

Wirth, Joachim; Thillmann, Hubertina; Künsting, Josef; Fischer, Hans E.; Leutner, Detlev
**Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht.
Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus
instruktionspsychologischer Sicht**

Zeitschrift für Pädagogik 54 (2008) 3, S. 361-375



Quellenangabe/ Reference:

Wirth, Joachim; Thillmann, Hubertina; Künsting, Josef; Fischer, Hans E.; Leutner, Detlev: Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht. Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus instruktionspsychologischer Sicht - In: Zeitschrift für Pädagogik 54 (2008) 3, S. 361-375 - URN: urn:nbn:de:0111-opus-43566 - DOI: 10.25656/01:4356

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-opus-43566>

<https://doi.org/10.25656/01:4356>

in Kooperation mit / in cooperation with:

BELTZ

<http://www.beltz.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen. Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Inhaltsverzeichnis

Thementeil: Lehr- und Lernprozesse im naturwissenschaftlichen Unterricht

Hans E. Fischer

Lehr- und Lernprozesse im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Einführung in den Thementeil 301

Silke Klos/Christian Henke/Corinna Kieren/Maik Walpuski/Elke Sumfleth

Naturwissenschaftliches Experimentieren und chemisches Fachwissen –

zwei verschiedene Kompetenzen 304

Georg Trendel/Rainer Wackermann/Hans E. Fischer

Lernprozessorientierte Fortbildung von Physiklehrern 322

Isabell van Ackeren/Rainer Block/Klaus Klemm/Harry Kullmann/Frank Sprütten

Schulkultur als Kontext naturwissenschaftlichen Lernens – Allgemeine und

fachspezifische explorative Analysen 341

Joachim Wirth/Hubertina Thillmann/Josef Künsting/

Hans E. Fischer/Detlev Leutner

Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht – Bedingungen

der Lernförderlichkeit dieser Lehrmethode 361

Allgemeiner Teil

Frauke Stübiger/Peter H. Ludwig/Dorit Bosse

Problemorientierte Lehr-Lern-Arrangements in der Praxis –

Eine empirische Untersuchung zur Organisation und Gestaltung

fächerübergreifenden Unterrichts 376

Paul Walter/Achim Leschinsky

Überschätzte Helfer? Erwartungen an die Sozialpädagogik in der Schule 396

Jörg Wittwer
Warum wirkt Nachhilfe? Hinweise aus der Forschung zum Einzelunterricht 416

Besprechungen

Wolfgang Harder
Ulrich Herrmann (Hrsg.): In der Pädagogik etwas bewegen 433

Micha Brumlik

Johannes Bellmann: John Dewey naturalistische Pädagogik
Fritz Bohnsack: John Dewey. Ein pädagogisches Portrait
Martin Hartmann: Die Kreativität der Gewohnheit
Klaus Prange (Hrsg.): Herbart und Dewey
Douglas J. Simpson: John Dewey
Robert Wentz: Demokratie am Scheideweg 435

Klaus Prange

Norbert Ricken (Hrsg.): Über die Verachtung der Pädagogik 438

Jörg Zirfas

Andrea Sabisch: Inszenierung der Suche 441

Dokumentation

Erziehungswissenschaftliche Habilitationen und Promotionen 2007 444

Pädagogische Neuerscheinungen 480

Beilagenhinweis:

Dieser Ausgabe der Z.f.Päd. liegen Prospekte des Juventa Verlag, Weinheim, und des Hogrefe Verlag, Göttingen, bei.

Joachim Wirth/Hubertina Thillmann/Josef Künsting/Hans E. Fischer/Detlev Leutner

Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht

Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus instruktionspsychologischer Sicht

Zusammenfassung: Das Schülerexperiment gilt als wichtige Lehrmethode des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Der damit erzielte Lernerfolg ist jedoch oftmals sehr gering. In zwei Experimenten wird untersucht, wie durch geeignete Zielvorgaben bzw. durch metakognitive Prompts die Lernförderlichkeit dieser Lehrmethode erhöht werden kann. Die Ergebnisse zeigen, dass das Schülerexperiment lernförderlich sein kann, wenn Schülerinnen und Schülern adäquate Ziele gesetzt werden und sie während des Lernens bei der metakognitiven Regulation ihres Lernprozesses unterstützt werden.

1. Einleitung

Spätestens seit TIMSS und PISA werden Forderungen lauter, die Gestaltung und didaktische Ausrichtung des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu optimieren und dabei möglichst die „[...] Neigung zum fragend-entwickelnden und fachspezifisch orientierten Unterricht zu überwinden und durch Anwendungsbezug, Problemorientierung sowie Betonung mentaler Modelle das Interesse an den Naturwissenschaften und die Entwicklung eines tiefergehenden Verständnisses und flexibel anwendbaren Wissens zu fördern“ (Prenzel/Rost/Senkbeil/Häußler/Klopp 2001, S. 245). Eine beliebte Lehrmethode, der ein solches Potenzial zugeschrieben wird, ist das Schülerexperiment. Dabei bearbeiten Schülerinnen und Schüler selbstständig – allein oder in Kleingruppen – eine naturwissenschaftliche Fragestellung, indem sie selbstständig Hypothesen aufstellen, diese Hypothesen durch Experimente testen und die Ergebnisse in Bezug auf ihre Hypothesen interpretieren (vgl. Klahr/Dunbar 1988). Es zeigt sich allerdings, dass Schülerinnen und Schüler oftmals große Probleme haben, dabei systematisch und strategisch vorzugehen (de Jong/van Joolingen 1998). Entsprechend bleiben sowohl Umfang als auch Qualität des durch Schülerexperimente gewonnenen Wissens bei weitem hinter den Erwartungen zurück (Bates 1978; Hofstein/Lunetta 1982; Hucke/Fischer 2002), und es stellt sich die Frage, wo genau die Probleme liegen, die Schülerinnen und Schüler beim selbstständigen Lernen durch Experimentieren zu bewältigen haben, und wie man sie dabei unterstützen kann.

Es lassen sich u.a. zwei mögliche Problembereiche identifizieren, die Schülerinnen und Schülern das selbstständige Lernen durch Experimentieren erschweren. Zum einen können *ungünstige Zielvorgaben* seitens der Lehrpersonen Schülerinnen und Schüler vom Lernen abhalten. Zum anderen können die *metakognitiven Anforderungen*, die beim selbstständigen Lernen durch Experimentieren zu bewältigen sind, zu einer Über-

forderung der Schülerinnen und Schüler führen. Neben diesen beiden Problembereichen lässt sich sicherlich eine Vielzahl weiterer Probleme und Schwierigkeiten identifizieren (vgl. de Jong/van Joolingen 1998). Uns erscheinen diese beiden Problembereiche jedoch aus zwei Gründen zentral. Erstens handelt es sich hierbei um Problembereiche, die eine übergeordnete Funktion einnehmen (Schreiber 1998). Zielvorgaben legen fest, worauf ein Prozess gerichtet werden soll und bestimmen damit auch, welche Handlungen und Strategien angemessen sind, um dieses Ziel zu erreichen. Metakognitive Anforderungen entstehen durch die kontinuierliche Überprüfung, ob das Durchführen der gewählten Handlungen und Strategien tatsächlich zielführend ist, und durch die Regulation, die notwendig wird, falls die durchgeführten Handlungen und Strategien nicht zur Erreichung des Ziels führen. Insofern sind sowohl Zielvorgaben als auch metakognitive Anforderungen Problembereiche, die tatsächlich durchgeführten Handlungen und Strategien übergeordnet sind. Zweitens sind beides Problembereiche, von denen vermutet werden kann, dass entsprechende instruktionspsychologische Maßnahmen eine wirkungsvolle Unterstützung darstellen können. Die beiden experimentellen Studien, die in diesem Beitrag beschrieben werden, prüfen genau diese Vermutung.

1.1 Ungünstige Zielvorgaben beim selbstständigen Lernen durch Experimentieren

Nach Seidel et al. (2002) werden Schülerexperimente als Lehrmethode meist im Rahmen eines lehrerzentrierten Unterrichts mit Schülerexperiment-gestützten Anteilen eingesetzt. Hierbei werden den Schülerinnen und Schülern Handlungsanweisungen gegeben, die sie möglichst getreu umsetzen sollen (*operationales Ziel*), um ein vorgegebenes experimentelles Ergebnis (*situationales Ziel*) zu erreichen (s.a. Hucke/Fischer 2001; Lunetta 1998). Beispielsweise werden Schülerinnen und Schüler dazu aufgefordert, zwei klare, farblose Flüssigkeiten in einem bestimmten Verhältnis zu mischen und der entstehenden Lösung einen Indikator hinzuzugeben (*operationales Ziel*). Nimmt die Lösung die gewünschte Farbe an (*situationales Ziel*), wird den Schülerinnen und Schülern ein erfolgreiches „Experimentieren“ bescheinigt. Derartige Zielvorgaben sind als *Problemlöseziele* zu bezeichnen. Nach Klauer (1988) liegen solche Problemlöseziele *außerhalb* der Person, da sie primär auf eine Veränderung in der Umwelt der Person fokussieren (beispielsweise in der gewünschten Veränderung der Farbe einer Lösung unter Zugabe eines Indikators) und daher nicht notwendigerweise zu einer Veränderung des Wissens führen, das innerhalb der Person verortet ist. Entsprechend ist davon auszugehen, dass Zielvorgaben, die Veränderungen *innerhalb* der lernenden Person fokussieren, besser geeignet sind, Lernen zu fördern. Solche Zielvorgaben können über reine *Lernziele* realisiert werden. Beispielsweise könnten die Schülerinnen und Schüler aufgefordert werden herauszufinden und sich zu merken, wie das Verhältnis zweier klarer und farbloser Flüssigkeiten die Farbe der entstehenden Lösung unter Zugabe eines Indikators beeinflusst. Ein solches Lernziel fokussiert eine Veränderung des Wissens („herausfinden“, „merken“) und damit eine Veränderung innerhalb der Person. Ob derartige Lernziele im Vergleich zu Problemlösezielen tatsächlich zu einem höheren Lernerfolg

beim selbstständigen Lernen durch Experimentieren führen, ist allerdings eine bislang empirisch noch nicht beantwortete Frage.

1.2 Metakognitive Anforderungen beim Lernen durch selbstständiges Experimentieren

Das selbstständige Durchführen von Schülerexperimenten zur Erreichung eines Lernziels erfordert von den Schülerinnen und Schülern die Übernahme metakognitiver Funktionen. Das bedeutet, dass sie ihren Lernprozess selbstständig gestalten und selbst regulieren müssen (z.B. Schreiber 1998; Winne/Hadwin 1998; Zimmerman 2000). Dafür müssen sie sich Ziele setzen (z.B. Aufstellen einer Hypothese mit dem Ziel, sie zu überprüfen), Planen (z.B. Entwerfen eines Experiments), Beobachten (z.B. Protokollieren der Durchführung des Experiments), Bewerten (z.B. Überprüfen des Experiments auf handwerkliche oder strategische Fehler) und Reagieren (z.B. Korrektur des experimentellen Designs und erneute Durchführung des Experiments, falls das anfangs gesetzte Ziel nicht erreicht wurde). Metakognitive Funktionen, die im Unterricht häufig durch den Lehrer übernommen werden, müssen beim selbstständigen Lernen durch Experimentieren von den Schülerinnen und Schülern selbst und zusätzlich zur eigentlichen Lerntätigkeit erfüllt werden (vgl. Schreiber 1998). Zudem erweist es sich als lernförderlich, wenn diese Funktionen durch die Anwendung entsprechender metakognitiver Lernstrategien *während* des Lernens erfüllt und nicht dem Lernprozess nur vor- und nachgeschaltet werden (Leopold/den Elzen-Rump/Leutner 2007; Leopold/Leutner 2004). Die Übernahme dieser metakognitiven Funktionen und ihre Entsprechung durch die Anwendung metakognitiver Lernstrategien ist – im Vergleich zum stark lehrperson-gesteuerten Lernprozess – eine zusätzliche Anforderung an die Schülerinnen und Schüler, die womöglich zu einer Überforderung und damit zu geringem Lernerfolg führen kann.

Beim Lernen durch Experimentieren kommt – im Vergleich zum Lernen aus Sachtexten oder dem Lernen durch das Verfolgen eines Lehrervortrags – eine zusätzliche metakognitive Anforderung hinzu, die sich aus der Interaktivität der Lernsituation ergibt (Wirth/Leutner 2006). Bei interaktiven Lernumgebungen wie z.B. Experimentiersituationen sind die zu erlernenden Informationen nicht von Anfang an gegeben. Vielmehr müssen Schülerinnen und Schüler Informationen zunächst durch Interaktion mit der Lernumgebung generieren („*identifizieren*“, vgl. Wirth 2004), bevor sie sie wahrnehmen, verarbeiten und in ihre Wissensstruktur „*integrieren*“ können. Beispielsweise ist die Information, welche Farbe ein bestimmtes Gemisch zweier Lösungen durch Hinzugeben einer Indikatorlösung annimmt, beim Experimentieren zunächst nicht gegeben. Schülerinnen und Schüler müssen diese Information erst selbstständig identifizieren, indem sie das Gemisch herstellen und die Indikatorlösung hinzugeben. Erst dadurch können sie die resultierende Färbung wahrnehmen, und sie können erst danach diese Information so verarbeiten und in ihre Wissensstruktur integrieren, dass sie sie auch zu späteren Zeitpunkten verfügbar haben und abrufen können. Wirth (2004) konnte zeigen, dass Schülerinnen und Schüler dann einen hohen Lernerfolg erzielen,

wenn sie zum einen zu Beginn des Lernprozesses zunächst versuchen, neue, zu erlernende Informationen zu identifizieren, wenn sie aber zum anderen auch sehr bald und überzufällig häufig Lernaktivitäten ausführen, die auf die Integration bereits identifizierter Informationen abzielen (s.a. Wirth 2005). Eine solche erfolgreiche Regulation des Lernprozesses ist jedoch in den Fällen, in denen keine entsprechende instruktionale Unterstützung gegeben wird, nur selten zu beobachten. Entsprechend stellt sich die Frage, wie Schülerinnen und Schüler instruktional dabei unterstützt werden können, ihr selbstständiges Lernen durch Experimentieren optimal in Bezug auf das Identifizieren und Integrieren zu regulieren.

1.3 Fragestellung

Schülerinnen und Schüler haben offensichtlich Probleme, die Chancen, die das selbstständige Experimentieren für ihr eigenes Lernen bietet, angemessen zu nutzen. Entsprechend stellt sich die Frage, wie Schülerinnen und Schüler instruktional so unterstützt werden können, dass das lernförderliche Potenzial dieser Lehrmethode optimal ausgeschöpft wird. In zwei experimentellen Studien werden zwei instruktionale Bedingungen dieser Lehrmethode in Bezug auf ihre Lernförderlichkeit untersucht. Im ersten Experiment wird der Frage nachgegangen, ob durch die Vorgabe von Lernzielen ein höherer Lernerfolg erzielt wird als durch die (im Unterricht übliche) Vorgabe von Problemlösezielen. Im zweiten Experiment wird überprüft, ob die Regulation des selbstständigen Lernens durch Experimentieren durch zeitlich optimal präsentierte „Prompts“ (Bannert 2003; Lin/Lehman 1999) verbessert und somit auch der Lernerfolg erhöht werden kann.

2. Experiment „Zielvorgaben“

In einer Studie mit zwei experimentellen Gruppen wurde die Wirksamkeit unterschiedlicher Arten von Zielvorgaben auf den Erfolg selbstständigen Lernens durch Experimentieren untersucht. Dabei arbeiteten die Schülerinnen und Schüler mit einer computerbasierten Experimentierumgebung mit dem physikalischen Inhaltsbereich „Auftrieb in Flüssigkeiten“ (Abbildung 1). Der Aufbau der Experimentierumgebung orientiert sich an dem *Scientific Discovery Learning as Dual Search (SDDS)*-Modell von Klahr und Dunbar (1988). In einem „Experimente-Raum“ (linke Bildschirmseite) können die Schülerinnen und Schüler Experimente durchführen, indem sie Körper mit unterschiedlichem Volumen, unterschiedlicher Masse und unterschiedlicher Form in eine von zwei Flüssigkeiten mit unterschiedlicher Dichte geben. Die dabei auf den Körper wirkenden Kräfte werden mit Hilfe verschiedener Kraftpfeile und der numerischen Angabe der entsprechenden Kräfte in Newton dargestellt. Außerdem wird das resultierende Verhalten der Körper (Steigen, Schweben oder Sinken) durch den Computer simuliert. Auf der rechten Seite des Bildschirms haben die Schülerinnen und Schülern eine grafische Oberfläche zur Verfügung, mit deren Hilfe sie Ideen über Beziehungen zwischen

den verschiedenen Variablen des Inhaltsbereichs oder auch Ergebnisse von Experimenten visualisieren können („Hypothesen-Raum“ i.S. von Klahr/Dunbar 1988). Der Umgang mit dieser grafischen Oberfläche muss vor dem selbstständigen Lernen durch Experimentieren mit den Schülerinnen und Schülern ausreichend geübt werden.

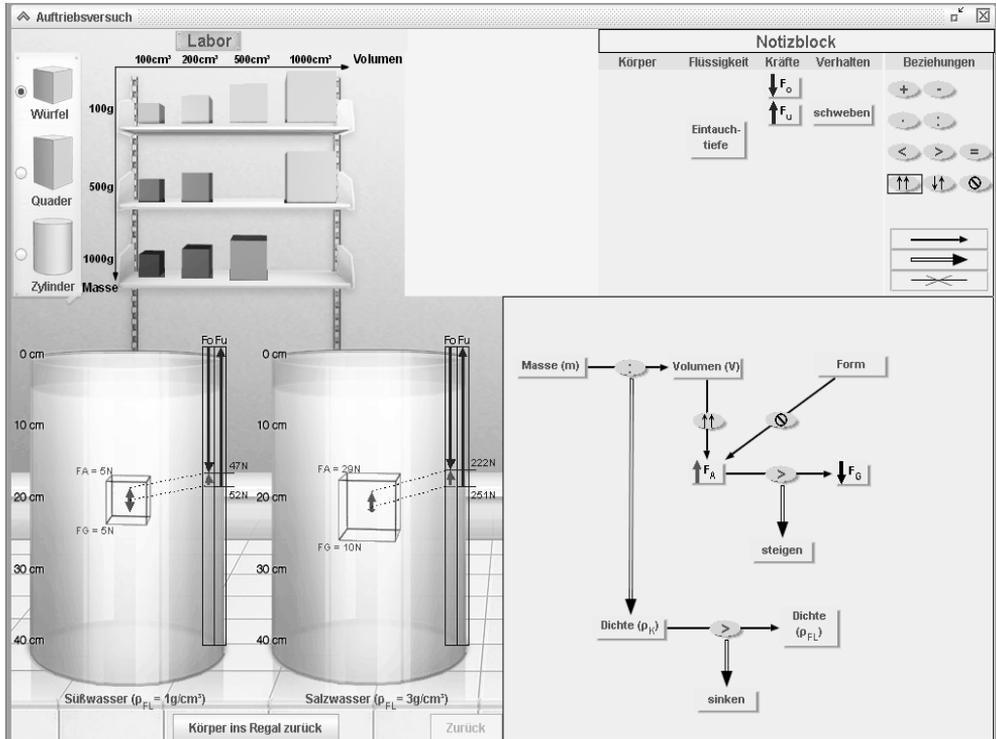


Abb. 1: Computerbasierte Experimentierumgebung zum Thema „Auftrieb in Flüssigkeiten“ (graphische Benutzeroberfläche)

Als unabhängige Variable wurde die Art der Zielvorgabe zwischen den beiden Experimentalgruppen variiert. Der Experimentalgruppe 1 (EG1) wurden nacheinander 14 spezifische *Problemlöseziele* vorgegeben, die innerhalb von zwanzig Minuten erreicht werden mussten (z.B. „Wirf in ein Gefäß: Einen Körper mit dem Volumen (V), bei dem die Auftriebskraft (F_A) des Körpers am größten ist“). Dabei bezog sich jedes der spezifischen Problemlöseziele auf eine von insgesamt 14 spezifischen Relationen, die den Inhaltsbereich „Auftrieb in Flüssigkeiten“ definieren, wie er in der computerbasierten Experimentierumgebung repräsentiert wurde. Im Gegensatz dazu erhielt Experimentalgruppe 2 (EG2) 14 spezifische *Lernziele*, die ebenfalls innerhalb von zwanzig Minuten zu erreichen waren (z.B. „Finde heraus, wie das Volumen (V) eines Körpers mit seiner Auftriebskraft (F_A) zusammenhängt und merke es dir“). Die 14 Lernziele bezogen sich auf dieselben Relationen wie die 14 Problemlöseziele der EG1. Wir erwarteten einen bedeutsam höheren Lernerfolg für EG2 im Vergleich zu EG1.

2.1 Stichprobe

An der Studie nahmen $n=120$ Schülerinnen und Schüler der achten bis zehnten Jahrgangsstufe aus fünf Gymnasien aus Nordrhein-Westfalen teil. Die Stichprobe ist Teil einer größer angelegten experimentellen Studie (Wirth/Künsting/Leutner 2008), auf deren weitere Experimentalgruppen im Folgenden nicht weiter eingegangen wird. Die Gymnasiasten waren durchschnittlich $M=14.49$ Jahre alt ($SD=.79$). 56% waren weiblich, 44% waren männlichen Geschlechts. Es nahmen ausschließlich Schülerinnen und Schüler teil, die das Thema „Auftrieb in Flüssigkeiten“ zuvor noch nicht im Unterricht behandelt hatten.

2.2 Durchführung

Die Studie wurde in den Computerräumen der Schulen während der Unterrichtszeit im Klassenverband durchgeführt und dauerte insgesamt ungefähr 90 Minuten (=zwei Schulstunden). Innerhalb der Klassen wurden die Schülerinnen und Schüler zufällig einer der beiden experimentellen Gruppen zugeordnet. In der ersten Schulstunde bearbeiteten die Schülerinnen und Schüler zunächst einige Verfahren zur Erfassung von Zielorientierung, Interesse am Fach Physik, Intelligenz und der aktuellen Motivation, auf die im Folgenden nicht weiter eingegangen wird. Außerdem beantworteten die Schülerinnen und Schüler Fragen eines computerbasiert präsentierten (Vor)-Wissenstests (Prätest) zum Thema „Auftrieb in Flüssigkeiten“ (13 Fragen, $M^1=.63$; $SD=.18$; *Cronbachs* $\alpha=.60$; Beispielfrage „Wie verändert sich die Auftriebskraft (F_A) eines Körpers, während er sinkt? Die Auftriebskraft wird... [größer, kleiner, gleich bleiben]“). Im Anschluss folgte eine computerbasierte Trainingseinheit zur Nutzung der grafischen Benutzeroberfläche.

In der zweiten Schulstunde hatten die Schülerinnen und Schüler zwanzig Minuten Zeit, in der computerbasierten Experimentierumgebung möglichst viel über Auftrieb in Flüssigkeiten zu lernen, indem sie selbstständig Experimente durchführten und ihre Ideen und ihre Interpretation der experimentellen Ergebnisse mit Hilfe der grafischen Benutzeroberfläche darstellten. Dabei wurden der EG1 ($n=61$) nacheinander bis zu 14 Problemlöseziele vorgegeben. Sobald ein Ziel erreicht war, präsentierte der Computer das nächste Problemlöseziel in einem *pop up*-Fenster. Außerdem hatten die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, durch Anklicken einer Schaltfläche „Auftrag nicht erfüllt – Trotzdem weiter!“ das nächste Problemlöseziel eingblendet zu bekommen, auch wenn sie das aktuelle Problemlöseziel nicht erreicht hatten. Die EG2 ($n=59$) erhielt nacheinander bis zu 14 Lernziele. Sobald ein Schüler oder eine Schülerin der Meinung war, das vorgegebene Lernziel erreicht zu haben, konnte er oder sie auf eine Schaltfläche „Erledigt!“ klicken, und es wurde das nächste Lernziel in einem *pop up*-Fenster präsentiert. Außerdem hatten die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, durch Anklicken einer Schaltfläche „Auftrag nicht erfüllt – Trotzdem weiter!“ das nächste Lernziel einge-

1 Alle Skalen wurden auf einen Wertebereich zwischen 0 und 1 transformiert.

blendet zu bekommen, auch wenn sie das aktuelle Lernziel – nach eigener Einschätzung – nicht erreicht hatten.

Nach der zwanzigminütigen Lernphase bearbeiteten die Schülerinnen und Schüler erneut den Wissenstest (Posttest) zum Thema „Auftrieb in Flüssigkeiten“ ($M=.60$; $SD=.23$; $Cronbachs\ \alpha=.76$). Im Anschluss folgte ein Wissensanwendungstest, auf den im Folgenden nicht weiter eingegangen wird. Am Ende der zweiten Schulstunde wurden noch einige demografische Daten erfragt.

2.3 Ergebnisse

Die beiden Experimentalgruppen unterschieden sich nicht hinsichtlich ihrer Leistungen im Prätest des inhaltspezifischen Wissens ($t_{(116)}=-.347$; $p=.730$). Um dennoch eventuelle Effekte auf die Lernleistung ausschließen zu können, wurde für die Überprüfung des Effekts der Zielvorgaben auf die Lernleistung eine Kovarianzanalyse mit der Art der Zielvorgabe als zweifach gestuftem Faktor (Problemlöseziel vs. Lernziel) gerechnet, wobei das Vorwissen als Kovariate einbezogen wurde. Es zeigt sich ein bedeutsamer Haupteffekt der Zielvorgabe auf die Leistungen im Posttest des inhaltspezifischen Wissens (EG1: $M=.55$, $SD=.21$; EG2: $M=.66$, $SD=.25$; $F_{(1; 115)}=8.56$; $MSE=0.04$; $p<.01$; $d=0.55^2$).

2.4 Diskussion

Der Unterschied im Posttest des inhaltspezifischen Wissens zwischen den Gruppen mit Problemlöse- bzw. Lernzielvorgaben ist erwartungskonform und sowohl statistisch als auch praktisch bedeutsam. Schülerinnen und Schüler, die während der zwanzigminütigen Lernphase Problemlöseziele vorgegeben bekamen, wussten nach der Lernphase bedeutsam weniger über Auftrieb in Flüssigkeit als die Schülerinnen und Schüler der EG2, denen Lernziele präsentiert wurden. Dieser Unterschied ist nicht auf einen entsprechenden Unterschied im Vorwissen über Auftrieb in Flüssigkeiten zurückzuführen. Er kann auch nicht durch unterschiedliche Inhalte, die durch die verschiedenen Zielvorgaben angesprochen wurden, bedingt sein, da die jeweils 14 Zielvorgaben in beiden Experimentalgruppen dieselben Relationen des Inhaltsbereichs „Auftrieb in Flüssigkeiten“ fokussierten. Insofern erwiesen sich in der Studie Lernziele als bedeutsam lernförderlicher als Problemlöseziele. Gründe hierfür können zum einen in der unterschiedlichen kognitiven Belastung gesehen werden: Schülerinnen und Schüler, denen Problemlöseziele vorgegeben werden, müssen, um zu lernen, neben dem Problemlöseziel ein zweites Ziel verfolgen, nämlich das Lernziel. Entsprechend müssen die kognitiven Ressourcen für zwei Ziele eingesetzt werden, während die Schülerinnen und Schülern mit Lernzielvorgaben ihre kognitiven Ressourcen für das Verfolgen von nur einem Ziel nutzen können. Zum anderen sind (kognitive) Strategien, die zur Lösung von Problemen hilfreich sind (wie z.B. die Mittel-Ziel-Analyse), anders geartet als Strategien wie z.B. das Erstel-

2 Die Berechnung von d erfolgte auf der Basis der adjustierten Mittelwerte.

len einer *concept map*, die dem Lernen zuträglich sind (vgl. Sweller 1988). Entsprechend sind die Chancen für Schülerinnen und Schüler, mit Problemlösezielvorgaben zu lernen, geringer als für Schülerinnen und Schüler, denen Lernziele vorgegeben wurden (zum Effekt unterschiedlicher Zielvorgaben auf den Einsatz von Strategien s. Künsting 2007). Die verschiedenen Zielarten könnten allerdings auch unterschiedliche motivationale Effekte gehabt haben. Es fällt auf, dass der Unterschied im Posttest des inhaltspezifischen Wissens hauptsächlich darauf zurückzuführen ist, dass EG1 einen stärkeren negativen Wissenszuwachs hat als EG2. Dieser erwartungswidrige Befund lässt sich post hoc dadurch erklären, dass unter der Problemlösezielbedingung das Nicht-Erreichen eines Ziels für die Schülerinnen und Schüler deutlich salienter war als unter der Lernzielbedingung. Das könnte in EG1 zu stärkeren negativen motivationalen Effekten geführt haben als in EG2. Da die aktuelle Motivation jedoch weder während, noch nach der Lernphase erhoben wurde, lässt sich diese Vermutung im Rahmen der vorgestellten Studie nicht untersuchen.

Durch die Vorgabe von insgesamt 14 Zielen wurde in beiden Gruppen der Bearbeitungsprozess sehr kleinschrittig strukturiert. Eine Regulation des Bearbeitungsprozesses auf der Makro-Ebene i.S. von Wirth (2004) war daher weder möglich, noch notwendig. Allerdings sind die Ziele beim Experimentieren oftmals wenig spezifisch vorgegeben (z.B. „Finde so viel wie möglich über Auftrieb in Flüssigkeiten heraus“; s.a. Vollmeyer/Burns 1996), wodurch die Planung, die Bewertung und das Reagieren deutlich erschwert werden. Zudem ist eine selbstständige Regulation des Lernprozesses erforderlich, die gewährleistet, dass einmal identifizierte Informationen nicht wieder vergessen, sondern in die eigene Wissensstruktur integriert werden. Wie Schülerinnen und Schüler dabei instruktional unterstützt werden können, war die Fragestellung des zweiten Experiments.

3. Experiment „Prompting“

Zur Unterstützung der selbstständigen Regulation von Lernprozessen haben sich metakognitive „Prompts“ bewährt (z.B. Bannert 2003; Lin/Lehman 1999). Prompts sind Hinweise während des Lernprozesses, die die Nutzung verfügbarer Kenntnisse und Fähigkeiten anregen. Sie zielen damit auf die Überwindung eines „Produktionsdefizits“ (vgl. Hasselhorn 1992). Die Annahme dabei ist, dass Lernende zwar in der Lage sind, angemessene Strategien gut auszuführen. Ohne instruktionale Unterstützung erkennen sie allerdings nicht, dass die Nutzung der jeweiligen Strategien in der aktuellen Situation zielführend ist. Es geht also um die Regulation des Strategieeinsatzes. Der Vorteil von Prompts zur Unterstützung der Regulation des Strategieeinsatzes ist, dass Prompts eine nicht-direktive Form der Unterstützung darstellen. Lernende entscheiden selbst, ob und wie sie die in einem Prompt gegebene Anregung umsetzen. Insofern bleibt der Lernprozess durch den Lernenden selbst reguliert.

In einer experimentellen Studie wurde untersucht, ob und unter welchen Bedingungen Prompts eine geeignete instruktionale Maßnahme sind, um Schülerinnen und

Schüler dabei zu unterstützen, den Prozess des selbstständigen Lernens durch Experimentieren optimal zu regulieren. Dabei wurde in Anlehnung an Wirth (2004) davon ausgegangen, dass eine optimale Regulation sich zum einen dadurch auszeichnet, dass der Lernprozess zu Beginn auf das Identifizieren neuer Informationen ausgerichtet wird. Zum anderen sollten jedoch sehr bald Strategien zur Integration neuer Informationen zum Einsatz kommen. Aus diesem Grund wurden, anders als bspw. in der Studie von Bannert (2003), unterschiedliche Prompts (Prompts zum Identifizieren und Prompts zum Integrieren) zu unterschiedlichen Zeitpunkten während des Lernprozesses präsentiert (Tabelle 1). EG1 erhielt die Prompts *gemäß* dem angenommenen optimalen Verlauf der Lernregulation (zu Beginn: Prompts zum Identifizieren; danach: Prompts zum Integrieren). Um untersuchen zu können, ob der Darbietungszeitpunkt der unterschiedlichen Prompts einen Effekt auf den Lernerfolg hat, wurden in zwei weiteren Experimentalgruppen dieselben Prompts präsentiert, allerdings zu anderen Zeitpunkten als in EG1. EG2 erhielt die Prompts *entgegen* dem optimalen Verlauf der Regulation (zu Beginn: Prompts zum Integrieren, danach: Prompts zum Identifizieren). EG3 erhielt alle Prompts unmittelbar *vor* der zwanzigminütigen Lernphase. Die diesem Design zugrunde liegenden Hypothesen waren, dass Prompts, die gemäß dem optimalen Regulationsverlauf dargeboten werden, lernförderlicher sind als Prompts, die entgegen dem optimalen Regulationsverlauf dargeboten werden. Zudem wurde angenommen, dass Prompts, die *während* des Lernprozesses dargeboten werden, lernförderlicher sind als Prompts, die ausschließlich *vor* dem Lernen präsentiert werden. Entsprechend erwarteten wir für die Lernleistung folgenden Trend: EG1>EG2>EG3.

Tab. 1: Design der experimentellen Studie „Prompting“						
	Darbietungszeitpunkt (Minute nach Lernbeginn)					
	0	0,5	3	6	11	16
EG1		Ident.	Ident.	Integr.	Integr.	Integr.
EG2		Integr.	Integr.	Ident.	Ident.	Ident.
EG3	Ident. I- dent. Integr. Integr.					
Ident. = Prompt zum Identifizieren; Integr. = Prompt zum Integrieren						

Die Prompts erschienen jeweils in einem *pop up*-Fenster, das durch einen Mausklick durch die Schülerinnen und Schüler geschlossen werden konnte. Als Prompt zum Identifizieren wurde bspw. folgender Text präsentiert: „FINDE HERAUS, wovon es abhängt, ob ein Körper im Wasser sinkt, schwebt oder steigt. Am besten machst du dazu Experimente, bei denen du immer nur EINE Variable veränderst.“ Ein Prompt zum Integrieren lautete bspw.: „MERKE dir, wovon es abhängt, ob ein Körper im Wasser sinkt, schwebt oder steigt. Am besten machst du dazu Notizen, bei denen du Beziehungen zwischen den Variablen abbildest“.

3.1 Stichprobe

An der Studie nahmen $n=95$ Schülerinnen und Schüler der achten bis zehnten Jahrgangsstufe aus fünf Gymnasien aus Nordrhein-Westfalen teil. Die Gymnasiasten waren durchschnittlich $M=14.69$ Jahre alt ($SD=.81$). 52% waren weiblich, 48% waren männlichen Geschlechts. Es nahmen ausschließlich Schülerinnen und Schüler teil, die das Thema „Auftrieb in Flüssigkeiten“ zuvor noch nicht im Unterricht behandelt hatten.

3.2 Durchführung

Die Studie wurde in den Computerräumen der Schulen während der Unterrichtszeit im Klassenverband durchgeführt und dauerte insgesamt ca. 90 Minuten. Innerhalb der Klassen wurden die Schülerinnen und Schüler zufällig einer der drei experimentellen Gruppen zugeordnet. In der ersten Schulstunde bearbeiteten die Schülerinnen und Schüler zunächst einige Verfahren zur Erfassung demografischer Daten, des Interesses am Fach Physik sowie der Intelligenz, auf die im Folgenden nicht weiter eingegangen wird. Danach erhielten alle Schülerinnen und Schüler eine mündliche Instruktion über effektive Strategien des Identifizierens und des Integrierens. Dadurch sollte sichergestellt werden, dass alle Schülerinnen und Schüler über ein Mindestmaß an Strategiewissen verfügen. Im Anschluss wurde das verfügbare Strategiewissen im Bereich des Experimentierens erfasst; der diesbezügliche Test war in Anlehnung an Schlagmüller und Schneider (2007) konstruiert (29 Items; $M=.68$; $SD=.13$; *Cronbachs* $\alpha=.74$). Danach bearbeiteten die Schülerinnen und Schüler Fragen einer modifizierten Version des computerbasierten (Vor)-Wissenstests (Prätest) zum Thema „Auftrieb in Flüssigkeiten“ (9 Fragen; $M=.58$; $SD=.20$; *Cronbachs* $\alpha=.51$).

In der zweiten Schulstunde wurden die Schülerinnen und Schüler zunächst mit der Nutzung der grafischen Benutzeroberfläche vertraut gemacht. Daran schloss sich die zwanzigminütige Lernphase an, in der die Schülerinnen und Schüler aller Gruppen das Lernziel vorgegeben wurde, so viel wie möglich über Auftrieb in Flüssigkeiten herauszufinden und es sich zu merken. In Abhängigkeit von ihrer experimentellen Gruppenzugehörigkeit bekamen die Schülerinnen und Schüler Prompts zu unterschiedlichen Zeitpunkten präsentiert. EG1 ($n=30$) wurden die Prompts gemäß dem optimalen Regulationsverlauf präsentiert, EG2 ($n=32$) erhielt die Prompts entgegen dem optimalen Verlauf, und EG3 ($n=33$) erhielt alle Prompts vor der eigentlichen Lernphase. Nach der Lernphase bearbeiteten alle Schülerinnen und Schüler eine weitere Version des Wissenstests (Posttest) zum Thema „Auftrieb in Flüssigkeiten“ (10 Fragen; $M=.58$; $SD=.23$; *Cronbachs* $\alpha=.63$).

3.3 Ergebnisse

Um mögliche Unterschiede zwischen den drei experimentellen Gruppen hinsichtlich ihres inhaltspezifischen Vorwissens sowie hinsichtlich ihres Strategiewissens auszu-

schließen, wurde zunächst eine Varianzanalyse mit dem dreifach gestuften Faktor „Promptbedingung“ und der abhängigen Variablen „Vorwissen“ gerechnet. Es zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich der Leistungen im Wissens-Prätest (EG1: $M=.59$, $SD=.22$; EG2: $M=.57$, $SD=.19$; EG3: $M=.59$, $SD=.21$; $F_{(2; 92)}=.11$; $MSE=0.04$; $p=.89$). Ebenso zeigten sich keine Unterschiede hinsichtlich des Strategiewissens (EG1: $M=.68$, $SD=.13$; EG2: $M=.70$, $SD=.11$; EG3: $M=.65$, $SD=.15$; $F_{(2; 92)}=1.20$; $MSE=0.02$; $p=.31$). Dabei waren die mittleren Leistungen im Strategiewissenstest in allen Gruppen recht hoch ($.65 \leq M \leq .70$), so dass davon ausgegangen werden kann, dass die Schülerinnen und Schüler über ein Mindestmaß an Strategiewissen verfügten, bevor sie mit dem selbstständigen Lernen durch Experimentieren begannen.

Um eventuelle Effekte sowohl des inhaltspezifischen Vorwissens als auch des Strategiewissens auf die Lernleistung ausschließen zu können, wurde für die Überprüfung des Effekts der Promptdarbietung auf die Lernleistung eine Kovarianzanalyse mit der Reihenfolge der Promptdarbietung als dreifach gestuftem Faktor (Darbietung gemäß dem optimalen Verlauf, Darbietung entgegen dem optimalen Verlauf, Darbietung vor der Lernphase) gerechnet, wobei das inhaltspezifische Vorwissen sowie das Strategiewissen als Kovariaten einbezogen wurden. Es zeigte sich ein bedeutsamer Haupteffekt der Promptdarbietung auf die Leistungen im Posttest des inhaltspezifischen Wissens (EG1: $M=.63$, $SD=.22$; EG2: $M=.62$, $SD=.23$; EG3: $M=.50$, $SD=.23$; $F_{(2; 91)}=3.41$; $MSE=0.04$; $p=.04$; $d_{(EG1 \text{ vs. } EG2)}=0.06^3$, $d_{(EG1 \text{ vs. } EG3)}=0.60$, $d_{(EG2 \text{ vs. } EG3)}=0.54$). Dieser Haupteffekt der Promptdarbietung erweist auch dann als statistisch bedeutsam, wenn das Strategiewissen nicht als Kovariate in die Analyse einbezogen wird. Die Überprüfung der Richtung der Mittelwertsunterschiede zeigte, dass diese statistisch bedeutsam einem linearen Trend folgen ($p=.02$).

3.4 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass Prompts eine geeignete instruktionale Maßnahme darstellen, um Schülerinnen und Schüler bei der Regulation ihres selbstständigen Lernens durch Experimentieren zu unterstützen. Diese Ergebnisse stehen damit in Einklang mit anderen Studien zur Effektivität von Prompts, wie z.B. den Studien von Bannert (2003) oder Lin und Lehman (1999). Die Lernförderlichkeit von Prompts basiert offensichtlich auf dem wiederholten Anregen strategisch-regulativer Lerneraktivitäten *während* des selbstständigen Lernens durch Experimentieren. Alle drei Experimentalgruppen erhielten mit den Prompts dieselben Informationen. EG3, die alle Prompts vor dem Lernen präsentiert bekam, lernte jedoch bedeutsam weniger als die beiden anderen Gruppen, die die Prompts während des Lernens dargeboten bekamen. Dabei scheint es allerdings weniger bedeutsam zu sein, bei der Präsentation der Prompts eine bestimmte Abfolge einzuhalten. Auch wenn sich die Richtung der Mittelwertsunterschiede in den Lernleistungen statistisch bedeutsam erwartungskonform zeigt ($EG1 > EG2 > EG3$), ist der Un-

3 Die Berechnung von d erfolgte auf der Basis der adjustierten Mittelwerte.

terschied zwischen EG1 und EG2 in der Lernleistung mit $d=.06$ deutlich geringer als erwartet. Es lassen sich zwei mögliche Ursachen für das Ausbleiben eines stärkeren Effekts denken. Zum einen kann es sein, dass die Schülerinnen und Schüler der EG2 die Prompts uminterpretierten in dem Sinne, dass sie die Prompts zum Integrieren zu Beginn als Anregung zum Identifizieren wahrnahmen, da das Identifizieren von Informationen in interaktiven Lernumgebungen als Voraussetzung für das Integrieren angesehen werden kann. Zum anderen ist möglich, dass die Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren bereits sehr früh bestimmte Informationen identifiziert hatten, so dass ein Integrier-Prompt auch zu diesem frühen Zeitpunkt schon eine hilfreiche Anregung darstellen konnte.

4. Zusammenfassende Diskussion und Ausblick

Die beiden hier vorgestellten experimentellen Studien zeigen, dass Schülerexperimente durchaus effektiv als Lehrmethode eingesetzt werden können. Dabei ist u.a. allerdings zu beachten, dass den Schülerinnen und Schülern *Lernziele statt Problemlöseziele* vorgegeben werden. Zudem müssen die Schülerinnen und Schüler bei der Regulation ihres Lernprozesses unterstützt werden (s.a. Kirschner/Sweller/Clark 2006). Eine bewährte Möglichkeit dafür stellen *metakognitive Prompts* dar, die während des Lernprozesses präsentiert werden.

Die Unterscheidung zwischen Lern- und Problemlösezielen setzt eine klare Unterscheidung zwischen dem Prozess des Lernens und dem Prozess des Problemlösens voraus. Diese Unterscheidung ist nicht trivial. In der pädagogisch-psychologischen und der erziehungswissenschaftlichen Literatur sowie in der Literatur der verschiedenen Fachdidaktiken werden die Begriffe Problemlösen und Lernen häufig synonym verwendet, was sich nicht zuletzt in Ansätzen wie dem „problem-based learning“ (Gijbels 2005; Hmelo-Silver 2004; Kirschner et al. 2006) zeigt. Die Verortung der Veränderung, auf die ein Prozess (i. S. von Klauer 1988) primär abzielt, erscheint uns als eine gute Basis für eine instruktionale Unterscheidung von Problemlöse- und Lernprozessen. Danach bezeichnet Problemlösen einen Prozess, dessen *primäres* Ziel eine Veränderung *außerhalb* der problemlösenden Person ist und für die die problemlösende Person keine Routinen verfügbar hat (s.a. Klieme/Leutner/Wirth 2005). Dagegen ist Lernen als Prozess abzugrenzen, dessen *primäres* Ziel eine Veränderung der Wissensstruktur *innerhalb* der lernenden Person ist, wobei es irrelevant ist, ob die lernende Person zur Erreichung dieser internen Veränderung Routinen verfügbar hat oder nicht. Durch den Bezug auf das *primäre* Ziel eines Prozesses wird deutlich, dass jeder Prozess auch weitere – sekundäre – Ziele verfolgen kann. Somit ist es bspw. nicht ausgeschlossen, dass durch den Prozess des Problemlösens auch etwas gelernt wird. Die Ergebnisse des Experiments „Zielvorgaben“ weisen jedoch deutlich darauf hin, dass es lernförderlicher ist, wenn Lernen das primäre statt nur das sekundäre Ziel eines Prozesses ist. Die Instruktion für selbstständiges Lernen durch Experimentieren sollte dementsprechend Schülerinnen und Schüler dabei unterstützen, Lernen zum primären Ziel ihres Experimentierens zu machen, und

sich weniger auf das Erzeugen von (oftmals effektvollen) Veränderungen ihrer experimentellen Umwelt (i.S. eines *engineering approaches*, Schauble/Klopfer/Raghavan 1991) zu konzentrieren.

Das Setzen eines angemessenen Lernziels ist allerdings nur der erste von vielen Schritten metakognitiver Regulation von Lernprozessen. Entsprechend darf sich instruktionale Unterstützung auch nicht auf diesen ersten Schritt beschränken, sondern muss Schülerinnen und Schülern ebenso dabei helfen, während des selbstständigen Lernens angemessene Strategien auszuwählen und diese zielführend und fehlerfrei anzuwenden. Eine Schwierigkeit ist dabei herauszufinden, mit welcher der sich ständig ändernden Anforderungen, die beim selbstständigen Lernen durch Experimentieren bewältigt werden müssen, die Schülerin oder der Schüler zu einem bestimmten Zeitpunkt des Lernprozesses konfrontiert ist. Die Unterscheidung der Anforderung des Identifizierens und des Integrierens (Wirth 2004, 2005), wie sie im Experiment „Prompting“ vorgenommen wurde, ist eine erste hilfreiche Unterscheidung verschiedener Lernanforderungen in interaktiven Lernumgebungen. Sie ist allerdings sehr grob und auf einer Makro-Ebene angesiedelt. Es ist anzunehmen, dass eine Adaptation der Prompts an das individuelle Lernverhalten auf einer Mikro-Ebene, auf der feingliedriger verschiedene Anforderungen unterschieden werden können, zu einem angepassteren Einsatz von Lernstrategie führen und damit die Lernförderlichkeit der Prompts weiter erhöhen kann (zum Effekt von Prompts auf den Strategieeinsatz s. Thillmann 2007). Im Hinblick auf das hier vorgestellte Experiment ist allerdings festzuhalten, dass sich das Präsentieren von Prompts während des Lernprozesses schon als sehr lernförderlich erwies, obwohl die Prompts nur sehr grob an einen optimalen Regulationsverlauf (EG1) adaptiert waren. Der bedeutsame Unterschied in den Lernleistungen zwischen EG2 und EG3 weist zudem darauf hin, dass auch die Präsentation von eigentlich „falsch“ adaptierten metakognitiven Prompts durchaus lernförderlich sein kann. Auch solche „falsch“ adaptierte Prompts scheinen metakognitive Regulationsprozesse anzuregen, was sich positiv auf das Lernen auswirkt.

Für Lehrerinnen und Lehrer geben die Ergebnisse der beiden dargestellten Experimente zwei relevante Hinweise, wenn sie das Schülerexperiment als Lehrmethode im naturwissenschaftlichen Unterricht einsetzen möchten. Zum einen sollten sie sicherstellen, dass sie ihren Schülerinnen und Schülern Lernziele statt Problemlöseziele vorgeben. Zum anderen sollten sie ihre Schülerinnen und Schüler während des selbstständigen Lernens durch Experimentieren kontinuierlich zur metakognitiven Kontrolle und Regulation anregen. Dabei ist eine individuelle und feingliedrige Anpassung der metakognitiven Prompts sicherlich genauso wünschenswert, wie sie bei Klassengrößen von 30 oder mehr Schülerinnen und Schülern unrealistisch ist. Das sollte jedoch kein Grund sein, auf metakognitive Prompts zu verzichten. Wie das gute Abschneiden von EG2 im Experiment „Prompting“ im Vergleich zu EG3 zeigt, sind ungünstig adaptierte metakognitive Prompts immer noch besser als vorab oder gar nicht präsentierte metakognitive Prompts.

Literatur

- Bannert, M. (2003): Effekte metakognitiver Lernhilfen auf den Wissenserwerb in vernetzten Lernumgebungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17, S. 13–25.
- Bates, G.R. (1978): The role of laboratory in secondary school science programs. In: Browe, M.B. (Ed.): *What research says to the science teacher*. Washington D.C.: National Science Teachers' Association, S. 55–82.
- de Jong, T./van Joolingen, W.R. (1998): Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, S. 179–201.
- Gijbels, D. (2005): Effects of problem-based learning: A meta-analysis from the angle of assessment. *Review of Educational Research*, 75, S. 27–61.
- Hasselhorn, M. (1992): Metakognition und Lernen. In: Nold, G. (Hrsg.): *Lernbedingungen und Lernstrategien. Welche Rolle spielen kognitive Verstehensstrukturen?* Tübingen: Narr, S. 35–63.
- Hmelo-Silver, C.E. (2004). *Problem-Based Learning: What and how do students learn?* *Educational Psychology Review*, 16, S. 235–266.
- Hofstein, A./Lunetta, V.N. (1982): The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52, S. 201–217.
- Hucke, L./Fischer, H.E. (2001): Fachdidaktische Forschung zur Verbesserung der experimentellen naturwissenschaftlichen Ausbildung – Eine Untersuchung im physikalischen Anfängerpraktikum. In: C. Finkbeiner & G.W. Schnaitmann (Hrsg.): *Lehren und Lernen im Kontext empirischer Forschung und Fachdidaktiken*. Donauwörth: Ludwig Auer Verlag, S. 496–517.
- Hucke, L./Fischer, H.E. (2002): The link of theory and practice in traditional and in computer-based university laboratory experiments. In: Psillos, D./Niedderer, H. (Hrsg.): *Teaching and learning in the science laboratory – A look on the European project “Labwork in Science Education”*. Dordrecht: Kluwer Academic Press, S. 205–218.
- Kirschner, P./Sweller, J./Clark, R.E. (2006): Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41, S. 75–86.
- Klahr, D./Dunbar, K. (1988): Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, S. 1–48.
- Klauer, K.J. (1988): Teaching for learning-to-learn: A critical appraisal with some proposals. *Instructional Science*, 17, S. 351–367.
- Klieme, E./Leutner, D./Wirth, J. (Hrsg.). (2005): *Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schülern. Diagnostische Ansätze, theoretische Grundlagen und empirische Befunde der deutschen PISA-2000-Studie*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Künsting, J. (2007): *Effekte von Zielqualität und Zielspezifität auf selbstreguliert-entdeckendes Lernen durch Experimentieren (Unveröffentlichte Dissertation)*. Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Bildungswissenschaften, Essen.
- Leopold, C./den Elzen-Rump, V./Leutner, D. (2007): Selbstreguliertes Lernen aus Sachtexten. In: Prenzel, M./Allolio-Näcke, L. (Hrsg.): *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms*. Münster: Waxmann, S. 268–288.
- Leopold, C./Leutner, D. (2004): Selbstreguliertes Lernen und seine Förderung durch prozessorientiertes Training. In: Prenzel, M./Doll, J. (Hrsg.): *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*. Münster: Waxmann, S. 364–376.
- Lin, X./Lehman, J.D. (1999): Supporting learning of variable control in a computer-based biology environment: Effects of prompting college students to reflect on their own thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, S. 837–858.
- Lunetta, V.N. (1998): The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In: Tobin, K./Fraser, B. (Eds.): *International Handbook of Science Education*. Amsterdam: Kluwer, S. 249–262.

- Prenzel, M./Rost, J./Senkbeil, M./Häußler, P./Klopp, A. (2001): Naturwissenschaftliche Grundbildung: Testkonzeption und Ergebnisse. In: Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.): PISA 2000: Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske + Budrich, S. 191–248.
- Schauble, L./Klopfer, L.E./Raghavan, K. (1991): Students' transition from an engineering model to a science model of experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, S. 859–882.
- Schlagmueller, M./Schneider, W. (2007): Würzburger Lesestrategie-Wissenstest für die Klassen 7-12 (WLST 7-12). Göttingen: Hogrefe.
- Schreiber, B. (1998): Selbstreguliertes Lernen. Münster: Waxmann.
- Seidel, T./Prenzel, M./Duit, R./Euler, M./Geiser, H./Hoffman, L. (2002): „Jetzt bitte alle nach vorne schauen!“ – Lehr-Lernskripts im Physikunterricht und damit verbundene Bedingungen für individuelle Lernprozesse. *Unterrichtswissenschaft*, 30, S. 52–77.
- Sweller, J. (1988): Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, S. 257–285.
- Thillmann, H. (2007): Selbstreguliertes Lernen durch Experimentieren: Von der Erfassung zur Förderung (Unveröffentlichte Dissertation). Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Bildungswissenschaften, Essen.
- Vollmeyer, R./Burns, B.D. (1996): Hypotheseninstruktion und Zielspezifität: Bedingungen, die das Erlernen und Kontrollieren eines komplexen Systems beeinflussen. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie*, 43, S. 657–683.
- Winne, P.H./Hadwin, A.F. (1998): Studying as self-regulated learning. In: Hacker, D.J./Dunlosky, J./Graesser, A.C. (Hrsg.): *Metacognition in educational theory and practice*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, S. 277–304.
- Wirth, J. (2004). *Selbstregulation von Lernprozessen*. Münster: Waxmann.
- Wirth, J. (2005). *Selbstreguliertes Lernen in komplexen und dynamischen Situationen. Die Nutzung von Handlungsdaten zur Erfassung verschiedener Aspekte der Lernprozessregulation*. In: Artelt, C./ Moschner, B. (Hrsg.): *Lernstrategien und Metakognition: Implikationen für Forschung und Praxis*. Münster: Waxmann, S. 101–127.
- Wirth, J./Künsting, J./Leutner, D. (2008): The impact of goal specificity and goal quality on learning outcome and cognitive load. *Computers in Human Behavior* (eingereicht).
- Wirth, J./Leutner, D. (2006): Selbstregulation beim Lernen in interaktiven Lernumgebungen. In: Mandl, H./Friedrich, H.F. (Hrsg.): *Handbuch Lernstrategien*. Göttingen: Hogrefe, S. 172–184.
- Zimmerman, B.J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In: Boekaerts, M./Pintrich, P.R./Zeidner, M. (Hrsg.): *Handbook of self-regulation*. San Diego, CA: Academic Press, S. 13–39.

Abstract: *The student experiment is considered an important teaching method in science education. However, the improvements achieved by this method are often rather small. In two experiments it is examined how – through appropriate targets and metacognitive prompts – the learning benefits of this teaching method can be increased. The results show that the student experiment can be beneficial to learning if students are given adequate targets and if they are supported in the metacognitive regulation of their learning processes.*

Anschrift der Autoren:

Dr. Joachim Wirth, Dr. Hubertina Thillmann, Dr. Josef Künsting*, Prof. Dr. Hans E. Fischer, Prof. Dr. Detlev Leutner, Forschergruppe Naturwissenschaftl. Unterricht, Universität Duisburg-Essen, Schützenbahn 70, 45117 Essen

* Der Autor arbeitet mittlerweile an der Universität Kassel, Institut für Erziehungswissenschaft, Mönchebergstraße 21a, 34109 Kassel, Germany