

## **Training effektiver Selbsterklärungen beim Lernen mit biologischen Beispielaufgaben**

### **Interventionsstudie auf dem Hintergrund der Expertiseforschung**

Iris Mackensen und Angela Sandmann

[mackensen@ipn.uni-kiel.de](mailto:mackensen@ipn.uni-kiel.de)

Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN)  
Olshausenstraße 62, 24098 Kiel

---

## **1 Expertiseforschung und das Lernen mit Beispielaufgaben**

Was zeichnet den Experten im Vergleich zum Novizen aus? In der Expertiseforschung geht man dieser Frage durch Experten-Novizen-Vergleich nach, um Rückschlüsse auf die Entwicklung zum Experten in einem Fach ziehen zu können. „Experten“ und „Novizen“ sind dabei als relative Begriffe anzusehen. Experten zeichnen sich durch hohe Lern- und Problemlösekompetenz in einem Fach aus. Diese besonderen Fähigkeiten von Experten werden auf ihr umfangreiches, vernetztes Wissen und ihre langjährigen Erfahrungen in der Auseinandersetzung mit Inhalten eines Fachgebietes zurückgeführt. Sie werden als fach- bzw. bereichsspezifisch angesehen und sind nicht ohne weiteres auf andere Domänen übertragbar.

Ein zentraler Forschungsgegenstand der Expertiseforschung sind *Beispielaufgaben* (worked-out-examples). Zahlreiche Studien dazu haben gezeigt, dass Beispiele für viele Lernende beim Wissenserwerb eine weit größere als die unterstützende Rolle spielen, die ihnen im Unterricht in der Regel zudedacht wird. Novizen ziehen das Lernen aus Beispielen dem Lernen aus Lehrbuchtexten vor (PIROLI & ANDERSON, 1985; VANLEHN, 1986; RECKER & PIROLI, 1995). Diese Präferenz ist von den Merkmalen und insbesondere auch von der

Qualität der Beispiele weitgehend unabhängig (LE FEVRE & DIXON, 1986). Offenbar sind Beispiele für Novizen 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 analogiebasiert Probleme lösen. Aufgrund dessen ist das Lernen mit Beispielaufgaben für Novizen effektiver als das Lernen durch eigenständiges Problemlösen (SWELLER & COOPER, 1985; WARD & SWELLER, 1990).

Seit den grundlegenden Arbeiten der Gruppe um CHI (CHI, BASSOK, LEWIS, REIMANN & GLASER, 1989; CHI & BASSOK 1989) gilt das *Selbsterklären* als diejenige Form der Elaboration, die dem Beispiellernen in komplexen, aber gut strukturierten Domänen wie den Naturwissenschaften, angemessen ist. Der Kern des Selbsterklärens besteht darin, dass der Lernende versucht, sich jeden einzelnen Schritt in der Argumentation der Beispiellösung zu erklären. Er betrachtet den Lösungstext gewissermaßen als eine Aufgabe, die er teilweise selbstständig zu lösen versucht. Die vorgegebene Beispiellösung dient der Rückmeldung. Nach CHI et al. (1994) ist das Selbsterklären ein konstruktiver, kontinuierlicher Prozess, der nicht nach einem vorgefassten Plan verläuft, sondern schrittweise durch die Interaktion von Vorwissen und Lehrtext und in dessen Ergebnis neue Information in bereits bestehendes Wissen integriert wird.

## 2 Lernerfolg und das Lernen mit Beispielaufgaben

Die Wirksamkeit des Selbsterklärens im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich ist vielfach belegt (z.B. CHI et al., 1989; PIROLI & BIELACZYK, 1989; FERGUSON-HESSLER & DE JONG, 1990; CHI & VANLEHN, 1991; RENKL, 1997).

Studien zum Training des Selbsterklärens zeigen, dass die *Selbsterklärungsquantität* leicht beeinflussbar ist und dass dieses positive Auswirkungen auf den Lernerfolg hat. So wurden in der Studie von CHI et al. (1994) Lernende bei der Auseinandersetzung mit Beispielaufgaben zum Herz-Kreislaufsystem dazu aufgefordert, sich nach dem Lesen eines kurzen Textabschnittes diesen Abschnitt selbst zu erklären. Dieses „Prompting“ führte zu einer höheren Anzahl von Selbsterklärungen und zu einem höheren Lernerfolg (CHI et al., 1994). Auch in anderen Untersuchungen konnte dieser Effekt nachgewiesen werden (BIELACZYK, PIROLI & BROWN, 1995; NEUMANN & SCHWARZ, 1998; SCHWORM & RENKL, 2002).

Verschiedene Studien betonen zudem die Bedeutung der *Selbsterklärungsqualität* für den Lernerfolg (CHI et al., 1994; RENKL, 1998; KROB & LIND, 2001). Unter Selbsterklärungsqualität wird dabei das Selbsterklären in unterschiedlichen Kategorien verstanden. Ein sehr detailliertes, auf theoretisch abgeleiteten Kategorien basierendes System zur Beschreibung der Qualität der Selbsterklärungen beim Lernen mit (biologischen und physikalischen) Beispielaufgaben wurde von KROB & LIND (2001) unter Berücksichtigung von Kategoriensystemen anderer Studien entwickelt.

Bislang liegen nur wenige Trainingsstudien zur Optimierung der Selbsterklärungsqualität vor. So hat RENKL (1998; 1999) versucht, Lernende zu prinzipienbasierten Erklärungen und zum Explizieren von Unterzielen während der Auseinandersetzung mit den Beispielaufgaben anzuleiten bzw. mit Hilfe von Lücken in den Beispiellösungen die Selbsterklärungsqualität zu verbessern. Die Ergebnisse beider Studien zeigen in der Tendenz eine positive Beeinflussung der Selbsterklärungsqualität. Insgesamt blieben die Effekte auf die Selbsterklärungsqualität und auf die Lernleistungen noch suboptimal. Es kam zu falschen Selbsterklärungen, Verständnisillusionen und Verstehensproblemen (RENKL, 2001).

Eine mögliche Ursache könnte darin begründet liegen, dass die Anleitungen zum Selbsterklären während der Bearbeitung der Beispielaufgaben relativ allgemein und wenig domänenspezifisch gestaltet waren. Die Anregungen zum Selbsterklären erfolgten ohne Differenzierung bezüglich des Vorwissens der Lernenden. Dieses hatte jedoch in der Studie von KROB & LIND (2001) den entscheidenden Einfluss auf die Charakteristika des Selbsterklärens und den Lernerfolg. Sie stellten fest, dass Versuchspersonen mit umfangreichem Vorwissen (Experten) häufig auf Vorwissen zurückgreifen, das nicht in der Beispielaufgabe genannt worden ist, dass sie häufiger Schlussfolgerungen anstellen und die Beispielaufgabe öfter antizipatorisch bearbeiten als Lernende mit vergleichsweise wenig Vorwissen. Letztere hingegen verwenden häufiger Selbsterklärungen wie die Nennung von Wissens-elementen aus dem Lernmaterial, das Paraphrasieren und die Suche nach Beziehungen zwischen unterschiedlich repräsentierten Informationen. Experten erreichten mit Hilfe ihrer Elaborationen entsprechenden Lernerfolg im eigenständigen Problemlösen wogegen die Novizen hier noch weitgehend scheiterten. Die Novizen erreichten zunächst ein grundlegendes Verständnis der Beispielaufgaben.

### 3 Ziel, Forschungsfragen und Hypothesen

Ziel dieses Projektes ist die Durchführung einer Trainingsstudie zum Selbsterklären unter Berücksichtigung der Vorwissensabhängigkeit der Qualität des Selbsterklärens beim Lernen mit biologischen Beispielaufgaben. Zwei Forschungsfragen stehen im Mittelpunkt der Untersuchung:

1. Inwieweit fördern Trainingsmaßnahmen, die die Vorwissensabhängigkeit des Selbsterklärens berücksichtigen, die Qualität des Selbsterklärens und in der Folge das Lernergebnis?
2. Inwieweit können Lernende die „Nichtangepasstheit“ des Lernmaterials bezüglich ihres Vorwissens durch ein angemessenes Lernverhalten kompensieren und welchen Effekt hat dieses auf den Lernerfolg?

Es wird erwartet, dass Lernimpulse, die eine expertenhafte Beispiellaboration anregen, bei Schülern mit viel Vorwissen zu konzeptionellem Verständnis der biologischen Inhalte und daraufhin zu Erfolg im Problemlösen führen. Bei Lernenden mit geringem Vorwissen sollte dagegen die Anregung novizenhaften Selbsterklärens angemessen sein, um ihnen in einem ersten Schritt ein grundlegendes Verständnis der Beispielinformation zu ermöglichen. Der Lernerfolg sollte dann eher im deskriptiven Bereich liegen.

Folgende Haupthypothesen lassen sich ableiten.

1. Bei Lernenden mit umfangreichem Vorwissen, die zu expertenhaftem Selbsterklären angeregt werden, erhöht sich der Anteil expertenhafter Elaborationen während der Bearbeitung der Beispielaufgaben.
2. Bei Lernenden mit geringem Vorwissen, die zu novizenhaftem Selbsterklären angeregt werden, erhöht sich der Anteil novizenhafter Elaborationen während der Auseinandersetzung mit den Beispielaufgaben.
3. Lernende mit umfangreichem Vorwissen, die expertenhaft angeregt werden, erlangen vornehmlich einen Lernerfolg im Problemlösen.
4. Lernende mit geringem Vorwissen, die novizenhaft angeregt werden, erlangen hauptsächlich einen Lernerfolg im Faktenwissen.
5. Lernende mit umfangreichem Vorwissen, die novizenhaft (nicht entsprechend ihres Vorwissens) angeregt werden, kompensieren, indem sie, ihrem Vorwissen angemessen, expertenhaft selbsterklären.
6. Lernende mit geringem Vorwissen, die expertenhaft angeregt werden, elaborieren als Reaktion auf die Lernimpulse in geringerem Maße als Lernende mit geringem Vorwissen, die novizenhaft angeregt werden. Lernende mit geringem Vorwissen, die expertenhaft angeregt werden, kompensieren jedoch, indem sie ihrem Vorwissen angemessen, novizenhafte Selbsterklärungen generieren.

7. Der Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler, die nicht entsprechend ihres Vorwissens angeregt werden, ist im Vergleich zu denjenigen mit adäquaten Anregungen im Faktenwissen bzw. Problemlösen geringer.

#### 4 Studiendesign, Methoden und Materialien

Die Versuchsanlage folgt einem 2 x 2 Design, bei dem die eine unabhängige Variable das Vorwissen (Experten vs. Novizen) und die andere die Stimulation des Selbsterklärens (expertenhafte Stimulation vs. novizenhafte Stimulation) sind. Als abhängige Variablen ergeben sich somit die Charakteristika des Selbsterklärens und der Lernerfolg (Abbildung 1).

UV 1 \ UV 2	Stimulation experten- hafter Selbsterklärungen	Stimulation novizen- hafter Selbsterklärungen
Experten	Versuchsgruppe 1	Versuchsgruppe 3
Novizen	Versuchsgruppe 2	Versuchsgruppe 4

AV 1: Charakteristika des Selbsterklärens

AV 2: Lernerfolg

**Abb. 1:** Studiendesign (AV: Abhängige Variable; UV: Unabhängige Variable).

Die Untersuchung soll an 40 Schülerinnen und Schülern des 9. Jahrganges an Gymnasien stattfinden. Der 9. Jahrgang bietet sich an, da die Lernenden bereits über ein gewisses Wissen im Fach verfügen, auf das sie beim Lernen mit den Beispielaufgaben zurückgreifen können. Andererseits erscheint ein Selbsterklärungstraining sinnvoll, da die Lernenden aufgrund ihrer noch relativ geringen Lernerfahrung ihr Lernverhalten noch optimieren können sollten. Zur Überprüfung der Wirksamkeit der vorwissensabhängigen Trainingsmaßnahmen ist eine Stichprobe mit differenziertem fachspezifischem Vorwissen notwendig. Durch einen Vorwissenstest zu biologischem Faktenwissen, das laut Rahmenrichtlinien für Schleswig-Holstein in den Klassenstufen 6 bis 8 Unterrichtsinhalt ist, werden für die Studie 40 Neuntklässler ausgewählt: 20 Experten und 20 Novizen.

Das Selbsterklärungstraining findet anhand eines Lehrganges von 10 Beispielaufgaben zum Thema Ökologie am Beispiel von Parasitismus und Räuber-Beute-Beziehungen statt. Die Lernenden bearbeiten Aufgaben zu Nahrungsnet-

zen, abiotischen und biotischen Umweltfaktoren, Mechanismen der Wirtsfindung und zu den Lotka-Volterra-Regeln.

Um lernwirksame Selbsterklärungen in Abhängigkeit vom Vorwissen zu trainieren, wurde der Lehrgang in zwei Versionen konzipiert. Diese unterscheiden sich in der Impulsgestaltung. Die eine Version der Beispielaufgaben enthält Impulse, die Selbsterklärungen anregen, die sich als lernwirksam bei Experten gezeigt haben (KROß & LIND, 2001). Die zweite Version enthält Impulse, die Selbsterklärungen anregen, die sich bei Novizen als lernwirksam erwiesen haben. Um expertenhaftes Selbsterklären zu trainieren, wurden Impulse integriert, die antizipatorisches Vorgehen, Schlussfolgern und den Rückgriff auf das Vorwissen initiieren. Um z. B. antizipatorisches Vorgehen anzuregen, folgt nach einer Fragestellung die Aufforderung in Form einer Denkblase: „Ich überlege erst selbst, bevor ich weiter lese.“ Um novizenhaftes Selbsterklären anzuregen, wurden Impulse integriert, die das Paraphrasieren, den Rückgriff auf im Text vermittelte Information und die Beziehungssuche zwischen gegebener Information anregen. Um den Bezug zu einer Graphik herzustellen, beinhaltet eine Denkblase z. B. die Aufforderung: „Das sehe ich auch in der Graphik ...“ Die Selbsterklärungen der Schülerinnen und Schüler beim Lernen mit der Beispielaufgabensequenz werden durch kontinuierliches lautes Denken (ERICSSON & SIMON, 1984; 1993) während der Lernsituationen erfasst.

Ablauf der Studie im Überblick:

1. Lernsituation: Einführung in die Methode des lauten Denkens und Einführung in die Thematik, Bearbeitung einer Beispielaufgabe ohne Lernimpulse
2. Lernsituation: Bearbeitung der Beispielaufgaben 1 bis 4
3. Lernsituation: Bearbeitung der Beispielaufgaben 5 bis 8
4. Lernsituation: Bearbeitung der Beispielaufgaben 9 und 10  
Bearbeitung einer Beispielaufgabe ohne Impulse
5. Lernerfolgstest: Faktenwissen und analoges Problemlösen

## 5 Erste Ergebnisse aus der Pilotstudie

Eine erste Erprobung der Lernmaterialien und der Datenerfassungsmethode wurde mit zwei Schülerinnen und zwei Schülern einer 9. gymnasialen Klasse mit unterschiedlichem Vorwissen durchgeführt. Die Pilotstudie hat gezeigt, dass sowohl die Beispielaufgaben inklusive der Selbsterklärungsimpulse als Lernmaterial wie auch das laute Denken als Datenerfassungsmethode für diese

Altersstufe geeignet sind. Alle vier Schüler elaborierten kontinuierlich während der Bearbeitung der Beispielaufgaben, wobei sie eine große Breite an qualitativ unterschiedlichen Selbsterklärungen generierten und die integrierten Selbsterklärungsimpulse berücksichtigten. Bezüglich der Qualität des Selbsterklärens riefen die unterschiedlichen Impulse unterschiedliche Elaborationen bei den Schülern hervor. Nach Aussagen aller Schüler wurden die Beispielaufgaben als sehr interessant, informativ und im Niveau angemessen empfunden. Alle Neuntklässler waren der Ansicht, dass die Beispielaufgaben ein geeignetes Lernmaterial darstellen. Die Impulse zum Selbsterklären wurden von den Lernenden sehr gut als Lernhilfen angenommen bzw. für sinnvoll und lernwirksam empfunden.

Der Lernerfolgstest zeigt, dass die Versuchspersonen sowohl im Faktenwissen als auch im Problemlösen dazu gelernt haben. Die Lernergebnisse deuten tendenziell darauf hin, dass sich der Lernerfolg in Abhängigkeit von der Art der Impulsgebung unterscheidet. Lernende, die Impulse für novizenhaftes Selbsterklären erhalten haben, zeigten eher einen Lernerfolg im Faktenwissen, wohingegen Lernende, die Impulse für expertenhaftes Selbsterklären erhalten haben, eher einen Lernzuwachs im Problemlösen erzielten.

## **6 Lernen mit Beispielaufgaben im Biologieunterricht**

Obwohl das Lernen mit Beispielaufgaben erwiesenermaßen dazu geeignet ist, Problemlösekompetenz zu fördern, werden sie für das Lernen im Biologieunterricht gegenwärtig kaum genutzt. Da Beispielaufgaben prinzipiell leicht in verschiedenen Phasen des Unterrichts und mit unterschiedlichen didaktischen Funktionen eingesetzt werden können, stellen sie eine effektive und leicht einsetzbare Methode dar, um sowohl Faktenwissen als auch Problemlösekompetenz zu vermitteln. Durch den Einsatz unterschiedlicher Impulsgebung können sie darüber hinaus einem niedrigen bzw. hohen Wissensstand angepasst werden. Durch den Einsatz von Beispielaufgaben im Biologieunterricht könnte somit einerseits differenziertes Arbeiten unterstützt bzw. durch die Sequenzierung unterschiedlicher Beispielaufgaben andererseits auch kumulatives Lernen gefördert werden.

### **Zitierte Literatur**

- BIELACZYK, K., P. PIROLI & A.L. BROWN (1995): Training in self-explanation and self-regulation strategies: Investigating the effects of knowledge acquisition activities on problem solving. *Cognition and Instruction* **13**, 221-252.

- CHI, M.T.H., M. BASSOK, M.W. LEWIS, P. REIMANN & R. GLASER (1989): Self-Explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science* **13**, 145-182.
- CHI, M.T.H. & M. BASSOK (1989): Learning from examples via self-explanations. In: RESNICK, L.B. [Ed.]: *Knowing, learning, and instruction: Essays in honour of Robert Glaser*. Erlbaum, Hillsdale New York.
- CHI, M.T.H. & K.A. VANLEHN (1991): The content of physics self-explanations. *The Journal of the Learning Sciences* **1** (1), 69-105.
- CHI, M.T.H., N. DE LEEUW, M.-H. CHIU & C. LAVANCHER (1994): Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science* **18**, 439-477.
- ERICSSON, K.A. & H.A. SIMON (1984): *Protocol analysis: Verbal reports as data*. 2. Erweiterte Auflage 1993, MIT Press, Cambridge, MA.
- FERGUSON-HESSLER, M.G.M. & T. DE JONG (1990): Studying physics texts: Differences in study processes between good and poor performers. *Cognition and Instruction* **7**, 41-54.
- KROß, A. & G. LIND (2001): Einfluss des Vorwissens auf Intensität und Qualität des Selbsterklärens beim Lernen mit biologischen Beispielaufgaben. *Unterrichtswissenschaft* **1**, 5-25.
- LE FEVRE, J.-A. & P. DIXON (1986): Do written instructions need examples? *Cognition and Instruction* **3** (1), 1-30.
- NEUMANN, Y. & B. SCHWARZ (1998): Is self-explanation while solving problems helpful? The case of analogical problem-solving. *British Journal of Educational Psychology* **68**, 15-24.
- PIROLI, P. & J.R. ANDERSON (1985): The role of learning from examples in the acquisition of recursive programming skills. *Canadian Journal of Psychology* **39**, 240-272.
- PIROLI, P. & K. BIELACZYK (1989): Empirical analyses of self-explanation and transfer in learning to program. In: *Proceedings of the 11th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Erlbaum, Hillsdale, NJ, 450-457.
- RECKER, M. & P. PIROLI (1995): Modelling individual differences in students' learning strategies. *The Journal of the Learning Sciences* **4**, 1-38.
- RENKL, A. (1997): Learning from worked-out examples: A study on individual differences. *Cognitive Science* **21**, 1-29.
- RENKL, A., B. STARK, H. GRUBER & H. MANDL (1998): Learning from worked-out examples: The effects of example variability and elicited self-explanations. *Contemporary Educational Psychology* **23**, 90-108.
- RENKL, A. (1999): Learning mathematics from worked-out-examples: Analysing and fostering self-explanations. *European Journal of Psychology of Education* **XIV** (4), 477-488.
- RENKL, A. (2001): Explorative Analysen zur effektiven Nutzung von instruktionalen Erklärungen beim Lernen mit Lösungsbeispielen. *Unterrichtswissenschaft* **1**, 41-63.
- SCHWORM, S. & A. RENKL (2002): Lernen effektive Lösungsbeispiele zu erstellen: Ein Experiment zu einer computerbasierten Lernumgebung für Lehrende. *Unterrichtswissenschaft* **1**, 7-26.
- SWELLER, J. & G.A. COOPER (1985): The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction* **2**, 59-89.
- VANLEHN, K. (1986): Arithmetic procedures are induced from examples. In: Hiebert, J.: *Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics*. Erlbaum, Hillsdale, NJ.
- WARD, M. & J. SWELLER (1990): Structuring effective worked examples. *Cognition and Instruction* **7** (1), 1-39.