

IRIS MACKENSEN-FRIEDRICH

Die Rolle von Selbsterklärungen aufgrund vorwissensangepasster, domänenspezifischer Lernimpulse beim Lernen mit biologischen Beispielaufgaben

The role of self-explanations caused by domains-specific learning-stimuli that are adapted to the learners pre-knowledge while learning with biological worked-examples

Gewidmet dem Andenken von Prof. Dr. Gunter Lind, der mich maßgeblich zu dieser Studie inspiriert hat.

Zusammenfassung

Ein Ansatz zur Optimierung des Lernens mit Beispielaufgaben stellt das Trainieren von Selbsterklärungen dar. Zahlreiche Studien konnten bereits zeigen, dass solche Trainingsmaßnahmen einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg haben. Es wurde aber noch nicht im Detail geklärt, wie sich Trainingsmaßnahmen, die das domänenspezifische Vorwissen der Lernenden berücksichtigen, konkret auf die Selbsterklärungsqualität auswirken. Daher soll in dieser Studie analysiert werden, wie vorwissensangepasste und nicht dem Vorwissen angepasste inhaltspezifische Impulse, die bestimmte Kategorien von Selbsterklärungen beim Lernenden hervorrufen sollen, wirken. Zu diesem Zweck lernten Schülerinnen und Schüler der Klasse 9 mit 10 Beispielaufgaben, in deren Lösung Impulse zum Selbsterklären integriert waren. Es zeigte sich, dass vorwissensangepasste Impulse zum Selbsterklären sowohl die intendierten als auch zusätzliche Selbsterklärungen hervorrufen. Es konnte damit ein positiver Einfluss auf die Selbsterklärungsqualität und folglich auch auf den Lernerfolg nachgewiesen werden.

Schlüsselwörter: biologische Beispielaufgaben, Selbsterklärungen, Vorwissen, Lernimpulse

Abstract

Previous studies have shown that the effectiveness of learning from worked-out examples depends on the quality and quantity of self-explanations. Many studies indicate that the quantity and quality of students' self-explanations have a positive influence on learning outcomes. However, it is not known in detail how these training stimuli, which take students' domain-specific prior knowledge into consideration, affect the quality of self-explanations. Therefore, the goal of this study is to analyze the effects of domain-specific stimuli that aim to elicit certain kinds of self-explanations. The stimuli used were either adapted to students' prior knowledge or not. The learning stimuli were implemented in a sequence of ten worked-out examples. Analysis of think-aloud protocols show that the learning stimuli adapted to learners' prior knowledge elicited the desired self-explanations as well as other effective self-explanations. Thereby, it could be shown that they positively influence the quality of self-explanations and learning outcomes. Keywords: biological worked-examples, self-explaining, pre-knowledge, learning-stimuli

1 Einleitung

Das Lernen mit Beispielaufgaben hat sich in der Expertiseforschung als eine effektive aber noch weiter optimierbare Lernmetho-

de erwiesen. Ein Ansatz zur Optimierung stellt das Trainieren lernwirksamer Selbsterklärungen dar. Zahlreiche Studien konnten bereits zeigen, dass solche Trainingsmaßnahmen einen positiven Einfluss auf

den Lernerfolg haben. Es wurde aber noch nicht im Detail geklärt, wie sich Trainingsmaßnahmen, die das domänenspezifische Vorwissen der Lernenden berücksichtigen, konkret auf die Selbsterklärungsqualität auswirken. Daher wird im Rahmen dieser Studie untersucht, wie vorwissensangepasste und nicht dem Vorwissen angepasste inhaltspezifische Impulse, die im Rahmen einer Trainingsstudie bestimmte Kategorien von Selbsterklärungen beim Lernenden hervorrufen sollten, im Detail wirken. Ziel dieser Untersuchung ist es zu klären, welche Selbsterklärungen die Lernenden auf diese Impulse hin angestellt haben, und ob diese Selbsterklärungen in Beziehung zum Lernerfolg gesetzt werden können¹. Dazu wurden Protokolle des lauten Denkens von Schülerinnen und Schülern der Klasse 9 detailliert analysiert, die mit biologischen Beispielaufgaben gelernt haben, in deren Lösung Impulse zum Selbsterklären integriert waren. Die Ergebnisse sollen dazu beitragen, Beispielaufgaben adressatengerecht zu optimieren und den Lernerfolg zu erhöhen.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Lernen mit Beispielaufgaben

Beispielaufgaben (Lösungsbeispiele) bestehen aus einer Problem- bzw. Aufgabenstellung und einer Lösung, die mehr oder weniger detailliert ausgearbeitet ist. Sie dient dem Lernenden als Musterlösung und zeigt, wie allgemeine Gesetze und Prinzipien auf einen konkreten Fall angewendet werden. Beispielaufgaben werden derzeit für das Lernen im Biologieunterricht kaum benutzt und auch in den anderen Naturwissenschaften sind sie oft randständig: In der Regel werden sie an die eigentliche Stoffeinführung angehängt (Hilbert, Renkl, Reiss & Heinze, 2005), obwohl die Beliebtheit dieser Beispielaufgaben bei den Lernenden

mittlerweile in zahlreichen Untersuchungen nachgewiesen werden konnte (VanLehn, 1986; Recker & Pirolli, 1995). Nach van Lehn (1986) sind Beispielaufgaben insbesondere für Anfänger in einer Domäne beim Problemlösen sehr hilfreich. Da sich eine Beispiellösung Schritt für Schritt auf ein ähnliches Problem übertragen lässt, kann man mit ihrer Hilfe ohne viel Hintergrundwissen über die zugrunde liegenden Gesetze rein analogiebasierte Probleme lösen. Aufgrund dessen ist das Lernen mit Beispielaufgaben für Anfänger in einem Gebiet effektiver als das Lernen durch eigenständiges Problemlösen, da dafür noch zu wenig Vorwissen zur Verfügung steht (vgl. Sweller & Cooper, 1985; van Gog, Paas & van Merriënboer, 2006; Kalyuga, Chandler, Sweller & Tuovinen, 2001). Allerdings ist die Übertragung einzelner Lösungsschritte aufgrund von Oberflächenmerkmalen ohne Beachtung der Tiefenstruktur der Beispielaufgabe nur bei sehr ähnlichen Aufgaben erfolgreich (Gick & Holyoak, 1980; Sweller & Cooper, 1985). Anfänger zeigen wenig Flexibilität bei der Anpassung der Beispielaufgabenlösung an die aktuellen Anforderungen, sie haften am Konkreten und können nicht von den Besonderheiten der Beispielaufgabe abstrahieren. Fortgeschrittene Lerner dagegen verfügen nicht nur über das Faktenwissen, das in der Beispielaufgabe vermittelt wurde, sondern auch über das zugehörige Gesetzwissen. Sie haben „verstanden“, wofür die Beispielaufgabe steht.

2.2 Selbsterklären und Beispielaufgaben

Wie erfolgreich das Lernen mit Beispielaufgaben letztendlich ist, hängt im Wesentlichen davon ab, wie intensiv und tiefgründig sich Lernende mit Beispielaufgaben auseinandersetzen, auf welche Weise sie sich die Beispielaufgaben *selbst erklären*. Nach Chi, Bassok, Lewis, Reimann und Glaser (1989)

¹ Diese Untersuchung wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert (GZ MA 3912/2-1).

ist Selbsterklären eine konstruktive Aktivität, die spontan und nicht nach einem vorgefassten Plan verläuft. Der Lernende generiert durch die Interaktion von Vorwissen und Lernmaterial neues Wissen. Erklären sich Lernende eine Beispielaufgabe, aktivieren sie dabei gewöhnlich ihr domänenspezifisches Vorwissen. Sie stellen kontinuierlich Beziehungen her zwischen dem, was sie in der gerade bearbeiteten Beispielaufgabe lesen und dem, was sie bereits über die jeweilige Thematik wissen. Durch diese Interaktion wird neue Information in bestehendes Wissen integriert und neues Wissen konstruiert. Nach Chi (2000) und Lind, Friege und Sandmann (2005) impliziert Selbsterklären die Anwendung eines Bündels verschiedener Lernstrategien. Unter Selbsterklärungen fallen sowohl Elaborationsstrategien, die neues Wissen in bereits bestehendes integrieren, als auch Reduktions- und Organisationsstrategien, die die Informationsfülle ordnen und somit zur leichteren Verarbeitung und Speicherung und zum späteren leichteren Abruf führen. Wiederholungsstrategien, metakognitive Strategien und Strategien zur Planung und Gestaltung der Lernsituation gehören nach Lind, Friege und Sandmann (2005) nicht zu den Selbsterklärungen.

Die Wirksamkeit der Selbsterklärungen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich ist vielfach belegt (z.B. Physik: Chi, Bassok, Lewis, Reimann & Glaser 1989; Chi, 2000; Rabe & Mikelskis, 2007; Biologie: Chi, de Leeuw, Chiu & LaVancher, 1994; Mathematik: Rittle-Johnson, 2004; Renkl, 1997; Neumann & Schwarz, 1998, 2000; Chemie: Crippen & Earl, 2007). Danach liegt der Unterschied zwischen guten und schlechten Problemlösern in der quantitativen und qualitativen Nutzung des Selbsterklärens beim Lernen begründet. Gute Problemlöser formulieren mehr und inhaltlich tiefgründigere Selbsterklärungen und verwenden darauf mehr Zeit als weniger gute Problemlöser (Kroß & Lind, 2001).

Studien zeigen, dass sich Selbsterklärungen von Lernenden mit umfangreichem domänenspezifischem Vorwissen von denen

mit geringem unterscheiden (Kroß & Lind, 2001). Lernende mit viel domänenspezifischen Vorwissen ziehen häufiger Schlussfolgerungen und greifen dabei auf dieses Vorwissen intensiv zurück. Sie versuchen in der Regel die Aufgabe eigenständig zu lösen, bevor sie die gegebene Information zur Hilfe nehmen, um Probleme bei der Entwicklung der Lösung aus dem Weg zu räumen. Sie nutzen die Beispielaufgabenlösung lediglich als bestätigendes Feedback. Charakteristisch für Lernende mit viel domänenspezifischem Vorwissen ist auch, dass sie in ihren Selbsterklärungen häufiger über den Beispielaufgabeneinhalt hinausgehen. Sie verbinden diesen mit weiterführenden Ideen, Zweifeln und neuen Gedanken, die nicht unbedingt für die Beispielaufgabenlösung relevant sind. Auf diese Weise erwerben sie Fähigkeiten, die sie mehr und mehr zum eigenständigen Problemlösen befähigen. Hingegen arbeiten Lernende mit geringem domänenspezifischem Vorwissen sehr viel näher mit den in der Beispielaufgabe dargebotenen Lösungsschritten. Häufig lesen sie einzelne Lösungsschritte mehrfach. Sie paraphrasieren Informationen, greifen auf gegebene Informationen zurück und versuchen auf dieser Basis Beziehungen herzustellen. Sie erlangen auf diese Weise zunächst ein grundlegendes Verständnis, welches meist jedoch noch nicht zum erfolgreichen Problemlösen ausreicht. Dennoch ist das Paraphrasieren das Beste, was ein Anfänger tun kann, um überhaupt erst einmal ein grundlegendes Verständnis zu erlangen.

2.3 Förderung des Selbsterklärens

Um das Lernen mit Beispielaufgaben zu optimieren, bietet es sich an, das Selbsterklären der Lernenden zu fördern. Trainingsmaßnahmen können darauf abzielen, die Anzahl der Selbsterklärungen (Selbsterklärungsquantität), zu erhöhen. Oder sie können dazu dienen, die Qualität der Selbsterklärungen, zu optimieren. Das bedeutet, es

werden Selbsterklärungen angeregt, die sich in den kognitiven Operationen, also in den verschiedenen Kategorien von Selbsterklärungen, unterscheiden.

Die Erhöhung der Selbsterklärungsquantität ist durch einfache Aufforderungen, sogenannten Prompting-Prozeduren, leicht zu steigern. Dies hat einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg (z.B. Chi, DeLeeuw, Chiu & LaVanher, 1994; Reimann, 1997; Rabe & Milkelskis, 2007).

Bezüglich der Selbsterklärungsqualität sind die Ergebnisse überwiegend nicht zufriedenstellend (z.B. Renkl, 2002; Stark, 1999; Conati & VanLehn, 2000; Wong, Lawson & Keeves, 2002; Große & Renkl, 2004). Nach Renkl (2002) sind die noch nicht optimalen Trainingseffekte auf insgesamt drei Hauptprobleme zurück zu führen: passive und oberflächliche Elaboration, Verständnisillusion und Verständnisschwierigkeiten.

Bezüglich des Trainings der Selbsterklärungsqualität fällt auf, dass bei vielen Studien eher Lernende mit wenig domänenspezifischem Vorwissen profitierten. Dies ist insofern gut nachvollziehbar, als dass die Trainingsmaßnahmen bislang wenig inhaltspezifisch und eher allgemein gehalten wurden. Der überwiegende Teil fokussiert auf allgemeine Selbsterklärungen, die problemlos in jeder Domäne, in jedem Kontext eingesetzt werden könnten (vgl. Renkl, Stark, Gruber & Mandl, 1998; Stark, 1999; Wong, Lawson & Keeves, 2002, Große & Renkl 2004). Vor dem Hintergrund des „Bandbreite-Genauigkeits-Dilemmas“ (Friedrich & Mandl, 1992) lässt sich somit erwarten, dass die Förderung allgemeiner Selbsterklärungen eher das Lernen von Anfängern fördert. Lernende mit umfangreicherem Vorwissen sollten dagegen eher von tiefenorientierten, stark am spezifischen Inhalt orientierten Selbsterklärungen profitieren. Zudem wurde in keiner der bisher vorgestellten Trainingsstudien berücksichtigt, welche Selbsterklärungen überhaupt lernförderlich sind und welche Art von Selbsterklärungen aufgrund der Trainingsmaßnahmen angestellt wurde.

Insgesamt zeigen die bisher durchgeführten Untersuchungen zum Selbsterklären, dass die Selbsterklärungsqualität ganz wesentlich vom domänenspezifischen Vorwissen der Lernenden abhängt (Kroß & Lind, 2001; Lind & Sandmann, 2003). Sie konnten nachweisen, dass Lernende mit viel domänenspezifischem Vorwissen häufig auf Fakten und Zusammenhänge zurückgreifen, die nicht in der Beispielaufgabe genannt worden sind, dass sie häufiger Schlussfolgerungen anstellen und die Beispielaufgabe öfter antizipatorisch bearbeiten als Lernende mit wenig domänenspezifischem Vorwissen. Hingegen verwenden Lernende mit wenig domänenspezifischem Vorwissen häufiger Selbsterklärungskategorien wie die Nennung von Wissens-elementen aus dem Lernmaterial, Paraphrasieren und die Suche nach Beziehungen zwischen unterschiedlich repräsentierten Informationen. Hierbei haben sich alle genannten Selbsterklärungskategorien als lernwirksam gezeigt, wobei Lernende mit wenig domänenspezifischem Vorwissen eher einen Lernzuwachs im Faktenwissen und Lernende mit viel domänenspezifischem Vorwissen eher einen Lernzuwachs im Problemlösen zeigten. Lernende verwenden somit aufgrund unterschiedlichen Vorwissens unterschiedliche Selbsterklärungen und erzielen damit einen Lernerfolg. Dieser Zusammenhang wurde in der Trainingsstudie von Mackensen-Friedrichs (2005) berücksichtigt. Um die Selbsterklärungsqualität zu erhöhen, wurden in dieser Studie, Lernimpulse (in Form von kurzen Fragen, unvollständigen Sätzen o.ä.), die bestimmte Selbsterklärungen beim Bearbeiten der Beispielaufgabenlösung anregen sollten, so entwickelt, dass sie das Vorwissen der Lernenden (viel bzw. wenig biologisches Vorwissen, 9. Jahrgang) berücksichtigten und inhaltspezifisch waren. Diese Lernimpulse wurden in biologische Beispielaufgabenlösungen integriert. Es zeigte sich, dass Lernende einen höheren Lernerfolg im Faktenwissen erzielten, wenn die Lernimpulse ihrem domänenspezifischem Vorwissen angepasst waren. Effekte der Lernimpulse

zeigten sich zudem in den Lernzeiten: Lernende mit viel domänenspezifischem Vorwissen bearbeiteten die Lernimpulse, die ihrem Vorwissen angepasst waren, länger als Lernende mit viel Vorwissen, die mit nicht angepassten Impulsen gelernt haben. Diese erklärten jedoch länger spontan selbst, d.h. nicht aufgrund eines Impulses. Im Gegensatz dazu unterschieden sich die Lernenden mit wenig domänenspezifischem Vorwissen weder in der Bearbeitungszeit der ihrem Vorwissen angepassten bzw. nichtangepassten Impulsen noch hinsichtlich der Zeit, die sie für spontane Selbsterklärungen aufwandten. Anscheinend haben Lernende mit wenig domänenspezifischem Vorwissen, die mit nicht angepassten Impulsen gelernt haben, die Nichtangepasstheit nicht bemerkt und so gelernt wie immer. Lernende mit viel domänenspezifischem Vorwissen, die mit nichtangepassten Impulsen konfrontiert wurden, haben hingegen vermutlich die Nichtangepasstheit bemerkt und diese durch vermehrte spontane Selbsterklärungen kompensiert. Diesen Vermutungen und der Frage, wie die Lernenden im Detail auf Impulse zum Selbsterklären reagierten, soll durch eine detailliertere Analyse der Daten (Protokolle des lauten Denkens) aus der Trainingsstudie von Mackensen-Friedrichs (2005) im Folgenden nachgegangen werden. In den weiteren Abschnitten werden Lernende mit viel biologischem Vorwissen der Jahrgangsstufe 9 als Experten bezeichnet und Lernende mit wenig biologischem Vorwissen als Novizen². Entsprechend werden die Lernimpulse für viel domänenspezifisches Vorwissen als expertenhafte Lernimpulse bezeichnet und die für wenig Vorwissen als novizenhafte Lernimpulse.

2.4 Forschungsfrage

Welche Art von Selbsterklärungen wurden von Lernenden der Klasse 9, die sich in ihrem biologischen Vorwissen erheblich voneinander unterscheiden, auf vorwissensangepasste oder nicht dem Vorwissen angepasste domänenspezifische Selbsterklärungsimpulse hin angestellt?

Folgende Hypothesen sollen diesbezüglich geprüft werden.

H1 Lernende, die mit vorwissensangepassten Lernimpulsen lernen, zeigen die vom Impuls intendierten Selbsterklärungen. Die Selbsterklärungsqualität wird folglich erhöht.

H2 Lernende, die mit nicht an ihr Vorwissen angepassten Impulsen lernen, versuchen die Nachteile dieser Impulse zu kompensieren.

- a) Experten kompensieren die nichtangepassten Impulse, indem sie vermehrt spontane Selbsterklärungen durchführen, um die für sie noch nötigen Selbsterklärungen anstellen zu können.
- b) Novizen ignorieren die Impulse für viel biologisches Vorwissen weitgehend, weil sie deren Implikationen übersehen, und stellen die für sie normalen Selbsterklärungen bei wenig biologischem Vorwissen an.

3 Anlage und Durchführung der empirischen Untersuchung

Da Daten aus der o.g. Trainingsstudie von Mackensen-Friedrichs (2005) für die vorliegende Untersuchung detaillierter analysiert wurden, wird im Folgenden kurz das Studiendesign vorgestellt (Abb.1): Bei dem 2x2 Design stellt eine unabhängige Variable das

² Nach Gruber (1991) sind Experten, Personen, die sich aufgrund hervorragender Leistungen in einer Domäne vom Rest der betrachteten Population deutlich unterscheiden. In diesem Fall stellt der 9. Jahrgang an Gymnasien die betrachtete Population dar.

Vorwissen und die andere die Stimulation des Selbsterklärens dar. Die beiden abhängigen Variablen waren die Charakteristika des Selbsterklärens und der Lernerfolg.

UV 2 \ UV 1	Expertenhafte Lernimpulse	Novizenhafte Lernimpulse
Experten	Gruppe 1 (13 Vpn)	Gruppe 3 (11 Vpn)
Novizen	Gruppe 2 (13 Vpn)	Gruppe 4 (11 Vpn)

Abb.1: Studiendesign. Die abhängigen Variablen sind die Charakteristika des Selbsterklärens und der Lernerfolg. (UV: unabhängige Variablen: Expertisegrad (UV1) und Art der Lernimpulse (UV2), Vpn: Versuchspersonen).

Der Lernerfolg wurde im Faktenwissen (20 Multiple Choice Items) und im Problemlösen (5 offene Aufgaben) erhoben (vgl. Mackensen-Friedrichs, 2005).

In der vorliegenden Untersuchung liegt der Schwerpunkt auf der Untersuchung der Charakteristika der Selbsterklärungen, die während der Trainingsstudie von den Lernenden angestellt und durch Protokolle des lauten Denkens nach der Methode von Ericsson und Simon (1993) erhoben wurden.

An der Trainingsstudie nahmen insgesamt 48 Versuchspersonen des 9. Jahrganges auf freiwilliger Basis teil. Die Versuchspersonen

wurden durch einen Vorwissenstest (30 Multiple-Choice Items) zum biologischen Faktenwissen im Sinne eines Experten-Novizen-Vergleichs ausgewählt. An dem Vorwissenstest nahmen insgesamt 216 Schülerinnen und Schüler des 9. Jahrganges teil. Das biologische Vorwissen war in dieser Population normal verteilt, sodass für den Extremgruppenvergleich das untere Quartil (Novizen) und das obere (Experten) ausgewählt wurden. 24 Schülerinnen und Schüler hatten ein hohes biologisches Vorwissen (16 Jungen und 8 Mädchen) und 24 ein niedriges (12 Jungen und 12 Mädchen). Von den 24 Experten erhielten 13 expertenhafte Lernimpulse (Gruppe 1) und 11 novizenhafte Lernimpulse (Gruppe 3). Von den 24 Novizen erhielten 13 expertenhafte Lernimpulse (Gruppe 2) und 11 novizenhafte Lernimpulse (Gruppe 4) (s. Abb.1).


Das Selbsterklärungstraining fand anhand eines in sich geschlossenen Lehrganges mit 10 Beispielaufgaben statt, zum Thema Prinzipien der Ökologie. Eine vollständige Beispielaufgabe befindet sich im Anhang. Die vorwissensabhängigen Instruktionsmaßnahmen basieren auf den Selbsterklärungstypen aus der Untersuchung von Kroß und Lind (2001), die in ihrer Untersuchung lernwirksame Selbsterklärungstypen in Abhängigkeit vom Vorwissen identifizieren konnten. Insgesamt wurden die folgenden Selbsterklärungstypen in Abhängigkeit vom Vorwissen trainiert (Tab.1):

Tab.1: Anzahl trainierter Selbsterklärungen durch expertenhafte und novizenhafte Lernimpulse. In Klammern ist angegeben, wie oft die Lernimpulse in die 10 Beispielaufgaben integriert wurden.

Expertenhafte Lernimpulse	Novizenhafte Lernimpulse
Antizipatorisches Vorgehen (11-mal)	Paraphrasieren (37-mal)
Rückgriff auf Vorwissen, das nicht im Lehrgang erwähnt wird (47-mal)	Herstellen von Beziehungen zwischen unterschiedlich repräsentierten Informationen (18-mal)
Schlussfolgern (10-mal)	Rückgriff auf im Lehrgang vermitteltes Wissen (14-mal)
Summe: 68 Lernimpulse	Summe: 69 Lernimpulse

Um antizipatorisches Vorgehen anzuregen, wurde nach einer Fragestellung der Lernimpuls eingebettet in einer Denkblase dargestellt: „Ich überlege erst selbst, bevor ich weiterlese.“ Um den Bezug zu einer Grafik herzustellen beinhaltet der Lernimpuls z.B. die Aufforderung: „Das sehe ich auch in der Grafik ...“ Während der Bearbeitung der Beispielaufgaben sollten die Lernenden kontinuierlich laut denken. Es wurde erhoben, welche Selbsterklärungen auf einen Impuls hin von den Lernenden angestellt wurden und welche Selbsterklärungen spontan (ohne einen Impuls) getätigt wurden. Es wurde zudem kodiert, ob die Selbsterklärungen richtig oder falsch waren. Ebenso wurden Verständnisäußerungen und Missverständnisse kodiert. Die Kodierung wurde insgesamt von 2 Mitarbeiterinnen vorgenommen, die in ihrer Kodierung zu 80% überstimmten. Ein Beispiel für eine Kodierung befindet sich in der Abbildung 2.

„Welche Auswirkungen wären für die Lebewesen im Lebensraum See zu befürchten, wenn bspw. aufgrund einer bakteriellen Verunreinigung verursacht durch eine alte Kläranlage viele Fische in einem See sterben würden?“



S1: „Was die Auswirkungen auf den Lebensraum wären (1). Hm, Fische essen Plankton (2). Mehr Plankton würde im Wasser sein (3).“

Kodierung: (1): Paraphrasieren; (2): Vorwissen, das nicht in der Beispielaufgabe genannt wurde; (3): eigene Schlussfolgerung.

Abb.2: Ausschnitt einer Beispielaufgabenlösung zum Nahrungsnetz See mit einem Lernimpuls in der Denkblase, der das Paraphrasieren anregen soll, die daraufhin geäußerte Selbsterklärung eines Lernenden mit wenig Vorwissen(S₁) sowie die Kodierung.

4 Ergebnisse

4.1 Analysen möglicher Interaktionseffekte

Ausgehend vom 2x2-Design werden zunächst univariante ANOVAs berechnet. Die beiden unabhängigen Variablen sind der Expertisegrad (Novize oder Experte) und die Art des Treatments (novizenhafte oder expertenhafte Lernimpulse zum Selbsterklären). Als abhängige Variable wird dabei jeweils die Anzahl der Selbsterklärungen auf Impulse hin bzw. die Anzahl spontaner Selbsterklärungen betrachtet. Die Ergebnisse zeigen in beiden Fällen, dass das Treatment und der Expertisegrad keinen signifikanten Haupteffekt aufweisen (s. Abb.3 und 4). Es zeigt sich jedoch eine Interaktion zwischen den beiden Faktoren Expertisegrad und Treatment. Hinsichtlich der Anzahl der Selbsterklärungen auf Impulse (Abb.3) zeigt sich diese Wechselwirkung in der Tendenz ($F(1,43)=2,933$; $p=.094$; $\eta^2=.064$), hinsichtlich der Anzahl spontaner Selbsterklärungen (Abb.4) ist sie signifikant ($F(1, 43)=8,473$; $p=.006$; $\eta^2=.165$).

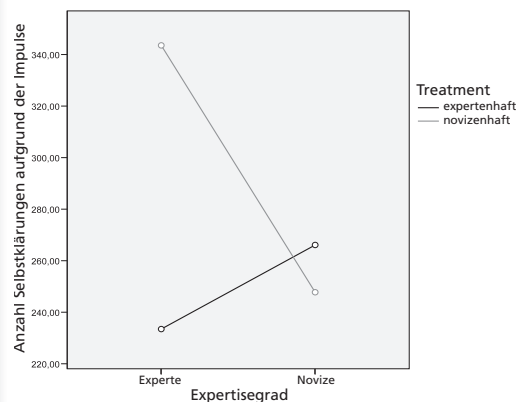


Abb.3: Profildiagramm der Varianzanalyse (UV1: Expertisegrad; UV 2: Treatment); links: AV: Gesamtzahl Selbsterklärungen auf Impulse hin; rechts: AV: Gesamtzahl spontaner Selbsterklärungen

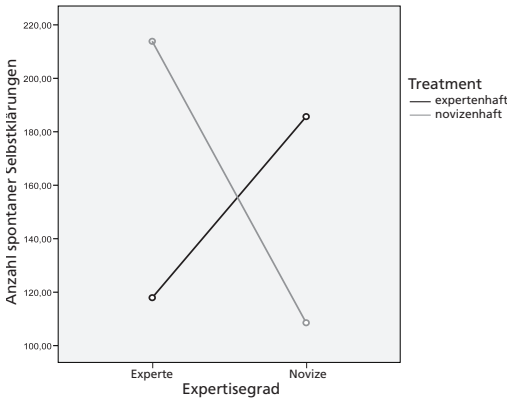


Abb.4: Profildiagramm der Varianzanalyse (UV1: Expertisegrad; UV 2: Treatment); links: AV: Gesamtzahl spontaner Selbsterklärungen

Folglich hat weder der Expertisegrad noch das Treatment für sich allein genommen einen Einfluss auf die Selbsterklärungsquantität. Es zeigt sich jedoch eine signifikante Wechselwirkung der beiden unabhängigen Variablen: Die Impulse wirken sich in Abhängigkeit vom jeweiligen Expertisegrad auf die Selbsterklärungsquantität aus, sowohl auf die Anzahl der spontanen Selbsterklärungen als auch auf die Selbsterklärungen auf die Impulse hin: Lernende, die mit Impulsen lernen, die nicht ihrem Vorwissen angepasst sind, stellen vermehrt zusätzliche Selbsterklärungen an.

Da sich Interaktionseffekte zwischen dem Treatment und dem Expertisegrad gezeigt haben (Selbsterklärungsquantität), soll nun analysiert werden, wie die Lernenden der vier Experimentalgruppen (s. Abb.1) im Einzelnen auf die Intervention in Abhängigkeit von ihrem Vorwissen reagiert haben. Dabei werden an dieser Stelle nicht nur die Auswirkungen auf die Quantität der Selbsterklärungen untersucht, sondern auch der Einfluss des Treatments auf die Selbsterklärungsqualität.

4.2 Analysen der Selbsterklärungen aufgrund vorwissensangepasster Impulse

Zunächst wurden die Daten der Lernenden analysiert, die mit Impulsen gelernt haben, die ihrem Vorwissen angepasst waren (Gruppe 1 und 4, vgl. Abb.1). Um zu überprüfen, ob signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen vorliegen, wird im Folgenden, wenn nicht anders erwähnt, mit dem zweiseitigen T-Test für unabhängige Stichproben gerechnet.³ Es werden dabei nicht die Mittelwerte der Selbsterklärungen pro Impuls pro Lernender miteinander verglichen, sondern die durchschnittliche Anzahl der Selbsterklärungen pro Lernender

Tab. 2: Anzahl aller Selbsterklärungen aufgrund eines Lernimpulses und spontaner Selbsterklärungen von Lernenden, die mit vorwissensangepassten Lernimpulsen gelernt haben. Die Mittelwerte beziehen sich auf die durchschnittliche Anzahl von Selbsterklärungen pro Lernender im gesamten Beispielaufgabenlehrgang (SE: Selbsterklärungen).

	Selbsterklärungen aufgrund von Lernimpulsen Mittelwert und Standardabweichung	Spontane Selbsterklärungen Mittelwert und Standardabweichung
SE Experten (N=13, exp. Lernimpulse)	304.8±120.6	199.4±122.5
SE Novizen (N=12, nov. Lernimpulse)	343.6±140.6	213.5±89.5
Signifikanz T-Test	n. s.	n. s.

³ Die verwendeten Daten weichen in keinem Fall signifikant von einer Normalverteilung ab. Die Berechnung erfolgte jeweils mit dem Kolmogrow-Smirnow-Anpassungstest.

im gesamten Lehrgang, da ansonsten ein Vergleich mit der Anzahl spontaner Selbsterklärungen nur schwer möglich ist.

In einem ersten Schritt wurde untersucht, ob sich Experten von Novizen in der Anzahl der Selbsterklärungen auf die Lernimpulse hin und in der Anzahl spontaner Selbsterklärungen, d.h. nicht aufgrund eines Lernimpulses, unterscheiden (Tab. 2). Diesbezüglich zeigte sich kein Unterschied ($p=.80$). Dieses Ergebnis spricht für eine effektive und vorwissensangepasste Konzipierung der Impulse. Vermutlich fand weder eine Über- noch eine Unterforderung der Probanden statt, da sich dieses in verminderter Selbsterklärungsintensität zeigen würde (Kroß & Lind, 2001).

Im nächsten Schritt wurde untersucht, welche Selbsterklärungen die Probanden auf die Selbsterklärungsimpulse hin angestellt haben. In die Datenauswertung gehen alle Selbsterklärungen ein, die auf Lernimpulse hin geäußert wurden, und im Zuge der Kodierung folgenden Selbsterklärungskategorien zugeordnet werden konnten:

- Schlussfolgern
- Antizipieren

- Rückgriff auf eigenes Vorwissen (betrifft Wissensbestände, die nicht in der Beispielaufgaben vermittelt wurden)
- Rückgriff auf Vorwissen aus den Beispielaufgaben (wurde in den bisherigen Beispielaufgaben vermittelt)
- Paraphrasieren
- Beziehungssuche zwischen Graphik und Text

Bei all diesen Selbsterklärungen wurde zudem kodiert, ob die Selbsterklärungen richtig oder falsch waren. Des Weiteren wurden „Monitoring“ Aussagen wie Verständnis und Missverständnisaussäuerungen berücksichtigt. Bei der Kodierung wurden einige Sinneinheiten doppelt codiert, da sie unterschiedlichen Kategorien zugewiesen werden konnten. Im Falle der Kategorien „Schlussfolgern“ und „Antizipieren“ ist dabei häufig eine Überlappung mit der Kategorie „Vorwissen“ zu finden, da das Vorwissen erst die Voraussetzung für das Schlussfolgern beziehungsweise Antizipieren schafft.

Das Spektrum der angestellten Selbsterklärungen⁴ von Experten auf expertenhafte Lernimpulse während der Bearbeitung der zehn Beispielaufgaben auf die entsprechenden Impulse hin ist in Tabelle 3 dargestellt.

Tab. 3 Durchschnittliche Anzahl Selbsterklärungen pro Impuls und die Standardabweichungen in den betrachteten Kategorien von Experten auf expertenhafte Lernimpulse (Anzahl insgesamt in Klammern; N=13 Versuchspersonen; BA: Beispielaufgabe, VW: Vorwissen).

Expertenhafte Lernimpulse	Anzahl getätigter Selbsterklärungen				
	Schlussfolgern	Antizipieren	Rückgriff auf eigenes VW	Rückgriff auf VW aus BA	Paraphrasieren
Schlussfolgern (47)	1.67±0.81	0	0.25±0.16	0.21±0.14	0.20±0.18
Antizipieren (11)	2.90±1.62	0.83±0.27	0.65±0.41	0.64±0.44	0.56±0.60
Rückgriff auf eigenes VW (10)	2.60±1.50	0	1.46±0.91	0.34±0.34	0.37±0.41

⁴ In den folgenden Tabellen ist immer die Summe aus richtigen und falschen Selbsterklärungen gemeint, solange nicht anders erwähnt.

In den Tabellen 3 und 4 sind durch Fettdruck diejenigen Selbsterklärungen hervorgehoben, die durch den Lernimpuls angeregt werden sollten. Die deskriptiven Ergebnisse zeigen, dass im Wesentlichen mit der erwünschten Selbsterklärung auf den Lernimpuls reagiert wurde. Beispielsweise wurden auf die 47 Lernimpulse zum Schlussfolgern hin im Mittel pro Lernimpuls 1.67mal Schlussfolgerungen gezogen. Zusätzlich wurde auf die Lernimpulse zum Schlussfolgern auch auf das eigene Vorwissen zurückgegriffen, paraphrasiert und auf das Vorwissen, das in den Beispielaufgaben vermittelt wurde, zurückgegriffen. Auffällig ist, dass die Lernimpulse, die das Antizipieren und den Rückgriff auf eigenes Vorwissen anregen sollten, ebenfalls viele Schlussfolgerungen bei den Lernenden hervorrufen haben, was wahrscheinlich zu einem Großteil aufgabenbedingt ist.

Insgesamt lassen die Ergebnisse den Rückschluss zu, dass Lernende mit viel Vorwissen, die mit vorwissensangepassten Lernimpulsen lernen, die vom Lernimpuls intendierte Selbsterklärung sowie zusätzliche Selbsterklärungen anstellen, wobei die expertenhaften Selbsterklärungen überwiegen.

Bezüglich der novizenhaften Lernimpulse zeigt sich ein ähnliches Bild (Tab. 4).

Auch Lernende mit wenig Vorwissen zeigen das vom Lernimpuls intendierte Elaborationsverhalten. Zudem rufen die Lernimpulse bei ihnen häufig das Ziehen eigener Schlussfolgerungen hervor.

Insgesamt rufen die vorwissensangepassten Lernimpulse die intendierten Selbsterklärungen beim Lernenden hervor und beeinflussen damit die Selbsterklärungsqualität. Zudem stellten sowohl Novizen als auch Experten über den Lernimpuls hinausgehende Selbsterklärungen an. Dabei stellten Experten eher expertenhafte Selbsterklärungen an, wohingegen Novizen auch vermehrt zusätzlich Schlussfolgerungen zogen. Beide Gruppen unterschieden sich nicht hinsichtlich der Anzahl der Äußerungen zum Verständnis ($p=.959$) und Missverständnis ($p=.527$), und der Anzahl richtiger ($p=.693$) und falscher Selbsterklärungen ($p=.874$).

4.3 Analysen der Selbsterklärungen aufgrund nicht vorwissensangepasster Impulse

Im nächsten Schritt wird untersucht, wie Lernende auf Selbsterklärungsimpulse reagieren, die nicht an ihr Vorwissen angepasst sind.

Tab. 4: Durchschnittliche Anzahl Selbsterklärungen pro Lernimpuls und die Standardabweichungen in den betrachteten Kategorien von Novizen auf novizenhafte Lernimpulse hin (Anzahl insgesamt in Klammern; N=12 Versuchspersonen; BA: Beispielaufgabe, VW: Vorwissen).

Novizenafte Lernimpulse	Anzahl getätigter Selbsterklärungen				
	Beziehungssuche Text-Grafik	Paraphrasieren	Rückgriff auf VW aus BA	Schlussfolgern	Rückgriff auf eigenes VW
Beziehungssuche zwischen Text-Grafik (18)	1.72±1.38	0.37±0.25	0.09±0.12	0.66±1.03	0.08±0.21
Paraphrasieren (37)	0	1.23±0.89	0.22±0.28	0.76±0.76	0.15±0.21
Rückgriff auf VW aus BA (14)	0	0.45±0.44	0.79±0.56	0.88±0.65	0.07±0.14

Zunächst wurde untersucht, wie Novizen auf expertenhafte Lernimpulse reagieren. Dazu wurde untersucht, ob sie sich von Novizen, die mit novizenhaften Lernimpulsen gelernt haben, in der Anzahl der Selbsterklärungen auf die Selbsterklärungsimpulse hin und in der Anzahl spontaner Selbsterklärungen unterscheiden. Diesbezüglich zeigte sich kein Unterschied (bezüglich Impulse $p=.76$, bezüglich spontaner Selbsterklärungen $p=.15$, vgl. Tab. 5).

Zudem zeigte sich, dass Novizen, die mit expertenhaften Lernimpulsen gelernt haben, häufiger falsche Selbsterklärungen angestellt haben, als Novizen, die mit novizenhaften Impulsen gelernt haben ($p=.008$).

In Tabelle 6 ist dargestellt, welche Selbsterklärungen von Novizen angestellt wurden, die mit expertenhaften Lernimpulsen gelernt haben.

Es zeigt sich, dass Novizen, die mit expertenhaften Lernimpulsen gelernt haben, die

erwünschten Selbsterklärungen angestellt haben. Zudem werden zusätzliche Selbsterklärungen angestellt, wobei die Schlussfolgerungen wieder überwiegen im Vergleich zu novizenhaften Selbsterklärungen wie das Paraphrasieren oder der Rückgriff auf Vorwissen aus der Beispielaufgabe.

Werden diese Novizen mit Experten verglichen, die mit den gleichen expertenhaften Impulsen gelernt haben, zeigen sie auf den ersten Blick ein ähnliches Selbsterklärungsverhalten: Sie unterscheiden sich nicht hinsichtlich der Anzahl der spontanen Selbsterklärungen ($p=.188$) und der Selbsterklärungen auf einen Lernimpuls hin ($p=.384$). Es zeigte sich aber, dass diese Novizen häufiger falsche Selbsterklärungen anstellten, als Experten auf diese Lernimpulse ($p=.044$). Trotzdem äußerten sie genauso häufig Verständnis ($p=.182$) und Missverständnis ($p=.336$) wie diese Experten.

Tab.5: Anzahl der Selbsterklärungen auf einen Lernimpuls hin und spontan geäußert von Novizen, die mit novizenhaften Lernimpulsen gelernt haben im Vergleich zu Novizen, die mit expertenhaften Lernimpulsen gelernt haben. Die Mittelwerte beziehen sich auf die durchschnittliche Anzahl von Selbsterklärungen pro Lernender im gesamten Beispielaufgabenlehrgang.

	Selbsterklärungen aufgrund von Lernimpulsen Mittelwert und Standardabweichung	Spontane Selbsterklärungen Mittelwert und Standardabweichung
SE Novizen (N=11, nov. Impulse)	343.6±140.6	213.5±89.5
SE Novizen (N=13, exp. Impulse)	233.5±92.3	117.5±59.8
Signifikanz T-Test	n. s.	n. s.

Tab. 6: Durchschnittliche Anzahl Selbsterklärungen pro Lernimpuls und die Standardabweichungen in den betrachteten Kategorien von Novizen auf expertenhafte Lernimpulse hin (Anzahl insgesamt in Klammern; N=11 Versuchspersonen; BA: Beispielaufgabe, VW: Vorwissen).

Expertenhafte Lernimpulse	Anzahl getätigter Selbsterklärungen				
	Schlussfolgern	Antizipieren	Rückgriff auf eigenes VW	Rückgriff auf VW aus BA	Paraphrasieren
Schlussfolgern (47)	2.45±0.89	0	0.27±0.14	0.16±0.12	0.20±0.17
Antizipieren (11)	3.04±1.09	1.13±0.20	0.59±0.34	0.66±0.37	0.74±0.49
Rückgriff auf eigenes VW (10)	3.11±0.82	0	1.35±0.31	0.47±0.35	0.39±0.34

Tab. 7: Anzahl der Selbsterklärungen auf einen Lernimpuls hin und spontan geäußert von Experten, die mit expertenhaften Lernimpulsen gelernt haben im Vergleich zu Experten, die mit novizenhaften Lernimpulsen gelernt haben (T-Test für gepaarten Stichproben; SE: Selbsterklären).

	Selbsterklärungen aufgrund von Lernimpulsen Mittelwert und Standardabweichung	Spontane Selbsterklärungen Mittelwert und Standardabweichung
SE Experten (N=13, exp. Impulse)	233.5±92.3	117.5±59.7
SE Experten (N=11, nov. Impulse)	343.5±140.6	213.5±89.5
Signifikanz T-Test	p= .040	p= .008

Tab. 8: Durchschnittliche Anzahl Selbsterklärungen pro Lernimpuls und Standardabweichungen in den betrachteten Kategorien von Experten auf novizenhafte Lernimpulse hin (Anzahl insgesamt in Klammern; N=12 Versuchspersonen; BA: Beispielaufgabe, VW: Vorwissen).

Novizenhafte Lernimpulse (67)	Anzahl getätigter Selbsterklärungen				
	Paraphrasieren	Rückgriff auf VW aus BA	Beziehungssuche Grafik-Text	Schlussfolgern	Rückgriff auf eigenes VW
Paraphrasieren (37x)	1.63±0.91	0.34±0.19	0	1.18±0.45	0.22±0.12
Rückgriff auf VW aus BA (14x)	0.68±0.58	1.23±0.66	0	1.46±0.76	0.08±0.13
Beziehungssuche Grafik-Text (18x)	0.46±0.19	0.03±0.05	3.01±1.58	0.70±0.47	0.03±0.03

Nun soll analysiert werden, wie Experten sich verhalten, wenn sie mit novizenhaften Lernimpulsen gelernt haben. Analog zu der bisherigen Auswertung ist in Tabelle 7 dargestellt, inwiefern sich Experten, die mit novizenhaften Lernimpulsen gelernt haben, in der Anzahl der Selbsterklärungen auf die Selbsterklärungsimpulse hin und in der Anzahl spontaner Selbsterklärungen von Experten, die mit expertenhaften Impulsen gelernt haben, unterscheiden.

Es zeigt sich, dass sich diese beiden Gruppen signifikant voneinander unterscheiden: Experten, die mit novizenhaften Lernimpulsen gelernt haben, stellen sowohl mehr Selbsterklärungen auf einen Lernimpuls hin

an (p=.040) als auch spontan (p=.008). In Tabelle 8 ist dargestellt, welche Selbsterklärungen von Experten angestellt wurden, die mit novizenhaften Lernimpulsen gelernt haben.

Es zeigt sich, dass auch Experten die intendierten novizenhaften Selbsterklärungen anstellen. Zusätzlich stellen sie zusätzliche Selbsterklärungen wie z.B. Schlussfolgerungen an. Im Vergleich mit Novizen, die mit den gleichen novizenhaften Impulsen gelernt haben, stellen die Experten mehr richtige Selbsterklärungen an (p=.049) und äußern häufiger Verständnis (p=.048). Zudem stellen sie mehr spontane Selbsterklärungen an (p=.011).

5 Zusammenfassung und Diskussion

Mit Rückbezug auf die Forschungsfrage „Welche Art von Selbsterklärungen wurden von Lernenden der Klasse 9, die sich in ihrem biologischen Vorwissen erheblich voneinander unterscheiden, auf vorwissensangepasste oder nicht dem Vorwissen angepasste domänenspezifische Selbsterklärungsimpulse hin angestellt?“ kann zunächst festgestellt werden, dass die unterschiedlichen vorwissensangepassten Lernimpulse die intendierten Selbsterklärungen hervorrufen und somit nachweislich einen Einfluss auf die Selbsterklärungsqualität haben. Zusätzlich zu den intendierten Selbsterklärungen rufen sie weitere Selbsterklärungen hervor. Somit haben sie auch einen positiven Einfluss auf die Selbsterklärungsquantität.

Bezüglich der Lernenden, die nicht mit vorwissensangepassten Lernimpulsen gelernt haben, zeigt sich ein unterschiedliches Selbsterklärungsverhalten in Abhängigkeit vom Vorwissen:

Bezüglich der Experten, die mit novizenhaften Impulsen gelernt haben, zeigt sich ein Verhalten, das als Kompensation interpretiert werden kann: Sie stellen zwar zunächst die angeregten novizenhaften Selbsterklärungen an, scheinen aber durchaus zu bemerken, dass die Lernimpulse ihren Lernprozess nicht optimal unterstützen. Sie stellen deutlich mehr sowohl spontane Selbsterklärungen als auch Selbsterklärungen auf einen Impuls an. Vermutlich stellen sie damit die ihnen noch fehlenden Elaborationen an. Diese Ergebnisse unterstützen die Ergebnisse von Mackensen-Friedrichs (2005), die in einer ersten Analyse der Daten zeigen konnte, dass diese Gruppe deutlich länger spontan selbsterklärt als alle anderen Gruppen. Zudem zeigten Ergebnisse eines Fragebogens (Mackensen-Friedrichs, 2005), dass sie als einzige Gruppe im Gegensatz zu den anderen drei Gruppen die Lernimpulse als störend und als nicht lernförderlich empfunden hat.

Hingegen zeigen Novizen auf die expertenhaften Lernimpulse hin zwar den Versuch,

die expertenhaften Selbsterklärungen anzustellen, stellen aber häufiger falsche Selbsterklärungen an, als Experten, die mit den gleichen Lernimpulsen gelernt haben und als Novizen, die mit novizenhaften Lernimpulsen gelernt haben. Sie ignorieren also die expertenhaften Lernimpulse nicht, sondern bemühen sich die richtigen Antworten zu liefern, wobei sie auch häufig novizenhafte Selbsterklärungen anstellen. Aufgrund des geringen Vorwissens benötigen sie aber vermutlich mehrere Versuche, was sich in der Selbsterklärungsquantität zeigt. Dass sie dabei häufiger falsche Selbsterklärungen anstellen spricht dafür, dass die Selbsterklärungsqualität dennoch gering bleibt. Um diese Vermutung zu überprüfen, sollten in weiterführenden Untersuchungen auch die fachliche Richtigkeit der Selbsterklärungen im Detail berücksichtigt werden. Auch äußern Novizen, die mit expertenhaften Impulsen gelernt haben, nicht häufiger Missverständnis als die beiden zuvor genannten Gruppen. Somit deutet alles darauf hin, dass diese Novizen nicht bemerkt haben, dass die Lernimpulse nicht ihrem Vorwissen angepasst waren. Wahrscheinlich erlagen sie einer Verständnisillusion, da nichts in ihrem Elaborationsverhalten daraufhin deutet, dass sie sich durch die expertenhaften Lernimpulse überfordert gefühlt hätten (Kroß & Lind, 2001). Das Auftreten einer Verständnisillusion beim Lernen mit Beispielaufgaben ist ein bereits bekanntes Problem (z.B. Renkl et al., 1998, 2002). Die Ergebnisse dieser Studie lassen darauf schließen, dass Verständnisillusionen häufiger auftreten, wenn die Lernmaterialien oder wie in diesem Fall die Trainingsmaßnahmen, nicht dem Vorwissen angepasst sind.

Auf den ersten Blick scheint es, dass auch Lernimpulse, die nicht dem Vorwissen angepasst sind, die Selbsterklärungsquantität positiv beeinflussen: Wie die Varianzanalysen zeigen, erklären Lernende mit nicht angepassten Lernimpulsen in der Tendenz insgesamt mehr selbst. Die Ergebnisse der univarianten ANOVAs sollten insofern aber als kritisch betrachtet werden, als dass sich

die beschriebene Wechselwirkung der beiden unabhängigen Variablen Expertisegrad und Treatment bezüglich der Selbsterklärungsquantität aufgrund von Lernimpulsen nur in der Tendenz zeigen und sich somit nicht ohne Weiteres generalisieren lassen. Bezüglich der spontanen Selbsterklärungsquantität ist die Wechselwirkung zwar signifikant, aber es ist zu bedenken, dass bei einem Extremgruppenvergleich, wie er hier durchgeführt worden ist, die Zusammensetzung der beiden Gruppen (Novizen – Experten) aufgrund der geringen Stichprobe nicht ohne Weiteres als stabil betrachtet werden kann. Aus diesem Grunde sollten die hier beobachteten Wechselwirkungen in weiteren Studien überprüft werden.

Aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Varianzanalysen und Ergebnisse früherer Studien, in denen ein positiver Zusammenhang zwischen Erhöhung der Selbsterklärungsquantität und dem Lernerfolg nachgewiesen wurde (u.a. Chi et al., 1994, Renkl et al., 1998), könnte man schließen, dass die nicht angepassten Selbsterklärungen einen stärkeren Einfluss auf die Quantität haben und somit auch einen stärkeren Einfluss auf den Lernerfolg. Bezüglich der Selbsterklärungsqualität zeigen sich jedoch, wie bereits erläutert, deutliche Unterschiede, was sich auch bei den Versuchspersonen dieser Studie im Lernerfolg widerspiegelt (Mackensen-Friedrichs, 2005): Die Gruppen, die mit vorwissensangepassten Lernimpulsen gelernt haben, zeigten einen höheren Lernerfolg im Faktenwissen als ihre entsprechende Vergleichsgruppen mit nicht dem Vorwissen angepassten Impulsen.

Insgesamt deuten die Befunde darauf hin, dass es nicht ausreicht, lediglich die Selbsterklärungsquantität zu erhöhen, um lernwirksame Selbsterklärungen hervorzurufen. Um optimal den Lernprozess zu unterstützen, sollten vorwissensangepasste, inhaltspezifische Lernimpulse zum Selbsterklären in das Lernmaterial integriert werden, um so auch einen positiven Einfluss auf die Selbsterklärungsqualität zu erzielen, die im Wesentlichen den Lernerfolg beeinflusst. Es scheint,

als ob aufgrund der unangepassten Lernimpulse insbesondere die Novizen ziellos selbsterklären. Mithilfe der vorwissensangepassten Lernimpulse wird Novizen der Lernprozess strukturiert, und die Aufmerksamkeit wird auf die relevanten Aspekte gelenkt. Die Aufmerksamkeit der Experten wurde durch die novizenhaften Lernimpulse wahrscheinlich auf für sie redundante Informationen gelenkt, die sie schon längst gelernt und verstanden hatten. Von den eigentlichen für sie relevanten Vernetzungen wurden sie dadurch abgelenkt, und diese mussten durch zusätzliche Selbsterklärungen aufgebaut werden. Eine ähnliche Beobachtung wurde in der Untersuchung von Gerjets, Scheiter und Catrambone (2006) gemacht, in der das Lernen in einer Gruppe durch nicht genügend dem Vorwissen angepassten Aufforderungen zum Selbsterklären (vermutlich zu novizenhaft) negativ beeinflusst wurde. Lernimpulse, die an viel Vorwissen angepasst sind, zeigen Experten hingegen Stellen zur Vernetzung auf und beeinflussen so den Lernprozess positiv, ohne zu überfordern. Insgesamt bewirken die vorwissensangepassten Lernimpulse demnach einen gezielteren Lernprozess.

Sicherlich lassen sich diese Ergebnisse nicht direkt in die Schulpraxis bzw. auf die Erstellung von Lernmaterialien übertragen, da sich im Allgemeinen Schulklassen wesentlich heterogener bezüglich des individuellen Vorwissens zusammensetzen als die Versuchspersonen dieser Studie. Für diese Untersuchung wurden nur Lernende mit viel und wenig Vorwissen eingesetzt. In der weiteren Forschung soll es um Lernende mit mittlerem Vorwissen gehen, da erst dann eine Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Schulpraxis erfolgen kann. Letztlich sollen Lernmaterialien für den Biologieunterricht entwickelt werden können, die eine angemessene Binnendifferenzierung im alltäglichen Schulunterricht ermöglichen und damit den Lernprozess optimal unterstützen.

An dieser Stelle möchte ich mich bei Prof. Dr. Angela Sandmann (Universität Duisburg-Essen), Prof. Dr. Gunnar Friege (Universität

Hannover) sowie bei Prof. Dr Ute Harms und Dr. Markus Lücken (IPN Kiel) für die vielen hilfreichen Diskussionen bedanken.

Diese Untersuchung wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert (GZ MA 3912/2-1).

Literatur

- Chi, M.T.H. (2000): Self-Explaining Expository Texts: The Dual Processes of Generating Inferences and Repairing Mental Modells. In: R. Glaser (Ed.): *Advances in Instructional Psychology*, (pp. 161- 237), Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Chi, M.T.H., Bassok, M., Lewis, M.W., Reimann, P. & Glaser, R. (1989): Self-Explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145-182.
- Chi, M.T.H., de Leeuw, N., Chiu, M.-H. & LaVan-cher, C. (1994): Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18, 439-477.
- Conati, C. & VanLehn, K. (2000): Toward computer-based support of meta-cognitive skills: A computational framework to coach self-explanation. *The International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11, 389-415.
- Crippen, K.J. & Earl, B.L. (2007): The impact of web-based worked examples and self-explanation on performance, problem-solving, and self-efficacy. *Computers & Education* 49, 809-821.
- Ericsson, K.A. & Simon, H.A. (1993): *Protocol analysis: Verbal reports as data*. Cambridge, MA, MIT Press.
- Friedrich, H. F. & Mandl, H. (1992). Lern- und Denkstrategien – ein Problemaufriß. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Lern- und Denkstrategien – Analyse und Intervention* (S. 1-54). Göttingen: Hogrefe.
- Gerjets, P., Scheiter, K. & Catrambone, R. (2006): Can learning from molar and modular worked examples be enhanced by providing instructional explanations and prompting self-explanations? *Learning and Instruction* 16, 104-121.
- Gick, M.L. & Holyoak, K.J. (1980): Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*. 12, 306-355.
- Große, C.S. & Renkl, A. (2004): Learning from worked examples: What happens if errors are included? In P. Gerjets, J. Elen, R. Joiner & P. Kirschner (Eds.), *Instructional design for effective and enjoyable computer-supported learning* (pp. 356-364). Tübingen: Knowledge Media Research Center.
- Gruber, H. (1991): *Qualitative Aspekte von Expertise im Schach*. Feenschach Aachen.
- Hilbert, T.S., Renkl, A., Reiss, K. & Heinze, A. (2005): Give them time to think it over! A computer-based learning environment for teachers. *Recent Research Developments in Learning Technologies* (pp. 757-762). Caceres, Spain: Formatex.
- Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, P. & Sweller, J. (2001): When Problem Solving Is Superior to Studying Worked Examples. *Journal of Educational Psychology*, Vol. 93, No. 3, 579-588.
- Kroß, A. & Lind, G. (2001): Einfluss von Vorwissen auf Intensität und Qualität des Selbsterklärens beim Lernen mit biologischen Beispielaufgaben. *Unterrichtswissenschaft*, 1, 5-25.
- Lind, G., Friege, G. & Sandmann, A. (2005): Selbsterklären und Vorwissen. *Zeitschrift für empirische Pädagogik*, 19(1), 1-27.
- Lind, G. & Sandmann, A. (2003). Lernstrategien und Domänenwissen. *Zeitschrift für Psychologie*, 211 (4), 171-192.
- Mackensen-Friedrichs, I. (2005). *Förderung des Expertiseerwerbs durch das Lernen mit Beispielaufgaben im Biologieunterricht der Klasse 9*. Kieler Dissertationen online: http://e-diss.uni-kiel.de/diss_1303/
- Neumann, Y. & Schwarz, B.(1998): Is self-explanation while solving problems helpful? The case of analogical problem-solving. *British Journal of Educational Psychology*. 68, 15-24.
- Neumann, Y. & Schwarz, B.(2000): Substituting one mystery for another: the role of self-explanation in solving algebra word-problems. *Learning and Instruction*, 10, 203-220.
- Rabe, T. & Mikelskis, H. (2007): Kohärenzbildungshilfen und Selbsterklärungen: Fördern sie das Physiklernen? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 13, 33-52
- Recker, M. & Pirolli, P. (1995): Modelling individual differences in students' learning strategies. In: *The Journal of the Learning Sciences*, 4, 1-38.
- Reimann, P. (1997): *Lernprozesse beim Wissenserwerb aus Beispielen*. Bern: Huber.
- Renkl, A. (1997): Learning from worked-out examples: A study on individual differences. *Cognitive Science*, Vol. 21, 1-29.
- Renkl, A. (2002): Worked-out examples: instructional explanations support learning by self-explanations. *Learning and instruction*, 12, 529-556.

- Renkl, A., Stark, R., Gruber, H. & Mandl, H. (1998): Learning from worked-out examples: The effects of example variability and elicited self-explanations. *Contemporary Educational Psychology*, 23, 90-108.
- Rittle-Johnson, B. (2004): Promoting Flexible Problem Solving: The Effects of Direct Instruction and Self-Explaining. In K. Forbus, D. Gentner & T. Regier (Eds.), *Proceedings of the Twenty-Sixth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 1161-1166). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Stark, R. (1999). *Lernen mit Lösungsbeispielen - Einfluss unvollständiger Lösungsbeispiele auf Beispiellelaboration, Lernerfolg und Motivation*. Göttingen, Hogrefe Verlag für Psychologie.
- Sweller, J. & Cooper, G.A. (1985): The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction*, Vol. 2, 59-89.
- van Gog, T., Paas, F. & van Merriënboer, J.J.G. (2006): Effects of process-oriented worked examples on troubleshooting transfer performance. *Learning and Instruction* 16, 154-164.
- VanLehn, K. (1986): Arithmetic procedures are induced from examples. In: Hiebert, J.: *Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Wong, R.M.F., Lawson, M.J. & Keeves, J. (2002): The effect of self-explanation training on students' problem solving in high school mathematics. *Learning and Instruction*, 12, 233-262.

Kontakt

Dr. Iris Mackensen-Friedrichs
Abteilung für Biologiedidaktik
Leibniz-Institut für die Pädagogik der
Naturwissenschaften und Mathematik
an der Universität Kiel
Olshausenstraße 62
24098 Kiel
mackensen@ipn.uni-kiel.de

Autoreninformation

Studium der Fächer Biologie und Chemie für das höhere Lehramt. Nach dem 2. Staatsexamen Promotion in der Biologiedidaktik am IPN Kiel. Zurzeit tätig als wissenschaftliche Mitarbeiterin am IPN Kiel in der Abteilung für Biologiedidaktik.

Anhang

Beispielaufgabe 3 aus dem Beispielaufgabenlehrgang

Die gestrichelten Linien stehen für einen Seitenumbruch. Die eingefügten Lernimpulse (E für expertenhaft und N für novizenhaft) befinden sich in der Tabelle in Anschluss an die Beispielaufgabe.

Die "Schneckenampel"

Innenparasiten sind meist darauf angewiesen, ihren Wirtsorganismus mehrfach zu wechseln. Sie sichern dadurch das Fortbestehen ihrer Art, da ihr Überleben so nicht nur von einer Wirtsart bzw. einem Wirtsorganismus abhängig ist. Zudem ermöglicht der häufige Wirtswechsel eine große Verbreitung.

Damit die Wirtssuche möglichst erfolgreich verläuft, haben Innenparasiten besondere Strategien entwickelt. Besonders raffinierte Strategien treten bei der Gruppe der Saugwürmer auf, die alle Innenparasiten sind. Einer ihrer Zwischenwirte sind in der Regel Weichtiere, z. B. Schnecken, Muscheln oder Tintenfische. Der Endwirt ist in praktisch allen Fällen ein Wirbeltier.

Ein Beispiel ist der Saugwurm *Leucochloridium*. Erwachsene Tiere leben in der Kloake von Singvögeln, die über ihren Kot seine Eier abgeben. Der Vogelkot wird von Bernsteinschnecken gefressen, die sich auf diese Weise mit dem Parasiten infizieren. Aber wie kommt der Wurm aus der Schnecke wieder in den Endwirt? Innenparasiten können ihren Wirt nicht aktiv aufsuchen. Sie müssen vom Endwirt aufgenommen werden.



Wie hat dieser Innenparasit die Wahrscheinlichkeit erhöht, in seinen Endwirt zu gelangen?

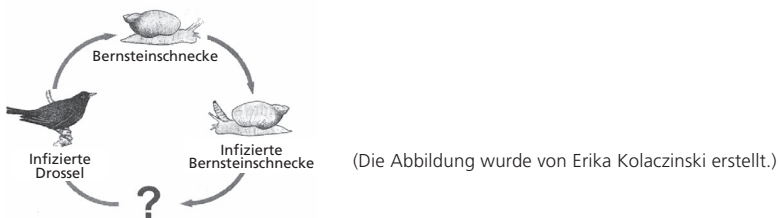
→ Lernimpuls E1 bzw. N1

Wie gesagt, gelangen die Parasiteneier mit dem Vogelkot ins Freie. Dort werden sie vom Zwischenwirt aufgenommen.

→ Lernimpuls N2

Im Zwischenwirt schlüpft der Parasit und entwickelt sich weiter.

→ Lernimpuls N3



Im Laufe der Zeit bekommt die infizierte Schnecke einen, manchmal auch zwei, auffällig gefärbte dicke Fühler.

→ Lernimpuls E2



Abb.: Infizierte Schnecke (Bild: <http://www.uni-bielefeld.de/biologie/Didaktik/Zoologie/>).

Die Fühler ähneln auffällig einer Insektenlarve.

→ Lernimpuls E3

Fortsetzung nächste Seite ...

Anhang

... Fortsetzung von Seite 171

Im Fühler bildet der Parasit Zentimeter lange Schläuche. Diese durchscheinenden, mit grünen und braunen Farbringen versehenen wurstförmigen Schläuche sind mit einem roten Augenfleck geziert. Sie sind durch die dünne Haut des Fühlers deutlich als leicht verwechselbare Nachahmung einer Insektenlarve erkennbar.
 → Lernimpuls N4

Im Schneckenfühler pulsieren sie vierzig bis siebzimal in jeder Minute, so dass der Fühler dieser Schnecke aussieht wie eine blinkende Ampel. Bei diesem Anblick können dann gewisse Singvögel, wie z.B. Drosseln, nicht lange widerstehen. Sie pflücken regelrecht den Schneckenfühler samt der Parasiten ab und verschlingen ihn.
 → Lernimpuls N5
 In der Drossel, dem Endwirt, wird der Parasit dann geschlechtsreif und kann sich vermehren.

In der Regel ist nur ein Schneckenfühler mit dem Parasiten infiziert. Verliert die Schnecke beide Fühler, kann sie nicht lange überleben, da ihre Augen am Fühlerende sitzen.
 → Lernimpuls E4
 Würden Bernsteinschnecken durch einen Parasitenbefall letztlich immer sterben, können sie sich nicht mehr ausreichend vermehren und der Saugwurm findet nicht mehr genügend Wirte. Befallen die Parasiten also beide Schneckenfühler, schaden sie nicht nur der Schnecke sondern auch sich selbst.
 → Lernimpuls N6

Der Parasit bewirkt somit einerseits ein verändertes Aussehen seines Zwischenwirtes, um in seinen Endwirt zu gelangen. Andererseits verändert er auch sein Verhalten:
 → Lernimpuls E5 / N7

Die befallenen Schnecken kriechen auf Zweigenden von Büschen, wo sie sich normalerweise nicht so häufig aufhalten, da sie dort eher von Fressfeinden gesehen werden. Dieser „Trick“, Änderung des Aussehens und des Verhaltens von Zwischenwirten, erhöht die Wahrscheinlichkeit der Parasiten in einen geeigneten Endwirt zu gelangen.

Tab. Verwendete Lernimpulse in der Beispielaufgabe 3 des Lehrganges

	Expertenhafte Impulse	Novizenhafte Impulse
E 1	Ich überlege erst selbst bevor ich weiter lese.	N 1 Ich soll nun also herausfinden ...
E 2	Das könnte zur Folge haben, dass ...	N 2 Ach ja, das sieht man in der Abbildung.
E 3	Wenn die Fühler so aussehen wie Insektenlarven, dann ...	N 3 Der Zwischenwirt unterscheidet sich vom Endwirt im Allgemeinen dadurch, dass...
E 4	Das ist auch sinnvoll, da sonst ...	N 4 Die infizierte Schnecke erkennt man daran, dass
E 5	Inwiefern müsste sich das Verhalten der Schnecke ändern, damit sie eher von einer Drossel gefunden werden kann?	N 5 Also Schneckenampel, weil ...
		N 6 Für den Parasiten ist es also besser nur einen Fühler zu befallen, weil ...
		N 7 Um in den Endwirt zu gelangen sorgt der Saugwurm dafür , dass ...