zwischen Kompetenzen des Experimentierens und der kognitiven Leistungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler (gemessen über die Schulnoten in den Fächern Biologie, Mathematik und Deutsch) dargestellt. Darüber hinaus wird der Zusammenhang zwischen dem Fachwissen im Bereich Fotosynthese und der Leistungsfähigkeit ersichtlich. Die Berechnung ergab einen geringen Zusammenhang zwischen dem Kompetenztest und der Schulnote in Biologie, Mathematik und Deutsch.

	Kompetenztest Experimentieren	Fachwissen Fotosynthese	Note in Biologie	Note in Mathematik	Note in Deutsch
Kompetenztest Experimentieren	-	0.4 **	- 0.2 **	- 0.1 **	- 0.2 **
Fachwissen Fotosynthese	0.4 **	-	- 0.1 **	n.s.	n.s.

Tab. 3: Korrelationen zwischen Kompetenz, Fachwissen und Schulnote (Spearman-Korrelation)

Betrachtet man den Kompetenztest und den Fachwissenstest, so zeigt sich ein mittlerer Zusammenhang. Dies bedeutet, dass eine Schülerin oder ein Schüler, der mehr Fachwissen hat, auch eher in der Lage sein wird, naturwissenschaftliche Fragestellungen zu entwickeln, Hypothesen zu generieren, Experimente zu planen oder Daten auszuwerten. Dennoch gibt es neben dem Fachwissen weitere Einflüsse, die auf die Kompetenz des Experimentierens einwirken. Kein Zusammenhang ist zwischen dem Fachwissen in Fotosynthese und der Schulnote in Mathematik oder Deutsch festzustellen. Das bedeutet, dass eine Schülerin oder ein Schüler mit guten Mathematik- oder Deutschnoten

nicht unbedingt auch über ein großes Wissen im Bereich der Fotosynthese verfügt.

5.4 Erste Ergebnisse aus der Pre-/Poststudie

Zum Vergleich zwischen Experimentalgruppe I, Experimentalgruppe II und der Kontrollgruppe wurde der U-Test von Mann und Whitney angewandt (Tab. 4). Betrachtet man zunächst den Kompetenztest, so zeigt sich, dass sich die Experimentalgruppen I und II nicht signifikant unterscheiden, dass diese sich jedoch von der Kontrollgruppe abheben. Zudem ist die Punktzahl beider Gruppen höher als die der Kontrollgruppe. Eine mögliche Erklärung für dieses Ergebnis könnte sein, dass die an der Interventionsstudie teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer kompetenzorientierter unterrichten als diejenigen der Kontrollgruppen. Betrachtet man die Ergebnisse des Fachwissenstests über die Fotosynthese, so zeigt sich, dass sich sowohl Experimentalgruppe I und II untereinander als auch gegenüber der Kontrollgruppe unterscheiden. Genauere Analysen hierzu werden sich erst nach erfolgtem Posttest machen lassen.

	Experimentalgruppe I (n = 60)	Experimentalgruppe II (n = 58)	Kontrollgruppe (n = 30)
Kompetenztest			
Experimentieren	6,46	6,61	4,45
Fachwissen			
Fotosynthese	1,91	2,37	2,14

Tab. 4: Median des Pretests in den Experimentalgruppen I und II sowie der Kontrollgruppe

6 Ausblick

Nach erfolgter Intervention in der Jahrgangsstufe 7 wird die Durchführung und Auswertung des Posttests sowie des Follow-up stattfinden. Anschließend wird der Schülerfragebogen zur Lernumgebung des Forschenden Lernens ausgewertet. Darüber hinaus werden die Lehrerfragebögen ausgewertet. Dadurch soll sichergestellt sein, dass die Lehrer die Intervention auch in der beabsichtigten Weise unterrichtet haben. In weiterführenden Studien sollen qualitative Analysen z.B. zu schwierigkeitsbestimmenden Merkmalen von Aufgaben vorgenommen werden.

Zitierte Literatur

- ASUBEL, D.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. (1981): Psychologische und pädagogische Grenzen des entdeckenden Lernens. In: Neber, H.: Entdeckendes Lernen. Weinheim: Beltz.
- BAUMERT, J.; LEHMANN, R. (1997): TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Opladen: Leske und Budrich.
- BAYRHUBER, H.; BÖGEHOLZ, S.; ELSTER, D.; HÖBLE, C.; LÜCKEN, M.; MAYER, J.; NERDEL, C.; NEUHAUS, B.; PRECHTL, H. & SANDMANN, A. Biologie im Kontext (bik) - Ein Programm zur Kompetenzförderung durch Kontextorientierung im Biologieunterricht und zur Unterstützung der Lehrerprofessionalisierung. MNU 2007 (in Druck).
- BREDDERMANN, T. (1983): Effects of Activity-Based Elementary Science on Students Outcomes. A Quantitative Synthesis. Review of Educational Research 53, 499-518.
- BRUNER, J. S. (1966): The Process of Education. Cambridge: Harvard University Press.
- CHEN, Z.; KLAHR, D. (1999): All Other Things Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. Child Development, 70, 5, 1098-1120.
- DEUTSCHES PISA-KONSORTIUM (Hrsg). (2001). PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen :Leske + Budrich.
- DFES & QCA (1999): Science. The National Curriculum for England. London: HMSO.
- DUNBAR, K.; KLAHR, D. (1988): Dual Space Search During Scientific Reasoning. Cognitive Science, 12, 1-48.
- FURTAK, E. M. (2006): The Problem with Answers: An Exploration of Guided Scientific Inquiry Teaching. In: Science Education, 90, S. 453-467.
- GRÄSEL, C. (1997): Problemorientiertes Lernen. Göttingen: Hogrefe.
- GRUBE, C.; MÖLLER, A. & MAYER, J. (2007): Dimensionen eines Kompetenzstrukturmodells zum Experimentieren. In: Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften. Internationale Tagung der Sektion Biologiedidaktik, Duisburg-Essen.
- HAMMANN, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. MNU, 57, 4, 196-203.
- HAMMANN, M.; PHAN, THI THANH HOI; EHMER, M.; BAYRHUBER, H. (2006): Fehlerfrei Experimentieren. MNU 59, 5, 292-299.
- KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss. München, Neuwid: Wolters Kluwer Deutschland GmbH.
- KLAHR, D. & NIGAM, M. (2004): The Equivalence of Learning Path in Early Science Instruction. Effects of Direct Instruction and Discovery Learning. In: Psychological Science, Vol. 15, No. 10, 661-667.
- LAPOINTE, A.E.; ASKEW, J.; MEAD, N. (1992): Learning Science. Eric Document Reproduction Service ED 406 128.
- MAYER, J. (2001): Wissenschaftliche Arbeitsweisen im Biologieunterricht. Materialien zum BLK-Programm "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts" Kiel : IPN.
- MAYER, J.; HARMS, U.; HAMMANN, M.; BAYRHUBER, H. & KATTMANN, U. (2004): Kerncurriculum Biologie der gymnasialen Oberstufe, Zeitschrift für den Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Unterricht, 57, 3, S. 166 - 173.
- MAYER, J., KEINER, K. & ZIEMEKE, H.-P. (2003): Naturwissenschaftliche Problemlösekompetenz im Biologieunterricht. In: Bauer, A.; et. al. (Hrsg.) (2003): Entwicklung von Wissen und Kompetenzen im Biologieunterricht. Berlin 2003, Kiel: IPN, S. 21 – 24.
- MAYER, J.; ZIEMEKE, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. Unterricht Biologie, 317, 1-9.
- MÖLLER, A; GRUBE, CHR.; MAYER, J. (2006). Inquiry Competence in German Biology Education: First Results of the National Research Project "biology in context", poster-presentation, ERIDOB Conference, 2006
- NEBER, H. (2001): Entdeckendes Lernen. In: D. Rost (Hrsg.): Handwörterbuch Pädagogische Psychologie. Weinheim: Beltz.
- NRC (National Research Council) National Science Education Standards. National Academy Press, Washington, DC., 1996.

- REYNOLDS, A.J. (1991): Effects of an experiment-based physical science programme on cognitive outcomes. *Journal of Educational Research* 84,5, 296-302.
- ROBERTS, R. (2001): Procedural understanding in biology: the 'thinking behind the doing'. *Journal of Biological Education*, 35, 3, 113 – 117.
- ROBERTS, R. AND GOTT, R. (1999): Procedural understanding: its place in the biology curriculum. *School Science Review* 81, 294, 19 – 25.
- ROTH, W.-M. & ROYCHOUDHURY, A. (1993): The Development of Science Process Skills in Authentic Contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 2, 127-152.
- RUBY, A. (2001): Hands-on Science and Students Achievement. Eric Document ED 455 122.
- SCHMIDKUNZ, H.; LINDEMANN, H. (1992): Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren. Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Magdeburg: Westarp.
- SHYMANSKY, J.A.; KYLE, W.; ALPORT, J. (1983): The Effects of New Science Curricula on Students Performance. *Journal of Research in Science Teaching* 20, 387-404.
- SIEGLER, R. AND LIEBERT, R. (1975): Acquisition of Formal Scientific Reasoning by 10- and 13-Year-Olds: Designing a Factorial Experiment. *Developmental Psychology* 11, 3, 401-402.
- TSCHIRGI, J. (1982): Sensible reasoning: A hypothesis about hypothesis. *Child Development* 51, 1-10.
- VOLLMMEYER, R; BURNS, B. (1996): Hypotheseninstruktion und Zielspezifität: Bedingungen, die das Erlernen und kontrollieren eines komplexen Systems kontrollieren. *Zeitschrift für experimentelle Psychologie*, 43, 4, 657-683.
- WATTS, M. (1991): *The Science of Problem-solving. A Practical Guide for Science Teachers*. Portsmouth: Heinemann.
- WERNING, R./BANNACH, M. (1994): Möglichkeiten des entdeckenden Lernens im Sachunterricht der Primarstufe der Schule für Lernbehinderte. In: Schmetz, D.; Wachtel, P. (1994): *Schüler mit besonderem Förderbedarf. Unterricht mit Lernbehinderten*. Rheinbreitbach.