

**Förderung des Expertiseerwerbs  
durch das Lernen mit Beispielaufgaben  
im Biologieunterricht der Klasse 9**

Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Christian-Albrechts-Universität  
zu Kiel

vorgelegt von  
**Iris Mackensen-Friedrichs**

Kiel  
2004

Referent: Prof. Dr. H. Bayrhuber

Korreferent/in: Prof. Dr. A. Sandmann

Korreferent/in:

Tag der mündlichen Prüfung: 01.06.2004

Zum Druck genehmigt: Kiel, den

## Zusammenfassung

Zahlreiche Studien auf der Grundlage des Expertenparadigmas haben gezeigt, dass die Effektivität beim Lernen mit Beispielaufgaben von der Quantität und der Qualität des Selbsterklärens abhängt. Die Ergebnisse dieser Studien weisen darauf hin, dass sich die Selbsterklärungsquantität durch Prompting-Prozeduren leicht erhöhen lässt, was sich positiv auf den Lernerfolg auswirkt. Allerdings wurde bisher nur in wenigen Studien versucht, die Selbsterklärungsqualität zu optimieren.

Ziel dieser Studie ist es, das Lernen mit biologischen Beispielaufgaben zu optimieren. Das sollte dadurch erreicht werden, dass Schülerinnen und Schüler der 9. Klasse durch Lernimpulse, die inhaltspezifisch und vorwissensangepasst waren, dazu angeregt wurden, die Beispielaufgabenlösung intensiver zu bearbeiten, sie sich also genauer selbst zu erklären. In den Lernsituationen lernten die Versuchspersonen mit insgesamt 10 biologischen Beispielaufgaben, in die die Lernimpulse integriert wurden. Dabei wurden die Charakteristika des Selbsterklärens durch Protokolle des lauten Denkens erfasst und der Lernerfolg durch Aufgaben zum Wissen und Problemlösen erhoben. Außerdem wurden per Fragebogen die Motivationsregulation und die Belief-Systems der Versuchspersonen erhoben.

Es zeigte sich, dass die Lernenden bereits im Rahmen der durch ihr Vorwissen gegebenen Möglichkeiten selbst erklären konnten. Es gelang, typisch novizenhafte und typisch expertenhafte Selbsterklärungen zu extrahieren. Vorwissensangepasste Impulse wirkten sich dabei positiv auf den Lernerfolg im Faktenwissen aus. Sie sind somit geeignet, sowohl die Qualität als auch die Quantität des Selbsterklärens positiv zu beeinflussen. Auf den Lernerfolg im Problemlösen schienen sie hingegen keine direkte Wirkung zu haben. Hierzu wäre vermutlich die Auseinandersetzung mit einer größeren Zahl von Beispielaufgaben nötig gewesen, um die Bildung von Problemlöseschemata zu unterstützen.

Den größten Einfluss auf den Lernerfolg übte erwartungsgemäß der Expertisegrad einer Person aus. Lernende mit hohem Vorwissen lernten unabhängig von der Art der Trainingsmaßnahmen am meisten hinzu. Von den anderen untersuchten Faktoren wirkten sich lediglich die externale Motivationsregulation und die statischen Beliefs negativ auf den Lernerfolg im Faktenwissen aus. Typisch für Lernende mit wenig Vorwissen sind hierbei die statischen Beliefs und die externale Motivationsregulation. Für die Versuchspersonen mit viel Vorwissen konnte ein entsprechender Zusammenhang, dass dynamische Beliefs und eine interne Motivationsregulation typisch für sie sind, nicht nachgewiesen werden.

## Abstract

Various studies in the field of expertise research have shown that learning outcome during learning from worked-out examples depends on the quantity and quality of self-explanation. The results of these studies indicate that it is easy to enhance the *quantity* of self-explanation just by using the method of prompting which in turn leads to higher learning gains. However, studies about training *quality* of self-explaining are rare yet.

The goal of this study is to optimize self-explaining during learning with biological worked-out examples by using domain-specific instructions, which are adapted to the pre-knowledge of 9th grade students. All in all, the students learned with ten worked-out examples during the learning sessions. Learning stimuli, which were intended to promote specific self-explanations, were integrated into these ten worked-out examples. The students' self-explanations were recorded and transcribed to thinking-aloud protocols. Their learning outcome was assessed with tests on domain-specific knowledge and analogical problem-solving. In addition, a questionnaire was used to investigate the students belief-systems and regulation of learning motivation.

The results show that even at this age students' ability to self-explain depends on their pre-knowledge. Typical self-explanations for novices and experts could be educed. The learning stimuli that were adapted to the students pre-knowledge had a positive effect on the learning outcome in domain-specific knowledge. They were suited to effect both the quality and the quantity of self-explanation positively. However, the stimuli did not seem to directly affect the problem-solving abilities. Probably more worked-out examples are necessary to enhance the problem-solving abilities. That way the generation of problem-solving schemes could be fostered.

As expected the level of expertise has shown the strongest influence on the learning outcome. Students with a high pre-knowledge learned the most, irrespective of the kind of learning stimuli. Merely the external regulation of motivation and the static beliefs had a negative influence on the learning outcome in the field of factual knowledge. Moreover, static beliefs and external regulation of motivation are typical for students with low pre-knowledge. An analogous correlation for students with high pre-knowledge could not be found.

# Inhaltsverzeichnis

<b>I</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>II</b>	<b>Theoretischer Rahmen</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Expertise und Expertiseerwerb</b>	<b>5</b>
1.1	<i>Definition von Expertise</i>	5
1.1.1	Expertise im Alltagssprachlichen Gebrauch	5
1.1.2	Expertise aus wissenschaftlicher Sicht	6
1.1.3	Zusammenfassung	7
1.2	<i>Erwerb und Entwicklung von Expertise</i>	8
1.2.1	Modelle zur Gedächtnisentwicklung	8
1.2.2	Modelle zur Entstehung expertenhafter Problemlöseleistungen	10
1.3	<i>Beeinflussung des Expertiseerwerbs durch Belief-Systems</i>	12
1.3.1	Belief-Systems	12
1.3.2	Ausgewählte Studien zu Belief-Systems	13
1.3.3	Belief-Systems und Expertiseerwerb in der Biologie	14
1.4	<i>Zusammenfassung</i>	16
<b>2</b>	<b>Lernen mit Beispielaufgaben</b>	<b>17</b>
2.1	<i>Funktion von Beispielen im Lernprozess</i>	17
2.2	<i>Lernen mit Beispielaufgaben</i>	19
2.2.1	Beispielaufgaben und ihr Stellenwert beim Lernen in den Naturwissenschaften	19
2.2.2	Beispielaufgaben und Expertiseerwerb	20
2.2.3	Funktionen von Beispielaufgaben im Lernprozess	21
2.2.4	Effektivität des Lernens aus Beispielaufgaben	22
2.2.5	Erhöhung der Effektivität von Beispielaufgaben durch ihre Gestaltung	23
2.2.6	Motivationale Aspekte beim Lernen mit Beispielaufgaben	25
2.3	<i>Zusammenfassung</i>	28
<b>3</b>	<b>Beispielaufgaben selbst erklären</b>	<b>29</b>
3.1	<i>Selbsterklären</i>	29
3.2	<i>Selbsterklären und Vorwissen</i>	32
3.2.1	Textverständnis und Vorwissen	32
3.2.2	Die Studie von Sandmann und Lind	34
3.3	<i>Förderung des Selbsterklärens durch Training</i>	37
3.3.1	Training der Selbsterklärungsquantität	38
3.3.2	Training der Selbsterklärungsqualität	40

3.4	<i>Zusammenfassung</i> .....	43
<b>4</b>	<b>Forschungsfragen</b> .....	<b>45</b>
4.1	<i>Übergeordnete Ziele</i> .....	45
4.2	<i>Fragen im Zusammenhang mit dem domänenspezifischen Vorwissen</i> .....	46
4.3	<i>Fragen zum Einfluss der Lernimpulse auf das Selbsterklären und auf den Lernerfolg</i> .....	46
4.4	<i>Fragen zur Beliebtheit und zur Nützlichkeit der Lernimpulse</i> .....	49
4.5	<i>Fragen zum Einfluss motivationaler Faktoren und Belief-Systems auf den Trainingserfolg</i> .....	49
<b>III</b>	<b>Empirischer Teil</b>	<b>51</b>
<b>5</b>	<b>Anlage der Untersuchung</b> .....	<b>51</b>
5.1	<i>Variablen und Design</i> .....	51
5.2	<i>Versuchspersonenauswahl</i> .....	52
5.3	<i>Gestaltung der Beispielaufgaben</i> .....	53
5.3.1	Der Beispielaufgaben-Lehrgang.....	53
5.3.2	Integration der Lernimpulse.....	62
5.3.3	Die Beispielaufgaben ohne Impulse .....	65
5.4	<i>Zeitlicher Ablauf der Studie</i> .....	66
5.5	<i>Messinstrumente</i> .....	67
5.5.1	Der Vorwissenstest.....	68
5.5.2	Protokolle des lauten Denkens.....	73
5.5.3	Der Lernerfolgstest im Faktenwissen .....	76
5.5.4	Der Lernerfolgstest im Problemlösen .....	77
5.5.5	Motivationsfragebogen nach Deci und Ryan.....	78
5.5.6	Fragebogen zu den Belief-Systems .....	79
5.5.7	Der Begleitfragebogen.....	80
<b>6</b>	<b>Durchführung der Untersuchung</b> .....	<b>83</b>
6.1	<i>Vorstudie</i> .....	83
6.1.1	Durchführung der Vorstudie .....	83
6.1.2	Ergebnisse der Vorstudie .....	85
6.1.3	Folgerungen für die Hauptstudie .....	87
6.2	<i>Durchführung der Hauptstudie</i> .....	88
<b>7</b>	<b>Ergebnisse bezüglich des Selbsterklärungstrainings</b> .....	<b>89</b>
7.1	<i>Selbsterklären vor dem Training</i> .....	89
7.2	<i>Die Lernzeiten</i> .....	94
7.2.1	Lernzeiten der Experimentalgruppen und der "Kontrollgruppe" .....	95

7.2.2	Die Gesamtlernzeit.....	95
7.2.3	Lernzeiten für Impulse.....	97
7.2.4	Lernzeiten für spontanes Selbsterklären.....	100
7.3	<i>Auswertung der Lernerfolgstest</i> .....	101
7.3.1	Lernerfolg und Expertisegrad .....	102
7.3.2	Das Faktenwissen .....	103
7.3.3	Das Faktenwissen aufgrund von Impulsen .....	105
7.3.4	Das Problemlösen .....	107
7.4	<i>Lernerfolg und Lernzeiten</i> .....	109
7.5	<i>Lernerfolg und Selbsterklären</i> .....	110
7.6	<i>Exemplarische Betrachtung einiger Schüleräußerungen auf Impulse hin</i> .....	113
7.7	<i>Auswertung des Begleitfragebogens</i> .....	116
7.8	<i>Diskussion und Zusammenfassung</i> .....	118
<b>8</b>	<b>Ergebnisse bezüglich der Einflussfaktoren</b> .....	<b>125</b>
8.1	<i>Auswertung des Beliefs-Fragebogen</i> .....	125
8.2	<i>Auswertung des Motivationsfragebogens</i> .....	129
8.3	<i>Lernprofile und Lernerfolg</i> .....	134
8.4	<i>Diskussion und Zusammenfassung</i> .....	139
<b>9</b>	<b>Diskussion und Ausblick</b> .....	<b>141</b>
9.1	<i>Allgemeine Diskussion der Ergebnisse</i> .....	141
9.2	<i>Folgerungen für die Praxis</i> .....	146
<b>10</b>	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis</b> .....	<b>149</b>

## Anhang



# I Einleitung

Ein oft diskutiertes Problem, das auch im Biologieunterricht immer wieder auftritt, ist das Problem der mangelnden Anwendung von Wissen. Es gelingt in Unterrichtssituationen nur selten, Wissen so zu vermitteln, dass es auch in neuen Problemlösesituationen anwendbar ist. Selbst wenn das Fachwissen bei den Lernenden vorhanden ist, bedeutet das noch lange nicht, dass das Wissen in Problemlösesituationen auch erfolgreich angewendet werden kann. Nur wenige Schülerinnen und Schüler erreichen akzeptable Wissens- und Problemlöseergebnisse. Viele Schülerinnen und Schüler bleiben beim Wissenserwerb stehen ohne die entsprechende Problemlösekompetenz zu erwerben. Zudem unterscheiden sich die Leistungen der Schülerinnen und Schüler zum Schuljahresende in ihren Problemlöse- und Wissensleistungen erheblich, obwohl die nötigen Inhalte ausführlich im Biologieunterricht behandelt worden sind.

Ziel dieser Studie ist es, Möglichkeiten zu untersuchen, die im Biologieunterricht der Mittelstufe sowohl den Wissenserwerb als auch die Anwendung dieses Wissens in Problemlösesituationen fördern könnten.

Ausgangspunkt dafür ist die Expertiseforschung, die schon seit längerer Zeit Personen erforscht, die Höchstleistungen in einem komplexen und anspruchsvollen Gebiet wie auch den Naturwissenschaften erbringen. Wenn bekannt ist, wodurch sich Personen mit einer hohen Expertise auf einem Gebiet wie z.B. der Biologie von Personen mit geringerer Expertise (Novizen) unterscheiden, besteht vielleicht die Möglichkeit Methoden zu entwickeln, die den Expertiseerwerb sinnvoll fördern. Untersuchungen hierzu zeigen, dass sich Experten von Novizen insbesondere durch ihre Lernfähigkeiten und ihr Wissen unterscheiden, was sie auch in komplexen Problemsituationen erfolgreich anwenden können. Folglich müssen drei Aspekte bei der Förderung des Expertiseerwerbs Berücksichtigung finden: die Lernprozesse, der Wissenserwerb und die Wissensanwendung. Diesbezüglich hat sich in letzter Zeit insbesondere das Lernen mit Beispielaufgaben als erfolgversprechend erwiesen. Beispielaufgaben zeichnen sich dadurch aus, dass sie neben einer Problemstellung eine mehr oder weniger ausführliche Darstellung der Lösungsschritte und die Problemlösung selbst beinhalten. Das hat zum einen den Vorteil, dass dem Lernenden das einer Lösung zugrunde liegende Konzept in seiner Anwendung präsentiert wird, und damit der Nachvollzug und die Übertragung der Lösungsschritte auf ähnliche Probleme erleichtert wird. Zum anderen können auf diese Weise insbesondere Lernende mit wenig Vorwissen effektiver lernen als beispielsweise durch eigenständiges Problemlösen, da sie sich seltener überfordert fühlen, weniger frustriert sind und Kompetenzerfahrungen erleben. Folglich zeigen sie intensivere Lernaktivitäten und gelangen letztlich zu größerem Lernerfolg.

Wie erfolgreich das Lernen mit Beispielaufgaben wirklich ist, hängt nach neueren Untersuchungen davon ab, wie intensiv und tiefgründig die Lernenden sich mit der Beispielaufgabe auseinandersetzen, wie sie sich die Beispielaufgabe selbst erklären. Wird die Beispielaufgabe lediglich oberflächlich gelesen oder werden neue Informationen mit eigenen Worten

umschrieben? Versuchen die Lernenden den Lösungsweg eigenständig voraus zu denken oder stellen sie Bezüge zu bereits vorhandenem Wissen her? In diesen Selbsterklärungen unterscheiden sich Lernende mit viel und wenig domänenspezifischem Vorwissen: Lernende mit viel Vorwissen ziehen häufiger Schlussfolgerungen und greifen dabei auf eigenes Vorwissen zurück und gehen häufiger über den Beispielaufgabeninhalt hinaus. Somit erlangen sie Fähigkeiten, die mehr zum eigenständigen Problemlösen befähigen. Hingegen arbeiten Lernende mit wenig Vorwissen wesentlich enger am Beispielaufgabentext, indem sie neue Informationen paraphrasieren und auf gegebene Informationen zurückgreifen. Dadurch erlangen sie zunächst ein grundlegendes Verständnis des Beispielaufgabeninhaltes, was jedoch noch nicht zum erfolgreichen eigenständigen Problemlösen ausreicht.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen soll im Rahmen dieser Arbeit der Expertiseerwerb im Biologieunterricht gefördert werden, indem lernwirksame Selbsterklärungen der Lernenden in Abhängigkeit vom Vorwissen beim Bearbeiten der Beispielaufgaben angeregt werden.

Der theoretische Teil dieser Arbeit gliedert sich wie folgt:

*In Kapitel 1* wird dargestellt, wie sich Experten von Novizen unterscheiden. Hierbei werden bezüglich der Expertiseentwicklung zwei Schwerpunkte gelegt. Zum einen werden Modelle zur Entwicklung des expertenhaften Gedächtnisses und zum anderen zur expertenhaften Problemlösefähigkeit vorgestellt. Außerdem wird auf die sogenannten Belief-Systems als mögliche Einflussfaktoren auf die Expertiseentwicklung eingegangen.

*Im Kapitel 2* werden die bisherigen Erkenntnisse zum Lernen mit Beispielaufgaben vorgestellt. Hierbei wird zunächst auf die allgemeine Funktion von Beispielaufgaben im Lernprozess eingegangen, bevor das eigentliche Lernen mit Beispielaufgaben und die konkrete Förderung des Expertiseerwerbs durch das Lernen mit Beispielaufgaben thematisiert wird. Hierbei wird zudem auf motivationale Aspekte beim Lernen mit Beispielaufgaben eingegangen.

*Kapitel 3* befasst sich mit den Lerneraktivitäten, die als Selbsterklärungen bezeichnet werden. Insbesondere wird hierbei der Einfluss des Vorwissens auf die Art der Selbsterklärungen herausgearbeitet und auf bisher bereits durchgeführte Trainingsstudien zur Förderung lernwirksamer Selbsterklärungen eingegangen.

Im darauffolgenden Teil dieser Arbeit, der die Kapitel 4 bis 9 umfasst, werden die empirische Studie und deren Ergebnisse vorgestellt und diskutiert.

*Kapitel 4* befasst sich mit den Forschungsfragen, die im Rahmen dieser Arbeit untersucht wurden und stellt die dazu aufgestellten, theoriegeleiteten Hypothesen vor.

Die Anlage der Untersuchung wird im *Kapitel 5* thematisiert. Hierbei werden neben der Variablen und dem Untersuchungsdesign auch die Kriterien für die Versuchspersonenauswahl vorgestellt. Der Lerngruppenbeschreibung folgt eine ausführliche Vorstellung des Lernmaterials sowie der verwendeten Messinstrumente.

Im *Kapitel 6* wird zunächst der Verlauf und die Ergebnisse der Vorstudie beschrieben. Im Anschluss daran werden die aus der Vorstudie für die Hauptstudie resultierenden Konsequenzen erläutert und die Durchführung der Hauptstudie beschrieben.

Ergebnisse, die direkt mit dem Selbsterklärungstraining zusammenhängen, werden im *Ka-*

*pitel 7* vorgestellt und diskutiert. Hierzu zählen die Ergebnisse, die auf der Auswertung der Protokolle des lauten Denkens und der Lernerfolgstests beruhen.

Die Ergebnisse bezüglich der Belief-Systems und der Motivationsregulation werden in *Kapitel 8* präsentiert und mit den Ergebnissen aus Kapitel 7 in Zusammenhang gebracht und diskutiert.

Die Ergebnisse der Untersuchung werden letztlich im *Kapitel 9* zusammenfassend diskutiert.



# I. THEORETISCHER RAHMEN

## 1 Expertise und Expertiseerwerb

Zentrales Anliegen dieser Arbeit ist es, den Expertiseerwerb von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I zu fördern. Die theoretische Basis dafür liefert die Expertiseforschung. In diesem Kapitel werden zunächst unterschiedliche Definitionen des Begriffs Expertise (Kap. 1.1), darauf folgend verschiedene Konzepte der Expertiseentwicklung (Kap. 1.2) und letztlich wesentliche, die Expertiseentwicklung beeinflussende Faktoren (Kap.1.3) vorgestellt. Eine Zusammenfassung am Ende des Kapitels hebt die für diese Arbeit besonders wichtigen Aspekte noch einmal hervor.

### 1.1 Definition von Expertise

Darüber, dass Experten Expertise besitzen besteht sowohl Einigkeit in alltagssprachlichen als auch in wissenschaftlichen Kontexten. Aber was genau bedeutet es, ein Experte zu sein bzw. Expertise zu besitzen?

#### 1.1.1 Expertise im alltagssprachlichen Gebrauch

Im alltagssprachlichen Gebrauch ist der Begriff „Experte“ nicht sonderlich scharf abgegrenzt. Teilweise wird der Begriff synonym zu Begriffen wie Sachverständiger, Praktiker, Routinier, Koryphäe oder gar Genie gebraucht. Dabei findet beispielsweise der Begriff „Fachmann“ im handwerklichen Bereich und der Begriff „Genie“ hingegen eher in geistig arbeitenden Bereichen Verwendung. Ein Experte wäre im ersten Fall daher jemand mit hohen handwerklichen Fähigkeiten, im zweiten Fall jemand mit hohen kognitiven Fähigkeiten. Alltagssprachliche Beschreibungen des Begriffs „Experte“ sind in der Regel recht vage und geben daher keinen konkreten Hinweis darauf, wie jemand zum Experten wird bzw. worin seine bestimmte Expertise besteht (Salthouse, 1991). Einigkeit herrscht weitestgehend darüber, dass ein Experte eine Person ist, bei der man sicher sein kann, dass sie innerhalb ihrer Domäne viel weiß und Probleme in dieser Domäne fachmännisch, korrekt und kompetent lösen kann (Gruber, 1994). Ambivalent erscheint im alltagssprachlichen Gebrauch, dass in nahezu jedem Gegenstandsbereich ein Experte zu finden ist. Die jeweilige Expertise scheint domänenabhängig zu sein, doch werden Experten häufig besondere Fähigkeiten auch über ihre Domäne hinaus zugeschrieben. Demnach müsste es so etwas wie eine „generelle Expertise“ geben (Gruber, 1994).

### 1.1.2 Expertise aus wissenschaftlicher Sicht

Aus wissenschaftlicher Sicht können drei Perspektiven unterschieden werden: die differentialpsychologische und die wissenspsychologische Perspektive (Bromme, 1992) und die alltagspsychologische Perspektive.

Aus differentialpsychologischer Sicht handelt es sich bei Experten um „outstanding individuals in a domain“ (Ericsson & Smith, 1991). Experten zeigen demnach regelmäßig (also nicht nur einmalig) überdurchschnittlich hohe Leistungen in einer Domäne. Unter diese Perspektive ist auch die viel zitierte Definition von Posner (1988) einzuordnen, der unter einem Experten eine Person versteht, die auf einem Gebiet dauerhaft herausragende Leistungen erbringt.

Aus wissenspsychologischer Sicht zeichnet sich Expertise durch umfangreiches und hoch organisiertes Wissen aus, das zur Problembewältigung erfolgreich benutzt wird (Renkl, 2004). Dabei wird zwischen deklarativem und prozeduralem Wissen unterschieden (Schneider, 1999). Deklaratives Wissen oder Faktenwissen bezieht sich auf Dinge, die als Fakten bezeichnet werden können, wohingegen prozedurales Wissen sich auf automatisierte Handlungen bezieht (z.B. Fahrrad fahren, Schnürsenkel binden). Im Zentrum dieses Ansatzes steht die Organisation und die erfolgreiche Nutzung umfangreichen Wissens.

Aus wissenschaftlicher Sicht kann außerdem die alltagspsychologische Sicht hinzugezogen werden.

Nach Krems (1994) umfasst der Begriff „Expertise“ aus alltagspsychologischer Sicht folgende drei Merkmale:

- Effizienz: Experten erledigen innerhalb eines bestimmten Zeitraumes eine überdurchschnittliche Anzahl von Aufgaben mit unterdurchschnittlichem Aufwand (Zeit, Fehlerquote etc).
- Bereichsspezifisches Wissen und Können: Experten zeichnen sich durch ein umfangreiches und differenziertes Wissen sowohl über Sachverhalte und Gesetzmäßigkeiten als auch über domänenspezifische Methoden und Prozeduren zur Problembewältigung aus.
- Erfahrung: Um den Expertenstatus zu erreichen bedarf es in der Regel der langjährigen Auseinandersetzung einer Person mit dem entsprechenden Fachgebiet, etwa 8-10 Jahre. Ericsson & Lehmann (1996) bezeichnen diese Zeit auch durch die „10-year rule of necessary-preparation“. So benötigen z.B. Schachspieler etwa 10 Jahre, bis sie auf internationaler Ebene spielen können (Simon & Chase, 1973b).

In dem alltagspsychologischen Ansatz ist also der wissenspsychologische Ansatz integriert, wohingegen der differentialpsychologische Ansatz nur indirekt in den Punkten "Effizienz" und "Erfahrung" Berücksichtigung findet.

Eine Beschreibung, die die Experten-Definitionen sowohl aus wissenspsychologischer Sicht als auch aus differentialpsychologischer Sicht zusammenfasst, ist die Erweiterung der Definition von Posner (siehe oben) nach Gruber und Mandl (1996). Danach zeichnet sich ein Experte durch folgende Charakteristika aus: große Wissensbasis, reichhaltige Erfahrung im Umgang mit domänenspezifischen Problemen, überdurchschnittlicher Erfolg beim Erkennen

und Bearbeiten von domänenspezifischen Problemen, metakognitive Kontrolle über Handlungen und eine hohe Flexibilität gegenüber neuen Problemsituationen. Oft unausgesprochen – wird davon ausgegangen, dass Experten sich nicht nur durch Wissen und Problemlösefähigkeit auf ihrem Gebiet auszeichnen, sondern dass sie auch in der Lage sind, domänenspezifisch neue Information leicht und schnell zu lernen (VanLehn, 1989).

Alle drei wissenschaftlichen Sichtweisen gehen von einer Domänenspezifität der Expertise bzw. Expertiseentwicklung aus. Die Definitionen sagen jedoch wenig darüber aus, wann genau eine Person ein Experte in einer Domäne ist. Vielmehr wird der Expertisebegriff als relativ betrachtet: Experten erbringen herausragende Leistungen im Vergleich zu den Novizen, also im Vergleich zum „Neuling“ bzw. Anfänger auf einem Gebiet. Oft findet zur Einstufung des Expertisegrades ein Wissenstest in der entsprechenden Domäne statt, wobei die Personen, deren Ergebnis im oberen Quartil, liegt als Experten eingestuft werden und die Personen, deren Ergebnis im unteren Quartil liegt, als Novizen bezeichnet werden. Die mittleren beiden Quartile entfallen dann für die Untersuchung. Es findet somit ein Extremgruppenvergleich statt. Oft wird die Stichprobe auch einfach nach dem Median geteilt.

### **1.1.3 Zusammenfassung**

Um Expertise fördern zu können, muss erst bekannt sein, was Expertise ausmacht. Alle hier vorgestellten Definitionen haben gemeinsam, dass sich Experten durch zwei wesentliche Aspekte von Novizen unterscheiden: Zum einen zeichnen sich Experten einer Domäne durch eine umfangreiche und gut vernetzte Wissensbasis aus und zum anderen durch eine hohe Problemlösekompetenz. Diesen beiden Aspekten soll in den folgenden Abschnitten somit mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden, da sie einen wesentlichen Bestandteil von Expertise ausmachen. Allerdings sind die bisher dargestellten Definitionen immer noch recht allgemein gehalten. Das hat den Nachteil, dass die Definitionen einen breiten Gültigkeitsbereich haben, sie gelten für alle Domänen. Somit sind diese allgemeinen Definitionen nicht unbedingt hilfreich, wenn es darum geht, die Expertise in einer bestimmten Domäne wie z.B. der Biologie zu fördern, wie es das Ziel der vorliegenden Arbeit sein soll. Eine speziellere Definition würde zwar die Übertragbarkeit auf alle Domänen nicht mehr ermöglichen, aber eine gezielte Förderung der Expertise in einer bestimmten Domäne und gegebenenfalls eine Übertragbarkeit der Ergebnisse zumindest auf verwandte Domänen ermöglichen. Dieser Aspekt soll an anderer Stelle nochmals aufgegriffen werden (Kap. Trainingsstudien: Bandbreite-Genauigkeitsdilemma).

Noch eine kurze Anmerkung zu den Vorgehensweisen der Expertiseforschung: Wie in der Expertiseforschung üblich wird auch in dieser Arbeit der Begriff des Experten als ein relatives Konzept aufgefasst, wobei es sich bei den Experten um Erwachsene handelt, die eine langjährige Praxiserfahrung in ihrer Domäne aufweisen. Novizen sind hingegen Personen, die am Anfang einer Expertiseentwicklung stehen.

In der vorliegenden Untersuchung werden Schülerinnen und Schüler des 9. Jahrganges hinsichtlich ihrer Expertiseentwicklung untersucht.

Schülerinnen und Schüler mit hohem biologischen Vorwissen werden als „Experten“ bezeichnet und Schülerinnen und Schüler mit vergleichbar wenig biologischem Vorwissen

werden als „Novizen“ bezeichnet. Die Begriffe „Experte“ und „Novize“ werden dabei in Anführungszeichen gesetzt, da sie aufgrund ihrer mangelnden Erfahrung mit der Domäne noch nicht als wirkliche Experten bezeichnet werden können.

## **1.2 Erwerb und Entwicklung von Expertise**

Experten in einer Domäne zeichnen sich zum einen durch eine umfangreiche und gut vernetzte Wissensbasis aus und zum anderen durch eine hohe Problemlösekompetenz (siehe Kap. 1.1). Theorien/ Modelle der Expertiseentwicklung fokussieren daher einerseits auf die Entwicklung expertenhafter Gedächtnisstrukturen und andererseits auf die Entwicklung expertenhafter Problemlöseprozeduren. Im Folgenden wird auf diese zentralen Vorstellungen über die Entwicklung domänenspezifischer Expertise näher eingegangen.

### **1.2.1 Modelle zur Gedächtnisentwicklung**

In diesem Kapitel werden drei Theorien zur Entstehung einer großen Wissensbasis, also zur Gedächtnisentwicklung vorgestellt: die „Chunking-Theorie“ von Miller (1956), die „Pattern-Recognition-Theorie“ von Chase und Simon (1973 a, b) und die „Skilled-Memory-Theorie“ von Chase und Ericsson (1981, 1982), die später zur „long-term-working-memory Theorie“ weiterentwickelt worden ist (Ericsson & Kintsch, 1995, 1999).

Seit Mitte der 60er Jahre stellte sich in vielen Studien immer deutlicher die Bedeutung des Vorwissens für das Lernen und das Lösen komplexer authentischer Probleme heraus (Miller, 1956; Simon & Simon, 1978; Gruber, 1999). Insbesondere Experten sind offenbar in der Lage, sich an Informationen aus ihrer Domäne schnell zu erinnern, sie mit neuen Informationen in Beziehung zu setzen (und sie zur Problemlösung zu nutzen). Folglich kommt es bereits bei der Wahrnehmung neuer Informationen zu einem Zusammenspiel von Gedächtnis, Wissen und Erfahrung, wobei „Chunking-Prozesse“ zur Verknüpfung von Informationen eine wichtige Rolle spielen (Gruber, 1999). Die „Chunking-Theorie“ (Miller, 1956) geht davon aus, dass im Arbeits- oder Kurzzeitgedächtnis Prozesse ablaufen, bei denen aus Einzelinformationen bedeutungstragende Informationseinheiten, sogenannte „Chunks“, gebildet werden. Dabei können in der Regel sieben plus/minus zwei „Chunks“ gespeichert werden. Die Menge an gespeicherten Informationen innerhalb dieser sieben kann erhöht werden, indem diese „Chunks“ mit bereits im Langzeitspeicher enthaltenen Wissensstrukturen verknüpft werden. Durch den Abruf solcher „Chunks“ entfällt das unzuverlässige und fehleranfällige Erinnern von Einzelinformationen. Damit kann erklärt werden, warum Menschen, die sich in ihrer Gedächtniskapazität nicht wesentlich unterscheiden, trotzdem unterschiedlich viel erinnern können. Experten unterscheiden sich somit von Novizen dadurch, dass sie aufgrund ihres umfangreichen und gut organisierten Vorwissens prinzipiell leichter, schneller und auch größere „Chunks“ bilden und abrufen können.

Damit hängt offenkundig auch die überlegene Mustererkennung von Schachexperten zusammen (de Groot, 1965): In Untersuchungen zu Unterschieden zwischen Schachgroßmeistern und Vereinsspielern sollten sich diese zu einer vorgegebenen Mittelspielstellung

ihren nächsten Zug überlegen. Erstaunlicherweise unterschieden sich die Schachgroßmeister von den Vereinsspielern einzig und allein dadurch, dass die Schachgroßmeister auf Anhieb den korrekten Zug andachten, wohingegen dies bei den Vereinsspielern nur äußerst selten der Fall war. De Groot führte die unterschiedlichen Ergebnisse der Spieler auf ihr unterschiedlich großes Wissen über Spielkonfigurationen zurück. Aufgrund dessen konnten die Schachgroßmeister mehr solcher Figurenmuster speichern, erinnern und wiedererkennen.

Jongmann (1968) brachte diese Interpretation der Informationsverfügbarkeit mit der oben beschriebenen Chunking-Theorie in Zusammenhang: Er hatte die Idee, dass die im Langzeitgedächtnis gespeicherten Informationen mit Hilfe eines Labels im Kurzzeitgedächtnis erinnert werden können. Dies wurde von Chase und Simon (1973 a, b) zur Pattern-Recognition-Theorie von Expertise ausgearbeitet. Expertise wurde hier als Folge hoher Gedächtnisleistungen erklärt (und nicht etwa hohe Gedächtnisleistungen als Folgeerscheinung hoher Expertise).

Die Skilled-Memory-Theorie (Chase & Ericsson, 1981, 1982) beschreibt hingegen die große Bedeutung einer elaborierten Wissensstruktur für hohe Gedächtnisleistungen. Demnach reichen wenige Ordnungsprinzipien aus, um herausragende Gedächtnisleistungen zu erzielen. Unterschiede in der Expertise verschiedener Personen werden durch eben diese Strukturunterschiede erklärt. Die Annahmen beruhen auf zahlreichen Untersuchungen von Gedächtniskünstlern und Trainingsstudien, in denen das Erlernen von Ziffernlisten bis zu 100 Items über mehrere Stunden lang geübt wurde. Beispielsweise konnte sich eine Versuchsperson in einer Studie von Chase und Ericsson (1981) besonders gut an lange Ziffernfolgen erinnern, da sie sie mit bestimmten Laufzeiten aus der Leichtathletik, die der Versuchsperson gut bekannt waren, verknüpfte. Aufgrund solcher Assoziationsprozesse bzw. Prozesse des bedeutungshaltigen Enkodierens werden neue Informationen mit Informationen, die bereits im Gedächtnis bestehen, verknüpft. Gleichzeitig werden mit dieser neuen Information somit auch Abrufreize assoziiert, was eine spätere Wiedergabe beschleunigt. Unter Verwendung von Sortieraufgaben wie bei Gruber und Ziegler (1995) konnte außerdem gezeigt werden, dass die gebildeten Chunks wiederum zu übergeordneten Chunks zusammengefasst werden, so dass hierarchische Gedächtnis- und Abrufstrukturen entstehen (Gruber, 1999). In hierarchisch strukturierten Domänen wie die der Biologie spielen jedoch beliebige Assoziationen keine große Rolle. In solchen Domänen ist die Abrufstruktur mit der Fachstruktur identisch.

Nach Chase und Ericsson (1982) ist die Skilled-Memory Theorie durch drei Prinzipien und Kennzeichen charakterisiert (siehe auch zusammenfassend Gruber, 1991):

- Bedeutungshaltiges Enkodieren („Meaningful Encoding“):  
Neue Informationen werden durch bedeutungshaltige Assoziationen mit bereits im Gedächtnis bestehenden Wissensstrukturen verknüpft.
- Abrufstruktur („Retrival Structure“):

Während des bedeutungshaltigen Enkodierens werden gleichzeitig Abrufreize mit dem Erinnern assoziiert, mit Hilfe dessen die Informationen später vollständig abgerufen werden können.

- Geschwindigkeitserhöhung („Speed-up“):  
Durch häufige Praxis findet eine Beschleunigung der Endkodier- und Abrufprozesse statt. Das könnte erklären, dass auch bei einer wachsenden Wissensbasis die Suche nach einzelnen Informationen nicht merkbar länger dauert als bei einer kleineren Wissensbasis.

Die drei aufgeführten Modelle bzw. Theorien versuchen die überdurchschnittliche Gedächtnisleistungen von Experten zu erklären. Sie beruhen auf der Kumulierung von Wissen sowie dem schnellen, sicheren Finden und Abrufen von Informationen. Im Falle der Chunking-Theorie geschieht das, indem Labels für die Chunks im Kurzzeitgedächtnis abgelegt werden, während sich die Chunks selbst im Langzeitgedächtnis befinden. Ergänzt wird diese Theorie durch die Pattern-Recognition-Theorie, die davon ausgeht, dass jedes mit einem Label versehene Muster später wieder erkannt werden kann und z.B. bei Kurzzeitgedächtnisaufgaben verwendet wird. Bei der Skilled-Memory Theorie werden die wichtigen Prozesse beim Umgang mit großen Informationsmengen vom Kurzzeitspeicher in den Langzeitspeicher verlegt, wobei Experten eine externe Memorierungsstruktur nutzen, in der zu speichernde bzw. abzurufende Information eingefügt wird, so dass folglich eine Ablage im Kurzzeitspeicher nicht mehr nötig ist. Alle drei Theorien setzen voraus, dass das Wissen als invariant und kumulativ zu betrachten ist.

### **1.2.2 Modelle zur Entstehung expertenhafter Problemlöseleistungen**

In diesem Abschnitt werden zunächst drei Modelle beschrieben, die sich mit den Prozessen zur Wissensanwendung befassen: das klassische Stufenmodell von Fitts und Posner (1967), die ACT-Theorie nach Anderson (1982, 1983, 1987) und das darauf aufbauende Modell von Ackermann (1987). Im Anschluss daran wird der Ansatz zur „deliberate practise“ von Ericsson, Krampe und Tesch-Roemer (1993) vorgestellt, der effektives Üben in den Mittelpunkt zur Entwicklung expertenhafter Problemlöseleistungen stellt. (siehe Kap. 1.2.1)

Ein Modell, das den Erwerb von Expertise nicht nur auf das Gedächtnis zurückführt sondern sich auch mit dem Erwerb von deklarativem und prozeduralem Wissen befasst, ist das klassische Stufenmodell von Fitts und Posner (1967). Hierbei wird von drei Erwerbsstufen beim Lösen ähnlicher Aufgaben ausgegangen: In der ersten, kognitiven Stufe geht es im Wesentlichen darum eine Aufgabe zu verstehen und relevante Aufgabenaspekte von weniger bis gar nicht relevanten zu unterscheiden. In einer zweiten Stufen, der assoziativen Stufe, werden die kognitiven Prozesse immer effizienter und flüssiger gestaltet, so dass ein Übergang vom deklarativen zum prozeduralen Wissen geschaffen wird. In der dritten und letzten, der autonomen Stufe, laufen die Lösungsprozesse weitestgehend automatisch und in der Regel ohne bewusste kognitive Kontrolle ab (Schneider, 1999).

Ein weiteres Stufenmodell, das die Überführung vom deklarativen zum prozeduralen Wissen beschreibt, stellt die ACT (Adaptive Control of Thought)-Theorie von Anderson (u.a. 1982, 1983, 1987) dar. Diese Theorie versucht unter anderem auch das Zustandekommen von domänenspezifischen Unterschieden von Expertise zu erklären.

Die ACT -Theorie stellt einen generellen Rahmen für die Simulation kognitiver Leistungen und ein theoretisches Modell für den Erwerb von Fähigkeiten dar. Eine zentrale Rolle spielt hierbei die Unterscheidung zwischen deklarativem und prozeduralem Wissen. In dieser Theorie wird der Fertigkeitserwerb als Umwandlung deklarativen Wissens in prozedurales Wissen beschrieben. Es geht also weniger um den Erwerb neuen Wissens, sondern vielmehr um die Fähigkeit dieses Wissen anzuwenden. Das bedeutet, dass die Aufnahme, die Speicherung, der Abruf und die Nutzung durch automatisierte Prozeduren, die durch erfolgreiche Lernsituationen entstehen, ersetzt wird. Zudem wird von drei Gedächtnistypen ausgegangen: das Arbeitsgedächtnis, der assoziative Langzeitspeicher (deklaratives Gedächtnis) und das programmierbare Produktionssystem (prozedurales Gedächtnis). Dementsprechend findet der Fertigkeitserwerb ebenfalls in drei Stufen statt: die deklarative Stufe, die Kompilation und das Tuning. Auf der deklarativen Stufe wird das aufgrund von Lernprozessen deklarative Wissen erworben. Auf der Stufe der Kompilation wird das deklarative Wissen in prozedurales Wissen umgewandelt. Auf der Stufe des Tunings werden aufgrund von Praxis-einsätzen dieses prozeduralen Wissens die erfolgreichen Regeln verstärkt und die erfolglosen gelöscht.

Mit dieser dritten Stufe des teilweise automatisierten und somit unbewussten Handelns kann demnach erklärt werden, warum Experten in ihrem Lösungsverhalten robuster gegenüber Ablenkungen sind und warum sie zum Teil gar nicht oder nur bruchstückhaft erklären können, wie sie zu einer Problemlösung gelangt sind (Renkl, 2004).

Für die vorliegende Arbeit ist nun von Interesse, wie die zweite Stufe des Fertigkeitserwerbs, die Kompilation, optimiert werden kann, da sie in der Praxis die größten Schwierigkeiten mit sich bringt. Die dritte Stufe wird vermutlich eher selten im Unterricht erreicht werden und ist daher an dieser Stelle von untergeordnetem Interesse. Oft wird in einer konkreten Problemlösungssituation Wissen, über das Personen vermutlich verfügen, nicht angewendet. Dieses Phänomen wird als „träges Wissen“ bezeichnet (Renkl, 1996) und ist im Rahmen der ACT-Theorie mit mangelhaft bis zu gar nicht kompiliertem deklarativem Wissen zu erklären. Andersson (1989) selbst betont diesbezüglich die Rolle des Lernens aus Analogien für den Wissenserwerb, deren Umsetzung innerhalb des Simulationsprogramms PUPS (PenUltimate Production System) erfolgte.

Auch das Modell von Ackermann (1987) befasst sich mit dem Fertigkeitserwerb. Es baut auf den beiden zuletzt genannten Theorien auf und erweitert sie um eine genauere Illustration des Zusammenspiels von allgemeinen und spezifischen Fähigkeiten. Dabei geht Ackermann davon aus, dass in diesem Zusammenspiel die Rolle allgemeiner Fähigkeiten innerhalb der drei Phasen immer stärker abnimmt, wohingegen die Rolle spezifischer Fähigkeiten immer mehr zunimmt. Außerdem geht er von einer Beeinflussung des Fähigkeitserwerbs von Moderatorvariablen, insbesondere wie der der Motivation und Komplexität der Aufgabe aus (detaillierte Darstellung siehe Mack, 1996).

Der Ansatz zur „deliberate practise“ von Ericsson, Krampe und Tesch-Roemer (1993) sucht hingegen die Erklärung der unterschiedlichen Entwicklung von Problemlösekompetenzen in der qualitativ unterschiedlichen Lernerfahrung. Dieser Ansatz ist im Prinzip mit den Stufenmodellen verträglich, legt aber den Schwerpunkt auf die Frage, warum die Personen unterschiedlich viel erreichen. Der Ansatz geht dabei davon aus, dass der Erwerb von Expertise auf einen langen und effektiven Übungszeitraum zurückzuführen ist. Hierbei liegt die Betonung auf „effektiv“, einfaches Wiederholen reicht demnach nicht aus. Um den Lernerfolg zu maximieren, ist es wichtig, dass der Lernende seine Fortschritte und Probleme überwacht und gezielt übt, wobei Motivation, Ausdauer und Konzentration wichtige Faktoren darstellen. Individuellen Unterschieden in angeborenen Fähigkeiten wird dabei wenig Bedeutung zugemessen. Nach Schneider (1999) lassen die Ergebnisse der Untersuchungen von Ericsson und Kollegen jedoch lediglich den Schluss zu, dass gezielte und effektive Übung für den Expertiseerwerb notwendig ist, jedoch nicht, dass sie dafür hinreichend sei.

### **1.3 Beeinflussung des Expertiseerwerbs durch Belief-Systems**

Empirische Untersuchungen wie die von Schoenfeld (1985) weisen nach, dass Problemlöseleistung und Lernverhalten nicht ausschließlich von den kognitiven Fähigkeiten der Lernenden abhängt, sondern unter anderem auch von so genannten Belief-Systems, das sind intuitive Theorien oder Überzeugungssysteme der Lernenden. Da angenommen werden kann, dass sie den Expertiseerwerb beeinflussen, sollen im Rahmen dieser Untersuchung einige ausgewählte Belief-Systems als Kovariate erhoben werden. Aus diesem Grunde werden im folgenden Abschnitt die für diese Studie relevanten Ergebnisse aus der Forschung zu Belief-Systems dargestellt.

#### **1.3.1 Belief-Systems**

Köller et al. (2000) definieren die Belief-Systems als Vorstellungen, Überzeugungen und intuitive Theorien bezüglich zentraler Konstitutions-, Entwicklungs- und Funktionsmerkmale von Gegenständen des Denkens (wie z.B. der eigenen Person, der menschlichen Persönlichkeit, natürlichen und sozialen Umwelt oder Symbolsysteme). Eine besondere Rolle spielen für die lernpsychologische Forschung die subjektiven Theorien über die Ursachen schulischer Erfolge (Nicholls, Cobb, Wood, Yackel & Patashnick, 1990; Nicholls, Cobb, Yackel, Wood & Weatley, 1990), die naiven Theorien über die Veränderbarkeit der Intelligenz (Dweck & Legett, 1988; Schlangen & Stiensmeier-Pelster, 1997), die epistemologischen Überzeugungen (Schommer, 1993; Schommer, Calvert, Gariglietti & Bajaj, 1997) und für die Didaktik der Naturwissenschaften im Speziellen die mathematischen und naturwissenschaftlichen Weltbilder (Schoenfeld, 1983; Hofer & Pintrich, 1997).

### 1.3.2 Ausgewählte Studien zu Belief-Systems

Zum Mathematik- und Physikunterricht gibt es bereits einige Untersuchungen, die Zusammenhänge zwischen den Belief-Systems und dem Lernerfolg untersuchten bzw. die Struktur der Belief Systems (u.a. Schoenfeld, 1985, 1992; Törner & Pekohnen, 1996; Schommer, 1990; Songer & Linn, 1991) zu beschreiben versuchen.

Schoenfeld (1985) fand in seiner Untersuchung mit Schülerinnen und Schülern eines 10. Jahrganges im Bereich der Geometrie überraschenderweise heraus, dass gerade Unterricht, der gut auf die zentralen Abschlussprüfungen vorbereitete, negative Folgen auf mathematische Beliefs hatte. Diese negativen Beliefs können sowohl die für die Bearbeitung einer Aufgabe nötige Zeit als auch qualitative und quantitative Bestandteile einer Lösung betreffen. So glauben viele Schülerinnen und Schüler, wenn sie den Stoff verstanden hätten, könnten sie für eine Aufgabe auch sofort einen Lösungsansatz entwerfen. Folglich werden diese Lernenden die Bearbeitung dieser Aufgabe nach kurzer Zeit abbrechen, wenn sie nicht schnell zu einer Lösungsidee kommen. Die Ursache dafür liegt nach Schoenfeld in der Bearbeitung vieler kurzer Übungsaufgaben. Auch glauben viele Lernende, sie müssten eine besondere Begabung besitzen, um Mathematik zu verstehen. Diese Einstellung verhindert einerseits eine selbstständige Problembearbeitung und andererseits das Bemühen, den Lösungsweg verstehen zu wollen. Die Ursache hierfür liegt nach Schoenfeld in der kurzschrittigen Unterrichtsführung, die kaum um eine Darstellung von Zusammenhängen bemüht ist. Weiterhin halten viele Schülerinnen und Schüler die akkurate Darstellung einer Lösung für wichtiger als den Inhalt. Folglich werden gute Ansätze nicht als Erfolg verbucht und noch unvollständige Lösungsansätze erst gar nicht notiert. Die Ursachen liegen nach Schoenfeld in der Art der Vorführung mathematischer Lösungen und dem Bewertungsmaßstab seitens der Lehrkraft. Schließlich halten viele Schülerinnen und Schüler die Schulmathematik als unbrauchbar für Alltagsprobleme. Folglich werden realitätsnahe Probleme mit Alltagswissen und nicht mit Hilfe der „Schulmathematik“ gelöst. Ursache dafür ist die seltene Verwendung von Aufgaben mit Alltagsbezug im Unterricht.

Bezüglich des Physikunterrichts fand Schommer (1990) heraus, dass Physik häufig als Aneinanderreihung von Erkenntnissen empfunden wird, Zusammenhänge zwischen den Teilgebieten werden nicht wahrgenommen. Folglich sollte es dann für das Bestehen von Physiktests ausreichen, Formeln und Gesetze auswendig zu können. Dieses Lernverhalten fördert nicht ein tiefgehendes Verständnis physikalischer Sachverhalte und sollte sich somit in einer entsprechenden geringen Problemlöseleistung zeigen.

Songer und Linn (1991) unterscheiden statische von dynamischen Beliefs. Ein statisches Verständnis von Physik ist dadurch gekennzeichnet, dass die Physik ein in sich abgeschlossenes, fertiges System von aneinandergereihten, nicht veränderlichen Wissensbestandteilen darstellt. Dieses System ist von der Alltagswelt isoliert und ist beherrschbar, indem die einzelnen Bestandteile auswendig gelernt werden. Allerdings erfordert eine solche Beherrschung der Physik eine gewisse Begabung. Folglich ist das Lernverhalten reproduktiv und nicht auf das Verstehen von Zusammenhängen ausgerichtet. Ein dynamisches Verständnis von Physik zeichnet sich hingegen dadurch aus, dass die Physik eher ein Werkzeug darstellt, mit dem Probleme sowohl im Alltag als auch auf theoretischer Ebene gelöst werden können. Die Wissens Elemente bilden kein starres Konstrukt, sondern eine vielfach vernetzte

und veränderbare Struktur. Für den Erfolg ist nicht die Begabung entscheidend, sondern der Arbeitseinsatz. Diese Auffassungen zeigen sich in einer integrativen, verständnisorientierten und problemorientierten Lernhaltung (Songer & Linn, 1991). Die Auffassungen der Lernenden befinden sich nach Songer und Linn (1991) meistens irgendwo zwischen diesen beiden extremen Auffassungen. In Bezug auf diese unterschiedlichen Sichtweisen ergaben sich hinsichtlich des Erfolgs im Faktenwissen keine Unterschiede. Hingegen schnitten Lernende mit dynamischen Beliefs in Tests, die ihnen „integriertes Wissen“ abverlangten, besser ab.

### **1.3.3 Belief-Systems und Expertiseerwerb in der Biologie**

Die hier dargestellten Ergebnisse aus der Mathematik und der Physik lassen sich sicherlich nicht eins zu eins auf die Biologie und das Bearbeiten von biologischen Beispielaufgaben übertragen. Es erscheint aber wahrscheinlich, dass auch biologische Beliefs das Lernen mit Beispielaufgaben beeinflussen. Für die Biologie kann aufgrund der Struktur dieser Domäne insbesondere angenommen werden, dass auch hier die Zusammenhänge und Verknüpfung der Teilgebiete von den Lernenden nicht wahrgenommen werden. Eine empirische Untersuchung dazu steht jedoch bislang noch aus.

Für diese Arbeit ist in diesem Zusammenhang von Interesse, ob Vorstellungen bzw. Theorien darüber, wie Schülerinnen und Schüler ihrer Meinung nach erfolgreich lernen, worauf sie ihre Erfolge zurückführen und ob der Biologieunterricht für sie Alltagsrelevanz aufweist, den Lernerfolg und demzufolge auch die Förderung des Expertiseerwerbs beeinflussen. Deshalb werden im Folgenden kurz zentrale Unterscheidungen von Beliefs bezüglich Wissen und Wissensgenese vorgestellt.

Diesbezüglich konzeptualisiert Ryan (1984) unterschiedliche Theorien über die Natur von Wissen, in denen die faktenorientierte Konzeption von Wissen (es gibt klare Unterscheidungen zwischen richtig und falsch) der kontextorientierten Konzeption gegenübergestellt sind. Ryan konnte zeigen, dass Versuchspersonen, die sich in diesen Konzeptionen über das Wissen unterscheiden, sich auch in der Art der Informationsverarbeitung und in den Lernstrategien unterscheiden. So zeigte sich, dass Lernende mit einer eher faktenorientierten Konzeption primär Memorierstrategien einsetzten, wohingegen die Lernenden mit einer weitestgehend kontextorientierten Konzeption des Wissens verstärkt Elaborationsstrategien verwendeten. Diese Unterschiede in den Informationsverarbeitungsstrategien wirken sich auch auf den Lernerfolg aus.

Nach Schommer (1990,1993) lassen sich hingegen vier „Beliefs about the Nature of Knowledge and Learning“ unterscheiden:

- Lernfähigkeiten sind angeboren und sind unveränderbar („innate ability“).
- Wissen besteht aus nebeneinander stehenden und unverbundenen Fakten („simple knowledge“).
- Lernen gelingt entweder schnell oder gar nicht („quick learning“).
- Erkenntnisse sind sicher und unveränderbar („certain knowledge“).

Eine dritte Einteilung beschäftigt sich ebenfalls mit Vorstellungen bezüglich der Wissensstruktur und der Wissensgenese. Hofer und Pintrich (1997) unterscheiden ähnlich wie Ryan (1984) bezüglich der Wissensstruktur in erster Linie die Dimensionen der Sicherheit und Komplexität von Wissen. Bezogen auf die Sicherheit von Wissen können sich die Vorstellungen der Lernenden zwischen den beiden Polen einer ontologischen Konzeption (Erkenntnis als überdauernde Wahrheit) und einer relativistischen Konzeption (Kontextabhängigkeit der Erkenntnis) einordnen lassen. Bezogen auf die Komplexität von Wissen bewegen sich die Lernenden zwischen den beiden Polen der Addition von Einzelfakten und dem System vernetzter Konzepte. Im Bereich der Wissensentstehung unterscheiden Hofer und Pintrich (1997) (in Anlehnung an die in der Wissenschaftstheorie gängige Unterscheidung) die Dimensionen des Entstehungs- und Rechtfertigungszusammenhanges. Bezogen auf die Dimension des Entstehungszusammenhanges werden die Pole als Entdeckung von Wahrheiten oder als soziale Konstruktionsleistung gekennzeichnet. Die Dimension des Rechtfertigungszusammenhanges ist durch die Pole der abschließenden Rechtfertigung von Erkenntnissen durch objektive Verfahren oder der Koexistenz multipler Theorien unterschiedlicher Reichweite charakterisiert.

Bezüglich der Ursachenzuschreibung von Erfolgen spielt zudem das fachspezifische Selbstbild eine große Rolle. Erfolgsattributionen wie z. B. auf Glück wirken sich weniger günstig auf die Lernmotivation und somit auch letztendlich auf den Lernerfolg aus als Erfolgsattributionen auf eigene Begabung oder gründliche Lernvorbereitung (Heller & Ziegler, 1996; Möller & Jerusalem, 1997).

Nach Ziegler sind Attributionen von Erfolgen auf internale statt externale Gründe (Begabung oder Anstrengung statt Erfolg oder leichte Aufgaben) und Attributionen von Misserfolgen auf variable statt stabile Gründe (mangelnde Anstrengung, Pech statt mangelnde Begabung oder zu hohe Aufgabenschwierigkeit) erstrebenswert.

Die Einstellung der Schülerinnen und Schüler zur Alltagsrelevanz des Biologieunterrichts ist für diese Arbeit von Interesse. Ein Großteil des Schulwissens bleibt inert bzw. träge und wird somit von den Lernenden als kaum relevant für Alltagssituationen wahrgenommen (Renkl, 1994). Wird der Biologieunterricht ebenfalls als nicht alltagsrelevant und nicht nützlich für das eigene Leben wahrgenommen, so sollte sich das ebenfalls auf die Lernmotivation, den Trainingserfolg und folglich auch auf den Lernerfolg in dieser Studie ausüben.

Im Rahmen dieser Arbeit sollen mit Hilfe eines Fragebogens Beliefs zur Erfolgsattribution (Begabung, Prinzip verstanden, zu wenig gelernt), zur Wissensgenese (Fakten auswendig lernen, Wissen sollte an neuen Aufgaben ausprobiert werden), zur Alltagstauglichkeit des Biologieunterrichts (Biologie erklärt Phänomene aus dem Alltag; Biologie hat mit dem Alltag nichts zu tun) erhoben werden und überprüft werden, ob sie den Trainingserfolg beeinflussen. Im Wesentlichen basiert der Fragebogen auf der Einteilung in statische gegen dynamische Beliefs nach Songer und Linn (1991) (vgl. Kapitel 5.4.6).

## 1.4 Zusammenfassung

Experten zeichnen sich durch eine einerseits umfangreiche und gut vernetzte Wissensbasis und andererseits durch eine hohe Problemlösekompetenz aus. Um den Expertiseerwerb in Lernsituation zu fördern, sollten folglich sowohl der Aufbau einer entsprechenden Wissensbasis unterstützt werden, als auch deren Anwendung in konkreten Problemlösesituationen geübt werden. Aus den vorgestellten Theorien und Modellen zur Gedächtnisentwicklung lässt sich ableiten, dass beim Lernen neuer, relevanter Informationen das Anbieten von Erinnerungshilfen/-reizen sinnvoll ist. Neue Informationen sollten nicht isoliert, sondern in einem Zusammenhang eingebettet präsentiert bzw. erarbeitet werden. Zur Förderung der Problemlösekompetenz sollte einerseits versucht werden „träges Wissen“ zu vermeiden, indem der Übergang vom deklarativen zum prozeduralen Wissen gefördert wird möglicherweise durch Analogie, wie von Andersson vorgeschlagen (1989). Es sollte andererseits im Sinne von „deliberate-practise“ eine gezielte und effektive Übung in der jeweiligen Domäne stattfinden. Dafür bietet sich das Lernen mit Beispielaufgaben an, die einerseits das zugrundeliegende Prinzip veranschaulichen und in seiner Anwendung demonstrieren und andererseits die nötige Wissensbasis für die Problemlösung zur Verfügung stellen (siehe Kap. 2.2.2). Wie effektiv das Lernen mit Beispielaufgaben für den Lernenden letztendlich ist, hängt davon ab, wie intensiv er sich mit der Beispielaufgabe auseinandersetzt, und wie er sich die Lösung selbst erklärt. Wie diese Auseinandersetzung mit der Beispielaufgabe und folglich auch der Expertiseerwerb unterstützt werden kann, wird in den Kapiteln 2 und 3 ausführlich dargestellt. Individuelle Überzeugungen (Beliefs) der Lernenden bezüglich der Erfolgsattributionen beim Lernen, der Wissensgenese und der Nützlichkeit der zu lernenden Inhalte haben ebenfalls einen Einfluss auf den Lernerfolg und somit zwangsläufig auch auf den Expertiseerwerb. Aus diesem Grunde werden im Rahmen dieser Arbeit einige ausgewählte Beliefs der Lernenden als Kovariate per Fragebogen (vgl. Kapitel 5.4.6) erhoben, um einen möglichen Einfluss auf das Lernen mit Beispielaufgaben herausarbeiten zu können.

Eine Möglichkeit zur konkreten Förderung des Expertiseerwerbs aufbauend auf den hier vorgestellten Theorien zum Expertiseerwerb, wird in den folgenden beiden Kapiteln vorgestellt.

## **2 Lernen mit Beispielaufgaben**

In diesem Kapitel wird der Fokus auf das Lernen mit Beispielen, insbesondere auf das Lernen mit Beispielaufgaben gelegt. Beispielaufgaben sind bezüglich der Vermittlung von Problemlösefähigkeiten ein vielversprechendes Hilfsmittel. Mithilfe der theoretischen Grundlagen zum Lernen aus Beispielen, genauer gesagt Beispielaufgaben, soll verdeutlicht werden, warum sich ausgerechnet diese Methode dazu eignet, den Expertiseerwerb allgemein und insbesondere auch in der Schule im Speziellen zu fördern.

Zunächst soll einführend die Funktion von Beispielen im Lernprozess allgemein dargestellt werden (Kapitel 2.1) und anschließend ein Schwerpunkt auf das Lernen mit Beispielaufgaben gelegt werden (Kapitel 2.2), da diese in der vorliegenden Arbeit von zentraler Bedeutung sind. Hierbei wird insbesondere darauf eingegangen, welchen Stellenwert das Lernen mit Beispielaufgaben in den Naturwissenschaften hat (Kapitel 2.2.1), wie das Lernen mit Beispielaufgaben mit dem Expertiseerwerb zusammenhängt (Kapitel 2.2.2), welche Funktionen Beispielaufgaben im Lernprozess haben können (Kapitel 2.2.3), wie effektiv das Lernen mit Beispielaufgaben ist (Kapitel 2.2.4), wie Beispielaufgaben gestaltet werden sollten, um einen optimalen Lernerfolg zu fördern (Kapitel 2.2.5), und wie das Lernen mit Beispielaufgaben durch motivationale Aspekte beeinflusst wird (Kapitel 2.2.6). Abschließend erfolgt eine Zusammenfassung der für diese Arbeit wichtigen Aspekte (Kapitel 2.3).

### **2.1 Funktion von Beispielen im Lernprozess**

In der Unterrichtspraxis ist die Bedeutung von Beispielen zur Anregung, Motivierung und Unterstützung von Lernprozessen bekannt: In fast jedem Schulbuch, die Biologie eingeschlossen, findet sich eine Vielzahl von Beispielen.

Dabei haben die Beispiele im Prozess der Wissensvermittlung unterschiedliche Funktionen: Sie wecken Interesse, machen neugierig, stehen für etwas Besonderes oder vermitteln allgemeine Prinzipien.

Reimann (1997) unterscheidet diesbezüglich insgesamt drei Funktionen, die hier an jeweils einem Beispiel aus einem Biologiebuch verdeutlicht werden soll.

### (1) Die motivationale Funktion

Beispiele können dazu verwendet werden, Neugierde zu wecken oder auch die Relevanz des zu vermittelnden Wissens aufzuzeigen.

Bsp.: „Auf einem Bauernhof in Clackmashire, Schottland, wurde im Jahr 1961 eine ganz besondere Katze geboren. Anders als ihre Geschwister hatte sie keine Stehohren, sondern seitlich abgeknickte Ohren. Die ungewöhnliche Eigenschaft war durch eine Mutation, eine sprunghafte Veränderung der Erbinformation, entstanden.“ (Cornelsen (Hrsg.) 1997).

### (2) Beispiele als Materialien für exploratives Lernen

In instruktionalen Situationen oder auch bei der Präsentation von Simulationen wird das abstrakte Prinzip oder der abstrakte Begriff dem Lernenden nicht vorgegeben sondern von diesem durch Analyse von Beispielen erschlossen.

Bsp.: „Das Zusammenwirken von Mutation und Selektion zu erschließen kann ausgehend von dem Phänomen der Tarnung das „Birakenspanner-Spiel“ gespielt werden. Hierbei wird der Selektionsvorteil von schwarzen Birakenspannern gegenüber weißen Birakenspannern auf dunklem Untergrund sowie der Vorteil weißer Birakenspanner gegenüber schwarzen auf hellem Untergrund simuliert (Klett (Hrsg.)1997).

### (3) Beispiele als Illustration allgemeiner Prinzipien und Prozeduren

Hier wird die korrekte Anwendung eines allgemeinen Prinzips oder einer allgemeinen Prozedur vorgeführt.

Bsp.: „Um zu verdeutlichen, dass Enzyme im Stoffwechsel lediglich die Aktivierungsenergie herabsetzen, findet man im Campbell (1999) folgendes Beispiel zur Verdeutlichung des Prinzips: „Die Zündkerzen in einem Auto zum Beispiel erhitzen das Benzin-Luft-Gemisch, so dass die Moleküle den Übergangszustand erreichen und reagieren. Nur auf diese Weise kann die explosionsartige Freigabe von Energie erfolgen, welche die Kolben antreibt: Ohne die Funken sind die Kohlenwasserstoffe zu stabil, um mit dem Sauerstoff zu reagieren“.

Zur Förderung des Expertiseerwerbs ist insbesondere die dritte Funktion, die Illustrations- oder Anwendungsfunktion, zur Vermittlung von Fachwissen und Problemlösefähigkeiten für die vorliegende Arbeit von Interesse.

Einer besonderen Art von Beispielen, den Beispielaufgaben widmet sich das folgende Kapitel.

## **2.2 Lernen mit Beispielaufgaben**

Seit Mitte der 80er Jahre wird in der Expertiseforschung insbesondere einer Art vom Lernen aus Beispielen Aufmerksamkeit geschenkt: dem Lernen aus den so genannten Beispielaufgaben (worked-out examples). Zunächst soll im Folgenden dargelegt werden, was eine Beispielaufgabe überhaupt ist und welchen Stellenwert sie bisher in den Naturwissenschaften einnimmt. Wie Beispielaufgaben und Expertiseerwerb zusammenhängen und welche Funktionen den Beispielaufgaben im Lernprozess zukommen können, schließt sich dem an. Abschließend wird thematisiert, wie effektiv das Lernen mit Beispielaufgaben ist und wie die Effektivität durch gestalterische Maßnahmen verbessert werden kann.

### **2.2.1 Beispielaufgaben und ihr Stellenwert beim Lernen in den Naturwissenschaften**

Beispielaufgaben bestehen aus einer Problem- bzw. Aufgabenstellung und einer Lösung, die mehr oder weniger detailliert ausgearbeitet sein kann und dem Lernenden als Musterlösung dient. Beispielaufgaben stellen so paradigmatisch Anwendungssituationen für allgemeine Gesetze und Prinzipien in einer Domäne dar. Die Beispielaufgabenlösung zeigt dem Lernenden explizit, wie die allgemeinen Gesetze und Prinzipien auf einen konkreten Fall angewendet werden und welche Adaptationen möglicherweise notwendig sind.

Beispielaufgaben mit ausgearbeiteter Lösung finden in naturwissenschaftlichen Lehrbüchern seit langem Verwendung. Hierbei scheint der Stellenwert gelöster Beispielaufgaben in naturwissenschaftlichen Lehrbüchern um so größer zu sein, je mehr Wert auf Problemlösekompetenz gelegt wird. Damit ist wohl zu erklären, dass Universitätslehrbücher in der Regel vermehrt den Schwerpunkt darauf legen als gebräuchliche Schulbücher. In den herkömmlichen Schulbüchern überwiegt häufig das Nebeneinander von systematischer Darbietung, wobei wenig Bezug auf Beispiele und anschließende Aufgaben genommen wird. Entsprechend finden sich auch viele Aufgaben, die keinen Verweis auf den Zusammenhang mit dem Lösungsprinzip aufweisen. Im naturwissenschaftlichen Schulunterricht ist das Lernen anhand von Beispielaufgaben oft randständig: In der Regel werden sie an die eigentliche Stoffeinführung angehängt, obwohl die Beliebtheit dieser Beispielaufgaben bei den Lernenden mittlerweile in zahlreichen Untersuchungen nachgewiesen werden konnte. Dabei hat sich gezeigt, dass Beispiele im Lernprozess für viele Lernende nicht nur die unterstützende Rolle spielen, die ihnen bisher im Unterricht in der Regel zugedacht wird. Novizen bevorzugen das Lernen aus Beispielen sogar dem Lernen aus Lehrbuchtexten (Pirolli & Anderson, 1985; VanLehn, 1986; Recker & Pirolli, 1995). So konnten auch LeFevre und Dixon (1986) in ihren Untersuchungen zum Lösen von Aufgaben zum induktiven Schlussfolgern zeigen, dass Lernende das Lernen aus Beispielaufgaben dem Lernen aus Lehrtexten vorziehen. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten Anderson, Farrell und Sauer (1984) sowie Pirolli und Recker (1994) bei Studien zum Erlernen der Programmiersprache LISP. Dieser Vorzug ist offenbar sowohl von den Charakteristika als auch von der Qualität der Beispiele weitestgehend unabhängig (LeFevre & Dixon 1986).

Beispielaufgaben sind im Fach Biologie im deutschsprachigen Raum kaum anzutreffen. Erst in jüngster Zeit werden sie ab und an eingesetzt, meist mit illustrierender bzw. motivierender Funktion, jedoch kaum zum Wissenserwerb. Während es besonders in Physik aber auch zum Teil in Chemie umfangreiche Beispielaufgabensammlungen gibt, ist dies für Biologie eher untypisch. Einige wenige sind aus dem angloamerikanischen Raum bekannt. Die meisten Aufgabensammlungen sind vom Charakter her jedoch eher Repetitorien oder Sammlungen von Prüfungsaufgaben. Dagegen sind kaum Aufgabensammlungen zu biologischen Themen bekannt, die explizit erklärenden Charakter haben und vordergründig dem Wissenserwerb dienen.

### **2.2.2 Beispielaufgaben und Expertiseerwerb**

Nach van Lehn (1996) spielt besonders in der frühen Phase des Wissenserwerbs das Lernen aus Lösungsbeispielen eine wichtige Rolle. 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 anhand von Beispielaufgaben für Novizen effektiver als das Lernen durch eigenständiges Problemlösen (Sweller & Cooper, 1985; Ward & Sweller, 1990), da dafür noch zu wenig Vorwissen zur Verfügung steht. Auch Kalyuga, Chandler, Sweller und Tuovinen (2001) konnten zeigen, dass die Effektivität des Lernmaterials stark von dem domänenspezifischen Vorwissen der Lernenden abhängt. So wiesen sie nach, dass Lernende mit wenig Vorwissen effektiver mit Beispielaufgaben lernten als Versuchspersonen mit relativ viel Vorwissen, die stärker vom Lernen mit Problemlöseaufgaben profitierten.

Das Lernen mit Beispielaufgaben bedingt bei Anfängern jedoch auch einen Nachteil. Die Übertragung einzelner Lösungsschritte aufgrund von Oberflächenmerkmalen ohne Beachtung der Tiefenstruktur des Beispiels ist nur bei sehr ähnlichen Aufgaben erfolgreich (Gick & Holyoak, 1980; Sweller & Cooper, 1985). Novizenhafte Lerner zeigen wenig Flexibilität bei der Anpassung der Beispiellösung an die aktuellen Anforderungen, sie haften am Konkreten, sie können nicht von den Besonderheiten des Beispiels abstrahieren. Gute Lerner dagegen verfügen nicht nur über Beispielwissen, sondern auch über das zugehörige Gesetzwissen. Sie haben "verstanden", wofür das Beispiel steht. Folglich unterscheiden sich die Beispielrepräsentationen im Gedächtnis der Novizen von denen der Experten.

Reimann (1997) hat drei Stufen der Beispielrepräsentation im Gedächtnis unterschieden:

- Einfache Beispielrepräsentation: Das Beispiel steht isoliert und ist wenig mit anderem Wissen verknüpft. Dem Transfer sind so enge Grenzen gesetzt.
- Elaborierte Beispielrepräsentation: Durch Elaboration beim Beispiellernen oder auch durch Praxis im Problemlösen mit Hilfe von Beispielen werden diese in das Vorwissen integriert und das implizite Prinzip erkannt. Damit werden auch anspruchsvollere Formen des analogen Problemlösens möglich, es bleibt jedoch an das Beispiel gebunden (Ross, 1990).

- Generalisierte Beispielrepräsentation: Das Wissen über Beispiele ermöglicht den Aufbau von generalisierten Wissensstrukturen, von "Problemschemata". Diese sind kennzeichnend für expertenhaftes Problemlösen. Sie enthalten das Wissen über die für eine Problemlösung sinnvollen Gesetzmäßigkeiten und Prozeduren. Der Rückgriff auf konkrete Beispiele ist nicht mehr nötig.

Die erste Stufe spiegelt demnach die Beispielrepräsentation von Novizen wider und die dritte Stufe die der Experten. Nach Reimann (1997) kann davon ausgegangen werden, dass die zweite der genannten Stufen sowohl aus instruktionspsychologischer als auch aus pädagogischer und didaktischer Sicht für die Förderung des Expertiseerwerbs die interessanteste ist, da insbesondere der Übergang von Stufe 2 zur Stufe 3 den meisten Lernenden nicht so ohne weiteres gelingt. Mit Hinblick auf eine mögliche Optimierung dieses Übergangs befasst sich der folgende Abschnitt mit der Funktion der Beispielaufgabenlösung im Lernprozess.

### **2.2.3 Funktionen von Beispielaufgaben im Lernprozess**

Nach Ross (1987) können den Lösungen der Beispielaufgaben beim Problemlösen zwei unterschiedliche Funktionen zugewiesen werden: die Hinweisfunktion und die Klassifikationsfunktion.

Innerhalb der „principle-cuing Perspektive“ haben die Beispiellösungen nur eine Hinweisfunktion, indem sie auf ein abstraktes Prinzip oder auf eine Formel verweisen. Diese Hinweisfunktion ist insbesondere für Novizen von Bedeutung, da sie durch die Ähnlichkeit zwischen der Beispielaufgabenlösung und der neuen Problemstellung darauf hingewiesen werden, dass das in der Lösung verwendete Prinzip auf die neue Problemstellung übertragbar ist. Novizen sind somit oft geradezu auf Beispiellösungen angewiesen, um erkennen zu können, dass sie ein Prinzip in dieser Situation anwenden können.

Werden hingegen die Beispiele benötigt, um eine Aufgabe zu klassifizieren und daraufhin das Lösungsprinzip zu aktivieren, weisen die Beispiele eine Klassifikationsfunktion auf. In diesem Falle müssen Beispiele in einer früheren Phase des Erkenntniserwerbs eine wichtige Rolle gespielt haben.

Über diese beiden Funktionen von Beispielen geht die Analogiefunktion von Beispielen nach Reimann (1997) hinaus. Im Rahmen der „example-analogy Perspektive“ wird auf vorangegangene Beispiele zurückgegriffen, um eine aktuelle Aufgabe oder Problemstellung analog dazu zu lösen. Dabei wird davon ausgegangen, dass das entsprechende Prinzip in einer früheren Lernphase durch Beispiele vermittelt worden ist.

Ähnlich wie Ross (1989) unterscheidet Reimann (1997) drei Grundfunktionen von Beispiellösungen: Die Kontrollfunktion, die Interpretationsfunktion und die Lernfunktion.

Die Kontrollfunktion von Beispielen hilft Lernenden zu entscheiden, welcher Problemlöseschritt als nächster erfolgen sollte. Dadurch wird die Suche der Lernenden nach dem nächsten Lösungsschritt reduziert. Folglich verlieren die Lernenden weniger Zeit und bleiben länger motiviert.

Die Interpretationsfunktion hilft die Aufgabenstellung zu verstehen. Die Beispiele zeigen dem Lernenden somit auf, wie sich abstrakte Begriffe in einer konkreten Aufgabenstellung anwenden lassen, und führen somit konkrete Begriffe und Sachverhalte in bereichsspezifische theoretische Repräsentationen über.

Bei der Lernfunktion kann eine direkte und eine indirekte Funktion beim Erwerb von begrifflichem Wissen und von Problemlösewissen unterschieden werden. Werden Beispiele bei der Lösung von Problemen als Quelle für Analogieschlüsse und als Grundlage für die Erzeugung abstrakter Wissensstrukturen benutzt, so handelt es sich um eine indirekte Lernfunktion. Eine direkte Lernfunktion liegt hingegen vor, wenn die Beispiele konkrete Informationen enthalten, die in einer anderen Form, beispielweise in einem Lehrtext, nicht bereit gestellt werden.

Übereinstimmend damit stellen Paas und Van Merriënboër (1993) zudem die Funktion in den Vordergrund, die Beispiele bei der Schemainduktion haben könnten. Lösungsbeispiele veranschaulichen die Struktur eines abstrakten Konzepts und helfen den Lernenden somit, allgemeine Prinzipien aus einer gut strukturierten Lösung zu extrahieren. Ebenso können Lösungsbeispiele als konkrete Schemata benutzt werden, die auf neue Problemlösungen übertragen werden können, wodurch wiederum auch die Schemainduktion (vgl. Sweller, 1989) unterstützt wird.

Die zahlreichen Funktionen, die den Beispielaufgabenlösungen zugeschrieben werden, lassen den Schluss zu, dass insbesondere Novizen trotz ihres wenigen domänenspezifischen Vorwissens von dieser Art der Lernmethode hinsichtlich ihres Expertiseerwerbs profitieren sollten. Dass dem tatsächlich so ist, zeigen zahlreiche Studien, die im folgenden Kapitel vorgestellt werden.

#### **2.2.4 Effektivität des Lernens aus Beispielaufgaben**

Zahlreiche Studien sprechen dafür, dass das Lernen aus Beispielaufgaben eine effektive und auch ökonomische Lernform darstellt.

Für die Mathematik konnten Zhu und Simon (1987) zeigen, dass mathematische Fertigkeiten, wie das Lösen quadratischer Gleichungen durch Bereitstellen von sorgfältig konstruierten und sequenzierten Beispielaufgaben vermittelt werden konnten. Die Versuchspersonen, die mit den Beispielaufgaben lernten, waren mindestens so erfolgreich, zum Teil auch erfolgreicher, als die Versuchspersonen, die mit herkömmlichen Methoden lernten. Erstere wendeten aber deutlich weniger Zeit zum Erarbeiten der lernenden Inhalte auf. Ähnliche Ergebnisse erhielten Reed und Bolstadt (1991) in ihrer Studie zum Erstellen mathematischer Gleichungen zur Lösung von Textaufgaben. Sweller und Cooper (1985) verglichen die Effektivität von Lernen mit Beispielaufgaben mit dem Lernen durch Problemlöseaufgaben in Mathematik. Es zeigte sich, dass die Versuchspersonen, die mit den Beispielaufgaben lernten, in einem Nachtest mit Aufgaben, die den Aufgaben des Lernmaterials ähnlich waren, weniger Fehler machten. Zudem benötigten sie für den Nachtest weniger Zeit als die Versuchspersonen, die mit Problemlöseaufgaben lernten. Hierbei ist noch erwähnenswert, dass die Lernzeit bezüglich der Beispielaufgaben sogar kürzer war als die bezüglich der Problemlöseaufgaben. In ihren Ergebnissen bezüglich Transferaufgaben unterschieden sich die Gruppen jedoch nicht. Nachdem Cooper und Sweller (1987) in einer weiteren Studie zusätzlich die Lernzeit verlängerten und die Anzahl der zu erlernenden mathematischen Regeln reduzierten, zeigten Versuchspersonen der Beispielaufgabenbedingung bessere und schnellere Leistungen als die der Problemlöseaufgabenbedingung. Ward und Sweller (1990) konnten ähnliche Ergebnisse in der Domäne Physik finden und auch Paas und Van Merriën-

boër (1994) wiesen die Wirksamkeit von Beispielaufgaben gegenüber Problemlöseaufgaben zum Lösen von Geometrieaufgaben beim CNC-Programmieren nach. Bei beiden Untersuchungen schnitten die Versuchspersonen, die mit Beispielaufgaben lernten, bei den Transferaufgaben besser ab und benötigten in der Lernphase weniger Zeit. Die Vorteile, die das Lernen mit Beispielaufgaben gegenüber dem eigenständigen Problemlösen hat, lassen sich durch die Cognitive-Load-Theory (Sweller, 1988; Sweller et al., 1998) teilweise erklären. Da in einer Beispielaufgabe die wesentlichen Schritte zur Problemlösung vorgezeichnet sind, können insbesondere Novizen ihre Aufmerksamkeit vollends auf deren Nachvollzug konzentrieren. Bei komplexen, eigenständig zu lösenden Problemaufgaben kommt es insbesondere, wenn das grundlegende Vorwissen nicht vorhanden ist, offenbar rasch zu einer Überlastung des Arbeitsgedächtnisses und infolge dessen zu niedrigerem Problemlöseerfolg. Ein zu großer Teil des Arbeitsgedächtnisses wird für Prozesse benötigt, die zwar für die Durchführung der Lösung wichtig sind, aber weniger wichtig für die zu lernende Lösungsstruktur. Folglich fehlt es letztendlich an Kapazität die eigentlich wichtige Lösungsstruktur zu lernen. Das Lernen mit Beispielaufgaben ist dann günstiger, wenn das nötige Gesetzwissen bekannt ist. Durch das Beispiel wird der Lernende insofern entlastet, dass er nicht permanent Zwischenergebnisse im Langzeitgedächtnis speichern muss, um Kapazität im Arbeitsgedächtnis frei zu haben. Das Lernen mit Beispielaufgaben wird dann fehleranfälliger und langsam.

Die Ergebnisse dieser Studien zeigen für unterschiedliche Domänen, dass das Lernen mit Beispielaufgaben positive Effekte auf die Problemlöseleistungen hat und im Vergleich zum eigenständigen Problemlösen gerade für Novizen auch die Erfolg versprechendere Methode ist. Zudem verwendeten die Versuchspersonen der Beispielbedingung weniger Zeit auf die Lernphase als die der Problemlösebedingung.

Um das Lernen mit Beispielaufgaben noch erfolgreicher zu gestalten, sollten außerdem nach Stark (1999) bei zukünftigen Untersuchungen ausgedehnte Lernphasen eingeplant werden, in denen Lernende entsprechende Lernerfahrung wiederholt machen können, damit diese Lernerfahrungen in die bisherige Wissensstruktur integriert werden können. Auch Cooper und Sweller (1987) weisen darauf hin, dass die Automatisierung von Problemlöseoperatoren intensiver Übung bedarf.

### **2.2.5 Erhöhung der Effektivität von Beispielaufgaben durch ihre Gestaltung**

Viele Untersuchungen haben sich hinsichtlich der Effektivität der Beispielaufgaben auch mit ihrer Gestaltung beschäftigt. Angemerkt wurde bereits, dass das Lernen aus Beispielaufgaben effektiver gestaltet werden könnte, wenn mehr Übungspraxis mit eingeplant werden würde. Weitere Maßnahmen zur effektiven Gestaltung von Beispielaufgaben werden im Folgenden vorgestellt.

Nach Atkinson, Derry, Renkl, und Wortham (2000) können bezüglich der Gestaltung von Beispielaufgaben die „inter-example features“ von den „intra-example features“ unterschieden werden.

### (1) "inter-example features"

Zu den „inter-example features“ gehört die Gestaltung der einzelnen Beispielaufgaben an sich. Diesbezüglich konnten Ward und Sweller (1990) zeigen, dass Beispielaufgaben nur dann effektiver als Problemlöseaufgaben sind, wenn sie den Lernenden ermöglichen ihre Aufmerksamkeit derart zu fokussieren, dass möglichst viele kognitive Ressourcen dem Schemaerwerb zur Verfügung stehen. Das heißt konkret, dass beispielsweise Graphiken entsprechend in den Text integriert werden müssen, um so ein Aufsplitten der Aufmerksamkeit des Lernenden zwischen Text und Graphik zu vermeiden. Diese Integrationsleistung muss dann nicht mehr von den Lernenden geleistet werden, wodurch sie kognitiv entlastet werden (Tarmizi & Sweller, 1988; Ward & Sweller, 1990) und mehr kognitive Ressourcen für den eigentlichen Verstehensprozess zur Verfügung haben.

Reder, Charney und Morgan (1986) erhöhten die Wirksamkeit der Beispielaufgaben (oft einfache Mathematikaufgaben ohne viel erklärenden Text) dadurch, dass sie mit lösungsrelevanten Informationen angereichert worden sind. Catrambone (1995) versuchte die Transferleistung der Lernenden zu verbessern, indem er ihnen half die Zielstruktur einer Aufgabe besser zu verstehen (siehe dazu auch Eylon & Reif, 1984). Die zu einem Rechenziel notwendigen Subziele wurden explizit benannt oder markiert, was eine Förderung der Transferleistung zur Folge hatte. Catrambone und Holyoak (1990) erzielten ähnlich positive Effekte, indem sie den Beispielaufgaben ausführliche Elaborationen über deren Ziel- und Methodenstruktur hinzufügten.

Atkinson (2002) setzte zur Erhöhung der Effektivität des Lernens aus Beispielaufgaben sogenannte „pedagogical agents“ ein. In einer computerbasierten Lernumgebung wurde ein animierter „pedagogical agent“ eingesetzt, der den Lernenden beim Lernen mit Beispielaufgaben instruktionale Erklärungen (auditiv oder per Text) lieferte. Dieser lenkte dabei zusätzlich durch Gesten die Aufmerksamkeit des Lernenden auf lösungsrelevante Informationen. Es zeigte sich, dass insbesondere der „sprechende“ „pedagogical agent“ half, den Lernerfolg zu erhöhen.

### (2) "intra-example features"

Bezüglich der „intra-example features“ zeigt sich zum einen, dass zur Vermittlung eines bestimmten Schemas mindestens zwei Beispiele notwendig sind, da diese aufeinander abgebildet werden („mapping“), wodurch eine erfolgreiche Schemainduktion wahrscheinlicher wird (Gick & Holyoak, 1983). Bei der Präsentation von drei analogen Beispielen kann bereits spontaner Transfer induziert werden (Catrambone & Holyoak, 1989). Wird hingegen nur ein Beispiel präsentiert, können nur Lernende mit viel themenspezifischem Vorwissen ein entsprechendes Problemlöseschema erwerben (Ahn, Brewer & Mooney, 1992).

Außer der Anzahl spielt auch die Ähnlichkeit bzw. Unterschiedlichkeit der präsentierten Beispiele eine Rolle beim Lernprozess. Nach Gick und Holyoak (1987) reicht die alleinige Anhäufung von Beispielen nicht aus. Ihrer Erfahrung nach müssen die Beispiele auch strukturell ähnlich sein, wobei es jedoch vorteilhaft erscheint, wenn die Oberflächen (inhaltliche Einbettung) der Beispiele unähnlich sind. Dadurch ist die Induktion eines Schemas möglicherweise schwieriger, die Flexibilität des konstruierten Schemas wird jedoch vermutlich gefördert. Ähnliche Ergebnisse erhielten Paas und Van Merriënboër (1994). In ihrer Unter-

suchung schnitten Lernende mit oberflächlich unterschiedlichen Beispielen bei Transferaufgaben besser ab als Lernende mit oberflächlich ähnlichen Aufgaben. Im Gegensatz dazu konnten Renkl (1998) sowie Renkl, Stark, Gruber und Mandl (1998a) die Effektivität oberflächlich unterschiedlicher gegenüber oberflächlich ähnlicher Beispielaufgaben nicht nachweisen. Nachdem eine instruktionale Unterstützung bei Lernenden mit oberflächlich unterschiedlichen Beispielaufgaben wegfiel, fiel deren Leistung im Transfer sogar beträchtlich ab. Stark (1999) deutet diese Befunde so, dass oberflächlich unterschiedliche Beispiele höhere kognitive Leistungen des Lernenden erfordern und somit Lernende letztlich auch überfordern können.

Mit der Frage nach adäquater Sequenzierung der Beispielaufgaben setzten sich Quilici und Mayer (1996) auseinander. Sie unterscheiden zwischen der strukturakzentuierenden und der oberflächenakzentuierenden Beispielsequenz. Bei einer strukturakzentuierenden Sequenz weisen Beispielaufgaben mit gleicher Oberfläche unterschiedliche Strukturmerkmale auf. Dadurch sollen dem Lernenden die strukturellen, lösungsrelevanten Merkmale verdeutlicht werden. Bei einer oberflächenakzentuierenden Beispielsequenz sind hingegen strukturelle Merkmale und Oberflächenmerkmale miteinander vermengt. Quilici und Mayer (1996) konnten bei Lernenden mit wenig Vorwissen in ihren Untersuchungen zum Sortieren und Kategorisieren von Aufgaben in der Statistik die Wirksamkeit einer strukturakzentuierenden Sequenz nachweisen. Die Leistungen von Lernenden mit höherem Vorwissen in der Mathematik waren davon unbeeinflusst. Gick und Patterson (1992) fügten zu zwei analogen Beispielen noch ein drittes kontrastierendes hinzu, das oberflächlich jedoch nicht strukturell ähnlich war. Dadurch trat das lösungsrelevante Prinzip der beiden analogen Beispiele stärker in den Vordergrund, was sich positiv auf die Qualität der induzierten Schemata und den Transfer auswirkte.

Neuere Untersuchungen wie die von Renkl, Atkinson und Maier (2000) beschäftigen sich mit einer Sequenz von Beispielaufgaben, deren Lösungen zunehmend weniger komplett ausgearbeitet sind also mehr oder weniger große Lücken enthielten. Sie konnten feststellen, dass das Lernen auf diese Weise effektiver als das Lernen aus ausschließlich komplett ausgearbeiteten Beispielaufgaben und anschließenden Problemlöseaufgaben ist.

### **2.2.6 Motivationale Aspekte beim Lernen mit Beispielaufgaben**

Untersuchungen zu motivationalen Aspekten des Lernens mit Beispielaufgaben stehen noch relativ am Anfang. Bisher liegen einige wenige Befunde zum Einfluss intrinsischer Motivation auf den Lernprozess und den Lernerfolg sowie zu motivationalen Konsequenzen bestimmter Lösungsbeispielbedingungen vor.

Nach Ziegler (1999) bezeichnet die Motivation aus heutiger wissenschaftlicher Sicht diejenigen Prozesse, die die Einleitung und Aufrechterhaltung zielbezogenen Handelns leisten. Auch das Lernen aus Beispielaufgaben ist ein zielorientierter Prozess und wird durch Motivation beeinflusst. Der Lerner muss sich gewisse Verarbeitungsziele gesetzt haben, sonst wird der Text nicht elaboriert, sondern nur gelesen (Reimann, 1997). Wie intensiv ein Lernender Beispielaufgaben elaboriert hängt (auch) vom Grad seiner intrinsischen Motivation

ab. So konnte Gottfried (1985, 1990) zeigen, dass Schülerinnen und Schüler höhere Lernerfolge erzielen, wenn sie intrinsisch motiviert sind. Dabei wurden standardisierte Tests zur Prüfung des allgemeinen Schulleistungsstandes bezüglich der Fähigkeiten im Lesen, in der Mathematik und im allgemeine Wissen verwendet. Dieses führte er unter anderem darauf zurück, dass intrinsisch motivierte Schülerinnen und Schüler eher Verhaltensweisen zeigen, die dem Lernen förderlich sind. Dazu zählt die Wiederholung neuer Informationen und die Anwendung des neu Gelernten in neuen Situationen.

Für diese Arbeit ist von Interesse, ob, und wenn ja, inwieweit der Grad extrinsischer Regulation einer Versuchsperson bezüglich des Biologielernens das Lernen mit Beispielaufgaben beeinflusst.

Im Folgenden wird das Konzept der extrinsischen versus intrinsischen Motivation kurz dargestellt, um dann genauer auf die Theorie von Deci und Ryan (1991, 1993) einzugehen, die für den Grad der intrinsischer Motivation das Ausmaß an empfundener Selbstbestimmung als zentral ansehen.

Das Konzept der extrinsischen Motivation wird oft als Sammelbegriff für diejenigen Motivationsformen verwendet, die außerhalb der intrinsischen Motivation liegen. So definiert Schiefele (1996) extrinsische Lernmotivation als Absicht, eine Handlung deshalb durchzuführen, weil damit entweder positive Folgen herbeigeführt werden oder negative Folgen vermieden werden. Die Folgen liegen hierbei außerhalb der eigentlichen Lernhandlung und stehen mit dieser in keinem direkten Zusammenhang.

Insbesondere Lernhandlungen sind aber vermutlich oft sowohl intrinsisch als auch extrinsisch motiviert. Demzufolge schlagen Deci und Ryan (1991) anstelle einer dichotomen Unterscheidung der beiden Motivationsformen ein abgestuftes Kontinuum zwischen eindeutig intrinsisch und eindeutig extrinsischer Motivation vor.

Ihr theoretischer Ansatz wird im Folgenden vorgestellt.

Deci und Ryan (1993) gehen davon aus, dass eine auf Selbstbestimmung beruhende Lernmotivation sich positiv auf die Qualität des Lernens auswirkt. Dabei werden sowohl intrinsische Motivation als auch bestimmte Formen der extrinsischen Motivation als selbstbestimmt erlebt. Dabei können intrinsisch motivierte Verhaltensweisen als interessensbestimmte Handlungen definiert werden, die keine Anstöße von außen benötigen. Intrinsische Handlungen beruhen auf Neugierde, Spontaneität und Interesse (Csikszentmihalyi, 1975). Extrinsisch motivierte Handlungen treten hingegen nicht spontan auf und werden mit instrumenteller Absicht durchgeführt, um eine von der Handlung getrennte Belohnung oder Ähnliches zu erhalten. Intrinsisch motivierte Handlungen sind im höchsten Maße selbstbestimmt. Deci und Ryan unterscheiden bei der extrinsischen Motivation vier Abstufungen der Motivationsregulation mit einem zunehmenden Maß an wahrgenommener Selbstbestimmung:

Zur externalen Motivationsregulation gehören Verhaltensweisen, die durchgeführt werden, um eine externale Belohnung zu erhalten oder einer angedrohten Bestrafung zu entgehen. Zum Beispiel ist das Verhalten eines Schülers, der für eine Klassenarbeit lernt, weil ihm bei

einer schlechten Note das Fernsehen verboten wird, external reguliert. Dieses Verhalten wird weder autonom noch freiwillig durchgeführt. Bei introjiziert reguliertem Verhalten, folgt die Person inneren Anstößen und Druck. Diese Verhaltensweisen sind für die Selbstachtung der Person wichtig. Zum Beispiel ist das Verhalten einer Schülerin, die für eine Klassenarbeit lernt, weil ihre Freunde es auch tun, bzw. sie ein schlechtes Gewissen bekommen würde, wenn sie es nicht täte, introjiziert reguliert. Hält eine Person eine Verhaltensweise für persönlich wichtig und wertvoll, ist das Verhalten identifiziert reguliert. Die Person kann sich mit den zugrunde liegenden Werten identifizieren und hat sie bereits in das individuelle Selbst integriert. Ein Schüler, der für eine Klassenarbeit lernt, weil er eine bestimmte Endnote anstrebt, ein selbstgesetztes Ziel, zeigt identifizierte Verhaltensregulation. Die höchste Form selbstbestimmten Handelns extrinsisch motivierter Handlungen zeigt die integrierte Motivationsregulation. Die integrierte Motivationsregulation ist im Gegensatz zur intrinsischen Motivation nicht autotelischer Natur, sondern besitzt immer noch eine instrumentelle Funktion. Sie wird freiwillig ausgeführt, da die Person das Handlungsergebnis hoch bewertet.

Da zwischen intrinsischer Motivation und Lernleistung mehrfach positive Zusammenhänge nachgewiesen wurden (Schiefele, Krapp & Schreyer, 1993), liegt die Vermutung nahe, dass sich der Grad extrinsischer bzw. intrinsischer Motivation der Versuchspersonen auch auf die Effektivität instruktionaler Maßnahmen und folglich auch auf den Lernerfolg auswirkt.

Zudem zeigen Untersuchungen, dass sich ein hoher Grad an intrinsischer Motivation nicht nur auf die Lernleistung, sondern auch auf die Qualität der generierten Wissensstruktur ausübt (Schiefele, Winteler & Krapp, 1988). Nach Schiefele und Schreyer (1994) ist die intrinsische Motivation vor allem dann wichtig, wenn tiefergehendes, konzeptuelles Lernen und eine intensive Auseinandersetzung mit dem Lernstoff gefordert ist. Rheinberg (1996) konnte diesbezüglich nachweisen, dass Personen mit einem relativ hohen Grad an intrinsischer Motivation vermehrt tiefenorientierte Lernstrategien einsetzen. Außer den Lernstoff auswendig zu lernen, organisieren und elaborieren sie den Lernstoff erneut und überwachen vermehrt ihr Verständnis für den Lerninhalt. Somit muss nach Stark (1999) ein eher oberflächliches bis passives Elaborieren eines Lernstoffes nicht unbedingt die Folge mangelnden Strategiewissens sein, es kann möglicherweise auch in motivationalen Aspekten begründet sein. Bezüglich bestimmter Elaborationsstrategien beim Lernen mit Beispielaufgaben konnte Renkl (1997) zeigen, dass prinzipienbasierte Erklärungen, Ziel-Operator-Kombinationen und Monitoring unabhängig von der intrinsischen Motivation waren. Hingegen korrelierte das antizipatorische Schließen positiv mit der intrinsischen Motivation, auch dann, wenn das Vorwissen statistisch kontrolliert wurde. Intrinsisch hoch motivierte Lernende zeigten demnach ein aktiveres und eigenständigeres Elaborationsverhalten. Entsprechend waren Versuchspersonen mit passiver oder oberflächlicher Beispielelaboration deutlich weniger intrinsisch motiviert. Einen Zusammenhang zwischen Transferleistung und intrinsischer Motivation ließ sich unerwarteter Weise jedoch nicht nachweisen. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich auch in der Untersuchung von Stark (1999). Nach Stark (1999) lässt das den Schluss zu, dass intrinsische Motivation zwar eine wichtige aber keine hinreichende Bedingung für effektives Lernverhalten ist. Somit kann der Selbsterklärungseffekt (s. Kap. 3.1) seiner Meinung nach nicht nur auf motivationale Faktoren reduziert werden.

## 2.3 Zusammenfassung

Es wurde bisher dargestellt, welche zahlreichen Funktionen Beispiele in Lernprozessen einnehmen können, wie Beispiele im Gedächtnis verknüpft werden und welche Vorzüge das Lernen mit einer besonderen Art von Beispielen, den Beispielaufgaben, hat. Diese Vorzüge zeigen sich einerseits beim Lernen von und andererseits im Vergleich zu Problemlöseaufgaben beim Erlernen von Problemlöseschemata. Die Vorteile des Lernens aus Beispielaufgaben sind somit nach Renkl (2001a,b) offensichtlich: Die Anwendung von Lösungsprinzipien wird dem Lernenden in einer konkreten Anwendungssituation vorgeführt, das Verständnis der Lernenden wird gefördert, das Lernen aus Beispielaufgaben ist im Vergleich zu den bisher üblichen Problemlöseaufgaben effektiver, Lernende bevorzugen das Lernen aus Beispielaufgaben, das Lernen mit Beispielaufgaben erfordert wenig technischen und organisatorischen Aufwand und es ist leicht in traditionelle Unterrichtsformen integrierbar. Somit stellen Beispielaufgaben eine geeignete Methode dar, den Expertiseerwerb in gut strukturierten Domänen wie den Naturwissenschaften zu fördern, was ein zentrales Anliegen dieser Arbeit ist.

Für die Konstruktion des Beispielaufgabenlehrganges dieser Arbeit sind sowohl die Maßnahmen der „inter-example features“ als auch die der „intra-example features“ von Bedeutung. Es soll darauf geachtet werden kognitive Überlastung zu vermeiden bzw. möglichst gering zu halten. Zu diesem Zweck werden in den Lösungen eingebettete graphische Darstellungen im Text aufgegriffen und erläutert. Es wird außerdem versucht, die Fachsprache dem Vorwissen dieser Jahrgangsstufe möglichst so anzupassen, dass die Lernenden nicht überfordert und frustriert werden. Wenn nötig, werden die Fachbegriffe an Ort und Stelle noch einmal erläutert. Die Beispielaufgabensequenz an sich wird so gestaltet werden, dass jedes lösungsrelevante Prinzip in mindestens zwei Beispielen bearbeitet wird. Dabei ist die Oberflächenstruktur unterschiedlich und die entsprechenden Zwischenziele werden verdeutlicht. Die Frage, inwieweit motivationale Aspekte intrinsischer bzw. extrinsischer Motivation das Lernen mit Beispielaufgaben beeinflussen, steht zwar nicht im Mittelpunkt dieser Arbeit, soll aber am Rande als mögliche Kovariaten untersucht werden. Das ist sinnvoll und notwendig, da ein Einfluss motivationaler Aspekte auf die Elaborationsprozesse nicht ausgeschlossen werden kann.

### **3 Beispielaufgaben selbst erklären**

In diesem Kapitel soll zunächst geklärt werden, was „selbst erklären“ ist und warum es diejenige Elaboration ist, die dem Lernen mit Beispielaufgaben angemessen ist (Kapitel 3.1). Im Kapitel 3.2 wird der Einfluss des themenspezifischen Vorwissens auf das Selbsterklären diskutiert, indem Untersuchungen aus der Forschung zum Lernen mit Beispielaufgaben (Kapitel 3.2.1) und der Textverständnisforschung (Kapitel 3.2.2) vorgestellt werden. Dabei wird auf die für die vorliegende Arbeit zentrale Untersuchung von Kroß und Lind (2001) bzw. Lind und Sandmann (2003) genauer eingegangen (Kapitel 3.2.3). Im Kapitel 3.3 geht es darum, wie man sich das bisher vorgestellte Theoriewissen zu Nutze machen kann, um effektiveres Selbsterklären anzuregen. Diesbezüglich werden Studien vorgestellt, deren Ziel es war, die Anzahl der Selbsterklärungen zu erhöhen (Kapitel 3.3.1) und es werden Studien vorgestellt, deren Ziel es war, die Selbsterklärungsqualität zu erhöhen (Kapitel 3.3.2). In einem abschließenden Kapitel (3.4) werden die für diese Arbeit wichtigen Aspekte zusammengefasst und Folgerungen für diese Studie aufgezeigt.

#### **3.1 Selbsterklären**

Wie effektiv das Lernen mit Beispielaufgaben ist, hängt im Wesentlichen davon ab, wie intensiv sich der Lernende mit der Beispielaufgabenlösung auseinandersetzt. Es reicht nicht aus die Lösung nur zu lesen sondern der Lernende muss versuchen, sie zu verstehen. Damit ist gemeint, dass die neuen Beispielinformationen in das bereits bestehende Wissen integriert werden müssen und dieses gegebenenfalls auch verändert werden muss. Nach Steiner (1996) muss diese Veränderung der bereits bestehenden Wissensstruktur als ein zentraler Teil des Lernprozesses angesehen werden. Der Lernende muss sich also die Lösung schrittweise aktiv erarbeiten, die Lösungsschritte mit seinem Vorwissen abgleichen und in Zusammenhang bringen. Die beim Durcharbeiten einer Beispielaufgabe stattfindenden Elaborationsprozesse werden nach Chi als Selbsterklären bezeichnet (Chi, Bassok, Lewis, Reimann & Glaser 1989, Chi & Bassok 1989).

Das Selbsterklären wird nach den Studien der Gruppe um Chi als diejenige Elaborationsform angesehen, die dem Beispiellernen in komplexen, aber gut strukturierten Gebieten wie den Naturwissenschaften angemessen ist. Das Wesentliche des Selbsterklärens besteht darin, dass der Lernende versucht, sich jeden einzelnen Schritt in der Argumentation einer Beispiellösung zu erklären. Dabei betrachtet der Lernende die Lösung gewissermaßen als eine Aufgabe, die er teilweise selbständig zu lösen versucht. Die vorgegebene Beispiellösung ist hierbei eine Art der Rückmeldung. Das Selbsterklären ist also bezeichnend für eine problemorientierte Lernhaltung und folglich an das Lernen mit Beispielaufgaben optimal angepasst (wenn auch nicht daran gebunden). Die einzelnen Lernschritte müssen innerhalb des Selbsterklärungsprozesses dabei formal keineswegs den Charakter von Erklärungen

haben. Charakteristisch sind nach Chi, de Leeuw, Chiu & LaVancher (1994) vielmehr die folgenden Merkmale:

1. Das Selbsterklären ist eine konstruktive Aktivität, d.h. es wird neues Wissen generiert.
2. Das Selbsterklären fördert die Integration des neu gelernten Wissens in das bestehende Wissen.
3. Das Selbsterklären ist ein kontinuierlicher Prozess, der nicht nach einem vorgefassten Plan verläuft, sondern schrittweise durch die Interaktion von Vorwissen und Lehrtext .

Nach Chi (2000) und Lind, Friege und Sandmann (2003) kann das Selbsterklären durchaus als eine Lernstrategie betrachtet werden. 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 ihrer Meinung nach nicht zu den Selbsterklärungen.

Die Wirksamkeit des Selbsterklärens im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich ist vielfach belegt (Physik: Chi, Bassok, Lewis, Reimann & Glaser 1989; Chi & Bassok 1989; Chi & VanLehn 1991; Chi, 2000; Ferguson-Hessler & de Jong 1990; Biologie: Chi, de Leeuw, Chiu & LaVancher 1994; Programmieren: Pirolli & Bielaczyc 1989; Pirolli & Recker 1991; Wahrscheinlichkeitsrechnung: Renkl 1997, kaufmännisches Rechnen: Renkl, Stark, Gruber & Mandl 1998a,b; Problemlösen in der Mathematik: Neumann & Schwarz 1998, 2000). Der Unterschied zwischen guten und schlechten Problemlösern liegt danach in der quantitativen und qualitativen Nutzung des Selbsterklärens beim Lernen begründet. Gute Problemlöser formulieren mehr und inhaltlich tiefgründigere Elaborationen und verwenden darauf mehr Zeit als weniger gute Problemlöser (Kroß & Lind,2001).

Über die kognitionspsychologische Erklärung des Lernens durch Selbsterklärungen besteht bislang keine Einigkeit. Es gibt vier Ansätze, die auch in maschinellen Lernsystemen modelliert wurden:

1. In dem Ansatz der Gruppe um Chi (VanLehn, Jones & Chi 1992; VanLehn & Jones 1993) wird "derivation completion" bzw. "gap filling" als zentraler Lernmechanismus betrachtet. Beim Lesen des Textes stößt der Lernende auf Wissenslücken, die er durch ähnlichkeitsbasiertes Lernen zu schließen versucht; d.h. zum Lernen werden Elemente seines Vorwissens in neuem Zusammenhang genutzt. Das Vorwissen wird dabei als aus vielen Einzelementen bestehend gedacht.
2. Demgegenüber geht der Ansatz von Reimann (1997) davon aus, dass das Vorwissen in größeren Einheiten repräsentiert ist, als Fallbeschreibung oder Problemschemata. Diese werden der Analyse des Beispiels zugrunde gelegt. Der Selbsterklärungsprozess erhält damit ein Element der Planung; es müssen z.B. nicht alle Lösungsschritte hergeleitet werden, sondern nur die erwartungswidrigen.

3. Pirolli & Recker (1991) legen das Gedächtnismodell ACT\* von Anderson (1983, 1987; vgl. auch Kapitel 1XX) zugrunde, das verschiedene Abstraktionsebenen der Repräsentation zulässt. Sie können dadurch Unterschiede im Selbsterklären von Novizen und Experten beschreiben. Das Lernen beim Beispielstudium soll durch Wissenskompilierung geschehen.
4. Die Modellrevision wird von Chi (2000) betont. Ist das Vorwissen unvollständig oder sogar falsch, kommt es zu Konflikten zwischen Vorwissen und Lehrtext. Das mentale Modell des Lernenden muss somit revidiert oder angepasst werden.

Die vier Ansätze sind nicht alternativ zu betrachten. Das Modell von Pirolli und Recker hat seine Stärke bei der Erklärung der Wirkung von Sequenzen ähnlicher Beispiele. Das Modell von VanLehn beschreibt das Selbsterklären von Anfängern, denn es wurde speziell zur Simulation der Ergebnisse des lautenden Denkens in der Untersuchung von Chi et al. (1989) entwickelt, die mit Anfängern durchgeführt wurde. Demgegenüber scheint das Modell von Reimann eher auf die Stufe der elaborierten Beispielpräsentation zu passen, hat also stärker expertenhaften Charakter. Die Modellrevision von Chi beschäftigt sich stärker mit dem Ausräumen von Fehlvorstellungen.

Nach Lind und Sandmann (2003) verläuft das Selbsterklären ohne detaillierten, vorgefassten Plan und scheint eher durch die kleinschrittige Interaktion zwischen Text und Vorwissen geprägt zu sein. Dabei geht es vielmehr um „derivation completion“ bzw. „gap-filling“ und weniger um die von Reimann (1997) in den Vordergrund gestellten textstrukturierenden Reduktionsstrategien oder die Modellrevision von Chi (2000). Im Spezialfall des Problemlösens sehen Neumann und Schwarz (1989, 2000) die Rolle des Selbsterklärens zudem im Aufdecken der zugrunde liegenden Struktur und im besonderen Fall von Textaufgaben in der Unterstützung beim Überführen verschiedenartig repräsentierter Informationen (z.B. Zahlen aus einem Text in eine Tabelle überführen).

Über Hinweise zu qualitativen Unterschieden von Anfängern und weiter fortgeschrittenen Lernern berichten VanLehn & Jones (1993). Sie analysierten die Fehler von Personen, die nur eine einfache Beispielrepräsentation erwarben und solchen, die eine elaborierte Repräsentation entwickelten. Bei der ersten Gruppe war in der Tat das falsche Schließen von Lücken dominierend. Bei der zweiten Gruppe kamen jedoch Fehler dazu, die größere Repräsentationseinheiten voraussetzten (unangemessene Analogien). Der Unterschied war jedoch nicht signifikant (je 4 Versuchspersonen).

Selbsterklären wird spontan gezeigt, jedoch nicht von allen Versuchspersonen. Wodurch sich spontane Selbsterklärer von Versuchspersonen unterscheiden, die diese Elaborationsmethode relativ selten verwenden, ist weitgehend unbekannt.

Die Untersuchung von VanLehn & Jones (1993) gibt erste Hinweise darauf, dass das Vorwissen einen Einfluss auf das Selbsterklären ausübt. Die unterschiedlichen Modelle zur Erklärung der Wirkung des Selbsterklärens lassen jedenfalls unterschiedliche Selbsterklärungscharakteristika von Experten und Novizen erwarten.

Soll der Lerneffekt beim Lernen mit Beispielaufgaben und somit letztendlich auch der Expertiseerwerb optimiert werden, so ist es von Bedeutung, mehr über Faktoren zu wissen, die

das Selbsterklären beeinflussen. Ein ganz bedeutsamer Faktor, der im Allgemeinen für das Lernen wichtig ist, ist das domänenspezifische Vorwissen (Kroß & Lind 2001; Renkl, 2001). Die Untersuchungen von Lind & Sandmann (2003) und Chi et al. (1994) zeigen zudem, dass sowohl die Selbsterklärungsquantität als auch die Selbsterklärungsqualität einen Einfluss auf den Lernerfolg haben.

## **3.2 Selbsterklären und Vorwissen**

Das Selbsterklären soll die Integration des Beispielwissens in das bestehende Wissen unterstützen. Ein reichhaltiges Vorwissen sollte die Selbsterklärungsintensität fördern, da das Beispiel dann in vielfältiger Beziehung zum Vorwissen steht. Ein profundes Vorwissen sollte auch die Qualität der Selbsterklärungen positiv beeinflussen, da die Integration des neuen Wissens gezielter verlaufen kann. Folglich sollten sich die Selbsterklärungscharakteristika von Experten und Novizen unterscheiden.

Die Ergebnisse vieler Studien dazu waren bislang jedoch widersprüchlich. So zeigen die Untersuchungen von Ferguson-Hessler und de Jong (1990) sowie Pirolli und Bielaczyc (1989), dass sich Experten und Novizen bezüglich ihrer Selbsterklärungscharakteristika unterscheiden, wohingegen sie sich in den Untersuchungen von Chi und VanLehn (1991), Renkl (1997) und Renkl, Stark, Gruber und Mandl (1998) nicht unterscheiden. Verglichen wurde jeweils die Zahl der Statements in verschiedenen Elaborationskategorien. Da die Kategoriensysteme unterschiedlich waren, ist ein direkter Vergleich der Untersuchungen problematisch. Darüber hinaus wurden diese Untersuchungen mit relativ kleinen, homogenen Stichproben hinsichtlich des Vorwissens durchgeführt. Alle Studien analysierten die Selbsterklärungen von Novizen und möglicherweise ist deren geringes Vorwissen als eine wesentliche Ursache dafür anzusehen, dass die Lernenden Selbsterklärungen nicht effektiv für das eigene Lernen nutzen konnten. Um zu klären, ob und wenn ja, welchen Einfluss das Vorwissen auf das Selbsterklären hat, werden im folgenden Kapitel Ergebnisse aus der Textverständlichkeitsforschung kurz vorgestellt (Kapitel 3.2.1). Das Hinzuziehen von Ergebnissen aus der Textverständlichkeitsforschung ist insofern zulässig, als dass das Lernen mit Beispielaufgaben eine besondere Form des Lernens aus Texten darstellt. Im darauf folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Textverständlichkeitsforschung in den Untersuchungen von Kroß und Lind (2001) und Lind und Sandmann (2003) genutzt, um die Vorwissensabhängigkeit von Selbsterklärungen genauer zu untersuchen (Kapitel 3.2.2).

### **3.2.1 Textverständnis und Vorwissen**

Weitere Studien, die für eine Vorwissensabhängigkeit des Selbsterklärens sprechen, kommen aus der Textverständlichkeitsforschung (Mannes & Kintsch 1987; McNamara, Kintsch, Butler, Songer & Kintsch 1996, Kintsch 1996). Danach setzt optimale Elaboration eine Abstimmung der Anforderungen des Lehrtextes auf das Vorwissen der Lernenden voraus, d.h. Novizen und Experten benötigen dazu unterschiedliche Lehrtexte.

Generell werden in der Textverständlichkeitsforschung dabei zwei unterschiedliche Arten von Verständnisstrategien unterschieden: die Tiefen- und die Oberflächenstrategien (Marton & Säljö, 1984). Bei den Oberflächenstrategien versucht der Lernende lediglich, den Sinn einzelner Wörter und Sätze und auf dieser Basis die Bedeutung des Textes zu verstehen. Bei den Tiefenstrategien integriert der Lernende hingegen das zu lernende Wissen in bereits bestehende Wissensstrukturen. Hierbei liegt der Schwerpunkt eher auf den Elaborationsprozessen, wohingegen bei Nutzung von Oberflächenstrategien das Wissen in der Regel isoliert bleibt. Welche Strategien effektiver sind, ist abhängig von der jeweiligen Lernsituation. Grundsätzlich ist aber in inhaltsreichen Domänen wie der Biologie in den meisten Fällen die Tiefenstrategie von größerem Nutzen, da hier der Schwerpunkt des Lernens im Verstehen der Texte liegt: Die Inhalte sollen verstanden werden und in bereits vorhandenes Wissen eingeordnet werden. Erst dadurch kann das Lernmaterial wirklich verstanden werden, so dass demzufolge erfolgreiches tiefenstrategisches Vorgehen vorwissensabhängig ist. Nach dem „construction-integration-model“ des Textverstehens von Kintsch (1988, 1989, 1993, 1996) baut der Lernende beim Lesen eines Textes zunächst eine Textbasis auf, die die Bedeutung des Textes klärt und somit zu einem oberflächlichen Textverständnis führt. Zu einem tieferen Verständnis eines Fachtextes müssen die neuen Inhalte in das Vorwissen der Lernenden integriert werden, was zum Aufbau eines „Situationsmodells“ führt. Dazu sind sowohl elaborative Prozesse nötig, also Prozesse, die der Integration des neuen Wissens in bereits bestehendes Wissen dienen (z.B. Aktivieren von Vorwissen oder kritisches Hinterfragen der neuen Informationen), als auch reduktive Prozesse, die eine Überforderung der Informationsverarbeitungskapazität verhindern sollen. Hierzu gehören auch Prozesse wie das Textzusammenfassen oder das Erstellen von Regeln durch Analogiebildung. Somit ist insbesondere der Aufbau eines Situationsmodells vorwissensabhängig und sollte typisch für Experten sein. Demnach zeichnet sich das Lernen von Experten dadurch aus, dass es einerseits zu einer Integration des neu erworbenen Wissens in das Vorwissen führt und andererseits zur Unterdrückung nicht relevanter Informationen. So wird letztendlich ein expertenhaftes Gedächtnis aufgebaut, das in der Lage ist, komplexe domänenspezifische Informationen schnell und sicher abzurufen und umgekehrt, aufgrund der vielfachen Möglichkeiten neues Wissen in altes zu integrieren, auch neue domänenspezifische Informationen leicht und schnell zu lernen (s. Kapitel 1.1.2). Novizen besitzen hingegen noch nicht das nötige domänenspezifische Vorwissen und müssen folglich bei der Textverarbeitung auf allgemeine Interpretationsregeln zurückgreifen. Dies hat zur Folge, dass Novizen auf diese Weise entweder nur eine Textbasis oder bestenfalls ein einfaches Situationsmodell aufbauen können, das jedoch isoliert bleibt und nicht in eine elaborierte Abrufstruktur eingegliedert werden kann. Dieses Wissen ist somit träge und in einem neuen Anwendungsfall nur schwer abrufbar.

Sehr wahrscheinlich lässt sich das eben Gesagte auch auf das Lernen mit Beispielaufgaben übertragen, da die dabei auftretenden Selbsterklärungen wie auch andere Verstehens- und Elaborationsprozesse vorwissensabhängig sind (Lind, Friege, Sandmann, 2003). Je mehr Vorwissen zu einer bestimmten Thematik vorhanden ist, desto besser gelingt die Anwendung solcher Strategien (Alexander & Judy, 1988; Alexander & Kulikowich, 1994). Somit

sollte sich eine Abhängigkeit des quantitativen und qualitativen Selbsterklärens vom Expertisegrad zeigen, was im folgenden Abschnitt auch gezeigt wird.

### 3.2.2 Die Studie von Sandmann und Lind

Das Wissen zum Textverständnis haben sich Kroß und Lind (2001) bzw. Lind und Sandmann (2003) zu Nutze gemacht, um Selbsterklärungen wesentlich detaillierter als in den zuvor genannten Untersuchungen zum Selbsterklären qualitativ analysieren zu können (s. a. Sandmann, Hosenfeld, Mackensen & Lind, 2002). Ihre Arbeiten sind für die vorliegende Arbeit von besonderer Wichtigkeit, da sie in der Lage waren, typisch novizenhafte und typisch expertenhaft Selbsterklärungen und somit vorwissensabhängige Selbsterklärungen zu extrahieren. Die Ergebnisse ihrer Studie sind für die vorliegende Arbeit deshalb von so großer Bedeutung, da sie es zulassen, den Expertiseerwerb über die Anregung lernwirksamer Selbsterklärungen unter Berücksichtigung des themenspezifischen Vorwissens gezielt zu fördern. Aus diesem Grunde soll ihre Arbeit ausführlicher dargestellt werden.

In ihrem Projekt wurden die Selbsterklärungen von Experten beim Lernen mit naturwissenschaftlichen Beispielaufgaben in Abhängigkeit vom Vorwissen analysiert und zum erreichten Lernerfolg in Beziehung gesetzt. Es wurde das Selbsterklären lernerfahrener Schüler untersucht, die aufgrund ihrer unterschiedlichen Lerngeschichten teils über ein sehr hohes und teils über ein sehr geringes Vorwissen in den untersuchten Domänen Biologie und Physik verfügten. Während die Versuchspersonen mit Beispielaufgaben lernten, sollten sie permanent laut denken. Die Analyse dieser Protokolle des lauten Denkens erfolgte nach einem ausführlichen Kategoriensystem, dass auf den Kategorien zum Textverständnis nach Kintsch (1993) aufbaut und für diese Zwecke erweitert wurde. (siehe Tab.3.1).

Tab.3.1: Kategoriensystem für Selbsterklärungen nach Lind und Sandmann (2003)

KATEGORIENSYSTEM FÜR SELBSTERKLÄRUNGEN NACH SANDMANN UND LIND:	
1	HINZUFÜGEN VON WISSEN DURCH ABRUF ZUGEHÖRIGEN WISSENS
1.1	<b>Nennung von Wissenselementen, die nicht in der gerade bearbeiteten Beispielaufgabe behandelt werden (erfolgreicher Abruf von Wissen)</b>
1.1.1	<b>aus dem Vorbereitungstext und vorherigen Beispielen</b>
1.1.2	<b>aus dem Gedächtnis, d. h. von nicht in der Lerneinheit erwähntem Wissen</b>
1.2	Suche nach Beziehungen zwischen vorkommenden Begriffen (Die Versuchsperson weiß, dass eine Beziehung existiert, erinnert diese jedoch nicht auf Anhieb und versucht, die Beziehung zu rekonstruieren.)
1.3	Nachschriften und noch einmal Lesen (expliziter Rückgriff auf externe Wissensquellen)
1.3.1	im Vorbereitungstext bzw. in vorherigen Beispielen
1.3.2	im Text zu dem gerade behandelten Beispiel
2	HINZUFÜGEN VON WISSEN DURCH WISSENSERZEUGUNG MITTELS LOGISCHER INFERENZEN

- 2.1 Inferenzen, die dem Aufbau einer Textbasis dienen
  - 2.1.1 Paraphrasierungen; z. B. zwischen Alltags- und Fachsprache
  - 2.1.2 Herstellen von Beziehungen zwischen unterschiedlich repräsentierter Information, z. B. zwischen Text, Formeln und Abbildungen
  - 2.1.3 "mathematisches Paraphrasieren", d. h. Formeln verbalisieren
  - 2.1.4 Beschreibung von Lösungswegen
- 2.2 Inferenzen, die dem Aufbau eines Situationsmodells dienen
  - 2.2.1 Schlussfolgerungen unter Verwendung der in der Beispielaufgabe gegebenen Informationen
  - 2.2.2 „mathematisches Schlussfolgern“, d. h. Herleiten von Formeln
  - 2.2.3 Berechnen gesuchter Größen, d. h. Zahlenrechnungen
  - 2.2.4 Diagnose eigener Fehler beim Elaborieren
- 2.3 Weiterführende Inferenzen
  - 2.3.1 Bemerkungen zum methodischen Vorgehen
  - 2.3.2 eigene Ideen zum Beispielinhalt
  - 2.3.3 Zweifel am Beispielinhalt
  - 2.3.4 inhaltliche Bewertung des Beispielinhaltes
- 3 ANTIZIPATORISCHE BEISPIELBEARBEITUNG
- 4 REDUKTION VON DETAILWISSEN DURCH STREICHUNG (SCHWERPUNKTEXTRAKTION)
  - 4.1 Zieldefinitionen
  - 4.2 Schwerpunktsetzungen
  - 4.3 Detailreduktionen
  - 4.4 Textzusammenfassungen.
  - 4.5 Textstrukturierung nach formalen Kriterien
- 5 REDUKTION VON WISSEN DURCH ERZEUGUNG NEUEN WISSENS ("ANALOGIEBASIERTES" LERNEN)
  - MONITORING
  - Verständnisstatements
  - Missverständnisstatements
  - Statements über Neues und Interessantes
  - Statements zum Umgang mit dem Text

Es zeigte sich, dass sich das unterschiedliche Vorwissen in unterschiedlichen Elaborationsprofilen manifestierte. Dabei ist Selbsterklären mit hohem Lernerfolg durch eine aktive Lernhaltung und den Einsatz umfangreichen Vorwissens gekennzeichnet. Faktorenanalytisch konnten sie zwei Selbsterklärungsprofile analysieren, die mit dem Vorwissen in Zusammenhang stehen. Faktor 1 korreliert dabei positiv mit dem Vorwissen und Faktor 2 negativ. Charakteristisch für den Faktor 1 – vorwissensbezogenes (expertenhaftes) Selbst-

erklären - ist der Rückgriff auf eigenes Vorwissen, das in den Beispielaufgaben nicht vorkommt (Kategorie 1.1.2) und eine auf tiefes Verständnis zielende, über die vorgegebene Information hinausgehende Beispielbearbeitung (Kategorie 2.2, 2.3). „Experten“ versuchen, die in den Beispielaufgaben gegebene Information Schritt für Schritt zu verstehen und in Beziehung zu ihrem Vorwissen zu setzen. Sie ziehen kontinuierlich Schlussfolgerungen und bleiben dabei nicht beim Wortlaut des Lernmaterials stehen, sondern versuchen ihn weiterzuführen. Sie formulieren eigene Annahmen, bewerten die gegebene Beispielinformation, analysieren das methodische Vorgehen und entwickeln neue Lösungsideen bzw. äußern Zweifel am Dargestellten. In der Regel kümmern sie sich wenig um die Herausarbeitung der globalen Struktur des Lernmaterials, um Zusammenfassungen oder Schwerpunktsetzungen innerhalb der gegebenen Information. Die Art des expertenhaften Herangehens an Beispielaufgaben zeigt sich insbesondere auch darin, dass zunächst versucht wird, die Beispielaufgaben eigenständig zu lösen, bevor die gegebene Lösung zu Hilfe genommen wird. Experten erreichten mit Hilfe ihrer Elaborationen entsprechenden Lernerfolg im eigenständigen Problemlösen.

Novizen (Lernende mit geringem Vorwissen) zeigen dagegen ein eingeschränkteres Selbsterklärungsverhalten (Faktor 2) – Selbsterklären bei Mangel an Vorwissen. Da ihnen einschlägige Kenntnisse fehlen, bleiben die Selbsterklärungen eng am vorgegebenen Beispielinhalt haften. Lernende, die novizenhaft elaborieren, versuchen durch häufiges Abrufen von Information aus den Beispielen (Kategorie 1.3), stetiges Paraphrasieren der präsentierten Lösungsschritte (Kategorie 2.1.1) sowie durch das Suchen von Beziehungen zwischen gegebener Information (Kat. 1.2) ihre Wissenslücken zu füllen, um so ein grundlegendes Verständnis der einzelnen Schritte der Problemlösung zu erlangen. Das auf diese Weise erlangte, noch relativ oberflächliche Verständnis der Beispielaufgaben reicht für die Anwendung beim Problemlösen in der Regel noch nicht aus.

Somit kann zusammenfassend gesagt werden, dass die Selbsterklärungsqualität einen Einfluss auf das Lernergebnis hat, wobei die Selbsterklärungsqualität wiederum vom Vorwissen abhängig ist (s. a. Sandmann, Hosenfeld, Mackensen & Lind, 2002).

Da der Begriff „Selbsterklärungsqualität“ für die vorliegende Arbeit von großer Bedeutung ist, soll er mit Hilfe der Ergebnisse von Lind und Sandmann (2003) noch kurz genauer beschrieben werden. Für die Qualität des Selbsterklärens ist demnach kennzeichnend:

- eine problemorientierte Lernhaltung. Gute Selbsterklärer versuchen die Lösung der Aufgabe zunächst eigenständig zu finden und benutzen die gegebene Lösung als feedback bzw. als Hilfe bei Schwierigkeiten. Renkl (1997) hat hierfür den Begriff „antizipatorische Beispielbearbeitung“ geprägt.
- die Fähigkeit, ein Situationsmodell (Kintsch 1988) der Lösung aufzubauen bzw. eine elaborierte Beispielrepräsentation (Reimann 1997). Diese Fähigkeit wird durch eine auf ein tiefes Verständnis zielende Elaboration des Lösungstextes erreicht, die dessen Inhalt zu dem eigenen Wissen in Beziehung setzt.
- eine über den gegebenen Text hinausgehende Elaboration, die diesen weiterführt, aspektiert und kritisch hinterfragt.

- die Verwendung der Fachsprache, anstatt Alltagssprachlicher Begriffe und die Abstraktion von konkreten, für die Problemlösung unwesentlichen Details, die in der Aufgabe oder Lösung geschildert sind. Der gute Selbsterklärer macht aus der konkreten Aufgabe einen fachlich definierten „Fall“.

All diese Charakteristika qualitätvollen Selbsterklärens sind stark vom Vorwissen abhängig. Das Vorwissen erscheint deshalb als die wichtigste Determinante des Selbsterklärens.

Wird diese Vorstellung mit der aus der Literatur verglichen, so ist sie mit der Auffassung des Selbsterklärens, die in der Gruppe um Chi entwickelt wurde (VanLehn et al. 1992, Chi et al. 1994, VanLehn & Jones 1993) vergleichbar. Selbsterklären erscheint danach als ein Prozess der Interaktion von Vorwissen und Lehrtext, der kontinuierlich, Schritt für Schritt und nicht nach einem vorgefassten Plan abläuft. Es geht um „derivation completion“ bzw. „gap filling“, wobei Wissenslücken geschlossen werden, indem das eigene Vorwissen in einem neuen Zusammenhang genutzt wird. Der Ansatz von Reimann (1997), der stärker planerische Momente und großstrukturbezogene Elaboration betont, erhält durch die Untersuchung von Kroß und Lind (2001) keine Unterstützung. Im Gegenteil: der Versuch übergreifender Textstrukturierung scheint eher ein Indiz für Schwierigkeiten beim kleinschrittigen Textverständnis zu sein. Der Ansatz von Neumann und Schwarz (1989, 2000), die die Rolle des Selbsterklärens beim Problemlösen im Aufdecken der zugrunde liegenden Struktur sehen, findet sich im Aufbau eines Situationsmodells wieder.

In der Literatur wird das sogenannte „oberflächliche“ Selbsterklären oftmals pauschal abgewertet. Als paradigmatisch dafür gilt das Paraphrasieren des Textes, also eine auf Verständnis der Textbasis gerichtete Aktivität. Diese Abwertung verkennt die Vorwissensabhängigkeit des Selbsterklärens. Dem Anfänger bleibt oft gar nichts anderes übrig, als sich auf ein Verständnis der Textbasis zu beschränken. Mit anderen Worten, Paraphrasieren ist noch das Beste, was er tun kann und was seinem Kenntnisniveau angemessen ist.

Im Vergleich zum Vorwissen scheinen die von Atkinson et al. (2000) genannten Determinanten des Selbsterklärens für erfahrene Selbsterklärer von eher geringerer Bedeutung zu sein. Atkinson et al. (2000) empfehlen eine unvollständige Darstellung zur Intensivierung des Selbsterklärens, und da sie das Selbsterklären als „gap filling“ betrachten. Aber bei erfolgreichem Selbsterklären geht es eben nicht darum, irgendwelche Lücken zu füllen, sondern speziell die Lücken im Wissen des Lerners (Lind & Sandmann, 2003). Somit ist die Berücksichtigung des Vorwissens bei der Entwicklung von Trainingsmaßnahmen für effektives Selbsterklären entscheidend.

### **3.3 Förderung des Selbsterklärens durch Training**

Geeignete Trainingsmaßnahmen können zur Optimierung des Selbsterklärungsverhaltens und in der Folge zu höherem Lernerfolg beim Lernen mit Beispielaufgaben und zum Expertiseerwerb führen. Grundsätzlich sind dabei zwei Schwerpunktsetzungen möglich: Trainingsmaßnahmen können darauf abzielen, die Anzahl der Selbsterklärungen, also die Selbsterklä-

rungsquantität bzw. -intensität zu erhöhen. Oder sie können der Optimierung der Qualität der Selbsterklärungen dienen, d.h. es werden Selbsterklärungen angeregt, die sich in den kognitiven Operationen (das sind die verschiedenen Kategorien von Selbsterklärungen) unterscheiden.

Im Folgenden werden bisher durchgeführte Studien zur Optimierung der Selbsterklärungsquantität (Kapitel 3.3.1) und im Anschluss daran zur Selbsterklärungsqualität (Kapitel 3.3.2), sowie Studien zum Einfluss des Selbsterklärungstrainings auf den Lernerfolg vorgestellt.

### **3.3.1 Training der Selbsterklärungsquantität**

Beim Lernen mit Texten zum Herz-Kreislaufsystem im Bereich der Medizin untersuchten Chi, DeLeeuw, Chiu und LaVancher (1994) die Wirksamkeit geprompteter Selbsterklärungen. Die Versuchspersonen wurden nach jedem gelesenen Satz aufgefordert zu erzählen, welche neuen Informationen dieser Satz enthält und wie diese Informationen zu dem bisherigen vermittelten Stoff passen. Die Kontrollgruppe las denselben Text zweimal, um die Lernzeit konstant zu halten. In einem vorab durchgeführten Test über allgemeine Fähigkeiten (wie z.B. Intelligenz und Vorwissen) unterschieden sich die beiden Gruppen nicht. Es zeigte sich, dass die Experimentalgruppe mehr deklaratives Wissen und bessere mentale Modelle bezüglich des Herz-Kreislaufmodells bildeten als die Kontrollgruppe. Dabei profitierten sowohl fähige und weniger fähige Versuchspersonen von der Prompting- Prozedur. Von ähnlichen Ergebnissen berichten Chi und VanLehn (1991) in einer Re-Analyse der Daten von Chi et al. (1989). Bielaczyc, Pirolli und Brown (1991, 1995) erhielten für ein Selbsterklärungstraining im Bereich des Programmierens in LISP beim Lernen aus einer Kombination von Texten und Beispielaufgaben ebenfalls positive Effekte einer solchen Prompting-Prozedur. Auch sie heben die Bedeutung des domänenspezifischen Vorwissens für die Produktion lernwirksamer Selbsterklärungen hervor (Bielaczyc, Pirolli & Brown, 1995). Ebenso konnten Schworm und Renkl (2002) die Effektivität einer solchen Prompting-Prozedur nachweisen. Ihre Versuchspersonen (80 Lehramtsstudenten) lernten mit gelösten Beispielproblemen, wie Lösungsbeispiele lernförderlich zu gestalten sind. Im Vergleich zu Versuchspersonen, die mit instruktionalen Erklärungen gelernt hatten, zeigten Versuchspersonen, die beim Lernen zum Selbsterklären aufgefordert wurden, bessere Lernergebnisse.

Eine Trainingsstudie zum Lernen mit Beispielaufgaben in der Domäne Schach führte Reimann (1997) durch, die aufgrund der sehr geringen Versuchspersonenzahl eher explorativen Charakter hat. Er ließ zwei Gruppen (n=4 bzw. n=3) mit Beispielaufgaben lernen, wobei nur die eine Gruppe ein Selbsterklärungstraining erhielt. Das Lernen dieser Gruppen verglich er mit einer dritten Gruppe (n=3), die nur mit Problemlöseaufgaben ohne Beispiele und ohne Selbsterklärungstraining lernten. Das Training basierte auf den Befunden von Chi et al. (1989). Die Gruppen unterschieden sich hinsichtlich ihres Wissens über Schach nicht. Die Ergebnisse zeigten, dass das Training das Selbsterklärungsverhalten positiv beeinflusste, wobei sich aber kein signifikanter Effekt bezüglich der Problemlöseleistung zeigte. Wird zudem der Lernaufwand bedacht, den das Training forderte, so war die Beispielbedingung ohne Elaborationstraining der reinen Beispielbedingung bezüglich der investierten Zeit überlegen. Die Versuchspersonen der reinen Beispielbedingung erwarben in relativ kurzer Zeit viel lösungsrelevantes Wissen. Nach Stark (1999) ist dieser unerwartete Effekt darauf

zurückzuführen, dass in der Studie von Reimann (1997) die Beispiele so gestaltet wurden, dass sie indirekt das Selbsterklären förderten.

Eine Studie mit größerer Zahl an Versuchspersonen (n=55) führten O'Reilly, Symons und MacLachy-Gaudet (1998) mit einem Text zum Herz-Kreislaufsystem durch. Eine Gruppe wurde hierbei aufgefordert, sich die neuen Fakten selbst zu erklären. Eine zweite Gruppe sollte erklären, „warum“ die Informationen Sinn machen und letztendlich sollte die Kontrollgruppe einfach nur die Fakten laut wiederholen. Beim Nachtest schnitt die Selbsterklärungsgruppe deutlich besser ab als die anderen beiden Gruppen, die sich wiederum nicht voneinander unterschieden. O'Reilly et al. wiesen auch darauf hin, dass die Versuchspersonen des Selbsterklärungstreatments wesentlich mehr Freude am Lernen hatten als die anderen beiden Gruppen.

Eine weitere Studie, die zeigt, wie leicht Selbsterklärungen hervorgerufen werden können, ist die von Alevan, Koedinger und Cross (1999) mit Problemlöseaufgaben im Bereich der Geometrie. Dabei lernte eine Gruppe von Studenten mit einem ITS (intelligent tutoring system), das sie aufforderte, jeden ihrer Lösungsschritte mit den zugrunde liegenden Prinzipien zu erklären. Hingegen wurde die Kontrollgruppe einfach aufgefordert, das Problem zu lösen. Die entsprechenden Erklärungen für die Experimentalgruppe sollten aus einem dafür vorgesehenen Menü ausgewählt werden, sie wurden also nicht von den Studenten eigenständig verbalisiert. Es zeigte sich, dass die Experimentalgruppe ein größeres Verständnis erlangte als die Kontrollgruppe und sie erreichte bessere Ergebnisse bei anschließenden Transferaufgaben. In der darauf aufbauenden Studie (Alevan & Koedinger, 2000) wurde die Experimentalgruppe aufgefordert, die Antworten in ihren eigenen Worten zu erklären. Die Antworten wurden jedoch nicht sofort analysiert und den Lernenden wurde kein Feedback gegeben. Es zeigte sich, dass nur einige wenige Versuchspersonen in der Lage waren, qualitativ gute Selbsterklärungen anzustellen. Außerdem ließen ca. 64% der Lernenden entweder Dialogfelder frei oder gaben irrelevante Kommentare ab. Das daraufhin weiterentwickelte Tutoring-System (Alevan, Popescu & Koedinger, 2001) ist in der Lage die Erklärungen der Studenten zu „verstehen“ und adäquates Feedback zu geben. Erste Ergebnisse einer Pilotstudie, die das weiterentwickelte Tutoring-System testete, deuten darauf hin, dass dieses System in der Lage ist, Lernenden ein Feedback bezüglich der Korrektheit ihrer geäußerten Selbsterklärungen zu liefern<sup>1</sup> (Alevan, Popescu, Koedinger, 2002).

Eine neuere Studie von Ainsworth und Th Loizou (2003) geht der Frage nach, ob Text oder Diagramme in Lernmaterialien zum menschlichen Blutkreislauf mehr Selbsterklärungen hervorrufen. Zehn Versuchspersonen pro Gruppe lernten entweder mit Texten oder Diagrammen, wobei sie zum Selbsterklären aufgefordert worden sind. Die Ergebnisse zeigen, dass die mit Diagrammen lernenden Versuchspersonen im anschließenden Nachtest besser abschnitten, mehr Selbsterklärungen generierten und von diesen mehr profitierten als die Versuchspersonen, die mit Texten lernten. Ihre Ergebnisse bestätigten die Vermutung von Cox (1999), dass Diagramme das Generieren von Selbsterklärungen fördern. Im Gegensatz dazu schließt Wilkin (1997) aus ihrer Studie, dass Diagramme Lernende eher dazu ermutigen, falsche Selbsterklärungen zu generieren. In ihrer Untersuchung aktivierten die Dia-

---

<sup>1</sup> Weitere Ergebnisse liegen jedoch diesbezüglich noch nicht vor.

gramme alltägliches, aber in diesem Zusammenhang falsches oder unpassendes Wissen. Wilkin ließ Versuchspersonen Zusammenhänge aus den zu bearbeitenden Beispielaufgaben zeichnen, wobei sich kein Selbsterklärungseffekt zeigte. Vermutlich waren die Versuchspersonen kognitiv überlastet und folglich nicht mehr in der Lage, lernwirksame Selbsterklärungen zu generieren.

Eine indirekte Methode, die Quantität des Selbsterklärens zu fördern, stellt das Lernen durch Erklären dar. Nach Webb (1989) fungieren Erklärungen für andere beim Lernen als Selbsterklärungen, da sie das eigene Verständnis fördern. Daher liegt es nahe, Lernende dazu anzuhalten, sophistische Selbsterklärungen bzw. Erklärungen für andere beim Lernen zu geben. Diese indirekte Förderung des Selbsterklärens durch „lernen durch erklären“ hat sich jedoch nach Renkl (1997) als nicht sonderlich effektiv herausgestellt. Die Selbsterklärungen wurden demnach entweder nicht substantiell gefördert oder es wirkte sich eine vermehrte Erklärungsaktivität nicht positiv auf den Lernerfolg aus. Gegenüber dem direkten Training von Selbsterklärungen ist diese Methode wenig wirksam (Renkl, 1999).

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der vorgestellten Studien, dass eine Erhöhung der Selbsterklärungsquantität durch einfache Prompting-Prozeduren sehr effektiv ist, diese leicht realisierbar sind und positiven Einfluss auf den Lernerfolg haben. Darüber hinaus reichende Trainingserfolge sollten sich durch die Beeinflussung der Qualität des Selbsterklärens erreichen lassen. Bisher durchgeführte Trainingsstudien und deren Ergebnisse bezüglich der Selbsterklärungsqualität werden im Folgenden dargestellt.

### **3.3.2 Training der Selbsterklärungsqualität**

In einem Modell nach Atkinson et al. (2000), das die zur Zeit am wichtigsten erscheinenden Einflussgrößen zum Lernen mit Beispielaufgaben zusammenfasst, erscheint die Qualität des Selbsterklärens als zentral und für den Lernerfolg ausschlaggebend.

Unter Qualität des Selbsterklärens wird Selbsterklären in unterschiedlichen Kategorien verstanden. Verschiedene Kategorien sind durch unterschiedliche kognitive Operationen (z. B. Schlussfolgern, Beziehungen suchen, Paraphrasieren) charakterisiert (Lind, Friege & Sandmann, 2003).

Der Begriff „Selbsterklärungsqualität“ ist durch vier Merkmale gekennzeichnet, die alle wiederum stark vorwissensabhängig sind. Eine hohe Selbsterklärungsqualität zeichnet sich dadurch aus, dass der Lernende eine problemorientierte Lernhaltung einnimmt, das heißt, er versucht zunächst die Lösung eigenständig zu finden und verwendet die vorgegebene Beispielaufgabenlösung nur als Feedback. Die Beispielaufgabe wird also zunächst antizipatorisch bearbeitet. Weiterhin zeichnet sich eine gute Selbsterklärungsqualität dadurch aus, dass der Lernende fähig ist ein Situationsmodell (Kintsch, 1988) aufzubauen, und dass der Lernende in seinen Elaborationen über den Text hinaus geht, ihn kritisch hinterfragt, und dass er inhaltsbezogene Reduktionsstrategien verwendet.

Nach Atkinson et al. (2000) wird die Selbsterklärungsqualität durch Einflussgrößen bestimmt, die sich in drei Komplexen zusammenfassen lassen:

- die Gestaltung der Beispielaufgaben,
- „situational factors“ zur Förderung des Selbsterklärens (z.B. Trainingsmaßnahmen oder eine selbsterklärungsevozierende Gestaltung der sozialen Situation) und
- den individuellen Selbsterklärungsstil.

Um die Selbsterklärungsqualität durch Trainingsstudien zu erhöhen erscheint es demnach sinnvoll, entweder bei der Gestaltung der Beispielaufgabe oder den „situational factors“ anzusetzen. Das Vorhandensein individueller Selbsterklärungsstile konnte in der Studie von Lind, Friege und Sandmann (2003) nicht nachgewiesen werden. Insgesamt zeigten sich während ihrer Untersuchung Selbsterklärungsstile nur äußerst selten, weshalb angenommen werden kann, dass sie keinen entscheidenden Einfluss auf den Lernprozess haben. Daher werden sie im Rahmen dieser Studie nicht weiter berücksichtigt.

Im Folgenden werden Trainingsstudien dargestellt, deren Ziel es war, eine Verbesserung der Selbsterklärungsqualität durch Maßnahmen, die einen der oben genannten Punkte zu zurechnen sind, zu erreichen und sich daher auch auf den Lernerfolg auswirken sollten.

Renkl et al. (1998) führte eine Untersuchung auf dem Gebiet des kaufmännischen Rechnens durch, bei der durch die Explikation von Subzielen und Formulieren der zugrunde liegenden Prinzipien die Selbsterklärungsqualität gefördert werden sollte. Er führte diese Studie mit 56 Versuchspersonen durch und konnte einen Effekt des Trainings auf die Leistungen der Lernenden beim nahen und weiten Transfer nachweisen. Der Effekt war jedoch nicht sehr deutlich. Interessanterweise zeigte sich, dass im wesentlichen Versuchspersonen mit niedrigem themenspezifischen Vorwissen von dem Treatment profitierten. Bei dieser Teilgruppe zeigen die Instruktionen demnach eine kompensatorische Wirkung. Einige Lernende elaborierten die Aufgaben jedoch trotz der instruktionalen Unterstützung eher passiv und oberflächlich (vgl. dazu auch Renkl, 1997) und einige Versuchspersonen zeigten Verständnisillusionen. Es zeigten sich somit zwar Effekte des Treatments, die jedoch noch nicht optimal waren. Nach Renkl (2002) sind die noch nicht optimalen Trainingseffekte auf insgesamt drei Hauptprobleme zurückzuführen: Zunächst wurden zum Teil falsche Selbsterklärungen angestellt, die keine Korrektur in irgend einer Form erfuhren. Zum anderen elaborierten einige Versuchspersonen wie bereits angedacht trotz Training passiv und oberflächlich und unterlagen Verständnisillusionen. Und zu guter Letzt zeigten einige Versuchspersonen Verständnisschwierigkeiten. Es sei hier der Vollständigkeit halber erwähnt, dass es in der Literatur bisher kontrovers diskutiert wurde, ob Selbsterklärungen überhaupt korrekt sein müssen, um den Lernerfolg positiv zu beeinflussen. Einige Autoren wie Chi (2000) oder Ryan (1996) sind der Ansicht, dass der Selbsterklärungsprozess an sich das Lernen fördert und nicht ausschließlich korrekte Selbsterklärungen. Sie gehen davon aus, dass den Lernenden später im Lernprozess die eigenen Fehler auffallen werden und sie sich dann selbst korrigieren. Nach Conati und VanLehn (2000) gilt dieses Argument jedoch nur für Lernende, die in der Lage sind, ihren Lernprozess selbst zu überwachen. Diese bilden ihrer Meinung nach aber die Minderheit. Daher stimmen sie mit Renkl et al. (1998) überein, dass den Lernenden geholfen werden sollte, korrekte Selbsterklärungen anzustellen. Da es aber nicht Ziel dieser Studie ist, ausschließlich korrekte Selbsterklärungen anzuregen, kann auf

eine ausführliche Diskussion dieser Fragestellung im Rahmen dieser Arbeit verzichtet werden.

Stark (1999) untersuchte in einer Studie, ob Lösungsbeispiele mit Lücken die Selbsterklärungsqualität erhöhen. Die Lücken sollten antizipatorische Elaborationsprozesse anregen, bei denen zwangsläufig Vorwissen aktiviert wird. Dieses hätte den Vorteil, dass das neue Wissen mit dem alten leichter verknüpft werden kann, wenn es bereits aktiviert ist. Die Hälfte seiner Versuchspersonen lernten mit Beispielaufgaben, deren Lösung Lücken enthielt, und die andere Hälfte lernte mit vollständigen Lösungsbeispielen. Nachdem die Experimentalgruppe ihre Lücken in der Lösung gefüllt hatte, wurde sie mit der vollständigen Lösung konfrontiert und konnte somit ihre Lösung überprüfen. Stark konnte zeigen, dass die unvollständigen Lösungsbeispiele einen positiven Effekt auf den nahen, mittleren und in der Tendenz auch auf den weiten Transfer ausüben. Anschließende Analysen der Protokolle des lauten Denkens zeigten, dass die Selbsterklärungsqualität durch die Lücken gefördert wurde. Allerdings zeigten sich auch hier wieder die Probleme unkorrekter Selbsterklärungen und Verständnisschwierigkeiten.

Mit Hilfe einer computergestützten Lernumgebung beim Lernen mit Beispielaufgaben in der Physik versuchten Conati und VanLehn (1999, 2000a, 2000b) die Selbsterklärungsquantität- und Qualität bei Collegestudenten zu beeinflussen. Sie entwickelten den Selbsterklärungs-Coach, der sowohl den Lernenden Feedback bezüglich der angestellten Selbsterklärungen liefern soll als auch bestimmte Selbsterklärungen wie das Bewerten eines Lösungsschrittes und das "in Beziehung setzen" der verschiedenen Lösungsschritte beim Lernenden hervorrufen soll. Ihre Ergebnisse zeigten, dass das Lernen mit dem Selbsterklärungscoach das Lernen in einem frühen Stadium, d.h. wenn noch wenig themenspezifisches Vorwissen vorhanden ist, positiv beeinflusst. Lernende, die schon mehr themenspezifisches Vorwissen hatten, profitierten jedoch nicht mehr sonderlich von solchen instruktionalen Maßnahmen. Im schlimmsten Fall können sich solche Maßnahmen aufgrund von Unterforderung sogar demotivierend auf die Lernenden ausüben.

Einen weiteren Ansatz zur Förderung der Selbsterklärungsqualität verfolgten Wong, Lawson und Keeves (2002). In ihrer Untersuchung lernten 27 Schüler und Schülerinnen einer 9. Klasse mit Lernmaterialien aus dem Schulbuch ein Kapitel zur Geometrie. Die Lernmaterialien wurden lediglich dadurch aufbereitet, dass nach jeder Sinneinheit ein Seitenumbruch erfolgte. Beide Gruppen wurden in das kontinuierliche laute Denken eingeführt. Die Kontrollgruppe lernte danach mit dem Lernmaterial ohne weitere Instruktionen. Die Experimentalgruppe wurde in den Gebrauch von so genannten „Selbsterklärungsfragen“ eingeführt. In ihr Lernmaterial wurden Fragen wie: „Welche Teile dieser Seite sind neu für mich?“, „Gibt es etwas, was ich nicht verstehe?“ und „Wie können mir die neuen Informationen helfen, das Problem zu lösen?“ integriert. Es zeigte sich, dass die Experimentalgruppe im anschließenden Problemlösetest besser abschnitt und mehr dem Fragentypus entsprechende Selbsterklärungen generierte als die Kontrollgruppe.

Bezüglich des Trainings der Selbsterklärungsqualität fällt auf, dass bei vielen Studien positive Trainingseffekte nur bei Versuchspersonen mit relativ niedrigem Vorwissen im jeweiligen Gebiet nachgewiesen werden konnten. Das spricht dafür, dass durch die eingesetzten Trai-

ningsmaßnahmen scheinbar eher Lernende mit wenig Vorwissen profitierten. Dies ist gut nachvollziehbar, wenn man bedenkt, dass die Trainingsmaßnahmen bislang alle wenig inhaltspezifisch sondern eher allgemein gehalten wurden. Der überwiegende Teil fokussiert auf allgemeine Lernstrategien, die problemlos in jeder beliebigen Domäne, in jedem beliebigen Zusammenhang eingesetzt werden könnten (vgl. Renkl, 1998; Stark, 1999; Wong, Lawson & Keeves, 2002). Vor dem Hintergrund des "Bandbreite-Genauigkeits-Dilemmas" lässt sich somit durchaus erwarten, dass die Förderung allgemeiner Strategien eher das Lernen von Anfängern befördert. Lernende mit umfangreicherem Vorwissen sollten dagegen eher durch tiefenorientierte, stark am spezifischen Inhalt orientierte Strategien Vorteile erlangen können.

### **3.4 Zusammenfassung**

In den vorangegangenen Abschnitten wurde das Selbsterklären als diejenige Elaborationsform herausgestellt, die dem Lernen mit Beispielaufgaben angemessen ist. Es wurde ausführlich dargelegt, dass effektives Selbsterklären vom themenspezifischen Vorwissen der Lernenden abhängt, was sich in der Selbsterklärungsqualität und dem Lernerfolg letztendlich widerspiegelt.

Trainingsmaßnahmen zur Verbesserung der Selbsterklärungsquantität und -qualität zeigen sich zwar vielversprechend, aber noch nicht optimal.

Diesbezüglich legen sowohl die Ergebnisse von Sandmann und Lind (vgl. Kapitel 3.2.2) als auch die aus der Textverständnisforschung (vgl. Kapitel 3.2.1) im Gegensatz zu denen von Atkinson et al. (2000) nahe, ein Selbsterklärungstraining weniger auf die Veränderung persönlicher Selbsterklärungscharakteristika zu fokussieren. Vielmehr sollten Elaborationsaktivitäten inhaltlicher Art trainiert werden, die zu einer optimalen Interaktion zwischen Vorwissen und Textinformation führen. Dies scheint nicht nur für das Lernen aus Beispielaufgaben sondern auch für andere Problemlöseaktivitäten zu gelten (Taconis et al. 2001).

Was folgt aus der Untersuchung von Lind und Sandmann (2003) für das Training des Selbsterklärens?

- Ein Selbsterklärungstraining sollte im Zusammenhang mit dem Erwerb domänenspezifischen Wissens stehen.
- Es kommt nicht darauf an, bestimmte Techniken zu lehren. Vielmehr sollte den Lernenden vermittelt werden, welche Fragen an einen Fachtext gestellt werden müssen, um zu einem „tieferen“ Verständnis zu gelangen.

Folglich sollten Trainingsmaßnahmen zur Verbesserung der Selbsterklärungsqualität einerseits so gut wie möglich dem domänenspezifischen Vorwissen der Lernenden angepasst sein. Andererseits müssen die Trainingsmaßnahmen ausreichend inhaltspezifisch sein, um ein möglichst tiefes Verständnis zu induzieren.

Aus diesem Grunde wurden für die vorliegende Arbeit Impulse (in Form von kurzen Fragen, unvollständigen Sätzen o.ä.), die das Selbsterklären der Lernenden beim Bearbeiten der Beispielaufgabenlösung anregen sollen, so entwickelt, dass sie das Vorwissen der Lernenden (viel bzw. wenig Vorwissen) berücksichtigen und recht inhaltspezifisch sind. Konkret wird so vorgegangen, dass in die Lösung der Beispielaufgabe kurze Denkanstöße (Selbsterklärungsimpulse) wie z.B. Sätze, die vom Lernenden beendet werden sollen, oder kurze Fragen in Form von Denkblasen in den Lösungstext integriert werden, um bestimmte vorwissensabhängige Selbsterklärungen beim Lernenden anzuregen. Die konkrete Umsetzung der Trainingsmaßnahmen wird in Kapitel 5 thematisiert.

## 4. Forschungsfragen

In den vorangegangenen Kapiteln wurde der theoretische Hintergrund der vorliegenden Arbeit dargestellt, wobei detailliert die bisherigen Forschungsergebnisse zum Training sowohl quantitativer als auch qualitativer Selbsterklärungen vorgestellt und der Zusammenhang mit dem Expertisegrad bzw. dem Vorwissen in der entsprechenden Domäne diskutiert wurde. Im Mittelpunkt dieses Kapitels steht nun die Diskussion der Forschungsfragen, die in der empirischen Studie untersucht werden sollen.

### 4.1 Übergeordnete Ziele

Dieser Abschnitt gibt einen Überblick über die allgemeinen Ziele dieser Arbeit, bevor diese in den darauffolgenden Abschnitten in speziellen Hypothesen konkretisiert werden.

Das zentrale Ziel dieser Arbeit ist die empirische Überprüfung der dem Vorwissen angepassten Trainingsmaßnahmen zur Erhöhung der Selbsterklärungsqualität beim Lernen mit Beispielaufgaben. Die übergeordnete Fragestellung dazu ist, ob die dazu eigens entwickelten Impulse zum Selbsterklären, die das biologische Vorwissen beim Lernen mit biologischen Beispielaufgaben in der gymnasialen Jahrgangsstufe 9 berücksichtigen, die Selbsterklärungsqualität und folglich auch den Lernerfolg erhöhen können.

Im Zusammenhang mit dieser Fragestellung steht einerseits, dass das domänenspezifische Vorwissen einer Person einen ganz entscheidenden Einfluss auf die Wirksamkeit der Impulse haben sollte, was bisher in der Literatur noch nicht ausreichend berücksichtigt worden ist. Andererseits wurden in bisherigen Untersuchungen recht allgemeine Trainingsmaßnahmen überprüft, wohingegen in der vorliegenden Arbeit Trainingsmaßnahmen überprüft werden, die inhaltlich einen engen Bezug zu der entsprechenden Thematik aufweisen.

Der Expertiseforschung wird oft nachgesagt, dass ihre Ergebnisse auf der Expertise hochrangiger Experten innerhalb einer Domäne (z.B. Hochschulprofessoren) beruhen, so dass diese Ergebnisse kaum hilfreich sein können, um den Expertiseerwerb von "durchschnittlichen" Lernern zu unterstützen. Diese Kritik wird in dieser Arbeit aufgegriffen, indem Schülerinnen und Schüler des 9. Jahrganges hinsichtlich ihres Expertiseerwerbs untersucht werden. Genau genommen handelt es sich also bei den Testpersonen um Novizen mit unterschiedlichem Expertisestatus, die hinsichtlich ihrer Reaktion auf die Trainingsmaßnahmen miteinander verglichen werden (vgl. auch „poor-novice-good-novice-Ansatz von (z.B.) de Jong und Fergusson-Hessler, 1986). Während in der Expertiseforschung die Versuchspersonen in der Regel an der Universität das entsprechende Fach studieren, liegt in dieser Arbeit somit das Kompetenzniveau deutlich niedriger, nämlich in der Sekundarstufe I. Da eine Studie dieser Art zum Selbsterklären in dieser Altersstufe noch nicht durchgeführt wurde, war zunächst von Interesse, ob Schülerinnen und Schüler in diesem Alter bereits in Ansätzen vorwissensabhängig selbst erklären können.

Somit lautet die erste Hypothese:

H 1: Lernende der 9. Jahrgangsstufe sind bereits in der Lage, in einem gewissen Rahmen vorwissensangepasst selbst zu erklären.

Für einen Extremgruppenvergleich wurde die Untersuchung auf Versuchspersonen der 9. Klassenstufe beschränkt, die entweder ein für diese Altersstufe relativ hohes oder relativ niedriges biologisches Vorwissen besitzen.

## **4.2 Fragen im Zusammenhang mit dem domänenspezifischem Vorwissen**

Ein zentrales Anliegen dieser Arbeit ist es, das biologische Vorwissen der Versuchspersonen beim Lernen mit den Beispielaufgaben zu berücksichtigen. Die Ergebnisse der Untersuchung von Lind und Sandmann (2003), erlauben unter der Prämisse, dass das Vorwissen einen so starken Einfluss auf das Lernverhalten ausübt, die Annahme, dass das Vorwissen sich einerseits auf die Bearbeitungszeit der Beispielaufgaben auswirken wird und es andererseits auch den Lernerfolg erheblich beeinflusst. Es wird erwartet, dass die Experten unabhängig vom Treatment die Beispielaufgaben insgesamt länger bearbeiten, da sie auf mehr Vorwissen zurückgreifen können und folglich mehr Vernetzungen aufbauen können.

H 2: Lernende mit viel Vorwissen bearbeiten die Beispielaufgaben länger als Versuchspersonen mit wenig Vorwissen.

Bezüglich des Lernerfolgs wird erwartet, dass Experten einen höheren Lernerfolg aufweisen als die Novizen. Diesbezüglich ergibt sich die folgende Hypothese:

H 3: Lernende mit viel Vorwissen erlangen einen höheren Lernerfolg im Faktenwissen und im Problemlösen als Lernende mit wenig Vorwissen, unabhängig davon, welche Anregungen zum Selbsterklären sie erhalten. Es zeigt sich ein Expertiseeffekt.

## **4.3 Fragen zum Einfluss der Lernimpulse auf das Selbsterklären und auf den Lernerfolg**

Zum einen legt die von Kroß und Lind (2001) nachgewiesene Vorwissensabhängigkeit der lernwirksamen Selbsterklärungen nahe, dass zur Optimierung von Trainingsmaßnahmen bezüglich der Selbsterklärungsqualität das Vorwissen der Lernenden ausreichend berücksichtigt werden sollte. Zum anderen sollten effektive Trainingsmaßnahmen aufgrund der

Annahmen der Expertiseforschung domänenspezifisch sein, da davon ausgegangen wird, dass Expertentum nicht von einer Domäne auf eine andere übertragbar ist (z.B. Gruber & Mandl, 1996). Bisher waren jedoch Anleitungen zum Selbsterklären recht allgemein gehalten und wenig domänenspezifisch (z.B. Renkl et al., 1998b). Folglich müsste somit einerseits das Vorwissen der Lernenden stärker berücksichtigt werden und andererseits müssten die Anleitungen zum Selbsterklären wesentlich domänenspezifischer gestaltet werden, um die Effektivität eines Selbsterklärungstrainings zu optimieren.

Diesbezüglich ergeben sich die zentralen folgenden Forschungsfragen, die im Rahmen dieser Arbeit bearbeitet werden:

1. Inwieweit fördern Trainingsmaßnahmen, die die Vorwissensabhängigkeit des Selbsterklärens berücksichtigen, die Qualität des Selbsterklärens und somit folglich auch 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?

Die Wirksamkeit der Lernimpulse auf das Selbsterklären sollte sich einerseits in den Lernzeiten widerspiegeln und andererseits im Lernerfolg. Bezüglich der Lernzeiten wird erwartet, dass die Experimentalgruppen längere Selbsterklärungszeiten aufweisen als die „Kontrollgruppe“, die ohne Impulse gelernt hat, und es lässt sich folgende Hypothese aufstellen:

H 4: Lernende der Experimentalgruppe weisen längere Selbsterklärungszeiten auf als Personen, die mit Beispielaufgaben ohne Impulse gelernt haben.

Das vorwissensabhängige Treatment sollte sich ebenfalls auf die Lernzeiten auswirken. Werden die Lernenden entsprechend ihrem Vorwissen angeregt, sind sie vermutlich eher in der Lage, länger auf die Impulse hin selbst zu erklären als Versuchspersonen, die nicht ihrem Vorwissen gemäß angeregt werden, was sich in den Lernzeiten widerspiegeln sollte. Diesbezüglich können folgende Hypothesen formuliert werden:

H 5: Versuchspersonen, die entsprechend ihrem Vorwissen angeregt werden, äußern sich länger auf einen Impuls hin als Versuchspersonen, die nicht entsprechend ihrem Vorwissen angeregt werden.

H 6: Versuchspersonen, die nicht entsprechend ihrem Vorwissen angeregt werden, äußern längere spontane Selbsterklärungen, d.h. nicht auf einen Impuls hin, um die für sie nötigen Elaborationen noch anstellen zu können.

Bezüglich des Einflusses der Lernimpulse auf den Lernerfolg wird erwartet, dass Impulse, die eine expertenhafte Beispielelaboration anregen, bei Lernenden mit viel Vorwissen einerseits zu einem hohen Lernerfolg im Faktenwissen führen, da sie aufgrund ihres Vorwissens die neuen Inhalte stärker vernetzen können. Andererseits wird erwartet, dass die expertenhaften Impulse zu einem besseren konzeptionellen Verständnis der biologischen Inhalte und in der Folge zum Erfolg im Problemlösen führen. Bei Versuchspersonen mit geringem Vorwissen sollte dagegen die Anregungen zum novizenhaften Selbsterklärens angemessen sein, um ihnen in einem ersten Schritt das grundlegende Verständnis der gegebenen Information zu ermöglichen. Der Lernerfolg sollte dann eher im deskriptiven Bereich also im Faktenwissen liegen. Folglich lassen sich die folgenden Hypothesen formulieren:

H 7: Lernende mit viel Vorwissen, die entsprechend ihrem Vorwissen angeregt werden, erlangen einen hohen Lernerfolg im Faktenwissen und im Problemlösen.

H 8: Lernende mit wenig Vorwissen, die entsprechend ihrem Vorwissen angeregt werden, erlangen im Wesentlichen einen Lernerfolg im Faktenwissen.

Werden die Versuchspersonen nicht entsprechend ihrem Vorwissen zum Selbsterklären angeregt, so sind im Prinzip zwei Wirkungen der Lernimpulse denkbar: Entweder, die nicht dem Vorwissen angepassten Lernimpulse werden von den Lernenden in irgendeiner Form als nicht für sie passend wahrgenommen. Das könnte zur Folge haben, dass sie die Impulse mehr oder weniger ignorieren und so weiter lernen wie sie es gewohnt sind. Folglich würden sie die Impulse kompensieren. Oder, sie bemerken die Nichtangepasstheit der Impulse nicht und versuchen den Lernimpulsen entsprechend zu elaborieren, was zur Über- bzw. Unterforderung führen kann. Beide Wirkungsmöglichkeiten der Impulse sollten sich auf den Lernerfolg auswirken, was die folgenden beiden Hypothesen berücksichtigen:

H 9: Lernende mit viel Vorwissen, die nicht entsprechend ihrem Vorwissen angeregt werden, erlangen im Wesentlichen einen Lernerfolg im Faktenwissen aber nicht im Problemlösen.

H 10: Lernende mit wenig Vorwissen, die nicht entsprechend ihrem Vorwissen angeregt werden, erlangen von allen Experimentalgruppen den geringsten Lernerfolg sowohl im Faktenwissen als auch im Problemlösen.

Möglicherweise wirken sich die Impulse weniger auf die Selbsterklärungsqualität aus, sondern stärker auf die Selbsterklärungsintensität (Anzahl der Elaborationen) aus. Es ist zu erwarten, dass Versuchspersonen, die viel selbst erklären, auch einen größeren Lernerfolg aufweisen (Intensitätseffekt), da sie sich länger mit der Materie auseinandergesetzt haben. Somit lautet die Hypothese:

H 11: Lernende, die lange Lernzeiten aufweisen, zeigen einen höheren Lernerfolg als die Lernenden mit kürzeren Lernzeiten.

#### **4.4 Fragen zur Beliebtheit und Nützlichkeit der Lernimpulse**

Sollten die Lernimpulse von den Lernenden als eher lästig und nicht lernförderlich empfunden werden, so hätte das vermutlich negative Auswirkungen auf den Trainingserfolg. Somit stellt sich die Frage, ob die Lernenden in ihrem Lernprozess die Impulse als angenehm und nützlich empfunden haben. Da eine solche Einschätzung der Lernenden vermutlich auch davon abhängt welche Art von Lernimpulsen sie erhalten haben, lassen sich die folgenden beiden Hypothesen formulieren:

H 12: Lernende, die Lernimpulse erhalten, die ihrem Vorwissen angepasst sind, empfinden die Impulse als lernförderlich und nicht störend.

H 13: Lernende, die Lernimpulse erhalten, die ihrem Vorwissen nicht angepasst sind, empfinden die Lernimpulse als wenig lernwirksam und als eher störend.

#### **4.5 Fragen zum Einfluss von motivationalen Faktoren und Belief-Systemen auf den Trainingserfolg**

Sowohl in der Expertiseforschung allgemein als auch in den Trainingsstudien zum Selbsterklären im Speziellen wurde bisher wenig der Frage nachgegangen, ob bestimmte motivationale Faktoren und lernerbezogene Überzeugungen den Expertiseerwerb bzw. den Trainingseffekt beeinflussen. Nach Reimann (1997) wird das Lernen aus Beispielaufgaben durch Motivation beeinflusst. Da Gottfried (1985, 1990) nachweisen konnte, dass intrinsisch motivierte Lernende eher lernförderliche Verhaltensweisen zeigen als extrinsisch motivierte, ist zu erwarten, dass sich ein ähnlicher Effekt in dieser Untersuchung zeigt, indem der Trainingserfolg durch motivationale Faktoren beeinflusst wird. Es lassen sich folgende Hypothesen diesbezüglich formulieren:

H 14: Eine eher extrinsische Motivation hat einen negativen Einfluss auf das Selbsterklärungsverhalten und folglich auch auf den Lernerfolg.

Bezüglich der Belief-Systeme lässt sich Ähnliches erwarten, da ihr Einfluss auf den Lernerfolg ebenfalls nachgewiesen werden konnte (vgl. Kap. 1.3). Nach Songer und Linn (1991) sollten sich keine Unterschiede im Faktenwissen zeigen in Abhängigkeit davon, ob Lernende

eher statische oder dynamische Beliefs haben. Hingegen sollten Lernende mit dynamischen Beliefs im Problemlösen besser abschneiden als Lernende mit statischen Beliefs. Somit lassen sich die folgenden beiden Hypothesen formulieren:

H 15: Weder dynamische noch statische Beliefs haben einen Einfluss auf den Lernerfolg im Faktenwissen.

H 16: Dynamischen Beliefs beeinflussen der Lernerfolg im Problemlösen positiv.

## II. EMPIRISCHER TEIL

Im empirischen Teil der Arbeit, der die folgenden drei Kapitel umfasst, werden die Untersuchungen und Ergebnisse zur Förderung des Expertiseerwerbs durch Selbsterklärungsimpulse in biologischen Beispielaufgaben in der Sekundarstufe I vorgestellt. Im Kapitel 5 wird zunächst die Anlage der Untersuchung vorgestellt. Dabei wird sowohl das Studiendesign abgeleitet, die Versuchspersonenauswahl begründet und die Umsetzung des theoretischen Hintergrunds bezüglich der Beispielaufgaben und des Selbsterklärungstrainings dargestellt. Im Kapitel 6 werden die Durchführung und der Verlauf der Pilotstudie sowie der Hauptstudie vorgestellt. Die Ergebnisse des Selbsterklärungstrainings werden im Kapitel 7 und die Ergebnisse bezüglich des Motivations- und Beliefsfragebogen werden im Kapitel 8 vorgestellt und diskutiert. Dabei wurden alle statistischen Auswertungen mit dem Softwarepaket SPSS for Windows durchgeführt. Eine kurze Zusammenfassung und abschließende Diskussion aller Ergebnisse erfolgt im Kapitel 9.

### 5 ANLAGE DER UNTERSUCHUNG

#### 5.1 Variablen und Design

Die bisherigen Erkenntnisse zum Lernen mit Beispielaufgaben und zum Selbsterklären zeigen deutlich, dass das Vorwissen einen erheblichen Einfluss auf die Selbsterklärungsqualität und in Folge auch auf den Lernerfolg beim Lernen mit Beispielaufgaben ausübt. Somit stellt die eine unabhängige Variable das Vorwissen dar. Um einen möglichst deutlichen Einfluss dieser Variablen zu erhalten, soll ein Extremgruppenvergleich durchgeführt werden. Es werden also Versuchspersonen mit einem für die Altersstufe hohen biologischen Vorwissen und zum anderen Versuchspersonen mit einem relativ niedrigen biologischen Vorwissen am Selbsterklärungstraining teilnehmen (Experten vs. Novizen).

Da in Abhängigkeit vom Vorwissen bei den Lernenden unterschiedliche Selbsterklärungen zum Lernerfolg führen, werden die Anregungen zum Selbsterklären für diese Extremgruppen ebenfalls getrennt entwickelt. Es sollen also einerseits Selbsterklärungen für viel Vorwissen und andererseits für wenig Vorwissen beim Lernen mit Beispielaufgaben angeregt werden. Die Art der Selbsterklärungsimpulse (expertenhafte Stimulation vs. novizenhafte Stimulation) stellt somit eine zweite unabhängige Variable dar.

Eine Wirkung dieser Maßnahmen sollte sich sowohl in der Selbsterklärungsqualität als auch in der Folge im Lernerfolg (Faktenwissen und Problemlösen) zeigen.

Die Versuchsanlage folgt also einem 2x2 Design, bei dem die eine unabhängige Variable das Vorwissen (Experten vs. Novizen), die andere die Stimulation des Selbsterklärens

(expertenhafte Stimulation vs. novizenhafte Stimulation) ist. Als abhängige Variablen ergeben sich die Charakteristika des Selbsterklärens und der Lernerfolg (s. Abb. 5.1).

UV 1 \ UV 2	Stimulation expertenhafter Selbsterklärungen	Stimulation novizenhafter Selbsterklärungen
Experten	Gruppe 1  (12 Versuchspersonen)	Gruppe 3  (12 Versuchspersonen)
Novizen	Gruppe 2  (12 Versuchspersonen)	Gruppe 4  (11 Versuchspersonen)

AV 1: Charakteristika des Selbsterklärens  
 AV 2: Lernerfolg

Abb.5.1: Studiendesign (AV: Abhängige Variable; UV: Unabhängige Variable)

Um den wirklichen Expertisestatus einer Versuchsperson möglichst genau bestimmen zu können, wird aus dem Ergebnis im Vorwissenstest und der Art und Weise der Beispiellaboration in der Beispielaufgabe vor dem Training (ohne Selbsterklärungsimpulse) der Expertisegrad einer Versuchsperson bestimmt. Das bietet sich an, da durch die Selbsterklärungscharakteristika bei der Beispiellaboration mit hoher Wahrscheinlichkeit auf das Wissen eines Lernenden zurückzuschließen ist (Lind et al., zur Veröffentlichung eingereicht). Die Charakteristika des Selbsterklärens wurden durch Protokolle des lauten Denkens während der Bearbeitung der Beispielaufgaben erhoben (Kap.5.4.2). Der Lernerfolg wurde im Anschluss daran im Faktenwissen und Problemlösen gemessen (Kap. 5.4.3 und 5.4.4).

## 5.2 Versuchspersonenauswahl

An der Untersuchung nahmen insgesamt 56 Versuchspersonen (23 Schülerinnen und 33 Schüler) des 9. Jahrganges von 8 unterschiedlichen Gymnasien (7 in Schleswig-Holstein, 1 in Niedersachsen) auf freiwilliger Basis teil. Der 9. Jahrgang bietet sich an, da die Lernenden einerseits bereits über ein wenig Wissen im Fach Biologie verfügen, auf das sie beim Lernen mit den Beispielaufgaben zurückgreifen können. Andererseits ist ein Selbsterklärungstraining im 9. Jahrgang noch sinnvoll, da die Lernenden aufgrund ihrer noch relativ geringen Lernerfahrung ihr Lernverhalten optimieren können sollten. Zur Überprüfung der Wirksamkeit der vorwissensabhängigen Trainingsmaßnahmen ist eine Stichprobe mit differenzierten fachspezifischen Vorwissen notwendig (Extremgruppenvergleich). Die Versuchspersonen wurden durch einen Vorwissenstest zum biologischen Faktenwissen (Kap. 5.4.1) aus insgesamt 216

Schülerinnen und Schülern im Sinne eines Experten-Novizen-Vergleichs ausgewählt. Von den letztlich 56 Schülerinnen und Schülern hatten 24 ein hohes biologisches Vorwissen (16 Jungen und 8 Mädchen) und 22 ein niedriges (12 Jungen und 10 Mädchen). Von den 24 Experten erhielten 12 expertenhafte (Gruppe 1) und 12 novizenhafte Anregungen (Gruppe 3). Entsprechend erhielten von den 22 Novizen 12 expertenhafte (Gruppe 2) und 10 novizenhafte Anregungen (Gruppe 4). Die restlichen 5 Schülerinnen und 5 Schüler zeigten im Vorwissenstest ein mittleres Vorwissen und schieden somit für den Experten-Novizen-Vergleich aus. Da ihre Motivation an der Studie teilzunehmen so hoch war, wurden sie mit in die Datenerhebung aufgenommen. Sie dienten der Evaluation der Beispielaufgaben und lernten ausschließlich mit Beispielaufgaben ohne Impulse. Diese Lernenden sind nicht einer Kontrollgruppe vergleichbar und werden daher im weiteren Verlauf nur punktuell herangezogen, wenn eine Vergleichbarkeit der Daten gegeben ist.

Die Verteilung der Versuchspersonen auf die Experimentalgruppen ist zusammenfassend in Abb.5.1 (Kap. 5.1) dargestellt.

### **5.3 Gestaltung der Beispielaufgaben**

Die für diese Studie entwickelten Beispielaufgaben erfüllen zwei unterschiedliche Zwecke: zum einen sind sie das Lernmaterial, mit dessen Hilfe die Qualität des Selbsterklärens verbessert werden soll, zum anderen sind sie auch Mittel zum Zweck um herauszufinden, wie und ob die Versuchspersonen vor und nach dem Training ohne explizite Aufforderungen selbst erklären. Im Folgenden werden zunächst die Beispielaufgaben, die zum Training eingesetzt werden, thematisiert und im Anschluss daran, die Beispielaufgaben ohne Aufforderungen.

#### **5.3.1 Der Beispielaufgaben-Lehrgang**

Bei der Themenauswahl für die in dieser Studie verwendeten Beispielaufgaben war darauf zu achten, dass bereits ein gewisses Vorwissen zur Thematik bei den Versuchspersonen vorhanden war, auf das beim Lernen zurückgegriffen werden konnte. Außerdem sollte die Thematik möglichst "biologisch" sein und nicht zu stark Nachbarwissenschaften wie beispielsweise die Chemie miteinbeziehen. Schließlich musste das Thema auch mit dem Lehrplan konform gehen. Die Rahmenrichtlinien für das Land Schleswig-Holstein sehen für den 9. Jahrgang an Gymnasien die Themen: "Aspekte der Humangenetik", "Richtige Ernährung - eine Voraussetzung für die Gesundheit", "Biologische Nutzung der Sonnenenergie" und "Lebensräume und Lebensgemeinschaften, Wechselbeziehungen, Gefährdung und Schutz" vor (Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein, 1997). Auf die Versuchspersonen sollte die Thematik interessant und motivierend wirken. Bezüglich des Trainings sollte die Thematik so strukturiert sein, dass daraus Beispielaufgaben mit zunehmender Komplexität entwickelt werden konnten.

Für die Beispielaufgabensequenz wurden unter Berücksichtigung der oben genannten Kriterien Teilthemen aus dem Bereich der Ökologie ausgewählt. Da in der 8. Klasse bereits Para-

sitismus und auch unterschiedliche Tierklassen behandelt worden sind, sollten die ökologischen Zusammenhänge am Beispiel des Parasitismus und der Räuber-Beute-Beziehungen<sup>2</sup> behandelt werden. Aus diesen Themen wurde letztlich ein Lehrgang von 10 Beispielaufgaben entwickelt. Welche Inhalte im Detail vermittelt werden, ist in Tabelle (5.1) dargestellt.

Tab. 5.1: Inhalte des Beispielaufgabenlehrgangs in Überblick.

Beispielaufgabe	Ökologisches Konzept	Vermittlung am Beispiel von:
1	Nahrungskette, Nahrungsnetz	Fischbandwurm ( <i>Diphyllobothrium latum</i> )
2	Nahrungskette, Nahrungsnetz	Fischbandwurm ( <i>Diphyllobothrium latum</i> )
3	Beeinflussung der Wirtsfindung durch biotische Faktoren bei Innenparasiten	Saugwurm ( <i>Leucochloridium</i> sp.)
4	Beeinflussung der Wirtsfindung durch biotische Faktoren bei Innenparasiten	Saugwurm ( <i>Fasciola hepatica</i> )
5	Beeinflussung der Wirtsfindung durch abiotische Faktoren bei Innenparasiten	Saugwurm ( <i>Cryptocotyle lingua</i> )
6	Beeinflussung der Wirtsfindung durch biotische Faktoren bei Außenparasiten	Schildzecken ( <i>Ixodes</i> sp.)
7	Lotka-Volterra-Regel 1 und 2 <sup>3</sup>	Blattläuse und Florfliegenlarven ( <i>Aphis</i> sp. und <i>Chrysoperla carnea</i> )
8	Lotka-Volterra-Regel 3	Blattläuse und Florfliegenlarven ( <i>Aphis</i> sp. und <i>Chrysoperla carnea</i> )
9	Lotka-Volterra-Regel 1-3	Raubmilbe und Obstbaumspeinnmilbe ( <i>T. occidentalis</i> und <i>T. sexmaculatus</i> )
10	Lotka-Volterra-Regel 1-3	Raubmilbe, Obstbaumspeinnmilbe und Raubwanze ( <i>T. occidentalis</i> , <i>T. sexmaculatus</i> und <i>Orius</i> sp.)

Bei der konkreten Entwicklung der einzelnen Beispielaufgaben fanden die im Kap.2.2 genannten Aspekte zur sinnvollen Gestaltung von Beispielaufgaben Berücksichtigung. Beispielaufgaben sind wie bereits dargelegt Aufgaben, die aus einem einführenden Text, einer

<sup>2</sup> Anmerkung der Autorin: Die Diskussion über die Begriffe "Räuber" und "Beute" (Eschenhagen, Kattmann, Rodi (Hrsg.), 1991) sind bekannt. Alternativbegriffe wie z.B. "Beutegreifer" werden bewusst nicht verwendet, da die Begriffe "Räuber" und "Beute" Fachbegriffe sind, die in der Wissenschaft Biologie klar definiert und somit auch als wertneutral anzusehen sind. Einen Raubfisch als "Beutegreifer" zu bezeichnen ist meiner Meinung nach wenig sinnvoll, da der Begriff die Fehlvorstellung vermittelt, ein Fisch könnte etwas greifen.

<sup>3</sup> Es wurde an entsprechenden Stellen in den Beispielaufgaben darauf hingewiesen, dass die Lotka-Volterra-Regeln starken Modellcharakter besitzen und weitere biotische und abiotische

Aufgabenstellung und einer ausgearbeiteten Lösung bestehen. Bei der Entwicklung der Beispielaufgaben wurde Wert darauf gelegt, dass Graphiken im Text angemessen ausführlich erklärt wurden. Dadurch sollte die Aufmerksamkeit der Lernenden so fokussiert werden, dass möglichst viele Ressourcen dem Schemaerwerb zur Verfügung stehen (Ward & Sweller, 1990). Zudem wurden die Beispielaufgaben mit lösungsrelevanten Informationen angereichert, was sich nach Reder, Charney und Morgan (1986) günstig auf den Lernerfolg auswirkt. Da es zur Vermittlung eines bestimmten Schemas (z.B. das Zusammenspiel der verschiedenen Organismen innerhalb eines Nahrungsnetzes) mindestens zweier Beispiele bedarf, um eine Schemainduktion wahrscheinlich zu machen (Gick & Holyoak, 1987, Paas & Van Merriënboër, 1994).

Um die Schülerinnen und Schüler auf die Inhalte im Beispielaufgabenlehrgang einzustellen, erhielten die Versuchspersonen, bevor sie mit dem Lehrgang starteten, einen Einführungstext zum Ökosystem See4 (siehe Anhang A 0). Anhand einer kleinen Beispielaufgabe wurde das laute Denken noch einmal geübt. Dieser Einführungstext inklusive der Beispielaufgabe sollte die Versuchspersonen ein wenig vertrauter mit der für sie noch ungewohnten Situation machen.

Im Folgenden wird die Konzeption der Beispielaufgaben detailliert erklärt. Die Beispielaufgaben im Original befinden sich im Anhang (AI).

#### Zu den Beispielaufgabe 1 und 2:

Da der Fischbandwurm den meisten Versuchspersonen aus dem Biologieunterricht bekannt sein sollte, wurde er als Ausgangspunkt für die ersten beiden Beispielaufgaben ausgewählt. Zudem kann erwartet werden, dass dieses Thema die Versuchspersonen auch auf emotionaler Ebene anspricht und somit das Interesse für die vermittelten Inhalte erhöht, da der Mensch einen potentiellen Endwirt darstellt.

Der Fischbandwurm gehört zu den Cestoden, genauer gesagt zu den Eucestoden, den Darmparasiten im engeren Sinn. Sie sind endoparasitische Plathelminthen ohne Darm. Die Nahrungsaufnahme erfolgt durch das Tegument hindurch. Der Körper der Bandwürmer besteht aus einem Kopfstück (Scolex) mit Haftenrichtungen, einem Halsteil mit der Strobilationszone und einer Gliederkette (Strobila). Diese besteht bei *D. latum* aus bis zu 3000 Proglottiden. Jedes Proglottid enthält einen kompletten Satz zwittriger Geschlechtsorgane, wohingegen Nervensystem, Längsmuskulatur und Exkretionsgefäßsystem durchgehende Organeinheiten mit wesentlichen Strukturen im Scolex bilden. Die Entwicklung von *D. latum* verläuft über drei Zwischenwirte. Zunächst müssen die Eier ins Wasser gelangen. Nach einer temperaturabhängigen Entwicklungszeit von 10 Tagen bis zu einigen Wochen werden aus den Eiern bei ausreichender Beleuchtung die Coracidien entlassen. Ihre Überlebens-

---

Faktoren wie z.B. andere Nahrungsbeziehungen oder Parasiten nicht mit in die Betrachtung des Bi-Systems einbeziehen (vgl. Eschenhagen, Kattmann, Rodi (Hrsg.), 1991).

<sup>4</sup> Verwendete Literatur: Miram, W.; Scharf, K.-H. (Hrsg.), 1997; Beck J. u.a., 1997; Klett (Hrsg.), 1997.

dauer im freien Wasser ist temperaturabhängig (bei 12°C 7-9 Tage, bei 22°C maximal 2 Tage). Planktonfressende Copepoden stellen den ersten Zwischenwirt dar, in ihnen wird nur die Embryophore verdaut, so dass die Sechshakenlarve in die Leibeshöhle der Copepoden eindringen kann. Dort wird sie zum Procercoïd und tritt in eine Wartephase ein. Der Procercoïd entwickelt sich erst in einem Friedfisch weiter, wobei er sich in der Muskulatur zum Plerocercoid entwickelt und dann erneut in eine Wartephase eintritt. In der Regel findet bei *D. latum* ein weiterer Wirtswechsel in einen Raubfisch statt. Der Plerocercoid setzt sich dort erneut in der Muskulatur fest. Erst im Verdauungstrakt eines Endwirtes, eines geeigneten Warmblüters, setzt er sich im Dünndarm fest und entwickelt sich innerhalb von drei Wochen zum erwachsenen Fischbandwurm.

Die Morphologie und Entwicklung des Fischbandwurmes wurde für die Versuchspersonen altersgemäß reduziert. Dabei wurde auf die Fachbegriffe für die unterschiedlichen Larvenstadien und Organe verzichtet. Um einen Bezug zum Menschen herzustellen, wurden kurz die Auswirkungen bei einem Fischbandwurmbefall auf den Menschen thematisiert (Verdauungsbeschwerden, Vitaminmangelercheinungen sowie Müdigkeit und Bewegungsstörungen).

Die Versuchspersonen sollten durch diese beiden Beispielaufgaben den Fischbandwurm als einen Vertreter der Endoparasiten mit seinen Wirten kennen lernen sowie deren Einbindung in das Nahrungsnetz See begreifen. Den Schülerinnen und Schülern wurde der Entwicklungszyklus dieses Cestoden mit den Zwischenwirten Copepoden, Friedfisch, Raubfisch und dem Endwirt anhand einer Graphik (Entwicklungszyklus) vermittelt. Für die Versuchspersonen liegt eine Schwierigkeit darin, die Abbildung mit dem Entwicklungszyklus des Fischbandwurmes nachzuvollziehen. Um das Nachvollziehen dieser Graphik zu unterstützen, wurde sie ausführlich und kleinschrittig im Text besprochen. Nachdem der Entwicklungszyklus erarbeitet worden ist, scheint es zunächst ein gangbarer Weg zu sein, die Ruderfußkrebse zu bekämpfen, um den Fischbandwurm dauerhaft zu dezimieren, da dann sein Entwicklungszyklus durchbrochen wäre. Im nächsten Schritt sollen die Lernenden diesen Entwicklungszyklus als Teil einer Nahrungskette begreifen, die wiederum Teil eines Nahrungsnetzes ist. Sie sollten sich erarbeiten, dass die Bekämpfung des Ruderfußkrebss erhebliche Konsequenzen für die anderen Organismen im Nahrungsnetz See bedeuten würde.

In der zweiten Beispielaufgabe wird der Entwicklungszyklus des Fischbandwurmes in einer anderen inhaltlichen Einbettung wiederholt und somit das bisher Gelernte zum Nahrungsnetz See angewendet und gefestigt. In diesen Beispielaufgaben wird somit ausgehend von der bekannten Nahrungskette das Nahrungsnetz "See" erarbeitet bzw. verdeutlicht wie sich Eingriffe in das Nahrungsnetz auswirken können.

Diese beiden Aufgaben eignen sich hinsichtlich der Impulsgebung für Selbsterklärungen insbesondere für Impulse, die Graphik und Text miteinander in Beziehung setzen, und für das Paraphrasieren (Impulse bei wenig Vorwissen) sowie für Impulse, die noch nicht in der Aufgabe erwähntes Vorwissen aktivieren und eigenhändiges Schlussfolgern (wenn-dann Beziehungen) anregen (Impulse bei viel Vorwissen).<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Verwendete Literatur: Dönges, 1988; Görtz, 1988; Mehlhorn, 1995.

In den Beispielaufgaben 3 bis 6 werden die Strategien der Wirtsfindung bei Innen- und Außenparasiten unter dem Einfluss biotischer bzw. abiotischer Faktoren vorgestellt.

#### Zu den Beispielaufgaben 3 und 4:

In den Beispielaufgaben 3 und 4 geht es weiterhin um Endoparasiten. Dabei steht dieses Mal im Mittelpunkt, wie diese Innenparasiten ihre biotische Umwelt (den jeweiligen Wirt) beeinflussen, um in einen geeigneten Endwirt zu gelangen (siehe auch Mackensen & Sandmann, 2002a).

Hierzu wurden die beiden Trematoden *Leucochloridium paradoxum* und *Dicrocoelium dendriticum* ausgewählt, da es für die Schüler und Schülerinnen faszinierend sein sollte, wie raffiniert sie ihren jeweiligen Wirt beeinflussen, um in den passenden Folgewirt zu gelangen. Außerdem sollten in diesen beiden Aufgaben weitere Endoparasiten vorgestellt werden, dieses Mal aus der Klasse der Trematoden, und der allgemeine Entwicklungszyklus der Trematoden vermittelt werden. Auch in diesen beiden Beispielaufgaben wurden auf die Fachbegriffe der jeweiligen Entwicklungsstadien verzichtet. Wie auch in den ersten Beispielaufgaben sollte der Umgang mit den graphischen Darstellungen zu den Lebenszyklen der jeweiligen Parasiten geübt werden.

Beide Innenparasiten gehören zur Unterklasse der Digenea der Klasse Trematoden. Trematoden zeichnen sich dadurch aus, dass sie ein Tegument und einen afterlosen Darm besitzen und keine Metamerie zeigen. Bis auf die sekundär wieder getrenntgeschlechtlich gewordenen Schistosomatidae sind alle geschlechtsreifen digenetischen Trematoden Zwitter. Am Vorderende besitzen sie einen Bauchsaugnapf, der mit einem dicht dahinter gelegenen Pharynx nach Art einer Saug-Druck-Pumpe zusammen arbeitet. Ein zweites muskuläres Haftorgan stellt der Bauchsaugnapf dar. Der Entwicklungszyklus läuft über 1-2 Zwischenwirte ab, wobei der erste Zwischenwirt in fast allen Fällen ein Mollusk ist und der Endwirt ein Wirbeltier. Bei den beiden Digeneaarten, die hier behandelt werden, wird die Eikapsel, in der sich bereits ein fertig entwickeltes Miracidium befindet, vom Zwischenwirt oral aufgenommen. Das Miracidium, eine bewimperte, kurzlebige Larve, schlüpft dann im Darmtrakt des Zwischenwirts. Im Zwischenwirt verwandelt sich das Miracidium in ein trophisches Stadium, der sogenannten Muttersporocyste, die eine Vielzahl von Keimballen bildet. Diese Keimballen werden entweder zu Redien (Redienentwicklungsgang) oder zu einer zweiten Generation von Sporocysten (Sporocystenentwicklungsgang). Beide Entwicklungen sorgen für eine Durchparasitierung des Zwischenwirts. Sie entwickeln sich weiter zu Cercarien (geschwänzte Larven) und dann im Endwirt zur adulten Form.

Einige Trematoden wie auch *Leucochloridium paradoxum* (Beispielaufgabe 3) haben ihren Lebenszyklus verkürzt: Ihre Cercarien wandeln sich in der Sporocyste in eine Metacercarie um. Die großen keulenförmigen Sporocysten wachsen im Zwischenwirt in die durchscheinenden Fühler der Bernsteinschnecke hinein, wo sie pulsierende Bewegungen ausführen. Sie sorgen auch dafür, dass die Bernsteinschnecke ihr Verhalten insofern ändert, dass sie sich nicht mehr unter Blätter versteckt, sondern sich gut sichtbar auf Zweigenden aufhält. Für gewisse Singvögel haben diese pulsierenden, bunt geringelten Fühler eine starke Ähnlichkeit mit Insektenlarven, so dass sie die Schneckenfühler samt Metacercarien abpflücken und

fressen. Auf diese Weise gelangen die Parasiten in ihren Endwirt, den Singvogel, wo ihre adulte Form in der Kloake lebt.

Anhand dieses Parasiten sollten sich die Versuchspersonen erarbeiten, welche verschiedenen Wirte dieser Endoparasit im Speziellen und Trematoden im Allgemeinen für ihre vollständige Entwicklung benötigen. Bei dieser Gelegenheit wurde auch wiederholt, welche Tiergruppen zum Tierstamm der Mollusken gehören (Anreicherung lösungsrelevanter Informationen nach Reder, Charney und Morgan (1986)). Zur Veranschaulichung des Entwicklungszyklus enthält die Beispielaufgabenlösung wieder eine Graphik. Nach den ersten beiden Beispielaufgaben sollte es für die Lernenden kein Problem darstellen, anhand der Graphik diesen weniger komplexen Entwicklungszyklus nachzuvollziehen. Trotzdem wird der Zyklus erneut Schritt für Schritt im Text erläutert. Um die eigentliche Frage "Wie gelangt der Parasit von der Schnecke in seinen Endwirt?" zu klären, wurden die Versuchspersonen schrittweise damit bekannt gemacht, dass der Parasit einerseits ein verändertes Aussehen der Schneckenfühler bewirkt, so dass diese einer Insektenlarve ähnlich sehen und dass der Parasit andererseits eine Veränderung des Schneckenverhaltens bewirkt. Versuchspersonen, die Vorwissen bezüglich der Ernährung von Singvögeln und dem Verhalten von Schnecken haben, sollte es relativ leicht fallen, durch die schrittweise Darbietung dieser Informationen die Lösung teilweise eigenständig zu erarbeiten. Deshalb boten sich hier Selbsterklärungsimpulse an, die das Schlussfolgern anregen (Impulse bei viel Vorwissen). Bei weniger Vorwissen boten sich hingegen Impulse an, die dazu anregten, die neuen Informationen zu wiederholen (Paraphrasieren und Rückgriff auf bereits genanntes Vorwissen) sowie Impulse, die helfen, die Graphik zu erarbeiten (Impulse bei wenig Vorwissen).

Ein ganz ähnliches Lösungsschema liegt der Beispielaufgabe 4 zugrunde. Auch hier ging es wieder um einen Trematoden, so dass die diesbezüglichen allgemeinen Informationen wieder aufgegriffen werden konnten.

*Dicrocoelium dentriticum* (Beispielaufgabe 4) hat im Gegensatz zu *Leucochloridium paradoxum* zwei Zwischenwirte. Im ersten Zwischenwirt einer Landlungenschnecke verläuft die Entwicklung des Miracidiums über die Muttersporocyste zur Tochtersporocyste. Diese wandern in die Atemhöhle der Schnecke und lassen sich zu Hunderten vergesellschaften und mit Schneckenschleim umhüllen, der ballenweise ausgestoßen wird. Dieser wird vom zweiten Zwischenwirt, bestimmte Ameisenarten, gefressen. Im Sozialmagen der Ameise durchbohren die Cercarien die Magenwand und gelangen schließlich in den Hinterleib der Ameise, wo sie sich encystieren. Nach ca. 40 bis 60 Tagen haben die Metacercarien ihre Entwicklung abgeschlossen. Eine einzelne Metacercarie dringt jedoch im Gegensatz zu den anderen in das Unterschlundganglion ein und verursacht, dass die befallene Ameise in der Abendkühle nicht in den Bau zurückkehrt, sondern sich aufgrund eines Dauerkrampfes der Mandibelmuskulatur an den oberen Pflanzenteilen verbeißt. Auf diese Weise werden die Ameisen von Weidentieren wie dem Schaf aus Versehen mitgefressen, so dass die übrigen Metacercarien im Hinterleib der Ameise in den Endwirt gelangen. Dort wandelt sie sich in die adulte Form um und pflanzt sich fort.

Der Einfluss biotischer Faktoren wurde auch in dieser Beispielaufgabe an anderen als sonst üblichen Beispielen vermittelt. Zunächst erarbeiteten sich die Versuchspersonen wieder den Entwicklungszyklus des Trematoden, der etwas komplexer ist als der vorherige. Auch hier

stand die Frage im Mittelpunkt, wie der Endoparasit vom 2. Zwischenwirt (der Ameise) in den Endwirt (Schaf) gelangt. Um die Aufgaben zumindest im Ansatz eigenständig lösen zu können, war Vorwissen über die Ernährungsweise von Schafen und über das normale Verhalten von Ameisen nötig, das hier in einem völlig neuen Kontext angewendet werden musste. Analog zu der vorherigen Beispielaufgabe wurden auch hier die lösungsrelevanten Informationen nach und nach geliefert, so dass die Versuchspersonen immer wieder Gelegenheit hatten den nächsten Lösungsschritt eigenständig anzustellen und ihn danach auf seine Richtigkeit hin zu überprüfen. Damit bieten sich hier die gleichen Impulse wie in der Beispielaufgabe 3 an.<sup>6</sup>

#### Zur Beispielaufgabe 5:

Hier wurde der Einfluss abiotischer Faktoren auf die Wirtsfindung anhand der freischwimmenden Cercarien des digenetischen Trematoden *Cryptocotyle lingua* veranschaulicht. Deren Überlebensdauer im freien Wasser und somit auch die Wahrscheinlichkeit einen passenden Wirt zu finden hängt vom Salzgehalt des Wassers und dessen Temperatur ab. Die freischwimmende Cercarie dieses Trematoden ist im Brackwasser verbreitet und befällt als zweiten Zwischenwirt einen Fisch. Seine optimalen Bedingungen findet er im Brackwasser mit einer Salinität von 16 bis 20‰ und bei einer Temperatur von 0 bis 5°C. Unter diesen Bedingungen kann die Cercarie bis zu 10 Tagen im freien Wasser überleben. Weichen die Salinität und die Temperatur von den Optimumbedingungen ab, ist die Überlebenszeit entsprechend geringer. Befinden sich die Parasiten wieder im Mikrohabitat eines Wirtes, werden sie von Schwankungen des Salzgehaltes nicht beeinflusst.

Die Aufgabe der Lernenden bestand nun darin, anhand einer Graphik, in der die Überlebensdauer in Abhängigkeit vom Salzgehalt bei verschiedenen Wassertemperaturen darstellt ist, die optimalsten Überlebensbedingungen für die freischwimmende Cercarie herauszusuchen.

Der Umgang mit mehreren solcher Optimumkurven in einer Graphik dürfte für die meisten Versuchspersonen neu gewesen sein und stellte somit eine erhöhte Schwierigkeit für sie dar. Daher wurde die Interpretation einer solchen Graphik schrittweise in der Beispielaufgabenlösung aufgezeigt. In dieser Aufgabe sollte somit schwerpunktmäßig der Umgang mit Optimumkurven vermittelt werden. Außerdem soll gezeigt werden, dass es Endoparasiten mit freilebenden Stadien gibt und dass bei Endoparasiten mit einem freilebenden Stadium die Wirtsfindung von abiotischen Faktoren mitbestimmt werden kann. Bei dieser Aufgabe bieten sich insbesondere Impulse an, die Text und Graphik in Beziehung setzen (bei wenig Vorwissen) bzw. das eigenständige Schlussfolgern zum Erarbeiten der Graphik bei Versuchspersonen mit viel Vorwissen anregten.<sup>7</sup>

#### Zur Beispielaufgabe 6:

---

<sup>6</sup> Verwendete Literatur: Dönges, 1988; Grzimek, 1970

<sup>7</sup> Verwendete Literatur: Zander, 1998

In der Beispielaufgabe 6 sollte der typische wissenschaftliche Erkenntnisweg (Hypothesenbildung und -überprüfung) an der Frage: "Wie findet die Zecke ihre Wirte?" vermittelt werden. Es wurde dafür das Beispiel Zecke gewählt, da diese den meisten Schülern und Schülerinnen durch die eigenen Haustiere (Hunde und Katzen) bekannt sein sollte. Somit wird hier aufgrund von Alltagsbezug wahrscheinlich Interessiertheit geweckt.

Mit der Schildzecke wurde nun das erste Mal ein Ektoparasit vorgestellt und seine Problematik, einen passenden Wirt zu finden, thematisiert. Schildzecken gehören innerhalb der Arachnida zu den Acari. Ihr Körper gliedert sich in Kopf und Hinterteil. Der Hinterleib zeichnet sich durch eine hohe Dehnungsfähigkeit aus, was die Aufnahme großer Blutmengen ermöglicht. Der Lebenszyklus der Schildzecke gliedert sich in drei Stadien. Die ersten beiden Stadien benötigen eine ordentliche Blutmahlzeit, um sich zum nächsten Stadium weiterentwickeln zu können. Aus dem Ei schlüpft die sechsbeinige Larve, die sich nach ein bis vier Monaten in die achtbeinige Nymphe umwandelt. Diese wandelt sich ebenfalls erst nach einer Blutmahlzeit in einer Phase von 4 bis 8 Wochen in die adulte Zecke um. Alle heimischen Schildzecken gehören diesen dreiwirtigen Zecken an. Zur Wirtsfindung benutzen sie ein sehr ausgefeiltes Ortungssystem: Einen ausgeprägten Geruchssinn, ein feines Gespür für Erschütterungen und die Wahrnehmung minimalster Temperaturänderungen. Im Fernbereich (15-20m Entfernung) nehmen sie mit Hilfe des Hallerschen Organs geringste Unterschiede von CO<sub>2</sub>-Konzentrationen wahr, bedingt durch die ausgeatmete Luft des nahenden Wirtes. Außerdem erkennen sie auch dessen leicht flüchtige Duftstoffe der Haut wie die fettsäurehaltigen Fraktionen der Hautlipide. Einzeln wirken diese Stoffe nicht oder nur in sehr hohen Konzentrationen. Die Buttersäure spielt im Gegensatz zu den blutsaugenden Insekten bei der Wirtsfindung der Schildzecken keine Rolle. Im Nahbereich werden dann noch zusätzlich Tritterschütterungen und die ausgestrahlte Wärme der Säugetiere wahrgenommen.

Um die Ausgangsfrage nach der Wirtsfindung zu klären, sollten die Schüler und Schülerinnen sich nun Versuche überlegen, mit denen untersucht werden kann, ob die Zecke ihre Wirte aufgrund ihres Geruchs und / oder der Wärmeabstrahlung findet. Andere mögliche Sinne wurden im Einführungstext ausgeschlossen. Die Schwierigkeit lag für die Versuchspersonen darin, bei der Versuchsplanung alle außer den zu überprüfenden Faktor sauber auszuschließen. Deshalb wurde in der Lösung herausgearbeitet, dass ein Experiment in einem isolierten Gefäß durchgeführt werden sollte, in dem die Zecke auf einer Pflanzenattrappe sitzt. Dort kann die Zecke dann entweder dem reinen Duftstoffgemisch in geringen Mengen oder einem Stück Stoff/ Gegenstand mit einer Temperatur von ca. 37°C ausgesetzt werden. Im Lösungsgang erfuhren die Lernenden so, dass sich Zecken zwar auf den Duftreiz hin fallen lassen, aber nicht zubeißen sondern wieder auf die Pflanzenattrappe klettern. Auf den Wärmereiz lassen sie sich zwar nicht fallen, aber fallen sie zufällig doch einmal auf den erwärmten Stoff, dann beißen sie zu. Die Lernenden sollten daraus den Schluss ziehen, dass die Zecke zuerst auf den Duftstoff reagiert, sich fallen lässt und erst dann zu saugen beginnt, wenn sie auf etwas Warmen (ca.37°C) gelandet ist. Generell wurde im Lösungsgang darauf Wert gelegt, dass die jeweiligen Experimente oft genug wiederholt werden müssen, um Zufälle ausschließen zu können. Als lösungsrelevante Information wurde die Lösung damit angereichert, dass Zecken Gerüche wie auch kleinste Änderungen der Kohlenstoffdioxidkonzentration in der Umgebung mit dem Hallerschen Organ wahrnehmen, was

auch bei der Wirtsfindung eine Rolle spielt. Temperaturveränderungen werden hingegen mit Sinneshaaren auf den Beinen wahrgenommen. Außerdem wurde klargestellt, dass Zecken nicht auf den Geruch der Buttersäure reagieren, wie es sooft fälschlicherweise angenommen wird.

Da der typische wissenschaftliche Erkenntnisweg an sich nichts Neues für die Versuchspersonen darstellen sollte, wurde dieses Schema nur einmal, praktisch zur Auffrischung, durch eine Beispielaufgabe vermittelt.<sup>8</sup>

### **Zu den Beispielaufgaben 7 bis 10:**

Die Lotka-Volterra-Regeln werden in den letzten vier Beispielaufgaben behandelt. Obwohl sie laut Lehrplan kein Inhalt dieser Klassenstufe sind, sind sie für diesen Lehrgang gut geeignet das bisher Erlernte auf die Populationsökologie zu übertragen. Wenn auch für die Alterstufe entsprechend didaktisch reduziert, ermöglichen die Lotka-Volterra-Regeln eine steigende Komplexität innerhalb des Lehrganges. Außerdem bieten sie sich zum einen dazu an, das Arbeiten mit Modellen zu vertiefen und das Arbeiten mit graphischen Darstellungen zu üben. Die Inhalte dieser Aufgaben sollten für die Versuchspersonen von Interesse sein, da sie an Alltagserfahrungen im eigenen Garten bzw. an die Landwirtschaft anknüpfen.

### Zur Beispielaufgabe 7 und 8:

In diesen beiden Beispielaufgaben ging es um die gegenseitige Beeinflussung der Populationen von Blattläusen und Florfliegen bzw. Florfliegenlarven (*Aphis* sp. und *Chrysoperla carnea*). Florfliegenlarven ernähren sich von Blattläusen, weshalb sie zur biologischen Schädlingsbekämpfung eingesetzt werden können. Es wird nun also auf Räuber-Beute-Beziehungen eingegangen, deren Populationsentwicklungen anhand von Modellergebnissen exemplarisch verglichen werden. In Beispielaufgabe 8 wird zusätzlich die modellhafte Populationsentwicklung für den Fall betrachtet, dass ein Insektizid eingesetzt wird. Die Simulation zeigt, dass die Blattlauspopulation nach einiger Zeit auf zuvor nie erreichte Werte steigt, da ihre Fressfeinde, wie die Florfliegenlarve, ebenfalls Schaden genommen hat.

Neben den Lotka-Volterra-Regeln sollte durch diese Beispielaufgaben das bisherige Wissen über Nahrungsbeziehungen in einem neuen Zusammenhang angewendet werden. Dabei stellten die graphischen Darstellungen eine erneute Herausforderung für den Lernenden dar, da sie für diese Altersstufe doch bereits recht anspruchsvoll sind. Außerdem ist eine konstruktive Modellkritik (sowie in diesen beiden Beispielaufgaben als auch in den folgenden beiden Beispielaufgaben) wichtig und notwendig, da sich dieses Modell nur begrenzt auf die Wirklichkeit übertragen lässt. Es muss den Lernenden bewusst werden, dass auch andere abiotische und biotische Umweltfaktoren einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Entwicklung der Populationen ausüben. Zudem wurde am Beispiel der Blattläuse der Grundbauplan der Insekten wiederholt. Die Beispielaufgabenlösung ist so aufgebaut, dass die Lernenden Schritt für Schritt an die Interpretation der Graphik zu den Populationsent-

---

<sup>8</sup> Verwendete Literatur: Scharf, 1991; Mehlhorn, 1996, Wirtz, 2001.

wicklungen der Blattläuse und Florfliegenlarven herangeführt werden. Auf diese Weise hatten die Lernenden wieder die Möglichkeit, den folgenden Lösungsschritt eigenständig anzustellen und danach mit der Beispielaufgabenlösung zu vergleichen. Somit boten sich bei viel Vorwissen wieder Selbsterklärungsimpulse an, die das eigenständige Schlussfolgern und den Rückgriff auf Vorwissen (bezüglich der Insekten) anregen und bei wenig Vorwissen Impulse, die das Herstellen von Beziehungen zwischen Text und Graphik und das Paraphrasieren neuer Informationen bzw. den Rückgriff auf Wissen aus den Beispielaufgaben initiieren.<sup>9</sup>

### Zu den Beispielaufgaben 9 und 10:

In diesen Beispielaufgaben wird die Anwendung der Lotka-Volterra-Regeln auf ein anderes Räuber-Beute-System geübt (*T. occidentalis*, *T. sexmaculatus* und *Orius* sp.). In der Beispielaufgabe 9 werden die Lotka-Volterra-Regeln auf ein System mit zwei Milbenarten angewendet, von denen die eine Art eine Raubmilbe ist und die andere eine Obstbaumspinnmilbe, die Obstbäume schädigt. Ausgangsfrage dieser Aufgabe ist, warum erst nach dem Einsatz von Schädlingsbekämpfungsmitteln massive Schädigungen von Milben an Obstbäumen auftraten. Um dieser Frage nachzugehen, erhielten die Lernenden eine Abbildung, auf der exemplarisch die Populationsentwicklung zweier Milbenarten dargestellt ist. Die Schwierigkeit für die Versuchspersonen bestand nun darin, überhaupt zu erkennen, dass es sich um einen Räuber-Beute-Zusammenhang handelt und somit der natürliche Fressfeind durch das Insektizid gleich mit vernichtet worden ist. Im nächsten Schritt sollten die Lernenden dann überlegen, welche Milbenart die Beute- und welche die Räuberpopulation für diesen Fall darstellt.

In der letzten Beispielaufgabe wird sogar ein Gefüge mit drei Arten modellhaft betrachtet. Hierbei handelt es sich wieder um die Obstbaumspinnmilbe aus Beispielaufgabe 9, deren Population durch ihre beiden natürlichen Fressfeinde den Raubmilben und in diesem Fall noch zusätzlich den Raubwanzen in Schach gehalten wird. Die Lernenden sollten entscheiden, ob und wenn ja warum ein Obstbauer auf den Einsatz chemischer Bekämpfungsmittel verzichten sollte. Zunächst sollten die Populationsentwicklungen der drei Arten selbst skizziert werden, bevor eine Simulation veranschaulicht, wie sich eine viermalige Insektizidspritzung auf die Populationsentwicklung der drei betrachteten Arten auswirkt. Alternativen werden diskutiert.

Die beiden letzten Beispielaufgaben dienten somit der Festigung und der Anwendung des bisher Erlernten. Nebenbei wurden anhand der diskutierten Organismen der Grundbauplan der Insekten und der der Spinnentiere wiederholt. Erneut bot sich hier die gleiche Impulsgewinnung wie in den Beispielaufgaben 7 und 8 an.<sup>10</sup>

### **5.3.2 Integration der Lernimpulse**

Um lernwirksame Selbsterklärungen in Abhängigkeit vom Vorwissen zu trainieren, wurde der Beispielaufgaben-Lehrgang in zwei Versionen konzipiert. Diese unterschieden sich in der

---

<sup>9</sup> Verwendete Literatur: Diers, 1999

<sup>10</sup> Verwendete Literatur: Mehlhorn, 1996; Schroedel, 2000; IPN Einheitenbank Biologie, 1987

Gestaltung der Selbsterklärungsimpulse. Die präsentierten biologischen Inhalte der beiden Versionen sind hingegen identisch. Die eine Version der Beispielaufgaben enthält Impulse, die Selbsterklärungen anregen, die sich als lernwirksam bei Experten gezeigt haben (Kroß & Lind, 2001, Kap.3.2.2). Die zweite Version enthält Impulse, die Selbsterklärungen anregen, die sich bei Novizen als lernwirksam erwiesen haben. Dabei wurde auf Selbsterklärungen abgezielt, die nach den Ergebnissen der Studie von Sandmann und Lind (2003) typisch für expertenhaftes bzw. novizenhaftes Selbsterklären sind.

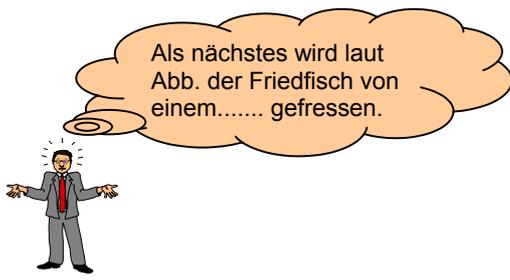
Zum Training expertenhafter Selbsterklärungen, wurden Impulse integriert, die antizipatorisches Vorgehen, Schlussfolgern und den Rückgriff auf das Vorwissen initiieren. Im Gegensatz dazu wurde das novizenhafte Selbsterklären durch Impulse initiiert, die das Paraphrasieren, den Rückgriff auf im Text vermittelte Information und die Beziehungssuche zwischen gegebener Information anregen.

Die Impulse wurden in die Lösung der Beispielaufgaben in Form von „Denkblasen“ integriert (ein Überblick über die verschiedenen Impulse findet sich in Tab.: 5.2).

Jedes Lernmaterial, enthält mehr oder weniger viele bzw. wirksame implizite Impulse zum Lernen. So beinhalten Beispielaufgaben per se eine gewisse Anzahl impliziter Aufforderungen zum Lernen, auch wenn sie nicht explizit unter diesem Blickwinkel gestaltet wurden. Welcher Teil eines Lernmaterials einen Lernimpuls bietet, ist unter anderem vom Vorwissen abhängig und von Person zu Person unterschiedlich. Um eine Vergleichbarkeit der Trainingsmaßnahmen sicher zustellen, wurde für diese Studie entschieden, explizite Lernimpulse in Form von kurzen Fragen und unvollendeten Sätzen zu verwenden.

Zudem hat es sich für das Selbsterklären als günstig erwiesen, möglichst wenig Text oder nur eine Abbildung auf einer Seite darzustellen. Dadurch wird der Lernende zusätzlich verleitet, über das gerade Dargestellte noch einmal nachzudenken und nicht einfach schnell und flüchtig weiterzulesen oder den Impuls gar zu überlesen. Das hat zur Folge, dass sich oft nur ein bis zwei Sätze Text oder eine Abbildung auf einer Seite befinden.

Tab.:5.2: An viel bzw. wenig Vorwissen angepasste Selbsterklärungsimpulse mit je einem Beispiel aus der Beispielaufgabe 1.

Impulse bei viel Vorwissen	Impulse bei wenig Vorwissen
<p>Antizipatorische Vorgehensweise</p> 	<p>Paraphrasieren</p> 
<p>Schlussfolgerungen</p> 	<p>Beziehungssuche zwischen Text und Graphik</p> 
<p>Abruf von Vorwissen, das bisher in keiner Beispielaufgabe genannt wurde.</p> 	<p>Abruf von Wissen, das bereits in der Beispielaufgabe genannt wurde.</p> 

In dem gesamten Lehrgang wurden in die entsprechenden Beispielaufgabenversionen 68 Impulse für viel Vorwissen und 69 für wenig Vorwissen in den Lösungstext integriert. Die Verteilung der Impulse ist in der folgenden Tabelle dargestellt (Tab. 5.3). Da eine sinnvolle Impulsgebung an Art und Inhalt der Beispielaufgabe angepasst wurde, ist keine gleichmäßige Verteilung aller Impulse auf alle Beispielaufgaben möglich. Es wurde darauf geachtet, dass vergleichbar viele Impulse in den beiden Versionen der 10 Aufgaben integriert sind, unter anderem auch um die Lernzeiten konstant zu halten.

Tab.: 5.3: Verteilung der vorwissensangepassten Selbsterklärungsimpulse im Beispielaufgabenlehrgang.

	Verteilung der Impulse bei viel Vorwissen			Verteilung der Impulse bei wenig Vorwissen		
Beispielaufgabe	Antizipatorisch	Schlussfolgern	Abruf von Vorwissen	Paraphrasieren	Beziehungssuche zwischen Text und Graphik	Wissensabruf aus dem Text
1	2	6	3	7	4	2
2	1	5	1	2	2	1
3	1	4	0	4	1	1
4	1	3	0	3	2	2
5	1	2	0	2	3	0
6	1	4	3	4	0	1
7	1	6	2	3	3	2
8	1	6	0	4	1	1
9	1	6	0	5	1	3
10	1	5	1	3	1	1
<b>Summe</b>	<b>11</b>	<b>47</b>	<b>10</b>	<b>37</b>	<b>18</b>	<b>14</b>
		<b>68</b>			<b>69</b>	

### 5.3.3 Die Beispielaufgaben ohne Impulse

Um Hinweise darüber erhalten zu können, wie die Versuchspersonen vor und nach dem Training ohne Impulse selbst erklären, wurden zwei Beispielaufgaben ohne Selbsterklärungsimpulse konzipiert. Damit gegebenenfalls ein Trainingseffekt bezüglich der Selbsterklä-

rungsqualität feststellbar ist, musste sich die Thematik dieser beiden Aufgaben deutlich von den Inhalten des Beispielaufgabenlehrganges abgrenzen, da während der Bearbeitung des Lehrganges ein Lernzuwachs bezüglich deren Thematik zu erwarten war. Die Selbsterklärungsqualität hängt nun aber, wie in Kap 3.2 ausführlicher erläutert wurde, gerade vom Vorwissen des Lernenden ab. Die Beurteilung des Training hinsichtlich der allgemeinen Selbsterklärungsqualität ist aber nur bei einer deutlich anderen Thematik möglich. Letztendlich wurden zwei Beispielaufgaben zu Infektionskrankheiten entwickelt. Die eine handelt von Ignaz Semmelweiß und der Klärung des Kindstodes und die andere handelt von Robert Koch und der Erforschung des Tuberkulose-Bakteriums. Beide Beispielaufgaben sind gleich lang und enthalten ähnliche Graphiken und Lösungsschritte und sind vom Vorwissensanspruch her etwa gleich.

Die Gestaltung der beiden Beispielaufgaben unterschied sich von denen im Lehrgang lediglich dadurch, dass keine Impulse vorhanden waren. Analog zu den Beispielaufgaben mit Impulsen waren aber auch in diesen Beispielaufgaben Seitenwechsel nach einzelnen gedanklichen Abschnitten eingefügt. Da davon ausgegangen werden kann, dass durch eine alleinige Unterbrechung des Textes in regelmäßigen Abständen die Verbalisierung eigener Gedanken angeregt wird, ist es wichtig, dieses auch in den Beispielaufgaben ohne Impulse so zu handhaben. Nur so ist es möglich einen Trainingseffekt auch wirklich auf die Impulse zurückführen zu können und nicht etwa auf die häufige Unterbrechung des Textes.<sup>11</sup> Die Beispielaufgaben ohne Impulse befinden sich im Anhang (A II).

## 5.4 Zeitlicher Ablauf der Studie

Die durch den Vorwissenstest zuvor ausgewählten Versuchspersonen lernten innerhalb einer Woche während fünf Lernsitzungen von je ca. 90 Minuten Dauer pro Tag an ihren jeweiligen Schulen in Einzelsitzungen mit den Beispielaufgaben. Am ersten Tag fand eine Einführung in das laute Denken (siehe Anhang A III) und in die Thematik des Beispielaufgabenlehrganges statt. Darüber hinaus wurde mit der ersten Beispielaufgabe ohne Impulse gelernt. An den darauf folgenden zwei Tagen wurden nach einer kurzen Aufwärmübung zum lauten Denken ohne inhaltlichen Bezug zum Lerngegenstand die Beispielaufgaben 1 bis 8 aus dem Lehrgang (mit Impulsen) bearbeitet. Am vierten Tag wurden die letzten beiden Beispielaufgaben aus dem Lehrgang sowie die letzte Aufgabe ohne Impulse bearbeitet sowie die Fragebögen zu den Beliefs und der externalen Motivationsregulation ausgefüllt. Am fünften und letzten Tag erfolgte der Lernerfolgstest im Faktenwissen und im Problemlösen. Der zeitliche Ablauf der Datenerhebung ist in Tabelle 5.4 im Überblick dargestellt.

---

<sup>11</sup> Verwendete Literatur und Quellen:

Pisa 2000, Beispielaufgaben für den Naturwissenschaftlichen Bereich.

[http://www.uni-wuerzburg.de/pathologie/Virchow/v2/v2\\_semml.htm](http://www.uni-wuerzburg.de/pathologie/Virchow/v2/v2_semml.htm)

<http://www.m-ww.de/persoenlichkeiten/koch.html>

<http://www.charite.de/start/rk.html>

Tab.5.4: Zeitlicher Ablauf der Trainingsstudie(der Vorwissenstest fand in der Regel ein bis zwei Wochen vor der Erhebung statt)

<b>Versuchstag</b>	<b>Bearbeitete Materialien</b>
Montag	Begrüßung und Organisatorisches Übungsaufgaben zum lauten Denken Einführungstext in die Thematik des Lehrganges Beispielaufgabe ohne Impulse
Dienstag	Aufwärmübung zum Lauten Denken Beispielaufgaben 1 bis 4
Mittwoch	Aufwärmübung zum lauten Denken Beispielaufgaben 5 bis 8
Donnerstag	Aufwärmübung zum lauten Denken Beispielaufgaben 9 und 10 Beispielaufgabe ohne Impulse Fragebogen zu den Beliefs und zur Motivationsregulation
Freitag	Lernerfolgstest Faktenwissen Lernerfolgstest analoges Problemlösen Abschlussbesprechung

Die Datenerhebung erstreckte sich auf das zweite Schulhalbjahr 2001/2002. Es wurde zudem mit den Lehrkräften abgesprochen, dass nach der Erhebung des Vorwissens bis nach dem Selbsterklärungstraining keine ökologischen Themen in den Klassen der Versuchspersonen unterrichtet wurden.

## 5.5 Messinstrumente

Zum einen wurden Daten erhoben, die Einblicke in individuelle Eigenschaften und Fähigkeiten der Versuchspersonen schaffen, die möglicherweise den Trainingserfolg beeinflussen. Dazu gehört das biologische Vorwissen, der Grad der Regulation der extrinsischen Motivation, fachbezogene Belief-Systeme und die Charakteristika des Selbsterklärens vor dem Training. Zum anderen wurde erhoben, wie sich das Faktenwissen, die Problemlösekompetenz, die Einschätzung der Beispielaufgaben durch die Versuchspersonen und die Charakteristika des Selbsterklärens durch das Lernen mit den Beispielaufgaben verändert.

Im Folgenden werden zunächst die Messinstrumente für die individuellen Lernvoraussetzungen und im Anschluss daran die Messinstrumente, die mögliche Veränderungen durch das Training erheben, vorgestellt.

### 5.5.1 Der Vorwissenstest

Der Vorwissenstest diente dazu, aus den Schülerinnen und Schülern der 9. Klassen verschiedener Gymnasien Extremgruppen hinsichtlich ihres Vorwissens in Biologie zu bilden (Experten mit umfangreichem biologischen Grundwissen vs. Novizen mit geringem biologischen Wissen). Zudem wird der Vorwissenstest benötigt, um den Expertisegrad einer Versuchsperson für die spätere Auswertung zu definieren.

Der Vorwissenstest bestand aus 30 Aufgaben, die in Bezug auf die Thematik ein möglichst breites Spektrum an Faktenwissen abdeckten und den Schwierigkeitsgrad zu unterrichtsrelevanten biologischen Inhalten abfragten. Grundlage hierfür waren die Rahmenrichtlinien des Landes Schleswig-Holstein für den Biologieunterricht an Gymnasien, Klassenstufen 5 bis 9.

Insgesamt wurden folgende Bereiche im Vorwissenstest berücksichtigt:

Tab.:5.5: Berücksichtigte biologische Themengebiete im Vorwissenstest

Thematik	Aufgabenanzahl
Allgemeine Biologie (Aufbau von Zellen, Viren)	3
Botanik (Artenkenntnis, Wasserhaushalt, Fotosynthese)	6
Zoologie (Systematik, Wirbeltierklassen, Anatomie, Sinnesorgane)	10
Ökologie (Nahrungsbeziehungen, abiotische, biotische Faktoren, Beziehungen im Nahrungsnetz)	5
Humanbiologie (Anatomie, Atmung, Ernährung, Hormone)	6

Das Antwortformat war in 17 Fällen geschlossen (Multiple-Choice) und in den restlichen Fällen halb offen (Zuordnungsaufgaben) bzw. ganz offen.

Im Kasten 5.1 wird zu jedem Themenbereich jeweils eine Aufgabe aus dem Vorwissenstest vorgestellt<sup>12</sup>. Der komplette Test befindet sich im Anhang (A IV).

<sup>12</sup> Verwendete Literatur und Quellen:

*Bauer, E.W.* (2000): Humanbiologie. Cornelsen Verlag, Berlin.

## 1. Allgemeine Biologie

Viren sind keine Zellen.

Welches der folgenden Bestandteile findet man in Viren?

Kreuze die richtige Antwort an.

a) Erbmateriale	<input type="checkbox"/>
b) Mitochondrien	<input type="checkbox"/>
c) Organellen	<input type="checkbox"/>
d) Chloroplasten	<input type="checkbox"/>

## 2. Botanik

Nenne fünf verschiedene Getreidesorten:

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

---

*Bils, W.* (1994): Übungsaufgaben zum Biologieunterricht in den Klassen 7 und 8. Quelle und Meyer Verlag, Wiesbaden.

*Bils, W.* (1996): Übungsaufgaben zum Biologieunterricht in den Klassen 9 und 10. Quelle und Meyer Verlag, Wiesbaden.

*Cornelsen (Hrsg.)* (1991): Biologie 2. Cornelsen Verlag, Berlin.

*Klett (Hrsg.)* (1995): Natura. Biologie für Gymnasien Oberstufe. Ernst Klett Verlag, Stuttgart.

### 3. Zoologie

Zähle die fünf **Wirbeltierklassen** auf und nenne je einen typischen Vertreter.

2 Wirbeltierklasse	3 Beispiel
1.	1.
2.	2.
3.	3.
4.	4.
5.	5.

### 4. Ökologie

Was ist **Symbiose**?

Es handelt sich um Symbiose, wenn.....

Kreuze die richtige Antwort an.

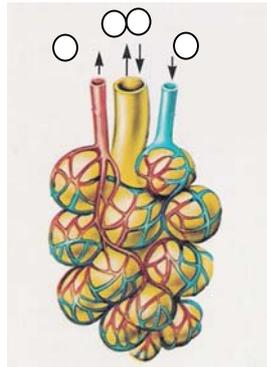
a) ein Lebewesen aus dem Zusammenleben Nutzen zieht während das andere dabei geschädigt wird, ohne dabei zu sterben.	
b) beide Lebewesen Nutzen aus dem Zusammenleben ziehen.	
c) ein Lebewesen Nutzen zieht, während das andere weder Nutzen noch Schaden davonträgt.	
d) ein Lebewesen sich von dem anderen ernährt, wobei das andere getötet wird.	

## 5. Humanbiologie

In der folgenden Abbildung sind mehrere **Lungenbläschen** dargestellt. Beschrifte die Abbildung richtig, indem du folgende Begriffe zuordnest.

- (1) sauerstoffreiches Blut
- (2) sauerstoffarmes Blut
- (3) sauerstoffreiche Luft
- (4) kohlenstoffdioxidreiche Luft

Schreibe die entsprechenden Zahlen in die Kreise.



Kasten 5.1: Aufgaben aus dem Vorwissenstest zu den fünf biologischen Themenbereichen (Abb. stammt aus „Das Biobuch“, Diesterweg-Verlag, S. 22).

Dieser Test war ausschließlich auf das Faktenwissen der Lernenden bezogen, da im Rahmen der Expertiseforschung davon ausgegangen wird, dass der Grad an Faktenwissen ein guter Prädiktor für die Problemlösekompetenz ist (Lind & Friege, 2003). Lernende, die über ein hohes Vorwissen in Biologie verfügen, sollten sich somit auch durch vergleichsweise hohe Problemlösekompetenz in biologischen Kontexten auszeichnen. Sie sollten sich somit eher der Expertengruppe zuordnen lassen. Demgegenüber lassen sich Lernende mit geringem biologischen Faktenwissen eher als Novizen in Biologie bezeichnen.

Insgesamt haben 216 Schülerinnen und Schüler den Vorwissenstest absolviert, freiwillig dazu bereitgeklärt an der Studie teilzunehmen haben sich davon letztendlich 57. Der Mittelwert der erreichten Punktzahl beträgt 42,6 Punkte (vgl. Abb. 5.2).

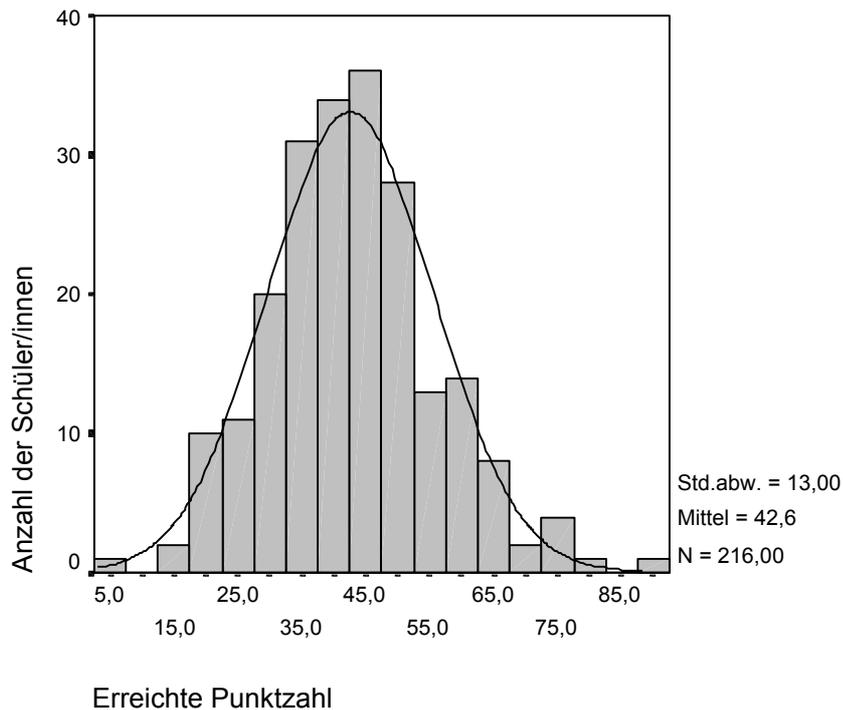


Abb. 5.2: Erreichte Punktzahl im Vorwissenstest der 216 Schülerinnen und Schülern.

Für einen Extremgruppenvergleich, wäre es nach Abbildung 5.2 sinnvoll gewesen, Versuchspersonen mit einem Testergebnis unter 30 Punkten der Gruppe der Novizen und Versuchspersonen mit einem Testergebnis über 60 Punkten den Experten zuzuordnen. Dadurch wären ungefähr die beiden äußeren Quartile abgedeckt worden.

Da die spätere Versuchsteilnahme auf freiwilliger Basis beruhte und es nicht gelang genügend Schüler und Schülerinnen mit einem Vortestergebnis unter 30 Punkten für die Studie zu gewinnen, wurde im Falle der Novizen die Punktgrenze bis zu 40 Punkten verschoben.

Abbildung 5.3 zeigt die Verteilung der später teilnehmenden Versuchspersonen im Vortest.

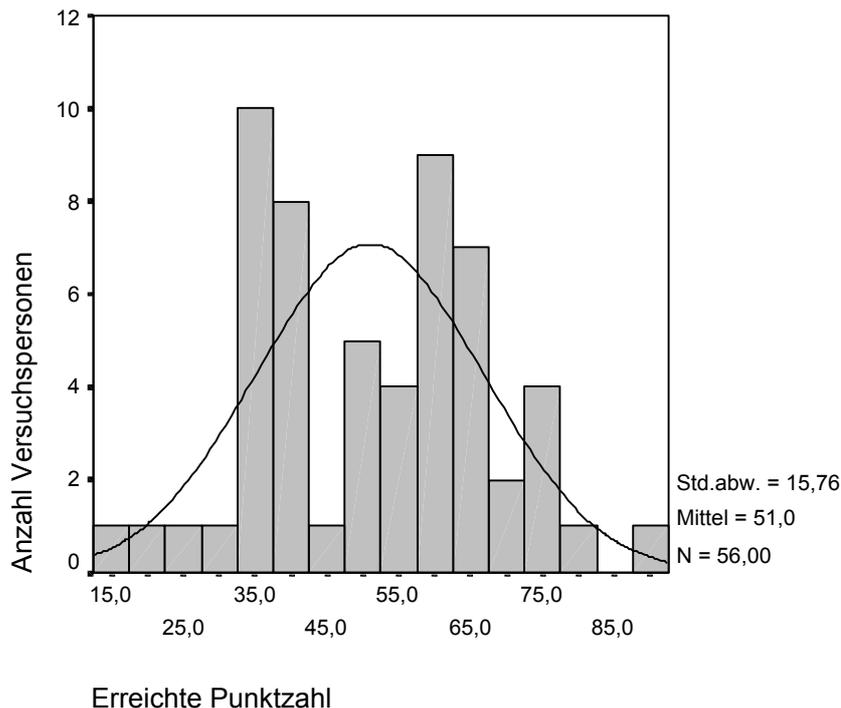


Abb. 5.3: Erreichte Punktzahl der Versuchspersonen im Vorwissenstest.

Der Abbildung lässt sich entnehmen, dass sich eine zweigipfelige Verteilung ergab. Die beiden Gipfel lassen sich im Punktebereich bis zu 40 Punkten den Novizen und im Punktebereich ab 60 Punkten den Experten zuordnen. Der Mittelwert liegt hier bei 50,5 Punkten mit einer Standardabweichung von 16 Punkten. Versuchspersonen mit einem Testergebnis zwischen 40 und 60 Punkten rund um den Mittelwert bilden die "Kontrollgruppe", die im Versuch Beispielaufgaben ohne Impulse erhielt, aber ansonsten unter den gleichen Bedingungen wie die Versuchspersonen der Experimentalgruppen lernten.

### 5.5.2 Protokolle des lauten Denkens

Zur Erfassung der Selbsterklärungen fand die Methode des kontinuierlichen lauten Denkens nach Ericsson & Simon (1993) Anwendung. Dieses kontinuierliche laute Denken ohne Fokussierung der Aufmerksamkeit auf bestimmte Aspekte ist als Standardverfahren der Expertiseforschung anzusehen und ist in seiner Methodik, einschließlich der Kodierung der Protokolle und der zu erwartenden Ergebnisse, gut bekannt. Ursprünglich überwiegend zur Untersuchung des Problemlösens verwendet, wird das laute Denken neuerdings auch mit Erfolg beim Lernen mit Lehrtexten (Ericsson 1988, Kintsch & Ericsson 1996) und bei den meisten Untersuchungen zum Selbsterklären eingesetzt. Ein solches Vorgehen stellt jedoch einige Ansprüche an die Lehrtexte. Das Verstehen gut geschriebener Lehrtexte über Alltagsbegebenheiten ist ein reibungslos ablaufender Prozess, der Ähnlichkeiten mit der Wahrnehmung hat (Kintsch, 1988). Sind die Texte zu leicht, bedürfen sie keiner Selbsterklärungen. Sind sie jedoch zu schwer, sind Selbsterklärungen unmöglich. Die Protokolle des lauten Denkens sind dann dürftig und wenig informativ. Es wird dann im Wesentlichen nur der Lehrtext laut vorgelesen. Erst wenn das Lesen des Lehrtextes als schwierig empfunden wird,

weil eine Lücke zwischen dem eigenen Wissen und der neuen Information besteht, die weder zu klein noch zu groß sein darf, werden die Protokolle des lautenden Denkens informativ. Das Textverständnis wird dann gewissermaßen zu einer Problemlöseleistung. Die biologischen Beispielaufgaben dieser Studie sollten in der Regel für die Versuchspersonen anspruchsvoll genug sein, so dass die Protokolle des lautenden Denkens Aufschluss über den Lernprozess geben können.

Als Vorlage für das hier verwendete Kategoriensystem diente das ausführliche Kategoriensystem von Kroß und Lind (2001, vgl. Kapitel XXX), das für diese Zwecke angepasst wurde. Einerseits konnte davon ausgegangen werden, dass Schülerinnen und Schüler der neunten Klasse einige Kategorien nicht so häufig verwenden würden, so dass einige Detailkategorien zusammengefasst werden konnten. Andererseits ruft die Art der Beispielaufgabe bestimmte Selbsterklärungen wie zum Beispiel das "mathematische Schlussfolgern" nicht hervor, so dass diese Kategorien gestrichen wurden. Andere Kategorien lassen sich wiederum nicht eindeutig dem novizenhaften bzw. expertenhaften Selbsterklären zuordnen. Außerdem waren für diese Untersuchung auch nur einige Kategorien von Interesse, weil nur einige Kategorien angeregt wurden. Einen Überblick über die in dieser Studie verwendeten Kategorien gibt die Tab. 5.6.

Tab 5.6: Überblick über das verwendete Kategoriensystem

<b>Kategorie</b>	<b>Beschreibung</b>
<b>1</b>	<b>Hinzufügen von Wissen durch Abruf zugehörigen Wissens</b>
1.1	Nennung von Wissenselementen, die nicht in der gerade bearbeiteten Beispielaufgabe behandelt werden
1.1.1	Nennung von Wissenselementen aus vorherigen Beispielaufgaben (neues Wissen)
1.1.2	Nennung von Wissenselementen, die im Lehrgang noch nicht genannt worden sind (eigenes Vorwissen)
1.2	Suche nach Beziehungen zwischen vorkommenden Begriffen (Die Versuchsperson weiß, dass eine Beziehung existiert, erinnert diese jedoch nicht auf Anhieb)
1.3	Nachschlagen und noch einmal lesen
<b>2</b>	<b>Hinzufügen von Wissens durch Wissenserzeugung mittels logischer Inferenzen</b>
2.1	Inferenzen, die dem Aufbau einer Textbasis dienen
2.1.1	Paraphrasieren
2.1.2	Herstellen von Beziehungen zwischen unterschiedlich repräsentierter Information (z.B. zwischen Text und Abbildung)
2.2	Inferenzen, die dem Aufbau eines Situationsmodells dienen
2.2.1	Schlussfolgerungen unter Verwendung der in der Beispielaufgabe gegebener Informationen
2.2.2	Diagnose eigener Fehler
2.3	Weiterführende Inferenzen
2.3.1	Eigene Ideen, Zweifel und inhaltliche Bewertung zum Beispielinhalt
<b>3</b>	<b>Antizipatorische Beispielbearbeitung</b>
<b>4</b>	<b>Reduktion von Detailwissen durch Streichung oder Schwerpunktsetzung</b> (z.B. Unterstreichen, Rausschreiben von Stichwörtern)
<b>5</b>	<b>Reduktion von Wissen durch Erzeugung neuen Wissens</b> (Analogiebasiertes Lernen)
<b>6</b>	<b>Wiederholungsstrategien</b>
<b>7</b>	<b>Monitoring</b>
7.1.	Verständnisäußerungen
7.2	Missverständnisäußerungen
<b>8</b>	<b>Emotionales</b>
8.1	Negative Gefühlsäußerungen (z.B. Ekel)
8.2	Neues und Interessantes
8.3	Positive Gefühlsäußerungen
<b>9</b>	<b>Sonstiges</b>
	Hierunter fallen Äußerungen, die den anderen Kategorien nicht zu zuordnen waren wie z.B. „oh, es klingelt gerade zur Pause“.

Während die Versuchspersonen die Beispielaufgaben bearbeiteten, sollten sie also permanent laut denken. Diese Äußerungen wurden mit einem Kassettenrekorder aufgenommen. Eine Auswahl wurde später transkribiert und mit Hilfe eines Kategoriensystems kodiert. Auf diese Weise konnte festgestellt werden, wie die Versuchspersonen ohne zusätzliche Impulse, also vor und nach dem Training selbst erklärten, was unter anderem dazu benötigt wurde, den Expertisegrad einer Versuchsperson genauer zu bestimmen. Zudem sollten die Protokolle des lauten Denkens zeigen, wie die Versuchspersonen mit den Impulsen in dem Beispielaufgabenlehrgang umgingen: Äußerten sie die gewünschte Selbsterklärung? Ignorierten sie die Impulse? Oder stellten sie womöglich eine ganz andere Art der Selbsterklärung an als die, die initiiert werden sollte? Zur Klärung dieser Fragen sollten die Protokolle des lauten Denkens beitragen.

### 5.5.3 Der Lernerfolgstest im Faktenwissen

Im Anschluss an das Selbsterklärungstraining wurde am 5. Tag ein Lernerfolgstest im Faktenwissen und Problemlösen geschrieben. Der Faktenwissenstest besteht aus insgesamt 20 Fragen mit unterschiedlichen Antwortformaten. 10 Items besitzen ein geschlossenes Antwortformat, 3 Fragen sind durch Zuordnungen zu lösen und die restlichen 7 Items besitzen offene Antwortformate. Pro Item konnten maximal 2 Punkte erreicht werden, wobei auch 1/4-Punkte vergeben wurden. Die Versuchspersonen hatten maximal 45 Minuten Zeit zur Beantwortung der Fragen. Die Fragen im Faktenwissenstest bezogen sich ausschließlich auf Wissen, das im Beispielaufgabenlehrgang thematisiert wurde. Ein Beispielimitem befindet sich im Kasten 5.2. Der vollständige Test befindet sich im Anhang (A V).

<b>Was ist Plankton?</b>	
Kreuze die richtige Antwort an.	
Plankton setzt sich zusammen aus .....	
a) pflanzlichen Organismen, die im Wasser treiben.	<input type="checkbox"/>
b) tierischen Organismen, die im Wasser treiben.	<input type="checkbox"/>
c) pflanzlichen und tierischen Organismen, die im Wasser treiben.	<input type="checkbox"/>
d) Algen, die im Wasser treiben.	<input type="checkbox"/>
d) aus leblosen Schwebstoffen, die im Wasser treiben.	<input type="checkbox"/>

Kasten 5.2: Beispielimitem aus dem Faktenwissenstest.

13 Items beziehen sich speziell auf Faktenwissen, das durch ein novizenhaften Impuls (Paraphrasieren, Beziehungssuche zwischen Text und Graphik oder Wissensabruf aus einer Beispielaufgabe) in den Vordergrund gestellt worden ist. Deshalb sollte überprüft werden, ob die Impulse sich direkt auf das neu erworbene Faktenwissen beziehen. Ein solches Item ist beispielhaft im Kasten 5.3 gegeben.

Nenne End- und Zwischenwirte des Kleinen Leberegels.

Endwirt: .....

Zwischenwirt(e): .....

Kasten 5.3: Beispielitem, dass sich auf einen novizenhaften Impuls bezieht.

#### 5.5.4 Der Lernerfolgstest im Problemlösen

Nach dem Faktenwissen schloss sich am 5. Tag der Datenerhebung der Problemlösetest an. Für diesen Test hatten die Versuchspersonen ebenfalls maximal 45 Minuten Zeit, sie benötigten aber in der Regel nicht länger als 35 Minuten. Der Problemlösetest besteht aus 5 Problemlöseaufgaben, die einen nahen bis mittleren Transferanspruch haben. Alle Aufgaben haben ein offenes Antwortformat.

Aufgabe 1 befasst sich mit der Reduzierung eines Zwischenwirtes des Medinawurmes aus dem Nahrungsnetz See und ist somit analog zur Beispielaufgabe 1 und 2 zu lösen. Die Coverstory unterscheidet sich von den Beispielaufgaben aus dem Lehrgang, das zugrundeliegende Lösungsschema ist aber gleich, womit es sich um einen nahen Transfer handelt (vgl. Stark, 1999).

Aufgabe 2 ist dem Konzept der wissenschaftlichen Vorgehensweise aus Beispielaufgabe 6 analog. Es sollte überlegt werden, wie überprüft werden kann, ob Schlupfwespen, die ihre Eier in Schmetterlingsraupen legen, ihre Raupen über den Duft des Raupenkots oder über den Duft der durch die Raupen angefressenen Pflanze finden. Auch hier ist das zugrundeliegende Konzept im Vergleich mit dem Lehrgang gleich geblieben und nur die Coverstory wurde variiert. Es handelt sich hierbei ebenfalls um einen nahen Transfer.

In Aufgabe 3 sollten die ersten beiden Lotka-Volterra-Regeln angewendet werden. Neu ist für die Versuchspersonen, dass dieses Mal zwei potentielle Räuber und eine Beute miteinander in Wechselwirkung treten. Die graphische Darstellungsform ist ebenfalls anders als in den entsprechenden Beispielaufgaben. Die Aufgabe hat somit mittleres Transferniveau.

Die Problemlöseaufgabe 4 befasste sich mit der Anwendung aller drei Lotka-Volterra-Regeln auf einem nahen Transfer-Niveau.

Bei der 5. und letzten Aufgabe sollten die Versuchspersonen überlegen, ob es sinnvoll sei, einen kürzlich in Mitteleuropa eingewanderten Schädling durch seinen natürlichen Feind, einen Saugwurm aus seiner Heimat, zu kontrollieren. Da diese Aufgabe die Anwendung aller in den Beispielaufgaben verwendeten Konzepte verlangt, was in den Beispielaufgaben so nicht vorgekommen ist, hat diese Aufgabe ein weites Transferniveau.

Als Beispiel für eine Problemlöseaufgabe wird im Kasten 5.4 die Aufgabe 2 vorgestellt.<sup>13</sup> Der komplette Problemlösetest befindet sich im Anhang (A VI).

<sup>13</sup> *Verwendete Literatur und Quellen:*

<http://www.bba.de/mitteil/presse/insektwoche/insektwoche.htm>

## Aufgabe 2

Eine besondere Art des Innenparasitismus zeigen Schlupfwespen. Die Weibchen einiger Arten legen jeweils zwischen 50 bis 1000 Eier in Schmetterlingsraupen ab. Die Raupe wird dadurch gelähmt und aus den Eiern in ihrem Körper schlüpfen die Wespenlarven. Die Larven fressen ihre Wirte von innen auf, während sie sich zum erwachsenen Insekt weiterentwickeln.



Da Raupen Meister der Tarnung sind und sich zudem noch unter den Pflanzenblättern vor Fressfeinden und Raubparasiten verstecken, war es lange Zeit ein Rätsel, wie Schlupfwespen ihre Wirte finden.

Nach einer Vielzahl von Experimenten gelangten Wissenschaftler zu dem Schluss, dass Schlupfwespen die Raupen höchstwahrscheinlich über zwei Duftstoffe finden.

Einerseits ist es wahrscheinlich, dass der Duft des Raupenkots die Wespe anlockt. Andererseits senden Pflanzen Duftstoffe aus, wenn eine Raupe an ihr frisst.

**Aufgabe:** Wie könnte man herausfinden, welche der folgenden Annahmen richtig ist?

Kasten 5.4: Aufgabe 2 aus dem Problemlösetest als Beispiel für eine verwendete Problemlöseaufgabe.

### 5.5.5 Motivationsfragebogen nach Deci und Ryan

Mit Hilfe des Fragebogens von Deci und Ryan sollte der Grad der extrinsischen Motivation der Versuchspersonen überprüft werden, um somit einen möglichen Einfluss auf den Lernprozess berücksichtigen zu können.

Der Fragebogen besteht aus insgesamt 34 Items, davon beziehen sich je 7 Items auf die externale, die identifizierte und die integrierte Regulation, 8 auf die introjizierte und es gibt 5 Test-Items. Das Antwortformat ist vierskalig, wobei die Antworten "trifft völlig zu", trifft eher zu", "trifft eher nicht zu" und trifft nicht zu" möglich sind.

Da nicht erwartet wird, dass aufgrund des Selbsterklärungstrainings in so kurzer Zeit eine Veränderung der externalen Regulation bei der Versuchspersonen eintritt, wurde dieser Fragebogen nur einmal am 4. Tag eingesetzt. Im Kasten 5.5 werden exemplarisch 5 Items vorgestellt. Der gesamte Fragebogen befindet sich im Anhang (A VII).

---

Diers, F. (1999): Pflanzenschutz simuliert mit Dynasys. UB 243/23.

Jaenicke, J. (1986): Materialien zum Kursunterricht Biologie Teil 3. Aulis Verlag Deubner & Co KG.

Warum mache ich meine Biologiehausaufgaben?		Trifft völlig zu	Trifft eher Zu	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
24.	Weil ich möchte, dass der Lehrer / die Lehrerin mich für einen guten Schüler / eine gute Schülerin hält.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25.	Weil ich sonst Probleme kriege, wenn ich nichts tue.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26.	Weil ich es nicht mag, wenn ich die jeweilige Thematik in der Biologie nicht verstehe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27.	Weil es mir Spaß macht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28.	Weil ich das Thema verstehen will.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kasten 5.5: Beispielitems aus dem Fragebogen zur externalen Regulation nach Deci und Ryan.

### 5.5.6 Fragebogen zu Belief-Systems

Der Fragebogen zu den lernerspezifischen Beliefs ist ebenfalls vierskalig und hat das selbe Antwortformat wie der Fragebogen zur extrinsischen Motivation und wird ebenso aus den gleichen Gründen wie der Motivationsfragebogen nur einmal eingesetzt (vgl. Kap.5.4.5).

Er bestand aus insgesamt 20 Items, die sich damit beschäftigen, worauf nach Meinung der Versuchspersonen eine Biologienote zurückzuführen ist, wie man am effektivsten Biologie lernen sollte und ob die Schulbiologie etwas mit dem Alltag zu tun hat und zielt auf die Einteilung in dynamische und statische Beliefs nach Songer und Linn (1991) ab.

Im Kasten 5.6 finden sich exemplarisch 4 Beispielitems, die auf die Biologienote abzielen. Der vollständige Fragebogen befindet sich im Anhang (A VII).

Wenn ich eine gute Note in Biologie bekomme, .....		Trifft völlig zu	Trifft eher zu	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
1.	... liegt das daran, dass ich das Prinzip des biologischen Stoffes verstanden habe und es anwenden kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	.... liegt es daran, dass mir Biologie leicht fällt. Ich muss dafür nicht viel arbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	.... liegt es daran, dass ich mich für Biologie interessiere.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	... habe ich zum Glück genau das auswendig gelernt, was gefragt wurde..	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kasten 5.6: Beispielimens aus dem Fragebogen bezüglich der Belief-Systems

Die Items sind eine Auswahl eines Fragebogen zu den Belief-Systems nach Kleinschmidt (unveröffentlicht) aus einer Untersuchung zum Lernen mit Beispielaufgaben in der Physik in der Klassenstufe 9. Es wurden die Items ausgewählt, die ohne Probleme auf die Biologie übertragen werden konnten und die vermutlich einen Einfluss auf das Lernen mit Beispielaufgaben in der Biologie haben (vgl. Kapitel 1.3.3).

### 5.5.7 Der Begleitfragebogen

Mit Hilfe des Begleitfragebogens sollte die Akzeptanz der Beispielaufgaben und der Selbsterklärungsimpulse, wie auch die Wahrnehmung der Versuchspersonen bezüglich des eigenen Lernfortschritts erhoben werden.

Der Begleitfragebogen bestand aus insgesamt 18 Items, von denen 5 Items die Akzeptanz der Impulse überprüften (z. B. "Die Fragemännchen regten zum Nachdenken an"), 4 Items hinterfragten, wie die Versuchspersonen das Arbeiten mit den Beispielaufgaben empfunden haben (z.B. "Ich konnte mein eigenes Lerntempo bestimmen"), 5 Items testeten, wie die Versuchspersonen ihren Lernfortschritte einschätzen (z.B. "Ich habe mir das Wichtigste gemerkt") und die restlichen Impulse hinterfragten die Nützlichkeit und die Interessantheit der Beispielaufgaben (z.B. „Das Gelernte hilft mir die Natur zu verstehen").

Wie auch bei den anderen Fragebögen war das Antwortformat vierskali, wobei die Antworten "trifft völlig zu", trifft eher zu", "trifft kaum zu" und trifft nicht zu" möglich waren. Die Zusammenfassung der Items nach inhaltlichen Aspekten wird in Tabelle 5.7 vorgestellt. Der Fragebogen befindet sich im Anhang (A VIII).

Tab.: 5.7 Zusammenfassung der 18 Items aus dem Begleitfragebogen nach inhaltlichen Aspekten.

<b>Item-Nr.</b>	<b>Itembeschreibung</b>
	<b>Einschätzung des eigenen Lernen:</b>
1	Ich bin mit meinem Lernen zufrieden.
2	Ich habe das Wichtigste verstanden.
3	Ich habe mir das Wichtigste gemerkt.
4	Ich glaube, dass ich das Gelernte in anderen Situationen anwenden
9	könnte. Ich hatte keine Verständnisprobleme.
	<b>Nützlichkeit und Interessantheit der Beispielaufgaben</b>
5	Das Gelernte hilft mir, die Natur zu verstehen.
6	Die Aufgaben waren für mich interessant.
7	Das Gelernte ist für mein Leben nützlich.
	<b>Nützlichkeit der Lösung</b>
10	Die Aufgaben waren zwar schwer, mit Hilfe der präsentierten Lösung
	konnte ich mir aber die Lösung erarbeiten.
11	Ich konnte bei Verständnisproblemen meistens selbstständig eine
	Lösung finden.
	<b>Gestaltung des eigenen Lernvorganges</b>
12	Ich konnte mein eigenes Lerntempo bestimmen.
13	Ich konnte mit dem Material so arbeiten, wie es mir gefällt.
	<b>Hilfe durch Impulse</b>
14	Die Fragemännchen regten zum Nachdenken an.
15	Die Fragemännchen halfen mir, das Wesentliche zu verstehen.
	<b>Störung durch Impulse</b>
16	Die Fragemännchen haben mich vom Wesentlichen abgelenkt.
17	Die Fragemännchen ließen keinen Raum für eigene Gedanken.
18	Die Fragemännchen haben meinen eigenen Gedankengang unter-
	brochen und gestört.
	<b>Nützlichkeit für die Biologienote</b>
8	Die Aufgaben helfen mir, in Biologie eine gute Note zu bekommen.

nsbesondere war bei diesem Fragebogen von Interesse, ob die Versuchspersonen, die entsprechend ihres Vorwissens angeregt worden waren, die Impulse als hilfreich empfunden haben. Außerdem sollte überprüft werden, ob die Versuchspersonen, die nicht entsprechend ihres Vorwissens zum Selbsterklären angeregt worden waren, dieses bemerkten und die Impulse als möglicherweise zu schwierig oder zu leicht empfanden.

## **6 Durchführung der Untersuchung**

Im folgenden Kapitel wird der Verlauf der Pilot - und der Hauptuntersuchung dargestellt. Im Kapitel 6.1 wird die Vorstudie (Kap. 6.1.1) vorgestellt, ihre Ergebnisse (Kap. 6.1.2) und welche Folgerungen sich daraus für die Hauptuntersuchung ergeben (Kap. 6.1.3). Im Kapitel 6.2. wird die Durchführung der Hauptuntersuchung beschrieben.

### **6.1 Vorstudie**

Die Vorstudie wurde durchgeführt, um den Beispielaufgabenlehrgang und die Impulse für das Selbsterklären in den Beispielaufgaben zu testen. Es war von Interesse zu erfahren, ob die entwickelten Beispielaufgaben vom Schwierigkeitsgrad, der Sprache, insbesondere auch der Fachsprache, sowie der Komplexität der Abbildungen für diese Altersstufe angemessen sind. Außerdem sollte die Vorstudie zeigen, ob die Inhalte der Beispielaufgaben wie erwartet für die Schülerinnen und Schüler von Interesse sind und als spannend und motivierend empfunden werden. Weiterhin war es wichtig zu erfahren, ob die zeitliche Planung, wie beispielsweise 90 Minuten am Stück mit Beispielaufgaben zu lernen, für die Versuchspersonen nicht eine Überforderung darstellt. Außerdem war bedeutsam für die weitere Planung zu sehen, wie die Versuchspersonen auf die Methode des lauten Denkens reagieren, ob diese Methode für diese Alterstufe geeignet ist.

#### **6.1.1 Durchführung der Vorstudie**

Mit vier Neuntklässlern eines Gymnasiums in Schleswig-Holstein fand im Sommer 2001 die Erprobung der Lehrmaterialien und der Methode des lauten Denkens statt. Es nahmen zwei Schülerinnen und zwei Schüler auf freiwilliger Basis teil, von denen laut Lehrkraft zwei sehr gut in Biologie seien (Schulhalbjahresnote 1-2) und die anderen beiden gut bis befriedigend (Schulhalbjahresnote 2-3). Alle vier waren hochmotiviert, an der Studie teilnehmen zu dürfen. Die Vorstudie erstreckte sich über fünf Tage, an denen die Versuchspersonen jeweils pro Tag 90 Minuten in Einzelsitzungen lernten. Es wurde sich nur zu Beginn kurz im Plenum getroffen, um mögliche organisatorische Fragen zu klären. Über die biologischen Inhalte wurde im Plenum nicht gesprochen. In der Einführungsveranstaltung wurden sie außerdem gebeten, während der gesamten Studie sich weder mit den anderen Versuchspersonen noch mit ihren Lehrkräften, Mitschülern und Eltern über die Inhalte der Beispielaufgaben zu unterhalten. Dadurch sollte versucht werden, einen Lernfortschritt, der nicht auf die Beispielaufgaben zurückzuführen ist, möglichst zu verhindern.

Am ersten Tag fand eine allgemeine Einführung sowohl in die biologische Thematik als auch in die Methode des lauten Denkens statt. Es wurden Übungen zum lauten Denken durchgeführt und ein Einführungstext zum Ökosystem See bearbeitet, der bereits zwei kleinere Beispielaufgaben enthielt. Diese Beispielaufgaben waren ohne Impulse, um erfassen zu können, ob und wie die Versuchspersonen vor dem Training selbst erklärten. Dieser Einfüh-

rungetext sollte bereits laut denkend erarbeitet werden, damit die Versuchspersonen sich an die für sie ungewohnte Situation und an die neue Lernmethode gewöhnen können.

Den Versuchspersonen wurde ansonsten freigestellt, wie sie sich den Text bzw. auch die folgenden Beispielaufgaben erarbeiteten. Sie durften sich Informationen herausschreiben, unterstreichen oder mit Textmarkern arbeiten.

Die Bearbeitungszeit wurde bewusst nicht begrenzt, damit sich die Versuchspersonen nicht zeitlich unter Druck gesetzt fühlten und infolgedessen womöglich weniger Selbsterklärungen anstellten.

Am zweiten Versuchstag bearbeiteten die Versuchspersonen die ersten beiden Beispielaufgaben aus dem Lehrgang, am dritten Tag die Aufgaben drei bis sechs, am vierten Tag die Aufgaben sieben bis zehn und am letzten Tag schloss sich nach den Lernerfolgstests noch eine letzte Beispielaufgabe ohne Impulse an. Sie sollte zeigen, ob sich die Qualität des Selbsterklärens durch das Training verändert hatte. Jede Sitzung begann für die Schülerinnen und Schüler mit einer kurzen Aufwärmübung zum lauten Denken, wie z. B. „Wie viele Ferientage hast du im ganzen Schuljahr?“. Während der Sitzungen konnten sich die Versuchspersonen ihre Pausen frei wählen, sie wurden nur noch einmal ausdrücklich darauf hingewiesen, sich auch in dieser Zeit nicht mit den anderen Versuchspersonen über die Beispielaufgaben zu unterhalten.

Ein Versuchsleiter bzw. eine Versuchsleiterin war während der gesamten Bearbeitungszeit im Raum anwesend, um gegebenenfalls die Versuchsperson wieder zum lauten Denken auffordern zu können. Die Versuchsleiter wurden außerdem angewiesen, nicht auf fachliche Fragen einzugehen. Am letzten Tag wurden Lernerfolgstests zum Faktenwissen und zum Problemlösen ebenfalls in Einzelsitzungen von den Versuchspersonen bearbeitet, währenddessen sie auch laut denken sollten.

Der zeitliche Ablauf ist im Überblick in Tabelle 6.1 dargestellt.

Tab.6.1: Zeitlicher Ablauf der Vorstudie im Überblick

<b>Versuchstag</b>	<b>BEARBEITETE MATERIALIEN</b>
1. Tag	Begrüßung im Plenum Einführung in das laute Denken mit zwei Übungsaufgaben Einführung in die Thematik mit zwei Beispielaufgaben ohne Impulse zum Ökosystem See
2. Tag	Aufwärmübung zum lauten Denken Bearbeitung der Beispielaufgaben 1 bis 2
3. Tag	Aufwärmübung zum lauten Denken Bearbeitung der Beispielaufgaben 4 bis 8
4. Tag	Aufwärmübung zum lauten Denken Bearbeitung der Beispielaufgaben 9 bis 10
5.Tag	Aufwärmübung zum lauten Denken Bearbeitung einer Beispielaufgabe ohne Impulse Lernerfolgstest zum Faktenwissen Lernerfolgstest zum Problemlösen Abschlussbesprechung im Plenum

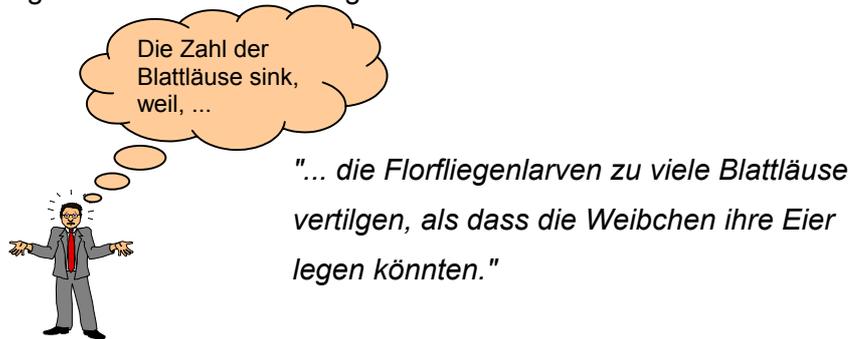
### **6.1.2 Ergebnisse der Vorstudie**

Die Beispielaufgaben wurden von den Versuchspersonen als interessant, informativ und im Niveau angemessen beurteilt. Alle waren mit ihrem Lernen zufrieden und waren der Ansicht, dass Beispielaufgaben ein geeignetes Lernmaterial darstellen. Zitat einer Versuchsperson zu dem Lernmaterial: " ... das finde ich richtig gut, ... das kann man sich nämlich echt gut merken so ... Wenn man das eine nicht versteht, liest man eben noch mal. ... Wenn man in einem Abschnitt etwas nicht verstanden hat, kann man den noch einmal locker leicht durchgehen und nicht [als] wenn man jetzt im Biobuch einen ganzen Abschnitt darüber hat. Da denkt man sich, oh, das versteh ich jetzt nicht, aber ich les mal weiter."

Mit der Methode des lauten Denkens gab es keine Probleme. Alle vier Versuchspersonen elaborierten kontinuierlich während der Bearbeitung der Beispielaufgaben, wobei sie eine große Breite an qualitativ unterschiedlichen Selbsterklärungen generierten (siehe dazu auch Mackensen & Kroß, 2001; Mackensen & Sandmann, 2002b).

Die Lernimpulse wurden als hilfreich und nicht als störend empfunden. Die Impulse wurden auch von allen Versuchspersonen beachtet und bearbeitet. Bezüglich der Qualität des Selbsterklärens riefen die unterschiedlichen Impulse unterschiedliche Elaborationen bei den Schülerinnen und Schülern hervor (siehe Kasten 6.1 und Kasten 6.2).

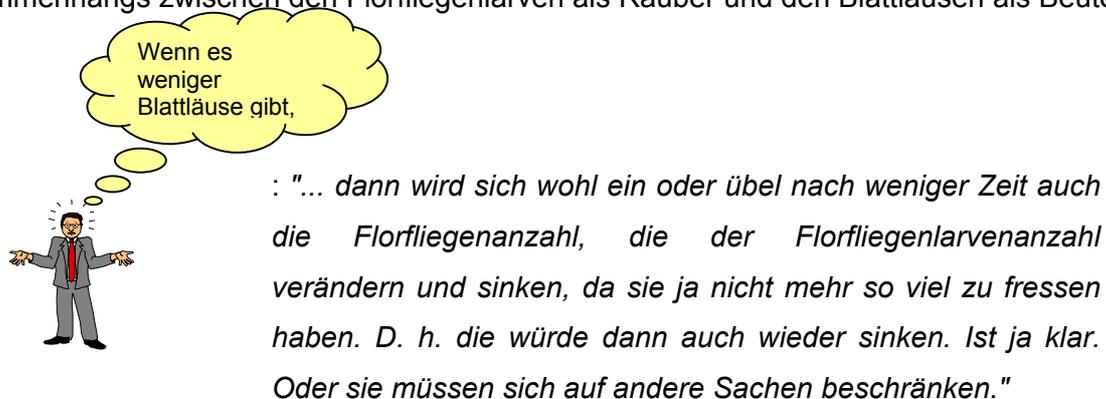
Äußerung einer Versuchsperson auf einen Impuls zum Paraphrasieren des zuvor dargestellten Zusammenhangs zwischen den Florfliegenlarven als Räuber und den Blattläusen als Beute:



Kasten 6.1 Äußerung einer Versuchsperson auf einen Impuls hin zum Paraphrasieren.

Das Beispiel im Kasten 6.1. zeigt, dass dieser Schüler wie beabsichtigt das kurz vorher im Text dargestellte paraphrasiert, es mit seinen eigenen Worten umschreibt. Er wiederholt es somit, ohne dabei eine eigene Schlussfolgerung selbstständig zu ziehen. Im Gegensatz dazu zielte ein Impuls zum expertenhaften Selbsterklären auf die Formulierung einer eigenen Schlussfolgerung zu diesem Sachverhalt ab (siehe Kasten 6.2).

Äußerung einer Versuchsperson auf einen Impuls zum eigenständigen Schlussfolgern des Zusammenhangs zwischen den Florfliegenlarven als Räuber und den Blattläusen als Beute:



Kasten 6.1 Äußerung einer Versuchsperson auf einen Impuls hin zum Schlussfolgern.

Wie das Beispiel im Kasten 6.2. zeigt, zieht dieser Schüler eine eigene Schlussfolgerung, die im Text zuvor nicht beschrieben wurde. Er elaboriert an dieser Stelle über den Text hinausgehend.

Die Protokolle des lauten Denkens wiesen auf noch einige Schwachstellen in den Texten und Graphiken hin und zeigten weitere Möglichkeiten für sinnvolle Impulse des Selbsterklärens auf.

Zeitlich gesehen benötigte keiner der Versuchspersonen mehr als die vorgesehenen 90 Minuten für die Bearbeitung der Beispielaufgaben. Als ungünstig erwies sich die Bearbeitung der letzten Beispielaufgaben direkt vor den Lernerfolgstest. Auch wenn das Abschneiden im

Lernerfolgstest keine Konsequenzen für die Versuchspersonen hatte, waren sie doch aufge-  
regt, und bearbeiteten diese im Vergleich zu den anderen recht oberflächlich. Zudem fiel im  
Nachhinein ein gravierender Fehler auf: Diese letzte Beispielaufgabe ohne Impulse, die  
bezüglich der Selbsterklärungsqualität mit der ersten Beispielaufgabe ohne Impulse vergli-  
chen werden sollte, war für diesem Zweck nicht entsprechend konstruiert. Zu einen rief die  
Gestaltung der Beispielaufgabe unterschiedliche Arten von Selbsterklärungen hervor. Zum  
anderen bezogen sich diese beide Beispielaufgaben thematisch auf Inhalte aus dem  
Beispielaufgaben-Lehrgang, sodass während des Lehrganges ein Wissenszuwachs stattge-  
funden hatte, wodurch es sehr wahrscheinlich war, dass qualitativ andere Selbsterklärungen  
erzeugt wurden, was aber nicht zwangsläufig auch auf das Training zurück zu führen war.  
Die Ergebnisse der Lernerfolgstests zeigten bei allen Versuchspersonen einen relativ hohen  
Lernerfolg, der jedoch nicht sonderlich differenzierte. Allerdings zeigte sich auch, dass die  
Versuchspersonen durch die einerseits schriftliche und andererseits mündliche Bearbeitung  
(lautes Denken) der Lernerfolgstest überfordert waren. Es wurde so vorgegangen, um mehr  
darüber zu erfahren, wie die Testaufgaben möglicherweise optimiert werden könnten. So  
reichten die schriftlichen Ausführungen beim Problemlösetest, der ein offenes Antwortformat  
besitzt (vgl. Kap. 5.4.4) zur Leistungsbeurteilung nicht aus, es mussten die Protokolle des  
lauten Denkens diesbezüglich hinzugezogen werden.

### **6.1.3 Folgerungen für die Hauptstudie**

Für die Hauptstudie ergab sich somit, dass sowohl die Datenerfassungsmethode des lauten  
Denkens als auch das Lernmaterial für diese Altersstufe geeignet sind. Die Beispielaufgaben  
konnten im Großen und Ganzen so übernommen werden. Wenige Details (Formulierungen,  
Begriffswahl, Beschriftung von Graphiken) wurden gemäß den Hinweisen optimiert. Die  
Protokolle des lauten Denkens aus der Vorstudie zeigten noch weitere sinnvolle Möglich-  
keiten für Impulse auf, die zum Großteil berücksichtigt werden konnten.

Um eine Veränderung der Selbsterklärungsqualität feststellen zu können, mussten zwei  
weitere Beispielaufgaben ohne Impulse, in der Struktur und Komplexität recht ähnlich und  
thematisch komplett von der des Beispielaufgabenlehrganges abgegrenzt, entwickelt werden  
(vgl. Kap. 5.3.3).

Für den zeitlichen Ablauf ergab sich, dass in den zur Verfügung stehenden 90 Minuten 4  
Beispielaufgaben bearbeitet werden können, ohne dass die Versuchspersonen unter Zeit-  
druck geraten. Auf diese Weise konnten der Zeitplan so umstrukturiert werden, dass am  
ersten Versuchstag noch eine weitere Beispielaufgabe ohne Impulse eingeschoben werden  
konnte. Am letzten Versuchstag sollten ausschließlich die Lernerfolgstests bearbeitet wer-  
den, so dass die letzte Beispielaufgabe ohne Impulse am vorletzten Versuchstag eingesetzt  
wurde.

Als letzte Folgerung aus der Vorstudie ergab sich, das laute Denken während der Lerner-  
folgstests zu vermeiden, um die Versuchspersonen nicht kognitiv zu überlasten.

## 6.2 Durchführung der Hauptstudie

Die Hauptstudie erstreckte sich insgesamt auf das 2. Schulhalbjahr 2001/2002. Abweichend von der Vorstudie wurde ca. 2-3 Wochen vor Beginn der eigentlichen Datenerhebung ein Vorwissenstest mit potentiellen Versuchspersonen durchgeführt. Aufgrund dieses Ergebnisses wurden unter diesen die Schülerinnen und Schüler mit dem gewünschten Grad an biologischem Vorwissen ausgewählt und den entsprechenden Experimentalgruppen zugeteilt (vgl. Kap. 5.3.3).

Mit den betroffenen Lehrkräften wurde abgesprochen, in dem Zeitraum von der Erhebung des Vorwissens bis nach Durchführung der Trainingsstudie keine Ökologie zu unterrichten, um das Vorwissen bis zu Beginn der Studie so konstant wie möglich zu halten.

Während der Datenerhebung lernten die Versuchspersonen dann innerhalb einer Woche während 5 Lernsitzungen von je ca. 90 Minuten Dauer an ihren jeweiligen Schulen in Einzelsitzungen mit den Beispielaufgaben. Am ersten Tag fand eine Einführung sowie in das laute Denken als auch in die Thematik des Beispielaufgabenlehrgangs statt und es wurde mit der ersten Beispielaufgabe ohne Impulse gelernt. An den darauffolgenden 2 Tagen wurden je nach einer kurzen Übung zum lauten Denken die Beispielaufgaben 1 bis 8 aus dem Lehrgang (mit Impulsen) bearbeitet. Am 4. Tag wurden sowohl die letzten beiden Beispielaufgaben aus dem Lehrgang als auch die letzte Aufgabe ohne Impulse bearbeitet und die Fragebögen zu den Belief-Systems und der externalen Motivationsregulation ausgefüllt. Der Begleitfragebogen zu den Beispielaufgaben wurde jeweils nach den Beispielaufgaben 2, 4, 6, 8 und 10 eingesetzt. Am 5. und letzten Tag erfolgten dann die Lernerfolgstests im Faktenwissen und im Problemlösen (siehe Tab. 5.4 zum zeitlichen Ablauf im Kap.5.4). Da die Methode des lauten Denkens in der Vorstudie den Versuchspersonen keine Probleme bereitete, wurde in der Hauptstudie darauf verzichtet, jeweils einen Versuchsleiter bzw. Versuchsleiterin pro Versuchsperson einzusetzen. Vielmehr betreute ein Versuchsleiter/in mehrere Versuchspersonen, deren Räume relativ dicht beieinander lagen und kontrollierte abwechselnd das kontinuierliche laute Denken.

Ansonsten erhielten die Versuchspersonen die gleichen Anweisungen wie in der Vorstudie.

Kurzfristig fielen vor Beginn der Datenerhebung 2 Versuchspersonen aus, die durch „Reserve-Versuchspersonen“ mit entsprechendem Vorwissen ersetzt worden sind.

Im Nachhinein stellte sich heraus, dass die Qualität einiger Tonbandaufnahmen so schlecht waren, dass sie nicht transkribiert werden konnten. Darauf wird an den entsprechenden Stellen in der Auswertung (Kap.7) genauer eingegangen.

## 7 Ergebnisse bezüglich des Selbsterklärungstrainings

In diesem Kapitel werden Ergebnisse dargestellt, die sich direkt auf das Selbsterklärungstraining beziehen. Zunächst wird die Auswertung der Protokolle des lauten Denkens vorgestellt. Sie soll Aufschluss darüber geben, wie die Versuchspersonen vor dem Training selbst erklärt haben (Kap.7.1) und wie sich die unterschiedliche Impulsgebung in Abhängigkeit vom Vorwissen auf die unterschiedlichen Lernzeiten auswirkt (Kap.7.2). Im Anschluss daran wird die Auswertung der Lernerfolgstests vorgestellt und der Frage nachgegangen, ob unterschiedliche Impulsgebungen unter Berücksichtigung des Vorwissens der Versuchspersonen zu Unterschieden im Lernerfolg bezüglich Faktenwissen und Problemlösen führen (Kap.7.3). Im Kapitel 7.4 wird untersucht, ob es Zusammenhänge zwischen Lernerfolg und den Lernzeiten gibt und im Kapitel 7.5, ob es Zusammenhänge zwischen Lernerfolg und dem Selbsterklärungsverhalten gibt. Exemplarisch werden danach einige Selbsterklärungen vorgestellt, die die Versuchspersonen auf die Impulse hin geäußert haben, um einen Hinweis auf mögliches unterschiedliches Lernverhalten zu erhalten (Kap.7.6). Die Auswertung des Begleitfragebogens wird in Kapitel 7.7 dargestellt und im Kapitel 7.8 erfolgt die abschließende Diskussion der Ergebnisse aus den vorherigen Kapiteln.

### 7.1 Selbsterklären vor dem Training

Als erstes wurden die Protokolle des lauten Denkens der ersten Beispielaufgabe ohne Impulse und der ersten Beispielaufgabe aus dem Lehrgang transkribiert und kodiert. Die Kodierung erlaubt es festzustellen, wie die Versuchspersonen in Abhängigkeit ihres Vorwissens vor dem Training selbst erklärten. Die erste Beispielaufgabe mit Impulsen aus dem Lehrgang wurde hierbei noch ergänzend dazu genommen, da davon ausgegangen werden konnte, dass sich das Elaborationsverhalten der Versuchspersonen nach nur einer Beispielaufgabe sich noch nicht grundlegend geändert hatte.

Zunächst wurden die Selbsterklärungen in den transkribierten Protokollen des lauten Denkens der Beispielaufgabe ohne Impulse nach dem Kategoriensystem (vgl. Kap. 5.4.2) kodiert. Hierzu wurden nur Protokolle von Versuchspersonen der Experimentalgruppen herangezogen.

Die Auswertung erfolgte zunächst durch eine Faktorenanalyse nach der Hauptkomponentenmethode. Die Faktoren wurden schiefwinklig rotiert (oblimin), da nicht ohne weiteres davon ausgegangen werden kann, dass die zu extrahierenden Dimensionen unabhängig voneinander sind. Die Selbsterklärungskategorie "Analogien" wurde bei dieser Faktorenanalyse nicht berücksichtigt, da sie in dieser Beispielaufgabe von den Versuchspersonen nicht verwendet wurde. Es wurde die Kovarianzmatrix verwendet, da die Selbsterklärungskategorie „antizipatorische Bearbeitung“ bei dieser Beispielaufgabe dichotom besetzt ist. Die Faktorenanalyse ergibt zwei Faktoren, die zusammen 45,7% (Faktor 1: 32,7%, Faktor 2: 13,0%) der Gesamtvarianz erklären, wobei die Einfachstrukturen der Faktoren nicht optimal ist (Tab. 7.1). Das war auch nicht zu erwarten, da z.B. Elaborationen, die dem Aufbau einer

Textbasis dienen, bei jeder Elaboration nötig sind. Dennoch lassen sich die beiden Faktoren gut interpretieren und lassen eine Beschreibung der beiden Faktoren als expertenhaftes bzw. novizenhaftes Elaborieren zu. Die beiden Faktoren korrelieren leicht miteinander ( $r=0,30$ ;  $p=0,6$ ). Sie können damit nicht als gänzlich unabhängig voneinander betrachtet werden. Die Faktorwerte für die einzelnen Selbsterklärungskategorien sind in Tabelle 7.1 dargestellt.

Tab 7.1: Rotierte Strukturmatrix der Hauptkomponentenanalyse der Selbsterklärungskategorien der Beispielaufgabe ohne Impulse (die Zuordnung der jeweiligen Selbsterklärungskategorie zu einem der beiden Faktoren ist durch Fettdruck hervorgehoben).

Selbsterklärungskategorie	Faktor I	Faktor II
Schlussfolgerungen	<b>0,93</b>	0,58
Abruf von Vorwissen	<b>0,72</b>	0,40
Antizipatorisches Vorgehen	<b>0,59</b>	0,33
Wissensabruf aus Text	<b>0,33</b>	0,01
Diagnose eigener Fehler	<b>0,29</b>	0,07
Noch einmal lesen	-0,14	<b>0,88</b>
Paraphrasieren	0,43	<b>0,81</b>
Beziehungssuche zwischen Text und Graphik	0,27	<b>0,86</b>
Beziehungssuche im Text	0,37	<b>0,47</b>
Wiederholungsstrategien	0,20	0,29

Auf dem Faktor I laden im Wesentlichen Selbsterklärungen, die mit den expertenhaften Selbsterklärungen verglichen werden können, wie sie von Kroß und Lind (2001) gefunden wurden: „Schlussfolgern“, „Abruf von Vorwissen“ und „Antizipatorisches Vorgehen“. Damit zeichnet sich Faktor I durch Elaborationen aus, mit denen der Lernende versucht, die neuen Inhalte und Zusammenhänge zu verstehen und die neuen Informationen in sein Vorwissen zu integrieren. Diese Elaborationen ermöglichen den Aufbau eines Situationsmodells. Das Erstellen einer Textbasis erfolgt quasi nebenher, da das nötige Vorwissen vorhanden ist. Außerdem zeigen die beiden Kategorien „Diagnose eigener Fehler“ und „Wissensabruf aus dem Text“ hohe Ladungen auf dem Faktor 1. Die Kategorie „Diagnose eigener Fehler“ zeigt in der Untersuchung von Lind und Sandmann (2003) keine eindeutige Zuordnung zum expertenhaften bzw. novizenhaften Selbsterklären. Der Faktor „Wissensabruf aus dem Text“ zeigt bei ihnen hingegen eine höhere Ladung bezüglich der novizenhaften Vorgehensweise. Dass diese beiden Selbsterklärungskategorien hier eher der expertenhaften Vorgehensweise zugeordnet werden können, liegt vermutlich an der Art dieser Beispielaufgabe. Der Inhalt dieser Aufgabe ist für die Versuchspersonen in der Regel komplett neu und die Lösung lässt

sich aus den dargestellten Zusammenhängen auch ohne viel themenspezifisches Vorwissen erschließen. Es ist daher sinnvoll, auf das im Text vermittelte Wissen zurückzugreifen.

Auf dem Faktor II laden eher typische Selbsterklärungen, die mit dem novizenhaften Vorgehen der Versuchspersonen aus der Untersuchung von Lind und Sandmann (2003) verglichen werden können: „Beziehungssuche im Text“, „Paraphrasieren“, „noch einmal lesen“ und „Beziehungssuche zwischen Text und Graphik“. Lernende, die verstärkt auf diese Selbsterklärungen zurückgegriffen haben, mangelte es am nötigen themenspezifischen Vorwissen. Daher hatten sie keine andere Wahl als auf die Informationen zurückzugreifen, die der Text anbietet. Somit stellten die Novizen eher Elaborationen an, die dem Aufbau einer Textbasis dienen.

Um zu prüfen, ob diese zwei Faktoren wie erwartet mit dem Vorwissen der Versuchspersonen in Verbindung stehen, wurde eine Partialkorrelation mit dem Vorwissen durchgeführt, wobei die Selbsterklärungsintensität (=Summe aller Selbsterklärungsstatements) kontrolliert wurde. Da der Inhalt dieser Beispielaufgabe von dem des Beispielaufgabenlehrganges gänzlich abgegrenzt ist und im Vorwissenstest nicht berücksichtigt worden ist, wurde ein Vorwissensmaß für diese Aufgabe aus den antizipatorischen Äußerungen und den Vorwissensabrufen der Versuchspersonen konstruiert (die entsprechenden Äußerungen wurden inhaltlich bewertet). Danach korreliert Faktor I positiv mit dem Vorwissen ( $r=0,30$ ;  $p=0,06$ ) und Faktor II schwach negativ mit dem Vorwissen ( $r= - 0,16$ ;  $p=0,31$ ). Es deutet sich also teilweise ein Zusammenhang zwischen dem Vorwissen und den verwendeten Selbsterklärungen an. Somit können diese beiden Faktoren im Vergleich mit dem Vorgehen der Versuchspersonen aus der Untersuchung von Lind und Sandmann (2003), einerseits als expertenhaft (Faktor I) und andererseits als novizenhaft (Faktor II) interpretiert werden. Da der Faktor für expertenhaftes Selbsterklären (Faktor I) wie erwartet positiv mit dem Vorwissen korreliert, kann nun auch wie im Kap. 5.1 beschrieben der Expertisegrad einer Versuchsperson bestimmt werden. Dazu werden das Vorwissen und der Faktorwert für das expertenhafte Selbsterklären einer Versuchsperson faktorenanalytisch zusammengezogen. Alle folgenden Analysen können somit mit dem aussagekräftigeren Expertisegrad durchgeführt werden, der nicht nur das domänenspezifische Vorwissen, sondern auch das individuelle Elaborationsverhalten einer Versuchsperson berücksichtigt.

Um diese Ergebnisse noch weiter zu untermauern, wurde auch die erste Beispielaufgabe mit Impulsen transkribiert und die Schüleräußerungen kodiert. Hierfür wurde die erste Beispielaufgabe aus dem Lehrgang ausgewählt, da davon ausgegangen werden kann, dass das Training bei der ersten Beispielaufgabe noch keine durchschlagene Wirkung auf die Selbsterklärungsqualität der Versuchspersonen zeigt.

Die Auswertung erfolgte analog zur Beispielaufgabe ohne Impulse.

Die Faktorenanalyse ergibt zwei Faktoren, die zusammen 50,5% der Gesamtvarianz erklären (Faktor I: 35,8%, Faktor II: 14,8%). Die Korrelation zwischen diesen beiden Faktoren ist gering ( $0,21$ ,  $p>0,10$ ), somit beschreiben die beiden Faktoren weitestgehend voneinander unabhängige Dimensionen. Die Faktorwerte für die einzelnen Selbsterklärungskategorien sind in Tabelle 7.2 dargestellt.

Tab 7.2: Rotierte Strukturmatrix der Hauptkomponentenanalyse der Selbsterklärungskategorien der 1. Beispielaufgabe mit Impulsen (die Zuordnung der jeweiligen Selbsterklärungskategorie zu einem der beiden Faktoren ist durch Fettdruck hervorgehoben)

.Selbsterklärungskategorie	Faktor I	Faktor II
Paraphrasieren	<b>0,94</b>	0,24
Noch einmal lesen	<b>0,75</b>	0,03
Beziehungssuche im Text	<b>0,73</b>	0,23
Beziehungssuche zwischen Text und Graphik	<b>0,62</b>	0,11
Wiederholungsstrategien	<b>0,62</b>	0,33
Analogien	<b>0,57</b>	0,23
Wissensabruf aus Text	<b>0,56</b>	-0,03
Diagnose eigener Fehler	<b>0,43</b>	0,06
Schlussfolgerungen	0,40	<b>0,95</b>
Abruf von Vorwissen	-0,13	<b>0,77</b>
Antizipatorisches Vorgehen	0,27	<b>0,47</b>

Die Tabelle zeigt (Tab.7.2), dass in der ersten Beispielaufgabe mit Impulsen die beiden Selbsterklärungskategorien „Diagnose eigener Fehler“ und „Wissensabruf aus Text“ den Faktor gewechselt haben. Die Kategorie „Diagnose eigener Fehler“ lässt sich somit wahrscheinlich ebenso wenig wie bei Lind und Sandmann (2003) eindeutig der expertenhaften oder novizenhaften Vorgehensweise zuordnen. Möglicherweise wird der Faktorwechsel dieser beiden Selbsterklärungskategorien aber auch durch die Impulsgebung mit beeinflusst. Insbesondere die novizenhafte Impulse sollten die Versuchspersonen dazu anhalten, bestimmte Textpassagen bzw. Abbildungen noch einmal intensiv zu bearbeiten, wodurch mögliche Denkfehler eher bemerkt werden als ohne Impulsgebung. Die Kategorie „Wissensabruf aus Text“ lädt nun stärker auf dem Faktor, der die novizenhafte Vorgehensweise beschreibt. Vermutlich liegt das wie bereits oben angedeutet zum einen an der Aufgabenstruktur (Versuchspersonen mit viel Vorwissen besitzen entsprechendes Vorwissen zu dieser Thematik) und zum anderen an den Impulsen zum Selbsterklären, die in dieser Beispielaufgabe bereits eingesetzt worden sind.

Die Unterschiede in den beiden Faktorenlösungen bezüglich der verwendeten Selbsterklärungskategorien können darauf zurückgeführt werden, dass beide Aufgaben aufgrund ihrer unterschiedlichen Struktur und Inhalte verschiedene Selbsterklärungen anregen. Beispielsweise wird in der ersten Beispielaufgabe mit Impulsen wesentlich mehr Faktenwissen vermittelt, auf das bei der Bearbeitung immer wieder zurückgegriffen werden muss. Deshalb

wird die Kategorie "Wissensabruf aus dem Text" relativ häufig verwendet wird. Das erklärt vermutlich auch, dass die Kategorien „Beziehungssuche im Text“ und „Wiederholungsstrategien“ in der Beispielaufgabe mit Impulsen wesentlich höher bei den Versuchspersonen mit wenig Vorwissen laden als in der Beispielaufgabe ohne Impulse. Die Kategorie „Beziehungssuche zwischen Text und Graphik“ zeigt hingegen höhere Faktorwerte in der Beispielaufgabe ohne Impulse, was vermutlich auf die relativ schwierige graphische Darstellung in dieser Aufgabe zurückzuführen ist, so dass auch die Versuchspersonen mit viel Vorwissen sich recht intensiv mit der Abbildung beschäftigten.

Da aufgrund der beiden Faktorenanalysen Selbsterklärungskategorien eher einer novizenhaften bzw. expertenhaften Vorgehensweise zugeordnet werden können, soll nun überprüft werden, ob die entsprechenden Selbsterklärungsfaktoren der beiden analysierten Beispielaufgaben zusammenhängen.

Wie erwartet korrelieren die beiden Faktoren, die vergleichbar mit dem novizenhaften Vorgehen sind stark positiv miteinander ( $r=0,49$ ,  $p=0,0114$ ). Die Faktoren, die mit dem expertenhaften Selbsterklären vergleichbar sind korrelieren schwach positiv miteinander ( $r=0,25$ ,  $p=0,17$ ).

Auch bezüglich der ersten Beispielaufgabe mit Impulsen wurde geprüft, ob die analysierten zwei Faktoren mit dem Vorwissen bzw. in diesem Falle mit dem Expertisegrad der Versuchspersonen in Verbindung stehen. Es wurde eine Partialkorrelation mit dem Expertisegrad durchgeführt, wobei wieder die Selbsterklärungsintensität (=Summe aller Selbsterklärungsstatements) kontrolliert wurde.

Bezüglich der ersten Beispielaufgabe mit Impulsen korreliert Faktor I (novizenhaftes Selbsterklären) negativ mit dem Expertisegrad ( $r= -0,33$ ;  $p=0,08$ ) und Faktor II (expertenhaftes Selbsterklären) positiv mit dem Vorwissen ( $r= 0,35$ ;  $p=0,06$ ).

Insgesamt zeigte sich aber, dass Schülerinnen und Schüler dieser Altersstufe bereits in Ansätzen in Abhängigkeit von ihrem Vorwissen selbst erklären. Dieses Selbsterklären zeigt in Abhängigkeit vom Vorwissen im Wesentlichen die gleichen Selbsterklärungskategorien wie die der lernerfahrenen Versuchspersonen aus der Untersuchung von Lind und Sandmann (2003). Das Selbsterklären ist aber insgesamt noch nicht so komplex und tiefgründig. Somit kann der Hypothese Nr. 1 zugestimmt werden, dass Lernende der 9. Jahrgangsstufe bereits in der Lage sind, in einem gewissen Rahmen vorwissensangepasst selbst zu erklären.

Ursprünglich sollten auch die Protokolle des lauten Denkens der Beispielaufgabe nach dem Training ohne Impulse transkribiert und kodiert werden. Die Protokolle dieser Beispielaufgabe waren aber zum Großteil wenig aussagekräftig, da die meisten Versuchspersonen zu wenig elaborierten. Dieses könnte darauf zurückzuführen sein, dass diese Beispielaufgabe der ersten Beispielaufgabe ohne Impulse von den Inhalten und der Struktur her zu ähnlich war. Folglich war diese Aufgabe für die Lernenden zu einfach und führte zu nur wenigen

Elaborationen. Eine weitere Begründung dafür könnte darin liegen, dass der gedankliche Sprung von den Aufgaben über Parasiten und Räuber-Beute-Beziehungen zum Milzbrand zu groß war, so dass die Lernenden schlicht weg kognitiv überlastet waren. Da die Protokolle des lauten Denkens in diesem Falle kaum aussagekräftig waren, wurde auf die detailliertere Analyse verzichtet.

## 7.2 Die Lernzeiten

Ein direktes Maß für die Aktivitäten der Lernenden beim Bearbeiten der Beispielaufgaben ist die Lernzeit ebenso wie die Zahl der geäußerten Selbsterklärungsstatements. Beide Maße wurden aus den Protokollen des lauten Denkens gewonnen. Hier sollen ausschließlich die Ergebnisse bezüglich der Lernzeiten vorgestellt werden, da die Ergebnisse bezüglich der Zahl der Selbsterklärungsstatements das gleiche Bild ergaben ohne zusätzliche Aspekte zu liefern.

Die Lernzeiten wurden gemessen, da erwartet wird, dass sich das Treatment auf die Lernzeiten der einzelnen Experimentalgruppen auswirkte. Es wurde einerseits untersucht, ob sich die Experimentalgruppe von der "Kontrollgruppe" hinsichtlich der Gesamtlernzeit des Beispielaufgabenlehrganges, in der Gesamtlernzeit, die für Impulse aufgewendet wurde und in der Lernzeit die für spontane Selbsterklärungen (ohne Impulse) aufgewendet wurde, unterschieden (Kap.7.2.1). Andererseits wurde untersucht, ob sich auch die verschiedenen Experimentalgruppen bezüglich der analysierten Lernzeiten unterschieden: Die Gesamtlernzeit, die eine Versuchsperson pro Beispielaufgabe benötigte (Kap. 7.2.2), die Zeit, die eine Versuchsperson aufwendete, um auf einen Lernimpuls einzugehen (Kap.7.2.3) und die Lernzeit, die eine Versuchsperson spontan selbst erklärte, ohne dass ein Impuls sie dazu anregte (Kap.7.2.4). Dabei beinhalten die Lernzeiten zum spontanen Selbsterklären nur die Äußerungen, die während der Bearbeitung des Lösungstextes angestellt worden sind, da sich im Einführungstext auch keine Impulse befinden. Außerdem wurden bezüglich der spontanen Selbsterklärungen nicht relevante Äußerungen (beispielsweise "Es klingelt gerade zur Pause") nicht ausgewertet.

---

<sup>14</sup> Korrelationen nach Pearson

### 7.2.1 Lernzeiten der Experimentalgruppen und der „Kontrollgruppe“

Die Ergebnisse bezüglich der Lernzeiten sind im Überblick in Tab. 7.3 dargestellt.

Tab.7.3: Durchschnittliche Lernzeiten mit Standardabweichung der Experimental- und Kontrollgruppe im Vergleich.

	<b>Experimental- gruppe</b> (Mittelwerte in Minuten)	<b>Kontroll- gruppe</b> (Mittelwerte in Minuten)	<b>Signifikanz</b> (2-seitig)
<b>Bearbeitung des Beispielaufgabenlehrganges</b>	96,8±22,1	75,5±21,8	0,01
<b>spontanes Selbsterklären</b>	12,8±8,4	29,0±20,6	0,04
<b>Selbsterklären</b> (Spontane Selbsterklärungen + Selbsterklärungen auf einen Impuls hin)	41,2±16,6	29,0±20,6	0,06

Zunächst zeigt sich, dass die "Kontrollgruppe" im Mittel eine kürzere Gesamtlernzeit für den Beispielaufgabenlehrgang zeigt als die Experimentalgruppen ( $p=0.01$ ; berechnet durch t-Test). Die Länge der spontanen Selbsterklärungen ist hingegen im Mittel bei der Kontrollgruppe höher ( $p=0.04$ ). Dieses Ergebnis ist insofern nicht verwunderlich, da die Experimentalgruppe zusätzlich auf die Impulse hin selbst erklärt hat, wohingegen die Kontrollgruppe ausschließlich spontan selbst erklärt hat. Wird bei der Experimentalgruppe zu der Lernzeit der spontanen Selbsterklärungen noch die Lernzeit auf die Impulse hinzu addiert, zeigt sich, dass die Experimentalgruppe insgesamt im Mittel länger selbst erklärt hat ( $p=0.06$ ).

Diese Ergebnisse zeigen, dass die Impulse im Durchschnitt zu längeren Selbsterklärungen geführt haben. Somit kann der Hypothese Nr.4 zugestimmt werden, dass Lernende der Experimentalgruppen längere Selbsterklärungszeiten aufweisen als Personen, die ohne Impulse gelernt haben.

### 7.2.2 Die Gesamtlernzeit

Welchen Einfluss haben aber nun die unterschiedlichen Treatments in Abhängigkeit vom Expertisegrad auf die Lernzeiten?

Dazu wird zunächst die Zeit betrachtet, die die Versuchspersonen der Experimentalgruppen für die Bearbeitung des gesamten Lehrganges verwendet haben. Um mögliche Unterschiede

der Experimentalgruppen hinsichtlich der Gesamtlernzeit herauszufinden, wird eine Varianzanalyse (univariate Anova) berechnet. Dabei stellt die Gesamtlernzeit die abhängige Variable dar und der Expertisegrad wie auch das Treatment die unabhängigen.

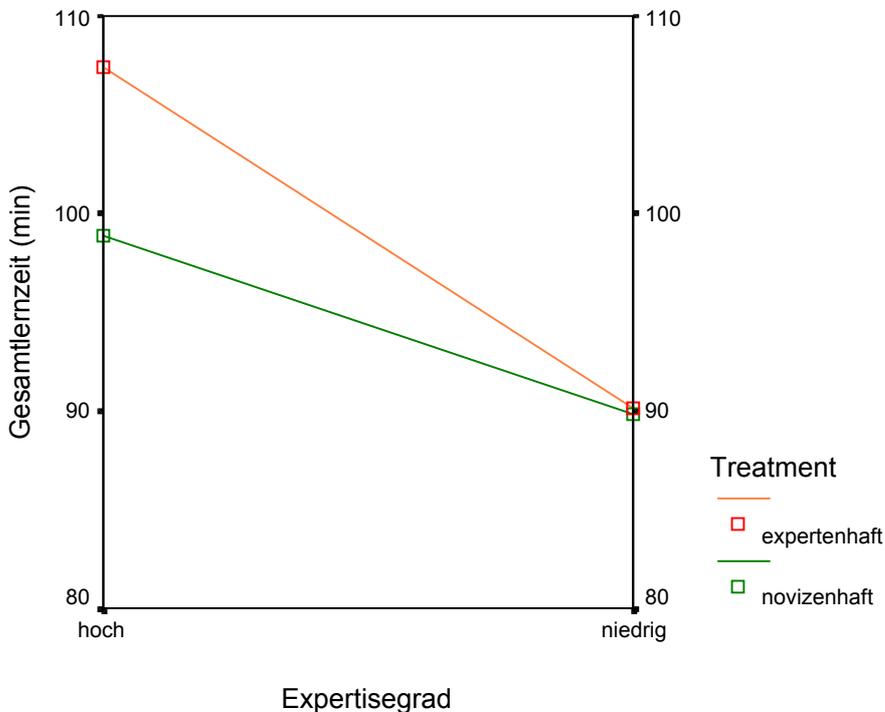


Abb.: 7.1: Profildiagramm der Varianzanalyse (abhängige Variable (AV): Gesamtlernzeit für die Bearbeitung des Beispielaufgabenlehrganges (in Minuten); unabhängige Variable 1 (UV): Expertisegrad; UV 2: Treatment).

Wie die Abbildung (Abb. 7.1) verdeutlicht, ergibt die Varianzanalyse keinen signifikanten Treatmenteffekt ( $p=0,56$ ) aber einen signifikanten Expertiseeffekt ( $p=0,09$ ). Die Wechselwirkung der beiden unabhängigen Variablen zeigt keinen Effekt ( $p=0,58$ ). Dass sich bei der Varianzanalyse kein Treatmenteffekt zeigt, deutet daraufhin, dass auch die Experimentalgruppen, die mit nicht an ihr Vorwissen angepassten Impulsen gelernt haben, weder so frustriert waren, dass sie das Lernen abgebrochen hätten noch dass sie überdurchschnittlich länger benötigt haben, um die falsche Impulsgebung möglicherweise zu kompensieren.

Die Gesamtbearbeitungszeiten der Gruppen bezüglich ihres Expertisegrads unterscheiden sich jedoch signifikant voneinander. Um diesen Expertiseeffekt genauer zu analysieren, wird ein t-Test bezüglich der Gesamtbearbeitungszeiten der einzelnen Expertisegruppen gerechnet. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 7.4 dargestellt.

Tab. 7.4: Treatmentunabhängige durchschnittliche Lernzeiten für die Bearbeitung des Lehrganges mit Standardabweichungen: Versuchspersonen (Vpn.) mit hohem Expertisegrad im Vergleich mit Vpn. mit niedrigem Expertisegrad.

	<b>Vpn. mit hohem Expertisegrad</b> (Mittelwerte in Minuten)	<b>Vpn. mit niedrigem Expertisegrad</b> (Mittelwerte in Minuten)	<b>Signifikanz</b> (2-seitig)
<b>Lernzeit für die Bearbeitung des Lehrganges</b>	102,9±21,4	90,7±21,6	0,10

Der T-Test unterstützt das Ergebnis der Varianzanalyse. Es zeigt sich, dass Versuchspersonen mit einem hohen Expertisegrad die Beispielaufgaben im Mittel länger bearbeiten als Versuchspersonen mit einem niedrigen Expertisegrad ( $p=0,10$ ). Der Hypothese Nr.2, dass Lernende mit viel Vorwissen die Beispielaufgaben länger bearbeiten als Versuchspersonen mit wenig Vorwissen, kann zugestimmt werden. Die Experten unterscheiden sich in der Gesamtbearbeitungszeit des Beispielaufgabenlehrganges deutlich von den Novizen. Ob die Experten in der zusätzlichen Bearbeitungszeit länger auf einen Impuls hin und / oder länger spontan selbst erklären als die Novizen, sollte unter anderem die folgende Analyse klären.

### 7.2.3 Lernzeit für Impulse

Im Folgenden wurde dazu ausschließlich die Zeit betrachtet, die eine Versuchsperson zum Selbsterklären auf einen Impuls hin verwendete. Analog zu den oben angeführten Ergebnissen wurde wieder eine Varianzanalyse berechnet. In diesem Fall stellt die „Gesamtbearbeitungszeit auf Impulse hin“ die abhängige Variable dar. Das Ergebnis der Varianzanalyse ist in der folgenden Abbildung (Abb. 7.2) zusammengefasst.

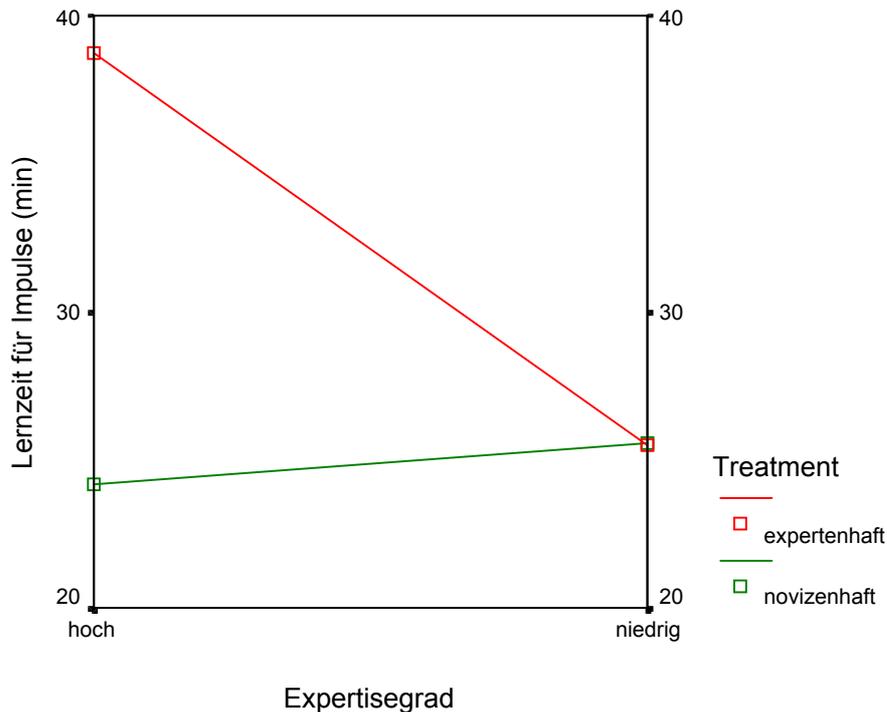


Abb.: 7.2: Profildiagramm der Varianzanalyse (AV: Verwendete Lernzeit für **Impulse** (in Minuten); UV1: Expertisegrad; UV 2: Treatment).

Es zeigt sich ein tendenzieller Treatmenteffekt ( $p=0,17$ ), kein Expertiseeffekt ( $p=0,26$ ) und eine tendenzielle Wechselwirkung der beiden unabhängigen Variablen ( $p=0,16$ ).

Das Treatment beeinflusste somit möglicherweise die Bearbeitungszeit für Impulse derart, dass Versuchspersonen, die ihrem Vorwissen entsprechend angeregt worden sind, länger auf einen Impuls hin selbst erklären als Versuchspersonen, die nicht entsprechend ihrem Vorwissen angeregt worden sind.

Zur genaueren Analyse dieser Effekte wurden T-Tests bezüglich der Bearbeitungszeiten für Impulse der einzelnen Experimentalgruppen berechnet. Die Lernzeiten der unterschiedlichen Treatmentgruppen für Impulse sind in Tab. 7.5 dargestellt.

Tab.:7.5 Verwendete Lernzeit für Impulse

<b>Aufgewendete Lernzeit</b> <b>Expertisegrad</b>	<b>Novizenhafte Impulse</b> (Mittelwerte in Minuten)	<b>Expertenhafte Impulse</b> (Mittelwerte in Minuten)	<b>Signifikanz</b> (2-seitig)
<b>Vpn. mit einem hohen Expertisegrad</b>	24,8±11,3	38,8±20,7	0,08
<b>Vpn. einem niedrigen Expertisegrad</b>	25,6±14,0	25,5±12,6	0,99
<b>Signifikanz</b> (2-seitig)	0,83	0,10	

Es zeigt sich, dass Versuchspersonen mit einem hohen Expertisegrad, die mit expertenhaften Impulsen gelernt haben, mehr Zeit für Selbsterklärungen für Impulse hin verwenden als Versuchspersonen mit einem hohen Expertisegrad, die novizenhafte Impulse erhalten haben ( $p=0,08$ ). Somit liegen Experten bei expertenhafter Impulsgebung über der durchschnittlichen Bearbeitungszeit. Die vorwissensabhängigen Impulse haben bei ihnen anscheinend zu erhöhter Lernaktivität angeregt. Interessanterweise unterscheiden sich die Lernzeiten der Novizen hinsichtlich des Treatments nicht, was daraufhin deutet, dass sie auf die expertenhaften Impulse ähnlich reagiert haben wie auf die novizenhaften.

Somit kann der Hypothese 5 teilweise zugestimmt werden, dass sich Versuchspersonen, die entsprechend ihrem Vorwissen angeregt werden, länger auf einen Impuls hin äußern als Versuchspersonen, die nicht entsprechend ihrem Vorwissen angeregt werden. Zumindest scheint das für die Experten der Fall zu sein.

Diese Ergebnisse lassen damit auch den Schluss zu, dass Experten im Gegensatz zu den Novizen darauf reagieren, wenn sie nicht entsprechend ihrem Vorwissen angeregt worden sind, was sich in den verminderten Selbsterklärungszeiten auf einen Impuls hin im Falle der Experten widerspiegelt. Ist das der Fall, sollten die Experten, die novizenhaft angeregt worden sind, möglicherweise länger spontan selbst erklären als Experten, die expertenhaft angeregt worden sind. Damit könnten die noch fehlenden Elaborationen angestellt werden. Die folgende Analyse unterstützt diese Annahme.

### 7.2.4 Lernzeit für spontanes Selbsterklären

Wird die Zeit betrachtet, die die Versuchspersonen auf spontanes Selbsterklären verwendet haben, d.h. Selbsterklärungen, die nicht auf einen Impuls hin geäußert worden sind, so ergibt die Varianzanalyse folgendes Bild (siehe Abb.7.3):

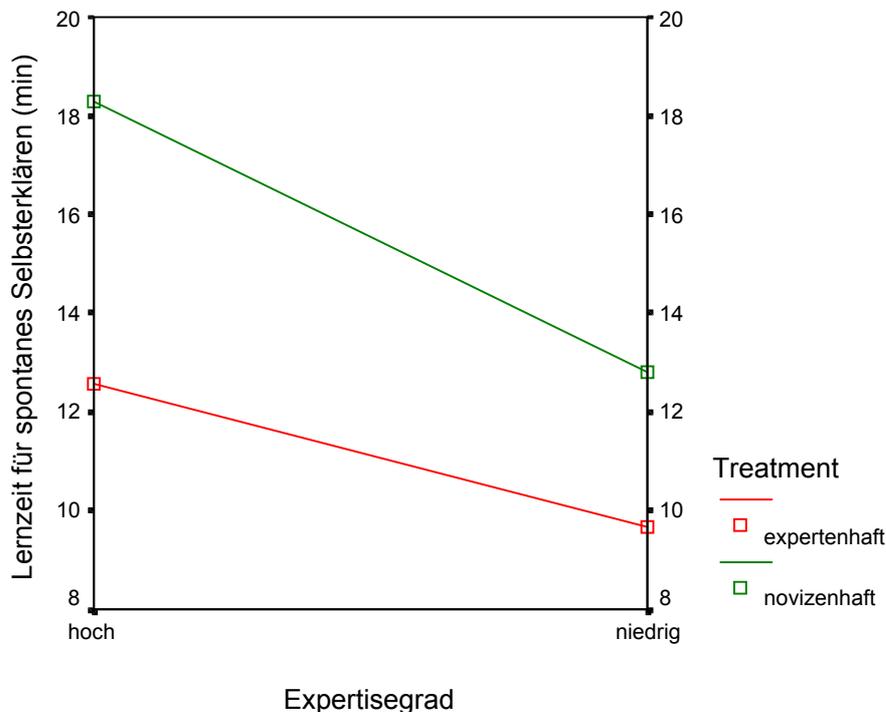


Abb.: 7.3: Profildiagramm der Varianzanalyse (AV: Verwendete Lernzeit für **spontanes Selbsterklären** (in Minuten); UV1: Expertisegrad; UV 2: Treatment).

Es zeigt sich ein Treatmenteffekt ( $p=0,10$ ), ein tendenzieller Expertiseeffekt ( $p=0,12$ ) aber keine Wechselwirkung der beiden unabhängigen Variablen ( $p=0,63$ ).

Um nun die oben genannte Vermutung zu überprüfen, dass Versuchspersonen mit einem hohen Expertisegrad, die mit novizenhaften Impulsen gelernt haben länger spontan selbst erklären als Experten mit expertenhaften Anregungen, werden diesbezüglich die Experimentalgruppen durch T-Tests miteinander verglichen.

Die Ergebnisse sind in Tab.: 7.6 dargestellt.

Tab. 7.6: Verwendete Lernzeiten für spontanes Selbsterklären (ohne Impuls).

<b>Aufgewendete Lernzeit</b>	<b>Novizenhafte Impulse</b> (Mittelwerte in Minuten)	<b>Expertenhafte Impulse</b> (Mittelwerte in Minuten)	<b>Signifikanz</b> (2-seitig)
<b>Expertisegrad</b>			
<b>Vpn. mit einem hohen Expertisegrad</b>	18,3±7,8	12,6±10,3	0,19
<b>Vpn. mit einem niedrigen Expertisegrad</b>	12,8±8,4	9,7±5,9	0,35
<b>Signifikanz</b> (2-seitig)	0,17	0,44	

Es zeigt sich wie vermutet, dass Experten mit novizenhaften Impulsen tendenziell länger spontan selbst erklären als Novizen mit novizenhaften Impulsen ( $p=0,17$ ). Ein signifikanter Effekt, dass Experten mit novizenhaften Anregungen länger spontan selbst erklären als Experten mit expertenhaften Anregungen zeigt sich jedoch nicht ( $p=0,33$ ).

Folglich kann die Hypothese 6, dass Versuchspersonen, die nicht entsprechend ihrem Vorwissen angeregt werden, längere spontane Selbsterklärungen aufweisen, um die für sie nötigen Elaborationen anstellen zu können, für die Experten in der Tendenz bejaht werden. Experten, die novizenhaft angeregt wurden, erklären tendenziell länger selbst als Novizen, die novizenhaft angeregt worden sind und als Experten, die expertenhaft angeregt worden sind. Die Novizen unterscheiden sich diesbezüglich nicht voneinander.

### 7.3 Auswertung der Lernerfolgstests

Der Lernerfolg wird sowohl im Faktenwissen als auch im Problemlösen überprüft. Bezüglich des Lernerfolgs im Faktenwissen wurde nach zwei unterschiedlichen Methoden ausgewertet. Zum einen wurde der gesamte Faktenwissenstest („Faktenwissen“) analysiert und ausgewertet. In einem zweiten Schritt wurden Items im Faktenwissenstest, dessen Erlernen durch einen novizenhaften Impuls im Beispielaufgabenlehrgang unterstützt wurde, zusammengefasst ("Faktenwissen durch Impulse") (vgl. Kap. 5.4.3). Das Problemlösen wurde für die Auswertung nicht weiter unterteilt, da die Impulse für das expertenhaft Selbsterklären sich nicht eindeutig den jeweiligen Problemlöseaufgaben zuordnen lassen. Die Problemlöseaufgaben sind im Gegensatz zu den Faktenwissenitems offen gestaltet (vgl. Kap. 5.4.4).

Um einen Überblick zu bekommen, wird zuerst untersucht, ob und, wenn ja, wie die unterschiedlichen Lernerfolgsmäße untereinander, mit dem Expertisegrad und auch mit den

Selbsterklärungsfaktoren der Beispielaufgaben ohne Impulse zusammenhängen. Im Anschluss daran werden der Lernerfolg im Faktenwissen und im Problemlösen bezüglich möglicher Treatmentunterschiede analysiert.

### 7.3.1 Lernerfolg und Expertisegrad

Im Folgenden werden die Ergebnisse der verschiedenen Lernerfolgstests miteinander verglichen. Dazu wurden Korrelationen nach Pearson zwischen den Variablen Expertisegrad, Lernerfolg im Faktenwissen, Lernerfolg im Faktenwissen aufgrund novizenhafter Impulse und Lernerfolg im Problemlösen berechnet. Die Ergebnisse sind in Tab. 7.7 aufgeführt.

Tab.: 7.7 Korrelationen nach Pearson zwischen dem Expertisegrad und den Lernerfolgsergebnissen (\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ).

	<b>Expertisegrad</b>	<b>Lernerfolg im Gesamtem Faktenwissen</b>	<b>Lernerfolg im Faktenwissen aufgrund von Impulsen</b>	<b>Lernerfolg im Problemlösen</b>
<b>Expertisegrad</b>	1,00	0,50**	0,49**	0,54**
<b>Lernerfolg im gesamtem Faktenwissen</b>	0,50**	1,00	0,91**	0,46**
<b>Lernerfolg im Faktenwissen aufgrund von Impulsen</b>	0,49**	0,91**	1,00	0,46**
<b>Lernerfolg im Problemlösen</b>	0,54**	0,46**	0,46**	1,00

Die Ergebnisse der Korrelationen zeigen, dass der Lernerfolg sowohl im Faktenwissen als auch im Problemlösen signifikant mit dem Expertisegrad zusammenhängt. Es zeigt sich also ein klarer Expertiseeffekt. Je höher der Expertisegrad einer Versuchsperson, desto größere Lernerfolge erzielten sie. Damit kann der Hypothese Nr.3, dass Lernende mit viel Vorwissen einen höheren Lernerfolg im Faktenwissen und im Problemlösen erlangen als Lernende mit wenig Vorwissen, unabhängig davon, welche Anregungen zum Selbsterklären sie erhalten, zugestimmt werden. Zudem zeigt sich: Je größer der Lernerfolg im Faktenwissen einer Versuchsperson ist, desto größer ist ihr Lernerfolg im Problemlösen.

Dementsprechend sollte das Elaborationsverhalten der Versuchspersonen vor dem Training ebenfalls mit dem Lernerfolg im Zusammenhang stehen, da die entsprechenden Selbsterklärungsfaktoren mit dem Vorwissen korrelieren (vgl. Kap. 7.1). Zu diesem Zweck wurden Korrelationen zwischen den beiden Selbsterklärungsfaktoren der Beispielaufgabe ohne Impulse und dem Lernerfolg berechnet, wobei die Selbsterklärungsintensität kontrolliert wird. Die

Ergebnisse diesbezüglich zeigen, dass Versuchspersonen, die eher novizenhaft elaborieren, tendenziell einen höheren Lernerfolg im Faktenwissen erzielen. Versuchspersonen, die eher expertenhaft selbst erklären, zeigen einen höheren Lernerfolg im Problemlösen (Tab. 7.8).

Tab.: 7.8 Partialkorrelationen den Selbsterklärungsfaktoren (expertenhaft und novizenhaft) der Beispielaufgabe ohne Impulse und den Lernerfolgsergebnissen Unter Kontrolle der Selbsterklärungsintensität.

	<b>Lernerfolg im Gesamtem Faktenwissen</b>	<b>Lernerfolg Faktenwissen aufgrund Impulse</b>	<b>Lernerfolg im Problemlösen</b>
<b>Faktor für "expertenhaftes" Selbsterklären der Beispielaufgabe ohne Impulse</b>	-0,12 p=0,47	-0,08 p=0,64	<b>0,28</b> <b>p=0,07</b>
<b>Faktor für "novizenhaftes" Selbsterklären der Beispielaufgabe ohne Impulse</b>	<b>0,23</b> p=0,15	<b>0,23</b> p=0,15	0,03 p=0,86

### 7.3.2 Das Faktenwissen

Werden die Ergebnisse der Versuchspersonen im Faktenwissenstest untersucht, so zeigt sich, dass die Experten wesentlich besser im Faktenwissenstest abschneiden als die Novizen ( $p=0,00$ ). Es zeigt sich wiederum der Expertiseeffekt.

Die Experten erreichen von 40 möglichen Punkten im Mittel  $32,4 \pm 4,2$  Punkte und die Novizen im Mittel  $27,4 \pm 4,5$  Punkte unabhängig vom Treatment.

Werden die einzelnen Experimentalgruppen betrachtet, ergeben sich Unterschiede, die auf das Treatment zurückzuführen sind. Die Ergebnisse der einzelnen Experimentalgruppen sind in Tab.7.9 dargestellt.

Tab. 7.9: Durchschnittlicher Lernerfolg der Experimentalgruppen mit Standardabweichung im gesamten Faktenwissen

	<b>Lernen mit novizenhaften Impulsen in den Beispielaufgaben</b>	<b>Lernen mit expertenhaften Impulsen in den Beispielaufgaben</b>	<b>Signifikanz (2-seitig)</b>
<b>Vpn. mit hohem Expertisegrad</b>	30,9±4,0	33,9±4,3	0,13
<b>Vpn. mit niedrigem Expertisegrad</b>	29,7±4,7	26,0±3,9	0,06
<b>Signifikanz (2-seitig)</b>	0,37	0,00	

Dieses Ergebnis zeigt zunächst recht deutlich, dass bei den Novizen das Selbsterklärungstraining einen eindeutigen Effekt auf den Lernerfolg im Faktenwissen hat. Novizen, die mit Impulsen gelernt haben, die auf ihr Vorwissen abgestimmt waren, erlangen einen höheren Lernerfolg im Faktenwissen als Novizen, die mit expertenhaften Impulsen gelernt haben. Bezüglich der Experten zeigt sich für die novizenhaften Impulse der gegenteilige Effekt. Experten, die mit novizenhaften Impulsen gelernt haben, zeigen tendenziell einen geringeren Erfolg im Faktenwissen als Experten, die mit expertenhaften Impulsen gelernt haben. Betrachtet man die Punkteverteilung der einzelnen Experimentalgruppen, so tragen zum Zustandekommen des oben genannten Expertiseeffekts im Wesentlichen zwei Experimentalgruppen bei: die Experten, die mit expertenhaften Impulsen gelernt haben und die Novizen, die mit expertenhaften Impulsen gelernt haben.

Die vorwissensabhängigen Impulse zeigen für das Faktenwissen in beiden Fällen (hoher oder niedriger Expertisegrad) einen Effekt. Somit kann in Hinblick auf das Faktenwissen der Hypothese Nr.7 zugestimmt werden, dass Lernende mit einem hohen Expertisegrad, die entsprechend ihrem Vorwissen angeregt werden, einen höheren Lernerfolg im Faktenwissen und im Problemlösen erlangen. Der Hypothese Nr.8, dass Lernende mit einem niedrigen Expertisegrad, die entsprechend ihrem Vorwissen angeregt werden, im Wesentlichen einen Lernerfolg im Faktenwissen erlangen, kann ebenso zugestimmt werden, da sie bezüglich des Problemlösens deutlich unter dem Lernerfolg der Experten liegen. Nur im Faktenwissen (vgl. Kap. 7.2.2) erlangen die Novizen mit novizenhaften Impulsen einen vergleichbaren Lernerfolg wie die Experten.

Um zu überprüfen, ob es eine Wechselwirkung zwischen Expertisegrad und dem Treatment gibt, wurde eine univariate Varianzanalyse (Anova) durchgeführt. Dabei wurde der Lernerfolg im gesamten Faktenwissen als abhängige Variable betrachtet und der Expertisegrad und das Treatment als unabhängige Variablen. Das Ergebnis ist in der Abbildung 7.4 graphisch dargestellt.

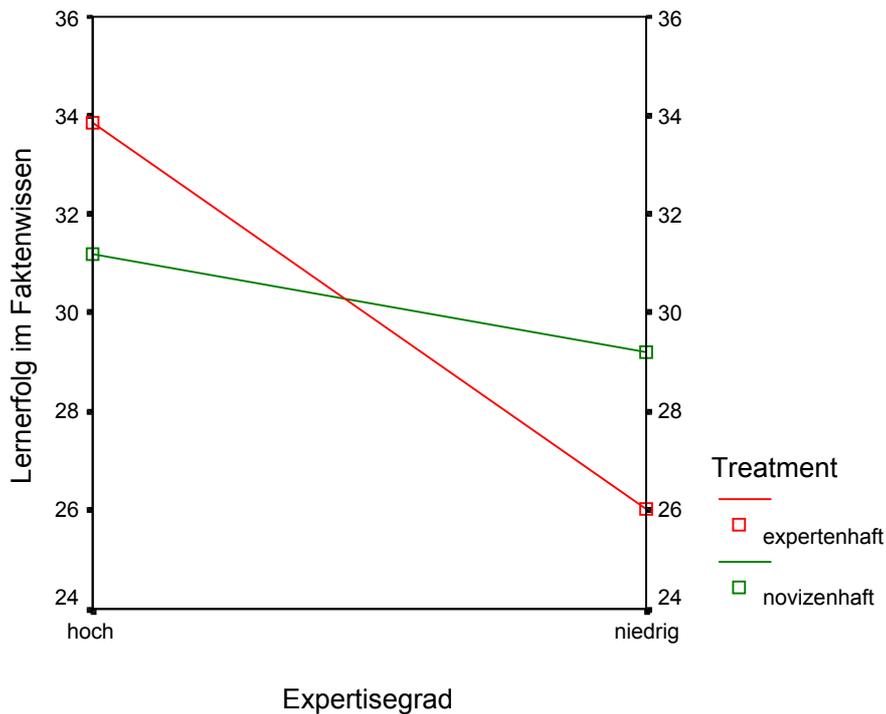


Abb.: 7.4: Profildiagramm der Varianzanalyse (AV: Lernerfolg im **Faktenwissen**; UV1: Expertisegrad; UV 2: Treatment).

Die Varianzanalyse ergibt keinen Treatmenteffekt ( $p=0,90$ ), einen Expertiseeffekt ( $p=0,00$ ) und eine Wechselwirkung der unabhängigen Variablen ( $p=0,03$ ). Folglich ist einerseits der Expertisegrad signifikant und zeigt einen Einfluss auf den Lernerfolg. Andererseits bestätigt die Varianzanalyse das Bild der T-Tests dahingehend, dass sich eine signifikante Wechselwirkung zwischen den beiden unabhängigen Variablen zeigt: Die Impulse wirken sich in Abhängigkeit vom jeweiligen Expertisegrad auf den Lernerfolg im Faktenwissen aus.

### 7.3.3 Das Faktenwissen aufgrund von Impulsen

Im Folgenden wird überprüft, ob sich stärkere Trainingseffekte zeigen, wenn nur das Faktenwissen berücksichtigt wird, dessen Erlernen direkt durch Impulse in den Aufgaben des Lehrganges gefördert wurde. Da Faktenwissen direkt nur durch die novizenhaften Impulse gefördert wurde, sollten sich Effekte aufgrund der novizenhaften Impulse nachweisen lassen. Folglich wurden diesbezüglich nur Items aus dem Faktenwissenstest berücksichtigt, deren Inhalte durch einen Impuls im Beispielaufgabenlehrgang verstärkt wurden.

Tab. 7.10: Durchschnittlicher Lernerfolg der Experimentalgruppen mit Standardabweichung im Faktenwissen aufgrund von Impulsen

	Lernen mit novizenhaften Impulsen in den Beispielaufgaben	Lernen mit expertenhaften Impulsen in den Beispielaufgaben	Signifikanz (2-seitig)
<b>Vpn. mit hohem Expertisegrad</b>	19,2±2,6	20,3±2,8	0,38
<b>Vpn. mit niedrigem Expertisegrad</b>	17,9±3,1	14,9±3,1	0,04
<b>Signifikanz (2-seitig)</b>	0,31	0,00	

Die in Tab. 7.10 dargestellten Ergebnisse bestärken die oben genannten Resultate, dass Novizen mit den novizenhaften Impulsen mehr Faktenwissen gelernt haben als Novizen mit expertenhaften Impulsen.

Auch hier wird wieder eine Varianzanalyse analog zu den vorherigen berechnet. Die Ergebnisse der Varianzanalyse sind in der folgenden Abbildung (Abb. 7.5) veranschaulicht.

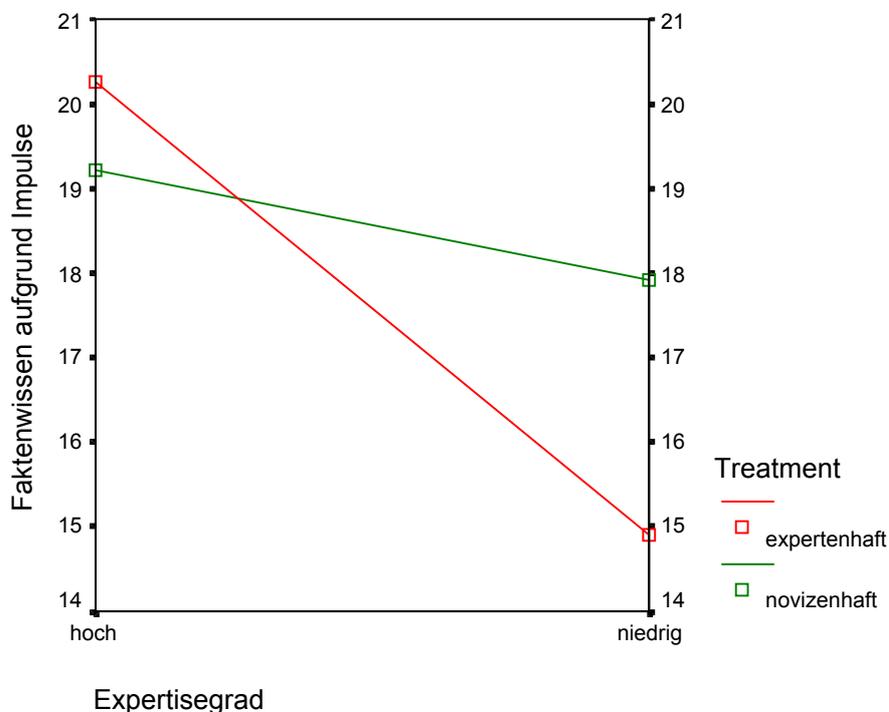


Abb.: 7.5: Profildiagramm der Varianzanalyse (AV: Lernerfolg im **Faktenwissen aufgrund von Impulsen**; UV 1: Expertisegrad; UV 2: Treatment).

Wird das Faktenwissen aufgrund novizenhafter Impulse als abhängige Variable betrachtet, so zeigt sich kein Treatmenteffekt ( $p=0,42$ ), ein Expertiseeffekt ( $p=0,00$ ) und eine Wechselwirkung zwischen den beiden unabhängigen Variablen ( $p=0,01$ ). Somit bleibt der Expertisegrad signifikant und es zeigt sich wie erwartet eine signifikante Wechselwirkung zwischen dem Expertisegrad und dem Treatment. Insgesamt bestätigen die Ergebnisse bezüglich des Faktenwissens aufgrund novizenhafter Impulse das Bild, dass die Auswertung des gesamten Faktenwissenstest erbracht hat: Lernen Versuchspersonen mit Impulsen, die ihrem Vorwissen angepasst sind, erlangen sie einen höheren Lernerfolg im Faktenwissen als Versuchspersonen, die mit Impulsen lernen, die nicht ihrem Vorwissen angepasst sind.

### 7.3.4 Das Problemlösen

Wie in Kapitel 5.4.4 bereits dargestellt, besteht der Problemlösetest aus fünf Aufgaben mit nahen bis weiten Transferanforderungen.

Beim Vergleich der Versuchspersonen mit hohem bzw. geringem Expertisegrad zeigt sich auch beim Problemlösen ein klarer Expertiseeffekt: Die Novizen erreichten im Mittel  $10,8 \pm 4,2$  von 20 erreichbaren Punkten, wohingegen die Experten im Mittel  $15,8 \pm 3,9$  Punkte erreichen ( $p=0,00$ , t-Test).

Die Ergebnisse des Problemlösetests der einzelnen Experimentalgruppen zeigen jedoch, dass beide Treatmentarten keinen Effekt auf den Problemlöseerfolg haben. Es unterscheiden sich weder die Experten noch die Novizen in Abhängigkeit vom Treatment voneinander.

Die Ergebnisse sind in der Tab. 7.11 dargestellt und werden im Kapitel 7.5 im Zusammenhang mit den anderen Ergebnissen aus Kapitel 7 diskutiert.

Tab. 7.11: Durchschnittlicher Lernerfolg der Experimentalgruppen mit Standardabweichung im Vergleich im Problemlösen

	<b>Lernen mit novizenhaften Impulsen in den Beispielaufgaben</b>	<b>Lernen mit expertenhaften Impulsen in den Beispielaufgaben</b>	<b>Signifikanz (2-seitig)</b>
<b>Vpn. mit hohem Expertisegrad</b>	16,5±4,1	14,9±3,6	0,36
<b>Vpn. mit niedrigem Expertisegrad</b>	10,4±3,7	11,1±4,6	0,70
<b>Signifikanz (2-seitig)</b>	0,00	0,04	

Der Hypothese Nr. 5, dass Lernende mit einem niedrigen Expertisegrad, die entsprechend ihrem Vorwissen angeregt werden, im Wesentlichen einen Lernerfolg im Faktenwissen

erlangen, kann somit zugestimmt werden. Die Novizen liegen bezüglich des Problemlösens deutlich unter dem Lernerfolg der Experten und unterscheiden sich von den Novizen mit expertenhaften Impulsen bezüglich des Problemlösens nicht. Nur im Faktenwissen (vgl. Kap. 7.3.2) erlangen die Novizen mit novizenhaften Impulsen einen vergleichbaren Lernerfolg wie die Experten.

Die Varianzanalyse (Abb. 7.6) mit dem Lernerfolg im Problemlösen als abhängige Variable ergibt dementsprechend zwar einen klaren Expertiseeffekt ( $p=0,00$ ), jedoch keinen Treatmenteffekt ( $p=0,57$ ) und keine Wechselwirkung der unabhängigen Variablen ( $p=0,38$ ).

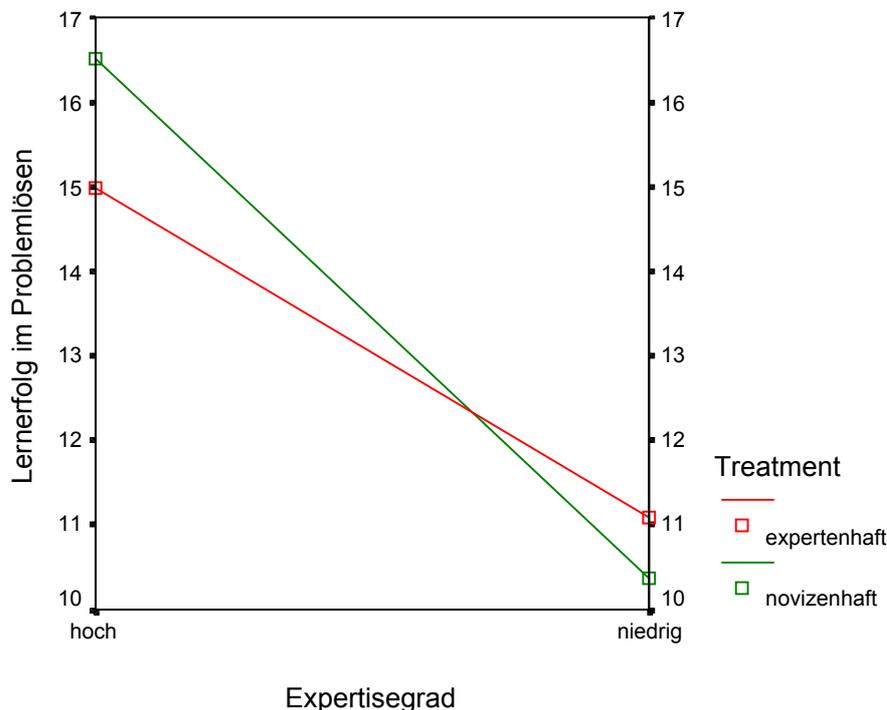


Abb.: 7.6: Profildiagramm der Varianzanalyse (AV: Lernerfolg im **Problemlösen**; UV 1: Expertisegrad; UV 2: Treatment).

Abschließend kann somit der Hypothese Nr.9, dass Lernende mit einem hohen Expertisegrad, die nicht entsprechend ihrem Vorwissen angeregt werden, im Wesentlichen einen Lernerfolg im Faktenwissen erlangen aber nicht im Problemlösen wie die Lernenden mit einem hohen Expertisegrad, die entsprechend ihrem Vorwissen angeregt werden, nicht zugestimmt werden. Die Experten mit expertenhaften Impulsen weisen zwar einen höheren Lernerfolg im Faktenwissen auf, bezüglich des Lernerfolgs im Problemlösen unterscheiden sich diese beiden Experimentalgruppen aber nicht. Der Hypothese Nr. 10, dass Lernende mit einem niedrigen Expertisegrad, die nicht entsprechend ihrem Vorwissen angeregt werden, von allen Experimentalgruppen den geringsten Lernerfolg sowohl im Faktenwissen als auch

im Problemlösen erlangen, kann nur bezüglich des Faktenwissens zugestimmt werden. Im Problemlöseerfolg unterscheiden sich die beiden Experimentalgruppen ebenfalls nicht.

## 7.4 Lernerfolg und Lernzeiten

Da sich die verschiedenen Experimentalgruppen teilweise sowohl in den Lernzeiten als auch im Lernerfolg unterscheiden, soll nun anhand von Korrelationen überprüft werden, ob ein Zusammenhang zwischen den Lernzeiten und dem Lernerfolg besteht.

Werden alle Versuchspersonen der Experimentalgruppen betrachtet, so zeigt sich lediglich zwischen der Gesamtbearbeitungszeit des Beispielaufgabenlehrganges und dem Lernerfolg im Problemlösen ( $r=0,28$ ;  $p=0,09$ ) ein Zusammenhang. Der Hypothese Nr.11, dass Lernende, die lange Lernzeiten aufweisen, auch einen höheren Lernerfolg aufweisen als Lernende mit kürzeren Lernzeiten, kann somit zugestimmt werden.

Werden die Experimentalgruppen einzeln betrachtet, so zeigt sich, dass in den Experimentalgruppen, die expertenhafte Treatments erhalten haben, keinerlei Zusammenhänge zwischen den Lernzeiten und den Lernerfolgen bestehen. Wohingegen sich in den Experimentalgruppen mit novizenhaften Impulse interessante Zusammenhänge ergeben.

Novizen, die mit novizenhaften Impulsen gelernt haben, weisen einen Zusammenhang zwischen der Gesamtbearbeitungszeit des Beispielaufgabenlehrganges und dem Lernerfolg sowohl im Faktenwissen ( $r=0,60$ ;  $p=0,11$ ), dem Faktenwissen aufgrund von Impulsen ( $r=0,61$ ;  $p=0,11$ ) als auch dem Lernerfolg im Problemlösen ( $r=0,86$ ;  $p=0,01$ ) auf. Weiterhin korreliert der Lernerfolg im Problemlösen mit der Lernzeit für Impulse ( $r=0,84$ ;  $p=0,03$ ). Die Korrelation zwischen dem Lernerfolg im Faktenwissen und der Lernzeit für Impulse ist zwar nicht signifikant, aber sie weist in die gleiche Richtung ( $r=0,59$ ;  $p=0,22$ ). In dieser Gruppe zeigt sich jedoch keinerlei Zusammenhang zwischen der Lernzeit für spontanes Selbsterklären und dem Lernerfolg.

Bezüglich der Experten, die mit novizenhaften Impulsen gelernt haben, zeigt sich ein Zusammenhang zwischen dem Lernerfolg im Problemlösen und der Gesamtbearbeitungszeit des Beispielaufgabenlehrganges ( $r=0,64$ ;  $p=0,05$ ), sowie ein Zusammenhang zwischen dem Lernerfolg im Faktenwissen der Lernzeit für spontanes Selbsterklären ( $r=0,59$ ;  $p=0,08$ ) korreliert.

Diese Ergebnisse geben somit einen weiteren Hinweis darauf, dass Novizen, die expertenhaft angeregt worden sind, die Nichtangepasstheit der Impulse an ihr Vorwissen nicht bemerkt haben. Im Gegensatz dazu scheint der Lernerfolg bei den Experten mit den novizenhaften Impulsen teilweise auf die spontanen Selbsterklärungen zurückführbar zu sein.

Bei den Novizen, die novizenhafte Impulse erhalten haben, deuten sich hingegen nur Zusammenhänge zwischen dem Lernerfolg und der Lernzeit für Impulse an.

Somit wird indirekt ein Effekt der novizenhafte Impulse auf den Lernerfolg bei Novizen aufgezeigt. Ein Effekt der expertenhaften Impulse auf das Lernergebnis zeigt sich bei diesen Analysen jedoch nicht.

## **7.5 Lernerfolg und Selbsterklären**

Die teilweise qualitative Auswertung der Datenbasis anhand der Protokolle des lauten Denkens der Beispielaufgabe ohne Impulse und der ersten Beispielaufgabe mit Impulsen zeigte, dass die Versuchspersonen in Abhängigkeit vom Expertisegrad unterschiedlich selbst erklären (Kap. 7.1). Da der Expertisegrad und die beiden Selbsterklärungsfaktoren der Beispielaufgabe ohne Impulse mit dem Lernerfolg korrelieren, wurde nun überprüft, ob vielleicht auch ein Zusammenhang zwischen den beiden Selbsterklärungsfaktoren der ersten Beispielaufgabe mit Impulsen und dem Lernerfolg vorliegt.

Wurden Korrelationen der Selbsterklärungsfaktoren mit dem Lernerfolg berechnet, bei den die Selbsterklärungsintensität kontrolliert worden ist, zeigten sich bezüglich der Selbsterklärungsfaktoren der ersten Beispielaufgabe mit Impulsen keine signifikanten Korrelationen. Das hängt vermutlich damit zusammen, dass in dieser Aufgabe bereits Impulse enthalten waren, die die Elaborationen der Versuchspersonen beeinflussten. Die Versuchspersonen werden zumindest versuchen, auf den Impuls einzugehen - wenn sie auch danach wieder wie gewohnt elaborieren. Aus diesem Grunde wäre es bei einer angemessen großen Versuchspersonenanzahl sinnvoll gewesen, die vier Experimentalgruppen getrennt voneinander hinsichtlich eines Zusammenhanges zwischen den Selbsterklärungsfaktoren und dem Lernerfolg zu untersuchen. Leider konnten aufgrund technischer Mängel einige Tonbandaufnahmen der ersten Beispielaufgabe mit Impulsen nicht transkribiert werden. Mit den verbleibenden 8 bzw. 9 Versuchspersonen pro Experimentalgruppe war eine sinnvolle statistische Auswertung nicht mehr gewährleistet. Somit konnten diese Zusammenhänge nicht mehr quantitativ untersucht werden.

Um analysieren zu können, inwiefern die Impulsgebung die Selbsterklärungen der Versuchspersonen beeinflusst, wurden zunächst T-Tests berechnet. Durch diese konnte überprüft werden, wie die Versuchspersonen auf die Impulse reagierten, und somit eine Aussage darüber gewonnen werden, ob sich die Versuchspersonen, die eher novizenhafte bzw. expertenhaft elaborieren aufgrund der Impulsgebung voneinander unterscheiden. Dazu wurde die Stichprobe nach dem Median ihrer Faktorwerte bezüglich des Selbsterklärens geteilt.

Die Ergebnisse des T-Tests zeigen, dass sich sowohl bei den expertenhaften als auch bei den novizenhaften Selbsterklärern Unterschiede aufgrund des Treatments ergeben. Bezüglich der novizenhaften Selbsterklärer ist der Unterschied auf dem 10%-Niveau signifikant und bezüglich der expertenhaften Selbsterklärer ist der Unterschied auf dem 5%-Niveau signifikant. Das bedeutet also, dass das Treatment einen signifikanten Einfluss auf das Selbsterklären der Versuchspersonen hat.

Um nun zu analysieren, wie sich das wiederum auf den Lernerfolg ausübt, wurden Korrelationen zwischen den beiden Selbsterklärungsfaktoren der ersten Beispielaufgabe mit Impulsen und dem Lernerfolg getrennt nach Treatment berechnet. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 7.12 dargestellt.

Tab.: 7.12: Korrelationen der Selbsterklärungsfaktoren der ersten Beispielaufgabe mit Impulsen mit dem Lernerfolg getrennt nach Treatment

		Lernerfolg			
		im	Faktenwissen	Problemlösen	Faktenwissen aufgrund Impulse
<b>Expertenhaftes Treatment</b>					
Faktor für „expertenhaftes Selbsterklären“		0,31 (p=0,21)	0,23 (p=0,36)	0,33 (p=0,20)	
Faktor für „novizenhaftes Selbsterklären“		0,14 (p=0,60)	0,13 (p=0,62)	0,16 (p=0,53)	
<b>Novizenhaftes Treatment</b>					
Faktor für „expertenhaftes Selbsterklären“		0,48 (p=0,05)	0,54 (p=0,03)	0,45 (p=0,07)	
Faktor für „novizenhaftes Selbsterklären“		0,45 (p=0,07)	0,37 (p=0,14)	0,28 (p=0,28)	

Zunächst fällt auf, dass die Korrelationen bezüglich des novizenhaften Treatments generell höher sind als beim expertenhaften Treatment. Anscheinend übt das novizenhafte Treatment einen höheren Einfluss auf das Selbsterklären aus als das experten hafte Treatment.

Bei genauerer Betrachtung fällt zudem auf, dass die expertenhaften Impulse eher einen Einfluss auf die Selbsterklärungen der Versuchspersonen zu haben scheinen, die expertenhaft elaborieren. Diese Versuchspersonen zeigen generell größere Korrelationen mit dem Lernerfolg, die jedoch nicht signifikant sind. Beim Lernerfolg im Faktenwissen kann hierbei annähernd von einer Tendenz gesprochen werden. Versuchspersonen, die trotz der expertenhaften Impulse eher novizenhaft elaborieren zeigen hingegen keine Korrelationen mit dem Lernerfolg, d.h. die Impulse hatten diesbezüglich keinen Einfluss.

Anders sieht es beim novizenhaften Treatment aus. Bezüglich des Faktenwissens zeigen sowohl Versuchspersonen, mit hohen Ladungen auf dem Faktor für novizenhaftes Selbsterklären als auch diejenigen mit hohen Ladungen auf dem Faktor für expertenhaftes Selbsterklären positive Korrelationen mit dem Lernerfolg im Faktenwissen. Versuchspersonen, die eher expertenhaft elaborieren, zeigen zudem wesentlich höhere positive Korrelationen mit dem Lernerfolg im Problemlösen.

Da die Selbsterklärungsintensität mit dem Lernerfolg im Faktenwissen ( $r=0,33$ ,  $p=0,05$ ) und dem im Problemlösen ( $r=0,36$ ,  $p=0,04$ ) korreliert ist es möglich, dass die oben genannten Korrelationen ausschließlich durch die Selbsterklärungsintensität zustande kommen. Aus diesem Grunde wurden zudem Partialkorrelationen berechnet, bei denen die Selbsterklärungsintensität der Versuchspersonen kontrolliert wird. Dabei brachen die Korrelationen weitestgehend zusammen. Sie sind also überwiegend nicht auf echte Beziehungen zwischen den Variablen zurückzuführen. Diese oben diskutierten Korrelationen kommen demnach also nur dadurch zustande, dass eine intensive Elaboration der Beispielaufgaben in der Regel mit einem höheren Lernerfolg einhergeht. Das bedeutet, dass die Impulse zu einer höheren Bearbeitungsintensität der Beispielaufgabe führen. Die Versuchspersonen stellen infolge der Impulse demnach mehr Selbsterklärungen an, was dann wiederum im Zusammenhang mit dem Lernerfolg steht.

Bei den Partialkorrelationen bleiben nur die Korrelationen zwischen dem Faktor für expertenhaftes Selbsterklären bei novizenhaften Impulsen und dem Lernerfolg im Problemlösen ( $r=0,35$ ;  $p=0,18$ ) und dem Lernerfolg im Faktenwissen aufgrund von Impulsen ( $r=0,37$ ;  $p=0,15$ ) tendenziell bestehen. Diese Korrelationen geben möglicherweise einen Hinweis darauf, dass die novizenhaften Impulse bei Versuchspersonen, die intensiv expertenhaft elaborieren, neben der reinen Intensitätserhöhung noch eine Qualitätssteigerung bewirken. Da sich diese Korrelationen aber nur in Tendenzen ausdrücken, und der Haupteffekt der

Impulse offensichtlich in einer Intensitätserhöhung liegt, soll an dieser Stelle auf eine weitergehende Diskussion verzichtet werden.

Die bisherigen statistischen Analysen haben gezeigt, dass Versuchspersonen, die mit Impulsen lernen, die ihrem Vorwissen angepasst sind, einen höheren Lernerfolg im Faktenwissen erreichen als Versuchspersonen, die mit Impulsen lernen, die nicht ihrem Vorwissen angepasst sind. Die gerade angeführten Analysen gehen nun aber noch einen Schritt weiter, indem sie das tatsächliche Elaborationsverhalten der Versuchspersonen mit einbeziehen. Die bisherigen Ergebnisse werden durch diese Analysen unterstützt.

## **7.6 Exemplarische Betrachtung einiger Schüleräußerungen auf Impulse hin**

Um einen Einblick zu bekommen, wie die Versuchspersonen in Abhängigkeit ihres Expertisegrades auf die unterschiedlichen Impulse reagieren, wird ein Blick in einige Transkripte der dritten Beispielaufgabe im Lehrgang geworfen. Es wird diese Aufgabe ausgewählt, da davon ausgegangen werden kann, dass sich eventuelle Anlaufschwierigkeiten seitens der Versuchspersonen im Umgang mit den Beispielaufgaben, den Impulsen und der Lernsituation spätestens bei der dritten Beispielaufgabe gelegt haben.

Zunächst werden Äußerungen auf expertenhafte und im Anschluss daran auf novizenhafte Impulse hin dargestellt.

Inhaltlich wird in der Aufgabe 3 der Entwicklungszyklus von Saugwürmern, genauer gesagt von *Leucochloridium sp.*, die damit verbundene Strategie, einen passenden Endwirt zu finden und somit auch der Einfluss biotischer Faktoren auf den Wirtswechsel thematisiert. *Leucochloridium sp.* vollzieht einen Wirtswechsel von Drosseln (Endwirt) zu Bernstein-schnecken (Zwischenwirt). Die Lernenden werden vor das Problem gestellt, wie der Innenparasit die Wahrscheinlichkeit erhöht, aus der Bernsteinschnecke in seinen Endwirt die Drossel zu gelangen. Nachdem im Lösungsweg geklärt worden ist, dass infizierte Bernsteinschnecken auffällig gefärbte und dicke Fühler besitzen, lautet der expertenhafte Impuls, der eine Schlussfolgerung anregen soll:

„Das könnte zur Folge haben, ...“.

Der Impuls zielt darauf ab, dass die infizierten Schneckenfühler aussehen wie Insektenlarven, weshalb sie dann auch von Drosseln damit verwechselt werden und diese die Fühler regelrecht abpflücken. Auf diese Weise gelangt der Parasit letztendlich in seinen Endwirt.

Zwei Versuchspersonen mit einem hohen Expertisegrad (S1 und S2) stellen auf diesen Impuls hin folgenden Selbsterklärungen an:

S<sub>1</sub>: *"Dass sie den Vögeln eher auffällt und eher von ihnen gefressen wird, da sie auch eher entdeckt wird. Außerdem könnte sie Probleme haben, sich zu bewegen und zu orientieren, was wiederum ein Vorteil für die fressenden Vögel wäre."*

Zum Teil sind die Schlüsse zu diesem Zeitpunkt verständlicherweise noch nicht in jedem Fall korrekt, wie die folgende Äußerung von S<sub>2</sub> zeigt.

S<sub>2</sub>: *"Sie von anderen Tieren nicht mehr gefressen wird? Ich meine es gibt doch so eine Art wie Warnfarben oder so. Vielleicht erkennen die Tiere, die Schnecken fressen, denn auch. Oh, die Schnecke ist infiziert. Irgendwie so. Zum Beispiel, dass Tiere Wespen nicht fressen, weil diese Warnfarben haben, dass die dann so auffällig sind wie diese Fühler, dass dann die Tiere denken, oh, die fresse ich lieber nicht, die sind infiziert."*

In den darauffolgenden Lösungstext ist einerseits das Bild einer infizierten Bernsteinschnecke integriert und andererseits im Text formuliert, dass die Fühler auffällig einer Insektenlarve ähneln. Auf den darauffolgenden Impuls:

„Wenn die Fühler aussehen wie Insektenlarven, dann ...“

stellt S<sub>2</sub> seinen "Denkfehler" auch fest und korrigiert seine Vorstellungen und äußert sein Verständnis.

S<sub>2</sub>: *"Ach so, dann lockt das vielleicht eher die Feinde an. Dann werden die eher gefressen als das sie gemieden werden und somit gelangen sie dann in die Wirbeltiere."*

Vpn. mit einem niedrigen Expertisegrad sind eher selten in der Lage richtige Schlussfolgerungen anzustellen. Auf den oben bereits genannten Impuls:

„Das könnte zur Folge haben, ...“

reagieren sie mit Äußerungen wie z.B.:

S<sub>3</sub>: *"Sich eine neue Art entwickelt, die so komische Fühler hat."*

Oder

S<sub>4</sub>: *"Dass sie eben nicht mehr Gegenstände so gut wahrnehmen können."*

Bei der Äußerung des S<sub>3</sub> wird leider auch eine Schwäche von Beispielaufgaben klar ersichtlich: Bei Fehlvorstellungen einer Schülerin bzw. eines Schülers, die unvermutet auftauchen, kann nicht sofort eingegriffen werden. Im Laufe der Lösung wird diese Versuchsperson zwar den richtigen Lösungsweg verfolgen und wahrscheinlich auch verstehen können, die geäußerte Fehlvorstellung über die Artentstehung kann jedoch leider nicht aufgegriffen und korrigiert werden.

Die folgenden Schüleräußerungen auf einen Impuls hin, der das Schlussfolgern auslösen soll, verdeutlichen das unterschiedliche Lernverhalten der Schülerinnen und Schüler mit umfangreichem bzw. geringerem biologischem Wissen. Im weiterführenden Lösungstext der "Schneckenampel" wird darauf hingewiesen, dass sich nicht nur das Aussehen der infizierten Schnecke verändert, sondern auch ihr Verhalten. Wie sich das Verhalten ändert, hinterfragt der folgende Impuls:

„Inwiefern müsste sich das Verhalten der Schnecke ändern, damit sie eher von einer Drossel gefunden werden kann?“

Ein Schüler mit einem hohen Expertisegrad äußert sich wie folgt dazu:

S<sub>5</sub>: *"Ah, sie müsste auf Bäumen herumkrabbeln, würde ich sagen, eine Gehirnwäsche, also müsste auf Bäumen herumkrabbeln oder die ganze Zeit im Freien sein, damit man sie auch gut sieht, ich meine die Dinger [die Schneckenfühler] leuchten ja nicht richtig."*

S<sub>5</sub> benutzt demnach sein Vorwissen über das normale Verhalten von Schnecken, um den Impuls zu bearbeiten. Bei Versuchspersonen mit einem niedrigen Expertisegrad kommt es eher zu Äußerungen wie folgt:

S<sub>6</sub>: *"Die Schnecke ist ganz normal eigentlich, ja relativ, die meisten jedenfalls, bräunlich, ein bisschen weiß, vielleicht Weinbergschnecke, keine Ahnung. Und,... würde man vielleicht nicht auf den ersten Blick gleich sehen, wenn sie unten irgendwo lang läuft oder lang kriecht auf der Erde. Aber, wenn sie jetzt eben diese schönen dicken Fühler hat, die dann wurstähnlich sind und die dann diese pulsierenden roten Augen und auch ihre pulsierenden Fühler und die dann so grünlichblau, ... Oh, das habe ich mir eigentlich ganz gut gemerkt, glaube ich. ... Dann findet die Drossel sie ja viel eher. ... Wenn sie eben auffällig ist."*

Oder:

S<sub>7</sub>: *"Die Schnecke müsste größer sein und auffälligere Farben haben, so dass sie sich nicht so tarnt."*

Lernende mit weniger Wissen beschreiben auf den Impuls hin eher die Abbildung der Schnecke als mögliche Verhaltensänderungen. Diese Schülerinnen bzw. Schüler gehen praktisch nicht auf die Frage nach dem Verhalten der Schnecke ein. Möglicherweise fehlt hier Vorwissen darüber, wie sich Schnecken normalerweise verhalten. Die Lernenden ziehen im Sinne des Impulses keine Schlussfolgerung, sondern wiederholen die Information, die ihnen mit der Beispielaufgabe bisher vermittelt wurde. Die Frage nach der Verhaltensänderung wird nicht thematisiert.

Im Folgenden soll ein Blick auf die novizenhaften Impulse geworfen werden:

Ein Impuls, der die Versuchspersonen anregen soll, die Abbildung der infizierten Bernstein-schnecke zu betrachten und mit den Informationen aus dem Lösungstext in Beziehung zu setzen, wird im Anschluss an das Bild eingefügt:

*"Die infizierte Schnecke erkennt man daran, dass ..."*

Die Äußerungen von Versuchspersonen mit einem niedrigen Expertisegrad umschreiben in der Regel die entsprechende Textpassage und beschreiben dann das Bild.

S<sub>8</sub>: *"Dass sie eben dicke Fühler hat und so komisch braune und grüne Farbringe, die wie wurstförmige Schläuche um die Fühler sind, so habe ich das zumindest verstanden. Und man kann es sehr genau erkennen, weil es halt so, weil die Farben so intensiv sind."*

Oder:

S<sub>9</sub>: *"Dass entweder ein oder zwei Fühler dicker, ja verdickt sind oder auffällig gefärbt und eben dick geworden sind wie eine Insektenlarve."*

Versuchspersonen mit einem hohen Expertisegrad gehen oft nicht sehr intensiv auf die Impulse ein und fühlen sich auch teilweise unterfordert, es folgen oft Äußerungen wie:

S<sub>10</sub>: *"Ja, das ist gerade im Satz vorher erwähnt worden, dass sie zwei auffällig gefärbte Fühler hat, die wie Insektenlarven aussehen."*

Äußerungen auf den Impuls

"Also, Schneckenampel, weil ...",

der das Paraphrasieren der zuvor dargestellten Informationen bei den Versuchspersonen auslösen soll, spiegelt das gerade beschriebene unterschiedliche Lernverhalten wieder:

Der gleiche Experte äußert sich dazu recht knapp:

*S<sub>10</sub>: "Weil es wie eine Ampel blinkt und deshalb aufgenommen wird."*

Die Novizen (S<sub>8</sub> und S<sub>9</sub>) umschreiben hingegen den Sachverhalt wesentlich ausführlicher:

*S<sub>8</sub>: "Weil dieser Schneckenfühler so dick wird und erst mal und dieser Parasit anscheinend so stark pulsiert in diesem Schneckenfühler, 40 bis 70 Mal in der Minute und dann sieht diese arme Schnecke eben aus wie eine Ampel und dann wird das auch noch abgezwickt, ist ja ekelhaft."*

*S<sub>9</sub>: "Ach so, weil der Fühler immer blinkt, weil die Schneckenfühler eben so pulsiert, und da blinkt das und dann kommen die Vögel und sind die da, schnappen sie nach diesem blinkenden Dingern und dann ist der Parasit im nächsten Wirt, ne dem Endwirt."*

Insgesamt betrachtet, stellen die Versuchspersonen, die entsprechend ihrem Vorwissen angeregt worden sind die erwünschten Selbsterklärungen an und gehen teilweise auch noch darüber hinaus. Versuchspersonen, die nicht ihrem Vorwissen gemäß angeregt worden sind, scheinen die Impulse tatsächlich zu kompensieren. Somit geben diese qualitativen Auswertungen einen Hinweis darauf, dass Lernende mit einem hohen Expertisegrad, die nicht entsprechend ihrem Vorwissen angeregt werden, kompensieren, indem sie sich Beispielaufgaben selbst erklären wie gewohnt und dass Lernende mit einem niedrigen Expertisegrad, die nicht entsprechend ihrem Vorwissen angeregt werden, kompensieren, indem sie sich Beispielaufgaben selbst erklären wie gewohnt.

## **7.7 Auswertung des Begleitfragebogens**

Mit dem Begleitfragebogen soll die Akzeptanz der Beispielaufgaben und der Selbsterklärungsimpulse hinterfragt werden sowie die Wahrnehmung der Versuchspersonen bezüglich ihres eigenen Lernfortschritts abgefragt werden. Die 18 Items wurden wie in Kap. 5.4.7 dargestellt nach inhaltlichen Gesichtspunkten additiv zusammengefasst. War eine Versuchsperson der Ansicht, eine Aussage trifft völlig zu, so wurde dieser Antwort der Wert 4 zugewiesen, der Antwort "trifft eher zu" 3, die Antwort "trifft kaum zu" der Wert 2 und der Antwort "trifft gar nicht zu" der Wert 1. Wurden beispielsweise 5 Items additiv zusammengefasst, so kann eine Versuchsperson für diese 5 Items demnach maximal einen Wert von (5 mal 4 gleich) 20 zugewiesen bekommen. Insgesamt wurde dieser Fragebogen fünfmal vorgegeben, jeweils nach der Bearbeitung von zwei Beispielaufgaben. Da die Versuchspersonen den Fragebogen in den fünf Situation im Wesentlichen sehr ähnlich beantwortet haben, wurden für die folgende Auswertung die fünf Fragebögen zusammengefasst. Beim Zusam-

menfassen von 5 Items ergab sich somit letztendlich ein Minimalwert von 25 und ein Maximalwert von 100 für diese Itemkategorie.

Insgesamt ergibt die deskriptive Auswertung des Begleitfragebogen ein positives Bild der Lernenden bezüglich des Lernens mit dem Beispielaufgaben und den integrierten Impulsen: 85% der Versuchspersonen hat ihren eigenen Lernfortschritt als positiv wahrgenommen, d.h. sie waren mit ihrem Lernen zufrieden und sie glaubten, sich das Wichtigste gemerkt sowie verstanden zu haben und das Erlernete in neuen Situationen anwenden zu können.

Auch haben 77% der Versuchspersonen die Beispielaufgaben als nützlich und interessant empfunden. In den entsprechenden Items ging es darum, ob die Beispielaufgaben als interessant empfunden wurden, ob sie helfen die Natur zu verstehen und ob das Gelernte für das Leben als nützlich empfunden wurde.

Die Lernimpulse wurden von 93% der Lernenden im Wesentlichen als hilfreich und nicht störend empfunden. Die entsprechenden Items fragten danach, ob die Impulse zum Nachdenken anregen und ob sie helfen, das Wesentliche zu verstehen. Im Gegensatz dazu waren nur 27% der Meinung, dass die Impulse eher stören und den Gedankengang unterbrechen<sup>15</sup>.

Zudem waren 81% der Versuchspersonen der Meinung, dass die Beispielaufgabenlösung bei Verständnisproblemen half. Außerdem war 93% der Versuchspersonen der Meinung, dass sie ihr Lernen relativ frei gestalten konnten, und 73 % glaubt, dass die Beispielaufgaben helfen können, eine gute Biologienote zu bekommen

Im Folgenden wird untersucht, ob es nennenswerte Unterschiede zwischen Experten und Novizen und zwischen expertenhaften und novizenhaften Treatment bezüglich des Begleitfragebogens gibt.

Beim Vergleich des novizenhaften Treatments mit dem expertenhaften Treatment zeigten sich zunächst wie auch beim Vergleich von Novizen mit Experten keine signifikanten Unterschiede.

Werden die Item-Werte innerhalb der Experimentalgruppen miteinander verglichen, zeigen sich hierbei zunächst nur bei den Experten interessante Ergebnisse. Experten mit novizenhaften Impulsen (34%) empfinden die Impulse als störender als Experten mit expertenhaften Impulsen (23%;  $p=0,09$ ). Trotzdem sind die Experten mit den novizenhaften Impulsen (89%;  $p=0,01$ ) mit ihrem eigenen Lernen zufriedener und glauben eher als Experten mit expertenhaften Impulsen (83%;  $p=0,09$ ) das Wichtigste gelernt und verstanden zu haben. Interessanterweise unterscheiden sich die beiden Novizengruppen diesbezüglich nicht ( $p=0,60$ ).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass das Lernmaterial von den Versuchspersonen im Durchschnitt positiv bewertet worden ist. Das gilt sowohl für das Lernen an sich als auch für die Nützlichkeit und Interessanztheit der Inhalte. Mit dem Lernen waren die Versuchspersonen im Durchschnitt zufrieden. Der Hypothese Nr. 12, dass Lernende, die

Lernimpulse erhalten, die ihrem Vorwissen angepasst sind, diese Impulse als lernförderlich und nicht störend empfinden, kann aufgrund der genannten Ergebnisse zugestimmt werden. Im Detail zeigt sich, dass die Experten mit novizenhaften Anregungen sich durch die Impulse eher gestört gefühlt haben, als die Experten mit expertenhaften Impulsen. Der Hypothese Nr.13, dass Lernende, die Lernimpulse erhalten, die ihrem Vorwissen nicht angepasst sind, die Lernimpulse als wenig lernwirksam und als eher störend empfinden, kann somit für die Experten bejaht werden.

Das könnte daraufhin deuten, dass die Experten bemerkt haben, dass die novizenhaften Impulse nicht ihrem Vorwissen angepasst sind oder zumindest den eigenen Lernprozess nicht fördern. Etwas paradox scheint dann aber zunächst das Ergebnis, dass die Experten mit den novizenhaften Impulsen mit ihrem Lernen stärker zufrieden waren als die Experten mit den expertenhaften Impulsen. Möglicherweise haben bei den Experten die novizenhaften Impulse bewirkt, dass sie sich stärker mit einzelnen Abschnitten beschäftigen mussten, die sie ansonsten vielleicht oberflächlicher elaboriert hätten.

## **7.8 Diskussion und Zusammenfassung**

Die Ergebnisse dieses Kapitels zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler in einem gewissen Umfang bereits dem Vorwissen angepasst selbst erklären können. Die vorwissensabhängigen Impulse wirken sich auf den Lernerfolg im Faktenwissen positiv aus. Eine Wirkung auf den Lernerfolg im Problemlösen ist nicht eindeutig nachweisbar. Versuchspersonen, die entsprechend ihrem Vorwissen Selbsterklärungsimpulse erhalten haben, stellen in der Regel die erwünschten Selbsterklärungen an. Im Gegensatz dazu stellen Versuchspersonen mit wenig Vorwissen, die Impulse für viel Vorwissen erhalten haben, trotz der Impulse eher novizenhafte Selbsterklärungen an. Hingegen gehen Versuchspersonen mit viel Vorwissen, die Impulse für wenig Vorwissen erhalten haben, nicht sehr intensiv auf die Impulse ein und elaborieren zusätzlich expertenhaft. Das Lernmaterial samt der Lernimpulse ist von den Versuchspersonen in der Regel positiv aufgenommen worden, die Lerngruppen waren mit ihrem Lernen zufrieden. Lediglich Experten mit novizenhaften Anregungen fühlten sich eher durch die Impulse gestört als Versuchspersonen der anderen Experimentalgruppen.

Im Folgenden sollen die einzelnen Ergebnisse zusammenfassend diskutiert werden.

Zunächst kann festgehalten werden, dass Schülerinnen und Schüler der 9. Klasse ansatzweise bezüglich der verwendeten Selbsterklärungskategorien im Abhängigkeit ihres Vorwissens ähnliches Lernverhalten wie die Versuchspersonen mit Oberstufenniveau aus der Untersuchung von Lind und Sandmann (2003) zeigen. Die faktoranalytische Auswertungen ergeben jeweils eine Zwei-Faktorenlösung (Kap. 7.1). Dabei können die Selbsterklärungsfaktoren, die auf einen der beiden Faktoren laden als novizenhaft bzw. expertenhaft inter-

---

<sup>15</sup> Wird von anderen Items hinterfragt!

pretiert werden, da sich entsprechende Zusammenhänge mit dem Vorwissen aufzeigen lassen. Zu den typischen novizenhaften Elaborationen zählen demnach das "Paraphrasieren", das "noch einmal lesen", die "Beziehungssuche im Text" und die "Beziehungssuche zwischen Text und Graphik". Typische expertenhafte Elaborationen zeichnen sich hingegen eher durch das "Schlussfolgern", die "antizipatorische Vorgehensweise" und dem "Abruf von Vorwissen" aus. Diese Typisierung der Selbsterklärungen ist vergleichbar mit der von Kroß und Lind (2001). Lediglich die Kategorie "Wissensabruf aus Text" lässt sich nicht wie bei Kroß und Lind eindeutig der novizenhaften Vorgehensweise zuordnen. Die Ursache hierfür liegt aber vermutlich eher in der unterschiedlichen Struktur der Beispielaufgaben begründet. Somit widersprechen diese Ergebnisse den Ansichten von Chi (2000), dass das Selbsterklären weitestgehend vorwissensunabhängig sei. Die Ergebnisse stützen vielmehr die Schlussfolgerungen von Lind, Friege, Kleinschmidt und Sandmann (zur Veröffentlichung eingereicht), dass das Vorwissen beim Lernen mit Beispielaufgaben, genauer gesagt beim Selbsterklären der Beispielaufgaben, eine entscheidende Rolle spielt. Das Vorwissen wirkt sich hierbei sowohl auf die Qualität als auch auf die Quantität der generierten Selbsterklärungen aus.

Weiterhin zeigt sich in den Analysen immer wieder ein klarer Expertiseeffekt, d.h. Versuchspersonen unterscheiden sich in den Lernzeiten und im Lernerfolg aufgrund ihres Expertisegrades. Bezüglich der Lernzeiten zeigt sich der Expertiseeffekt in der Gesamtbearbeitungszeit für den Lehrgang. Experten bearbeiten den Beispielaufgabenlehrgang länger als Novizen. Da Experten mehr Vorwissen aufweisen, können sie häufiger Verknüpfungen mit dem Vorwissen aufbauen und vermehrt Elaborationen anstellen, die über den Text hinausgehen (Kap. 7.2.1). Außerdem zeigt sich der Expertiseeffekt in den Lernergebnissen: Je höher der Expertisegrad einer Versuchsperson ist, desto größer der Erfolg sowohl im Faktenwissen als auch im Problemlösen (Kap. 7.3.1). Der Expertisegrad spielt demnach eine wesentliche Rolle bei der Bearbeitung der Beispielaufgaben, was sich wiederum auf den Lernerfolg auswirkt.

Aufgrund dieses vermuteten Einflusses des Expertisegrades auf die Elaborationen und den Lernerfolg, wurde kein isolierter Treatmenteffekt erwartet. Vielmehr zeigt sich eine Wechselwirkung zwischen Treatment und Expertisegrad derart, dass Versuchspersonen, die ihrem Expertisegrad entsprechend angeregt worden sind, sowohl intensiver als auch qualitativ hochwertiger elaborieren. Dieses Verhalten sollte sich folglich auch auf den Lernerfolg auswirken.

Was haben nun aber die Impulse zur Steigerung der Selbsterklärungsqualität bei den Versuchspersonen bewirkt?

Zunächst fällt auf, dass die Lernimpulse offensichtlich die Lernaktivität der Lernenden gesteigert haben. Beim Vergleich der Lernzeiten aller Versuchspersonen der Experimentalgruppen mit den Lernenden der "Kontrollgruppe" zeigt sich ein deutlicher Effekt der Impulse. Versuchspersonen der Experimentalgruppen verwendeten mehr Zeit für die Bearbeitung der Beispielaufgaben und für das Selbsterklären als die Personen der "Kontrollgruppe". Hierin zeigt sich ein intensitätssteigernder Effekt des Treatments bezüglich der Elaborationen.

Effekte der vorwissensangepassten Impulse zeigen sich sowohl im Lernerfolg als auch in den Lernzeiten. Die Ergebnisse der verschiedenen Analysen vermitteln letztendlich das Bild,

dass die vorwissensangepassten Impulse sich positiv auf den Lernerfolg im Faktenwissen auswirken. Beide Experimentalgruppen, die mit Impulsen gelernt haben, die ihrem Expertisegrad angemessen waren, zeigen höhere Lernerfolge im Faktenwissen im Vergleich zu den Experimentalgruppen, die mit Impulsen gelernt haben, die nicht ihrem Expertisegrad angemessen waren. Die entsprechende Varianzanalyse zeigt erwartungsgemäß eine signifikante Wechselwirkung zwischen dem Expertisegrad und dem Treatment (Kap.7.3.2). Insgesamt erhält man das gleiche Ergebnis auch für den Lernerfolg im Faktenwissen aufgrund von novizenhaften Impulsen (Kap.7.3.3). Im Gegensatz dazu lässt sich für den Lernerfolg im Problemlösen jedoch weder ein Treatmenteffekt noch eine Wechselwirkung nachweisen. Hier zeigt sich einzig und allein der Expertiseeffekt: Experten erzielen größere Lernerfolge im Problemlösen als Novizen (Kap.7.3.4). Auf dieses unerwartete Ergebnis wird an späterer Stelle in diesem Kapitel noch einmal eingegangen werden.

Auswirkungen der Impulse spiegeln sich auch teilweise in den Lernzeiten für die Impulse wieder: Experten mit expertenhaften Impulsen verwendeten mehr Lernzeit auf die Impulse hin als Experten, die mit novizenhaften Impulsen gelernt haben. Das spricht dafür, dass der Wirkung der Impulse auf den Lernerfolg im Faktenwissen ein reiner Intensitätseffekt zugrunde liegen könnte: Lernende, die viel elaborieren, lernen auch mehr. Die Korrelationen der Lernzeiten mit dem Lernerfolg bei den Novizen, die mit novizenhaften Impulsen gelernt haben sprechen ebenfalls dafür. Ihre verwendete Lernzeit für Impulse korreliert mit dem Lernerfolg im Problemlösen. Die entsprechende Korrelation mit dem Lernerfolg im Faktenwissen verfehlt allerdings das Signifikanzniveau von 10%. Interessanterweise zeigte sich bei den Novizen dieser Unterschied bezüglich der Lernzeiten für Impulse nicht, d.h. sie verwendeten gleich viel Zeit auf expertenhafte wie auf novizenhafte Impulse.

Dieses Ergebnis leitet zu einer weiteren Frage über: Wie reagieren die Versuchspersonen auf Impulse, die nicht ihrem Expertisegrad angemessen sind?

Das oben genannte Ergebnis deutet darauf hin, dass Novizen bei expertenhaften Impulsen gar nicht zur Kenntnis nehmen, dass diese Impulse nicht ihrem Vorwissen angemessen sind. Folglich fühlen sie sich nicht überfordert und elaborieren wie sie es gewohnt sind. Eine solche Deutung wird indirekt durch die fehlenden Korrelationen zwischen den Lernzeiten mit dem Lernerfolg unterstützt: Es wurden weder Korrelationen zwischen dem Lernerfolg und der Zeit für spontane Selbsterklärungen noch für den Lernerfolg und der Lernzeit für Impulse gefunden. Hätten die Novizen die Nichtangepasstheit der expertenhaften Impulse in irgendeiner Weise zur Kenntnis genommen, hätte sich das in den Korrelationen derart zeigen müssen, dass entweder die Zeit für spontane Selbsterklärungen positiv oder die Lernzeit für Impulse negativ mit dem Lernerfolg korreliert. Auch die Auszüge aus den Protokollen des lauten Denkens unterstützen diese Vermutung, da zumindest die betrachteten Versuchspersonen auf die expertenhaften Impulse hin nicht die gewünschten Elaborationen sondern eher novizenhafte wie z.B. Paraphrasierungen anstellten (vgl. Kap. 7.6). Die Auswertung des Begleitfragebogens zeigt zudem, dass sie die expertenhaften Impulse als nicht störend empfunden haben und mit ihrem Lernen im Großen und Ganzen zufrieden waren. Durch die Impulse, die nicht ihrem Vorwissen angepasst waren, fühlten sie sich demnach offensichtlich nicht überfordert, sondern unterlagen schlichtweg einer Verständnisillusion. Diese Verständnisillusion wurde bereits des öfteren bei bisher durchgeführten Trainingsstudien zum Selbst-

erklären beobachtet und als allgemeines Problem beim Lernen mit Beispielaufgaben thematisiert (vgl. Kap.3.2.2). Vermutlich unterliegen Lernende eher einer Verständnisillusion, wenn die Anregungen zum Selbsterklären nicht ihrem Vorwissen angepasst sind. Somit wäre die Berücksichtigung des Vorwissens bei Trainingsmaßnahmen dieser Art insbesondere bei Lernenden mit wenig Vorwissen von großer Bedeutung.

Werden hingegen die Experten betrachtet, fällt auf, dass sie sich auf expertenhafte Impulse hin länger äußern als auf novizenhafte Impulse. Das legt die Deutung nahe, dass sie zu den novizenhaften Impulsen nicht so viel zu sagen hatten, da sie die entsprechenden Elaborationen bereits beim Lesen selbst angestellt haben. Eine solche Interpretation ließe sich durch eine erhöhte Anzahl der spontanen Selbsterklärungen verifizieren, da die für ein tieferes Verständnis nötigen Elaborationen durch zusätzlich spontane Selbsterklärungen generiert werden würden. Indizien dafür finden sich tatsächlich in den Lernzeiten, die für spontane Selbsterklärungszeiten aufgewendet wurden: Experten mit novizenhaften Impulsen elaborieren tendenziell länger als die anderen Experimentalgruppen, das heißt, sie erklärten auch länger spontan selbst als Experten, die expertenhafte Impulse erhielten. Einen weiteren Hinweis auf dieses Kompensationsverhalten der Experten mit novizenhaften Impulsen gibt auch die positive Korrelation zwischen dem Lernerfolg im Faktenwissen und der Lernzeit für spontane Selbsterklärungen (Kap.7.4). Offenbar kompensieren die Experten die nicht angemessenen Impulse, indem sie zusätzliche Selbsterklärungen generieren, kommen aber trotzdem nicht an die "richtig" angeregten Experten heran, was sich deutlich im Lernerfolg im Faktenwissen zeigt (Kap. 7.3.2). Die Auswertung des Begleitfragebogens zeigt zudem, dass sich die novizenhaft angeregten Experten eher von den Impulsen gestört fühlten, als Experten mit expertenhaften Impulsen. Es deutet somit einiges darauf hin, dass sie bemerkt haben, dass die Impulse ihnen im Lernprozess zunächst nicht sonderlich hilfreich waren. Dass dieses Elaborationsverhalten nicht generell auf die novizenhaften Impulsen zurückzuführen ist, zeigt sich darin, dass Novizen mit novizenhaften Impulsen deutlich weniger spontan selbst erklären als Experten mit den novizenhaften Impulsen. Einen weiteren Hinweis auf das Kompensationsverhalten der Experten bei nichtangepassten Impulsen findet sich auch in den Auszügen der Protokolle des lauten Denkens der 3. Beispielaufgaben im Lehrgang wieder (vgl. Kap.7.6): Die Experten bearbeiten die novizenhaften Impulse nur kurz und gehen eher in ihre Elaborationen häufiger über die angeregte Selbsterklärung hinaus. Die Novizen setzen sich hingegen in der Regel recht intensiv mit den novizenhaften Impulsen auseinander.

Unterstützt werden die bisherigen Überlegungen durch die Korrelationsanalysen der Faktoren für novizenhaftes oder expertenhaftes Selbsterklären mit dem Lernerfolg in Abhängigkeit vom Treatment. Es zeigen sich keine Korrelationen zwischen dem Faktor für novizenhaftes Selbsterklären mit dem Lernerfolg beim expertenhaften Treatment. Das spricht wiederum dafür, dass die expertenhaften Impulse keine Wirkung bei den Lernenden zeigen, die eher novizenhaft elaborieren. Die anderen Korrelationen, die sich zwischen den Selbsterklärungsfaktoren und dem Lernerfolg in Abhängigkeit vom Treatment zeigen, brechen zusammen, wenn die Selbsterklärungsintensität kontrolliert wird. Nur die Korrelationen zwischen dem Faktor für expertenhaftes Selbsterklären und dem Lernerfolg im Problemlösen

und im Faktenwissen aufgrund von Impulsen bei novizenhaftem Treatment bleiben tendenziell bestehen. Möglicherweise verbirgt sich hinter diesen Korrelationen ein Hinweis darauf, dass diese Impulse mehr als nur eine reine Intensitätserhöhung bewirken. Da diese Korrelationen aber nicht signifikant sind und auf den Tests von nur 9 Versuchspersonen basiert, sollen diese Korrelationen hier nicht weitergehend interpretiert werden. Der Haupteffekt der Impulse scheint damit offenbar lediglich in einer Erhöhung der Elaborationsaktivität zu liegen.

Zusammenfassend kann formuliert werden, dass sich die vorwissensangepassten Impulse positiv auf den Lernerfolg im Faktenwissen auswirken, indem sie die Elaborationsaktivität der Lernenden erhöht. Novizen, die mit expertenhaften Impulsen lernen, bemerken die Nichtangepasstheit der Impulse nicht und elaborieren wie gewohnt. Folglich zeigen sie einen geringeren Lernerfolg im Faktenwissen als Novizen, die mit der Unterstützung der novizenhaften Impulse gelernt haben. Experten, die mit novizenhaften Impulsen gelernt haben, kompensieren die Nichtangepasstheit der Impulse, indem sie die noch nötigen Elaborationen durch spontane Selbsterklärungen anstellen. Diese reichen jedoch nicht aus, um den gleichen Erfolg im Faktenwissen zu erlangen, wie Experten, die mit Hilfe der ihnen angepassten Impulse gelernt haben.

Die Wirkung der vorwissensangepassten Impulse kann damit erklärt werden, dass den Novizen die Entscheidung abgenommen wird, welches Faktenwissen wichtig für den momentanen Lernprozess ist. Den Experten werden hingegen Möglichkeiten für über den Text hinausgehende Elaborationen aufgezeigt. Beide Gruppen lernen somit aufgrund der vorwissensangepassten Impulse gezielter.

Den Novizen mit expertenhaften Impulsen wird die Entscheidung, welches Wissen bedeutsam, ist nicht abgenommen. Folglich schneiden sie im Faktenwissen von allen Gruppen erwartungsgemäß am schlechtesten ab. Experten, die mit novizenhaften Impulsen gelernt haben, werden hingegen die zahlreichen Vernetzungsmöglichkeiten der neuen Informationen nicht so gut aufgezeigt, wie es die expertenhaften Impulse bei den Experten ermöglichen. Folglich weisen sie weniger Faktenwissen auf als die andere Expertengruppe.

Die Ergebnisse bezüglich des Lernerfolges im Faktenwissen in Abhängigkeit vom Treatment entsprechen im Wesentlichen den Erwartungen und lassen sich sinnvoll interpretieren. Unerwarteter Weise zeigt sich jedoch kein Effekt der Impulse auf das Problemlösen.

Die Ergebnisse zeigen eindeutig, dass der Lernerfolg im Faktenwissen positiv mit dem Lernerfolg im Problemlösen korreliert und dass die vorwissensangepassten Impulse das Faktenwissen erhöht haben. Somit wäre zu erwarten, dass Versuchspersonen, die aufgrund der vorwissensangepassten Impulse viel Faktenwissen aufgebaut haben auch mehr Erfolg im Problemlösen zeigen als die entsprechenden Experimentalgruppen, die mit nichtangepassten Impulsen gelernt haben. Dieser Effekt bleibt jedoch aus. Anscheinend reicht es demnach nicht aus, durch die Beispielaufgaben nur das nötige Faktenwissen zu vermitteln. Vermutlich wirkt sich das vermittelte Faktenwissen nicht direkt auf das Problemlösen aus. Zu ähnlichen Schlussfolgerungen kommen auch Lind und Sandmann (2004). In ihren Untersuchungen zeigte sich, dass das Vorwissen der Versuchspersonen sich eher indirekt auf die

Problemlösekompetenz ausübte. Das Vorwissen an sich würde zwar prinzipiell zur erfolgreichen Problemlösung ausreichen, doch bei der teilweise sehr umfangreichen Übertragung und Anwendung des neuen Wissens auf eine neue Situation sind die meisten Lernenden noch überfordert. Ihrer Meinung nach steigt die Erfolgswahrscheinlichkeit erst dann, wenn relativ viel aufgabenspezifisches Wissen vorhanden ist. Dieses aufgabenspezifische Wissen erlangt der Lernende schlichtweg durch Übung entsprechender Aufgaben, so dass die Wissensbasis immer stärker vernetzt wird und auch in komplexen Aufgabensituationen abrufbar ist.

Bezüglich der Novizen in dieser Studie, die mit Hilfe der novizenhaften Impulse entsprechendes Faktenwissen aufgebaut haben bedeutet das, dass in ihrem Fall nur zwei Beispielaufgaben zur Vermittlung eines Lösungsschemas noch nicht ausgereicht haben, um das nötige aufgabenspezifische Wissen zu vermitteln. Bezüglich der Experten lassen sich die Ergebnisse aber nicht ohne Weiteres in gleicher Weise interpretieren. Beim Lernerfolg im Problemlösen zeigte sich ein deutlicher Expertiseeffekt derart, dass Experten wesentlich besser im Problemlösetest abschnitten als Novizen. In diesem Kontext ließe das den Schluss zu, dass bei den beiden Expertengruppen zwei Beispielaufgaben wahrscheinlich ausreichen, um das nötige aufgabenspezifische Wissen zu vermitteln. Dass sich die beiden Expertengruppen sich bezüglich des Problemlösens jedoch nicht wie erwartet aufgrund des Treatments unterschieden, wäre demnach also darauf zurückzuführen, dass die expertenhaften Impulse sich nicht direkt positiv auf die Problemlöseleistungen auswirken.

Somit kann abschließend festgehalten werden, dass sich vorwissensabhängige Impulse ausschließlich direkt auf das Faktenwissen ausüben. Für ein Steigern der Problemlösekompetenz, insbesondere bei den Novizen, muss neben der Vermittlung des reinen Faktenwissens auch aufgabenspezifisches Wissen durch gezielte Übung vermittelt werden.



## 8 Ergebnisse bezüglich der Einflussfaktoren

In diesem Kapitel wird untersucht, ob die per Fragebogen erhobenen Variablen zu den Belief-Systems (Kap. 8.1) und zur Motivationsregulation (Kap. 8.2) einen Einfluss auf den Trainingseffekt der Selbsterklärungsimpulse haben. Zu diesem Zweck werden die jeweiligen Fragebögen zunächst per Faktorenanalyse analysiert um dann mögliche Zusammenhänge der ermittelten Variablen mit dem Lernerfolg, dem Selbsterklärungsverhalten und dem Trainingseffekt zu ermitteln. Im Kapitel 8.3. wird der Frage nach möglichen Lernprofilen nachgegangen und welche Variable die größte Vorhersagekraft für den Lernerfolg aufweist. Die Ergebnisse dieses Kapitels werden im letzten Abschnitt (Kap. 8.4) zusammengefasst und diskutiert.

### 8.1 Auswertung des Beliefsfragebogen

Der Fragebogen zu den Belief-Systems wurde von allen Versuchspersonen am vierten Versuchstag bearbeitet. Von den 23 Items wurden die Items 6,7, 29, 36 und 37 jeweils einmal nicht bzw. ungültig bearbeitet. Im Folgenden wird zunächst die Auswertung des Fragebogens durch eine Faktorenanalyse vorgestellt, um mögliche Dimensionen bezüglich der Belief-Systems zu erhalten. Darauf aufbauend werden mögliche Zusammenhänge zwischen dem Lernerfolg und den Belief-Systems untersucht und dann deren möglicher Einfluss auf den Trainingserfolg überprüft. Ergänzend dazu werden mögliche Zusammenhänge zwischen dem Selbsterklärungsverhalten und den Belief-Systems analysiert.

Die Auswertung erfolgte zunächst durch eine Faktorenanalyse nach der Hauptkomponentenmethode. Die Faktoren wurden schiefwinklig rotiert (oblimin), da nach Songer und Linn (1991) nicht ohne weiteres davon ausgegangen werden kann, dass die zu extrahierenden Dimensionen unabhängig voneinander sind. Die Faktorenanalyse ergibt zwei Faktoren, die zusammen 38,0% (Faktor 1: 23,9%, Faktor 2: 14,1%) der Gesamtvarianz erklären. Die beiden Faktoren korrelieren leicht miteinander ( $r = 0,22$ ). Die Verteilung der Items auf die beiden Faktoren ist in Tab. 8.1 dargestellt. Vier Items wurden für die Endlösung ausgeschlossen, da sie keinem der beiden Faktoren der Endlösung eindeutig zuzuordnen waren.

Tab. 8.1: Rotierte Strukturmatrix der Hauptkomponentenanalyse der Items aus dem Belief-Systems-Fragebogen (die Zuordnung zu einem der beiden Faktoren ist durch Fettdruck hervorgehoben).

Item	Faktor I	Faktor II
Nr. 9. Beim Biologielernten sollte man sein Wissen an neuen Aufgaben ausprobieren.	<b>0,67</b>	0,00
Nr.16 Biologie ist nützlich, weil man damit Vieles im Alltag erklären kann, was einem im Alltag begegnet.	<b>0,66</b>	<b>-0,37</b>
Nr. 14 Ein guter Weg Biologie zu lernen, ist möglichst viele Fachbegriffe und Merksätze zu lernen.	<b>-0,60</b>	-0,16
Nr.19 Wenn ich eine schlechte Note in Biologie bekomme, liegt es daran, dass ich die falschen Sachen auswendig gelernt habe.	<b>-0,57</b>	<b>0,27</b>
Nr.10 Wenn man Biologie verstehen will, muss man eine besondere Begabung mitbringen.	<b>-0,53</b>	<b>0,27</b>
Nr.4 Wenn ich eine gute Note in Biologie bekomme, liegt das daran, dass ich mich für Biologie interessiere.	<b>0,52</b>	<b>-0,50</b>
Nr.11 Um Biologie zu lernen, ist es gut, sich den Zusammenhang zwischen den Inhalten der einzelnen Biologiestunden klar zu machen.	<b>0,49</b>	0,00
Nr.12 Es verwirrt nur, wenn man die Inhalte der einzelnen Biologiestunden mit dem in Verbindung bringt, was man bereits weiß.	<b>-0,48</b>	<b>0,32</b>
Nr.8 Für eine gute Note in Biologie reicht es aus, alle Begriffe und Merksätze, die an der Tafel standen, zu lernen.	<b>-0,44</b>	0,17
Nr.20 Wenn ich eine schlechte Note in Biologie bekomme, liegt das daran, dass ich nicht besonders begabt für Biologie bin.	<b>-0,42</b>	<b>0,26</b>
Nr.17 Die Biologie in der Schule hat wenig mit meinem Leben außerhalb der Schule zu tun.	<b>-0,32</b>	<b>0,82</b>
Nr.3 Wenn ich eine gute Note in Biologie bekomme, liegt das daran, dass mir Biologie leicht fällt. Ich muss dafür nicht viel arbeiten.	0,00	<b>-0,78</b>
Nr.18 Im Biologieunterricht behandeln wir oft Probleme aus dem Alltag.	0,00	<b>-0,70</b>
Nr.5 Wenn ich eine gute Note in Biologie bekomme, habe ich zum Glück genau das auswendig gelernt, was gefragt wurde.	-0,15	<b>0,60</b>
Nr.2		

Wenn ich eine gute Note in Biologie bekomme, liegt das daran, dass ich das Prinzip des biologischen Stoffes verstanden und anwenden kann. **0,20** **-0,53**

Nr.13

Zwischen den einzelnen Themen im Biologieunterricht besteht eigentlich kaum ein Zusammenhang. **-0,31** **0,33**

Lernende, die hohe Faktorwerte bezüglich des ersten Faktors aufweisen zeichnen sich demnach dadurch aus, dass sie ihre Biologieleistungen eher auf Interesse und Prinzipverständnis als auf Glück oder Begabung zurückführen. Sie sind nicht der Ansicht, dass es beim Biologielernen reicht, ausschließlich Merksätze und Fachbegriffe auswendig zu lernen. Wenn sie Biologie lernen, üben sie gerne an neuen Aufgaben und vernetzen die Inhalte der einzelnen Biologiestunden miteinander. Biologie hat ihrer Meinung nach durchaus etwas mit ihrem Alltag zu tun. Im Großen und Ganzen stimmt somit dieser Faktor inhaltlich mit dem überein, was Songer und Linn als "dynamische Beliefs" bezeichnen.

Lernende, die hohe Faktorwerte bezüglich des zweiten Faktors aufweisen sind eher dadurch charakterisiert, dass sie weniger gute Biologieleistungen auf mangelnde Begabung, Desinteresse, zu wenig Glück und mangelndes Prinzipverständnis zurückführen. Ihrer Meinung nach reicht es aus, nur Merksätze und Fachbegriffe auswendig zu lernen. Ihrer Meinung nach besteht kaum ein Zusammenhang zwischen den einzelnen Biologithemen und das Vernetzen neuer Inhalte mit dem bisherigen Wissen verwirrt sie nur. Der Biologieunterricht weist für sie kaum Alltagsbezüge auf und hilft somit auch nicht, Probleme aus dem Alltag zu bewältigen. Somit kann dieser Faktor zusammenfassend als "statische Beliefs" bezeichnet werden. Da sich diese beiden Faktoren bezüglich des Lernverhaltens und der Erfolgsattribution stark unterscheiden, ist zu erwarten, dass beide Faktoren unterschiedlich mit den Variablen zum Elaborationsverhalten, dem Expertisegrad und zum Lernerfolg zusammenhängen.

Um mögliche Zusammenhänge der beiden Hauptkomponenten mit dem Selbsterklärungsverhalten zu finden, wurden diesbezüglich Korrelationen nach Pearson berechnet. Aus der in Tab. 8.2 zusammengefassten Ergebnisse ergibt sich folgendes Bild:

Tab.: 8.2 Korrelationen der zwei Hauptkomponenten mit den verschiedenen Variablen bezüglich des Selbsterklärungsverhaltens (\*p < 0,05).

	"dynamische Beliefs"	"statische Beliefs"
Gesamtlernzeit	-0,14	0,27
Lernzeit für Impulse	-0,12	0,29
Lernzeit für spontane Selbsterklärungen	0,07	-0,22
Faktor für expertenhaftes Selbsterklären	<b>0,40*</b>	-0,13
Faktor für novizenhaftes Selbsterklären	0,07	0,07

Zwischen den verschiedenen Variablen des Selbsterklärungsverhaltens und den beiden Hauptkomponenten zeigen sich kaum Zusammenhänge. Einzig der Faktor für expertenhaftes Selbsterklären korreliert signifikant positiv mit der Komponente "dynamische Beliefs". Diese Korrelation bleibt auch bestehen, wenn die Selbsterklärungsintensität kontrolliert wird ( $r = 0,31$ ;  $p = 0,09$ ). Diese Korrelation ist insofern erklärbar, als dass sich das expertenhafte Selbsterklären durch Elaborationen auszeichnet, die über den Text hinaus gehen. Dieses Lernverhalten dient auch einer weiteren Vernetzung der Inhalte, was wiederum charakteristisch für den Faktor der "dynamischen Beliefs" ist. Der fehlende Zusammenhang zwischen dem Faktor "statische Beliefs" und dem Selbsterklärungsverhalten ist verständlich, da sich novizenhaftes Selbsterklären ebenfalls durch intensives Elaborieren auszeichnet, was nicht konform mit den "statischen Beliefs" geht.

Im Folgenden werden mögliche Zusammenhänge zwischen den beiden Hauptkomponenten und dem Expertisegrad sowie dem Lernerfolg untersucht. Die Ergebnisse der Korrelationen sind in Tab. 8.3 dargestellt.

Tab.: 8.3 Korrelationen der zwei Hauptkomponenten mit dem Expertisegrad und unterschiedlichen Lernerfolgen (\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ).

	" dynamische Beliefs "	"statische Beliefs "
Expertisegrad	0,11	<b>-0,33*</b>
Lernerfolg im Faktenwissen	0,02	<b>-0,34*</b>
Lernerfolg im Faktenwissen aufgrund von Impulsen	0,07	<b>-0,38*</b>
Lernerfolg im Problemlösen	<b>0,33*</b>	-0,13

Erwartungsgemäß sind alle Korrelationen zwischen der Hauptkomponente "dynamische Beliefs" und dem Expertisegrad sowie den Lernerfolgen positiv. Einzig signifikant ist dabei jedoch die Korrelation mit dem Lernerfolg im Problemlösen. Versuchspersonen, die hohe Faktorwerte bezüglich dieser Hauptkomponente aufweisen, erlangten somit in der Regel auch einen höheren Lernerfolg im Problemlösen. Das war insofern zu erwarten, da sie ihr Wissen gerne an neuen Aufgaben ausprobieren und ihr Wissen gerne vernetzen, was sich günstig auf das Problemlöseverhalten auswirkt. Ähnliche Zusammenhänge konnten auch Songer und Linn (1991) nachweisen. Da der Lernerfolg im Problemlösen nach den bisherigen Analysen sowohl mit dem Expertisegrad als auch mit dem Lernerfolg im Faktenwissen korreliert, wäre auch hier eine Korrelation dieser Hauptkomponente damit zu erwarten gewesen. Diese zeigen sich jedoch nicht. Eine mögliche Erklärung bezüglich des Lernerfolgs im Faktenwissen ist, dass Versuchspersonen mit hohen Faktorwerten in den "dynamischen Beliefs" kaum Varianz im Lernerfolg im Faktenwissen aufweisen. Diese Versuchspersonen haben also alle ungefähr gleich viel im Faktenwistentest gewusst, womit ein möglicher Zusammenhang verloren geht. Bezüglich des Expertisegrades ist das jedoch nicht der Fall.

Im Gegensatz zu den „dynamischen Beliefs“ sind alle Korrelationen zwischen der Hauptkomponente "statische Beliefs" und dem Expertisegrad sowie den Lernerfolgen negativ. Dabei sind alle Korrelationen bis auf die mit dem Lernerfolg im Problemlösen signifikant. Versuchspersonen, die hohe Faktorwerte bezüglich dieser Hauptkomponente aufweisen, besitzen in der Regel einen niedrigeren Expertisegrad und erlangen auch einen geringeren Lernerfolg im Faktenwissen. Das passt insofern zu dieser Hauptkomponente, da sie sich durch passive Erfolgsattribution, Desinteresse und sinnloses Auswendiglernen auszeichnet, was nicht positiv mit dem Expertisegrad und dem Lernerfolg im Faktenwissen zusammenhängt.

Insgesamt zeigt sich also ein recht deutlicher Zusammenhang zwischen den Hauptkomponenten und dem Expertisegrad sowie dem Lernerfolg.

Um zu überprüfen, ob einer der beiden Faktoren als Kovariate einen entscheidenden Einfluss auf den Lernerfolg ausüben, werden Varianzanalysen (univariate Anova) berechnet. Dabei stellen Treatment und Expertisegrad die unabhängigen Variablen und der jeweilige Lernerfolg die abhängige Variable dar. Ohne die Berücksichtigung einer Kovariate ergibt sich bezüglich des Lernerfolgs im Faktenwissen kein Treatmenteffekt ( $p = 0,84$ ), ein Expertiseeffekt ( $p = 0,00$ ) und eine Wechselwirkung der beiden unabhängigen Variablen ( $p = 0,03$ ) (vgl. Kap.7.3).

Wird nun der Faktor "dynamische Beliefs" als Kovariate berücksichtigt, so ergibt sich kein Treatmenteffekt ( $p = 0,92$ ), ein Expertiseeffekt ( $p = 0,00$ ) und eine etwas weniger starke Wechselwirkung der beiden unabhängigen Variablen ( $p = 0,06$ ). Findet der Faktor "statische Beliefs" Berücksichtigung, ergibt sich das gleiche Bild: kein Treatmenteffekt ( $p = 0,96$ ), ein Expertiseeffekt ( $p = 0,00$ ) und eine Wechselwirkung der unabhängigen Variablen ( $p = 0,06$ ). Demnach zeigen die beiden Faktoren, wenn überhaupt, nur einen geringen Einfluss auf die Trainingsmaßnahmen bezüglich des Faktenwissens.

Ohne die Berücksichtigung einer Kovariate ergibt sich bezüglich des Lernerfolgs im Problemlösen kein Treatmenteffekt ( $p = 0,74$ ), ein Expertiseeffekt ( $p = 0,00$ ) und keine Wechselwirkung der beiden unabhängigen Variablen ( $p = 0,37$ ) (vgl. Kap. 7.3).

Wird der Faktor "dynamische Beliefs" als Kovariate berücksichtigt, so ergibt sich kein Treatmenteffekt ( $p = 0,87$ ), ein Expertiseeffekt ( $p = 0,00$ ) und keine Wechselwirkung der beiden unabhängigen Variablen ( $p = 0,36$ ). Findet der Faktor "statische Beliefs" Berücksichtigung, so zeigt sich wieder kein Treatmenteffekt ( $p = 0,90$ ), ein Expertiseeffekt ( $p = 0,00$ ) und keine Wechselwirkung der unabhängigen Variablen ( $p = 0,30$ ). Demnach zeigen die beiden Faktoren auch im Falle des Problemlösens kaum einen Einfluss auf die Trainingsmaßnahmen.

## 8.2 Auswertung des Motivationsfragebogens

Der Fragebogen zur Motivationsregulation wurde von allen Versuchspersonen am vierten Versuchstag bearbeitet. Alle Items wurden von allen Versuchspersonen bearbeitet. Im Folgenden wird zunächst die Auswertung des Fragebogens durch eine Faktorenanalyse vorge-

stellt, um mögliche Motivationsdimensionen zu erhalten. Darauf aufbauend werden mögliche Zusammenhänge zwischen dem Lernerfolg und ihrer Motivationsregulation untersucht sowie deren möglicher Einfluss auf den Trainingserfolg. Abschließend werden mögliche Zusammenhänge zwischen dem Selbsterklärungsverhalten und den zu ermittelten Motivationsdimensionen analysiert.

Zur Analyse des Motivationsfragebogens nach Deci & Ryan wurde eine Faktorenanalyse nach der Hauptkomponentenmethode berechnet. Die Faktoren wurden varimax rotiert, da die erwarteten vier Dimensionen nach Deci und Ryan (internale, identifizierte, introjizierte und externale Motivationsregulation) als unabhängig voneinander betrachtet werden können. Für die Endlösung wurden 10 Items ausgeschlossen, da sie keinem der extrahierten Faktoren eindeutig zuzuordnen waren. Die Faktorenanalyse ergibt erwartungsgemäß vier Faktoren, die zusammen 59,4 % (Faktor 1: 21,9%, Faktor 2: 17,3%, Faktor 3: 11,5, Faktor 4: 8,7) der Gesamtvarianz erklären. Die Verteilung der Items auf die vier Faktoren ist in Tab. 8.4 dargestellt.

Tab. 8.4: Rotierte Ladungsmatrix der Hauptkomponentenanalyse der Skalen zu Regulation extrinsischer Motivation nach Deci & Ryan: id: identifizierte Regulation; ij: introjizierte Regulation; in: internale Regulation; ex: externale Regulation (die Zuordnung zu einem der beiden Faktoren ist durch Fettdruck hervorgehoben)

Item	Faktor I	Faktor II	Faktor III	Faktor IV
33 id	<b>0,82</b>	0,00	0,00	0,23
38 id	<b>0,79</b>	-0,10	0,00	0,29
46 id	<b>0,75</b>	-0,12	0,00	0,29
45 in	<b>0,71</b>	0,14	0,34	-0,17
41 in	<b>0,68</b>	0,00	0,23	-0,33
25 id	<b>0,66</b>	0,11	0,12	0,00
23 id	<b>0,61</b>	0,21	0,00	-0,16
44 id	<b>0,58</b>	0,15	-0,13	0,25
31 ij	0,00	<b>0,88</b>	0,00	0,18
48 ij	0,00	<b>0,87</b>	0,00	0,20
21 ij	0,00	<b>0,76</b>	0,00	0,17
30 ex	0,00	<b>0,73</b>	0,00	-0,27
52 ij	0,42	<b>0,59</b>	0,17	0,00
39 ij	0,29	<b>0,54</b>	-0,22	0,19
35 in	0,14	0,00	<b>0,86</b>	0,10
27 in	0,14	-0,21	<b>0,78</b>	0,25
24 in	0,00	0,00	<b>0,75</b>	-0,25
37 in	0,24	-0,20	<b>0,72</b>	0,00
32 id	0,00	0,19	<b>0,48</b>	-0,24
22 ex	0,00	0,00	-0,45	<b>0,35</b>
42 ex	0,00	0,34	0,00	<b>0,77</b>
26 ex	0,16	0,00	0,00	<b>0,68</b>
50 ex	0,00	-0,12	-,24	<b>0,65</b>
36 ex	0,00	0,31	0,00	<b>0,65</b>

Die vier Hauptkomponenten spiegeln im Großen und Ganzen die vier Stufen der Motivationsregulation nach Deci & Ryan wider. Sie sind teilweise nicht ganz sauber getrennt, was aber auf Probleme bei der Übersetzung zurückzuführen sein dürfte. Die beiden extremen Dimensionen internal gegen external sind sauber voneinander getrennt.

Da die Motivation einen Einfluss auf das Lernverhalten hat (Gottfried 1985, 1990), sollten sich diese vier Dimensionen im Lernverhalten und im Lernerfolg voneinander unterscheiden. Um mögliche Zusammenhänge der vier Hauptkomponenten mit dem Selbsterklärungs-

verhalten und dem Expertisegrad sowie dem Lernerfolg zu finden, wurden Korrelationen nach Pearson berechnet (Tab.: 8.5):

Tab.: 8.5 Korrelationen der vier Hauptkomponenten mit den verschiedenen Variablen bezüglich des Selbsterklärungsverhaltens (\* $p < 0,10$ , \*\* $p < 0,05$ ; \*\*\* $p < 0,01$ ).

	internale Regulation	identifizierte Regulation	introjizierte Regulation	externale Regulation
Gesamtlernzeit	-0,09	-0,10	0,08	<b>-0,45***</b>
Lernzeit für Impulse	0,29	-0,11	-0,08	<b>-0,46***</b>
Lernzeit für spontane Selbsterklärungen	<b>0,32*</b>	0,11	<b>0,47***</b>	-0,05
Faktor für expertenhaftes Selbsterklären	0,14	0,29	-0,08	-0,08
Faktor für novizenhaftes Selbsterklären	0,00	-0,06	0,04	<b>-0,34*</b>

Es zeigen sich nur vereinzelt signifikante Korrelationen. Die externe Regulation wirkt sich demnach negativ auf die Gesamtbearbeitungszeit, die verwendete Lernzeit für Impulse und novizenhaftes Selbsterklären aus. Das ist nachvollziehbar, da Versuchspersonen, die eher external reguliert sind, kaum Interesse an den biologischen Inhalten haben und sich somit wahrscheinlich auch nicht länger als unbedingt nötig mit ihnen auseinandersetzen wollen. Ebenfalls sinnvoll erscheint die positive Korrelation zwischen der internalen Regulation und der verwendeten Zeit für spontane Selbsterklärungen. Versuchspersonen, die sich recht stark für die Inhalte interessieren, setzen sich auch zusätzlich zu den Impulsen noch spontan mit den Beispielaufgabeninformationen auseinander. Schwieriger ist hingegen die Korrelation zwischen der introjizierten Regulation und der aufgewendeten Zeit für spontane Selbsterklärungen nachzuvollziehen. Hier hätte man eher eine negative Korrelation erwartet aber keine so stark positive. Insgesamt zeigen sich zwischen dem Selbsterklärungsverhalten und der Motivationsregulation wenig interpretierbare Zusammenhänge. Ein Grund dafür könnte sein, dass der Fragebogen auf generelle motivationale Faktoren bezüglich des Biologieunterrichts abzielte. Da die Teilnahme an dieser Studie auf freiwilliger Basis beruhte, ist es durchaus denkbar, dass einige Teilnehmer zwar an sich nicht hoch motiviert für den Biologieunterricht sind, aber hoch motiviert waren, an dieser Studie teilnehmen zu können. Demzufolge könnten auch eher wenig motivierte Schülerinnen und Schüler ein für sie eher untypisches engagiertes Lernverhalten zeigen.

Im Folgenden werden mögliche Zusammenhänge zwischen den vier Hauptkomponenten und dem Expertisegrad sowie dem Lernerfolg untersucht. Die Ergebnisse der Korrelationen sind in Tab. 8.6 dargestellt.

Tab.: 8.6 Korrelationen der vier Hauptkomponenten mit dem Expertisegrad und unterschiedlichen Lernerfolgen (\*p < 0,05; \*\*p < 0,01).

	internale Regulation	identifizierte Regulation	introjierte Regulation	externale Regulation
Expertisegrad	<b>0,28*</b>	<b>0,34**</b>	0,15	-0,25
Lernerfolg im Faktenwissen	<b>0,26*</b>	0,03	0,10	-0,03
Lernerfolg im Faktenwissen aufgrund von Impulsen	<b>0,26*</b>	0,04	-0,04	-0,10
Lernerfolg im Problemlösen	0,16	0,10	-0,12	<b>-0,40**</b>

Die gefundenen Korrelationen weisen auf einen gewissen Einfluss der Motivationsregulation auf den Lernerfolg hin. Dabei gibt es anscheinend einen Zusammenhang zwischen der internalen Regulation und dem Expertisegrad sowie andeutungsweise mit dem Lernerfolg im Faktenwissen. Die identifizierte Regulation korreliert ebenfalls positiv mit dem Expertisegrad. Einen eher negativen Einfluss scheint hingegen die externale Regulation auf den Problemlöseerfolg im Problemlösen auszuüben. Somit kann der Hypothese Nr. 14, dass eine eher extrinsische Motivation einen negativen Einfluss auf das Selbsterklärungsverhalten und folglich auch auf den Lernerfolg ausübt, für den Fall des Problemlösens zugestimmt werden. Zumindest die beiden extremen Regulationsarten wirken sich somit auf den Lernerfolg aus. Um zu überprüfen, ob einer der beiden Faktoren, internale und externale Regulation, als Kovariate einen entscheidenden Einfluss auf den Lernerfolg ausüben, werden Varianzanalysen (univariate Anova) berechnet. Dabei stellen Treatment und Expertisegrad wieder die unabhängigen Variablen und der jeweilige Lernerfolg die abhängige Variable dar. Ohne die Berücksichtigung einer Kovariate ergibt sich bezüglich des Lernerfolgs im Faktenwissen kein Treatmenteffekt ( $p=0,84$ ), ein Expertiseeffekt ( $p=0,00$ ) und eine Wechselwirkung der beiden unabhängigen Variablen ( $p=0,03$ ) (siehe Kapitel 7.3.). Wird der Faktor "internale Regulation" als Kovariate berücksichtigt, so ergibt sich kein Treatmenteffekt ( $p=0,40$ ), ein Expertiseeffekt ( $p=0,00$ ) und eine stärkere Wechselwirkung der beiden unabhängigen Variablen ( $p=0,01$ ). Findet der Faktor "externale Regulation" Berücksichtigung, so zeigt sich das gleiche Bild: kein Treatmenteffekt ( $p=0,72$ ), ein Expertiseeffekt ( $p=0,00$ ) und eine ebenfalls stärkere Wechselwirkung der unabhängigen Variablen ( $p=0,01$ ). Demnach zeigen die beiden Faktoren, einen geringen Einfluss auf die Trainingsmaßnahmen bezüglich des Faktenwissens.

Bezüglich des Lernerfolgs im Problemlösen ergibt sich ohne Berücksichtigung einer Kovariate kein Treatmenteffekt ( $p=0,74$ ), ein Expertiseeffekt ( $p=0,00$ ) und keine Wechselwirkung der beiden unabhängigen Variablen ( $p=0,37$ ) (siehe Kap. 7.3).

Wird der Faktor "internale Regulation" als Kovariate berücksichtigt, so ergibt sich kein Treatmenteffekt ( $p=0,87$ ), ein Expertiseeffekt ( $p=0,00$ ) und keine Wechselwirkung der beiden unabhängigen Variablen ( $p=0,46$ ). Findet der Faktor "externale Regulation" Berücksichtigung, so ergibt sich annähernd das gleiche Bild: kein Treatmenteffekt ( $p=0,81$ ), ein Experti-

seeffekt ( $p=0,00$ ) und eine ebenfalls stärkere Wechselwirkung der unabhängigen Variablen ( $p=0,44$ ). Demnach zeigen die beiden Faktoren keinen Einfluss auf die Trainingsmaßnahmen bezüglich des Problemlösens.

Abschließend wird untersucht, ob es Zusammenhänge zwischen den beiden Hauptkomponenten der Belief-Systems und den Regulationsarten der extrinsischen Motivation gibt. Erwartet wird hierbei, dass Versuchspersonen, die hohe Ladungen auf dem Faktor "dynamische Beliefs" zeigen eher internal reguliert sind. Hingegen sollten Versuchspersonen mit hohen Ladungen auf dem Faktor "statische Beliefs" eher external reguliert sein. Auch hierzu werden Korrelationen nach Pearson berechnet, die in Tab. 8.7 dargestellt sind:

Tab.: 8.7 Korrelationen den beiden Faktoren der Belief-Systems und den vier Faktoren der Regulation extrinsischer Motivation (\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ).

	"dynamische Beliefs"	"statische Beliefs"
Faktor interne Regulation	<b>0,36*</b>	<b>-0,53**</b>
Faktor identifizierte Regulation	<b>0,43**</b>	-0,19
Faktor introjizierte Regulation	-0,04	0,07
Faktor externe Regulation	-0,07	-0,10

Die Korrelationen zeigen, dass nur zwischen der internalen bzw. identifizierten Regulation und den beiden Faktoren bezüglich der Belief-Systems der erwartete Zusammenhang nachweisen lassen: Je stärker eine Person internal oder identifiziert reguliert ist, desto eher besitzt sie "dynamische Beliefs" und desto weniger besitzt sie "statische Beliefs".

### 8.3 Lernprofile und Lernerfolg

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die einzelnen unabhängigen Variablen, die einen Einfluss auf den Lernerfolg haben könnten, vorgestellt und ihr Einfluss auf den Lernerfolg bzw. den Trainingserfolg einzeln analysiert und diskutiert. Nun soll nach typischen Lernprofilen gesucht werden, wobei clusteranalytisch vorgegangen wird. Nach den bisherigen Ergebnissen sind zwei Profile zu erwarten, von denen sich eines durch einen hohen Expertisegrad und sich das andere durch einen niedrigen Expertisegrad auszeichnet. In die Analyse wurden 8 Variablen einbezogen: Expertisegrad, novizenhaftes und expertenhaftes Selbsterklären, interne und externe Motivationsregulation<sup>16</sup>, dynamische und statische Beliefs sowie der Lernerfolg (Summe der Z-Werte von Lernerfolg im Faktenwissen und Problemlösen). Es wurde die Clusterzentrenanalyse verwendet, da nur die Variablenprofile der ein-

zelen Cluster von Interesse sind, d.h. wie stark eine Variable vom Gesamtmittelwert abweicht. Es wurde eine Clusterzentrenanalyse nach der k-means-Methode gerechnet, wobei sich eine 2-Cluster-Lösung zeigt. Zur Überprüfung wird zusätzlich eine hierarchische Clusteranalyse nach dem Ward-Verfahren berechnet. Sie ergibt ebenfalls eine 2-Cluster-Lösung, wobei nur zwei Versuchspersonen ein anderes Cluster aufweisen als nach dem k-means-Verfahren. Die Clusterzentren der endgültigen Lösung sind in Tab. 8.8 aufgeführt. Die Abbildung 8.1 zeigt die Profile der beiden Cluster der Endlösung.

Tab. 8.8: Clusterzentren

<b>Variable</b>	<b>Cluster 1</b> (N=15)	<b>Cluster 2</b> (N=11)	<b>Signifikanz</b> 2-seitig
Internale Regulation	0,19	-0,54	0,05
Externale Regulation	-0,36	0,59	0,02
Dynamische Beliefs	0,18	-0,04	0,49
Statische Beliefs	-0,18	0,60	0,07
Novizenhaftes Selbst- erklären	0,27	-0,45	0,06
Expertenhaftes Selbsterklären	0,48	-0,64	0,01
Expertisegrad	0,50	-0,95	0,00
Lernerfolg	0,75	-0,76	0,00

<sup>16</sup> Introjizierte und identifizierte Motivationsregulation wurden hier nicht berücksichtigt, da sie in den vorherigen Analysen eine eher nebensächliche Rolle gespielt haben.

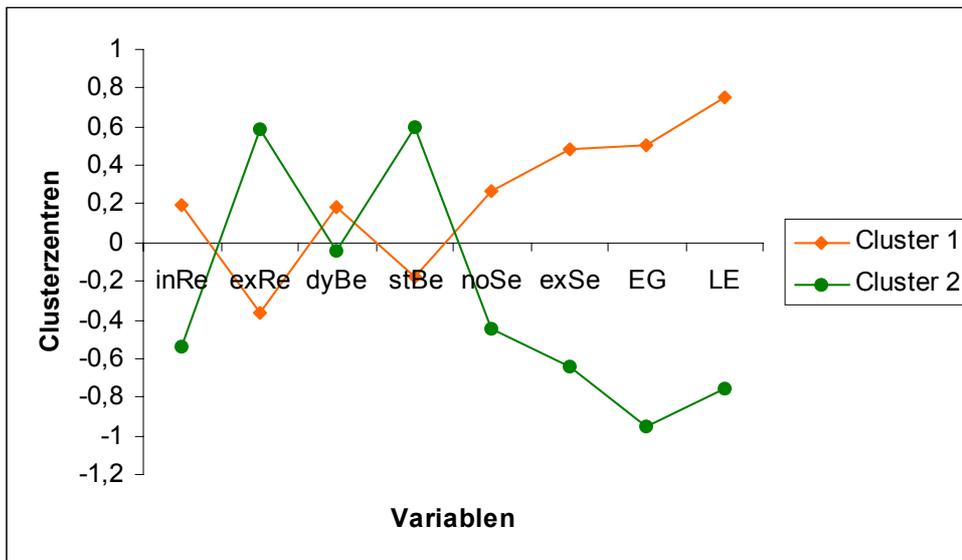


Abb. 8.1: Profile der zwei Cluster nach der Clusterzentrenanalyse (inRe: internele Regulation; exRe: externele Regulation; dyBe: dynamische Beliefs; stBe: statische Beliefs; noSe: novizenhaftes Selbsterklären; exSe: expertenhaftes Selbsterklären; EG: Expertisegrad; LE: Lernerfolg).

Der Tabelle 8.8 lässt sich entnehmen, dass die Unterschiede der Variablen zwischen den beiden Clustern mit Ausnahme der dynamischen Beliefs bei allen Variablen mindestens auf dem 10%-Niveau signifikant sind (T-Test).

Das Cluster 1, das sich mit den Experten identifizieren lässt, zeichnet sich durch einen hohen Expertisegrad, expertenhaftes Selbsterklären und einem hohen Lernerfolg aus. Die internele Regulation und das novizenhafte Selbsterklären zeigen hier, wenn auch geringe, positive Werte. Die niedrigsten Werte ergeben die Variablen für externele Regulation und statische Beliefs. Cluster 1 ist somit durch intensives, erfolgreiches Lernen bei einer eher internalen Motivationsregulation gekennzeichnet.

Das Cluster 2, das sich mit den Novizen identifizieren lässt, weist hingegen bei allen Werten außer den statischen Beliefs und der externalen Regulation negative Werte auf. Hervorstechend ist hier somit die geringe Lernaktivität.

In das Cluster 1 fallen im Wesentlichen Versuchspersonen mit hohem Expertisegrad (11 Experten, 4 Novizen). Offensichtlich haben diese vier Novizen mehr gelernt als die anderen Novizen und können somit zu den Experten gezählt werden.

Im Cluster 2 befinden sich ausschließlich Novizen (N=11).

Das Ergebnis der Clusteranalyse zeigt somit, dass alle Variablen bis auf die dynamischen Beliefs gut zwischen den beiden Clustern differenzieren. Am deutlichsten differenziert hierbei der Expertisegrad und der Lernerfolg.

Dass die dynamischen Beliefs keinen Unterschied zwischen Experten und Novizen zeigen, ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass sich zwischen den dynamischen Beliefs und dem Expertisegrad kein korrelativer Zusammenhang derart gezeigt hat, dass je höher der

Expertisegrad ist, desto höher sind die Faktorwerte bei den dynamischen Beliefs. (vgl. Kap. 8.1). Anscheinend spricht ein hoher Expertisegrad nicht zwingend für das Vorhandensein von dynamischen Beliefs. Hingegen sind bei einem niedrigen Expertisegrad wahrscheinlich eher statische Beliefs vorhanden.

Im Folgenden soll untersucht werden, welche der bisher betrachteten Variablen nun insgesamt betrachtet den größten Einfluss auf den Lernerfolg im Faktenwissen und im Problemlösen hat. Dazu werden lineare Regressionen nach der Rückwärtsmethode für alle vier Experimentalgruppen berechnet. Da die Versuchspersonenanzahl pro Experimentalgruppe zu klein war, können die Regressionsanalysen allerdings nicht getrennt für die einzelnen Experimentalgruppen berechnet werden, sondern nur für alle Versuchspersonen zusammen. In die Regressionsanalyse gehen die Variablen Expertisegrad, expertenhaftes und novizenhaftes Selbsterklären, statische und dynamische Beliefs sowie internale und externale Motivationsregulation mit ein. Das Endmodell der linearen Regression für die Vorhersage des Lernerfolges im Faktenwissen ist in Tab. 8.9 dargestellt:

Tab. 8.9: Vorhersage des Lernerfolges im Faktenwissen durch lineare Regression.

Unabhängigen Variablen	R	R <sup>2</sup> <sub>korrigiert</sub>	Beta
Expertisegrad	0,62	0,30	0,45
Novizenhaftes Selbsterklären			0,26
Statische Beliefs			-0,25

Das Ergebnis der linearen Regression zeigt, dass im wesentlichen der Expertisegrad ein guter Prädiktor für den Lernerfolg im Faktenwissen darstellt. Einen wesentlich geringeren prädiktiven Wert zeigen die Variablen novizenhaftes Selbsterklären und die statischen Beliefs, die negativ eingehen. Alle anderen Variablen tragen nicht wesentlich zur Vorhersage des Lernerfolges im Faktenwissen bei. Somit kann der Hypothese Nr.15 zum Teil zugestimmt werden: Die dynamischen Beliefs haben wie erwartet keinen Einfluss auf den Lernerfolg im Faktenwissen. Unerwarteterweise zeigen jedoch die statischen Beliefs einen Einfluss auf den Lernerfolg im Faktenwissen.

Das Endmodell der linearen Regression für die Vorhersage des Lernerfolges im Problemlösen ist in Tab. 8.10 dargestellt:

Tab. 8.10: Vorhersage des Lernerfolges im Problemlösen durch lineare Regression (das Endmodell wird durch Fettdruck hervorgehoben).

Unabhängigen Variablen	R	R <sup>2</sup> <sub>korrigiert</sub>	Beta
Expertisegrad	0,71	0,43	0,55
Novizenhaftes Selbsterklären			0,13
Externale Regulation			-0,23
<b>Expertisegrad</b>	<b>0,70</b>	<b>0,44</b>	<b>0,54</b>
<b>Externale Regulation</b>			<b>-0,28</b>
Expertisegrad	0,75	0,40	0,65

Das Ergebnis der linearen Regression zeigt, dass auch hier im wesentlichen der Expertisegrad ein guter Prädiktor für den Lernerfolg im Problemlösen darstellt. Einen weiteren, wenn auch geringeren, prädiktiven Wert zeigt die Variable externe Regulation, die negativ einhergeht. Je stärker eine Person demnach external reguliert ist und je kleiner ihr Expertisegrad ist, desto unwahrscheinlicher wird ein Erfolg im Problemlösen. Eine gewisse Rolle scheint beim Problemlösen auch das novizenhafte Selbsterklären zu spielen, da sie erst als drittletzte Variable ausgeschlossen wird. Die anderen Variablen tragen hingegen nicht wesentlich zur Vorhersage des Lernerfolges im Problemlösen bei. Somit kann der Hypothese Nr. 16 nicht zugestimmt werden, dass dynamische Beliefs den Lernerfolg im Problemlösen positiv beeinflussen.

Dominierend für die Vorhersage ist demnach der Expertisegrad, der sowohl für den Lernerfolg im Faktenwissen als auch für den Lernerfolg im Problemlösen einen hohen prädiktiven Wert hat. Für den Lernerfolg scheint zudem das novizenhafte Selbsterklären eine gewisse Rolle zu spielen. Das ist insofern sinnvoll, da dadurch im wesentlichen neue Inhalte erarbeitet werden, die für den Faktenwistentest und dem Problemlösetest von Bedeutung sind. Das expertenhafte Selbsterklären spielt hingegen keine Rolle, da es eng mit dem Expertisegrad korreliert. Bezüglich des Faktenwissens scheinen sich statische Beliefs entgegen den Annahmen von Songer und Linn (1991) negativ auszuwirken. Bei Songer und Linn zeigten sie hingegen keinen Einfluss auf das Faktenwissen. Möglicherweise liegt das an der besonderen Lernform der Beispielaufgaben, in der das zu lernende Faktenwissen nicht isoliert geliefert wird. Vielmehr müssen die Lernenden selbst entscheiden, welches Wissen wichtig ist. Dabei dürften statische Beliefs eher hinderlich sein.

Bezüglich des Lernerfolgs im Problemlösen geht die externe Regulation negativ mit in die Vorhersage ein. Möglicherweise behindert eine eher externe Regulation Lernprozesse, die für das anschließende Problemlösen wichtig wären. Dazu zählen beispielsweise eigenständiges Schlussfolgern oder Elaborationen, die über den Text hinaus gehen.

## 8.4 Diskussion und Zusammenfassung

Die Auswertung der Fragebögen ergibt, dass sich hinsichtlich der Belief-Systems zwei Dimensionen zeigen: die vergleichend mit den Ergebnissen von Songer und Linn (1991) als "dynamische Beliefs" und "statische Beliefs" bezeichnet werden können. Sie unterscheiden sich hinsichtlich der Erfolgsattribution und des Lernerverhaltens. Bezeichnend für die "dynamischen Beliefs" ist, dass beim Lernen Inhalte gerne miteinander verknüpfen werden und Erfolg nicht auf Begabung oder Glück sondern auf Prinzipverständnis zurückgeführt wird. Nach Songer und Linn (1991) sollten die dynamischen Beliefs einen Einfluss auf den Erfolg im Problemlösen haben. Dieser Zusammenhang deutet sich hier in den entsprechenden Korrelationen auch an. Charakteristisch für die "statischen Beliefs" ist, dass nur Merksätze und Fachbegriffe auswendig gelernt werden und dass Misserfolg auf mangelnde Begabung und mangelndes Glück zurückgeführt wird. Diesbezüglich zeigen sich negative Zusammenhänge mit dem Expertisegrad und dem Lernerfolg im Faktenwissen. Ein Zusammenhang zwischen dem Faktenwissen und den statischen Beliefs war jedoch nach Songer und Linn (1991) nicht zu erwarten. Möglicherweise sind die gefundenen Zusammenhänge in dieser Studie auf die besondere Lernform der Beispielaufgaben zurückzuführen. Beim Lernen mit Beispielaufgaben müssen sich die Lernenden (im Gegensatz zum reinen Rekapitulieren von Fakten) entscheiden, welche Informationen relevant sind. Bei diesen Entscheidungen dürften statische Beliefs eher hinderlich sein.

Hinsichtlich der Items zur Motivationsregulation lassen sich faktorenanalytisch die vier Dimensionen nach Deci & Ryan extrahieren. Zusammenhänge mit dem Selbsterklärungsverhalten zeigen sich nur sporadisch und sind nicht eindeutig interpretierbar. Nach Gottfried (1985, 1990) sollte eine eher interne Motivationsregulation einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg haben. Erwartungsgemäß zeigen Versuchspersonen mit hohen Faktorwerten bezüglich der internalen Regulation positive Zusammenhänge mit dem Expertisegrad sowie tendenziell auch mit dem Lernerfolg im Faktenwissen und Problemlösen. Versuchspersonen mit hohen Faktorladungen bezüglich der externalen Regulation weisen hingegen negative Zusammenhänge mit dem Erfolg im Problemlösen und tendenziell auch mit dem Expertisegrad auf.

Sowohl die beiden extrahierten Dimensionen der Belief-Systems als auch die der Motivationsregulation haben keinen großen Einfluss auf den Lernerfolg im Faktenwissen und im Problemlösen, was die Ergebnisse der entsprechenden Varianzanalysen zeigen. Werden lineare Regressionsanalysen berechnet, um das zu überprüfen, so zeigt sich, dass von den unabhängigen Variablen "dynamische Beliefs", "statische Beliefs", interne und externe Motivationsregulation, Expertisegrad und den beiden Faktoren zum Selbsterklären (experthenhaftes und novizenhaftes Selbsterklären) beim Problemlösen (abhängige Variable) nur der Expertisegrad und die externe Regulation einen signifikanten Einfluss haben. Ein Einfluss des novizenhaften Selbsterklärens deutet sich an. Der Expertisegrad zeigt bezüglich des Faktenwissens ebenfalls den stärksten Einfluss. Aber hier spielen neben der externalen Regulation noch das novizenhafte Selbsterklären und die statischen Beliefs eine gewisse

Rolle. Dabei beeinflussen die externe Regulation und die statischen Beliefs das Ergebnis negativ, expertenhaftes und novizenhaftes Selbsterklären hingegen positiv. Das novizenhafte Selbsterklären, d.h. die intensive Elaboration der Textbasis hat also einen positiven Effekt genau wie das expertenhafte Selbsterklären. Dass das expertenhafte Selbsterklären in die Regression nicht eingeht, liegt an seiner hohen Korrelation mit dem Expertisegrad. Dieser ist der bessere Prädiktor, das expertenhafte Selbsterklären dementsprechend redundant.

Die Clusteranalyse mit den gleichen Variablen ergibt zwei Lernprofile: die Experten und die Novizen. Auch hier zeigt sich wieder, dass Expertisegrad, Selbsterklärungsverhalten und Lernerfolg unmittelbar zusammenhängen. Externale Motivationsregulation und statische Beliefs sind typisch für die Novizen. Internale Motivationsregulation und dynamische Beliefs haben hingegen nur in geringem Maße einen Einfluss auf die Experten. Demnach sind statische Beliefs und externe Motivationsregulation möglicherweise hinderlich beim Lernen aus Beispielaufgaben, internale Motivationsregulation und dynamische Beliefs jedoch keine Erfolgsgarantie. Als besonders trennscharfe Variablen zeigt sich auch wieder der Expertisegrad und zudem der Lernerfolg.

Insgesamt spiegeln diese Ergebnisse die Ergebnisse aus Kapitel 7 wider: Einen entscheidenden Einfluss auf das Lernergebnis hat das Vorwissen bzw. der Expertisegrad. Es konnten zwar sowohl zwei Dimensionen von Belief-Systems als auch die vier Motivationsdimensionen nachgewiesen werden, doch zeigen sie nur einen geringen Einfluss auf das Lernergebnis, überwiegend durch den Expertisegrad vermittelt. Wichtigster Prädiktor für den Lernerfolg ist somit der Expertisegrad einer Person.

## **9 Diskussion und Ausblick**

In dieser Arbeit wurde untersucht, ob sich Maßnahmen zur Förderung des Selbsterklärens beim Lernen mit biologischen Beispielaufgaben positiv auf den Wissenserwerb und die Wissensanwendung auswirken. Dabei wurden zwei Fragestellungen verfolgt: Inwieweit fördern Trainingsmaßnahmen, die die Vorwissensabhängigkeit des Selbsterklärens berücksichtigen, die Qualität des Selbsterklärens und in der Folge das Lernergebnis? Inwieweit können Lernende die "Nichtangepasstheit" des Lernmaterials an ihr Vorwissen durch ein angemessenes Lernverhalten kompensieren und welchen Effekt hat das auf den Lernerfolg? Dazu musste zuerst einmal festgestellt werden, ob und wenn ja, wie Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe in Abhängigkeit vom Vorwissen selbst erklären. Danach wurden die Auswirkungen der Trainingsmaßnahmen in Form von Selbsterklärungsimpulsen auf den Lernerfolg untersucht. Abschließend wurde hinterfragt, ob Faktoren wie Belief-Systems oder die Motivationsregulation einen entscheidenden Einfluss auf das Selbsterklären bzw. den Lernerfolg ausüben. Das abschließende Kapitel fasst in seinem ersten Abschnitt (Kap.9.1) die Ergebnisse allgemein zusammen und interpretiert sie vor dem Hintergrund der verfolgten Fragestellung. In Kapitel 9.2 wird die Bedeutung der Forschungsergebnisse für die Praxis diskutiert.

### **9.1 Allgemeine Diskussion der Ergebnisse**

Die Analyse der Protokolle des lauten Denkens einer Beispielaufgabe, die von der Versuchspersonen vor dem Training bearbeitet wurden war, ergab, dass Schülerinnen und Schüler bereits in der 9. Jahrgangsstufe in Abhängigkeit vom Vorwissen selbst erklären. Es konnten typische novizenhafte und typische expertenhaft Selbsterklärungen extrahiert werden, die vergleichbar mit den typischen expertenhaften und novizenhaften Selbsterklärungen aus der Untersuchung von Kroß und Lind (2001) sind. Typische expertenhaft Selbsterklärungen sind demnach die antizipatorische Vorgehensweise, das eigenständige Schlussfolgern sowie der Rückgriff auf Vorwissen. Hingegen zeichnet sich das novizenhafte Selbsterklären durch Elaborationen wie das Paraphrasieren, noch einmal lesen, Beziehungssuche zwischen Text und Graphik und Beziehungssuche im Text aus. Insgesamt sind die in der 9. Jahrgangsstufe verwendeten Selbsterklärungen jedoch weniger tiefgründig und komplex als die in der auf Oberstufenschülerinnen und -schüler basierenden Untersuchung von Kroß und Lind (2001). Somit konnte in dieser Untersuchung ebenfalls eine Vorwissensabhängigkeit des Selbsterklärens nachgewiesen werden, was den bisherigen Ergebnissen der Gruppe um Chi (2002) widerspricht, die die Effektivität des Selbsterklärens als weitestgehend unabhängig vom Vorwissen betrachtet.

Darauf aufbauend stand im Mittelpunkt dieser Arbeit, zu untersuchen, wie Lernende auf vorwissensangepasste Lernimpulse in der Beispielaufgabenlösung reagieren und ob und wie

diese Impulse den Lernerfolg beeinflussen. Bisherige Trainingsstudien zur Förderung des Selbsterklärens haben sich entweder nur darum bemüht die Selbsterklärungsanzahl durch sogenannte prompting-Prozeduren zu erhöhen (u.a. Chi, DeLeeuw, Chiu und LaVancher, 1994; Chi & VanLehn, 1991; Bielaczyc, Pirolli & Brown, 1991) oder haben durch sehr allgemein gehaltene Aufforderungen (Renkl, 1999) bzw. durch Lücken im Lösungstext (Stark, 1999) versucht die Selbsterklärungsqualität zu fördern. Es zeigte sich zwar bei allen Untersuchungen ein positiver Einfluss auf den Lernerfolg, doch blieben die Effekte insgesamt suboptimal. Mögliche Ursachen dafür könnten darin begründet sein, dass die Trainingsmaßnahmen nicht ausreichend das domänenspezifische Vorwissen der Lernenden berücksichtigten und sie zu allgemein und zu wenig inhaltspezifisch gehalten waren. Im Gegensatz zu den bisherigen Untersuchungen wurden für diese Studie spezielle Lernimpulse entwickelt, die auf den von Lind und Sandmann (2003) identifizierten vorwissensabhängigen, lernwirksamen Selbsterklärungen basieren. Um Selbsterklärungen bei Personen mit viel Vorwissen anzuregen, wurden Impulse in Form von Denkblasen direkt in den Lösungstext integriert, die Schlussfolgerungen, antizipatorische Vorgehensweise und den Rückgriff auf Vorwissen hervorrufen sollten. Um Selbsterklärungen bei wenig Vorwissen anzuregen, wurden hingegen Impulse integriert, die das Paraphrasieren, den Rückgriff auf Informationen aus dem Beispieltext und das Herstellen von Beziehungen zwischen Text und Graphik anregen sollten. Jeweils eine Hälfte der Versuchspersonen mit viel Vorwissen und eine Hälfte der Versuchspersonen mit wenig Vorwissen lernte mit Beispielaufgaben, in die Lernimpulse für viel Vorwissen integriert waren. Entsprechend lernte die andere Hälfte der Versuchspersonen mit viel bzw. wenig Vorwissen mit Lernimpulsen, die für Lernende mit wenig Vorwissen entwickelt waren.

Aufgrund der Analyse der Protokolle des lauten Denkens konnten die unterschiedlichen Lernzeiten der Versuchspersonen ermittelt werden: Es wurde unterschieden zwischen der Lernzeit, die insgesamt für die Bearbeitung des Beispielaufgabenlehrganges verwendet wurde, der Zeit, die für Selbsterklärungen aufgrund der Impulse verwendet wurde und die Zeit die spontan, also nicht auf einen Impulse, hin für Selbsterklärungen verwendet wurde. Hierbei zeigte sich im Vergleich mit einer Gruppe von Lernenden mit mittlerem Vorwissen, die keine Impulse in ihren Beispielaufgaben hatten, dass die Impulse zu einer deutlich längeren Gesamtbearbeitungszeit des Beispielaufgabenlehrganges und zu deutlich längeren Selbsterklärungszeiten führen. Die Impulse, ob sie nun vorwissensangepasst sind oder nicht, bewirken somit in jedem Fall eine längere und somit auch intensivere Auseinandersetzung der Lernenden mit den Beispielaufgaben. Diese Impulse bewirken also vergleichbar mit der Prompting-Prozedur in der Untersuchung von Chi et al. (1994) eine Erhöhung der Selbsterklärungsintensität. Ob sie sich wie erwartet auch auf die Selbsterklärungsqualität bzw. den Lernerfolg ausübten, wird im folgenden Abschnitt thematisiert.

Die Auswertung der Lernerfolgstests zeigte zunächst einen klaren Expertiseeffekt sowohl was den Lernerfolg im Faktenwissen als auch was das Problemlösen betrifft. Versuchspersonen mit viel Vorwissen lernten unabhängig von der Impulsgebung mehr im Faktenwissen und im Problemlösen als Versuchspersonen mit wenig Vorwissen. Die Auswertung der Lernerfolgstest in den einzelnen Experimentalgruppen zeigte erwartungsgemäß, dass die vorwissensangepassten Selbsterklärungsimpulse einen positiven Einfluss auf den Lern-

erfolg im Faktenwissen haben. Diese Wirkung der vorwissensangepassten Impulse ist bezüglich der Novizen damit zu erklären, dass ihnen die Entscheidung, welche Informationen relevant für den Lernprozess sind, durch die Impulse abgenommen werden. Bezüglich der Experten ist die Wirkung der vorwissensangepassten Impulse hingegen darauf zurückzuführen, dass ihnen die Impulse Möglichkeiten für über den Text hinaus gehende Elaborationen aufzeigen. Dadurch werden die neuen Informationen stärker mit dem Vorwissen vernetzt und weiteres Faktenwissen aufgebaut. Einen Einfluss der vorwissensangepassten Impulse auf die Problemlösekompetenz konnte jedoch entgegen der Erwartung nicht nachgewiesen werden.

Ergänzend lieferten exemplarische Analysen der Protokolle des lauten Denkens Hinweise darauf, dass die Lernenden, die mit vorwissensangepassten Impulsen lernten, auf die Impulse hin die erwünschten Selbsterklärungen anstellten. Auch waren diese Lernenden mit ihrem Lernen zufrieden und empfanden die Lernimpulse als hilfreich.

Die zweite Forschungsfrage legte den Fokus darauf, herauszufinden, wie die Versuchspersonen auf nicht dem Vorwissen angepasste Impulse reagieren und welchen Folgen das für den Lernerfolg hat.

Die Auswertung des Lernerfolgs zeigte, dass Lernende, die mit nicht vorwissensangepassten Impulsen lernten, im Faktenwissen schlechter abgeschnitten haben als Versuchspersonen mit vergleichbarem Expertisegrad, die mit vorwissensangepassten Impulsen lernten. Bezüglich der Novizen kann dieser Effekt damit erklärt werden, dass sie die relevanten Informationen nicht erkannt haben und folglich einen geringeren Erfolg im Faktenwissen erlangen. Bezüglich der Experten liegt die Ursache für den geringeren Lernerfolg vermutlich darin, dass ihnen die Möglichkeiten zur Vernetzung nicht aufgezeigt wurden.

Hinweise darauf, wie die Versuchspersonen auf die nicht vorwissensangepassten Impulse reagiert haben, finden sich in den Protokollen des lauten Denkens. Novizen, die mit expertenhaften Impulsen gelernt haben, haben die Nichtangepasstheit der Impulse anscheinend nicht wahrgenommen. In den Lernzeiten unterscheiden sie sich nicht von den Novizen, die mit novizenhaften Impulsen gelernt haben. Auch zeigen die Auszüge aus den Protokollen des lauten Denkens, dass die betrachteten Versuchspersonen auf die expertenhaften Impulse nicht die gewünschten expertenhaften, sondern wie gewohnt die novizenhaften Elaborationen anstellten. Dem Begleitfragebogen konnte entnommen werden, dass diese Versuchspersonen mit ihrem Lernen jedoch zufrieden waren und die expertenhaften Impulse nicht als störend wahrgenommen hatten. Dies deutet somit daraufhin, dass sie die Nichtangepasstheit der Impulse an ihr Vorwissen nicht bemerkt haben und dass sie möglicherweise einer Verständnisillusion unterlagen, wie es bereits häufig beim Lernen mit Beispielaufgaben beobachtet wurde (z.B. Renkl, 1998). Im Gegensatz dazu haben die Experten durchaus bemerkt, dass die nicht vorwissensangepassten Impulse ihren Lernprozess nicht optimal unterstützten. Sie empfanden die Lernimpulse als eher störend und wenig hilfreich. Sie verwendeten mehr Lernzeit für spontane Selbsterklärungen als die andere Experten-Gruppe, um vermutlich die für sie noch fehlenden Elaborationen anstellen zu können. Auszüge aus den Protokollen des lauten Denkens entsprechender Versuchspersonen unterstrei-

chen diese Deutung. Experten, die mit novizenhaften Impulsen gelernt haben, gehen nur kurz auf die Impulse ein und stellen expertenhafte Elaborationen spontan an.

Somit kann in beiden Fällen, sowohl bei den Novizen als auch bei den Experten, die mit nicht vorwissensangepassten Impulsen lernten, von einem Kompensationsverhalten gesprochen werden. Die Novizen stellen statt der geforderten expertenhaften Selbsterklärungen novizenhafte an und Experten stellen zusätzlich zu den Impulsen, auf die sie die erwünschten novizenhaften Selbsterklärungen anstellen, noch vermehrt spontane, expertenhafte Elaborationen an. Beide Gruppen erreichten jedoch trotz des Kompensationsverhaltens nicht den Lernerfolg im Faktenwissen wie die Versuchspersonen mit gleichem Expertisegrad, die aber mit vorwissensangepassten Impulsen lernten.

Interessanterweise ließ sich kein Effekt der Impulsgebung auf die Problemlösekompetenz nachweisen. Hier zeigte sich ausschließlich der Expertiseeffekt: Versuchspersonen mit einem hohen Expertisegrad erlangten einen größeren Lernerfolg im abschließenden Problemlösetest als Versuchspersonen mit einem geringen Expertisegrad.

Bezüglich der Novizen ist dies jedoch nicht wirklich verwunderlich. Die Ergebnisse dieser Arbeit deuten darauf hin, dass in ihrem Fall zwei Beispielaufgaben nicht ausreichen, um das aufgabenspezifische Wissen zu vermitteln, wie das jedoch die Ergebnisse von Gick und Holyoak (1983) nahe legen. Wahrscheinlich benötigen insbesondere Novizen zur Vermittlung eines Konzepts mehr als zwei Beispielaufgaben, da sie zunächst damit kognitiv ausgelastet sind, sich das nötige Grundverständnis (die Textbasis) der Beispielaufgabe zu erarbeiten. Offensichtlich reicht es nicht aus, nur das für eine Problemstellung nötige Faktenwissen zu vermitteln. Vielmehr muss auch das aufgabenspezifische, prozedurale Wissen durch gezielte und mehrfache Übung vermittelt werden.

Bezüglich der Experten wäre jedoch ein positiver Einfluss der Impulsgebung auf den Problemlöseerfolg zu erwarten gewesen, da sich positive Korrelationen des Faktenwissens mit dem Problemlöseerfolg gezeigt haben. Die beiden Expertengruppen zeigten zwar im Vergleich zu den Novizen einen deutlich höheren Erfolg im Problemlösetest, doch unterschieden sie sich aufgrund der Impulsgebung nicht voneinander. Somit zeigen die Impulse bei ihnen keine direkte Auswirkung auf die Problemlösekompetenz. Allem Anschein nach wirkt sich das durch die Impulsgebung vermittelte Faktenwissen nicht direkt auf das Problemlösen aus. Zu ähnlichen Schlussfolgerungen gelangten auch Lind und Sandmann (2004). Sie vermuten, dass das Faktenwissen sich in ihren Untersuchungen ebenfalls eher indirekt auf die Problemlöseleistung ausübte hat. Das in ihrer Studie vermittelte Wissen hätte zwar an sich für eine erfolgreiche Problemlösung ausreichen müssen, doch scheinen die meisten Lernenden bei einer umfangreichen und komplexen Anwendung der neuen Informationen überfordert gewesen zu sein. Vielmehr muss das aufgabenspezifische Wissen durch wiederholte Übung vermittelt werden, damit die Wissensbasis auch in komplexen Aufgabensituationen abrufbar und anwendbar bleibt.

Somit kann festgehalten werden, dass die vorwissensabhängigen Selbsterklärungsimpulse bezüglich des Lernerfolgs im Faktenwissens den erwünschten Erfolg zeigten. Demnach sieht es so aus, als würden Impulse, die einerseits das domänenspezifische Vorwissen der Ler-

nenden berücksichtigen und andererseits genügend inhaltspezifisch angelegt sind sich positiv auf die Selbsterklärungsqualität und den Lernerfolg im Faktenwissen auswirken.

Auch wenn sich ein Effekt der vorwissensabhängigen Impulse gezeigt hat, scheint nach wie vor der Expertisegrad (domänenspezifisches Vorwissen und Selbsterklärungsqualität) die wesentliche Rolle beim Lernen aus Beispielaufgaben zu spielen, was sich in den nachgewiesenen Expertiseeffekten deutlich zeigt.

Im zweiten Teil der Auswertung wurde untersucht, ob zusätzlich zum Expertisegrad noch andere Faktoren wie die Belief-Systems, motivationalen Aspekte sowie das novizenhafte und expertenhafte Selbsterklären im Zusammenhang einen signifikanten Einfluss auf den Trainingserfolg bzw. den Lernerfolg haben.

Zunächst konnten bezüglich der Belief-Systems das Vorhandensein statischer und dynamischer Beliefs vergleichbar mit denen von Songer und Linn (1991) nachgewiesen werden. Die statischen Beliefs zeichnen sich dabei beispielsweise durch folgende persönliche Einstellungen der Versuchspersonen aus: "Es reicht aus, Merksätze und Fachbegriffe auswendig zu lernen." "Misserfolg wird auf mangelnde Begabung und mangelndes Glück zurückgeführt." Demgegenüber zeichnen sich dynamische Beliefs typischerweise durch Einstellungen aus: "Inhalte sollten beim Lernen miteinander verknüpft werden." "Erfolg ist nicht auf Begabung oder Glück sondern auf Prinzipverständnis zurückzuführen".

Hinsichtlich der motivationalen Aspekte konnten die vier Motivationsregulationen (internale, identifizierte, introjizierte und externale Regulation) nach Deci und Ryan (1993) nachgewiesen werden. Insgesamt zeigten die extrahierten Motivationsdimensionen keinen großen Einfluss auf den Lernerfolg. Es zeigte sich, dass neben dem Expertisegrad lediglich die externale Regulation einen signifikanten Einfluss auf die Vorhersagbarkeit des Lernerfolgs im Problemlösen und im Faktenwissen ausübt. Von den Belief-Systems spielen hierbei nur die statischen Beliefs bezüglich des Lernerfolgs im Faktenwissen eine Rolle.

Insgesamt zeigt sich also, dass der Expertisegrad den höchsten prädiktiven Wert darstellt, wenn es um die Vorhersage des Lernerfolgs im Faktenwissen und im Problemlösen geht. Einen geringeren prädiktiven Wert zeigt zudem das novizenhafte Selbsterklären. Das bedeutet, dass sich eine intensive Textelaboration positiv auf den Lernerfolg ausübt. Hingegen wirkt sich eine starke externale Motivationsregulation erwartungsgemäß negativ auf den Lernerfolg aus, ebenso wie statische Beliefs hinsichtlich des Lernerfolgs im Faktenwissen.

Abschließend konnten auf der Basis der vorliegenden empirischen Daten zum Selbsterklären, zum Lernerfolg, zur Motivationsregulation und zu den Belief-Systems zwei Lernprofile, die als Experten und Novizen bezeichnet werden können, extrahiert werden. Auch hier zeigte sich wieder ein enger Zusammenhang zwischen dem Expertisegrad, dem Selbsterklärungsverhalten und dem Lernerfolg. Externale Motivationsregulation und statische Beliefs sind typisch für Novizen. Hingegen sind die internale Motivationsregulation und dynamische Beliefs nur im geringeren Maß typisch für die Experten. Es scheint so, als hätten Faktoren wie Belief-Systems und motivationale Aspekte mit steigendem Expertisegrad einen immer geringer werdenden Einfluss auf den Lernerfolg. Demnach wären dynamische Beliefs

und eine internale Motivationsregulation zwar keine Erfolgsgarantie, statische Beliefs und eine externale Motivationsregulation scheinen aber insbesondere im Falle der Novizen beim Lernen mit Beispielaufgaben hinderlich zu sein. Das kann darauf zurückzuführen sein, dass insbesondere beim Lernen mit Beispielaufgaben, die Lernenden sich aktiv und intensiv mit dem Lösungstext auseinandersetzen müssen, um die lösungsrelevanten Informationen zu lernen und das zugrunde liegende Konzept zu verstehen. Lernende die eher darauf aus sind, nur schnell und wahllos Informationen auswendig zu lernen und nicht motiviert sind, sich intensiver mit den gegebenen Informationen und Lösungsschritten auseinander zusetzen, werden die Beispielaufgaben nur oberflächlich bearbeiten. Folglich erlangen sie, wenn überhaupt, nur einen geringen Lernerfolg. Dass das insbesondere für Novizen gilt, liegt wahrscheinlich darin begründet, dass Novizen sich aufgrund ihres geringen domänenspezifischen Vorwissens wesentlich intensiver mit einer Beispielaufgabe auseinandersetzen müssen, um überhaupt ein Grundverständnis zu erlangen, als Lernende, die bereits über ein bestimmtes Vorwissen verfügen und die neuen Informationen leichter integrieren können.

## **9.2 Folgerungen für die Praxis**

Im herkömmlichen Biologieunterricht ist das Lernen mit Beispielaufgaben keine gängige Methode. Hingegen wird das Lernen mit Beispielaufgaben im Physikunterricht und auch im Chemieunterricht wesentlich häufiger eingesetzt, wobei gute Ergebnisse beim Wissenserwerb und dem Erwerb von Problemlösefähigkeiten erzielt werden. Aufgrund dieser Erfolge sollte es mehr als gerechtfertigt sein, anzunehmen, dass das Lernen mit Beispielaufgaben auch im Biologieunterricht den Erwerb von Wissen und Problemlösefähigkeiten erfolgreich unterstützt.

Die im Rahmen dieser Studie gemachten Erfahrungen mit dem Einsatz biologischer Beispielaufgaben im 9. Jahrgang zeigen, dass die Methode der Beispielaufgaben auch im Biologieunterricht sinnvoll eingesetzt werden kann. Den Lernenden hat das Lernen mit Beispielaufgaben Spaß gemacht und sie haben es als positiv empfunden, ihr Lerntempo auf diese Weise selbst bestimmen zu können. Ebenso wie die Beispielaufgaben wurden auch die vorwissensangepassten Selbsterklärungsimpulse von den Lernenden als hilfreich und lernförderlich eingestuft. Aus der Sicht der Lernenden kann demnach empfohlen werden, ab und zu die Methode der Beispielaufgaben im Biologieunterricht einzusetzen. Zudem sprechen die Ergebnisse dieser Untersuchung ganz klar dafür, dass das Lernen mit Beispielaufgaben nicht nur angenehm für die Lernenden ist, sondern dass auch der Wissenserwerb beim Lernen mit Beispielaufgaben durch inhaltlich spezifische Impulse, die das Vorwissen der Lernenden berücksichtigt, gefördert werden kann. Hierbei ist insbesondere für Lernende mit wenig Vorwissen von Bedeutung, dass sie mit Lernimpulsen arbeiten, die ihr geringes Vorwissen berücksichtigen. Ansonsten steigt die Wahrscheinlichkeit dass die Beispielaufgabe nur oberflächlich bearbeitet wird und dass es vermehrt zu Verständnisillusionen kommt, wie es auch Renkl (1998) in seiner Stichprobe beobachten konnte.

Die Ergebnisse deuten daraufhin, dass sich die Lernimpulse nicht direkt auf die Problemlösefähigkeiten ausgewirkt haben. Bei den Novizen fiel auf, dass zwei Beispielaufgaben noch nicht ausreichen, um ein zugrundeliegendes Prinzip zu vermitteln. Dementsprechend sollten Lernende mit wenig domänenspezifischen Vorwissen die Gelegenheit dazu haben, mehrere Beispielaufgaben zu einem Konzept bearbeiten zu können. Durch diese Übung können sie mehr aufgabenspezifisches Wissen erlangen, so dass die Wissensbasis immer stärker vernetzt wird und auch in komplexen Aufgabensituationen abrufbar ist. Hierbei bleibt noch zu untersuchen, wie viele Beispielaufgaben nötig sind, um die Problemlösekompetenzen auch von Novizen merkbar zu beeinflussen. Dabei wäre es wichtig auch darauf zu achten, dass die Lernenden nicht zu statische Beliefs aufbauen und nicht zu stark external reguliert sind, da sich diese Merkmale bei Novizen als lernhinderlich gezeigt haben. Ob durch das Lernen mit Beispielaufgaben diese Merkmale positive beeinflusst werden können, wurde im Rahmen dieser Studie nicht untersucht. Möglicherweise können aber diese Merkmale durch den Aufbau einer vernetzten Wissensbasis wiederum beeinflusst werden. Ansatzpunkte für diese Vermutung liefern die Ergebnisse, dass Faktoren wie die motivationalen Aspekte oder Belief-Systems immer weniger Einfluss auf das Lernen an sich zeigen, je mehr domänenspezifisches Wissen eine Person aufweist. Die Effekte solcher Faktoren scheinen mit dem Anstieg des Wissens immer mehr in den Hintergrund zu treten und an Wichtigkeit zu verlieren.

Abschließend kann formuliert werden, dass Beispielaufgaben mit integrierten vorwissensangepassten Selbsterklärungsimpulsen den Wissenserwerb fördern. Zur Förderung der Wissensanwendung müssten nachfolgende Untersuchungen zeigen, ob es effektiver ist, mehr als nur zwei Beispielaufgaben zu einem Konzept bearbeiten zu lassen. Um den Übergang zur eigenständigen Wissensanwendung zu gestalten, ist möglicherweise eine schrittweise weniger ausführlichere Gestaltung der Beispielaufgabenlösung vorstellbar.

Das Lernen mit Beispielaufgaben im Biologieunterricht wird sicherlich nicht dafür sorgen, dass am Ende eines Schuljahres alle Schülerinnen und Schüler gleich starke Leistungen im Fach Biologie erbringen. Aber sie stellen mit Sicherheit eine gute Möglichkeit dar, den Erwerb von Wissen und Problemlösefähigkeiten zu fördern sowie neue schwierige kognitive Methoden einzuführen, sie zu üben und anzuwenden. Ohne die guten Schülerinnen und Schüler zu vernachlässigen, können die schwächeren Lerner durch entsprechende Lernimpulse in den Beispielaufgaben gefördert werden. Beispielaufgaben mit vorwissensabhängigen Impulsen eignen sich also im täglichen Schulalltag auch dazu, die oft so schwierige Binnendifferenzierung zu meistern.



## 10 Literatur- und Quellenverzeichnis

- Ackermann, P.L.* (1987): Individual differences in skill learning: An integration of psychometric and information processing perspectives. *Psychological Bulletin*, 102, 3-27.
- Ahn, W., Brewer, W.F. & Mooney, R.J.* (1992): Scheme acquisition from a single example. *Journal of Educational Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 18, 2, 391- 412.
- Ainsworth, S. & Th Loizou, A.* (2003, in Press): The Effects of Self-Explaining When Learning with Texts or Diagrams. *Cognitive Science*.
- Aleven, V.; Koedinger, K.R. & Cross, K.* (1999): Tutoring answers-explanation fosters learning with understanding. Paper presented at the AIED '99, 9<sup>th</sup> World Conference of Artificial Intelligence and Education, Le Mans, France.
- Aleven, V. & Koedinger, K.R.* (2000):The Need for Tutorial Dialogue to Support Self-Explanation. In C.P. Rose & R. Freedman (Eds.), *Building Dialoguesystems for Tutorial Applications*, Papers of zhe 2000 AAAI Fall Symposium (pp. 65-73). Technical Report FS-00-01. Menlo Park, CA: AAAI Press.
- Aleven, V.; Popescu, O. & Koedinger, K.R.* (2001): Towards Tutorial Dialogue to Support Self-Explanation. Adding Natural Language Understanding to a Cognitive Tutor. In: J. D. Moore, C. L. Redfield & W. L. Johnson (Eds.), *Artificial Intelligence in Education. AI-ED in the Wired and Wireless Future* (pp. 246- 255), Amsterdam, IOS Press.
- Aleven, V.; Popescu, O. & Koedinger, K.R.* (2002): Pilot Testing a Tutorial Dialogue System that Supports Self-Explanation. In S. A. Cerri; G. Gouardères & F. Paraguaçu (Eds.), *Proceeding of Sixth International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS 2002* (344-354). Berlin: Springer.
- Alexander, P.A. & Judy, J.E.* (1988): The Interaction of domain-specific and strategic knowledge in academic performance. *Review of Educational Research*. Vol. 58, 4, 375-404.
- Alexander, P.A. & Kulikowich, J.M.* (1994): Learning from physics texts: A synthesis of recent research. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 31, 9, 895-911.
- Anderson, J.R.* (1982): The acquisition of cognitive skill. *Psychological Review*, 89.
- Anderson, J.R.* (1983): *The architecture of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Anderson, J.R.* (1987): Skill acquisition: compilation of weak-method problem solutions. *Psychological Review*, 94 (2).
- Anderson, J.R.* (1989): The analogical origins of errors in problem solving. In: D. Klahr & K. Kotovsky (Eds.). *Complex information processing. The impact of Herbert A. Simon* (343 – 371). Hillsdale, NY.: Erlbaum.
- Anderson, J.R., Farrel, R. & Sauers, R.* (1984): Learning to program in LISP. *Cognitive Sciences*, 8, 87-129.
- Atkinson, R. K.* (2002): Optimizing Learning From Examples Using Animated Pedagogical Agents. *Journal of Educational Psychology*, Vol. 94, No. 2, 416-427.

- Atkinson, R. K.; Derry, S. J.; Renkl, A. & D. Wortham, (2000):* Learning from examples: instructional principles from the worked examples research. *Review of Educational Research* 70(2): 181-214.
- Bauer, E.W. (2000):* Humanbiologie. Cornelsen Verlag, Berlin.
- Baumert (1993):* Lernstrategien, motivationale Orientierung und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen im Kontext schulischen Lernens. *Unterrichtswissenschaft*, 4, 327-354.
- Bayrhuber, H. & Kull, U. (Hrsg.) (1998):* Linder Biologie. Schroedel Verlag GmbH, Hannover..
- Beck, J. u.a. (1997) :* Umwelt: Biologie 7-10. Länderausgabe B. Ernst Klett Verlag Stuttgart, 1997. S. 110-111.
- Bielaczyc, K. & Recker, P. (1991):* Training in self-explanation and self-regulation strategies: Investigating the effects of knowledge acquisition activities on problem solving. *Cognition and Instruction*. Vol 13, 2, 221-252.
- Bielaczyc, K.; Pirolli, P. & Brown, A. L. (1991):* The effects of training in explanation strategies on acquisition of programming skills. Berkeley, CA: University of California at Berkeley.
- Bielaczyc, K.; Pirolli, P. & Brown, A. L. (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.
- Bils, W. (1994):* Übungsaufgaben zum Biologieunterricht in den Klassen 7 und 8. Quelle und Meyer Verlag, Wiesbaden.
- Bils, W. (1996):* Übungsaufgaben zum Biologieunterricht in den Klassen 9 und 10. Quelle und Meyer Verlag, Wiesbaden.
- Bromme, R. (1992):* Der Lehrer als Experte. Zur Psychologie des professionellen Wissens. Bern: Huber.
- Campbell, N.A. (1997):* Biologie. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum.
- Catrambone, R. (1995):* Aiding subgoal learning: Effects on transfer. *Journal of Educational Psychology*, 85, 5-17.
- Catrambone, R. & Holyoak, K.J. (1989):* Overcoming contextual limitations on problem solving transfer. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 15, 1147-1156.
- Catrambone, R. & Holyoak, K.J. (1990):* Learning subgoals and methods for solving probability problems. *Memory & Cognition*, 18 6, 593-603.
- Chase, W.G. & Ericsson, K.A. (1981):* Skilled memory. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chase, W.G. & Ericsson, K.A. (1982):* Skill and Working Memory. In: G. W. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 16). New York: Academic press.
- Chase, W.G. & Simon, H.A. (1973a):* The mind's eye in chess. In: W. G. Chase (Ed.), *Visual information processing*. New York: Academic press.
- Chase, W.G. & Simon, H.A. (1973b):* Perception in chess. *Cognitive Psychology* 4, 55-81.
- 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. & Roscoe, R.D. (2002):* The process and challenge of conceptual change. In: M. Limón & L. Mason (Eds.), *Reconsidering Conceptual Change, Issues in Theory and Practice (3-27)*, Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- 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. & Bassok, M. (1989):* Learning from examples via self-explanations. In: Resnick, L.B. (Ed.): *Knowing, learning and instruction: Essays in honour of Robert Glaser*. Hillsdale New York: Erlbaum.
- Chi, M.T.H. & VanLehn, K.A. (1991).* The content of physics self-explanations. *The Journal of the Learning Sciences*. Vol. 1, 1, 69-105.
- Chi, M.T.H., de Leeuw, N.; Chiu, M.-H. & LaVanher, C. (1994):* Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*. 18, 439-477.
- Conati, C. & VanLehn, K. (1999):* Teaching meta-cognitive skills: Implementation and evaluation of a tutoring system to guide self-explanation while learning from examples. In: S.P. Lajoie & M. Vivet (Eds.), *Artificial Intelligence in Education*. Amsterdam: IOS Press, 297-304.
- Conati, C. & VanLehn, K. (2000a):* 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.
- Conati, C. & VanLehn, K. (2000b):* Further results from the evaluation of an intelligent computer tutor to coach self-explanation. *Intelligent Tutoring Systems: 5<sup>th</sup> International Conference, Montreal Canada*. Gauthier, Frasson, VanLehn (eds.), Springer (Lectures Notes in Computer Sciences, Vol. 1839), 304-313.
- Cooper, G. & Sweller, J. (1987):* Effects on schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer. *Journal of Educational Psychology*, 4, 347-362.
- Cornelsen (Hrsg.) (1991):* Biologie 2. Cornelsen Verlag, Berlin.
- Cornelsen (Hrsg.) (1997):* Biologie 7-10. Berlin: Cornelsen.
- Cox, R. (1999):* Representation construction, externalised cognition and individualized differences. *Learning and Instruction*, 9 (4), 343-363.
- Csikszentmihalyi, M (1985):* Das Flow-Erlebnis. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Deci, E.L. & Ryan, R.M. (1991):* A motivational approach to self: Integration in personality. In: R. Dienstbier (Hrsg.), *Nebraska symposium on motivation, perspectives on motivation (Vol. 38, S. 237-288)*. Lincoln, NE: University of Nebraska Press.
- Deci, E.L. & Ryan, R.M. (1993):* Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 223-238.
- de Groot, A. (1965):* Thought and choice in chess. The Hague: Mouton (Original 1946, 2<sup>nd</sup> Ed. 1979).
- de Jong, T. & Ferguson - Hessler, M.G.M. (1986):* Cognitive Structure of Good and Poor Novice Problem Solvers in Physics. *Journal of Educational Psychology*, 78 (4), 279-288.
- Diers, F. (1999):* Pflanzenschutz simuliert mit Dynasys. UB 243/23. S. 41-45.

- Dönges, J.* (1988): Parasitologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- Dweck, C.S. & Leggett, E.L.* (1988): A social-cognitive approach to motivation and personality. *Psychological Review*, 95, 256-273.
- Ericsson, K.A.* (1988): Concurrent verbal reports on text comprehension. A review. *Text*, 8, 295-325.
- Ericsson, K.A. & Kintsch, W.* (1995): Long-Term Working Memory. *Psychology Review*, 2, 211-245.
- Ericsson, K.A., Krampe, R.T & Tesch-Roemer, C.* (1993): The role of deliberate practise in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100, 363-406.
- Ericsson, K.A. & Lehmann, A.C.* (1996): Expert and exceptional performance: Evidence of maximal adaptation to task constraints. *Annual Review of Psychology*, 4, 273-305.
- Ericsson, K.A.; Patel, V. & Kintsch, W.* (1999): The role of long-term working memory in text comprehension. *Psychologia*, 42, 186-198.
- Ericsson, K.A. & H.A. Simon* (1993): Protocol analysis: Verbal reports as data. Cambridge, MA, MIT Press.
- Ericsson, K.A. & Smith, J.* (1991): Toward a general theory of expertise: prospects and limits. Cambridge: Cambridge University Press.
- Eschenhagen, D., Kattmann, U. & Rodi, D.* (1991): Handbuch des Biologieunterrichts Sekundarbereich I. Band 8 Umwelt. Aulis Verlag Deubner & CO KG, Köln.
- Eylon, B. & Reif, F.* (1984): Effects of knowledge organization on task performance. *Cognition and Instruction*, 1, 5-44.
- 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.
- Fitts, P.M. & Posner, M.I.* (1967): Human performance. Monterey, CA: Brooks/Cole.
- Gick, M.L. & Holyoak, K.J* (1980): Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*. 12, 306-355.
- Gick, M.L. & Holyoak, K.J.* (1983): Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15, 1-38.
- Gick, M.L. & Holyoak, K.J.* (1987): The cognitive basis of knowledge transfer. In: S. M. Cormier & J. D Hagman (Hrsg.), *Transfer of learning: Contemporary research and applications* (9-16). Orlando, FL: Academic Press.
- Gick, M.L. & Paterson, K.* (1992): Do contrasting examples facilitate schema aquisition and analogical transfer? *Canadian Journal of Psychology*, 46, 539-550.
- Görtz, H.-D.* (1988): Formen des Zusammenlebens. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Gottfried, A.E.* (1985): Academic intrinsic motivation elementary and junior high school students. *Journal of Educational Psychology*, 77, 631-645.
- Gottfried, A.E.* (1990): Academic intrinsic motivation in young elementary school children. *Journal of Educational Psychology*, 82, 525-538.
- Grzimek, B.* (1970): Grzimeks Tierleben. Dritter Band. Weichtiere und Stachelhäuter. Kindler Verlag AG, Zürich.
- Gruber, H.* (1991): Qualitative Aspekte von Expertise im Schach. Feenschach Aachen.

- Gruber, H.* (1994): Expertise. Modelle und empirische Untersuchungen. Opladen: Westdeutscher Verlag GmbH.
- Gruber, H.* (1999): Wissen. In: C. Perleth & A. Ziegler (Hrsg.): Pädagogische Psychologie (S. 94-102): Erfahrung als Grundlage kompetenten Handelns. Bern: Hans Huber.
- Gruber, H. & Mandl, H.* (1996): Das Entstehen von Expertise. In: J. Hoffmann & W. Kintsch (Eds.), Enzyklopädie der Psychologie (Vol. 7). Göttingen: Hogrefe.
- Gruber, H. & Ziegler, A.* (1996): Expertiseforschung: Theoretische und empirische Grundlagen. Opladen: Westdeutscher Verlag GmbH.
- Heller, K.A. & Ziegler, A.* (1996): Gender differences in mathematics and natural sciences: Can attributional retraining improve the performance of gifted females? *Gifted Child Quarterly*, 40, 200-210.
- Hofer, B.K. & Pintrich, P.R.* (1997): The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67, (1).
- IPN Einheitenbank Biologie* (1987): Integrierter Pflanzenschutz im Apfelanbau. Aulis Verlag Deubner & CO KG.
- Jaenicke, J.* (1986): Materialien zum Kursunterricht Biologie Teil 3. Aulis Verlag Deubner & Co KG.
- Jongmann, R.W.* (1968): Het oog von de master. Amsterdam: Van Gorcum.
- Kalyuga, S., Chandler; Tuovinen, P. & Sweller, J.* (2001): When Problem Solving Is Superior to Studying Worked Examples. *Journal of Educational Psychology*, Vol. 93, No. 3, 579-588.
- Kintsch, W.* (1988): The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model. *Psychological Review*. 95, 163-182.
- Kintsch, W.* (1989): Learning from text. In L.B. Resnick (Eds.), *Knowing. Learning and instruction - Essays in Honor of Robert Glaser* (pp. 25-46). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kintsch, W.* (1993): Information accretion and reduction in text processing: inferences. In: *Discourse Processes*, 16 193-202.
- Kintsch, W.* (1996): Die kognitive Funktion des Gedächtnisses. In D. Albert & K.H. Stapf (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie. Serie II Kognition, Bd. 4 Gedächtnis*, S. 541-591, Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe Verlag für Psychologie.
- Kintsch, W.* (1996): Lernen aus Texten. In: Hoffmann, J. & W. Kintsch (Hg.): *Enzyklopädie der Psychologie. Bd. 7*, 503-528, Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe Verlag für Psychologie.
- Klett, E. (Hrsg.)* (1995): *Natura. Biologie für Gymnasien Oberstufe*. Ernst Klett Verlag, Stuttgart.
- Klett, E. (Hrsg.)* 1997): *Umwelt: Biologie 7-10*. Ernst Klett Verlag, Stuttgart.
- Köller, O., Baumert, J. & Neubrand, J.* (2000): Epistemologische Überzeugungen und Fachverständnis im Mathematik- und Physikunterricht. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg.), *TIMSS/III Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie - Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn, Band 2* (S. 229-269). Opladen: Leske und Budrich.

- Krems, J.* (1994): Wissensbasierte Urteilsbildung: diagnostisches Problemlösen durch Experten und Expertensysteme. Bern Huber.
- Kroß, A. & Lind, G.* (2001): Einfluss von Vorwissen auf Intensität und Qualität des Selbsterklärens beim Lernen mit biologischen Beispielaufgaben. *Unterrichtswissenschaft*, 1, 5-25.
- Le Fevre, J.-A. & Dixon, P.* (1986): Do written instructions need examples? *Cognition and Instruction*. Vol. 3, 1, 1-30.
- Lind, G. & Friege, G.* (2003): Wissen und Problemlösen – Eine Untersuchung zur Frage des „trägen Wissens“. *Empirische Pädagogik*, 17 (1), 57-86.
- Lind, G., Friege, G. & Sandmann, A.* (im Druck): Selbsterklären und Vorwissen. *Zeitschrift für empirische Pädagogik*.
- Lind, G. & Sandmann, A.* (2003). Lernstrategien und Domänenwissen. *Zeitschrift für Psychologie*, 211 (4), 171-192.
- Lind, G.; Friege, G.; Kleinschmidt, L. & Sandmann, A.* (zur Veröffentlichung eingereicht): Beispiellernen und Problemlösen.
- Mack, W.* (1996): Expertise und Intelligenz. In: H. Gruber & A. Ziegler (Hrsg.), *Expertiseforschung: Theoretische und empirische Grundlagen* (92-114), Opladen Westdeutscher Verlag GmbH.
- Mackensen, I. & Sandmann, A.* (2002a): Lernen mit Beispielaufgaben: aktiv - konstruktiv - eigenständig. *PdN-Bio* 8/51, 16-24.
- Mackensen, I. & Sandmann, A.* (2002b): Training effektiver Selbsterklärungen beim Lernen mit biologischen Beispielaufgaben - Interventionsstudie auf dem Hintergrund der Expertiseforschung. In H. Vogt und C. Retzlaff-Fürst (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* (S. 63-70). Universitätsdruckerei Rostock.
- Mannes, S.M. & Kintsch, W.* (1987): Knowledge organization and text organization. *Cognitive Science*. 4, 91-115.
- Marton, F. & Saljö, R.* (1984): Approaches to learning. In: F. Marton, D. Hounsell & N. Entwistle (Eds.), *The experience of learning* (S.36-55). Edingburgh: Scottish Academic Press.
- McNamara, D.S.; E. Kintsch; N. Butler Songer & W. Kintsch* (1996): Are good texts always better? Interactions of text coherence, background knowledge and levels of understanding in learning from text. *Cognition and Instruction*, 14, 1, 1-43.
- Mehlhorn, H., Eichenlaub, D, Löscher, T. & Peters, W.* (1995): *Diagnostik und Therapie der Parasitosen des Menschen*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Mehlhorn, H. & Mehlhorn, B.* (1996): *Zecken, Milben, Fliegen, Schaben*. Springer Verlag, Berlin.
- Miller, G.A.* (1956): The magical number seven, plus or minus two: Some limits of our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63.
- Miram, W.; Scharf, K.-H. (Hrsg.)* (1997): *Biologie heute SII*. Schroedel Verlag GmbH, Hannover.
- Möller, J. & Jerusalem, M.* (1997): Attributionsforschung in der Schule. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 11, 151-166.

- 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.
- Nicolls, J.G., Cobb, P., Wood, T., Yackel, E. & Patashnick, M. (1990): Assessing students' theories of success in mathematics: Individual and classroom differences. *Journal for Research in Mathematics Education*. 21, 109-122.
- Nicolls, J.G., Cobb, P., Yackel, E., Wood, T. & Wheatley, G. (1990): *Students' theories about mathematics and their knowledge: Multiple dimensions of assessment*. In G. Kulm (Ed.), *Assessing higher order thinking in mathematics* (pp. 137–154). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science.
- O'Reilly, T, Symons, S. & Mac Latchy-Gaudet (1998) : A Comparison of Self-Explanation and Elaborative Interrogation. *Contemporary Educational Psychology*, 23, 434-445.
- Paas, F.G.W.C. & Merrienboër, J.J.G. (1993): Instructional control of cognitive load and the training of complex cognitive tasks. In: F.G.W.C. Paas (Hrsg.), *Instructional control of cognitive load in the training of complex tasks*. Den Haag: CIP-Data Koninklij Bibliotheek.
- Paas, F.G.W.C. & Merrienboër, J.J.G. (1994): Variability of worked examples and transfer of geometrically problem-solving skills: A cognitive load approach. *Journal of Educational Psychology*, 86, 122-133.
- Pirolli, P. & J. R. Anderson (1985):The role of learning from examples in the acquisition of recursive programming skills. In: *Canadian Journal of Psychology*, 39, 240-272.
- Pirolli, P. & K. Bielaczyc (1989). Empirical analyses of self-explanation and transfer in learning to program. *Proceedings of the 11th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Hillsdale, NJ, Erlbaum.
- Pirolli, P. & M. Recker (1991). Knowledge construction and transfer: Using an intelligent tutoring system. Report No. CSM-1. Bekeley, CA: Univeristy of California at Berkeley.
- Pirolli, P. & M. Recker (1994): Learning strategies and transfer in the domain of programming. *Cognition and Instruction*. 12, 235-275.
- Posner, M.I. (1988): Introduction: What is to be an expert? Im M.L.T Chi, R. Glaser & M.J. Farr (Eds.), *The nature of expertise* (pp. XXIX – XXXVI). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Quilici, J.L. & Mayer, R.E. (1996): Role of examples in how students learn to categorize statistics word problems. *Journal of Educational Psychology*, Vol.88, No.1, 144-161.
- Rahmenplan für das Land Schleswig-Holstein: <http://lehrplan.lernnetz.de/html/index.htm>
- Recker, M. & P. Pirolli (1995): Modelling individual differences in students' learning strategies. In: *The Journal of the Learning Sciences*, 4, 1-38.
- Reder, I.M., Charney, D.H. & Morgan, K.I. (1986): The role of elaboration in learning a skill from an instructional text. *Memory & Cognition*, 14, 64-78.
- Reed, S.K. & Bolstad, C.A. (1991): Use of examples and procedures in problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 17, 753-766.
- Reimann, P. (1997): *Lernprozesse beim Wissenserwerb aus Beispielen*. Bern: Huber.

- Renkl, A.* (1994): Wer hat Angst vorm Methodenkurs? Eine empirische Untersuchung zum Stresserleben von Pädagogikstudenten in der Methodenausbildung. In: R. Olechowski & B. Rollett (Hrsg.), *Theorie und Praxis. Aspekte empirisch-pädagogischer Forschung* (178-183). Frankfurt: Lang.
- Renkl, A.* (1996): Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. *Psychologische Rundschau*, 47, 78-92.
- Renkl, A.* (1997): Learning from worked-out examples: A study on individual differences. *Cognitive Science*. Vol. 21, 1-29.
- Renkl, A.* (1999): Lernen aus Lösungsbeispielen. In: C. Perleth & A. Ziegler (Hrsg.): *Pädagogische Psychologie* (S. 83-93): Verlag Hans Huber Bern.
- Renkl, A.* (2001): Explorative Analysen zur effektiven Nutzung von instruktionalen Erklärungen beim Lernen mit Beispielaufgaben. *Unterrichtswissenschaft*, 1, 41-63.
- Renkl, A.* (2001): Worked-out examples: instructional explanations support learning by self-explanations. *Learning and Instruction*, 12, 529-566.
- Renkl, A.* (2002): Worked-out examples: instructional explanations support learning by self-explanations. *Learning and instruction*, 12, 529-556.
- Renkl, A.* (im Druck): *Pädagogische Psychologie*. Bern Huber.
- Renkl, A.; Atkinson, R.K. & Mayer, U.H.* (2000): From studying examples to solving problems: Fading worked-out solution steps helps learning. In L. Gleitman & A. K. Joshi (Eds.), *Proceeding of the 22nd Annual Conference of the cognitive Science Society* (393-398). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Renkl, A.; Stark, R.; Gruber, H. & Mandl, H.* (1998a): Learning from worked-out examples: The effects of example variability and elicited self-explanations. *Contemporary Educational Psychology*, 23,90-108.
- Renkl, A.; Stark, R.; Gruber, H. & Mandl, H.* (1998b, im Druck): Förderung des Wissenstransfers im Bereich des kaufmännischen Rechnens durch Anleitung zur Selbsterklärung und multiple Beispiele. In Alisch, L.-M. (Hg.): *Externale und internale Beschreibungen. Anwendungen empirisch-pädagogischer Forschungsmethodik*. Münster: Waxmann.
- Rheinberg, F.* (1996): Von der Lernmotivation zur Lernleistung. Was liegt dazwischen? In Möller, J. & Köller, O. (Hrsg.), *Leistungsbezogene Kognitionen und Emotionen* (23-51). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Ross, B. H.* (1990): The access and use of relevant information: A specific case and general issues. In: R. Freedle (Ed.): *Artificial intelligence and the future of testing* (pp. 173-211). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Ryan, M.P.* (1984): Monitoring text comprehension: Individual differences in epistemological standards. *Journal of Educational Psychology*, 76, 248-258.
- Ryan, R.* (1996): *Self-explanation and Adaptation*. University of Pittsburgh, Pittsburgh.
- Salthouse, T.A.* (1991): Expertise as circumvention of human processing limitations. In: K.A. Ericsson & J. Smith (Eds.), *Toward a general theory of expertise. Prospects and limits*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sandmann, A., Hosenfeld, M., Lind, G. & Mackensen, I.* (2002): Paraphrasieren, Schlussfolgern, Bewerten - Strategien des Lernens mit Beispielaufgaben bei Experten und No-

- vizen in Biologie. In: R. Klee & H. Bayrhuber (Hrsg.), Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik, Band 1 (S. 131-144), Innsbruck Studienverlag.
- Scharf, K.-H.* (1991): Zecken - Überträger von Krankheiten. PdN-B. 1/40.
- Schiefele, U.* (1996): Motivation und Lernen mit Texten. Göttingen: Hogrefe.
- Schiefele, U., Krapp, A., & Schreyer, I.* (1993): Metaanalyse des Zusammenhanges von Interesse und schulischer Leistung. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 25, 120-148.
- Schiefele, U. & Schreyer, I.* (1994): Intrinsische Lernmotivation und Lernen. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 8, 1-13.
- Schiefele, U., Winteler, A., & Krapp, A.* (1988): Studieninteresse und fachbezogene Wissensstruktur. Psychologie in Erziehung und Unterricht, 35, 106-118.
- Schlagen, B. & Stiensmeier-Pelster, J.* (1997): Implizite Theorien über die Veränderbarkeit von Intelligenz als Determinanten von Leistungsmotivation. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 11 (3/4), 167-176.
- Schneider, W.* (1999): Expertise. In: C. Perleth & A. Ziegler (Hrsg.): Pädagogische Psychologie (S. 83-93): Verlag Hans Huber Bern.
- Schoenfeld, A.H.* (1983): Beyond the purely cognitive: Belief systems, social cognitions, and metacognitions as driving forces in intellectual performances. Cognitive Science, 7, 329-363.
- Schoenfeld, A.H.* (1985): Mathematical problem solving. San Diego, CA: Academic Press.
- Schoenfeld, A.H.* (1992): Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. In: D.A. Grouws (Ed.), Handbook of research on mathematics, teaching and learning (NCTM) (334-370). New York: Macmillan.
- Schommer, M.* (1990): Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. Journal of Educational Psychology, 82, 498-504.
- Schommer, M.* (1993): Epistemological development and academic performance among secondary students. Journal of Educational Psychology, 85, 406-411.
- Schommer, M., Calvert, C., Gariglietti, G. & Bajaj, A.* (1997): The development of epistemological beliefs among secondary students: A longitudinal study. Journal of Educational Psychology, 80, 37-40.
- Schroedel Verlag (Hrsg.)* (2000): Fit fürs Abi Biologie. Aufgabentrainer. Schroedel-Verlag GmbH, Hannover.
- Schroedel Verlag (Hrsg.)* (1997): Biologie heute S II. Schroedel-Verlag GmbH, Hannover.
- Schworm, S. & Renkl, A.* (2002): Lernen effektive Lösungsbeispiele zu erstellen: Ein Experiment zu einer computerbasierten Lernumgebung für Lehrende. Unterrichtswissenschaft, Heft 1, 7-26.
- Simon, H.A. & Chase, W.G.* (1973b): Skill in Chess. American scientist, 61, 394-403.
- Simon, D.P. & Simon, H.A.* (1978): Individual differences in solving physics problems. In R. S. Siegler (Hrsg.), Children thinking: What develops? (S. 325-348). Hillsdale, NJ.: Erlbaum.
- Songer, N.B. & Linn, M-C.* (1991): How do students' view of science influence knowledge integration? In M.C. Linn, N.B. Songer & E.L. Lewis (Eds.), Students' models and

- epistemologies of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), 761-784 (Special Issue).
- SPSS. Statistical Package for the Social Sciences. Windows -Version: SPSS Inc.
- Stark, R. (1999). Lernen mit Lösungsbeispielen - Einfluss unvollständiger Lösungsbeispiele auf Beispielelaboration, Lernerfolg und Motivation. Göttingen, Hogrefe Verlag für Psychologie.
- Steiner, G. (1996): Lernverhalten, Lernleistung und Instruktionmethoden. In: F.E. Weinert (Hrsg.), *Psychologie des Lernens und der Instruktion. Enzyklopädie der Psychologie*, D, I, 2 (S. 279-317), Göttingen, Hogrefe.
- Sweller, J. (1988): Cognitive load during problem solving: effects on learning. *Cognitive Sciences*, 12, 257-285.
- Sweller, J. (1989): Cognitive Technology: Some procedures for facilitating learning and problem solving in mathematics and sciences. *Journal of Educational Psychology*, 81, 463-474.
- 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.
- Sweller, J. (1998): Cognitive Load and learner expertise: Split-attention and redundancy effects in reading with explanatory notes. *Contemporary Educational Psychology*, 23-21.
- Sweller, J. (1999): *Instructional design*. Camberwell, Australia: Acer Press.
- Taconis, M.G.M. Ferguson-Hessler & H. Broekkamp (2001). Teaching science problem solving: An overview of experimental work. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 38, 4, 442-468.
- Tarmizi, R.A. & Sweller, J. (1988): Guidance during mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 80, 424-436.
- VanLehn, K. (1986): Arithmetic procedures are induced from examples. In: Hiebert, J.: *Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- VanLehn, K. (1989): Problem solving and cognitive skill acquisition. In M.J. Posner (Ed.). *Foundations of cognitive science* (pp. 526-579). Cambridge, MA: MIT.
- VanLehn, K. & Jones, R.M. (1993). Learning by explaining examples to oneself. A computational model. Chipman, S. & A. L. Meyrowitz (Eds.): *Foundation of knowledge acquisition: cognitive models of complex learning*. Boston, MA: Kluwer.
- VanLehn, K.; Jones, R.M. & Chi, M.T.H. (1992). A model of the self-explanation effect. *Journal of the Learning Science*. Vol. 2, 1, 1-60.
- Ward, M. & Sweller, J. (1990): Structuring effective worked examples. *Cognition and Instruction*, Vol 7, 1, 1-39.
- Webb, N.M. (1989): Peer interaction and learning in small groups. *International Journal of Educational Research*, 13, 21-39.
- Wilkin, B. (1997): Learning from Explanations: Diagrams can "inhibit" the self-explanation effect. In: M. Anderson (Ed.), *Reasoning with Diagrammatic: Representations II*: (pp. 136-143), Menlo Park, CA: AAAI Press.
- Wirtz, H.-P. (2001): Zecken als Krankheitsüberträger. *Biologie in unserer Zeit*, Nr. 4, S. 229-238.

- 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.
- Zander, C. D. (1998):* Parasit-Wirt-Beziehungen. Springer Verlag, Berlin.
- Zhu, X. & Simon, H.A. (1987):* Learning mathematics from examples and by doing. *Cognition and Instruction*, 4, 137-166.
- Ziegler, A. (1999):* Motivation. In: C. Perleth & A. Ziegler (Hrsg.): *Pädagogische Psychologie* (S. 83-93): Verlag Hans Huber Bern.

### **Verwendete Internetseiten:**

- <http://martin.parasitology.mcgill.ca/jimspage/dlatum.htm>
- <http://stefan.schoenhacker.at/feuerwehr/thema/anthrax.htm>
- [http://www.foodnews.de/x-plainmefood/sicherheit/images/Staph\\_aureus\\_2\\_k.jpg](http://www.foodnews.de/x-plainmefood/sicherheit/images/Staph_aureus_2_k.jpg)
- [http://www.gartenfreunde.de/img-archiv/dk0500\\_03.jpg](http://www.gartenfreunde.de/img-archiv/dk0500_03.jpg)
- [http://www.gartenspaziergang.de/t\\_frosch\\_3.html](http://www.gartenspaziergang.de/t_frosch_3.html)
- <http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/pisa/index.html>
- [http://www.landwirtschaft.bayern.de/alle/cgi-bin/go.pl?region=home&page=http://www.stmlf.bayern.de/lwg/weinbau/Rebschutzleitf\\_2003/nuetzlinge.html](http://www.landwirtschaft.bayern.de/alle/cgi-bin/go.pl?region=home&page=http://www.stmlf.bayern.de/lwg/weinbau/Rebschutzleitf_2003/nuetzlinge.html)
- <http://www.m-ww.de/persoenlichkeiten/koch.html>
- [http://www.uni-wuerzburg.de/pathologie/Virchow/v2/v2\\_semmel.htm](http://www.uni-wuerzburg.de/pathologie/Virchow/v2/v2_semmel.htm)

### **Teile dieser Arbeit wurden bereits veröffentlicht:**

- Mackensen, I. & Sandmann, A. (2002a):* Lernen mit Beispielaufgaben: aktiv - konstruktiv - eigenständig. *PdN-Bio* 8/51, 16-24.
- Mackensen, I. & Sandmann, A. (2002b):* Training effektiver Selbsterklärungen beim Lernen mit biologischen Beispielaufgaben - Interventionsstudie auf dem Hintergrund der Expertiseforschung. In H. Vogt und C. Retzlaff-Fürst (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* (S. 63-70). Universitätsdruckerei Rostock.
- Sandmann, A., Hosenfeld, M., Lind, G. & Mackensen, I. (2002):* Paraphrasieren, Schlussfolgern, Bewerten - Strategien des Lernens mit Beispielaufgaben bei Experten und Novizen in Biologie. In: R. Klee & H. Bayrhuber (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik*, Band 1 (S. 131-144), Innsbruck Studienverlag.

## **Bildquellen**

Folgende Verlage bzw. Institutionen haben die Verwendung ihrer Abbildungen/Fotos im Rahmen dieser Dissertation freundlicherweise genehmigt. Für jede weitere Verwendung muss das Abbildungsrecht erneut bei den betreffenden Verlagen/Institutionen eingeholt werden.

Vielen Dank für Ihre freundliche Unterstützung!

<http://www.bba.de/mitteil/presse/insektwoche/insektwoche.htm>

Abbildung einer Schlupfwespe, Kasten 5.4

Abbildung einer Florfliegenlarve, Anhang, Beispielaufgabe 7

Genehmigung mit freundlicher Unterstützung der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

[http://www.gartenspaziergang.de/t\\_frosch\\_3.html](http://www.gartenspaziergang.de/t_frosch_3.html)

Abbildung Wasserfrosch, Anhang, Einführungstext

Mit freundlicher Genehmigung von M. Wiora

<http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/pisa/index.html>

Abbildung: Kindbettfieber, Semmelweis, Beispielaufgabe ohne Impulse

[http://www.uni-bielefeld.de/biologie/Didaktik/Zoologie/html\\_deutsch/galerie\\_Suc.html](http://www.uni-bielefeld.de/biologie/Didaktik/Zoologie/html_deutsch/galerie_Suc.html)

Abbildung Leucochloridium, Anhang, Beispielaufgabe 3

## **Aulis Verlag Deubner & CO KG:**

Joachim Jaenicke: Materialien zum Kursunterricht Biologie Teil 3, 1986, Seite 190

## **Cornelsen-Verlag:**

*Cornelsen (Hrsg.)* (1991): Biologie 2. Cornelsen Verlag, Berlin, S.11, Abb.2; S.29.

## **Ernst Klett Verlag GmbH:**

*Klett, E. (Hrsg.)* (1995): *Natura. Biologie für Gymnasien Oberstufe*. Ernst Klett Verlag, Stuttgart, S. 309.

*Beck, J. u.a.* (1997) : *Umwelt: Biologie 7-10. Länderausgabe B*. Ernst Klett Verlag Stuttgart, 1997. S. 110, Abb.1,2.

## **Friedrich Verlag:**

*Diers, F.* (1999): *Pflanzenschutz simuliert mit Dynasys*. UB 243/23. S. 41-45. Material 4, Abbildungen a, b und c.

*IPN Einheitenbank Biologie* (1987): *Integrierter Pflanzenschutz im Apfelanbau*. Aulis Verlag Deubner & CO KG.

## **Quelle & Meyer Verlag:**

Rainer Flindt (1989): *Ökologie im Jahresverlauf*. 4. Auflage, S.127.

## **Spektrum Akademischer Verlag:**

Sitte / Weiler / Kadereit / Bresinsky / Körner: *Strasburger Lehrbuch der Botanik*, 1999, S.707, Abb. 3-242 (B); © Elsevier GmbH, Spektrum Akademischer Verlag.

## **Springer-Verlag GmbH:**

Gerhard Piekarski (1973): *Medizinische Parasitologie in Tafeln*. 2. Auflage. S.126, Abb. I , III

*Zander, C. D.* (1998): *Parasit-Wirt-Beziehungen*. Springer Verlag, Berlin Abbildung auf S.38

**Westermann Schroedel Diesterweg – Verlag:**

*Schroedel Verlag (Hrsg.)* (2000): Fit fürs Abi Biologie. Aufgabentrainer. Schroedel-Verlag GmbH, Hannover, S. 30, Material 2

*Schroedel Verlag (Hrsg.)* (1997): Biologie heute S II. Schroedel-Verlag GmbH, Hannover, S II, S.114, Abb. 114;

*Bayrhuber, H. & Kull, U. (Hrsg.)* (1998): Linder Biologie. Schroedel Verlag GmbH, Hannover, S. 369, Abb. 369.1 a und b.

*Schroedel Verlag (Hrsg.)* (1989): Biologie des Menschen, S.65, Abb. II.40

E. Bruns, H. Groth, K. Meister, W. Noack (1997): Das Biobuch 9 und 10., S. 5, Abb.1.8; S.6, Abb. 1.10; S. 22, Abb. 2.9

.....© Bildungshaus Schulbuchverlage  
.....Westermann Schroedel Diesterweg  
.....Schöningh Winklers GmbH, Braunschweig





# **ANHANG**





## Anhangsverzeichnis

<b>A 0</b>	<b>Einführungstext.....</b>	<b>A- 2</b>
<b>A I</b>	<b>Beispielaufgabenlehrgang ..... (Beispielaufgaben 1-10)</b>	<b>A- 5</b>
<b>A II</b>	<b>Beispielaufgaben ohne Impulse.....</b>	<b>A-42</b>
<b>A III</b>	<b>Übungen zum lauten Denken .....</b>	<b>A-49</b>
<b>A IV</b>	<b>Vorwissenstest.....</b>	<b>A-51</b>
<b>A V</b>	<b>Lernerfolgstest im Faktenwissen .....</b>	<b>A-63</b>
<b>A VI</b>	<b>Lernerfolgstest im Problemlösen .....</b>	<b>A-68</b>
<b>A VII</b>	<b>Fragebogen zu den Beliefs-Systems und der Motivationsregulation.....</b>	<b>A-72</b>
<b>A VIII</b>	<b>Begleitfragebogen.....</b>	<b>A-77</b>

## A 0 Einführungstext

Aus platzsparenden Gründen, wird der Einführungstext nicht im Original abgedruckt.  
Ein Seitenwechsel wird durch eine gestrichelte Linie (-----) dargestellt.

### Leben und Leben lassen - Über das Zusammenleben von Organismen



#### 1. Teil: Die Umwelt eines Wasserfrosches

Im Uferbereich von Teichen oder Seen sonnen sich von Frühjahr bis Herbst häufig grün-braun gefärbte Wasserfrösche. Das Quaken dieser guten Springer, Schwimmer und Taucher kann man oft von weitem hören.

Abb. aus:  
[http://www.gartenspaziergang.de/t\\_frosch\\_3.html](http://www.gartenspaziergang.de/t_frosch_3.html)

Im Laufe seines Lebens geht ein Wasserfrosch wie jedes andere Wesen auf dieser Erde vielfältige Beziehungen mit seiner Umwelt ein. Er ernährt sich von Kleintieren wie Insekten und Würmern. Wasserfrösche selbst sind wiederum Nahrung für Störche, Ringelnattern oder Raubfische.

Die Artgenossen des Wasserfrosches können Partner für die eigene Vermehrung oder auch Konkurrenten bei der Suche nach Nahrung oder einem geeigneten Laichplatz sein.

Ein Wasserfrosch lebt so in seinem Lebensraum, dem Teich, zusammen mit einer Vielzahl tierischer wie auch pflanzlicher Organismen. Die Teich bewohnenden Lebewesen bilden zusammen die Lebensgemeinschaft. Sie werden auch als biotische Umweltfaktoren bezeichnet (biotisch = belebt).

Das Leben eines Wasserfrosches wird jedoch auch durch die unbelebte Natur beeinflusst. Kalte oder warme Temperaturen, sehr trockenes oder eher feuchtes Klima, die Wasserbeschaffenheit oder auch die Gestalt des Ufers wirken Tag für Tag auf alle Lebewesen ein. Diese Eigenschaften des Lebensraumes nennt man auch die abiotischen Umweltfaktoren (abiotisch = nicht lebend).

Biotische und abiotische Faktoren bilden zusammen die Umwelt, in und mit der zum Beispiel ein Wasserfrosch lebt.

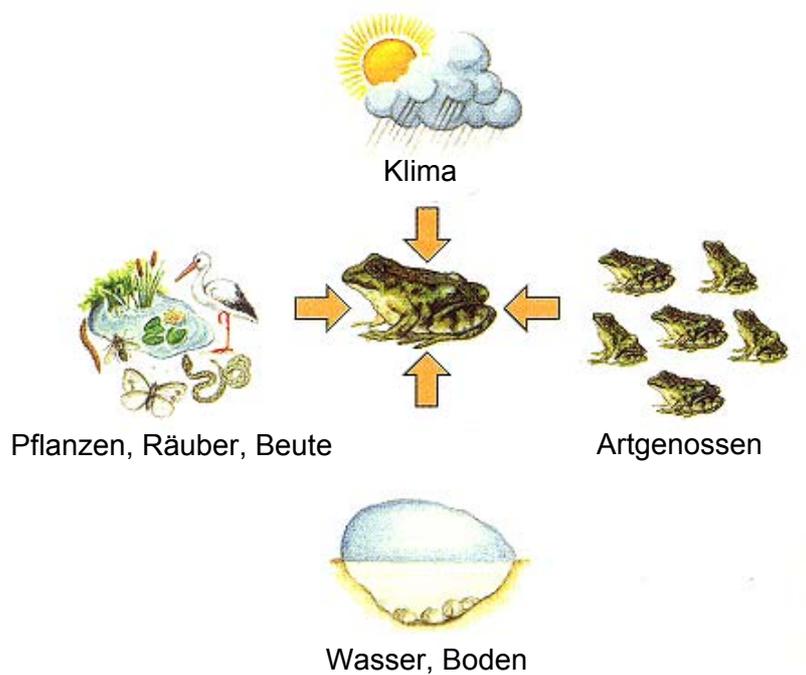


Abb. 1: Die Umwelt eines Frosches (Abbildung aus Schroedel, 1997).

Betrachten wir einmal die Beziehungen der Organismen im Lebensraum des Wasserfrosches genauer.

Gewöhnlich findet man dort neben im Wasser lebenden Wirbeltieren eine große Zahl Wirbelloser wie z. B. Schnecken, Egel, viele verschiedene Insekten und deren Larven sowie Kleinstlebewesen wie Bakterien, Amöben und Wimpertierchen.

Im Uferbereich und an seichteren Stellen sind meist Schwimmblattpflanzen wie die Seerose oder der Wasserknöterich angesiedelt und in den tieferen Bereichen des Teiches die Unterwasserpflanzen wie die Wasserpest oder das Hornkraut.

Die Organismen in einem Teich stehen über die Nahrung in enger Beziehung zueinander. Es gibt Pflanzenfresser (z. B. Kaulquappen) und Fleischfresser (z. B. verschiedene Fische). Aufgrund der unterschiedlichen Ernährungsweisen von Lebewesen entstehen vielfältige Nahrungsbeziehungen zwischen den Organismen. Einfache Beziehungen dieser Art lassen sich als Nahrungskette darstellen.

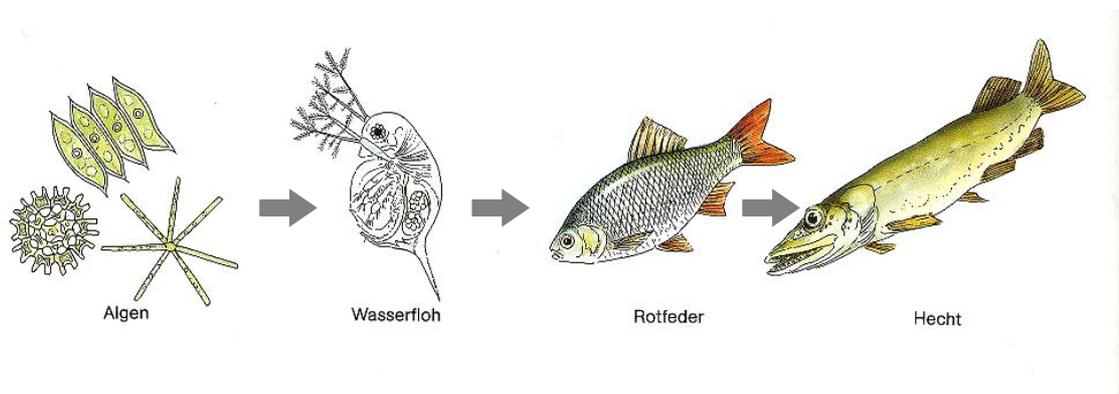


Abb.: Einfache Nahrungskette: ( → bedeutet: "wird gefressen von")  
(Abbildung aus Klett, 1997)

Am Anfang jeder Nahrungskette steht jeweils eine Pflanze. Pflanzen bauen durch Fotosynthese den Pflanzenkörper auf. Deshalb werden sie als Erzeuger oder Produzent bezeichnet. Die nächsten Glieder einer Nahrungskette heißen Verbraucher oder Konsumenten, da sie auf die organischen Bestandteile des jeweils vor ihnen stehenden Kettengliedes angewiesen. Pflanzenfressern kann man somit als Erstverbraucher bezeichnen, die Pflanzenfresser als Zweitverbraucher bzw. das letzte Glied der Nahrungskette als Endverbraucher.

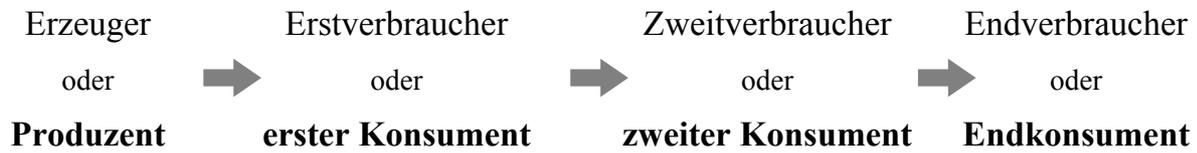


Abb.: Glieder einer Nahrungskette

Da ein Konsument, z. B. ein Fleischfresser meist verschiedene Beutetiere fängt, und auch Pflanzenfresser sich nur in seltenen Fällen ausschließlich von einer Pflanzenart ernähren, sind die Nahrungsbeziehungen der Organismen in der Natur untereinander sehr stark verflochten wie die Maschen eines Netzes. Verschiedene Nahrungsketten fügen sich zusammen zu komplexen Nahrungsnetzen. Diese existieren sich in jedem beliebigen Lebensraum mit unterschiedlichen Gliedern.



**In der Abbildung unten sind typische Vertreter der Lebensgemeinschaft eines Teiches dargestellt.**

**Welche Nahrungsbeziehungen bestehen zwischen diesen?  
Zeichne die Nahrungsbeziehungen in die Abbildung ein.**

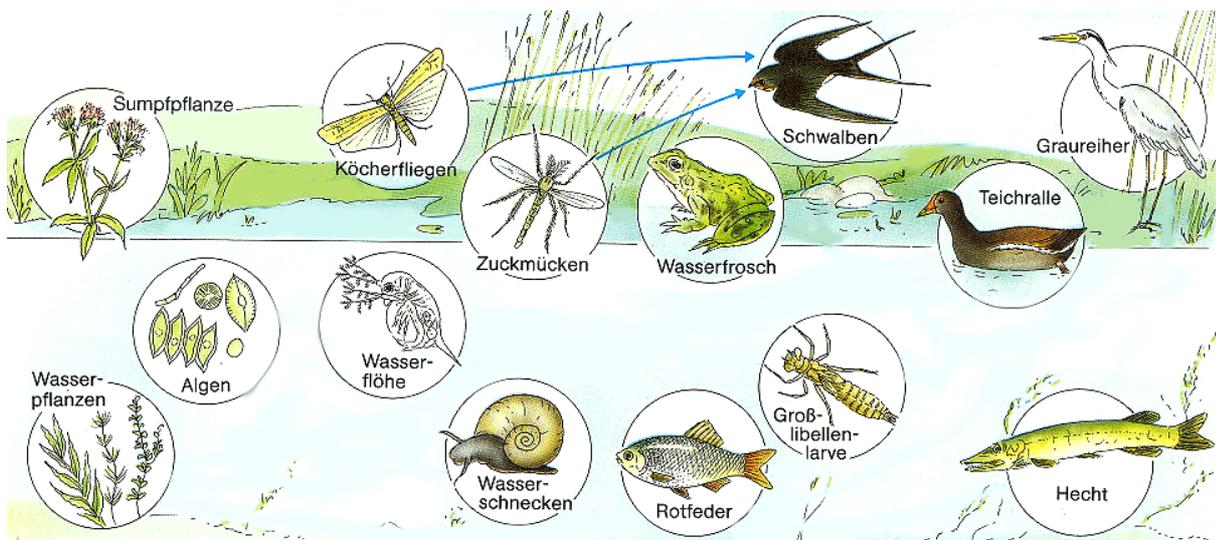


Abb.: Organismen in einem Nahrungsnetz im Lebensraum Teich  
(Abbildung aus Klett, 1997).

## A I Beispielaufgabenlehrgang (Beispielaufgaben mit Impulsen)

Im Folgenden werden die 10 Beispielaufgaben des Beispielaufgabenlehrganges dargestellt. Aus platzsparenden Gründen werden die Beispielaufgaben nicht im Original abgedruckt. Ein Seitenwechsel wird durch eine gestrichelte Linie (-----) dargestellt. Im Lösungstext der Aufgabe werden nur die Standorte der Impulse vermerkt (E: expertenhaften Impuls, N: novizenhafter Impuls). Der wörtliche Wortlaut der Impulse befindet sich im Anschluss an einer jeden Beispielaufgabe in einer Tabelle. In den Originalbeispielaufgaben wurden die Impulse folgendermaßen dargestellt:



## Beispielaufgabe 01

### Der Fischbandwurm

Im Jahr 1986 hatten ca. 20 % der Bevölkerung Finnlands einen bis zu 20 m langen Wurm in ihrem Dünndarm, den sogenannten Fischbandwurm.

Der menschliche Dünndarm hat eine Länge von ca. 2,5 bis 3 m.

Ausgewachsene, fortpflanzungsfähige Fischbandwürmer leben in Säugetieren, z. B. in Füchsen, Schweinen, Robben oder auch im Menschen. Ein Fischbandwurm, oder manchmal auch mehrere kleine, können im Menschen bis zu 10 Jahre an der Darmwand angeheftet leben.

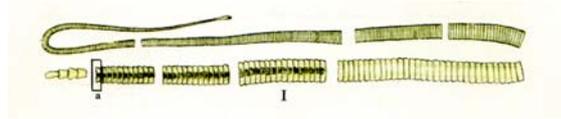


Abb.: Fischbandwurm (im menschlichen Dünndarm liegt der Fischbandwurm in längeren Schlingen) (Abbildung aus: G. Pierkarski, (1973).

Sie ernähren sich dort von der Nahrung, die z. B. der Mensch zu sich nimmt.

Zunächst beeinträchtigt ein Fischbandwurm die Gesundheit des Menschen kaum. Nach einiger Zeit können jedoch Verdauungsbeschwerden und Vitaminmangelerscheinungen auftreten. Des öfteren kommt es dann zu Müdigkeit und Bewegungsstörungen.

(Seitenwechsel)

---

Menschen sind häufig in solchen Gebieten vom Fischbandwurm befallen, in denen wild gefangene Süß- und Brackwasserfische ein wichtiges Nahrungsmittel sind.

So kann man sich im Ostseeraum sowie in Nordamerika leicht mit dem Fischbandwurm infizieren, wenn man rohen oder halb garen Fisch, wie z.B. im Sushi, verzehrt.

Für die Gesundheit der Menschen in Gebieten mit hohem Auftreten des Fischbandwurmes ist es deshalb von Interesse, diesen wirksam bekämpfen zu können.

Das ist aber gar nicht so leicht, da man nicht alle befallenen Säugetiere identifizieren und anschließend töten kann. Es wurde deshalb überlegt, ob man zur Verminderung des Fischbandwurmbefalls, das Vorkommen von im Wasser lebenden Ruderfußkrebse (auch Hüpferlinge genannt) stark verringern sollte.



**Welche Auswirkungen hätte eine starke Reduzierung der Ruderfußkrebse auf die Entwicklung von Fischbandwürmern bzw. das Leben anderer Organismen in der Lebensgemeinschaft?**

→ Lernimpuls E1 bzw. N1

---

Zur Beantwortung der Frage ist es sinnvoll, die Lebensweise des Fischbandwurmes näher zu betrachten.

→ Lernimpuls E2

---

Ein Fischbandwurm besteht aus mehreren Tausend abgeplatteten Körpersegmenten, die von einer relativ kräftigen Längsmuskulatur durchzogen werden. Diese gewährleistet eine gute Beweglichkeit des Bandwurmes in seiner vollen Länge.

Ab etwa dem 600sten Körpersegment befinden sich in diesen die Geschlechtsorgane des Bandwurmes. Jedes Tier besitzt Körpersegmente mit männlichen Geschlechtsorganen, die Samen produzieren und Körpersegmente mit weiblichen Geschlechtsorganen, die Eier bilden (pro Segment ca. 1000 Eier täglich). Kann einmal ein Fischbandwurm keinen Partner finden, so ist er in der Lage, sich selbst zu befruchten. Somit ist er ein Zwitter.

→ Lernimpuls E3 bzw. N2

---

Der Entwicklungsweg von einem befruchteten Ei zu einem ausgewachsenen Fischbandwurm ist lang und mit vielen "Hürden" versehen. Die Abbildung zeigt die wesentliche Entwicklungsstadien eines Fischbandwurmes.

---

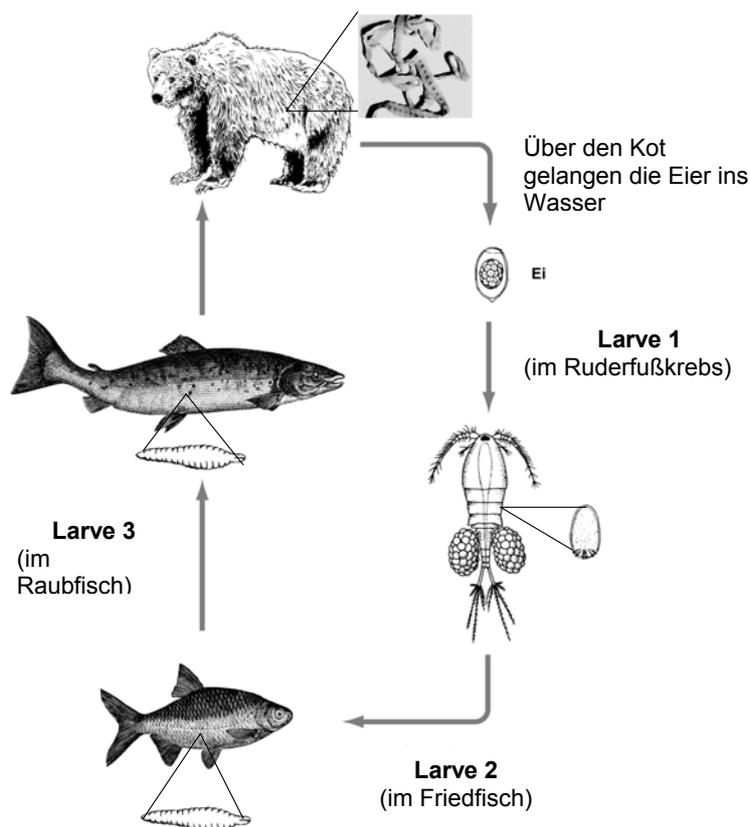


Abb.: Entwicklungsstadien eines Fischbandwurmes

*(Die Abbildung wurde von Uwe Amthor freundlicherweise erstellt und zur Verfügung gestellt)*

→ Lernimpuls N3

---

Die befruchteten Bandwurmeier müssen ins Wasser gelangen, wo sich nach ca. 10 Tagen bis einigen Wochen ein erstes Larvenstadium entwickelt.

→ Lernimpuls N4

Die Larven schlüpfen, wenn ausreichend Licht vorhanden ist, und mischen sich dann unter Plankton. Ihre Lebensdauer ist temperaturabhängig:

Die Lebensdauer beträgt bei 12°C ca. 7-9 Tage, bei 22°C weniger als 2 Tage.

→ Lernimpuls N5

---

Anschließend gelangen die Fischbandwurmlarven über die Nahrung in die Leibeshöhle von Ruderfußkrebse, sog. Hüpferlingen, wo sie ihre äußere Form ändern und so lange in eine Wartephase eintreten, bis sie in die Verdauungsorgane eines meist kleinen Friedfisches gelangen.

→ Lernimpuls N6

Friedfische sind Fische, die ihre Nahrung im Gegensatz zu den Raubfischen nicht aktiv erjagen. Von dort wandern die Larven in das Muskelfleisch des Fisches, wachsen in etwa 6 Wochen auf ca. 1-3 cm Größe heran und verwandeln sich dabei nochmals.

→ Lernimpuls N7

Über die Nahrung gelangen solche Larven in größere Fische, z. B. Raubfische, und von diesen wiederum in Säugetiere. Binnen 3 Wochen entwickeln sie sich in einem geeigneten Warmblüter zu einem ausgewachsenen Fischbandwurm.

---

Fischbandwürmer sind in ihrer Entwicklung vom Ei bis zum ausgewachsenen Tier vom Fressen und Gefressen werden anderer Lebewesen abhängig.

→ Lernimpuls E4 bzw. N8

---

Um den vollständigen Entwicklungszyklus durchlaufen zu können, muß das im Plankton frei schwimmende Larvenstadium eines Fischbandwurms von Ruderfußkrebse gefressen werden, diese wiederum von Fischen, die dann die Nahrung eines Säugetiers werden müssen.

---

Die Entwicklung und somit auch die Vermehrung des Fischbandwurmes ist somit von der Existenz einer intakten Nahrungskette abhängig, an deren Anfang für die Entwicklung der Fischbandwurmeier die Ruderfußkrebse stehen.

→ Lernimpuls E5 bzw. N9

---

Die Ruderfußkrebse sind außerdem in viele andere Nahrungsbeziehungen verwickelt. So sind sie z. B. Nahrung für einige Fische und ernähren sich selbst von tierischen als auch pflanzlichen Plankton. Unter Plankton versteht man kleine tierische und pflanzliche Organismen, die sich im Wasser treiben lassen.

→ Lernimpuls N10

Die Ruderfußkrebse sind als Konsumenten (Erstverbraucher) Teil verschiedener Nahrungsketten und im Ganzen betrachtet Teil eines Nahrungsnetzes.

Ihre Ausrottung würde einen Eingriff in viele Nahrungsbeziehungen bedeuten.

→ Lernimpuls N11

---

Es wäre möglich, dass sich das tierische Plankton unkontrolliert vermehrt. Tierisches Plankton ernährt sich von Algen. Eine Massenvermehrung des tierischen Planktons hätte die übermäßige Reduzierung der Algen zur Folge. Das wäre fatal, da Algen zu den Produzenten gehören. Sie betreiben Fotosynthese.

→ Lernimpuls E6

---

Algen sind als Produzenten in der Lage Wasser und Kohlenstoffdioxid durch Fotosynthese in Sauerstoff und Kohlenhydrate aufzubauen.

→ Lernimpuls E7

---

Da Algen somit am Anfang vieler Nahrungsketten stehen, hätte das für die Organismen, die auf den von ihnen produzierten Sauerstoff angewiesen sind und die sich von ihnen ernähren beträchtliche Folgen.

→ Lernimpuls N12

Finden Friedfische weniger Nahrung, können sie sich nicht so stark vermehren, was wiederum die Nahrungsgrundlage für Raubfische verringert. Dies würde sich dann möglicherweise auf die Anzahl der ansässigen Säugetiere auswirken.

Kommen weitere ungünstige Lebensumstände dazu wäre sogar im schlimmsten Fall das Verhungern vieler Tiere oder ihre Abwandern in andere Regionen zu befürchten.

→ Lernimpuls N13

---

Wie beschrieben, ist das Leben des Fischbandwurmes in allen seinen Entwicklungsstadien eng mit dem Leben anderer Organismen verflochten. Und doch unterscheidet sich die Lebensweise des Fischbandwurmes in typischer Weise von der Lebensweise eines Fisches oder eines Säugetieres.



**Worin liegt das Typische/das Besondere in der Lebensweise des Fischbandwurmes im Vergleich zur Lebensweise anderer Organismen, wie z. B. von Fischen oder Säugetieren?**

→ Lernimpuls E8 bzw. N14

---

Der Fischbandwurm durchlebt verschiedene Entwicklungsstadien in unterschiedlichen Tieren bzw. auch dem Menschen. Aus diesem Zusammenleben zieht der Fischbandwurm Nutzen, indem er in diesen Lebewesen Nahrung und Unterschlupf findet. Deshalb nennt man Fischbandwürmer auch Parasiten. Das in Mitleidenschaft gezogene andere Lebewesen, auch Wirt genannt, zieht jedoch keinen Nutzen sondern wird mehr oder weniger stark geschädigt.

→ Lernimpuls E9 bzw. N15

---

Diese Art des Zusammenlebens, in der der eine Partner Nutzen zieht, während der andere Partner der Geschädigte ist, ohne dabei jedoch in der Regel getötet zu werden, nennt man Parasitismus.

→ Lernimpuls E10

---

In unserem Fall ist der Fischbandwurm ein Parasit, der während seiner Entwicklung in verschiedenen Zwischenwirten lebt bis er dann in einem Endwirt, einem Säugetier, geschlechtsreif wird.

→ Lernimpuls N16

Landet der Fischbandwurm zufällig in einem anderen Tier, in dem er sich nicht weiter entwickeln kann, ist er in einem so genanntem Fehlwirt gelandet.

Die meisten Parasiten sind ausgesprochen wirtsspezifisch, d.h. sie können sich nur in ganz bestimmten Tierarten weiterentwickeln. Werden die Fischbandwurmeier nicht von einem Ruderfußkrebs gefressen sondern z.B. von einer Wasserschnecke, kann die Entwicklung nicht weiterlaufen. Die Wasserschnecke wäre somit ein Fehlwirt.

→ Lernimpuls N17

---

Da der Fischbandwurm im Mensch geschlechtsreif wird und er sich vermehrt, ist der Mensch ein echter Endwirt und kein Fehlwirt.

Da die Fischbandwürmer die meiste Zeit in einem Wirt verbringen, gehören sie genauer gesagt zu den Innenparasiten.

Fischbandwürmer leben also parasitisch, d.h. auf Kosten anderer ohne diese letztlich zu töten. Andere Organismen der Lebensgemeinschaft, wie Fische oder Ruderfußkrebse, tun dies nicht. Sie ernähren sich von anderen Organismen bzw. werden selbst zur Beute von Räubern.

Die Beziehung eines Parasiten zu seinen Wirten unterscheidet sich somit von den Nahrungsbeziehungen anderer Organismen.

**Tab. A1:** Verwendete Lernimpulse in der Beispielaufgabe 1 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	Über Bandwürmer weiß ich ...	N 2	Über Fischbandwürmer weiß ich jetzt, dass ...
E 3	Weitere Zwitter sind ...	N 3	Die Abbildung zeigt mir ...
E 4	Ja, weil ...	N 4	Die Bandwurmeier gelangen ins Wasser, wenn ...
E 5	Wenn Ruderfußkrebse im See fehlen, bedeutet das für andere Nahrungsbeziehungen ...	N 5	Das bedeutet, dass ...
E 6	Fotosynthese ist ...	N 6	Ja, das kann ich in der Abbildung finden.
E 7	Warum wäre eine Reduzierung der Algen fatal?	N 7	Als nächstes wird laut Abb. Der Friedfisch von einem ...gefressen.
E 8	Ich überlege erst selbst bevor ich weiter lese.	N 8	Was heißt das?
E 9	Andere Parasiten wären somit ...	N 9	Die Glieder der Nahrungskette sind ...
E 10	Der Parasit tötet seinen Partner in der Regel nicht, da...	N 10	Plankton besteht also ...
		N 11	Diese wären zum Beispiel ...
		N 12	Fotosynthese ist also ein Prozess, bei dem ...
		N 13	Das vollziehe ich noch einmal mithilfe der Abbildung nach. Wenn sich Plankton unkontrolliert vermehren würde ...
		N 14	Nun soll ich herausfinden, ...
		N 15	Die Wirte des Fischbandwurmes sind ...
		N 16	Der Endwirt unterscheidet sich vom Zwischenwirt darin, dass ...
		N 17	Ein Fehlwirt zeichnet sich dadurch aus, dass ...

## Beispielaufgabe 2

### Bakterien im See

Die zunehmende Umweltverschmutzung von Seen wirkt sich einerseits auf Lebewesen aus, deren Lebensraum der See ist und andererseits auf Lebewesen, die Nahrung dort finden. Seen werden oftmals durch Industrie und Landwirtschaft verunreinigt. Dadurch werden oftmals sowohl die abiotischen als auch die biotischen Umweltfaktoren drastisch verändert. Dies wirkt sich unmittelbar auf die Lebensgemeinschaft des Sees aus.



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

→ Lernimpuls E 1 bzw. N2

---

Um diese Frage zu bearbeiten, muss zunächst einmal geklärt werden, welche Lebewesen überhaupt betroffen sind, wenn durch so einen Unfall plötzlich wesentlich weniger Fische im See wären.

→ Lernimpuls E2 bzw. N2

---

Hauptsächlich werden diejenigen Lebewesen betroffen sein, die sich von Fischen ernähren, bzw. die Lebewesen, von denen sich die Fische ernähren.

→ Lernimpuls E3

Diejenigen, die sich von den Fischen ernähren, werden weniger Nahrung finden.

→ Lernimpuls N3

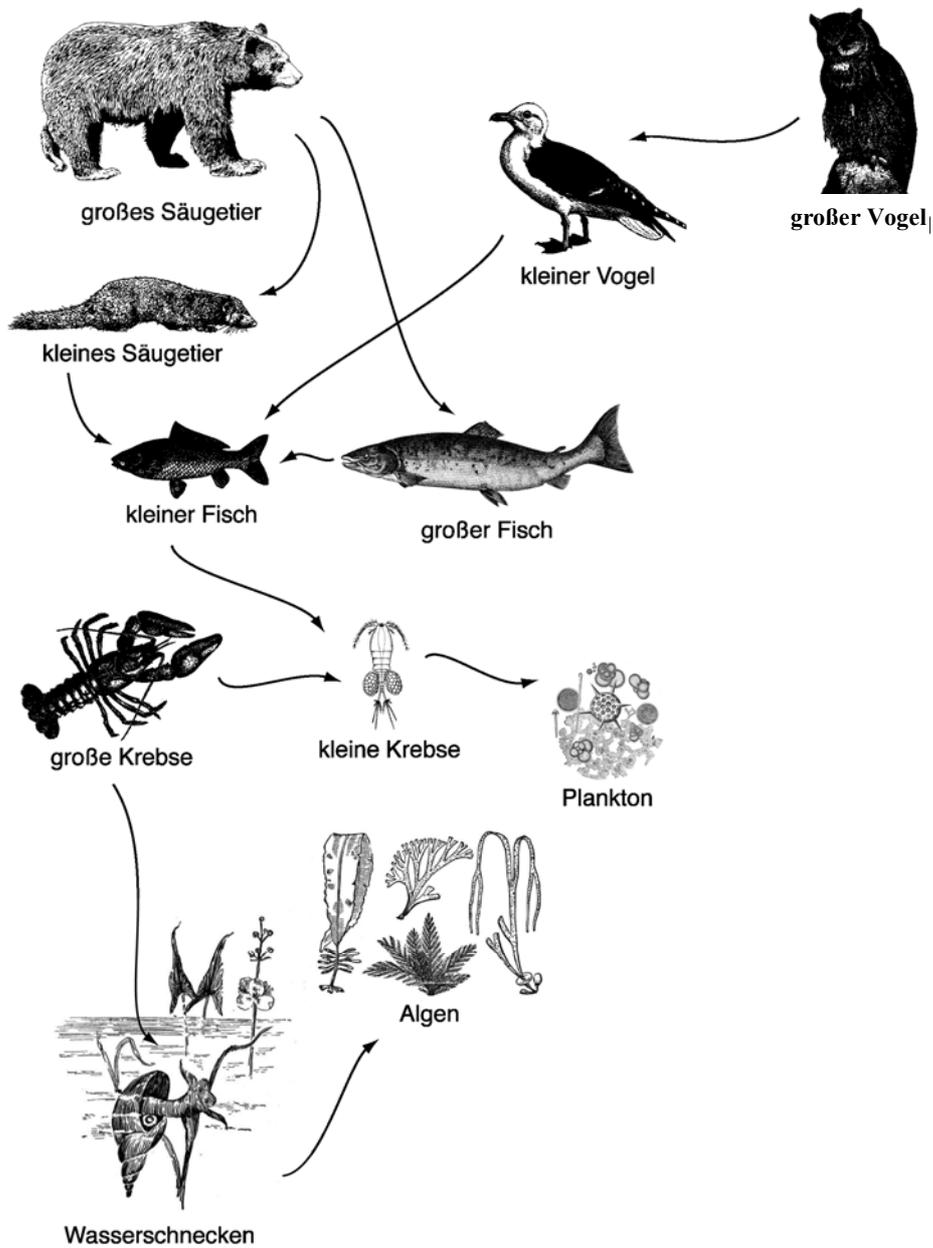
---

Aufgrund der mangelnden Nahrung werden weniger überleben, und folglich können sie sich nicht so stark vermehren.

Lebewesen hingegen, von denen sich die Fische wiederum ernähren, haben weniger Fressfeinde und können sich somit stärker vermehren.

Da sowohl die Räuber als auch die Beute der Fische weiterhin in vielen verschiedenen Nahrungsketten eingebunden sind, bietet es sich an, die möglichen Nahrungsbeziehungen in einem Nahrungsnetz darzustellen.

---



(Die Abbildung wurde von Uwe Amthor freundlicherweise erstellt und zur Verfügung gestellt)

Im folgenden werden beispielhaft einige Auswirkungen auf andere Lebewesen für den Fall näher beschrieben, dass Fische aufgrund einer bakteriellen Verunreinigung in einem Gewässer aussterben. Es kann aber noch viele andere geben.

Für die Ruderfußkrebse würde es z.B. bedeuten, dass sie weniger natürliche Feinde hätten. Sie könnten sich wesentlich stärker vermehren. Folglich verkleinert sich die Planktonpopulation.

→ Lernimpuls E4 bzw. N4

Die Algen, von denen sich das tierische Plankton ernährt, vermehren sich wahrscheinlich stärker. Sind nun mehr Ruderfußkrebse vorhanden, da ein Teil ihrer Fressfeinde fehlen, können wiederum andere ihrer Fressfeinde Nutzen daraus ziehen.

→ Lernimpuls E5 bzw. N5

Z.B. steht nun größeren Krebsen mehr Nahrung in Form von Ruderfußkrebsen zur Verfügung. Von einer höheren Anzahl Krebse würden wiederum Vögel profitieren, die sich von Krebsen ernähren.

Andere Vögel und Säuger, die sich in der Hauptsache von Fischen ernähren, müssten folglich verstärkt auf andere Nahrung zurückgreifen. Das hätte wiederum Auswirkungen auf deren Organismenanzahl.

→ Lernimpuls E6

---

So ein Unglück würde aber nicht nur die Nahrungsbeziehungen im See beeinflussen.

→ Lernimpuls N6

---

Auch Parasiten wie z.B. die Fischbandwürmer wären betroffen.

→ Lernimpuls N7

---

Fischbandwürmer sind auf zwei bestimmte Fischarten als Zwischenwirte angewiesen. Ohne diese können sie sich nicht weiter entwickeln.

→ Lernimpuls E7 und E8

Ausgewachsene Fischbandwürmer können in allen an Land lebenden Säugetieren vorkommen, die sich unter anderem von Fischen ernähren.

Ihre Larven hingegen kommen alle in Organismen vor, die im Wasser leben.

Zwei ihrer Zwischenwirte würden dann fehlen, die dem Fischbandwurm Nahrung und Unterschlupf bieten.

Da Innenparasiten wie auch der Fischbandwurm sich nur in ganz bestimmten Tierarten weiterentwickeln können, können sie nicht auf eine andere Tierart, die die Funktion des Zwischenwirtes übernimmt, ausweichen.

Ihr Entwicklungszyklus wäre somit unterbrochen.

Sie könnten sich also nicht mehr zu Ende entwickeln und demzufolge auch nicht mehr vermehren.

Möglicherweise würden sie in dem betreffenden Gewässer sogar ganz aussterben.

**Tab. A2:**      Verwendete Lernimpulse in der Beispielaufgabe 2 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	Wären dann nur Lebewesen aus dem See betroffen?	N 2	Folgende Lebewesen wären dann vermutlich betroffen:
E 3	Wenn die weniger Nahrung finden, dann	N 3	Das kann ich in dem Nahrungsnetz des Einführungstextes noch einmal nachschlagen.
E 4	Die Planktonpopulation verkleinert sich, weil ...	N 4	In der Abbildung finde ich diesen Zusammenhang ...
E 5	D.h., wenn es mehr Ruderfußkrebse gibt, dann ...	N 5	Die Fressfeinde der Ruderfußkrebse sind laut Abbildung ...
E 6	Was könnte noch betroffen sein?	N 6	Andere Vögel und Säuger sind ...?
E 7	Für den Fischbandwurm bedeutet das, dass ...	N 7	Der Fischbandwurm benötigt die Zwischenwirte, um ...
		N 8	Warum kann ein größerer Krebs nicht die Rolle eines Zwischenwirtes übernehmen?

### Beispielaufgabe 3

#### 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?**

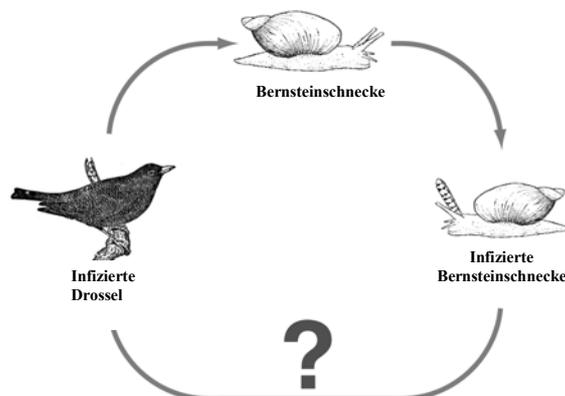
→ Lernimpuls E1 bzw. N1

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



(Die Abbildung wurde von Uwe Amthor freundlicherweise erstellt und zur Verfügung gestellt)

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

→ Lernimpuls E2

---

Abb.: Infizierte Schnecke (Abbildung aus: [http://www.uni-bielefeld.de/biologie/Didaktik/Zoologie/html\\_deutsch/galerie\\_Suc.html](http://www.uni-bielefeld.de/biologie/Didaktik/Zoologie/html_deutsch/galerie_Suc.html)).



Die Fühler ähneln auffällig einer Insektenlarve.

→ Lernimpuls E3

---

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 siebzigmal 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. A3:**      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 ...

#### Beispielaufgabe 4

### Der „Hirnwurm“

Der Kleine Leberegel gehört ebenfalls zu den Saugwürmern. Er ist vorwiegend ein Parasit von Wiederkäuern, der besonders in Nordafrika, Sibirien und Südamerika anzutreffen ist. Zu den Wiederkäuern gehören die meisten Paarhufer wie z.B. Rinder, Kamele, Ziegen und Schafe. Unpaarhufer wie das Nashorn, das Pferd oder der Tapir gehören nicht dazu und sind somit auch keine Wirte des Kleinen Leberegels. Der Kleine Leberegel ist 5 bis 12 mm lang und 1 bis 2 mm dick. Beim Menschen tritt der Parasit nur äußerst selten auf.

---

Im Gegensatz zu *Leucochloridium* hat er zwei Zwischenwirte, von denen einer wieder eine Schnecke ist. Der zweite Zwischenwirt ist eine Ameise. Im Endwirt schlüpfen die kleinen wurmförmigen Larven im Darm und dringen von dort zur Leber vor. Wenn es zu einem Massenbefall kommt, verursacht dies Schmerzen im Oberbauch und eine Lebervergrößerung.

#### Wie gelangt der Kleine Leberegel in seine Wirte?

→ Lernimpuls E1 bzw. N1

---

Abb.: Entwicklungszyklus vom Kleinen Leberegel (Abbildung aus Dönges (1988) für die Untersuchung verwendet; Abbildungserlaubnis wurde leider nicht ohne Weiteres vom Verlag erteilt).

→ Lernimpuls N2

---

In der Abbildung sind im Zentrum die verschiedenen Wirte des Kleinen Leberegels dargestellt. Der Außenkreis zeigt die entsprechenden Entwicklungsstadien. Der ausgewachsene Kleine Leberegel legt seine Eier in den Endwirt, einen Wiederkäuer.

→ Lernimpuls N3

Die Eier gelangen mit dem Kot ins Freie. Dort werden sie von Schnecken, die sich unter anderem davon ernähren, aufgenommen. In diesen schlüpfen sie, werden von Schneckenschleim umhüllt und in Form von Ballen ausgestoßen.

→ Lernimpuls N4

---

Für diese Schleimballen haben Ameisen eine gewisse Schwäche. Sie tragen sie herum und fressen sie an. So gelangen die noch nicht voll entwickelten Kleinen Leberegel in eine Ameise.

→ Lernimpuls N5 bzw. E2

---

Ein einziger setzt sich von den anderen ab und wandert in das Ameisengehirn. Dieser wird „Hirnwurm“ genannt.

Seine „Kollegen“ hingegen wandern in den hinteren Körperteil der Ameise, um sich dort weiterzuentwickeln.

Haben seine Kollegen diesen Teil ihrer Entwicklung abgeschlossen, löst der Hirnwurm einen Krampf der Kaumuskulatur der Ameise aus.

Daraufhin verbeißt sich diese im oberen Teil eines Grashalmes und kehrt in der Abendkühle nicht wie die anderen Ameisen in den Bau zurückkehrt. Der Krampf kann bis zu zwei Tagen andauern.

→ Lernimpuls N6 bzw. E3

---

Durch die Verhaltensänderung der Ameise erhöht der Hirnwurm erheblich die Wahrscheinlichkeit, dass die Ameise von einem Wiederkäufer gefressen wird.

Nur so gelangen höchst wahrscheinlich alle anderen Kleinen Leberegel, die sich im Hinterleib der Ameise befinden, in ihren Endwirt.

→ Lernimpuls N7 bzw. E4

---

Im Wiederkäufer werden sie geschlechtsreif und können sich vermehren.

Es ist noch nicht geklärt, auf welche der Weise der Hirnwurm davon erfährt, dass die anderen Leberegel ihre Entwicklung soweit abgeschlossen haben. Es wird vermutet, dass bestimmte chemische Substanzen von den Kleinen Leberegeln ausgesandt werden, wenn sie diesen Teil ihrer Entwicklung abgeschlossen haben.

Der Hirnwurm selbst hat sich sozusagen „geopfert“, er fällt für die Erhaltung der Art aus.

Da sich Ameisen gewöhnlich nur sehr kurze Zeit auf einem Grashalm aufhalten, ist das „Opfer“ des Hirnwurms für die Nachkommenschaft des Kleinen Leberegels von großer Bedeutung.

---

Der Hirnwurm hat also eine wichtige Funktion für die Erhaltung seiner Art übernommen: Er beeinflusst das Verhalten der Ameise und erhöht dadurch die Wahrscheinlichkeit für seine Kollegen in den Endwirt zu gelangen um ein Vielfaches. Somit erhöht er die Vermehrungsrate seiner Art und somit ihre Überlebenschance.

**Tab. A4:** Verwendete Lernimpulse in der Beispielaufgabe 4 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	Der Kleine Leberegel gelangt wahrscheinlich in seinen Endwirt, indem ...	N 2	Im Außenkreis ist dargestellt, dass ... Im Innenkreis ist dargestellt, dass ...
E 3	Wenn die Ameise bis zu zwei tagen auf einen Grashalm hockt, dann	N 3	Zu den Wiederkäuern gehören ...
E 4	Die Bedeutung des "Hirnwurms" liegt also darin, dass	N 4	Schnecken gehören wie auch hier die Tintenfische und Muscheln zu der Tiergruppe der ...
		N 5	Diesen Zusammenhang finde ich auch in der Abbildung wieder.
		N 6	Der "Hirnwurm" verursacht also, dass ...
		N 7	Der "Hirnwurm" erhöht also die Wahrscheinlichkeit, dass seine Artgenossen in de Endwirt gelangen dadurch, dass .....

## Beispielaufgabe 5

### Ein Fischparasit

Die bisher behandelten Mechanismen der Wirtsfindung von Innenparasiten hängen von biotischen Umweltfaktoren ab, d. h. von anderen Lebewesen. Parasiten werden jedoch auch direkt von abiotischen Faktoren beeinflusst, sobald sie ihren Wirt verlassen.

---

Ein Beispiel: Die Larven eines Fischparasiten, die im Brackwasser leben, halten sich kurze Zeit im freien Wasser auf, bis sie ihren neuen Wirt, einen Fisch, gefunden haben.



**Unter welchen Bedingungen findet das freischwimmende Larvenstadium dieses Fischparasiten mit sehr großer Wahrscheinlichkeit einen Wirt?**

→ Lernimpuls E1 bzw. N1

---

Wie die folgende Abbildung zeigt, hängt das Überleben der Fischparasitenlarven im freien Wasser von der Wassertemperatur und vom Salzgehalt des Wassers ab. Der Salzgehalt ist in Promille (‰) angegeben. Hat Brackwasser z.B. einen Salzgehalt von 10‰, dann bedeutet das, dass 1000g Brackwasser 10 g Salz enthalten.

In der Graphik ist die Überlebensdauer dieses Larvenstadiums in Abhängigkeit vom Salzgehalt des Wassers bei unterschiedlichen Temperaturen dargestellt.

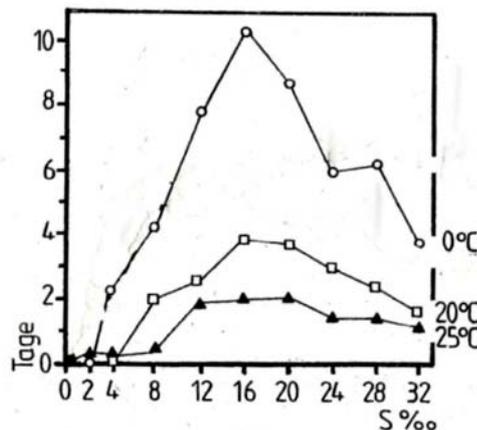


Abb.: Lebensdauer der Larven (in Tagen) unter dem Einfluss von verschiedener Temperaturen (°C) und Salzgehalten (‰). (Abbildung aus Zander, 1998).

→ Lernimpuls N2

---

Bei einer Wassertemperatur von 25°C überleben die Larven maximal zwei Tage, wenn der Salzgehalt bei 16‰ liegt.

→ Lernimpuls E2 bzw. N3

---

*Ist der Salzgehalt des Wassers niedriger oder höher, sind die Überlebenszeiten noch kürzer. Die Wahrscheinlichkeit unter diesen Umständen einen passenden Wirt zu finden, ist verhältnismäßig gering.*

→ Lernimpuls N4

---

Bei einer Wassertemperatur von ca. 20°C und einem Salzgehalt des Wassers von 16‰ verdoppelt sich die Lebensdauer der Larven bereits und somit auch die Chance einen passenden Wirt zu finden.

→ Lernimpuls E3

---

Die längste Lebensdauer haben diese Larven jedoch bei einer Wassertemperatur von 0°C und einem Salzgehalt von 16‰.

---

Unter diesen Bedingungen können sie bis zu 10 Tage im freien Wasser überleben. Somit ist unter diesen Bedingungen die Wahrscheinlichkeit einen passenden Wirt zu finden am höchsten.

→ Lernimpuls N5

---

In der Graphik ist auch zu sehen, dass es einen optimalen Salzgehalt des Wassers für die Lebensdauer der Parasitenlarven gibt. Dieser liegt bei 16‰, denn jede Temperaturkurve zeigt bei 16‰ einen Höchstwert der Lebensdauer.

→ Lernimpuls N6

Der Hirnwurm hat also eine wichtige Funktion für die Erhaltung seiner Art übernommen: Er beeinflusst das Verhalten der Ameise und erhöht dadurch die Wahrscheinlichkeit für seine Kollegen in den Endwirt zu gelangen um ein Vielfaches. Somit erhöht er die Vermehrungsrate seiner Art und somit ihre Überlebenschance.

**Tab. A5**      Verwendete Lernimpulse in der Beispielaufgabe 5 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	Wenn die Larven nur zwei Tage überleben, hat das zur Folge, dass ...	N 2	Auf der y-Achse ist dargestellt, dass ... Auf der x-Achse ist dargestellt, dass ... Die unterschiedlichen Kurven sind ...
E 3	Am höchsten ist die Wahrscheinlichkeit einen Wirt zu finden, wenn ...	N 3	Welche Kurve zeigt das in der Graphik?
		N 4	Kann man das aus der Graphik ableiten?
		N 5	Diesen Zusammenhang sehe ich mir noch einmal in der Graphik an.
		N 6	Die optimalen Bedingungen einen passenden Wirt zu finden sind demnach ...

### III. BEISPIELAUFGABE 6

#### Minivampire

Parasiten wie der Kleine Leberegel oder der Fischparasit leben im Inneren von Wirtsorganismen. Ein typischer Außenparasit ist die Zecke oder auch Holzbock genannt. Sie hat in Deutschland traurige Berühmtheit erlangt, da sie beim Blutsaugen auf landlebenden Säugetieren, darunter auch dem Menschen, einige gefährliche Krankheiten übertragen kann, wie z.B. eine Hirnhautentzündung.

---

Die Zecke gehört zu den Spinnentieren. Sie wartet meist auf krautigen Pflanzen auf ihre Wirte und lässt sich dann auf diese fallen, um ihr Blut zu saugen.



Abb.: Zecke nach dem Blutsaugen  
(vergrößert)

(Bild stammt aus: <http://www.do-khyi-club.ch/gesundheit/zecken.html>)

---

Da die Zecken keine Augen besitzen, haben Wissenschaftler sich gefragt, woher die Zecke weiß, wann sie sich fallen lassen muss, um auf einem Säugetier zu landen. Zunächst haben die Wissenschaftler überlegt, welche Sinne überhaupt in Frage kommen. Es könnten Fernsinne sein, wie das Hören oder das Riechen. Da die Säugetiere die Pflanzen, auf denen Zecken sitzen, auch streifen, kommen auch Nahsinne wie das Fühlen und das Schmecken in Frage.

---

Nach einigen Experimenten, in denen jeweils nur einer dieser Sinne gezielt untersucht worden ist, stellte sich heraus, dass Zecken entweder auf ein Gemisch aus körpereigenen Duftstoffen der Wirte reagieren oder auf die Wärme der Säugetiere.



**Wie könnte man überprüfen, auf welche der beiden Reize hin die Zecke sich wohl fallen lässt?**

→ Lernimpuls E1 bzw. N1

---

Um das herauszufinden entwickelten die Wissenschaftler Experimente.

Die Experimente müssen so geplant werden, dass die Zecke im Experiment tatsächlich nur auf den einen zu untersuchenden Reiz reagieren kann. D.h. alle anderen möglichen Reize müssen ausgeschlossen werden. Um ausschließen zu können, dass sich die Zecke zufällig gerade fallen ließ, müssen die Versuche unter den gleichen Bedingungen mehrmals wiederholt werden.

→ Lernimpuls E2

---

Zunächst soll ein Experiment mit dem Duftgemisch durchgeführt werden.

→ Lernimpuls E3 bzw. N2

---

Alle landlebenden Wirbeltiere, wie auch der Mensch, geben über ihre Haut eine Vielzahl leicht flüchtiger Duftstoffe ab. Die Duftstoffe an sich sind bei allen landlebenden Wirbeltieren ähnlich, zum Teil sogar gleich. Die individuelle Zusammensetzung dieser Duftstoffe hingegen ist jedoch schon bei jedem Menschen unterschiedlich.

Um zu prüfen, ob die Zecke sich auf den Geruch des Duftgemisches hin auf ihre Wirte fallen lässt, setzt man die Zecke reinem Geruch des Duftgemisches in geringen Mengen aus. Man setzt sie in einem isolierten Gefäß auf eine Pflanzenattrappe und legt unter sie ein Stück Pappe, auf das zuvor ein wenig von diesem Duftgemisch geträufelt wurde.

→ Lernimpuls N3

---

Die Wissenschaftler konnten beobachten, dass sich die Zecke daraufhin tatsächlich jedes mal fallen ließ.

Zur ihrer großen Verwunderung kletterte die Zecke aber auch immer nach kurzer Zeit wieder auf die Pflanzenattrappe zurück, ohne auch nur ein einziges Mal in das Pappstück gebissen zu haben.

→ Lernimpuls E4 bzw. N4

---

Der Geruch des Duftgemisches ist anscheinend nur der Auslöser, damit sich die Zecke fallen lässt. Der Geruch veranlasst aber nicht, dass die Zecke dann auch automatisch zubeißt.

---

Nun soll untersucht werden, wie die Zecke auf eine Erhöhung der Umgebungstemperatur reagiert.

→ Lernimpuls E5 und E6

---

Dazu wird die Zecke wieder auf eine Pflanzenattrappe in ein isoliertes Gefäß gesetzt. Diesmal legt man unter sie ein altes Stück Stoff oder ähnliches, das eine Temperatur von ca. 37°C hat.

In 95 % der Fälle ließ sich die Zecke daraufhin nicht fallen. Die Körperwärme scheint demnach nicht das Fallenlassen auszulösen. In den 5% der Fälle allerdings, in denen die Zecke doch wahrscheinlich eher zufällig herunterfiel, konnten die Wissenschaftler jedoch beobachten, wie die Zecke in das Stück Stoff biss und versuchte zu saugen.

→ Lernimpuls E7 bzw. N5

---

Die Wissenschaftler deuten diese Beobachtungen so, dass bei der Wirtsfindung der Zecke im Wesentlichen zwei Faktoren eine Rolle spielen.

---

Zuerst reagiert die Zecke auf das Gemisch körpereigener Duftstoffe des Wirts und lässt sich daraufhin fallen. Danach muss sie auf etwas Warmen (um die 37°C) gelandet sein, damit sie anfängt zu saugen. Erstaunlicherweise saugt die Zecke unter diesen Bedingungen, was man ihr anbietet.

→ Lernimpuls E8

---

Sie hat anscheinend kein Sinnesorgan, das Geschmack unterscheiden kann.  
 Das Organ, das den Geruch des Duftgemisches wahrnimmt, sitzt an ihren Vorderbeinen und heißt Hallersches Organ. Die Körpertemperatur ihrer Wirte kann sie mit Hilfe ihrer Sinneshaare auf den Beinen feststellen.

→ Lernimpuls N6

Durch weitere Versuche konnte man feststellen, dass Zecken tatsächlich nur auf das Gemisch der körpereigenen Duftstoffe der Wirte reagieren und nicht auf einzelne Substanzen.  
 Bis vor Kurzem war man noch der Ansicht, dass Zecken auf den Geruch der Buttersäure (ein Bestandteil des menschlichen Schweißes) reagieren würden. Sie spielt jedoch für die Wirtsfindung der Zecke keine Rolle.  
 Auch reagiert das Hallersche Organ nicht nur auf eine Temperatur von ca. 37°C. Es kann sogar kleinste Temperaturschwankungen in der Umgebung wahrnehmen. Solche Temperaturschwankungen können auch von anderen landlebenden Wirbeltieren wie z.B. den wechselwarmen Reptilien ausgehen. Auf ihnen wurden auch bereits saugenden Zecken gefunden.  
 Für die Wirtsfindung spielen jedoch zusätzlich geringste Veränderungen der Kohlenstoffdioxidmenge in der unmittelbaren Umgebung der Zecke eine Rolle.  
 Der nahende Wirt atmet Kohlenstoffdioxid aus und erhöht dadurch die Kohlenstoffdioxidmenge in der Umgebung der Zecke. Diese Veränderung ist umso stärker, je näher der Wirt der Zecke kommt. Solche Veränderungen der Kohlenstoffdioxidmenge nimmt die Zecke ebenso wie den Geruch des körpereigenen Duftgemisches des Wirts mit dem Hallerschen Organ wahr.

**Tab. A6**      Verwendete Lernimpulse in der Beispielaufgabe 6 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	Wie kann ich andere Reize ausschließen?	N 2	Bei der Planung sollte man beachten, dass ...
E 3	Über diese Duftstoffe weiß ich ...	N 3	Warum setzt man nicht einfach eine Katze unter die Zecke ...
E 4	Das lässt darauf schließen, dass ...	N 4	Was haben die Wissenschaftler bisher herausgefunden?
E 5	Warum gerade 37°C?	N 5	Die Wissenschaftler haben also beobachtet, dass Zecken ...
E 6	Das Experiment müsste so aufgebaut werden, dass ...	N 6	Zur Wirtssuche setzt die Zecke somit ganz bestimmte Sinnesorgane ein, nämlich ...
E 7	Ach so, das heißt also ..		
E 8	Wenn die Zecke alles saugt, was man ihr anbietet, kann man daraus schließen, dass ...		

## Beispielaufgabe 7

### Blattläuse

Sobald das kalte Frühlingswetter vorüber ist, vermehren sich Blattläuse massenhaft auf Pflanzen. Besonders gerne sitzen sie auf der Unterseite junger Blätter an den äußeren Ästen. Mit ihrem Saugrüssel stechen sie dort die Blattadern an und saugen den nährstoffreichen Pflanzensaft. Blattläuse gehören zu der Tiergruppe der Insekten. Sie haben 6 Beine, 2 Komplexaugen und einen Körper, der in die 3 Abschnitte Kopf, Brust und Hinterleib unterteilt ist.

Die Weibchen der flügellosen etwa 2 mm langen Blattläuse bringen etwa alle 20 Minuten eine neue Blattlaus zur Welt. Diese fängt sofort an, den Pflanzensaft zu saugen und bekommt schon nach 8 Tagen selbst wieder Junge.

So findet man manchmal an der Blattunterseite eines einzigen Blattes riesige Blattlausfamilien von bis zu 500 Blattläusen. Im Sommer werden Blattläuse mit Flügeln geboren, die dann auf andere Pflanzen fliegen um dort neue Familie zu gründen. So kommt es, dass es auf einmal auf einer Pflanze von Blattläusen nur so wimmelt, auf der vorher keine waren.

---

Blattläuse entziehen Pflanzen wichtige Nährstoffe, so dass die Triebe verkümmern und ihre Früchte klein und schrumpelig bleiben.

In der Natur werden Blattläuse u.a. durch Florfliegen bzw. deren Larven dezimiert, da sich die Larven von den Blattläusen ernähren.



Foto 1: Florfliege und Florfliegenlarve mit Blattlaus  
(Bildquelle: <http://www.bba.de/mitteil/presse/insektwoche/insektwoche.htm>)

Die Florfliegenweibchen leben etwa einen Monat lang. Während dieser Zeit legen sie pro Tag 10 bis 30 befruchtete Eier in die Nähe von Blattlauskolonien. Die aus den Eiern schlüpfenden Larven nennt man auch Blattlauslöwen. Während ihrer Jugendzeit vertilgt jede Larve etwa 200 bis 500 Läuse.

---

IV.



**Wie würde sich die Individuenanzahl der beiden Arten im Zeitraum vom Frühling bis Herbst verändern, wenn man von ca. 100 Blattläusen und 10 Florfliegen ausgeht?**

→ Lernimpuls E1 bzw. N1

---

Die Florfliegen werden mehrere Hundert Eier legen, aus denen die Blattlauslöwen schlüpfen. Diese ernähren sich von den Blattläusen, so dass sich deren Anzahl stark verringert. Während die Anzahl der Florfliegen also steigt, sinkt die Anzahl der Blattläuse.

→ Lernimpuls E2 bzw. N2

---

Wenn nun aber den neuen Florfliegenlarven weniger Blattläuse zur Verfügung stehen, werden von ihnen nicht alle genügend Nahrung finden und somit nicht alle überleben können. Also wird die Anzahl der Florfliegen wieder sinken.

→ Lernimpuls E3 bzw. N3

---

Sind nun weniger Florfliegenlarven vorhanden, haben die Blattläuse wieder die Möglichkeit sich stärker zu vermehren: die Anzahl der Blattläuse steigt.

Diese Zu- und Abnahme der Individuenanzahl von Blattläusen und Florfliegen wiederholt sich im Zeitraum vom Frühling bis Herbst ziemlich regelmäßig.

→ Lernimpuls E4

---

In der folgenden Abbildung wird die Entwicklung der Anzahlen von Blattläusen und Florfliegen modellhaft dargestellt.

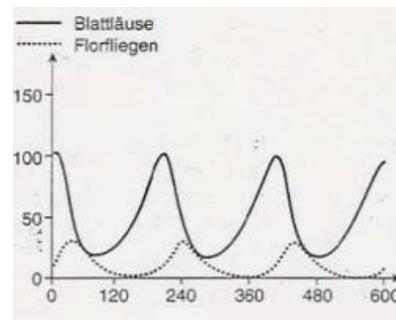


Abb.: Entwicklung der Individuenanzahl von Blattläusen und Florfliegen während eines Sommers (Abbildung aus Diers, 1999).

→ Lernimpuls E5 bzw. N4

---

Die Populationsdichten von Blattläusen und Florfliegen schwanken phasenverschoben, d.h. zuerst steigt die Anzahl der Blattläuse und kurz darauf die Anzahl der Florfliegen.

→ Lernimpuls N5

---

Die Populationsgröße der Florfliegenlarven ist dabei optimalerweise immer kleiner als die der Blattläuse, da diese sich von den Blattläusen ernähren.

→ Lernimpuls E6

---

Es wird hier von einer Räuber-Beute-Beziehung gesprochen.

Die Florfliegenlarven sind die Räuber und die Blattläuse sind die Beute.  
Einer hohen Individuenzahl von Blattläusen folgt eine hohe Anzahl von Florfliegenlarven.

Gibt es infolge vieler Blattläuse dann viele Florfliegenlarven, benötigen diese mehr Nahrung und fressen entsprechend mehr Blattläuse, wodurch deren Zahl sinkt usw.

---

Insgesamt bleibt die durchschnittliche Anzahl der Florfliegen und Blattläuse jedoch längerfristig gleich. Sie schwankt um einen Mittelwert.

→ Lernimpuls N6

---

Diese typischen Schwankungen der Individuenzahl einer Räuber-Beute-Beziehung werden von den Lotka-Volterra-Regeln beschrieben.

Die erste Lotka-Volterra-Regel beschreibt, dass die Individuenzahlen von Räuber und Beute phasenverschoben schwanken.

→ Lernimpuls E7 bzw. N7

---

Eine typische Räuber-Beute-Beziehung besteht z.B. auch zwischen Störchen und Fröschen. Gibt es in einem Jahr viele Frösche, so können sich viele Störche davon ernähren und sich erfolgreich vermehren. Infolge dessen nimmt die Individuenzahl der Frösche ab und sie können sich nicht so stark vermehren. Deshalb gibt es im folgenden Jahr weniger Frösche und folglich weniger Nahrung für Störche, so dass sich diese wiederum nicht so stark vermehren können

---

Im Durchschnitt bleibt jedoch die Anzahl der Räuber und Beute über einen längeren Zeitraum konstant. Dies beschreibt die 2. Lotka-Volterra-Regel.

---

Diese Lotka-Volterra-Regeln können als vereinfachte Modelle verstanden werden, die helfen können, die komplexen Wechselbeziehungen zwischen verschiedenen Lebewesen vorauszusagen.

→ Lernimpuls E8 bzw. N8

---

In diesem Fall wird vernachlässigt, dass sich die Florfliegenlarven auch von anderen Insekten ernähren, die auch Einfluss haben könnten sowie abiotische Faktoren.

→ Lernimpuls E9 bzw. N9

---

In dem Beispiel der Räuber-Beute-Beziehung von Storch und Frosch wurde somit vernachlässigt, dass sich auch andere Tiere von Fröschen ernähren und dass der Storch sich auch von anderen Lebewesen als nur von Fröschen ernährt, wie es in Nahrungsnetzen dargestellt wird.

Mögliche Krankheiten oder der Befall von Parasiten, die einen Einfluss auf die Anzahl von Fröschen bzw. Störchen haben könnten wurden ebenfalls vernachlässigt. Abiotische Faktoren wie Lufttemperatur, Wassertemperatur usw. wurden in diesem Modell ebenfalls nicht betrachtet.

**Tab. A7**      Verwendete Lernimpulse in der Beispielaufgabe 7 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	Wenn es weniger Blattläuse gibt, dann ...	N 2	Die Zahl der Blattläuse sinkt, weil ...
E 3	Wenn es weniger Florfliegen gibt, dann ...	N 3	Die Zahl der Florfliegen sinkt, weil ...
E 4	Grafisch müsste das eigentlich aussehen, wie ...	N 4	Auf der x-Achse ist dargestellt, ... Auf der y-Achse ist dargestellt, ... Die Grafik zeigt mir, dass ...
E 5	Wie würde wohl die Entwicklung der Individuenanzahlen von Vögeln aus der Umgebung aussehen, die sich von Florfliegen ernähren?	N 5	Stimmt das mit der Graphik überein?
E 6	Die Beziehung zwischen Florfliegen und Blattläusen ist eine ...	N 6	Laut Abbildung liegt dieser Mittelwert ...
E 7	D.h., wenn es viele Störche gibt, dann ...	N 7	Mal sehen, ob ich die Schwankungen in der Abbildung wiederfinde.
E 8	Es handelt sich hierbei um nur vereinfachte Modelle, da ...	N 8	Die beiden Regeln besagen also, dass ...
E 9	Für das Beispiel Storch-Frosch bedeutet das, ...	N 9	In dem Beispiel Storch / Frosch wurde also vernachlässigt, ...

## Beispielaufgabe 8

### Rettung der Apfelernte

Blattläuse befallen auch Nutzpflanzen, wie z.B. Apfelbäume, und entziehen ihnen wichtige Nährstoffe. Die sich daraufhin entwickelnden kleinen und schrumpeligen Äpfel nennt man dann Blattlausäpfel.

Beim Saugen übertragen Blattläuse außerdem Giftstoffe und Krankheitserreger, die das Wachstum der Blätter stören. Sie rollen sich ein, kräuseln sich oder werden fleckig. Die Triebe krümmen sich und hören auf zu wachsen.

*Außerdem scheiden die Blattläuse eine Flüssigkeit aus, die Zucker enthält, den sogenannten Honigtau. Auf diesem Honigtau gedeihen besonders gut Rußpilze, die auf und unter den Blätter wachsen. Durch die Pilze gelangt nicht mehr genügend Sonnenlicht in die Blätter. Als Folge davon fallen die Blätter frühzeitig ab und die Äpfel verkümmern.*

Für einen Apfelbauer wäre das Grund genug, chemische Bekämpfungsmittel gegen die Blattläuse einzusetzen, um die Ernte zu retten. Trotzdem entscheiden sich viele Landwirte gegen den Einsatz von chemischen Insektenvernichtungsmitteln.



**War die Entscheidung der Apfelbauern richtig ?**

→ Lernimpuls E1 bzw. N1

Wenn man die Anzahl der Blattläuse und Florfliegen nach dem Einsatz von Insektenvertilgungsmitteln untersucht, erhält man den folgenden Graphen.

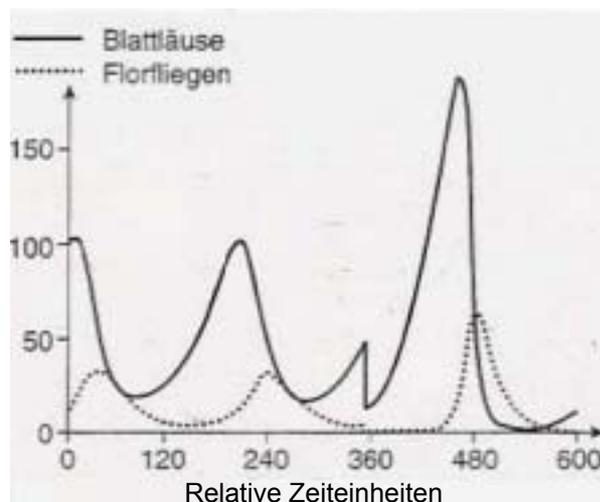


Abb.: Populationsentwicklungen von Blattläusen und Florfliegen mit Insektizideinsatz während eines Sommers (Abbildung aus Diers, 1999).

→ Lernimpuls N2

---

Durch den Einsatz eines Insektizides wird nicht nur eine Vielzahl von Blattläusen vernichtet, sondern meist ebenso ihre natürlichen Feinde, die Florfliegen.

→ Lernimpuls E2 bzw. N3 und N4

---

Nach einem solchen Einsatz vergrößert sich die Zahl der Blattläuse zunächst, weil ihre natürlichen Fressfeinde dem Insektizid ebenfalls zum Opfer gefallen sind.

→ Lernimpuls E3 bzw. N5

---

Diese Zusammenhänge werden von der dritten Lotka-Volterra-Regel beschrieben:

Durch ein einmalig verwendetes Insektizid werden die Individuenanzahlen von Räuber und Beute zunächst einmal gleichmäßig verkleinert.

Sobald das Insektizid nicht mehr eingesetzt wird, nimmt die Anzahl der Beutetiere zunächst stärker zu als die ihrer Räuber, da sich die Zahl der Räuber durch den Nahrungsmangel zusätzlich verringert hat.

→ *Lernimpuls E4 bzw. N6*

---

*Der einmalige Einsatz von Insektiziden zeigt demnach nur einen kurzzeitigen Erfolg.*

Ein langfristiger Einsatz von Insektiziden hätte aber in diesem Lebensraum auch Folgen für andere Tiere, die sich von Insekten ernähren.

→ Lernimpuls E5

---

Ein langfristiger Einsatz von Insektiziden hätte Auswirkungen auf andere Tiere, die sich von Insekten ernähren, wie z.B. viele Vögel. Auch Pflanzenfresser, die nach einem solchen Spritzmitteleinsatz vergiftete Pflanzenteile fressen, wären davon betroffen.

Eine biologische Methode, wie z.B. der Einsatz von Florfliegen, wäre von daher umweltschonender.

→ Lernimpuls E6 bzw. N7

---

Die Zahl der Blattläuse und Florfliegen schwankt um einen Durchschnittswert. Um die Population der Blattläuse merklich zu verkleinern, müssten ständig neue Florfliegenlarven hinzu gesetzt werden. Das verhindert, dass sich deren Zahl aufgrund des Nahrungsmangels zu stark verringert.

→ Lernimpuls E7 bzw. N8

**Tab. A8**      Verwendete Lernimpulse in der Beispielaufgabe 8 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	Wenn auch die natürlichen Feinde vernichtet werden, hat das zur Folge, dass ...	N 2	Zunächst versuche ich zu verstehen, was in der Abbildung dargestellt ist.
E 3	Das würde für die Ernte bedeuten, dass ...	N 3	Das sehe ich in der Abbildung daran, dass ...
E 4	Was spricht für bzw. gegen einen langfristigen Einsatz von Insektiziden?	N 4	Dass Blattläuse und Florfliegen zu den Insekten gehören, erkennt man daran, dass ...
E 5	Was für Folgen könnten das sein?	N 5	Die Zahl der Blattläuse nimmt zuerst zu, da ...
E 6	Um einen längerfristigen Erfolg mit einer biologischen Methode zu erzielen, müsste der Apfelbauer ...	N 6	Die dritte Lotka-Volterra-Regel sagt aus, dass ...
E 7	Und wenn man biologische und chemische Bekämpfungsmittel parallel einsetzen würde, ...	N 7	Warum wäre das so?
		N 8	Man müsste ständig neue Florfliegen hinzusetzen, weil ...

## Beispielaufgabe 9

### Die Obstbaumspinnmilbe

Ein weiterer gefürchteter Schädling von Obstbäumen ist die Obstbaumspinnmilbe. Milben sind ebenso wie die Weberknechte keine Insekten, sondern Spinnentiere. Wie diese haben sie acht Beine. Sie sind in der Regel sehr klein. Es gibt Arten, die kaum größer als 0,1 mm sind.

Milben gehören zu den häufigsten Kleintieren im Boden und in der Bodenstreu. So können in einem Kubikdezimeter Waldboden weit über 1000 Milben verschiedener Arten leben.

Der größte Teil von ihnen ernährt sich von Pflanzenteilen, Pilzbestandteilen und zersetzter Streu, einige leben aber auch räuberisch.

---

Die Obstbaumspinnmilben leben vom Pflanzensaft. Sie überziehen die Blattunterseiten mit einem Gespinnst aus feinen Fäden. Daran halten sie sich fest und schneiden mit ihren Mundwerkzeugen kleine Löcher in die Blätter. So kommen sie an deren Saft heran.

Aus den vielen kleinen Löchern in den Blättern verdunstet so mehr Wasser als der Obstbaum aus der Erde aufnehmen kann. Wenn der Baum sehr stark befallen ist, verwelken die Blätter, verfärben sich und verdorren schließlich. Die Früchte bleiben klein und werden nicht reif. Für das nächste Jahr werden nur wenige und schwache Knospen gebildet.

---

Seit Mitte des 20. Jahrhunderts versuchen sich die Obstbauern mit Spritzungen gegen die Milbenplage zu wehren. Doch oftmals können auch diese den Milben nicht all zuviel anhaben.

Vor dieser Zeit (ca. vor 1950) wurden die Obstbäume noch nicht mit Schädlingsbekämpfungsmitteln bespritzt. Zu dieser Zeit gab es merkwürdigerweise auch nur selten Schäden durch Milben, obwohl immer ein paar Milben verschiedener Arten auf den Obstbäumen lebten.



**Wie ist es möglich, dass Obstbäume vor 1950 kaum durch Milben geschädigt wurden**

→ Lernimpuls E1 bzw. N1

---

Nahrungskonkurrenz zwischen den verschiedenen Milbenarten kann eigentlich ausgeschlossen werden.

→ Lernimpuls E2

---

Obstbäume bieten für Milben eine sehr große Menge an Nahrung. Es ist kaum vorstellbar, dass es auf einem Obstbaum so viele Milben gibt, so dass es zu einem Nahrungsmangel für die Milben kommt.

Denn dann würde durch so eine große Menge an Milben auch die Obstbäume geschädigt werden. Somit gäbe es erst Recht einen Grund für den Einsatz chemischer Mittel.

→ Lernimpuls N2

---

Betrachten wir zunächst ein Fallbeispiel.

In der folgenden Abbildung ist die Populationsentwicklung zweier Milbenarten dargestellt, die auf Orangenbäumen leben.

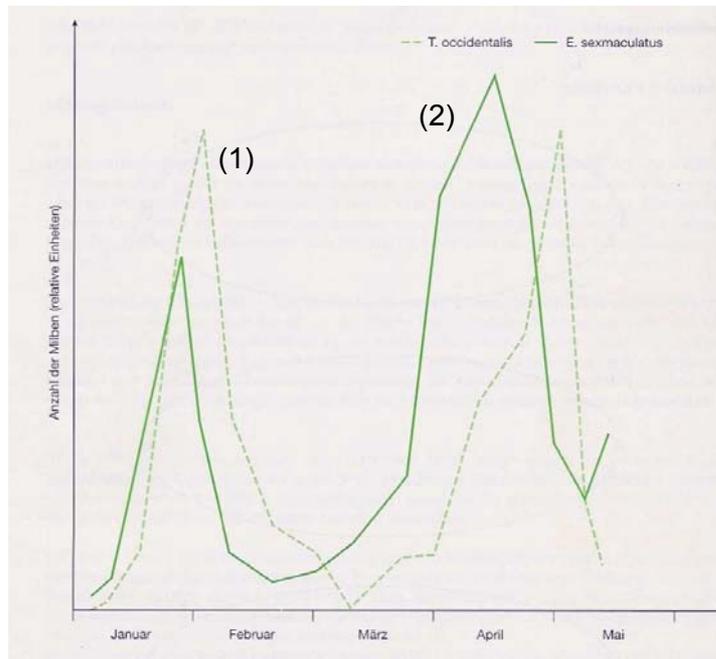


Abb.: Entwicklungen der Individuenanzahlen von zwei unterschiedlichen Milbenarten ((1) *T. occidentalis*; (2) *E. sexmaculatus*) (Abbildung aus Schroedel, 2000).

→ Lernimpuls N3

---

Zunächst kann man der Abbildung entnehmen, dass es sich zwischen den beiden Milbenarten um eine Räuber-Beute-Beziehung handelt.

→ Lernimpuls N4 und N5

Die typischen Populationsschwankungen werden durch die Lotka-Volterra-Regeln beschrieben werden.

→ Lernimpuls N6

---

Wenn man die Zahl aller Räuber (Milbenart 1) und Beute (Milbenart 2) über einen bestimmten Zeitraum verfolgt, stellt man fest, dass sie um einen Mittelwert schwanken.

→ Lernimpuls N7

Die Räuber erreichen außerdem ihre größte Zahl später als die Beute.

Die Durchschnittsgröße der Zahl der Räuber und Beute bleibt über einen längeren Zeitraum gleich.

→ Lernimpuls E3 bzw. N8

---

So ist es verständlich, warum es vor 1950 nur selten zu Milbenplagen kam. Auf den unbehandelten Bäumen überlebten nämlich auch ihre natürlichen Feinde, wie die Raubmilbe.

Werden die Bäume jedoch mit chemischen Mitteln gespritzt, sterben folglich Beute und Räuber ab.

→ Lernimpuls E4

---

Werden die Obstbäume häufig gespritzt, vermindert das Insektizid die Zahl der Räuber und Beute zunächst gleichmäßig. Nach Wegfall der chemischen Bekämpfung nimmt die Zahl der Beutetiere zunächst stärker wieder zu als die der Räuber, da diese durch den auftretenden Nahrungsmangel zusätzlich verkleinert werden. Das sagt die 3. Lotka-Volterra-Regel aus.

→ Lernimpuls E5 bzw. N9

---

Hinzu kommt, dass die Chemikalien noch etwas anderes bewirken: Aufgrund der großen Zahl der Schadmilben gibt es unter ihnen immer Tiere, gegen die das Gift keine Wirkung hat.

→ Lernimpuls E6

---

Man sagt, sie sind resistent.

Resistente Tiere besitzen gegenüber den „empfindlichen“ Tieren einen Vorteil. Sie können sich daher ungestört vermehren.

→ Lernimpuls E7 bzw. N10

---

Die Folge ist eine Massenvermehrung dieser resistenten Milben. Dies zwingt zu einer noch stärkeren Anwendung der Insektizide.

**Tab. A9**      Verwendete Lernimpulse in der Beispielaufgabe 9 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	Warum kann Nahrungskonkurrenz ausgeschlossen werden?	N 2	Nahrungskonkurrenz kann ausgeschlossen werden, weil ...
E 3	Es kann bis zum Jahre 1950 nur selten zu einer Milbenplage, da ...	N 3	In der Abbildung sieht man ...
E 4	Das hat zur Folge, dass die durchschnittliche Anzahl von Räuber und Beute ...	N 4	Räuber-Beute-Beziehung, das war ...
E 5	Das hat für die Obsternte zur Folge, dass ...	N 5	Dass Milben und Weberknechte zu den Spinnentieren gehören erkennt man daran, dass ...
E 6	Das hat zur Folge, dass ...	N 6	Diese beschreiben, dass ...
E 7	Das würde für die weitere Entwicklung von Räuber und Beute bedeuten, dass ...	N 7	Ach ja, die 1. Lotka-Volterra-Regel lautete ...
		N 8	Genau, die 2 Lotka-Volterra-Regel sagt aus, dass ...
		N 9	Die 3. Lotka-Volterra-Regel sagt also aus, dass ...
		N 10	Resistent sein bedeutet somit, dass ...

## Beispielaufgabe 10

### Insektizideinsatz

Ein weiterer natürlicher Feind der Obstbaumspinnmilbe ist neben der Raubmilbe die Raubwanze. Raubwanzen haben sechs Beine gehören somit zu den Insekten.

Viele Arten dieser Vertreter saugen Schädlinge wie Blattläuse und auch Spinnmilben aus, um sich auf diese Weise von ihnen zu ernähren.

Bei den Obstbauern steht immer wieder der Einsatz chemischer Mittel zur Diskussion. Für die Anwendung chemischer Mittel spricht, dass sie einfach und schnell einsetzbar sind und sicher den größten Teil der Schädlinge abtöten. Auch empfindliche Obstsorten können mit diesem "Schutz" angebaut werden.



**Warum sollte ein Obstbauer trotz einfacher Anwendung auf chemische Bekämpfungsmittel möglichst verzichten?**

→ Lernimpuls E1 bzw. N1

Betrachten wir zunächst die Entwicklung von Räuber und Beute ohne Insektizideinsatz.

→ Lernimpuls E2

Ohne Insektizideinwirkung schwanken die Anzahlen der Räuber (Raubwanze und Raubmilbe) und Beute (Obstbaumspinnmilbe) phasenverschoben. Über einen längeren Zeitraum bleiben ihre Anzahlen dabei im Durchschnitt konstant.

Wegen der Fressfeinde kann die Obstbaumspinnmilbe sich nur begrenzt entwickeln. Der durch sie verursachte Ernteverlust ist somit wesentlich geringer als die Kosten eines Insektizideinsatzes.

→ Lernimpuls E3

Erst wenn diese "wirtschaftliche Schadensschwelle" überschritten wird, kann das Spritzen sich lohnen. Dann sind nämlich die Kosten für eine Bekämpfung des Schädlings niedriger als der zu erwartende Ernteverlust.

→ Lernimpuls N2

Betrachten wir nun den Fall, dass ein Obstbauer trotzdem sich dafür entscheidet, Insektizide einzusetzen.

Nach vier Insektizidspritzungen verändern sich die Individuenanzahlen von Räuber und Beute wie in der folgenden Abbildung dargestellt.

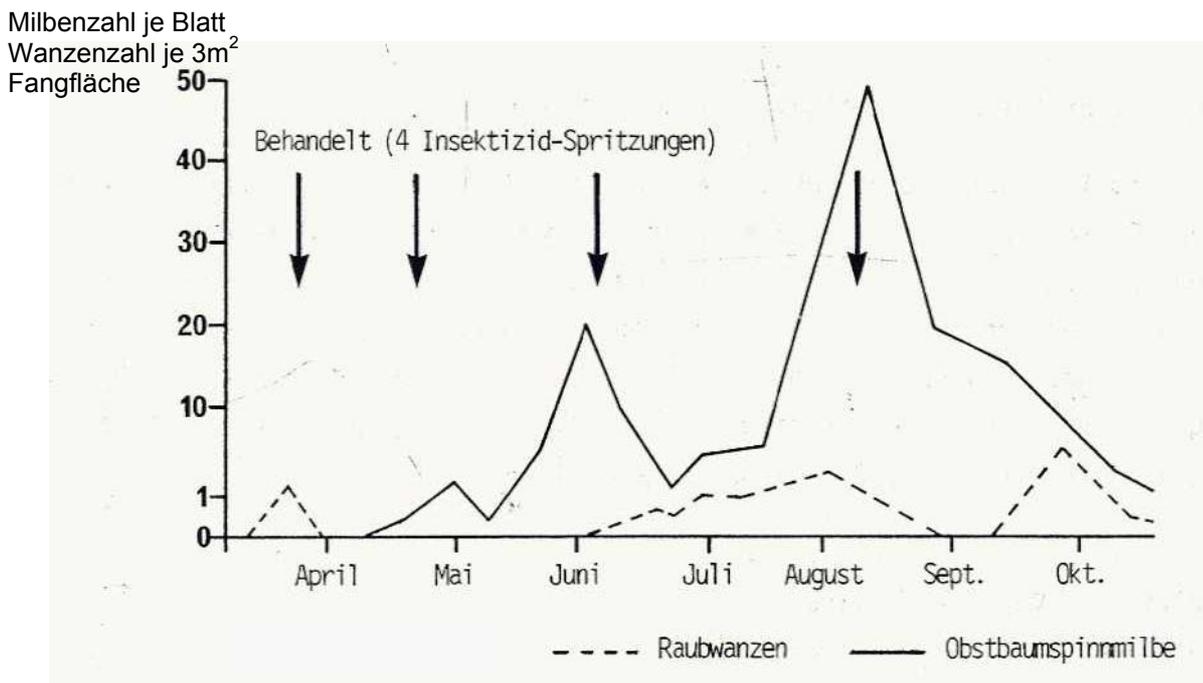


Abb.2: Veränderung der Zahl der gleichen Lebewesen nach vier Insektizid-Spritzungen (Abbildung aus IPN Einheitenbank, 1987).

→ Lernimpuls N3

---

Wird viermal im Jahr gespritzt, werden die natürlichen Feinde des Schädling, wie von der 3. Lotka-Volterra-Regel beschrieben, stärker betroffen:

→ Lernimpuls E4 bzw. N4

---

Die Raubmilben verschwinden ganz; die Raubwanzen erscheinen in geringer Zahl. Die Räuber-Populationen erholen sich nur schwer bzw. gar nicht, da sie keine Nahrung mehr haben. Daher können sie sich kaum vermehren.

→ Lernimpuls E5

---

Die Folge ist, dass sich die Obstbauspinnmilbe beinahe ungehindert ausbreiten kann, denn die Anzahl ihrer natürlichen Gegenspieler ist stark verringert worden.

Um die Ausbreitung zu begrenzen muss daher weiter kostspielig gespritzt werden.

→ Lernimpuls E6

---

Aber es drohen noch andere Gefahren: Nicht nur die Zahl der Schädlinge erhöht sich, auch die Insektizide selber stellen eine mögliche Gefahr für die Menschen, den Boden, das Grundwasser und andere Tiere dar, weil es sich dort anreichern kann.

→ Lernimpuls N5

Manchmal ist die Ernte durch Schädlingsbefall so stark gefährdet, dass eine biologische Schädlingsbekämpfung nicht ausreicht.

→ Lernimpuls E7

---

Dann muss zwischen den Folgen der chemischen und natürlichen Insektenbekämpfung abgewogen werden.

Es kommt dabei darauf an, die unerwünschten Folgen so gering wie möglich zu halten.

Deshalb darf nur gerade soviel Insektizid eingesetzt werden, wie es für die gewünschte Wirkung notwendig ist.

**Tab. A10**      Verwendete Lernimpulse in der Beispielaufgabe 10 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 müsste dann so aussehen ...	N 2	Mit dem Ausdruck "wirtschaftliche Schadensschwelle" ist also gemeint, dass ...
E 3	Folglich lohnt es sich erst ...	N 3	In der Grafik ist dargestellt, dass ...
E 4	Weil ...	N 4	Diese sagt aus, dass ...
E 5	Folglich ...	N 5	Übermäßiges Spritzen kann somit zur Folge haben, dass ...
E 6	Welche Folgen kann das Spritzen für uns Menschen haben?		
E 7	In so einem Fall wäre es sinnvoll, dass ...		

## **A II            Die Beispielaufgaben ohne Impulse**

Im Folgenden werden die 2 Beispielaufgaben ohne Impulse, die vor ("Retter der Frauen") beziehungsweise nach ("Retter der Menschheit") der Bearbeitung des Beispielaufgabenlehrganges eingesetzt worden sind. Aus platzsparenden Gründen, werden die Beispielaufgaben nicht im Original abgedruckt. Ein Seitenwechsel wird durch eine gestrichelte Linie (-----) dargestellt.

## Retter der Frauen

Der Arzt Ignaz Semmelweis arbeitete Mitte des 18. Jahrhunderts in der Ersten Geburtshilflichen Abteilung des Wiener Allgemeinen Krankenhauses. Er erlebte dort, dass im Jahre 1846 fast 10% der gebärenden Frauen am Kindbettfieber starben. Diese Frauen erkrankten kurz nach der Geburt ihres Babys an hohem Fieber. Außerdem begannen ihre Geburtswunden stark zu eitern.

Kindbettfieber wurde in dieser Zeit auch als „Tod durch Männerhand“ bezeichnet, da diese Krankheit fast durchweg bei Frauen ausbrach, die durch Ärzte oder Medizinstudenten entbunden wurden.

In dem Krankenhaus, in dem Semmelweis arbeitete, schien es jedoch, als würden in der benachbarten Zweiten Geburtshilflichen Abteilung weniger Frauen an diesem Fieber sterben. Die Ursache für die Sterberate konnte aber keiner genau benennen.

---

Semmelweis selbst schrieb im Dezember 1846 in sein Tagebuch:

„Warum sterben so viele Frauen nach einer völlig problemlosen Geburt an diesem Fieber? Seit Jahrhunderten lehrt uns die Wissenschaft, es handle sich um eine unsichtbare Epidemie, die Mütter tötet. Als mögliche Ursachen gelten Veränderungen in der Luft, irgendwelche außerirdischen Einflüsse oder eine Bewegung der Erde selbst, ein Erdbeben.“



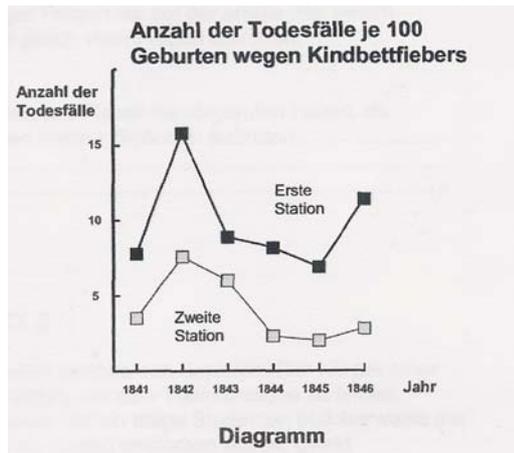
**Wie würdest Du an Semmelweis Stelle vorgehen, um die Ursache des Kindbettfiebers zu ergründen?**

---

Heutzutage würde kaum jemand außerirdische Einflüsse oder ein Erdbeben als mögliche Ursache für Fieber in Erwägung ziehen. Zur Lebzeiten Semmelweis taten dies allerdings viele, auch Wissenschaftler.

Um der Sache auf den Grund zu gehen, zählte Semmelweis die Todesfälle, die durch das Kindbettfieber in der Ersten und in der Zweiten Geburtshilflichen Abteilung des Krankenhauses verursacht wurden.

Die Ergebnisse dieser Nachforschungen sind im folgenden Diagramm dargestellt.



(Abbildung aus <http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/pisa/index.html>)

Es zeigte sich, dass mehr als doppelt so viele Todesfälle durch Kindbettfieber in der Zweiten Station auftraten.

Außerirdische Einflüsse und Erdbeben schieden somit als Ursache für Kindbettfieber aus.

In diesem Fall hätte die Todesrate auf beiden Stationen gleich sein müssen.

Also musste es eine andere Ursache geben. Um diese Ursache zu finden, wurde nach Unterschieden zwischen der Ersten und der Zweiten Abteilung gesucht.

Einige behaupteten, in der zweiten Station sei die Ernährung besser. Andere führten das Ergebnis auf eine bessere ärztliche Versorgung in der Zweiten Abteilung zurück.

Semmelweis ging solchen Vermutungen nach, konnte sie aber nicht bestätigen.

Eine Kommission schrieb die erhöhte Sterblichkeit den Verwundungen zu, die Medizinstudenten den Frauen durch zu grobe Untersuchungen zufügten. In der ersten Abteilung bildete man nur Medizinstudenten aus. In der Zweiten Abteilung erhielten nur Hebammen ihre Ausbildung.

Semmelweis konnte jedoch zeigen, dass Hebammen und Medizinstudenten die Frauen in fast gleicher Weise untersuchten.

Eines Tages im Jahre 1847 erlebte Semmelweis, dass ein Student seinem Kollegen während einer Leichensektion eine kleine Verletzung am Finger zufügte. Dieser junge Arzt starb kurz darauf nach quälender Krankheit.

Semmelweis fiel auf, dass sich während der Krankheit des Kollegen dieselben Symptome zeigten wie bei den Frauen, die kurz nach der Entbindung am Kindbettfieber starben.

Die Ähnlichkeit des Krankheitsverlaufs weckte bei Semmelweis einen schrecklichen Verdacht:

Seine Kollegen, er selbst und die Medizinstudenten übertrugen „Leichensubstanz“ auf die jungen Mütter und brachten ihnen damit die tödliche Krankheit.

Gewöhnlich kamen sie ja von der Leichensektion direkt in die Erste Station, wuschen sich zwischendurch nur oberflächlich die Hände. Der Leichengeruch haftete ihnen oft noch an, wenn sie danach die in Wehen liegenden Frauen untersuchten.

Die Hebammen auf der Zweiten Station führten dagegen keine Leichensektion durch, sondern nur die behandelnden Ärzte.

Semmelweis verlangte jetzt, dass alle Ärzte und Studenten sich vor der Untersuchung der gebärenden Frauen die Hände gründlich mit Chlorkalk, einer scharfen Lösung, wuschen. Die Sterblichkeit am Kindbettfieber sank schon im folgenden Jahr auf 1,27%.

---

Doch das Kindbettfieber forderte neue Opfer: Semmelweis und seine Kollegen reinigten sich wie nun üblich vor dem Besuch der Ersten Station sorgfältig ihre Hände. Dann untersuchten sie die vereiterte Gebärmutter einer in den Wehen liegenden Frau, wuschen sich schnell die Hände und setzten ihre Untersuchungen an 12 weiteren Frauen fort.

---

Zum Entsetzten der Ärzte starben 11 dieser 12 Patientinnen am Kindbettfieber.

---

Daraus folgerte Semmelweis, dass nicht nur „Leichensubstanz“ sondern auch „faulende Materie aus lebendigen Organismen“ Kindbettfieber verursachen kann.

Auf diese Erfahrungen von Semmelweis beruhten die nun überall in Geburtskliniken durchgeführten Vorsichtsmaßnahmen, die zum drastischen Rückgang des gefürchteten Kindbettfiebers führten.

---

Heute weiß man, dass Kindbettfieber durch Eiterbakterien verursacht wird.

Diese Bakterien sind ca. 1µm groß.

Die Eiterbakterien geraten durch offene Wunden in die Blutbahn. Sie lassen sich heutzutage durch Antibiotika erfolgreich bekämpfen.

## Retter der Menschheit

Seit Jahrtausenden gehören Epidemien zu den Geißeln der Menschheit. Die Frage nach ihrer Entstehung beschäftigte die Gelehrten seit dem Altertum. Bis in das letzte Jahrhundert hinein stritt man sich, ob Seuchen auf eine Art „Gifthauch“ oder auf belebte „Ansteckungsstoffe“ zurückzuführen sind.

Die ersten wissenschaftlichen Erklärungen für die Entstehung von Seuchen fand man erst Ende des 19. Jahrhunderts:

1873 nahm ein junger Landarzt namens Robert Koch die Erforschung des Milzbrandes auf. Diese Seuche tritt hauptsächlich bei Weidevieh auf. Menschen stecken sich vor allem an, wenn sie mit Wolle oder Leder von an Milzbrand verstorbenen Tieren hantieren oder rohes verseuchtes Fleisch verzehren.

Charakteristisch für diese Krankheit sind schwarzes Blut und eine wie verbrannt wirkende Milz.

Als Robert Koch begann, den Milzbrand zu erforschen, hatten andere Wissenschaftler bereits durch mikroskopische Untersuchungen des Blutes, anderer Körperflüssigkeiten und des Gewebes infizierter, toter Tiere winzige stäbchenförmige Körperchen gefunden. Man wusste jedoch nicht, ob sie mit der Krankheit in irgendeinem Zusammenhang stehen.

---

So war beispielsweise völlig unklar, ob diese Körperchen auch im Blut lebender infizierter Tiere vorkommen und wenn ja, wie diese in den Körper gelangen.

Auch wusste man nicht, ob es sich dabei um winzige kleine Lebewesen handelt oder ob die Körperchen unbelebt sind.

Da bislang niemand eine Beweglichkeit der Stäbchen gesehen hatte, schrieben ihnen viele lediglich eine Randstellung im Krankheitsgeschehen zu und glaubten nicht an ihre Bedeutung als Krankheitserreger.



**Wie würdest du an Robert Kochs Stelle vorgehen, um zu überprüfen, ob und wenn ja, wie diese stäbchenförmigen Körperchen in das Krankheitsgeschehen verwickelt sind?**

---

Robert Koch führte drei Monate lang Versuchsreihen mit Mäusen, Meerschweinchen und Kaninchen durch.

Er injizierte den Tieren Blut von infizierten, an Milzbrand verstorbenen Kühen.

---

Alle so behandelten Tiere zeigten die namensgebende, typische brandige Verfärbung, verbunden mit einer Schwellung des betroffenen Organs.

Sie starben nach kurzer Zeit.

Die stäbchenförmigen Körperchen konnten in diesen Versuchstieren zu jeder Zeit nachgewiesen werden.

---

Fraglich war jedoch noch immer, ob es in sich bei diesen Körperchen um Lebewesen handelt. Koch bemühte sich deshalb die Stäbchen lebend unter dem Mikroskop zu beobachten.

Wenn sie lebten, dann sollten sie wachsen und sich vermehren.

---

Nachdem es ihm gelang, die Stäbchen im Mikroskop zu identifizieren, konnte er nach einiger Zeit ihr Wachstum, ihre Vermehrung und ihre Verwandlung in widerstandsfähige Dauerformen (Sporen) im Mikroskop beobachten.

Somit hatte er nachgewiesen, dass es sich bei den Stäbchen tatsächlich um lebende Organismen handelte.

Heute weiß man, dass es sich hierbei um Bakterien handelte.

Um nun zu überprüfen, ob diese Bakterien auch Erreger des Milzbrandes waren, entwickelte er weitere Versuche.

---

Als erstes isolierte er die Bakterien aus erkrankten Tieren.

Er trennte diese Bakterien von allen anderen Substanzen und hielt nur sie alleine und vermehrte sie. Die Bakterien wurden also in Reinkultur gehalten.

Bakterien aus dieser Reinkultur wurden wiederum Versuchstieren injiziert.

---

Dadurch wollte er beweisen, dass einzig und allein diese stäbchenförmigen Bakterien für den Milzbrand verantwortlich sind.

Sollte er mit seiner Vermutung richtig liegen, müssen nun alle mit den Stäbchen infizierten Tiere an Milzbrand erkranken.

Und so war es tatsächlich auch:

Alle Versuchstiere erkrankten an Milzbrand.

---

Somit gelang ihm der Nachweis, dass diese kleinen stäbchenförmigen, lebenden Bakterien für den Milzbrand verantwortlich waren.

---

Heute weiß man, dass viele Krankheiten durch Bakterien verursacht werden. Die meisten solcher Krankheiten können erfolgreich mit Antibiotika behandelt werden. Gegen viele Bakterienarten kämpft der gesunde Körper aber auch erfolgreich ohne Hilfe von Antibiotika an.

In diesem Fall bildet das Immunsystem kurz nach dem Eindringen von Krankheitserregern in den Körper sogenannte Antikörper, die den Erreger vernichten.

Die Abbildung zeigt, wie der Körper auf das erstmalige Eindringen eines Erregers reagiert und auf ein wiederholtes Mal einen Monat später.

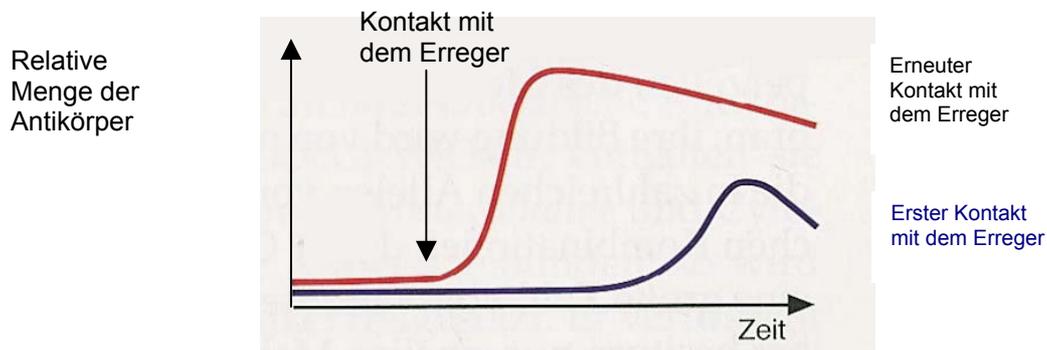


Abb.: Menge der Antikörper nach dem ersten Eindringen des Erregers und nach einem zweiten Kontakt (Abb. aus Bayrhuber & Kull, 1998).

---

In der Abbildung ist zu sehen, dass nach dem ersten Eindringen des Erregers nach einiger Zeit Antikörper gebildet werden.

---

Nach dem erneuten Eindringen des Erregers einen Monat später, werden in kürzerer Zeit wesentlich mehr Antikörper gebildet.

---

Dieses Phänomen ist auf die Bildung sogenannter Gedächtniszellen zurückzuführen.

Diese teilen sich bei einer erneuten Infektion rasch und sorgen dafür, dass die Antikörper früher und in größerer Menge entstehen.

## A III Einführung und Übungen zum lauten Denken

### Einführung ins laute Denken:

#### BITTE, DENKE LAUT!!!

Mit dieser Untersuchung möchten wir etwas darüber erfahren, was du denkst, wenn du Texte zu ausgewählten biologischen Problemen und deren Lösung bearbeitest.

Zu diesem Zweck die Bitte an dich:

DENKE LAUT,

während du dich mit den vorgegebenen Texten beschäftigst.

Mit dieser Aufforderung ist gemeint,

dass du ALLES ERZÄHLST,

was du denkst, wenn du den Text zum ersten Mal vor Augen hast, bis zu dem Punkt, an dem alle im Text aufgeworfenen Fragestellungen für dich vollständig geklärt sind.

LESE zu diesem Zweck LAUT

Du solltest im Idealfall ohne Unterbrechung, also möglichst PAUSENLOS deine Gedanken zu den gerade bearbeiteten Textstellen SPRECHEN.

Du solltest deine Äußerungen vor dem Sprechen jedoch nicht besonders ordnen oder deine Gedanken besonders verständlich wiedergeben wollen.

Du solltest auch nicht dem Versuchsleiter das Problem oder deine Gedanken erklären wollen.

Stelle Dir vor,

Du wärst GANZ ALLEIN IM RAUM

und spreche nur zu dir selbst.

Äußerst wichtig ist, dass du STÄNDIG REDEST.

Wenn du für eine längere Zeit still bist, werden wir dich wie folgt zum Weiterreden auffordern: Bitte weiterreden!

Das Reden bitte nicht vergessen!

Bitte äußere deine Gedanken!

Hast Du noch Fragen? Dann stelle sie jetzt.

### VIELEN DANK FÜR DEINE MITARBEIT!

Im Folgenden wird das laute Denken anhand einfacher Denkaufgaben praktisch geübt.



Aufgabe (1): Multipliziere bitte  $24 \times 36$  im Kopf und erzähle alles, was Dir dabei durch den Kopf geht!

Wir möchten jetzt etwas darüber erfahren, wie viel du noch davon weißt, was du beim Lösen der Aufgabe gedacht hast – also in der Zeitspanne zwischen dem ersten Lesen der Aufgabe bis zu ihrer Lösung.

Du sollst dich also daran ERINNERN,  
was du während der Aufgabenlösung gedacht hast.

Wir wollen nicht wissen, was du im Nachhinein meinst, was richtig wäre zu denken, wenn man die Aufgabe lösen möchte. Wenn es möglich ist, erzähle die Erinnerungen in der Abfolge, in der die Gedanken beim Auflösen auch gekommen sind. Äußere auch, wenn du dir nicht mehr ganz sicher bist.

Bei diesen Aktivitäten sollst du nicht noch einmal die Aufgabe lösen, sondern lediglich alles das erzählen, was du während der Aufgabenlösung gedacht hast.

Erzähle bitte jetzt, was du bei der Lösung der Aufgabe 1 gedacht hast!

Bevor wir mit der Hauptuntersuchung beginnen, wollen wir eine weitere Aufgabe zur Übung durchführen. Du sollst genau die gleichen Dinge tun, wie zuvor bei Aufgabe 1: DENKE LAUT – also äußere alle Gedanken – und erzähle hinterher alle Erinnerungen an deine Gedankengänge während der Aufgabenlösung. Hast du zu diesem Vorgehen noch Fragen?

Aufgabe (2): Versuche möglichst genau zu schätzen, wie viele Türen dein Zuhause hat.

Erzähle bitte jetzt, was du bei der Lösung der Aufgabe 1 gedacht hast!

### AUFWÄRMAUFGABE A

Bevor wir mit dem Lehrgang „Leben und Leben lassen“ fortfahren, sollst du nun eine kleine Aufwärmübung durchführen. Du sollst nun genau die gleichen Dinge tun, wie gestern: DENKE LAUT!  
Äußere also alle deine Gedanken und erzähle hinterher alle Erinnerungen an deine Gedankengänge während der Aufgabenlösung.

Aufgabe: Versuche möglichst genau zu schätzen, wie viele Mathematikstunden du im letzten Schulhalbjahr hattest.

Erzähle jetzt bitte, welche Erinnerungen du an deine Gedanken bei der Aufgabenlösung hast!

### AUFWÄRMAUFGABE B

Bevor wir mit dem Lehrgang „Leben und Leben lassen“ fortfahren, sollst du nun eine kleine Aufwärmübung durchführen. Du sollst nun genau die gleichen Dinge tun, wie gestern: DENKE LAUT!  
Äußere also alle deine Gedanken und erzähle hinterher alle Erinnerungen an deine Gedankengänge während der Aufgabenlösung.

Aufgabe: Versuche möglichst genau zu schätzen, wie viele Ferientage Du im letzten Schuljahr hattest.

Erzähle jetzt bitte, welche Erinnerungen du an Deine Gedanken bei der Aufgabenlösung hast!

### AUFWÄRMAUFGABE C

Bevor wir mit dem Lehrgang „Leben und Leben lassen“ abschließen, sollst Du nun eine kleine Aufwärmübung durchführen. Du sollst nun genau die gleichen Dinge tun, wie die letzten Tage: DENKE LAUT!  
Äußere also alle Deine Gedanken und erzähle hinterher alle Erinnerungen an Deine Gedankengänge während der Aufgabenlösung.

Aufgabe: Versuche möglichst genau zu schätzen, wie viele Biologiestunden du noch bis zum Abitur haben wirst!

## A IV Vorwissenstest

Was weißt Du über Biologie?

Liebe Teilnehmerin, lieber Teilnehmer!

**In dieser Untersuchung interessiert uns Dein Wissen aus einigen Teilbereichen der Biologie. Dieser Fragebogen gehört nicht zu euren Klassenarbeiten und wird nicht benotet. Deine Lehrerin oder dein Lehrer sieht sich diesen Fragebogen nicht an. Der Test hat also keine Auswirkungen auf deine Biologienote.**

- **Die meisten Fragen sind durch Ankreuzen der richtigen Antwort zu beantworten.**
- **Bei einigen Fragen sind kurze Sätze oder Stichworte zu notieren, niemals jedoch mehr als 3-4 Sätze.**
- **Bei einigen Aufgaben sollst Du eine Skizze beschriften, indem Du Zahlen in dafür vorgesehene Kreise schreibst.**
- **Du hast zur Bearbeitung aller Fragen eine Schulstunde Zeit. Halte Dich nicht zu lange an einzelnen Fragen auf, sondern arbeite bitte zügig bis zum Ende.**
- Für die Auswertung benötige ich noch deine letzte Zeugnisnote in Biologie und deinen Vornamen und den Anfangsbuchstaben deines Nachnamen.  
Bitte schreibe die **Note** in das folgende Kästchen.

Bitte Trage hier Deinen **Namen, deine Klasse** ein:

Vornamen:  Anfangsbuchstabe deines Nachnamen:

Klasse:

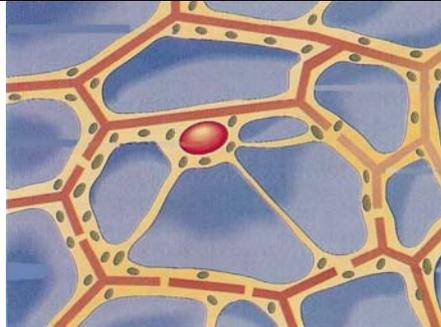
**Ja, ich möchte an der Studie teilnehmen:**

So, nun geht es los.

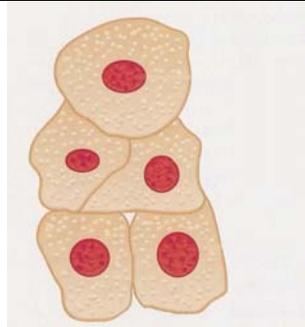
## Was weißt du über allgemeine Biologie?

1. Die Abbildungen a) und b) stellen Zellen lebender Organismen dar.  
Um welche Art von Zellen handelt es sich dabei?

Kreuze die richtige Antwort an.



(Abbildung aus: Das Biobuch 9 und 10)



(Abbildung aus: Das Biobuch 9 und 10, Diesterweg-Verlag)

Abb. a) <input type="checkbox"/> pflanzliche Zellen <input type="checkbox"/> tierische Zellen <input type="checkbox"/> andere Zellen	<input type="checkbox"/> pflanzliche Zellen <input type="checkbox"/> tierische Zellen <input type="checkbox"/> andere Zellen
---	--

2. Was ist **Plankton**?  
Kreuze die richtige Antwort an.  
Plankton setzt sich zusammen aus.....

a) pflanzlichen Organismen, die im Wasser treiben.	
b) tierischen Organismen, die im Wasser treiben.	
c) Algen, die im Wasser treiben.	
d) pflanzlichen und tierischen Organismen, die im Wasser treiben.	
e) leblosen Schwebstoffen, die im Wasser treiben.	

3. **Viren** sind keine Zellen.  
Welche der folgenden Bestandteile findet man in Viren?  
Kreuze die richtige Antwort an.

a) Erbmaterial	
b) Mitochondrien	
c) Organellen	
d) Chloroplasten	

## Was weißt du über Pflanzen?

4. Nenne fünf verschiedene **Getreidesorten**:

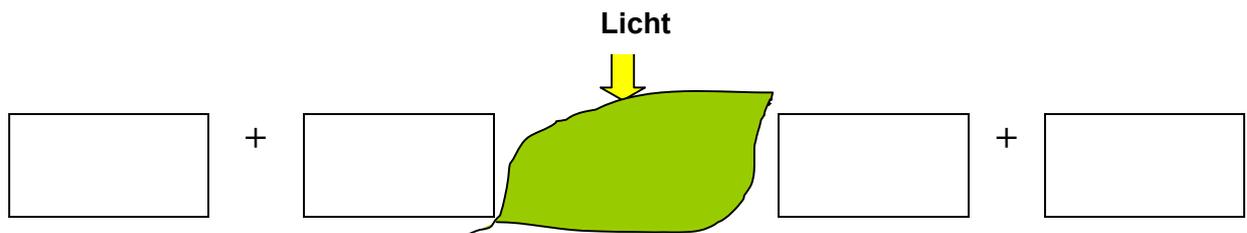
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

5. **Grüne Pflanzen** können **Lichtenergie** in **chemische Energie** umwandeln.

Diesen Prozess nennt man .....

Welche **Ausgangsstoffe** und welche **Endprodukte** spielen eine wesentliche Rolle bei diesem Prozess?

Vervollständige das folgende Schema



6. Beschrifte die Abbildung einer **Blüte**:

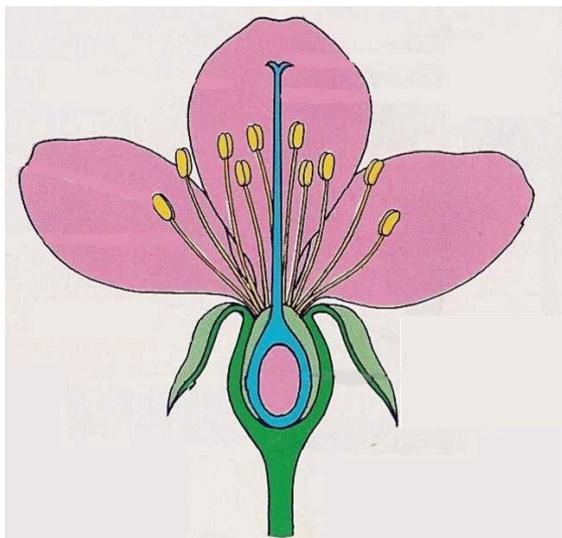


Abbildung aus Biologie 2, Cornelsen-Verlag

7. Von welchen **Bäumen** stammen die abgebildeten **Zweige** und **Früchte**?  
Trage in die folgende Tabelle die richtigen Ziffern ein.

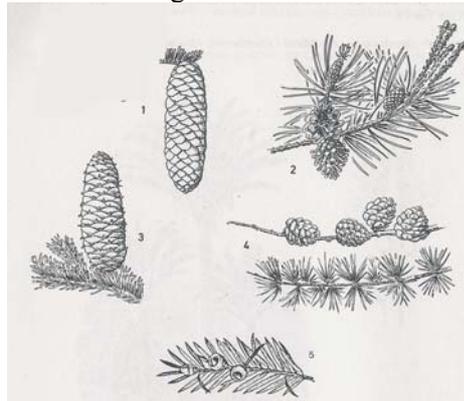


Abbildung aus: R. Flindt (1989), Ökologie im Jahresverlauf, Quelle und Meyer Verlag (S. 127), sowie aus  
Sitte/Weiler/Kadereit/Bresinsky/Körner: Strasburger Lehrbuch der Botanik, 1999, S.707, Abb. 3-242 (B); © Elsevier GmbH, Spektrum  
Akademischer Verlag (Bild 5)

a) Zweig einer Lärche	
b) Zweig einer Weißtanne	
c) Zweig einer Fichte	
d) Zweig einer Eibe	
e) Zweig einer Kiefer	

8. Welcher der folgenden **Pflanzenteile** ist hauptsächlich an der **Wasserabgabe** beteiligt?  
Kreuze die richtige Antwort an.

a) die Blüten	
b) die Laubblätter	
c) die Wurzeln	
d) die Sprossachse	
e) die Früchte	

9. Welcher der folgenden Baumerkmale von **Pflanzen**, die in sehr trockenen Gebieten (z.B. in  
Wüsten) wachsen, dient dem Schutz vor zu hohem **Wasserverlust**?  
Kreuze die richtige Antwort an.

a) sehr kleine Wurzeln	
b) ein dünner, langer Spross	
c) kleine Blätter	
d) einige, wenige große Blüten	
e) viele Früchte	

## Was weißt du über Tiere?

10. Welche der unten aufgeführten Tiere und Tiergruppen gehören zu den **Insekten**?  
Kreuze die richtigen Antworten an.

a) Blattlaus		e) Libelle	
b) Tausendfüßler		f) Raubwanze	
c) Tarantel		g) Milbe	
d) Motte		h) Kreuzspinne	

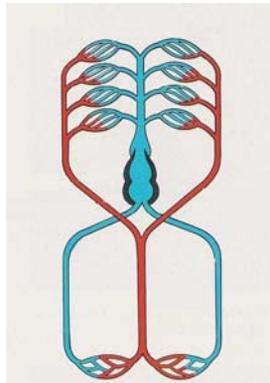
11. Welche der folgenden Tiere gehören zu den **Weichtieren**?  
Kreuze die richtigen Antworten an.

a) Frosch	
b) Tintenfisch	
c) Weinbergschnecke	
d) Strandkrabbe	
e) Regenwurm	
f) Zecke	
g) Herzmuschel	
h) Feuerqualle	

12. Notiere die fünf **Wirbeltierklassen** und jeweils einen typischen Vertreter.

<b>Wirbeltierklasse</b>	<b>Beispiel</b>
1.	1.
2.	2.
3.	3.
4.	4.
5.	5.

13. Welches der folgenden Tiere besitzt einen **Blutkreislauf**, der dem abgebildetem Schema entspricht?  
 Kreuze das richtige Tier an.



- Hund
- Hai
- Adler
- Regenwurm
- Weinbergschnecke

Abbildung aus: Biologie 2, Cornelsen-1

14. Nenne die drei **Entwicklungsstadien** eines **Frosches**. [einzelne Worte]

- (1) .....
- (2) .....
- (3) .....

Diese Entwicklung wird als ..... bezeichnet.

15. Nenne vier Anpassungen von **Fischen** an das Leben im Wasser: [Stichworte]

- (1) .....
- (2) .....
- (3) .....
- (4) .....

16. Welche der folgenden Tiere gehören zu den Wiederkäuern?  
 Kreuze die richtigen Antworten an.

a) Nashorn		e) Schaf	
b) Pferd		f) Tapir	
c) Kamel		g) Ziege	
d) Kuh		f) Zebra	

17. Das australische **Schnabeltier** hat einen Schnabel und einen dichten Pelz. Über eine Kloake gelangen Eier, die denen von Krokodilen gleichen, ins Freie. Die Eier brütet das Schnabeltier aus und versorgt dann die Jungen mit Milch, die in seinen Milchdrüsen gebildet wird. Seine Körpertemperatur liegt bei ca. 30°C, ist aber erheblichen Schwankungen unterworfen. Das Schnabeltier ist ein sogenanntes Brückentier zwischen Reptilien, Vögeln und Säugern. Es hat Merkmale aller drei Tiergruppen. Ordne die charakteristischen Merkmale den entsprechenden Tiergruppen zu.

Merkmal	Säuger	Vögel	Reptilien

### Was weißt du über die Ökologie?

18. Was ist **Symbiose**?  
 Es handelt sich um Symbiose, wenn.....  
 Kreuze die richtige Antwort an.

a) das eine Lebewesen aus dem Zusammenleben Nutzen zieht, während das andere geschädigt wird, ohne jedoch dabei zu sterben.	
b) beide Lebewesen Nutzen aus dem Zusammenleben ziehen.	
c) das eine Lebewesen Nutzen aus dem Zusammenleben zieht, während das andere weder Nutzen noch Schaden davonträgt.	
d) das eine Lebewesen sich von dem anderen ernährt, wobei das andere getötet wird.	

19. Bei welchen Umweltfaktoren handelt es sich um **biotische**, bei welchen um **abiotische Faktoren**:  
 Kreuze die richtigen Antworten an.

Umweltfaktor	biotisch	abiotisch
a) Licht		
b) Wassertemperatur		
c) Fressfeinde (Räuber)		
d) Luftfeuchtigkeit		
e) Krankheitserreger		
f) Parasiten		
g) Salzgehalt von Wasser		
h) Nahrungskonkurrenten		

20. In der folgenden Abbildung sind die verschiedenen Entwicklungsstadien des Fuchsbandwurmes und ihre Beziehung zu unterschiedlichen Wirten dargestellt. Ordne die folgenden Begriffe richtig zu, indem du die jeweilige Zahl in die schwarzen Kreise in der Abbildung schreibst.

1 Zwischenwirt

2 Endwirt

3 Ei

4 Fehlwirt

5 Fuchsbandwurm

6 Larve

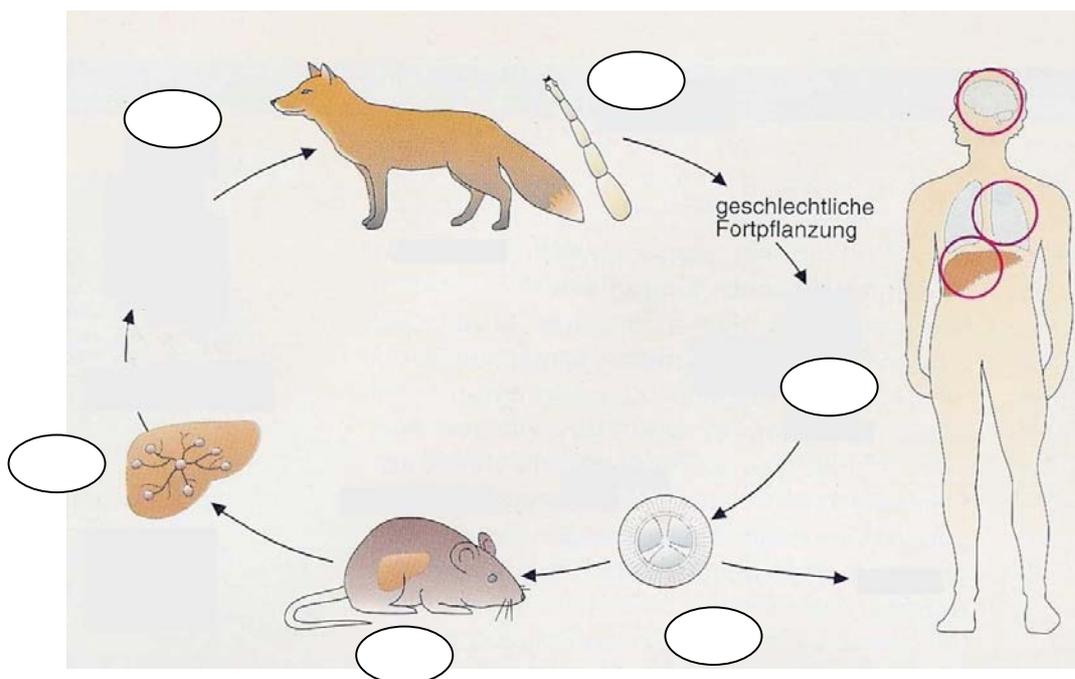


Abbildung aus: Klett: Natura

21. a) Verbinde die in den Kästchen notierten Organismen mit Pfeilen, so dass ein **Nahrungsnetz** entsteht.



b) Ordne den **Organismen** in diesem **Nahrungsnetz** folgende Begriffe zu, indem Du die Zahlen 1 bis 4 in den Kreis neben den Organismus schreibst.

- 1 Produzent
- 2 Konsument erster Ordnung
- 3 Konsument zweiter Ordnung
- 4 Konsument dritter Ordnung

22. **Marienkäfer** ernähren sich hauptsächlich von **Blattläusen**. Welche der folgenden Voraussagen über die Entwicklung von Blattläusen und Marienkäfern ist richtig? Kreuze die richtige Antwort an.

a) Im Laufe der Zeit sinkt die Anzahl der Marienkäfer und die der Blattläuse.	<input type="checkbox"/>
b) Die Anzahl der Marienkäfer und die der Blattläuse bleibt immer gleich.	<input type="checkbox"/>
c) Im Laufe der Zeit steigt die Anzahl der Marienkäfer und die der Blattläuse.	<input type="checkbox"/>
e) Im Laufe der Zeit steigt die Anzahl der Blattläuse.	<input type="checkbox"/>
f) Die Anzahl der Marienkäfer und die der Blattläuse schwanken immer leicht zeitlich versetzt.	<input type="checkbox"/>

23. Sehen, Riechen, Tasten, Schmecken und Hören sind typische **Sinne** des Menschen.

Im **Tierreich** kommen noch viele **andere Sinne** vor, die Menschen nicht haben.  
Nenne drei solcher Sinne und einen typischen Vertreter aus dem Tierreich, der diesen Sinn aufweist:

**Sinn**

**Beispiel**

- 1)
- 2)
- 3)

24. Welche beiden Sinnesorgane benutzt die Zecke im Wesentlichen, um ihre Beute zu erkennen?

Die Zecke benutzt:

- .....
- .....

Was weißt du über die Biologie des Menschen?

25. Beschrifte die folgende Abbildung des **menschlichen Herzens**.

Ordne folgende Begriffe der Abbildung richtig zu:

- (1)linke Herzkammer – (2)rechte Herzkammer – (3)obere Hohlvene – (4)Aorta –
- (5)rechter Vorhof – (6)Segelklappe – (7)Taschenklappe – (8)linker Vorhof

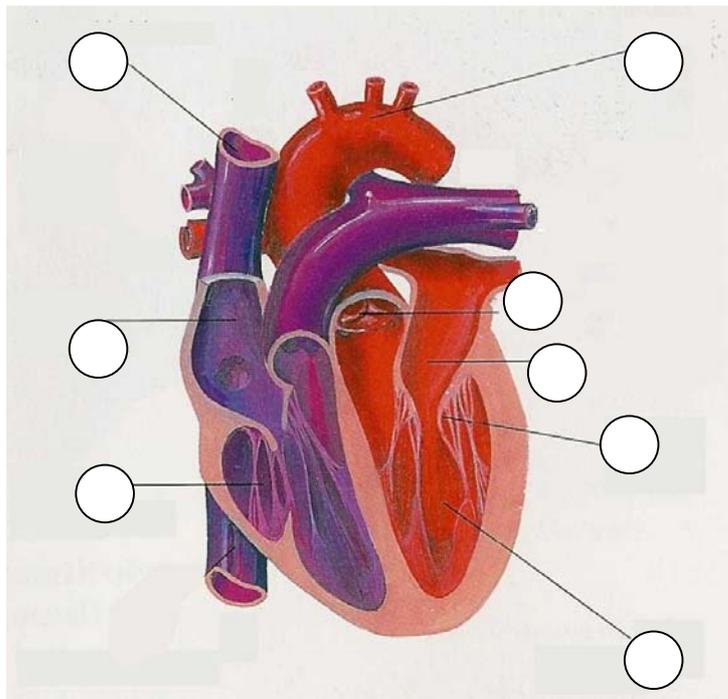


Abbildung aus: Biologie des Menschen

26. In der folgenden Abbildung sind mehrer **Lungenbläschen** mit ihren Blutgefäßen dargestellt. Beschrifte die Abbildung richtig, indem du folgende Begriffe zuordnest.  
 (1) sauerstoffreiches Blut  
 (2) sauerstoffarmes Blut  
 (3) sauerstoffreiche Luft  
 (4) kohlenstoffdioxidreiche Luft  
 Schreibe die entsprechenden Zahlen in die Kreise.

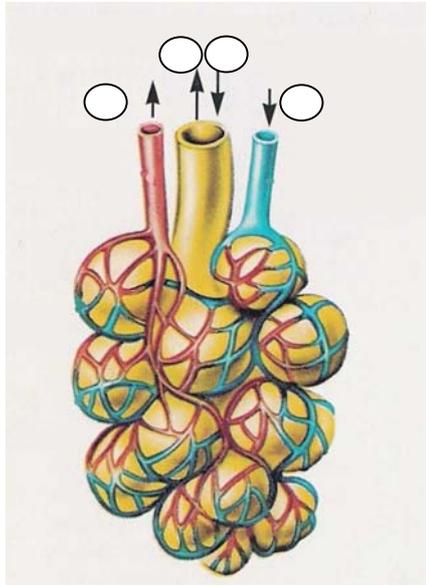


Abbildung aus: Das Biobuch 9 und 10.

27. Welche Aufgaben hat das **Lymphgefäßsystem** ?  
 Kreuze die richtige Antwort an.  
 Das Lymphgefäßsystem .....

a) stellt rote Blutkörperchen her.	<input type="checkbox"/>
b) stellt Antikörper her.	<input type="checkbox"/>
c) stellt Antigene her.	<input type="checkbox"/>
d) transportiert Lymphe und Blut.	<input type="checkbox"/>

28. Welche Aufgaben haben **Hormone** in unserem Körper?  
 Kreuze die richtige Antwort an.  
 Hormone.....

a) transportieren Sauerstoff im Blut.	<input type="checkbox"/>
b) transportieren Kohlenstoffdioxid im Blut.	<input type="checkbox"/>
c) sind „Botenstoffe“, die im Körper Informationen übermitteln.	<input type="checkbox"/>
d) übermitteln Sinneswahrnehmungen vom Sinnesorgan zum Gehirn.	<input type="checkbox"/>

29. **Skorbut** ist eine Krankheit, die auf eine Mangelernährung zurück zu führen ist.  
 a) Menschen erkranken an Skorbut, wenn sie zu wenig .....  
 zu sich nehmen.

b) Welche Lebensmittel aus der folgenden Liste würdest Du Menschen empfehlen, um Skorbut vorzubeugen?

Kreuze die richtige Antwort an.

a) Kiwis	
b) Reis	
c) Hühnchenfleisch	
d) Lachs	
e) Vollkornbrot	

30. Nach der chirurgischen Entfernung einer entzündeten **Gallenblase** muss die betreffende Person beim Essen besonders vorsichtig sein mit:

Kreuze die richtige Antwort an.

a) Stärke	
b) Eiweiß	
c) Zucker	
d) Fett	
e) Wasser	

**Herzlichen Glückwunsch!**

Nun hast du es geschafft!

Vielen Dank für deine Mitarbeit.



## A V Lernerfolgstest im Faktenwissen

Was weißt du über.....?

Vorname:

### 1. Was ist **Parasitismus**?

Es handelt sich um Parasitismus, wenn .....

a) ein Lebewesen aus dem Zusammenleben Nutzen zieht, während das andere dabei geschädigt wird, ohne dabei zu sterben	
b) beide Lebewesen Nutzen aus dem Zusammenleben ziehen.	
c) ein Lebewesen Nutzen zieht, während das andere weder Nutzen noch Schaden davonträgt.	
d) ein Lebewesen sich von dem anderen ernährt, wobei das andere getötet wird.	

### 2. Was ist **Plankton**?

Kreuze die richtige Antwort an.

Plankton setzt sich zusammen aus .....

a) pflanzlichen Organismen, die im Wasser treiben.	
b) tierischen Organismen, die im Wasser treiben.	
c) pflanzlichen und tierischen Organismen, die im Wasser treiben.	
d) Algen, die im Wasser treiben.	
d) aus leblosen Schwebstoffen, die im Wasser treiben.	

### 3. Bei den Parasiten unterscheidet man zwischen **Innen-** und **Außenparasiten**.

Ordne die folgenden Lebewesen richtig zu:

Innenparasit	Lebewesen	Außenparasit
	Maikäfer	
	Fischbandwurm	
	Zecke	
	Kleiner Leberegel	
	Schmetterling	
	Blattlauslöwe	
	Schlupfwespe	

### 4. Nenne je zwei Beispiele für biotische und abiotische Umweltfaktoren.

a) Nenne zwei **biotische** Umweltfaktoren

.....  
 .....

b) Nenne zwei **abiotische** Umweltfaktoren

.....  
 .....

5. Welche zwei Sinnesorgane benutzt die Zecke zur Wirtsfindung?

.....  
 .....

6. Welche 3 Merkmale sind typisch für eine Räuber-Beute-Beziehung?  
 Kreuze an.

a) In einer Räuber-Beute-Beziehung schwanken die Individuenzahlen von Räuber und Beute um einen Mittelwert.	
b) In einer Räuber-Beute-Beziehung ist die Anzahl von Räuber und Beute immer gleich.	
c) In einer Räuber-Beute-Beziehung steigt im Laufe der Zeit die Anzahl der Räuber und die der Beute.	
d) Wenn Räuber und Beute gleichmäßig dezimiert werden, steigt zuerst die Anzahl der Beute.	
e) Wenn Räuber und Beute gleichmäßig dezimiert werden, steigt zuerst die Anzahl der Räuber.	
f) Wenn Räuber und Beute gleichmäßig dezimiert werden, steigen danach die Anzahlen der Räuber und der Beute gleichzeitig.	
g) In einer Räuber-Beute-Beziehung steigt im Laufe der Zeit die Anzahl der Beute.	
h) In einer Räuber-Beute-Beziehung schwanken die Individuenzahlen von Räuber und Beute phasenverschoben.	

7. Nenne End- und Zwischenwirte des Kleinen Leberegels.

Endwirt: .....

Zwischenwirt(e): .....

8. Was sind die besten Lebensbedingungen für die Larve eines Fischparasiten?

.....  
 .....

9. Welche der folgenden Tiere gehören zu den Wiederkäuern?  
 Kreuze die richtige(n) Antwort(en) an.

a) Nashorn		e) Schaf	
b) Pferd		f) Tapir	
c) Kamel		g) Ziege	
d) Kuh		f) Zebra	

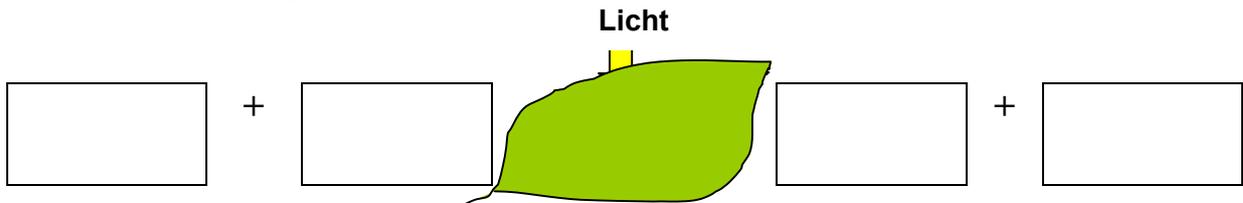
10. Welche der folgenden Tiere gehören zu den **Weichtieren**?  
 Kreuze die richtige(n) Antwort(en) an.

a) Frosch	
b) Tintenfisch	
c) Weinbergschnecke	
d) Strandkrabbe	
e) Regenwurm	
f) Zecke	
g) Herzmuschel	
h) Feuerqualle	

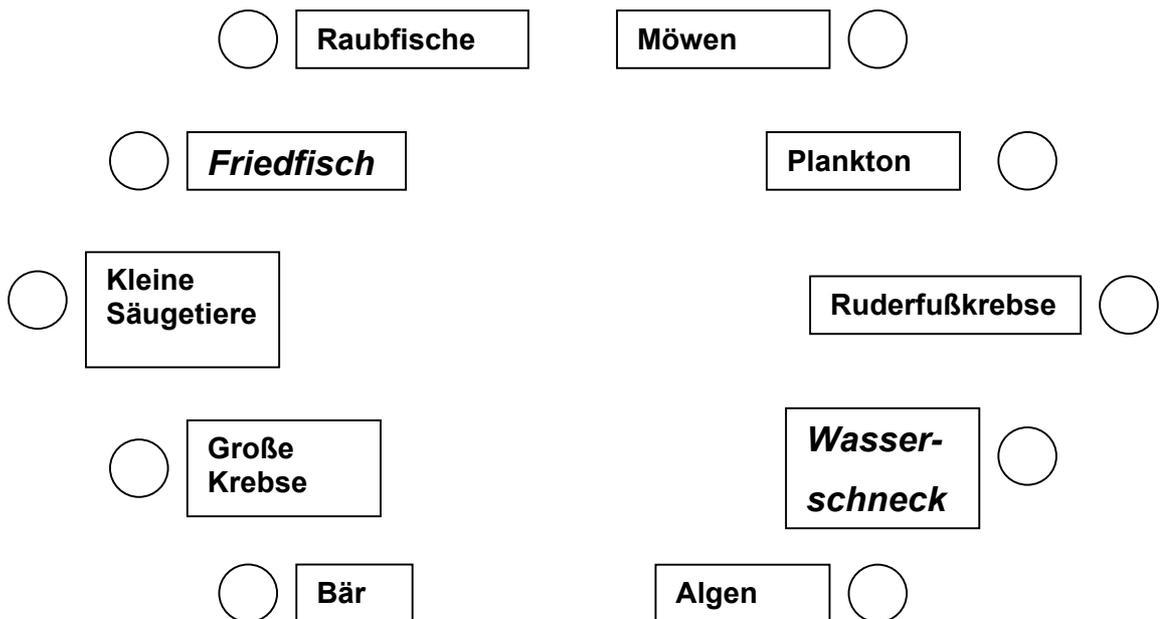
11. **Grüne Pflanzen** können **Lichtenergie** in **chemische Energie** umwandeln.  
 Diesen Prozess nennt man .....

Welche **Ausgangsstoffe** und welche **Endprodukte** spielen eine wesentliche Rolle bei diesem Prozess?

Vervollständige das folgende Schema



12. a) Verbinde die in den Kästchen stehenden Organismen mit Pfeilen, so dass ein **Nahrungsnetz** entsteht.



b) Ordne den **Organismen** in diesem **Nahrungsnetz** folgende Begriffe zu, indem Du die Zahlen 1 bis 4 in den Kreis neben den Organismus schreibst.

- 1 Produzent
- 2 Konsument erster Ordnung
- 3 Konsument zweiter Ordnung
- 4 Konsument dritter Ordnung

13. Welche Lebewesen sind in der Regel Zwischenwirte der Saugwürmer?  
Kreuze die richtige Antwort an.

a) Regenwürmer	
b) Weichtiere	
c) Insekten	
d) Spinnentiere	
e) Wirbeltiere	

14. Alle **Saugwürmer** haben gemeinsam, dass ihr **Endwirt** ein ..... ist.  
Kreuze die richtige Antwort an.

a) Regenwurm	
b) Weichtier	
c) Insekt	
d) Spinnentier	
e) Wirbeltier	

15. Nenne alle Wirte des **Fischbandwurms**:

Endwirt:

.....

Zwischenwirt(e):

.....

16. In welchem Fall ist die **wirtschaftliche Schadensschwelle** überschritten?  
Kreuze die richtige Antwort an.

a) Die Kosten für eine Schädlingsbekämpfung sind höher als der zu erwartende Ernteverlust.	
b) Die Kosten für eine Schädlingsbekämpfung sind genauso hoch wie der zu erwartende Ernteverlust	
c) Die Kosten für eine Schädlingsbekämpfung sind niedriger als der zu erwartende Ernteverlust.	
d) Die Kosten für eine Schädlingsbekämpfung sind höher als die Kosten für die Pflanzenpflege.	

17. Welche der folgenden Aussagen über einen **Endwirt** ist richtig?  
 Kreuze die richtige Aussage an.

a) Im Endwirt entwickelt sich der Parasit weiter, ohne sich zu vermehren.	
b) Im Endwirt wird die Entwicklung des Parasiten unterbrochen.	
c) Im Endwirt stirbt der Parasit.	
d) Im Endwirt verändert der Parasit nur seine äußere Form.	
e) Im Endwirt wird der Parasit geschlechtsreif.	

18. Kreuze in der Tabelle an, welche **Merkmale** typisch für **Insekten** bzw. **Spinnen** sind.

Insekten	Merkmale	Spinnentiere
	6 Beine	
	2 Linsenaugen	
	2 Komplexaugen	
	8 Beine	
	Körper ist zweigeteilt	
	4 Beine	
	Körper ist dreigeteilt	

19. Wie heißt der Parasit, der die „**Schneckenampel**“ verursacht?

.....

20. Tiere sind gegen ein Gift **resistent**, wenn das Gift ....  
 Kreuze die richtige Antwort an.

a) eine positive Wirkung auf sie hat.	
b) eine negative Wirkung auf sie hat.	
c) eine abstoßende Wirkung auf sie hat.	
d) eine anziehende Wirkung auf sie hat.	
e) keine Wirkung auf sie hat.	

## A VI Lernerfolgstest im Problemlösen

### Aufgabe 1

Der Medinawurm, ein schon lange bekannter Innenparasit, kommt in Afrika und Asien häufig vor, wo Menschen ungereinigtes Wasser aus Seen und Flüssen trinken. Als Medinawurm werden genau genommen nur die Weibchen dieser Art bezeichnet. Sie sind ausgewachsen ca. 70 cm lang und 1,3 mm dick.

Der Medinawurm lebt meist im Unterhautbindegewebe am Unterschenkel oder Fuß des Menschen. Dort entwickelt er sich in einen bloßen Brutschlauch, in dem sich die Brut entwickelt.

Die Männchen werden dagegen nur 3 cm groß und leben nur sehr kurze Zeit.

Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung des Medinawurmes im Überblick.

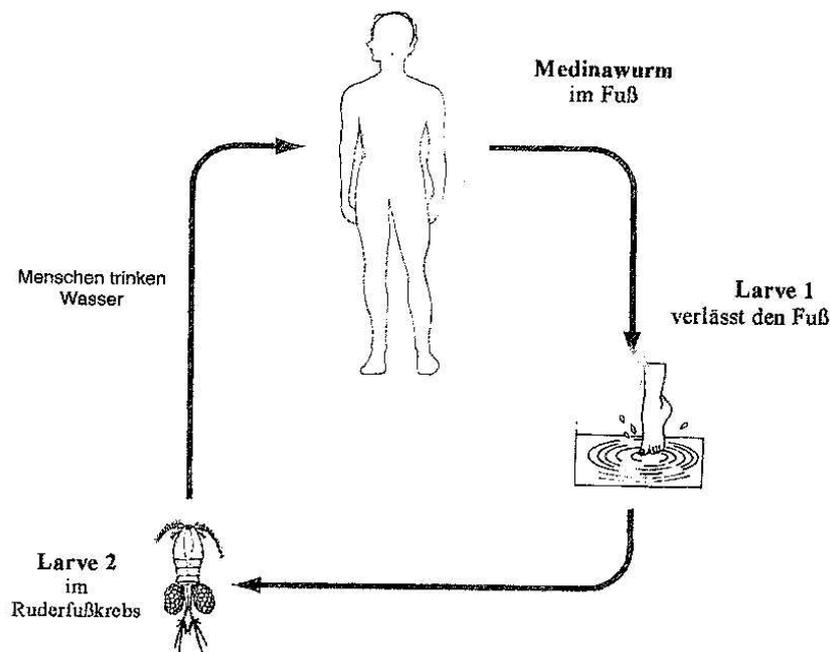


Abb.: Entwicklungskreislauf des Medinawurms (Abbildung erstellt von Uwe Amthor).

Der Befall mit einem Medinawurm führt zu lebensgefährlichen Infektionen, die zu Abszessen oder Blutvergiftung führen können. Ein Ansatz wäre, die Anzahl der Ruderfußkrebse in den Gewässern möglichst stark zu verringern.

**Aufgabe:** Welche Auswirkungen hätte die Reduzierung des Ruderfußkrebses auf die betroffenen Lebewesen in den Gewässern?

Beschreibe möglichst genau die möglichen Auswirkungen unter der Annahme, dass es in den betroffenen Gewässern ähnliche Nahrungsbeziehungen gibt, wie in den bisher angesprochenen.

## Aufgabe 2

Eine besondere Art des Innenparasitismus, zeigen Schlupfwespen. Die Weibchen einiger Arten legen jeweils zwischen 50 und 1000 Eier in Schmetterlingsraupen ab. Die Raupe wird dadurch gelähmt und aus den Eiern in ihrem Körper schlüpfen die Wespenlarven. Die Larven fressen ihre Wirte von innen auf, während sie sich zum erwachsenen Insekt weiter entwickeln.



Quelle: <http://www.bba.de/mitteil/presse/insektwoche/insektwoche.htm>

Da Raupen Meister der Tarnung sind und sich zudem noch unter den Pflanzenblättern vor Fressfeinden und Raubparasiten verstecken, war es lange Zeit ein Rätsel, wie Schlupfwespen ihre Wirte finden.

Nach einer Vielzahl von Experimenten gelangten Wissenschaftler zu dem Schluss, dass Schlupfwespen die Raupen höchstwahrscheinlich über zwei Duftstoffe finden.

Einerseits ist es wahrscheinlich, dass der Duft des Raupenkots die Wespe anlockt. Andererseits senden Pflanzen Duftstoffe aus, wenn eine Raupe an ihr frisst.

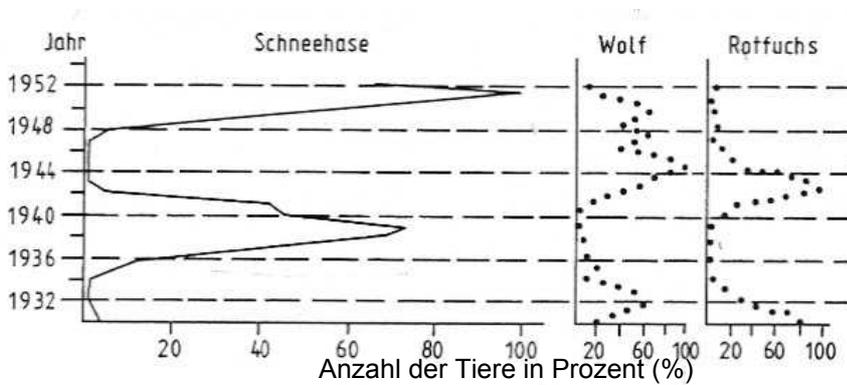
Aufgabe: Wie könnte man herausfinden, welche der folgenden Annahmen richtig ist?

1. Der Duft des Raupenkots lockt Wespen an.
2. Der Duft angefressener Pflanzen lockt die Wespen an

Beschreibe möglichst genau die mögliche Vorgehensweise und begründe sie.

### Aufgabe 3

In der folgenden Abbildung sind die Entwicklungen der Anzahlen von Schneehasen, Wölfen und Rotfüchsen im Zeitraum von 1932 bis 1952 in Russland dargestellt.



**Abb. 1:** Entwicklung von Schneehasen, Wölfen und Rotfüchsen.

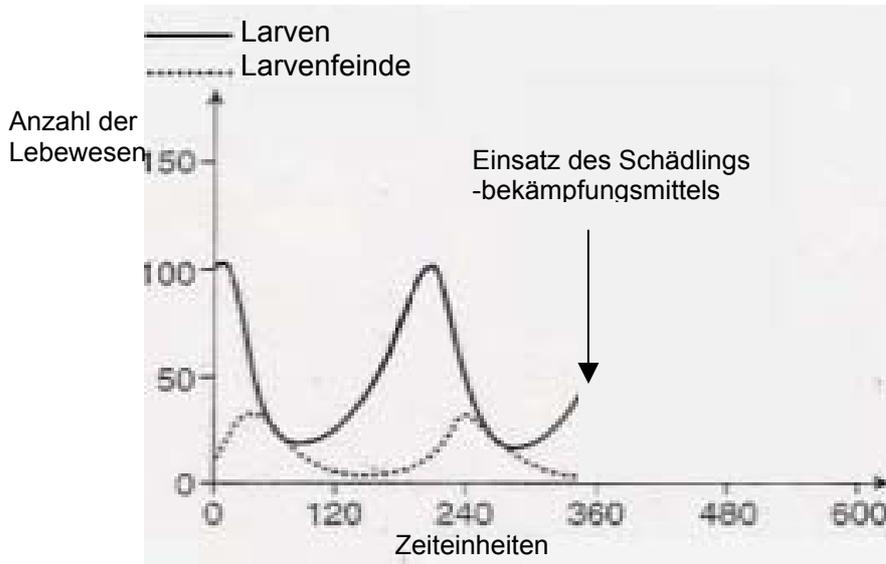
**Aufgabe:** Warum verlaufen die Entwicklungen von Schneehasen, Wölfen und Rotfüchsen wellenartig?

#### Aufgabe 4

In Amerika kann der Baumwollwurm, die Larve des Eulenfalters, große Schäden an der Baumwollernte anrichten.

Um die Ernte zu sichern, wurde in einem Jahr ein chemisches Schädlingsbekämpfungsmittel eingesetzt.

In der folgenden Abbildung ist die Entwicklung der Larven und deren natürlichen Feinde, ebenfalls Insekten, modellhaft dargestellt.



(Abbildung aus Diers, 1999).

**Abb.** Entwicklung der Larven und ihrer Feinde vor dem Einsatz chemischer Mittel.

**Aufgabe:** a) Wie entwickeln sich die Anzahl der Larven und der Larvenfeinde nach dem Einsatz chemischer Mittel?

Zeichne in die Abbildung die beiden Kurven bis zum Ende der Zeitskala ein und erkläre deine Lösung kurz in drei Sätzen.

b) Wäre ein erneuter Einsatz chemischer Mittel im kommenden Jahr für die Baumwollernte sinnvoll? Begründe.

#### Aufgabe 5

Ein Schädling dringt seit kurzer Zeit nach Mitteleuropa vor. Dieser soll mit biologischen Verfahren bekämpft werden. In der ursprünglichen Heimat wird die Anzahl der Schädlinge durch einen Saugwurm niedrig gehalten.

**Aufgabe:** Was muss bei einer biologischen Schädlingsbekämpfung mithilfe des Saugwurmes beachtet werden?

## A VII Fragebogen zu den Beliefs-Systems / Motivationsregulation

### Deine Meinung zum Fach Biologie und zum Biologieunterricht

Wir möchten gern wissen, was Schülerinnen und Schüler über Biologie und Biologieunterricht denken. Im Speziellen möchten wir etwas über Aufgaben im Biologieunterricht wissen.

Mit Aufgaben sind dabei alle Fragen, Problemstellungen und Arbeitsaufträge gemeint, die du von deiner Lehrerin / deinem Lehrer in Biologiestunden bekommst.

Dieser Fragebogen gehört nicht zu deinen Klassenarbeiten und wird nicht benotet. Außerdem wird er anonym behandelt, das heißt, du kannst ehrliche Antworten geben. Deine Lehrerin / dein Lehrer sieht sich die ausgefüllten Fragebögen nicht an.

Für uns ist sehr wichtig, dass du so antwortest, wie du wirklich denkst. Am besten ist es, wenn du nicht zu lange überlegt, sondern spontan deine Antwort gibst.

*Vielen Dank für deine Hilfe!*

Wenn ich eine gute Note in Biologie bekomme, .....		Trifft völlig zu	Trifft eher zu	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
1.	... liegt das daran, dass ich viel dafür gearbeitet habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	... liegt das daran, dass ich das Prinzip des biologischen Stoffes verstanden habe und es anwenden kann	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	... liegt das daran, dass mir Biologie leicht fällt. Ich muss dafür nicht viel arbeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	... liegt das daran, dass ich mich für Biologie interessiere.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	... habe ich zum Glück genau das auswendig gelernt, was gefragt wurde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Was meinst du, was für eine gute Note in Biologie noch wichtig ist?		Trifft völlig zu	Trifft eher zu	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
6.	Für eine gute Note in Biologie ist es am besten, die Aufgabe genau so zu lösen, wie es im Unterricht vorher gezeigt wurde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	Wenn die Lehrerin bzw. der Lehrer in Biologie eine Aufgabe stellt, gibt es mehrere richtige Lösungen, die man geben kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	Für eine gute Note in Biologie reicht es aus, alle Begriffe und Merksätze, die an der Tafel standen, zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Was denkst du, wie man möglichst gut Biologie lernt?		Trifft völlig zu	Trifft eher zu	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
9.	Beim Biologielernen sollte man sein Wissen an neuen Aufgaben ausprobieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	Wenn man Biologie verstehen will, muss man schon eine besondere Begabung mitbringen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	Um Biologie zu lernen, ist es gut, sich den Zusammenhang zwischen den Inhalten der einzelnen Biologiestunden klar zu machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12.	Es verwirrt nur, wenn man die Inhalte der einzelnen Biologiestunden mit dem in Verbindung bringt, was man bereits weiß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.	Zwischen den einzelnen Themen im Biologieunterricht besteht eigentlich kaum ein Zusammenhang.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.	Ein guter Weg Biologie zu lernen, ist möglichst viele Fachbegriffe und Merksätze zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15.	Wenn man sich Mühe gibt und über etwas in Biologie genügend nachdenkt, kann man es auch verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Was denkst du über Biologie?		Trifft völlig zu	Trifft eher zu	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
16.	Biologie ist nützlich, weil man damit Vieles erklären kann, was einem im Alltag begegnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.	Die Biologie in der Schule hat wenig mit meinem Leben außerhalb der Schule zu tun.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18.	Im Biologieunterricht behandeln wir Probleme aus meinem Alltag.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wenn ich eine schlechte Note in Biologie bekomme, .....		Trifft völlig zu	Trifft eher zu	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
19.	... habe ich die falschen Sachen auswendig gelernt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20.	... liegt das daran, dass ich nicht besonders begabt für Biologie bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Im folgenden Teil möchten wir etwas darüber erfahren, warum du im Biologieunterricht mitarbeitest bzw. warum nicht.

Warum mache ich meine Biologiehausaufgaben?		Trifft völlig zu	Trifft eher zu	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
21.	Weil ich möchte, dass der Lehrer / die Lehrerin mich für einen guten Schüler / eine gute Schülerin hält.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22.	Weil ich sonst Probleme kriege, wenn ich nichts tue.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23.	Weil ich es nicht mag, wenn ich die jeweilige Thematik in der Biologie nicht verstehe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24.	Weil es mir Spaß macht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25.	Weil ich das Thema verstehen will.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26.	Weil das von mir erwartet wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27.	Weil es mir Spaß macht, Biologiehausaufgaben zu machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28.	Weil es mir für mich selbst wichtig ist, meine Biologiehausaufgaben zu machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29.	Weil ich ein schlechtes Gewissen bekomme, wenn ich es nicht tue.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Warum arbeite ich im Biologieunterricht mit und erledige alle gestellten Aufgaben so gut ich kann?		Trifft völlig zu	Trifft eher zu	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
30.	Damit der Lehrer / die Lehrerin mich nicht tadelt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31.	Weil ich möchte, dass der Lehrer / die Lehrerin mich für einen guten Schüler / eine gute Schülerin hält.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32.	Weil ich etwas Neues lernen möchte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33.	Weil ich es nicht mag, wenn ich im Unterricht hinterher hinke.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34.	Weil ich mich schäme, wenn ich die gestellte Aufgabe nicht fertig habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35.	Weil es mir Spaß macht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36.	Weil das die Regeln sind.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37.	Weil es mir Freude macht, die gestellte Aufgabe zu lösen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38.	Weil es mir für mich selbst wichtig ist, die gestellte Aufgabe bewältigen zu können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Warum strenge ich mich an, schwere Fragen im Biologieunterricht zu beantworten?		Trifft völlig zu	Trifft eher zu	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
39.	Weil ich möchte, dass die anderen Schüler und Schülerinnen mich für clever halten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
40.	Weil ich mich schämen würde, wenn ich es nicht ernsthaft versuchen würde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
41.	Weil es mir Freude macht, schwere Aufgaben zu beantworten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
42.	Weil das von mir erwartet wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
43.	Weil es mich ärgert, wenn ich nicht versuche, die Fragen beantworten zu können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
44.	Um herauszufinden, ob ich richtig liege oder nicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
45.	Weil es mir Spaß macht, schwere Fragen im Unterricht zu beantworten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
46.	Weil es mir für mich selbst wichtig ist, schwere Fragen im Unterricht zu beantworten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Warum versuche ich, im Biologieunterricht alles gut zu machen?		Trifft völlig zu	Trifft eher zu	Trifft eher nicht zu	Trifft nicht zu
47.	Weil das von mir erwartet wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48.	Weil ich möchte, dass der Lehrer / die Lehrerin mich für einen guten Schüler / eine gute Schülerin hält.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
49.	Weil es mir Spaß macht, im Biologieunterricht alles gut zu machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
50.	Weil ich sonst Probleme bekomme, wenn ich es nicht gut mache.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
51.	Ich mag es nicht, wenn ich es nicht gut mache.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
52.	Weil ich ein schlechtes Gewissen habe, wenn ich es nicht gut mache.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
53.	Ich strenge mich sehr an, alles im Biologieunterricht gut zu machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
54.	Weil es mir für mich selbst wichtig ist, alles im Biologieunterricht gut zu machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**So, das war es für heute!**  
**Vielen Dank für deine Mitarbeit!**

## A VII I Begleitfragebogen

Bitte schätze kurz ein, wie zufrieden Du mit Deinem Lernen bist und warum?

Kreuze das jeweils Zutreffende an.

		<i>Trifft völlig zu</i>	<i>Trifft eher zu</i>	<i>Trifft kaum zu</i>	<i>Trifft nicht zu</i>
1.	Ich bin mit meinem Lernen zufrieden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Ich habe das Wichtigste verstanden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	Ich habe mir das Wichtigste gemerkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	Ich glaube, dass ich das Gelernte in anderen Situationen anwenden könnte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	Das Gelernte hilft mir die Natur zu verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	Die Aufgaben waren für mich interessant.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	Das Gelernte ist für mein Leben nützlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	Die Aufgaben helfen mir, in Biologie eine gute Note zu bekommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	Ich hatte keine Verständnisprobleme.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	Die Aufgaben waren zwar schwer, mit Hilfe der präsentierten Informationen konnte ich mir aber die Lösungen erarbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	Ich konnte bei Verständnisproblemen meistens selbständig eine Lösung finden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12.	Ich konnte mein eigenes Lerntempo bestimmen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.	Ich konnte mit dem Material so arbeiten, wie es mir gefällt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.	Die Fragemännchen regten zum Nachdenken an.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15.	Die Fragemännchen halfen mir das Wesentliche in den Aufgaben zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16.	Die Fragemännchen haben mich vom Wesentlichen abgelenkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.	Die Fragemännchen ließen keinen Raum für eigene Gedanken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18.	Die Fragemännchen haben meine eigenen Gedanken unterbrochen und nur gestört.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>







## Lebenslauf

Name	Iris Mackensen-Friedrichs
Geboren	15.10.1971 in Northeim
Nationalität	deutsch
Familienstand	verheiratet
Wohnort	Raiffeisenweg 4 24229 Schwedeneck
1978 - 1982	Besuch der Grundschule Moringen
1982 - 1984	Besuch der KGS Moringen
1984 - 1991	Besuch des Gymnasiums Corvinianum (Abschluss: Allgemeine Hochschulreife)
1991 - 1997	Studium der Fächer Biologie und Chemie für das Lehramt an Gymnasien an der Georg-August-Universität Göttingen, Wahlpflichtfach: Pädagogische Psychologie (Abschluss: 1. Staatsexamen für das Lehramt an Gymnasien)
1997 - 1999	Referendariat für die Laufbahn des Lehramts an Gymnasien des Landes Niedersachsen im Studienseminar Leer (Abschluss: 2. Staatsexamen für das Lehramt an Gymnasien)
Nov. 1999 - Jul. 2000	Angestellt als wissenschaftliche Hilfskraft an der Georg- August-Universität Göttingen
Aug. 2000	Angestellt als Lehrerin für die Fächer Biologie und Chemie im Land Rheinland-Pfalz (Dienstort IGS Koblenz)
ab Sep. 2000	Angestellt als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Leibniz- Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften in der Abteilung für Biologiedidaktik, Anfertigung der vorliegenden Dissertation
Jan. 2001 - Jul 2003	Nebentätigkeit als Lehrerin für die Fächer Biologie und Chemie an der Freien Schule Kiel NAFO

Kiel, April 2004

(Iris Mackensen-Friedrichs)



## ERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Dissertation abgesehen von der Beratung durch meinen Betreuer, Prof. Dr. Horst Bayrhuber, nach Inhalt und Form mein eigenes Werk ist. Bei ihrer Anfertigung habe ich keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet.

Ferner erkläre ich, dass ich zuvor noch keinen Promotionsversuch unternommen habe und das insbesondere diese Arbeit weder vollständig noch in Teilen an anderer Stelle im Rahmen eines Prüfungsverfahrens vorgelegen hat.

Kiel, 20. April 2004



## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich ganz besonders Herrn Prof. Dr. Horst Bayrhuber, Frau Prof. Dr. Angela Sandmann und Herrn Prof. Dr. Gunter Lind für die ausgesprochen gute Betreuung, die ständige Hilfsbereitschaft und die wertvollen Anmerkungen danken. Die zahlreichen interessanten Diskussionen waren nicht nur für die vorliegende Arbeit von großem Wert.

Allen Mitgliedern der Arbeitsgruppe Angela Sandmann, Gunter Lind, Gunnar Friege, Sibylle Kleinschmidt, Lars Kleinschmidt und Mareike Hosenfeld danke ich von ganzen Herzen für die freundschaftliche Arbeitsatmosphäre und die permanente Hilfsbereitschaft sowie am als auch außerhalb des Arbeitsplatzes. Den Wert einer solchen Arbeitsgruppe kann ich gar nicht hoch genug einschätzen.

Herrn Dr. Böckeler danke ich für die fachliche Unterstützung und Beratung bei allen Fragen rund um die thematisierten Parasiten.

Ein besonderer Dank gilt auch Uwe Amthor, der mit seinem Fachwissen, seiner Unterrichtserfahrung und den zahlreichen kreativen Ideen einen wesentlichen Teil zu der Entwicklung der Beispielaufgaben beigetragen hat.

Claudia Nerdel, Imke Köpke, Boy Kramer, Astrid Wasmann-Frahm und Anja Schmitz danke ich für die ausdauernde und konstruktive Hilfe bei den Korrekturarbeiten.

Claudia Nerdel, Imke Köpke, Boy Kramer und Raimund Sebald möchte ich zudem für die permanente Hilfsbereitschaft und freundschaftliche Unterstützung in vielfältiger Form danken.

Danken möchte ich auch all den Lehrerinnen und Lehrern sowie den Schülerinnen und Schülern, die sich freiwillig dazu bereit erklärt haben, an dieser Studie mitzuwirken. Ebenso gilt mein Dank den Hilfskräften dieser Arbeit und den vielen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des IPN.

Meinen Eltern und meinem Bruder danke ich für die stetige und langjährige Unterstützung.

Bei meinem Ehemann Gernot Friedrichs kann ich mich gar nicht oft genug für die unglaubliche Geduld, Nachsicht und Unterstützung bedanken.



