

Steuerung des Kompetenzerwerbs beim Lernen mit Beispielaufgaben durch fokussierte Lernimpulse

– Projektskizze –

Anja Czeskleba, Philipp Schmiemann

anja.czeskleba@fu-berlin.de – philipp.schmiemnn@fu-berlin.de

Freie Universität Berlin, Fachbereich Biologie, Chemie, Pharmazie

Didaktik der Biologie
Schwendenerstr. 1, 14195 Berlin

Zusammenfassung

Beispielaufgaben stellen eine effektive Lernmethode sowohl zur Vermittlung von Problemlösestrategien als auch von Fachinhalten dar. Den Lernenden wird ein Problem aufgezeigt, dessen Lösung ihnen anschließend Schritt für Schritt vorgeführt wird. Indem die korrekte Lösung einer Problemstellung nachvollzogen werden kann, wird der Extraneous Load minimiert und den Lernenden wird die Möglichkeit gegeben, sich intensiver mit dem Lerninhalt auseinander zu setzen. Ein unterstützendes Merkmal von Beispielaufgaben sind Impulse, die die Lernenden zu Selbsterklärungen und damit zu einer elaborierteren Auseinandersetzung mit der Aufgabe anregen. Studien haben gezeigt, dass sich durch den gezielten Einsatz von Impulsen sowohl die Quantität als auch die Qualität der Selbsterklärungen verändern. Im Rahmen einer Untersuchung soll nun ermittelt werden, inwiefern sich der Einsatz von Impulsen auch auf die Fokussierung bestimmter Lerninhalte auswirken kann.

Abstract

Worked-out examples are an effective method of learning, both for problem solving strategies as well as content knowledge. A problem is shown to the learners, and then the solution is presented to them step by step. By tracing the correct strategy of problem solving, the extraneous load is minimized and the learners are given the opportunity to deal intensively with the learning content. Supportive features of worked-out examples are prompts. They encourage learners to self-explanations, and thus to a more elaborate discussion of the task. Former studies have shown that the selective use of prompts altered both the quantity and the quality of self-explanations. In our investigation it will be determined to what extent the use of prompts also could influence the focusing of specific learning content.

1 Einleitung

In ihren Bildungsstandards hat die KMK (2005) für das Fach Biologie vier Kompetenzbereiche festgelegt, die es zu fördern gilt: Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung grundlegende Gegenstände naturwissenschaftlichen Unterrichts. In ihrer Kompetenzdefinition bezieht sich die KMK dabei auf WEINERT (2001). In dessen grundlegender Beschreibung von Kompetenz stellt das Problemlösen einen zentralen Aspekt dar. Dabei definieren KLIEME et al. (2001) Problemlösen als „zielorientiertes Denken und Handeln in Situationen, für deren Bewältigung keine routinierten Vorgehensweisen verfügbar sind“ (S. 185) und beschreiben es als eine fächerübergreifende Kompetenz.

Obwohl es keine eigenen Bildungsstandards für fächerübergreifende Bildungsziele gibt, findet sich das Problemlösen dennoch in den Standards der einzelnen Lernbereiche der naturwissenschaftlichen Fächer wieder. So z. B., wenn Aussagen darüber getätigt werden, „wie die Lernenden auf bestimmten Kompetenzstufen mit offenen Problemstellungen umgehen können und inwieweit sie in der Lage sind, ihre Vorstellungen und Lösungswege anderen zu vermitteln“ (KLIEME et al., 2007, S. 26). Zudem bestimmen Problemlöseprozesse in großem Maße den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung (MAYER, 2007). Denn insbesondere das Verständnis des wissenschaftlichen Untersuchens (*Scientific Inquiry*) fordert von Schülern Fähigkeiten des Problemlösens. So beschreiben KLAHR & DUNBAR (1988) bereits Ende der 80er naturwissenschaftliches Forschen als Problemlöseprozess, währenddessen zwei Problemräume durchsucht werden müssen: Der Hypothesen-Suchraum und der Experimentier-Suchraum.

Eine Möglichkeit, Problemlösefähigkeiten zu fördern, findet sich in Beispielaufgaben – einem Aufgabentyp, der seit Mitte der 80er Jahre in der Expertiseforschung untersucht wird (Überblick: MACKENSEN-FRIEDRICHS, 2004).

2 Theorie

2.1 Expertiseforschung

Die Expertiseforschung beschäftigt sich intensiv mit Aspekten des Problemlösens. In vielen Untersuchungen hat sich gezeigt, dass es keine allgemeinen Problemlösefähigkeiten gibt. Stattdessen wird Expertise als domänenspezifische Fähigkeit angesehen, die durch Praxis, Training und Erfahrung erlangt wurde (FRIEGE, 2001). Es konnte zudem gezeigt werden, dass nicht nur das Vorwissen der Lernenden von großer Bedeutung für das Lösen komplexer Probleme ist (GRUBER, 1999). CHI et al. (1982) betonten zudem, dass neben der

Quantität des Wissens, insbesondere auch die Qualität des Wissens Unterschiede zwischen Experten und Novizen hervorruft.

Die *Adaptive Control of Thought*-Theorie von Anderson (u. a. ANDERSON, 1987) beschreibt den Erwerb von Expertise als die Überführung von deklarativem in prozedurales Wissen. Die Fähigkeit, Wissen anzuwenden steht somit im Vordergrund. In dem Modell können drei Phasen beim Lernen des Problemlösens unterschieden werden: 1) Erwerb des deklarativen Wissens (Begriffe, Gesetze, die für die Problemlösung notwendig sind), 2) Verbindung des deklarativen Wissens mit prozeduralem und situativem Wissen (Erwerb von aufgabentypischem, anwendungsorientiertem Wissen) und 3) Einübung und Automatisierung der erworbenen Produktionsregeln (das Problemlösen wird expertenhaft). Sowohl LIND et al. (2004) als auch MACKENSEN-FRIEDRICHS (2004) weisen jedoch darauf hin, dass die letzte Stufe des Fertigkeitserwerbs im Schulunterricht im Regelfall nicht erreicht werden kann. Von Interesse für die Schule ist dagegen umso mehr, die zweite Stufe im Unterricht gezielt zu fördern. Die Lernenden müssen in die Lage versetzt werden, in einer konkreten Problemlösungssituation ihr vorhandenes Wissen anzuwenden, um so die Entstehung „trägen Wissens“ (RENKL, 1996) zu vermeiden.

2.2 Beispielaufgaben

Wenn Prozesse des Problemlösens erlernt werden müssen, stellt sich die Frage, wie dies im Unterricht bewerkstelligt werden kann. Ein vielversprechendes Hilfsmittel zur Vermittlung von Problemlösefähigkeiten stellen sogenannte Beispielaufgaben dar (MACKENSEN-FRIEDRICHS, 2004). Der wesentliche Unterschied zwischen selbständigem Problemlösen und Beispielaufgaben liegt in der Lenkung des Lernprozesses. Durch die Ausarbeitung eines Beispiels in Form einer Beispielaufgabe erhält der Lernprozess einen höheren Organisationsgrad (LIND et al., 2004).

Beispielaufgaben wurden zunächst für Problemstellungen in den Bereichen Mathematik, Physik und Informatik entwickelt (ATKINSON et al., 2000). Im Laufe der Zeit wurden sie jedoch auch für das Fach Biologie adaptiert. So konnte bereits in zahlreichen Untersuchungen die Lernwirksamkeit von Beispielaufgaben im Bereich Biologie für den Kompetenzbereich Fachwissen (u. a. CHI et al., 1994; MACKENSEN & SANDMANN, 2002; MACKENSEN-FRIEDRICHS, 2004) aufgezeigt werden.

Obwohl es keine allgemeingültige Definition dieses Aufgabentyps gibt, weisen Beispielaufgaben dennoch typische Merkmale auf: Zunächst wird ein übergeordnetes Problem aufgeworfen. Die Lösung des Problems erfolgt, indem es in viele kleine Problemschritte untergliedert wird, deren Lösungen und Bearbei-

tungen dem Lernenden anschließend exemplarisch vorgeführt werden (ATKINSON et al., 2000). Somit kann der Lernende die Erstellung einer Art Musterlösung für dieses Problem nachverfolgen (MACKENSEN-FRIEDRICHS, 2009) bzw. wird ihm vorgeführt, wie Experten bei der Lösung des Problems vorgehen würden (Abb.1). Ziel ist es, die Lösung derart zu gestalten, dass die Lernenden in einem Transferprozess den Lösungsweg auch auf andere, ähnlich strukturierte Problemstellungen übertragen können (ATKINSON et al., 2000).

<p>PROBLEMSTELLUNG: Eine Box enthält 3 rote und 2 weiße Bälle. Nacheinander werden zwei Bälle gezogen. Die entnommenen Bälle werden nicht wieder zurück in die Box gelegt. Mit welcher Wahrscheinlichkeit wird als erstes ein roter und als zweites ein weißer Ball hinaus genommen?</p>	
<p>LÖSUNG:</p>	
<p>SCHRITT 1:</p>	
Gesamtzahl der Bälle:	5
Anzahl roter Bälle:	3
Wahrscheinlichkeit eines roten Balles beim ersten Zug:	$3/5$
<p>SCHRITT 2:</p>	
Gesamtzahl der Bälle nach dem ersten Zug:	4
Anzahl weißer Bälle:	2

Abb. 1: Beispielaufgabe (nach ATKINSON et al., 2000).

2.3 Lerntheoretische Grundlagen für Beispielaufgaben

Die Effektivität von Beispielaufgaben wird meist durch die *Cognitive Load-Theorie* erklärt (SWELLER, 1988; UNTERBRUNER, 2007). Diese Theorie der kognitiven Belastung beruht auf der Annahme, dass Lernen die Integration neuer Informationen aus dem Arbeitsgedächtnis in vorhandene Schemata des Langzeitgedächtnisses darstellt. Allerdings ist die Aufnahmemöglichkeit von Informationen (Kapazität) in das Arbeitsgedächtnis beschränkt. Sobald die zu lernenden Informationseinheiten die Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses übersteigen, führt dies zu Problemen beim Lernprozess (SWELLER, 1988), da das Informationsverarbeitungssystem überfordert ist.

Die Belastung (*Load*) des Arbeitsgedächtnisses lässt sich in drei verschiedenen Formen des *Cognitive Load* differenzieren: dem *Intrinsic Load*, dem

Extraneous Load sowie dem *Germane Load* (PAAS et al., 2003). Der *Intrinsic Load* ist dem Lernmaterial inhärent. Er ergibt sich aus der Aufgabenschwierigkeit, der Komplexität und dem Umfang der Lernaufgabe und lässt sich grundsätzlich nur durch eine Reduktion des Inhaltes vermindert. *Germane* und *Extraneous Load* lassen sich zum *Extrinsic Load* zusammenfassen. Im Gegensatz zum *Intrinsic Load* ergibt sich der *Extrinsic Load* aus dem Aufgabendesign und kann somit durch die Konstruktion der Lernaufgabe beeinflusst werden. Unter *Germane Load* wird die kognitive Auslastung durch Lernprozesse verstanden. Hierbei handelt es sich also um jene Ressourcen, die für den Wissenserwerb genutzt werden können. Im Gegensatz dazu entsteht der *Extraneous Load*, wenn Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses durch Aktivitäten verbraucht werden, die nicht für den Lernprozess benötigt werden (RENKL et al., 2003).

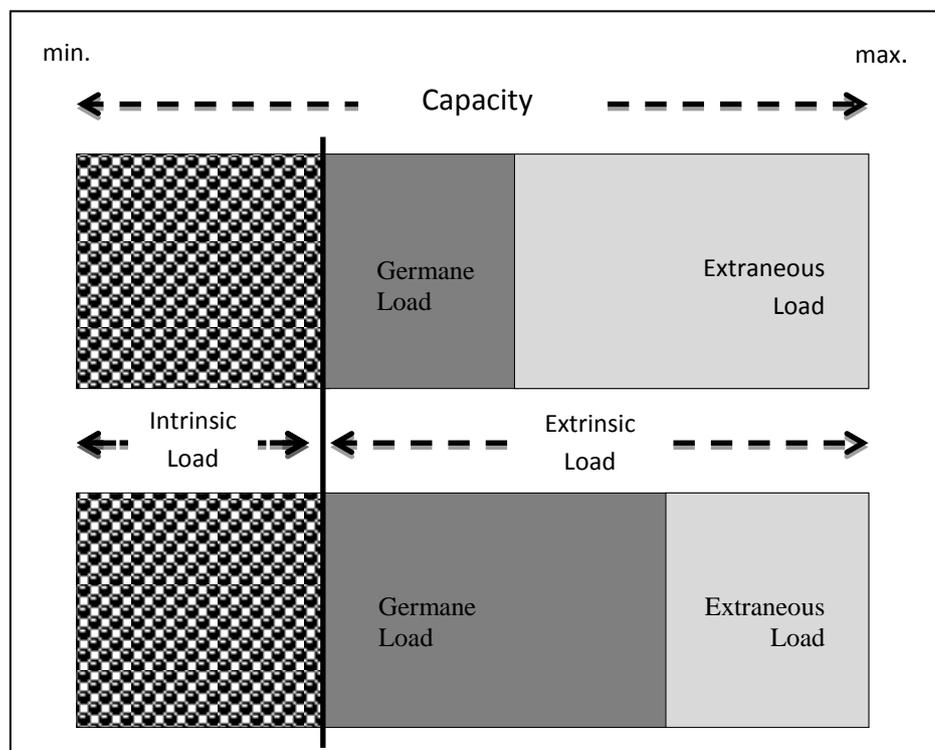


Abb. 2: Schema der *Cognitive Load-Theorie* (nach PAAS et al., 2003).

Alle drei Belastungsmerkmale ergeben zusammen die Gesamtbelastung (Abb.2). Ein hoher *Extraneous Load* reduziert demnach die für den eigentlichen Lernprozess zur Verfügung stehenden Ressourcen. Gleichermäßen führt der additive Charakter des Arbeitsgedächtnisses dazu, dass durch eine Reduktion des *Extraneous Load* (z. B. durch eine Berücksichtigung kognitiver Arbeitsprozesse) automatisch mehr Kapazitäten für den effektiven *Germane Load* geschaffen werden können. Genau auf diesem Prinzip beruhen Beispielaufgaben. Indem sie den Lernenden durch den Lösungsprozess hindurchführen, wird die kognitive

Belastung des Arbeitsgedächtnisses reduziert, und damit mehr Raum für Lernprozesse (*Germane Load*) gegeben (RENKL et al., 2003).

2.4 Vorteile beim Lernen mit Beispielaufgaben

Beispielaufgaben weisen weitere Vorteile gegenüber herkömmlichen, offen gestalteten Problemlöseaufgaben im Schulunterricht auf (SWELLER & COOPER, 1985; PAAS & VAN MERRIENBOER, 1994; RENKL et al., 1998; RENKL et al., 2003; ATKINSON et al., 2000). So verweisen LIND et al. (2004) auf motivationaler Ebene auf drei wichtige Vorteile von Beispielaufgaben gegenüber selbstständigem Problemlösen. Ein Vorteil von Beispielaufgaben liegt etwa darin, dass die Lernenden, bei denen das Lösen des Problems misslingt, keine bzw. nur geringere Frustrationserlebnisse hinnehmen müssen. Ein Problem, das bei „normalen“ Problemlöseaufgaben insbesondere Auswirkungen auf die Motivation von Novizen zeigt. Ein weiterer Vorteil in Hinblick auf motivationale Einflüsse liegt in der Möglichkeit, in Beispielaufgaben auch auf interessantere aber dafür schwierigere Probleme zurückgreifen zu können, die von Schülerinnen und Schülern in einer selbstständigen Problemlösesituation nicht zu lösen wäre. Für die Experten können Beispielaufgaben zudem zahlreiche Möglichkeiten einer weiterführenden Elaboration bieten.

Des Weiteren regt eine eigenständige Arbeit mit einem Beispieltext stärker zur Elaboration des Beispiels an. Gleichzeitig verringert eine Beispielaufgabe jedoch die Wahrscheinlichkeit von Irrwegen während des Problemlöseprozesses (LIND et al., 2004). In ihrer Untersuchung konnten LIND et al. (2004) zeigen, dass zum erfolgreichen Anwenden von Beispielaufgaben bereits ein relativ allgemeines Vorwissen ausreicht. Beim selbständigen Problemlösen hingegen würde eine erfolgreiche Wissensanwendung die Lernenden mit wenig Vorwissen überfordern. Dies verschafft Beispielaufgaben insbesondere für den Einsatz in Schulen den entscheidenden Vorteil, Problemlösen auch mit neuen Inhalten üben zu können.

2.5 Steigerung der Effektivität durch Impulse

Der Schlüssel zum erfolgreichen Problemlösen und somit auch zum erfolgreichen Bearbeiten einer Beispielaufgabe liegt in den Selbsterklärungen des Lerners. Der Unterschied zwischen guten und schlechten Leistungen beim Problemlösen beruht auf der Intensität des Selbsterklärens (MACKENSEN-FRIEDRICHS, 2009). Denn je intensiver und tiefgreifender sich Schülerinnen und Schüler mit der Aufgabe auseinandersetzen (selbsterklären), umso größer ist der Lernerfolg (CHI et al., 1989; KROß & LIND, 2001; STARK et al., 2001; MACKENSEN-FRIEDRICHS, 2009).

Selbsterklärungen implizieren verschiedene Lernstrategien, wie etwa Elaborationsstrategien (Integration) oder Reduktions- und Organisationsstrategien (LIND et al., 2005). Der Kern des Selbsterklärens besteht darin, Argumentationslücken zu schließen, zu versuchen, sich jeden einzelnen Schritt des Lösungsschemas zu erklären (KROB et al., 2001) und die präsentierten Informationen auf sein Vorwissen zu beziehen. Die neue Information wird also in vorhandene Schemata integriert (MACKENSEN-FRIEDRICHS, 2009; LIND et al., 2004) und durch die Interaktion von domänenspezifischem Vorwissen und Lernmaterial generiert der Lernende neues Wissen.

Eine Möglichkeit, Selbsterklärungen zu induzieren, ist die Verwendung von sogenannten Impulsen. Impulse sind Anregungen, die die Lernenden bei der Bearbeitung einer Aufgabe zum Selbsterklären (MACKENSEN-FRIEDRICHS, 2009) und somit zu einer aktiveren Bearbeitung der Aufgabe (ATKINSON et al., 2003) veranlassen sollen. Sie können in unterschiedlicher Form in die Aufgabe integriert sein, z. B. als Frage, Hinweis oder auch in Form eines unvollständigen Satzes. Die Impulse werden so in den aufgezeigten Problemlöseweg der Beispielaufgabe eingefügt, dass den Lernenden erst dann die Zwischenlösung präsentiert wird, nachdem sie selbst über eine mögliche Antwort nachgedacht haben. So kann beispielsweise als Impuls eine Frage aufgeworfen werden (Abb.3). Die Beantwortung der Frage erfolgt dann erst auf der Folgeseite der Beispielaufgabe. Durch die Impulse werden die Lernenden also angehalten, zunächst selbständig über die Lösung des Problemschrittes nachzudenken. Erst nach dieser Selbsterklärungsphase erfolgt die Bereitstellung der Lösung. Damit wird verhindert, dass der Inhalt der Aufgabe ausschließlich passiv aufgenommen wird, und dadurch eine aktive Eingliederung in bereits vorhandene Schemata bzw. eine neue Konstruktion eines eigenen Schemata unterbleibt.

Durch eine Erhöhung der Selbsterklärungsquantität kann der Lernzuwachs erhöht werden (einen Überblick über verschiedene Studien bietet MACKENSEN-FRIEDRICHS, 2004). Ebenso führt eine Anpassung der Impulse an den Expertise-grad der Lernenden zu einer Steigerung des Lernerfolgs durch eine Verbesserung der Selbsterklärungsqualität. So haben Untersuchungen von MACKENSEN-FRIEDRICHS (2009) gezeigt, dass Novizen und Experten sich in der Bearbeitung der Impulse unterscheiden: Je nachdem, wie die Impulse gestellt werden, erfolgt die Bearbeitung rückbeziehend oder antizipatorisch.

<p>PROBLEMSTELLUNG: Eine Box enthält 3 rote und 2 weiße Bälle. Nacheinander werden zwei Bälle entnommen. Die entnommenen Bälle werden nicht wieder zurück in die Box gelegt. Mit welcher Wahrscheinlichkeit wird als erstes ein roter und als zweites ein weißer Ball hinaus genommen?</p>	
<p>LÖSUNG:</p>	
<p>SCHRITT 1:</p>	
Gesamtzahl der Bälle:	5
Anzahl roter Bälle:	3
Wahrscheinlichkeit eines roten Balles beim ersten Zug:	$3/5$
<p>IMPULS: Wie kann lässt sich die Wahrscheinlich errechnen, dass beim zweiten Zug ein weißer Ball entnommen wird?</p>	
<p>-----</p>	
<p>SCHRITT 2:</p>	
Gesamtzahl der Bälle nach dem ersten Zug:	4
Anzahl weißer Bälle:	2
Wahrscheinlichkeit eines weißen Balles beim zweiten Zug:	$2/4$

Abb. 3: Beispielaufgabe mit Impulsen (nach ATKINSON et al., 2000).

Daraus folgt gleichermaßen, dass durch die Gestaltung der Impulse Einfluss auf die Qualität der Selbsterklärungen genommen werden kann (KROß et al., 2001). Dadurch kann es gelingen, die Erschließung des Inhalts Experten oder Novizen unter den Lernenden leichter und v. a. langfristiger zugänglich zu machen.

Eine Steuerung des Lernprozesses durch Impulse scheint nicht nur auf der qualitativen Ebene, der Verarbeitung der Inhalte in novizenhafter oder ex-

pertenhafter Weise möglich. Zusätzlich lässt sich annehmen, dass die Impulsgebung ebenso Einfluss auf inhaltlicher Ebene nehmen kann. Je nachdem, auf welche Inhalte die Impulse fokussieren, sollten in diesem Bereich aufgrund der hierauf gelenkten Selbsterklärungen der Lernenden, tiefgreifender gelernt werden. Diese Annahme soll im Rahmen einer Studie untersucht werden.

3 Fragestellung und Hypothese

In Beispielaufgaben kann der Lernprozess durch Impulse generell angeregt werden. Inwieweit sich der Lernprozess durch gezielte Impulse zu verschiedenen Kompetenzbereichen steuern lässt, ist bisher nicht geklärt. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund interessant, dass im Rahmen des kompetenzorientierten Unterrichts mehrere Kompetenzbereiche gemeinsam gefördert werden sollen.

Ziel dieser Untersuchung ist es herauszufinden, inwieweit sich durch eine gezielte Veränderung der Impulse in Beispielaufgaben die Richtung des Lernprozesses bezogen auf verschiedene Kompetenzbereiche beeinflussen lässt. Dementsprechend soll folgende Fragestellung untersucht werden: Inwieweit lässt sich beim Lernen mit Beispielaufgaben, welche Lerninformationen zu zwei Kompetenzbereichen (hier: Fachwissen, Erkenntnisgewinnung) enthalten, durch die Variation der Impulse der Lernprozess steuern.

Aufgrund der Steuerungswirkung von Impulsen auf die Selbsterklärungen und damit auf den Lernprozess lassen sich folgende Hypothesen aufstellen:

- Impulse, die auf einen bestimmten Kompetenzbereich (z. B. Fachwissen) fokussieren, führen zu Selbsterklärungen, die sich im Wesentlichen auf den entsprechenden Kompetenzbereich beziehen, und somit zu einem erhöhten Lernzuwachs in eben diesem Kompetenzbereich.
- In dem Kompetenzbereich, der nicht durch Impulse fokussiert wird, kommt es entsprechend zu einem geringeren Lernzuwachs
- Für die gemeinsame Verwendung von Impulsen für beide Kompetenzbereiche können mehrere Alternativhypothesen theoretisch begründet werden:
 - Durch die Impulse werden Selbsterklärungen zu beiden Kompetenzbereichen angeregt, sodass es in beiden Bereichen zu einem erhöhten Lernzuwachs kommt.
 - Durch Impulse, die beide Kompetenzbereiche betreffen, wird die kognitive Belastung insgesamt erhöht, sodass es insgesamt zu einem mittleren Lernzuwachs in beiden Bereichen kommt.

4 Design

Für die Untersuchung der Fragestellung wurden zunächst Beispielaufgaben konstruiert, in denen die Kompetenzbereiche Fachwissen und Erkenntnisgewinnung gemeinsam vermittelt werden. Als konkreter Inhalt für den Kompetenzbereich Fachwissen dient der Themenkomplex *Blutkreislauf*. Für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung wurde das Thema *Modelle und Modellbildung* gewählt, da beides eine wichtige Rolle beim Verständnis des Blutkreislaufs spielt. Aufgrund der Komplexität beider Konzepte werden die Inhalte auf mehrere Beispielaufgaben verteilt.

Die Inhalte zum Blutkreislauf-Konzept (Fachwissen) orientieren sich an dem Kompetenzstrukturmodell von (SCHMIEMANN, 2010). Ihm zufolge gibt es drei Niveaustufen, die sich durch verschiedene Inhalte auszeichnen: Niveau I: Durchblutung; Niveau II: Blutgefäße; Niveau III: Körper- & Lungenkreislauf. Alle drei Niveaus sollen mit Hilfe der Beispielaufgaben vermittelt werden.

Modelle und Modellbildung sind dem Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung zuzuordnen. Das Wissen über Modelle stammt aus dem Bereich *Nature of Science*, während die Modellbildung einen Teil von *Scientific Inquiry* darstellt. Die vermittelten Inhalte zum Konstrukt von Modelle und Modellbildung beruhen auf dem Kompetenzmodell von UPMEIER ZU BELZEN & KRÜGER (2010) sowie dem Scientific Modeling-Konzept von SCHWARZ et al. (2009). Die Inhalte der Beispielaufgaben berücksichtigen die Aspekte: Konstruktion, Testen, Ändern, Nutzen von Modellen (vgl. KENYON et al., 2008). Zudem wird eine Aufgabe konstruiert, die Wissen über Modelle sowie allgemeines Wissen über Abläufe der Modellbildung enthält. Diese soll den übrigen Aufgaben vorgeschaltet werden, da sie ein grundlegendes Verständnis vermitteln soll.

Da die zu vermittelnden Inhalte die Vermittlungsmöglichkeiten einer einzelnen Beispielaufgabe bei weitem übersteigen, wurden die Inhalte auf mehrere aufeinander aufbauende Aufgaben verteilt. Insgesamt ergeben sich fünf Beispielaufgaben mit Inhalten aus beiden Themenbereichen. Bei der Konstruktion der Aufgaben wurden zudem die üblichen Merkmale von Beispielaufgaben (z. B. *Intra-* und *Inter-Example Features*) berücksichtigt (ATKINSON et al., 2000).

Tab. 1: Aufgabendesign.

	Modelle & Modellbildung	Blutkreislauf
Aufgabe I	Was ist ein Modell?	Versorgung der Zellen über das Blut
Aufgabe II	Phasen der Modellbildung & Konstruktion von Modellen	Funktion des Herzens
Aufgabe III	Testen von Modellen	Gefäßtypen und Blutstrom
Aufgabe IV	Ändern & Nutzen von Modellen	Herz- und Lungenkreislauf
Aufgabe V	Konstruktion, Testen, Ändern Nutzen von Modellen	Struktur und Funktion des Blutgefäßsystems

Um die Auswirkung der Impulse auf das Lernen und den Lernzuwachs testen zu können, müssen die Impulse in den Beispielaufgaben variiert werden. Jede der fünf Beispielaufgaben wird in drei verschiedenen Versionen eingesetzt, so dass insgesamt 15 verschiedene Beispielaufgaben konstruiert werden und in die Untersuchung eingehen.

Tab. 2: Variation der Impulse in den Beispielaufgaben.

	Variante A	Variante B	Variante C
Beispielaufgaben I-V	Impulse zum <i>Blutkreislauf</i>	Impulse zu <i>Modellen und Modellbildung</i>	Impulse zum <i>Blutkreislauf</i> und zu <i>Modellen und Modellbildung</i>

5 Methode

In der Untersuchung werden die Aufgaben zunächst mit der Methode des *Lauten Denkens* auf ihre Verständlichkeit überprüft. Dafür werden die Aufgaben Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 7 zur Bearbeitung gegeben. Während der Auseinandersetzung mit den Aufgaben werden die Schüler angehalten, alle Gedanken, die ihnen dabei in den Sinn kommen, laut zu äußern (ERICSSON & SIMON, 1980). Die Schüleräußerungen werden mit Hilfe von Diktiergeräten aufgenommen, anschließend transkribiert und ausgewertet. Bei der Auswertung wird insbesondere auf Verstehens- oder Missverstehensäußerungen geachtet.

In einem zweiten Schritt wird überprüft, ob die gegebenen Impulse Selbsterklärungen hervorrufen, die die Bearbeitung der Aufgaben in gewünschter Weise voranführen. Durch die Methode des *Lauten Denkens* kann zudem erfasst werden, ob die Impulse für die Lernenden angemessen sind. Da die Schülerinnen und Schüler in den Bereichen *Blutkreislauf* und *Modelle und Modellbildung*

vermutlich ein überwiegend novizenhaftes Vorwissen aufweisen werden, muss überprüft werden, ob die Impulse nicht zu schwer sind.

Zudem wird die Bearbeitungszeit der Aufgaben überprüft, um zu untersuchen, ob die Aufgaben von den Schülern innerhalb jeweils einer Unterrichtsstunde zu bearbeiten sind. Die optimierten Aufgaben können dann für die Untersuchung der Fragestellung genutzt werden.

Anschließend wird zur Beantwortung der Forschungsfrage und Überprüfung der Hypothese untersucht, wie die Schülerinnen und Schüler die gegebenen Impulse bearbeiten. Auch hierfür wird die Methode des *Leuten Denkens* genutzt (ERICSSON & SIMON, 1980). Für die Auswertung der Schüleraussagen liegt ein Kategoriensystem (MACKENSEN-FRIEDRICHS, 2004) vor, mit Hilfe dessen sich die durch die Impulse ausgelösten Selbsterklärungen ordnen lassen. So unterscheidet MACKENSEN-FRIEDRICHS (2004) die Selbsterklärungen der Lernenden unter anderem bezüglich der Integration von Vorwissen oder unterschiedlicher Gefühlsäußerungen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung können Auskunft darüber geben, wie die Impulse das Lernen des Aufgabeninhaltes steuern.

6 Ausblick

Sollte die Untersuchung zeigen, dass sich die Impulse wie erwartet auf die Bearbeitung der Aufgaben auswirken, soll in einer weiteren Untersuchung überprüft werden, inwieweit sich die Steuerung des Selbsterklärens auf den Lernzuwachs auswirkt. Dies soll in einem Pre-Post-Follow-up-Design mit Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 7 untersucht werden. Die Untersuchung des Lernzuwachses wird mit vorhandenen Textaufgaben zu *Modellen und Modellbildung* und dem *Blutkreislauf* (SCHMIEMANN, 2010) erfolgen.

Zitierte Literatur

- ANDERSON, J. (1987): Skill acquisition: compilation of weak-method problem solutions. *Psychological Review*, **94** (2), 192–210.
- ATKINSON, R.K., DERRY, S.J., RENKL, A. & WORTHAM, D. (2000): Learning from Examples: Instructional Principles from the Worked Examples Research. *Review of Educational Research*, **70** (2), 181–214.
- ATKINSON, R.K., RENKL, A. & MERRILL, M.M. (2003): Transitioning From Studying Examples to Solving Problems: Effects of Self-Explanation Prompts and Fading Worked-Out Steps. *Journal of Educational Psychology*, **95** (4), 774–783.
- 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., GLASER, R. & REES, E. (1982): Expertise in problem solving. In: R. J. Sternberg [Hrsg.]: *Advances in the Psychology of Human Intelligence*. Hillsdale, NJ: Erlbaum. (7–75).

- CHI, M.T.H., LEEUW, N. de, CHIU, M.-H. & LAVANCHER, C. (1994): Eliciting Self-Explanations Improves Understanding. *Cognitive Science*, **18**, 439–477.
- ERICSSON, K.A. & SIMON, H.A. (1980): Verbal Reports as Data. *Psychological Review*, **87** (3), 215–251.
- FRIEGE, G. (2001): *Wissen und Problemlösen*, Berlin, Kiel: Logos-Verl.
- GRUBER, H. (1999): Wissen. In: C. Perleth & A. Ziegler [Hrsg.]: *Pädagogische Psychologie Erfahrung als Grundlage kompetenten Handelns*. Bern: Hans Huber. (94-102).
- KENYON, L., SCHWARZ, C. & HUG, B. (2008): The Benefits of Scientific Modeling. Constructing, using, evaluating, and revising scientific models helps students advance their scientific ideas, learn to think critically, and understand the nature of science. *Science and Children*, **46** (2), 40–44.
- KLAHR, D. & DUNBAR, K. (1988): Dual Search During Scientific Reasoning. *Cognitive Science*, **12**, 1–48.
- KLIEME, E., AVENARIUS, H., BLUM, W., DÖBRICH, P., GRUBER, H., PRENZEL, M., REISS, K., RIQUARTS, K., ROST, J., TENORTH, H.-E. & VOLLMER, H.J. (2007): *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise*, Bonn, Berlin 1.
- KLIEME, E., FUNKE, J., LEUTNER, D., REIMANN, P. & WIRTH, J. (2001): Problemlösen als fächerübergreifende Kompetenz. Konzeption und erste Resultate aus einer Schulleistungstudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, **47**, 179–200.
- (KMK) Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005): *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz - Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*, München, Neuwied: Luchterhand.
- KROB, A. & LIND, G. (2001): Einfluss des Vorwissens auf Intensität und Qualität des Selbsterklärens beim Lernen mit biologischen Beispielaufgaben. *Unterrichtswissenschaft*, **29** (1), 5–25.
- LIND, G., FRIEGE, G. & SANDMANN, A. (2005): Selbsterklären und Vorwissen. *Zeitschrift für empirische Pädagogik*, **19** (1), 1–27.
- LIND, G., FRIEGE, G., KLEINSCHMIDT, L. & SANDMANN, A. (2004): Beispiellernen und Problemlösen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, **10**, 29–49.
- MACKENSEN, I. & SANDMANN, A. (2002): Lernen mit Beispielaufgaben. aktiv - konstruktiv - eigenständig. *Praxis der Naturwissenschaften - Biologie in der Schule*, **51** (8), 16–24.
- MACKENSEN-FRIEDRICHS, I. (2004): *Förderung des Expertiseerwerbs durch das Lernen mit Beispielaufgaben im Biologieunterricht der Klasse 9*. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- MACKENSEN-FRIEDRICHS, I. (2009): Die Rolle von Selbsterklärungen aufgrund vorwissensangepasster, domänenspezifischer Lernimpulse beim Lernen mit biologischen Beispielaufgaben. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, **15**, 155–172.
- MAYER, J. (2007): Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In: Krüger, D. & Vogt, H. [Hrsg.]: *Theorien in der biomedizinischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (177–186).
- PAAS, F., RENKL, A. & SWELLER, J. (2003): Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. *Educational Psychologist*, **38** (1), 1–4.
- PAAS, F.G.W.C. & MERRIENBOER, J.J.G. VAN (1994): Variability of Worked Examples and Transfer of Geometrical Problem-Solving Skills: A Cognitive-Load Approach. *Journal of Educational Psychology*, **86** (1), 122–133.
- RENKL, A. (1996): Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. *Psychologische Rundschau*, **47** (2), 78–92.
- RENKL, A., GRUBER, H., WEBER, S., LERCHE, T. & SCHWEIZER, K. (2003): Cognitive Load beim Lernen aus Lösungsbeispielen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie/German Journal of Educational Psychology*, **17** (2), 93–101.
- 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.
- SCHMIEMANN, P. (2010): *Modellierung von Schülerkompetenzen im Bereich des biologischen Fachwissens*, Berlin: Logos-Verl.

- SCHWARZ, C.V., REISER, B.J., DAVIS, E.A., KENYON, L., ACHÉR, A., FORTUS, D., SHWARTZ, Y., HUG, B. & KRAJCIK, J. (2009): Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, **46** (6), 632–654.
- STARK, R., GRUBER, H., MANDL, H. & HINKOFER, L. (2001): Wege zur Optimierung eines beispielbasierten Instruktionsansatzes: Der Einfluss multipler Perspektiven und instruktionaler Erklärungen auf den Erwerb von Handlungskompetenz. *Unterrichtswissenschaft*, **29** (1), 26–40.
- SWELLER, J. (1988): Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal*, **12** (2), 257–285.
- SWELLER, J. & COOPER, G.A. (1985): The Use of Worked Examples as a Substitute for Problem Solving in Learning Algebra. *Cognition and Instruction*, **2** (1), 59–89.
- UNTERBRUNER, U. (2007): Multimedia-Lernen und *Cognitive Load*. In D. Krüger & H. Vogt [Hrsg.]: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden. Springer; Berlin (153–164)
- UPMEIER ZU BELZEN, A. & KRÜGER, D. (2010): Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, **16**, 41–57.
- WEINERT, F.E. (2001): Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert [Hrsg.]: Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim: Beltz, (17–31).

