

## **Einzeln oder paarweise – Lernen mit Beispielaufgaben in Biologie**

Christina Burmeister, Meike Kappe, Philipp Schmiemann & Angela Sandmann

christina.burmeister@uni-due.de, philipp.schmiemann@fu-berlin.de, angela.sandmann@uni-due.de

Universität Duisburg-Essen, Didaktik der Biologie  
Schützenbahn 70, 45127 Essen

Freie Universität Berlin, Didaktik der Biologie  
Schwendenerstraße 1, 14195 Berlin

### **Zusammenfassung**

*Beispielaufgaben dienen dem Erlernen wissenschaftlicher Konzepte und fördern nachweislich die Problemlösekompetenz. Der Lernerfolg kann durch die Gestaltung der Beispielaufgaben und ihre Anpassung an das Vorwissen der Lernenden beeinflusst werden. Ziel dieses Projektes ist es, zu untersuchen, welchen Einfluss Beispielaufgaben, die an das Vorwissen der Lernenden angepasst bzw. nicht angepasst sind, auf den Lernerfolg haben. Dies wird sowohl beim Lernen in Einzelarbeit als auch beim Lernen in Partnerarbeit untersucht. Für die Studie werden Gymnasialschülerinnen und -schüler der 8. Jahrgangsstufe im Vorfeld mithilfe eines Pretests in Lernende mit hohem bzw. niedrigem Vorwissen eingeteilt. Nach der Lernsitzung mit den Beispielaufgaben wird der Lernerfolg mittels eines Posttests erhoben. Die Lernsitzungen werden audiografiert, um später die Selbst-erklärungen bzw. die Kommunikation in den Dyaden kategoriengeleitet analysieren zu können. Für die Erprobung der entwickelten Test- und Lernmaterialien wurde eine Pilotierung mit 239 Schülerinnen und Schülern durchgeführt. Die Ergebnisse der Pilotstudie zeigen, dass das Lernen mit Beispielaufgaben zu einer signifikanten Steigerung des Lernzuwachses führt.*

### **Abstract**

*Worked-out examples serve to learn scientific concepts. Furthermore, they foster problem solving skills. The learning outcomes are mainly affected by the instructional design of the worked-out examples and their adaptation to the student's prior content knowledge. The goal of the project is the research on how biological worked-out examples with prior content knowledge adjusted and non-adjusted prompts influence the learning outcomes through learning individually and learning in pairs. For this study students of the 8th form of higher secondary school are subdivided into students with high respectively low prior content knowledge by means of a pre-test. After learning from worked-out examples the learning outcomes are measured by the use of a post-test. The learning sessions are audiotaped in order to analyse the self-explanations respectively the communica-*

*tion within the dyads with the help of a category system afterwards. To verify the developed test and learning material a pilot study with 239 students was conducted. The results show a significant increase of learning outcomes for the learning from worked-out examples.*

## **1 Einleitung**

Innerhalb einer Schulklasse bestehen im Allgemeinen Unterschiede im Vorwissen der Schülerinnen und Schüler. Soll auf diese Heterogenität angemessen reagiert werden, müssen die Lernenden individuell gefördert werden. Eine Möglichkeit ist das Lernen aus Beispielaufgaben, in denen die Lösung einer (naturwissenschaftlichen) Fragestellung exemplarisch dargestellt wird (ATKINSON, DERRY, RENKL & WORTHAM, 2000; RENKL, 2002). Durch die gegebenen Lösungsschritte wird es Schülerinnen und Schülern mit unterschiedlichem Vorwissen ermöglicht, die Aufgabenstellung angeleitet zu erarbeiten und zur richtigen Lösung zu gelangen. Beispielaufgaben finden in verschiedenen Domänen Verwendung, wie etwa in Mathematik (SWELLER & COOPER, 1985), Physik (STÄUDEL, FRANKE-BRAUN & SCHMIDT-WEIGAND, 2007; SCHMIDT-WEIGAND, FRANKE-BRAUN & HÄNZE, 2008) oder Biologie (MACKENSEN & SANDMANN, 2002a; LIND, FRIEGE, KLEINSCHMIDT & SANDMANN, 2004).

## **2 Theorie**

Beispielaufgaben sind eine besondere Form der Lernaufgaben, die aus einer Problemstellung, einem mehr oder weniger stark ausgearbeiteten, beispielhaften Lösungsweg und der Lösung selbst bestehen (ATKINSON et al., 2000; RENKL, 2002).

### **2.1 Lernen mit Beispielaufgaben**

Gerade in den Naturwissenschaften ist das Lernen eng an Beispiele geknüpft (MACKENSEN & SANDMANN, 2002a; MACKENSEN-FRIEDRICHS, 2004). Durch sie können komplexe Prinzipien oder Gesetzmäßigkeiten veranschaulicht und erklärt werden. So können etwa die komplexen Lebenszyklen von Parasiten mithilfe eines Beispielorganismus exemplarisch dargestellt werden, um den Lernenden an dieses umfassende biologische Thema heranzuführen (MACKENSEN-FRIEDRICHS, 2004; MACKENSEN-FRIEDRICHS, 2009).

Beispielaufgaben dienen dazu, Lernende ausgehend von einer Problemstellung durch die Aufgabe zu leiten und ein Konzept zu vermitteln, wie solche Aufgabenstellungen gelöst werden können (ATKINSON et al., 2000). Dieses erlernte Konzept kann dann auf analoge Problemstellungen übertragen werden. Das Lernen aus Beispielaufgaben wirkt sich positiv auf die Fähigkeiten des Problemlösens aus, was für ver-

schiedene Domänen gezeigt werden konnte (Überblick bei REIMANN, 1997). So wenden Lernende weniger Zeit für das eigenständige Lösen einer Problemstellung auf und empfinden weniger Anstrengung, wenn sie zuvor aus einem Beispiel gelernt haben (PAAS & VAN MERRIENBOER, 1994). Durch das Beispiellernen erwerben die Lernenden ein tieferes Verständnis und Fähigkeiten, die ihnen beim anschließenden Lösen einer ähnlichen Problemsituation helfen (SCHWONKE et al., 2009). Dabei kann auf Wissen zurückgegriffen werden, das während des Lernens mit der Beispielaufgabe erworben wurde (LIND et al., 2004).

Die Lernwirksamkeit von Beispielaufgaben hängt wesentlich von ihrer Gestaltung ab. Wichtig ist dabei die Struktur der einzelnen Aufgabe. Die zu lernenden Informationen sollten so dargestellt werden, dass sie ohne große kognitive Anstrengungen zu erfassen sind (CHANDLER & SWELLER, 1991). Die Aufgabe sollte weder zu oberflächlich noch zu anspruchsvoll sein, um die Lernenden nicht zu unterfordern bzw. durch eine Überlastung des Arbeitsgedächtnisses zu überfordern. Wirksam, gerade in Bezug auf die Fähigkeit des Problemlösens, ist es, die einzelnen Lösungsschritte im Verlauf der Beispielaufgabe sukzessiv weniger vollständig ausgearbeitet darzubieten (RENKL, ATKINSON, MAIER, & STALEY, 2002). Außerdem hat es sich als förderlich herausgestellt, die einzelnen Lösungsschritte sinnvoll auf mehrere Seiten zu verteilen. Durch das Umblättern werden die Lernenden dazu angeregt, das zuvor Gelesene noch einmal zu reflektieren und den folgenden Lösungsschritt zunächst selbst zu durchdenken (MACKENSEN & SANDMANN, 2002a).

Aber nicht nur die Struktur der einzelnen Aufgabe ist entscheidend für den Lernerfolg. So ist bekannt, dass die Darbietung einer Sequenz von mindestens zwei bis drei analogen Beispielaufgaben pro Konzept förderlich auf die Lernleistung und den Wissenstransfer wirkt (CATRAMBONE & HOLYOAK, 1989).

Der positive Einfluss von Beispielaufgaben auf den Lernerfolg ist, insbesondere im Vergleich zu konventionellen Aufgaben und Texten, für verschiedene Domänen nachgewiesen (u. a. SWELLER & COOPER, 1985; STÄUDEL et al., 2007). Besonders Lernende mit einem geringen Vorwissen profitieren beim Lernen aus Beispielaufgaben, weil sie durch den angebotenen Lösungsweg bei der Aufgabenbearbeitung seltener überfordert sind (MACKENSEN & SANDMANN, 2002b; SCHMIDT-WEIGAND et al., 2008). Das Lernen aus Beispielaufgaben führt zu einem intensiveren Lern- und Kompetenzerleben (MACKENSEN & SANDMANN, 2002a; MACKENSEN & SANDMANN, 2002b; FRANKE-BRAUN, SCHMIDT-WEIGAND, STÄUDEL, & WODZINSKI, 2008; SCHMIDT-WEIGAND et al., 2008). Lernende beschäftigen sich intensiver mit dem Lernmaterial und erzielen eine bessere Lernleistung.

Beim eigentlichen Lernprozess mit Beispielaufgaben sind die dabei ablaufenden Elaborationen von zentraler Bedeutung. So spielen die Selbsterklärungen, die die Lernenden während der Aufgabenbearbeitung äußern, eine wichtige Rolle (CHI, BASSOK, LEWIS, REIMANN & GLASER, 1989; CHI, DE LEEUW, CHIU & LAVANCHER, 1994; RENKL, 1999). Durch sie wird ein tieferes Verständnis erworben, denn beim Selbsterklären wird durch die Interaktion von Vorwissen und Lernmaterial neues Wissen generiert, mit bereits bestehendem Wissen verknüpft und in dieses integriert. Die Quantität und Qualität der Selbsterklärungen hängen dabei mit dem Vorwissen der Lernenden zusammen (CHI et al., 1989; FERGUSON-HESSLER & DE JONG, 1990; KROB & LIND, 2001; LIND, FRIEGE & SANDMANN, 2005). Durch die Analyse von Protokollen lauten Denkens konnte nachgewiesen werden, dass sich die Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern mit hohem Vorwissen (sog. Experten) von solchen mit geringem Vorwissen (sog. Novizen) unterscheiden (SANDMANN, HOSENFELD, MACKENSEN & LIND, 2002; LIND & SANDMANN, 2003; MACKENSEN-FRIEDRICHS, 2004).

## **2.2 Fördern durch Impulse**

Der Lernprozess kann durch Impulse oder Lernhilfen, die zum Selbsterklären auffordern, angeregt werden (CHI et al., 1994). Sie können in Form von Fragen oder Handlungsaufforderungen in die Aufgabe integriert werden (u.a. MACKENSEN & SANDMANN, 2002a; MACKENSEN-FRIEDRICHS, 2004). Sie regen die Auseinandersetzung mit der Aufgabe an und führen zu einer Verbesserung der Selbsterklärungsqualität (MACKENSEN-FRIEDRICHS, 2009). Um möglichst lernwirksam zu sein, sollten die Impulse an das Leistungsniveau der Lernenden angepasst sein (MACKENSEN & SANDMANN, 2002a; MACKENSEN-FRIEDRICHS, 2009). Impulse für Experten sollten die Lernenden dazu anregen, auf ihr Vorwissen zurückzugreifen, die Beispielaufgabe antizipatorisch zu bearbeiten und Schlussfolgerungen zu ziehen (MACKENSEN-FRIEDRICHS, 2004). Um Novizen angemessen zu fördern, sollten die Impulse zum Paraphrasieren der Aufgabenstellung bzw. der Lösungsschritte anregen sowie zur Suche nach Informationen im Text bzw. zur Suche nach Beziehungen zwischen Informationen im Text auffordern.

Der positive Einfluss der Beispielaufgaben auf den Lernerfolg konnte nicht nur für das Lernen in Einzelarbeit festgestellt werden, sondern auch für das Lernen in Partnerarbeit. So untersucht die Forschergruppe Kassel in ihren Studien das Lernen aus einem speziellen Beispielaufgabenformat (u. a. STÄUDEL et al., 2007; FRANKE-BRAUN et al., 2008; SCHMIDT-WEIGAND et al., 2008). Bei diesen sogenannten Aufgaben mit gestuften Lernhilfen sind die Lernhilfen und Lösungsschritte nicht direkt in die Aufgabe integriert, sondern werden den Lernenden auf zusätzlichen Kärtchen

angeboten und können von ihnen bei Bedarf genutzt werden. Dieser Aufgabentyp kann grundsätzlich in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit eingesetzt werden, wobei er sich besonders für kooperative Lernformen eignet (SCHMIDT-WEIGAND et al., 2008). Der Vergleich von Dyaden, die aus Aufgaben mit gestuften Lernhilfen lernen (Experimentalgruppe) mit Dyaden, die aus Aufgaben mit hilfestellendem Informationstext lernen (Kontrollgruppe), zeigt, dass in beiden Gruppen zwar die gleiche Zeit für die Bearbeitung der Aufgaben investiert wird, die Paare der Experimentalgruppe aber einen höheren Lernerfolg erzielen (SCHMIDT-WEIGAND et al., 2008). Offensichtlich führt also das Lernen aus Aufgaben mit gestuften Lernhilfen zwar nicht zu einer längeren Beschäftigung mit dem Lernmaterial, jedoch zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit seinen Inhalten während der Lernzeit (SCHMIDT-WEIGAND et al., 2008). Da die Zusammensetzung der Dyaden nicht systematisch, ohne Berücksichtigung des Vorwissens, gewählt wurde, bleibt fraglich, welchen Einfluss das Vorwissen der Lernpartner auf die Lernleistung hat. Studien, die eine bezüglich des Vorwissens homogene oder heterogene Dyadenzusammensetzung untersuchten, konnten jedoch keine übereinstimmenden Ergebnisse erbringen (u. a. LOU et al., 1996; FUCHS, FUCHS, HAMLETT & KARNS, 1998).

So bleibt die Frage offen, welche Sozialform für das Lernen mit Beispielaufgaben besonders lernförderlich ist und wie die Lernenden bezüglich ihres Vorwissens bei der Partnerarbeit zusammengesetzt werden sollten, um eine möglichst hohe Lernwirksamkeit der Beispielaufgaben zu erzielen.

### **3 Fragestellungen und Hypothesen**

Ziel dieses Projektes ist die Untersuchung, wie sich das Lernen mit Beispielaufgaben, die durch die Integration von unterschiedlichen Impulsen an das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler angepasst bzw. bewusst nicht angepasst sind, auf die Lernleistung auswirkt. Dabei wird außerdem das Lernen in Einzelarbeit und das Lernen in Partnerarbeit verglichen. Es werden unter anderem die folgenden Fragestellungen und Hypothesen geprüft:

Welchen Einfluss haben Beispielaufgaben mit Impulsen, die dem Vorwissen des Lernenden angepasst sind bzw. nicht angepasst sind auf den Lernerfolg beim individuellen Lernen und beim Lernen in Dyaden, die hinsichtlich ihres Vorwissens homogen bzw. heterogen zusammengesetzt sind?

- Für beide Sozialformen ist der Lernzuwachs beim Lernen aus Beispielaufgaben mit Impulsen größer als beim Lernen aus Beispielaufgaben ohne Im-

pulse, unabhängig von der Anpassung der Impulse an das Vorwissen und der Dyadenzusammensetzung.

- Für beide Sozialformen ist der Lernzuwachs beim Lernen aus Beispielaufgaben mit vorwissensangepassten Impulsen größer als beim Lernen aus Beispielaufgaben mit nicht vorwissensangepassten Impulsen.

Welchen Einfluss haben Beispielaufgaben mit Impulsen auf den Lernerfolg beim individuellen Lernen im Vergleich zum Lernen in Dyaden und in Abhängigkeit vom Vorwissen der Lernenden?

## 4 Methodik

In diesem Projekt wird das Lernen mit biologischen Beispielaufgaben untersucht. Zu diesem Zweck wurde zunächst eine Sequenz von drei eigenständigen Beispielaufgaben entwickelt. Alle drei Beispielaufgaben behandeln das Thema Ökologie und bauen inhaltlich aufeinander auf. Dabei steigern sich Umfang und Anspruch von Aufgabe zu Aufgabe in Abhängigkeit von dem behandelten Themenbereich. In der ersten Beispielaufgabe wird über den Aufbau von Nahrungsketten in das Thema Ökologie eingeleitet. In der folgenden Beispielaufgabe, die an die in der ersten Aufgabe vermittelten Konzepte anknüpft, werden Nahrungspyramide und Energiefluss behandelt. Die letzte Beispielaufgabe befasst sich mit den Stoffkreisläufen in Ökosystemen und schließt das Thema ab.

In die Beispielaufgaben sind Impulse integriert, die das Lernverhalten von Experten oder Novizen unterstützen sollen. Die expertenhaften Impulse sind dabei so gestaltet, dass sie Vorwissen voraussetzen und zur antizipatorischen Beispielbearbeitung sowie zu Schlussfolgerungen auffordern. Die novizenhaften Impulse zielen dagegen darauf ab, dass die Lernenden sich mit den gegebenen Informationen auseinandersetzen und dadurch Wissen aufbauen.

In der Studie wird in einem Extremgruppenvergleich das Lernen von Schülerinnen und Schülern mit hohem biologischen Vorwissen („Experten“) und solchen mit geringem biologischen Vorwissen („Novizen“) untersucht. Um die Schülerinnen und Schüler vor der Lernsituation mit den Beispielaufgaben in Experten und Novizen einteilen zu können sowie im Anschluss den Lernzuwachs erfassen zu können, wird ein Pre-Posttest-Design genutzt. Als Testinstrument dient ein Test mit Multiple-Choice-Aufgaben, die im Rahmen des Projektes entwickelt wurden.

Für die Untersuchung werden Gymnasialschülerinnen und -schüler der Sekundarstufe I anhand der Leistung im Pretest in relative Experten (obere Leistungsperzentile) und relative Novizen (untere Leistungsperzentile) eingeteilt, die anschließend an

der Lernsitzung mit den Beispielaufgaben teilnehmen. Um herauszufinden, wie sich Beispielaufgaben mit vorwissensangepassten bzw. nicht vorwissensangepassten Impulsen auf den Lernerfolg auswirken, werden die relativen Experten und Novizen drei unterschiedlichen Experimentalgruppen und einer Kontrollgruppe zugeordnet (Tab. 1): Die Experten und Novizen der *ersten Experimentalgruppe* lernen mit Beispielaufgaben, in die *expertenhafte Impulse* (z.B. antizipatorische, s.o.) integriert sind. In der *zweiten Experimentalgruppe* arbeiten die Lernenden mit Beispielaufgaben, in die *novizenhafte Impulse* eingearbeitet sind. Die in der *dritten Experimentalgruppe* lernenden Experten und Novizen erhalten Beispielaufgaben mit *beiden Formen* der Impulse. Eine *vierte* Gruppe ist die *Kontrollgruppe*. Die Beispielaufgaben dieser Gruppe enthalten *keine Impulse*. In jeder Experimentalgruppe sowie in der Kontrollgruppe lernt ein Teil der Experten und Novizen in Einzelarbeit mit den Beispielaufgaben, während ein anderer Teil in Partnerarbeit arbeitet. Diese Dyaden werden bezüglich des Vorwissens homogen oder heterogen zusammengesetzt, um herauszufinden, welche Dyadenzusammensetzung beim Lernen mit Beispielaufgaben zu bevorzugen ist.

Experimentalgruppen mit			Kontrollgruppe
expertenhaften Impulsen	novizenhaften Impulsen	beiden Formen der Impulse	ohne Impulse
Einzelarbeit: Experte oder Novize			
Partnerarbeit: homogene oder heterogene Dyade			

**Tab. 1:** Studiendesign der Pilotstudie

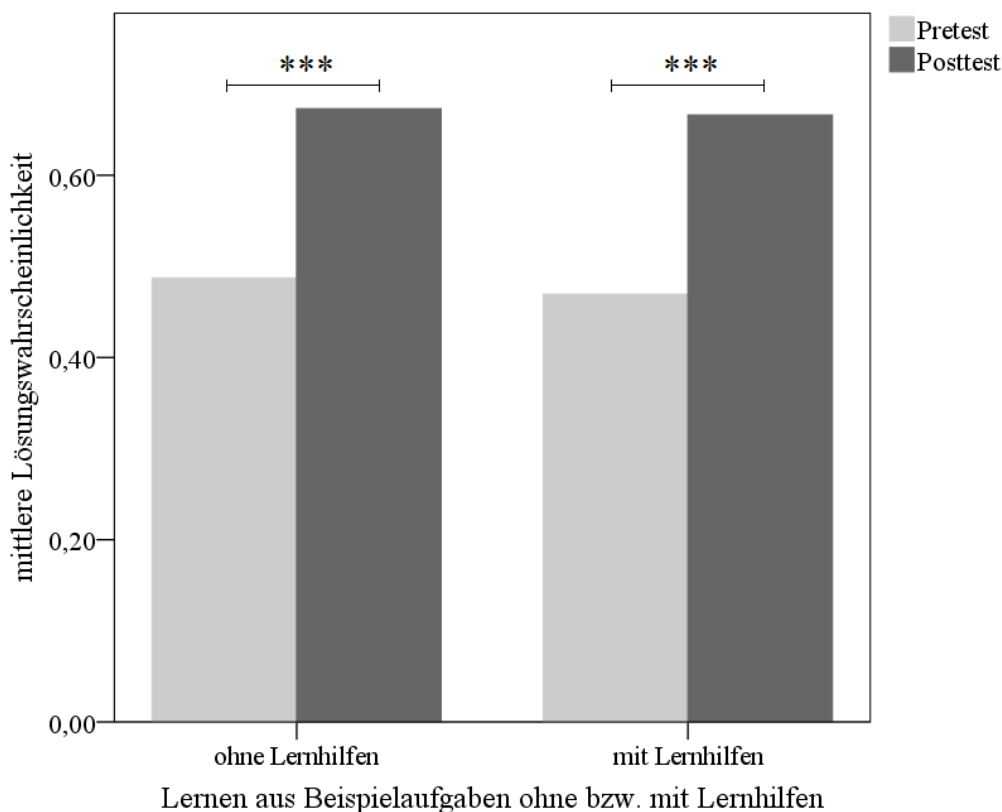
Die Impulse, die Sozialform und das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler stellen die unabhängigen Variablen dar, die in dieser Studie systematisch variiert werden. Als abhängige Variable wird der Lernerfolg erfasst. Als Kontrollvariablen werden unter anderem Daten zu Motivation und Interesse und kognitiver Belastung erhoben. Außerdem werden die Lernsitzungen audiografiert, um die Selbsterklärungen und die Kommunikation in den Dyaden analysieren zu können.

Zur Prüfung der entwickelten Testitems und Beispielaufgaben wurde eine Pilotstudie durchgeführt. Hieran beteiligten sich N=239 Schülerinnen und Schüler der 8. Jahrgangsstufe aus vier Gymnasien in Nordrhein-Westfalen. Durch einen Pretest wurden n=106 Schülerinnen (51%) und Schüler im Alter zwischen 12 und 14 Jahren (M=13,2) ausgewählt, die an der 45-minütigen Lernsitzung mit den Beispielaufgaben teilnahmen.

## 5 Ergebnisse der Pilotstudie und Diskussion

Bei der Itemanalyse für den Pre- und Posttest ergaben die Skalenreliabilitäten der insgesamt 92 entwickelten und eingesetzten Items zufriedenstellende Werte. Die internen Konsistenzen liegen im Pretest bei Cronbachs  $\alpha = .86$  und im Posttest bei Cronbachs  $\alpha = .95$ . Die Trennschärfen der einzelnen Testitems waren zufriedenstellend, so dass auf Grundlage des Pretests eine Einteilung in Experten und Novizen vorgenommen werden konnte. Da in der anstehenden Hauptuntersuchung nicht alle 92 Testitems eingesetzt werden sollen, wird mithilfe dieser Daten sowie einer Distraktoren- und einer Faktorenanalyse eine Auswahl geeigneter Items getroffen.

Die Analysen des Lernerfolgs durch das Lernen mit Beispielaufgaben zeigen für alle vier Gruppen der Pilotstudie einen hoch signifikanten Lernzuwachs ( $M_{\text{pre}}=.47$ ,  $SD=.15$ ,  $M_{\text{post}}=.67$ ,  $SD=.18$ ,  $n=106$ ,  $t(105)=16.63$ ,  $p<.001$ ). Dies gilt sowohl für das Lernen aus Beispielaufgaben ohne Impulse (Kontrollgruppe;  $t(23)=5.41$ ,  $p<.001$ ) als auch für das Lernen aus Beispielaufgaben mit Impulsen (Experimentalgruppen 1–3;  $t(81)=17.24$ ,  $p<.001$ ), wie Abbildung 1 zeigt. Zwischen der Kontrollgruppe und den Experimentalgruppen besteht kein Unterschied im Lernzuwachs ( $p = .698$ ).



**Abb. 1:** Lernzuwachs beim Lernen aus Beispielaufgaben ohne bzw. mit Impulsen unabhängig vom Vorwissen der Lernenden und der Sozialform. \*\*\*:  $p<.001$



Die Ergebnisse bestätigen die Lernwirksamkeit der entwickelten Beispielaufgaben. Jedoch konnten bisher keine Unterschiede zwischen den Experimentalgruppen und der Kontrollgruppe festgestellt werden. Das Lernen aus Beispielaufgaben mit Impulsen führte nicht zu einem besseren Lernergebnis als das Lernen ohne Impulse. Nach MACKENSEN-FRIEDRICHS (2009) sollten vorwissensangepasste Impulse sich jedoch förderlich auf den Wissenserwerb auswirken. Die Ergebnisse dieser Pilotstudie deuten darauf hin, dass die Impulse derzeit nicht ausreichend an die Lernvoraussetzungen und das Lernverhalten der Experten und Novizen angepasst sind. Dies macht weitere Analysen und die Adaptation der Beispielaufgaben notwendig.

Bei den hier gezeigten Ergebnissen wird zudem nicht bezüglich der Sozialform differenziert. Dies wird ebenfalls in weiteren Analysen untersucht werden.

## **6 Fazit und Ausblick**

Die Ergebnisse aus der Pilotstudie bestätigen die bisherigen Befunde, dass das Lernen aus Beispielaufgaben lernwirksam ist. Da die Ergebnisse jedoch andeuten, dass das entwickelte Lernmaterial noch nicht optimal an die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler adaptiert ist, sollen in einem nächsten Schritt die Beispielaufgaben und Impulse überprüft werden. Dazu werden auch die Aufzeichnungen der Selbsterklärungen herangezogen, da sie Rückschlüsse darauf erlauben, wie die Impulse von den Lernenden verstanden werden.

Im weiteren Verlauf der Studie soll mit einer größeren Stichprobe untersucht werden, wie sich die Anpassung der Impulse an das Vorwissen auf den Lernerfolg auswirkt und ob Beispielaufgaben mit vorwissensangepassten Impulsen eine angemessene Methode zur individuellen Förderung sind. Diese Analysen sollen außerdem darüber Aufschluss geben, ob das Lernen in Einzel- oder Partnerarbeit in diesem Zusammenhang zu bevorzugen ist und welche Zusammensetzung der Dyaden bezüglich des Vorwissens der Lernpartner besonders lernwirksam ist.

Als praktischer Ertrag dieses Projektes werden u. a. erprobte Beispielaufgaben zur individuellen Förderung erwartet, die im Schulalltag eingesetzt werden können. Außerdem werden Empfehlungen gegeben werden können, wie Impulse zur individuellen Förderung von Schülerinnen und Schülern mit unterschiedlichem Vorwissen und im Einsatz in verschiedenen Sozialformen gestaltet sein sollten.

Wir danken der DFG für die Unterstützung des Forschungsprojektes (SA 1712/2-1) im Rahmen der Forschergruppe und des Graduiertenkollegs „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ (nwu-essen).

## Zitierte Literatur

- ATKINSON, R.K., S.J. DERRY, A. RENKL & D. WORTHAM (2000): Learning from Examples: Instructional Principles from the Worked Examples Research. *Review of Educational Research*, **70** (2), 181–214.
- CATRAMBONE, R. & K.J. HOLYOAK (1989): Overcoming Contextual Limitations on Problem-Solving Transfer. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **15** (6), 1147–1156.
- CHANDLER, P. & J. SWELLER (1991): Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*, **8** (4), 293–332.
- 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., N. DE LEEUW, M.-H. CHIU & C. LAVANCHER. (1994): Eliciting Self-Explanations Improves Understanding. *Cognitive Science*, **18**, 439–477.
- 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** (1), 41–54.
- FRANKE-BRAUN, G., F. SCHMIDT-WEIGAND, L. STÄUDEL & R. WODZINSKI (2008): Aufgaben mit gestuften Lernhilfen - ein besonderes Aufgabenformat zur kognitiven Aktivierung der Schülerinnen und Schüler und zur Intensivierung der sachbezogenen Kommunikation. In: Kasseler Forschergruppe [Hrsg.]: *Lernumgebungen auf dem Prüfstand. Zwischenergebnisse aus den Forschungsprojekten*. Kassel University Press, Kassel, 27–42
- FUCHS, L. S., FUCHS, D., HAMLETT, C. L., & K. KARNS (1998): High-Achieving Student's Interactions and Performance on Complex Mathematical Tasks as a Function of Homogeneous and Heterogeneous Pairings. *American Educational Research Journal*, **35** (2), 227–267.
- KROB, A. & G. LIND (2001): Lernen mit Beispielaufgaben in Biologie und Physik. *Mathematisch-Naturwissenschaftlicher Unterricht*, **54** (8), 491–496.
- LIND, G., G. FRIEGE, L. KLEINSCHMIDT & A. SANDMANN (2004): Beispiellernen und Problemlösen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, **10**, 29–49.
- LIND, G., G. FRIEGE & A. SANDMANN (2005): Selbsterklären und Vorwissen. *Empirische Pädagogik*, **19** (1), 1–27.
- LIND, G. & A. SANDMANN (2003): Lernstrategien und Domänenwissen. *Zeitschrift für Psychologie*, **211**(4), 171–192.
- LOU, Y., ABRAMI, P. C., SPENCE, J. C., POULSEN, C., CHAMBERS, B., & S. D'APOLLONIA (1996): Within-Class Grouping: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, **66** (4), 423–458.
- MACKENSEN, I. & A. SANDMANN (2002a): Lernen mit Beispielaufgaben: aktiv - konstruktiv - eigenständig. *Praxis der Naturwissenschaften - Biologie in der Schule*, **51** (8), 16–24.
- MACKENSEN, I. & A. SANDMANN (2002b): Training effektiver Selbsterklärung beim Lernen mit biologischen Beispielaufgaben. Interventionsstudie auf dem Hintergrund der Expertiseforschung. In , *Erkenntnisweg Biologie* (S. 63–70).
- MACKENSEN-FRIEDRICH, I. (2004): Förderung des Expertiserwerbs durch das Lernen mit Beispielaufgaben im Biologieunterricht der Klasse 9. Dissertation. Kiel.
- MACKENSEN-FRIEDRICH, I. (2009): Die Rolle von Selbsterklärungen aufgrund vorwissensgepasster, domänenspezifischer Lernimpulse beim Lernen mit biologischen Beispielaufgaben. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, **15**, 155–172.
- PAAS, F.G.C.W. & J.J.G. VAN MERRIENBOER (1994): Variability of Worked Examples and Transfer of Geometrical Problem-Solving Skills: A Cognitive-Load Approach. *Journal of Education Psychology*, **86** (1), 122–133.
- REIMANN, P. (1997): *Lernprozesse beim Wissenserwerb aus Beispielen. Analyse, Modellierung, Förderung* (1). Verlag Hans Huber, Bern.
- RENKL, A. (1999): Learning mathematics from worked-out: Analyzing and fostering self-explanations. *European Journal of Psychology of Education*, **14** (4), 477–488.

- RENKL, A. (2002): Worked-out examples: instructional explanations support learning by self-explanations. *Learning and Instruction*, **12**, 529–556.
- RENKL, A., R.K. ATKINSON, U.H. MAIER & R. STALEY (2002): From Example Study to Problem Solving: Smooth Transitions Help Learning. *The Journal of Experimental Education*, **70** (4), 293–315.
- SANDMANN, A., M. HOSENFELD, I. MACKENSEN & G. LIND (2002): Paraphrasieren, Schlussfolgern, Bewerten - Strategien des Lernens mit Beispielaufgaben bei Experten und Novizen in Biologie. In: KLEE, R. & H. BAYRHUBER [Hrsg.]: *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik*. Studien Verlag, Innsbruck, 131-144.
- SCHMIDT-WEIGAND, F., G. FRANKE-BRAUN & M. HÄNZE (2008): Erhöhen gestufte Lernhilfen die Effektivität von Lösungsbeispielen? Eine Studie zur kooperativen Bearbeitung von Aufgaben in den Naturwissenschaften. *Unterrichtswissenschaft*, **36** (4), 365–384.
- SCHWONKE, R., A. RENKL, C. KRIEG, J. WITWERT, V. ALEVEN & R. SALDEN (2009): The worked-example effect: Not an artefact of lousy control conditions. *Computers in Human Behavior*, **25**, 258–266.
- STÄUDEL, L., G. FRANKE-BRAUN & F. SCHMIDT-WEIGAND (2007): Komplexität erhalten - auch in heterogenen Lerngruppen: Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. *CHEMKON*, **14** (3), 115–122.
- SWELLER, J. & G.A. COOPER (1985): The Use of Worked Examples as a Substitute for Problem Solving in Learning Algebra. *Cognition and Instruction*, **2** (1), 59–89.

