

## Feedbacktests beim Forschenden Lernen

### -Projektskizze-

Anne Erichsen & Jürgen Mayer

anne.erichsen@uni-kassel.de – jmayer@uni-kassel.de

Universität Kassel, Didaktik der Biologie  
Heinrich-Plett-Str. 40, 34132 Kassel

---

#### **Zusammenfassung**

*Der Aufbau von längerfristigem sowie anwendungsorientiertem Wissen ist ein erklärtes Ziel schulischer Bildung. Doch ein Blick in die Unterrichtspraxis zeigt, dass Gelerntes oftmals weder über die Aneignungssituation hinaus verfügbar noch flexibel anwendbar ist. Fehlende Konsolidierungsprozesse im Unterricht scheinen dafür verantwortlich zu sein. Anknüpfend an dieses Problem versucht das vorgestellte Projekt in drei Experimenten (N = 400) Lerneffekte von Konsolidierungsprozessen mittels Feedbacktests in das Modell des Forschenden Lernens zu integrieren und hinsichtlich der längerfristigen Behaltensleistung für naturwissenschaftliche Wissensinhalte und deren Anwendbarkeit (Experiment 1 und 2) zu analysieren. Zudem sollen lernförderliche Bedingungen von Feedbacktests, die den Elaborationsgrad der Rückmeldung betreffen, identifiziert und evaluiert werden (Experiment 3). Neben den theoretischen Erkenntnissen eröffnet das Projekt für den naturwissenschaftlichen Unterricht neue Möglichkeiten, Lernprozesse durch den Einsatz von Feedbacktests effektiver zu gestalten.*

*Das Projekt ist Teil des interdisziplinären LOEWE-Schwerpunkts der Universität Kassel: Wünschenswerte Erschwernisse beim Lernen: Kognitive Mechanismen, Entwicklungsvoraussetzungen und effektive Umsetzung im Unterricht.*

#### **Abstract**

*A crucial goal of instruction is to generate long-term retention and transfer of knowledge. However, educational praxis often seems to be ineffective, concerning both the durability and flexibility of knowledge. The lack of consolidation processes during instruction seems to be responsible for this. Consequently, the presented research tries to implement consolidation processes via feedback tests in an inquiry based learning environment. More specifically, three experiments (N= 400) examine how feedback tests affect the retention and*

*transfer (experiment 1 and 2) of scientific learning content. Furthermore, useful conditions of feedback tests, concerning the complexity of given feedback, should be identified and analysed (experiment 3). Besides the theoretical emphasises, feedback tests could be a new way to make instruction in science education more effective.*

*The project is part of an interdisciplinary research project (LOEWE) of the university of Kassel: Desirable Difficulties: cognitive mechanism, conditions of development, effective implementation in educational praxis.*

## **1 Einleitung**

Den Biologieunterricht so zu gestalten, dass er zu langfristig verfügbarem sowie flexibel anwendbarem fachinhaltlichem sowie methodischem Wissen führt, ist nach wie vor eine Herausforderung, der sich Lehrkräfte aber auch Fachdidaktiker stellen müssen. Die bestehende Herausforderung manifestiert sich beim Blick in die schulische Praxis: Möchte man als Biologielehrkraft an das Vorwissen des letzten Schuljahres anknüpfen, so beteuern Schülerinnen und Schüler oft, dies nie gelernt oder mittlerweile vergessen zu haben. Diese Beobachtung zeigt, dass Gelerntes oftmals nicht über die Aneignungssituation hinaus verfügbar ist. Diesen Problemen gilt es mit geeigneten didaktischen Maßnahmen zu begegnen, die neben einem kognitiv aktivierenden Zugang beim Wissenserwerb auch die langfristige Speicherung durch Konsolidierung berücksichtigen (DUNLOSKY, RAWSON, MARSH, NATHAN & WILLINGHAM, 2013). Einen vielversprechenden Ansatz zum Erwerb von fachlichem und methodischem Wissen im Biologieunterricht repräsentiert das Forschende Lernen, dessen Nutzen aufgrund der hohen kognitiven Belastung allerdings kontrovers diskutiert wird (KIRSCHNER, SWELLER & CLARK, 2006). Daraus abgeleitet konzentriert sich die fachdidaktische Forschung bislang darauf, den Wissenserwerb beim Forschenden Lernen durch Lernunterstützungen zu erleichtern, in der Hoffnung gleichzeitig eine langfristige Speicherung der Lerninhalte zu erzielen (u. a. ARNOLD, KREMER & MAYER, 2014). Dieses Vorgehen basiert auf der lernpsychologischen Annahme, dass sowohl der Wissenserwerb als auch die Konsolidierung von Wissensinhalten auf denselben kognitiven Prozessen beruhen und insofern simultan mit den gleichen Maßnahmen gefördert werden können (BJORK & BJORK, 2006). Die gedächtnispsychologische Grundlagenforschung deutet allerdings an, dass für den Wissenserwerb und für die langfristige Speicherung von Wissensinhalten nicht zwangsläufig dieselben Maßnahmen wirksam sind (BJORK, 2013). Vielmehr müssen für die Übertragung des Gelernten ins Langzeitgedächtnis Konsolidierungsphasen in das Modell des Forschenden Lernens integriert werden. Tests als Lerngelegenheiten und Feedback (Feedbacktests) scheinen

diesbezüglich erfolgsversprechend zu sein (u. a. ROEDIGER, McDERMOTT & MCDANIEL, 2011).

Das Ziel des Forschungsprojektes ist es, Feedbacktests als Konsolidierungsformate in das Modell des Forschenden Lernens zu integrieren. In drei separaten Experimenten soll der Effekt auf die langfristige Behaltensleistung sowie auf den Lerntransfer untersucht und die dahinter stehenden lernförderlichen Bedingungen identifiziert werden. Die Ergebnisse sollen Hinweise für die Optimierung des Biologieunterricht im Allgemeinen und des Forschenden Lernens im Besonderen liefern.

## 2 Theorie

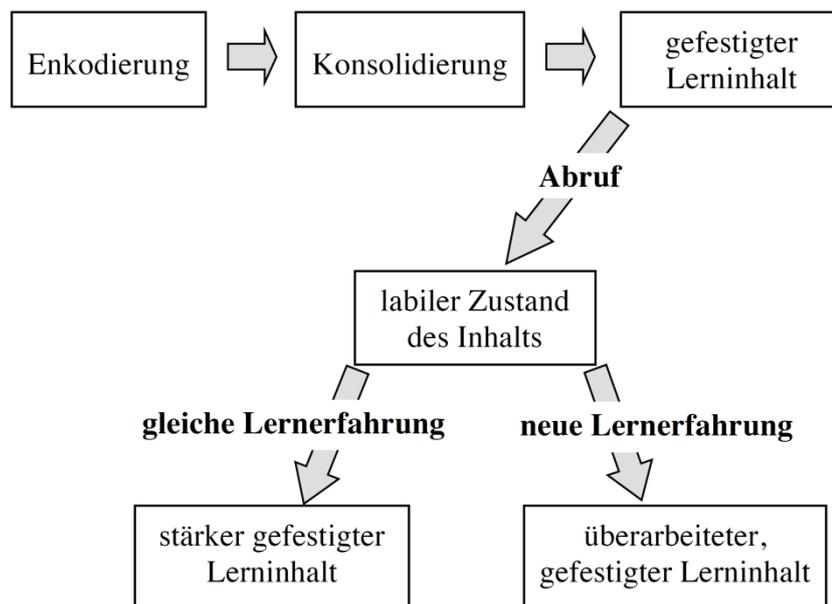
### 2.1 Theoretische Grundlagen des Lernens

Lernen ist ein komplexer Prozess, bei dem unterschiedliche Wissensformen erworben (Enkodierung), eingespeichert (Konsolidierung), abgerufen (Abruf) und flexibel auf Erfordernisse der Umwelt angewendet werden (MARKOWITSCH, 2002; BUCHNER, 2012). Das Ziel schulischen Lernens ist aus dieser Perspektive der Aufbau von nachhaltigen Wissensrepräsentationen und deren Anwendung (Transfer). Allerdings fokussiert die schulische Steuerung von Lernprozessen vor allem auf den Wissenserwerb und weniger auf das Üben und Festigen des Gelernten. Um das angestrebte Ziel einer langfristigen Verfügbarkeit von Wissensinhalten zu erreichen, muss die Konsolidierung des Wissens ebenfalls durch systematisch geplante Lern- und Instruktionsstrategien erfolgen. Die Notwendigkeit dieser Forderung wird aus kognitionspsychologischer Sicht durch die Art und Weise, wie Informationen im Gedächtnis eingespeichert werden, verständlich (BJORK & BJORK, 1992; BJORK & BJORK, 2006).

Bei der Speicherung von Informationen wird in der *theory of disuse* (BJORK & BJORK, 1992) zwischen Abrufstärke und Speicherstärke differenziert. Während die Abrufstärke, die aktuelle Aktivierung und Verfügbarkeit kognitiver Repräsentationen ausdrückt und maßgeblich durch die Aktualität der Lernsituation beeinflusst ist, umfasst die Speicherstärke die Einbettung und Vernetzung der Repräsentation im Gedächtnis und mindert damit das Vergessen. Die beiden Gedächtnisoperationen kumulieren nicht miteinander, sodass eine höhere Abrufstärke keine höhere Speicherstärke mit sich bringt. Aus diesem Grund ist eine alleinige Fokussierung auf Maßnahmen, die den unmittelbaren Verstehensprozess erleichtern und dementsprechend die kurzfristige Verfügbarkeit des Lerninhalts erhöhen (hohe Abrufstärke), nicht

ausreichend, um langfristig verfügbares sowie anwendungsorientiertes Wissen zu etablieren (hohe Speicherstärke). Dies impliziert, dass beim Lernen neben kognitiv aktivierenden Lernangeboten, die eine Erhöhung der Abrufstärke versprechen, gleichzeitig systematische Konsolidierungsprozesse im Lernprozess integriert werden. Solche Konsolidierungsprozesse sollten sich um den aktiven Abruf der Informationen aus dem Gedächtnis bemühen (Abbildung 1).

Entgegen der lernpsychologischen Annahme, dass der aktive Abruf von kognitiven Repräsentationen nur dem „Auslesen von Informationen“ dient (NADEL, HUPBACH, GOMEZ & NEWMAN-SMITH, 2012), verändert dieser Prozess ebenfalls das längerfristige Behalten. Der Abruf bewirkt zwar zunächst eine labilere Wissensrepräsentation, stärkt allerdings die Einspeicherung oder führt zu einer modifizierten Neueinspeicherung (Abbildung 1). Daher scheinen insbesondere solche didaktischen Maßnahmen, die den aktiven Abruf von Wissen verlangen, wirksam für die Erhöhung der Speicherstärke zu sein, da Lerninhalte so ekphorisiert (Informationen werden als Einheit gespeichert und abgerufen), reorganisiert, stabilisiert und stärker gefestigt werden.



**Abbildung 1:** Schema Gedächtniskonsolidierung (NADEL ET AL., 2012, S. 1641); verändert

## 2.2 Stand der Forschung zum Forschendes Lernen

Das Forschende Lernen stellt eine zentrale Unterrichtsmethode des naturwissenschaftlichen Unterrichts dar, die in zweierlei Hinsicht bedeutsam für das Erlernen von biologischem Wissen ist. Es besteht der Anspruch durch diesen Ansatz neben fachinhaltlichem gleichermaßen methodisches Wissen zu vermitteln (MAYER & ZIEMEK, 2006; MAYER, 2007). Dieser janusköpfigen

Forderung entsprechend muss die instruktionale Gestaltung von forschenden Lernprozessen diese beiden Seiten berücksichtigen und längerfristig fördern.

Obwohl dem Forschenden Lernen für das Erlernen von naturwissenschaftlichen Lerninhalten große Bedeutung zugemessen wird (ABDEL-KHALIK ET AL., 2004), ist die Lernwirksamkeit dieses Ansatzes innerhalb der Forschungsliteratur allerdings umstritten (KIRSCHNER ET AL., 2006; FURTAK, SEIDEL, IVERSON & BRIGGS, 2012). Im Fokus der Kritik steht die hohe kognitive Belastung der Lernenden. KIRSCHNER ET AL. (2006) führen an, dass eine offene Lernumgebung das Arbeitsgedächtnis in hohem Maß beansprucht, wodurch weniger Wissen von den Lernenden kodiert und für eine langfristige Behaltenswirksamkeit ins Langzeitgedächtnis übertragen werden kann (Speicherstärke). Anknüpfend an diese Problematik streben fachdidaktische Ansätze für die Optimierung des Forschenden Lernens die Reduzierung des kognitiven Aufwandes im Forschungsprozess an, um eine Steigerung in der Lerneffektivität zu erzielen. Bisher durchgeführte Studien beschränken sich auf die Implementierung von Lernunterstützungen, die Enkodierprozesse anregen und erleichtern sollen (u. a. WICHMANN & LEUTNER, 2009; ARNOLD ET AL., 2014). Dabei wird die Erhöhung der unmittelbaren Abrufstärke oftmals als Garant für die langfristige Speicherung der Lerninhalte angesehen. Aus Perspektive der Kognitionspsychologie scheinen diese Maßnahmen, die lediglich Enkodierprozesse erleichtern, ungeeignet, um langfristig wirksame Lernleistungen zu erzielen. Aus diesem Grund scheint beim Forschenden Lernen der Rückgriff auf didaktische Maßnahmen erforderlich, die den aktiven Abruf von Lerninhalten und damit die stärkere Festigung des Wissens vornehmen.

### **2.3 Feedbacktests als Gestaltungsprinzip für nachhaltige Lerneffekte**

Die im Projekt als Feedbacktests bezeichneten didaktischen Maßnahmen kombinieren zwei lernrelevante Prinzipien: Feedback sowie die Nutzung von Tests als Lerngelegenheiten (ERICHSEN & MAYER, 2014). Stellt Feedback eine der wirkungsvollsten didaktischen Maßnahmen zur Förderung von Lernprozessen dar (BANGERT-DORWNS, KULIK, KULIK & MORGAN, 1991; KLUGER & DENISI, 1996), werden Tests in der pädagogischen Praxis überwiegend zur Evaluation des Lernerfolgs eingesetzt. In diesem Kontext wird die Testbearbeitung als ein neutrales Ereignis angesehen, welche das Gelernte lediglich erhebt, ohne dieses zu verändern. Der in mehreren gedächtnispsychologischen Studien nachgewiesene Testungseffekt legt allerdings nahe, dass die Bearbeitung von Testaufgaben ebenfalls Lernprozesse befördern kann (für eine Übersicht siehe ROEDIGER & KARPICKE,

2006). Der aktive Abruf von Wissensinhalten aus dem Langzeitgedächtnis bei der Testbearbeitung führt zu einer stärkeren sowie längerfristigen Einspeicherung im Vergleich zu herkömmlichen didaktischen Konsolidierungsmaßnahmen z. B. dem Wiederholen von Lerninhalten durch Lesen. Der konzeptionelle Unterschied zum Einsatz von Testformaten als didaktische Maßnahmen zur Steigerung von nachhaltigen Lerneffekten besteht darin, dass die Leistungen der Lernenden nicht benotet werden.

Allerdings können Tests nur dann ihre lernförderliche Wirkung entfalten, wenn fachlich richtige Wissensbestände erinnert werden (BUTLER & ROEDIGER, 2008). Dementsprechend stellt Feedback eine fundamentale Komponente sowie einen Prädiktor für die Lerneffektivität beim Testen dar. Feedback meint hier Informationen, die einer Person in Bezug auf ihr Handeln gegeben werden, um regulierend auf dieses einzuwirken (NARCISS, 2006). Zwei wesentliche Mechanismen sind für die lernförderliche Wirkung verantwortlich: In erster Linie dient die Rückmeldung der richtigen Antwort im Anschluss an eine Testung als Informationsquelle, um mögliche Fehler zu korrigieren und damit ein Hindernis für künftige Lernsituationen in Lernerfolg zu transformieren. Zweitens wirkt sich Feedback als eine Bestätigung richtiger Antworten ebenfalls auf künftige Lernsituationen aus, indem es die Sicherheit der Lernenden in der Testbearbeitung verstärkt (BUTLER, ROEDIGER, & KARPICKE, 2008).

Problematisch scheint allerdings zu sein, dass in der Mehrheit der gedächtnispsychologischen Laborstudien zur Nutzung von Tests als Lerngelegenheiten in der Lernsituation sowie bei der Messung der Behaltensleistung zu einem späteren Zeitpunkt identische Aufgaben eingesetzt werden. Bis auf wenige Ausnahmen (CHAN, MCDERMOTT & ROEDIGER, 2006) beschränkt sich der Nachweis des Lernerfolgs somit auf die reine Memorierungsleistung. Dies wird aus pädagogischer Sicht als „*teaching to the test*“ zu Recht kritisiert. Wichtige Ziele schulischer Bildung, wie das Verständnis sowie der Transfer des Gelernten, werden unter den standardisierten Laborbedingungen oftmals vernachlässigt. Zudem beschränken sich die referierten Befunde auf vorwissensarme, wenig komplexe Lerninhalte.

### **3 Fragestellungen und Hypothesen**

Die drei Experimente des Projekts fokussieren die Wirkung von Feedbacktests für die Steigerung von langfristigen Lerneffekten sowie für den Lerntransfer beim Forschenden Lernen. Außerdem werden lernförderliche Bedingungen von

Feedbacktests untersucht. Auf Grundlage der theoretischen Ausführungen können für die einzelnen Experimente folgende übergeordnete Fragestellungen formuliert werden:

- (1) Welchen Effekt hat der Einsatz von Feedbacktests auf das Behalten und Anwenden von komplexen fachlichen Wissensinhalten?
- (2) Welchen Effekt hat der Einsatz von Feedbacktests auf das Behalten und Anwenden von methodischen Wissensinhalten?
- (3) Welchen Einfluss hat die Art der Rückmeldung im Feedbacktest auf den Lerntransfer von fachlichem und methodischem Wissen?

Zu den drei übergeordneten Fragestellungen ergeben sich folgende Hypothesen:

H(1): Der Einsatz von Feedbacktests sollte bedingt durch die stärker angeregten, kognitiven Abrufprozesse die langfristige Behaltensleistung für komplexe fachliche Wissensinhalte stärker fördern als die kurzfristige (ROEDIGER & KARPICKE, 2006).

H(2): Es wird erwartet, dass die Konsolidierung durch Feedbacktests ebenfalls positive Effekte auf die Behaltensleistung von Methodenwissen hat, da dieselben Abrufmechanismen greifen. (ROEDIGER & KARPICKE, 2006).

H(3): Je nach eingeforderter Gedächtnisoperation (Behalten oder Anwenden) haben unterschiedliche Feedbackformen eine unterschiedliche Wirksamkeit (BUTLER & ROEDIGER, 2008). Ein steigender Elaborationsgrad der Rückmeldung im Feedbacktest erhöht das tiefere Verständnis von komplexen fachinhaltlichen und methodischen Lerninhalten (BUTLER, GODBOLE & MARSH, 2013).

## 4 Methodik

Die vorgestellte Studie ist eingebunden in ein interdisziplinäres Projekt der Universität Kassel, das durch die Landes-Offensive zur Entwicklung Wissenschaftlich-ökonomischer Exzellenz (LOEWE) gefördert wird. Im Teilprojekt „Der Nutzendes Testeffekts für die Behaltensleistung und den Lerntransfer im Kontext des Forschenden Lernens“ werden in drei Experimenten Effekte von Feedbacktests für das Behalten sowie für den Lerntransfer für komplexe biologische Wissensinhalte (**Experiment 1**) und Experimentierstrategien (**Experiment 2**) im Kontext des Forschenden Lernens untersucht. Ausgehend von den erhaltenen Ergebnissen sollen lernförderliche Bedingungen, die den Einfluss von verschiedenen Feedbackformen auf den

Grad des Lerntransfers fokussieren (**Experiment 3**), evaluiert werden. Die Experimente sollen in der 6. und 7. Jahrgangsstufe an allgemeinbildenden Schulen durchgeführt werden. Der optimale Stichprobenumfang wurde a priori mittels des Programms G\*Power berechnet. So ergibt sich eine Gesamtstichprobe von  $N = 400$ , die gleichmäßig auf die Experimente verteilt wird. Nachfolgend wird ein Überblick über die Experimente gegeben.

#### 4.1 Experiment 1: „Effekte von Feedbacktests auf das Behalten und Anwenden von komplexen fachlichen Wissensinhalten“

Ziel des Experiments ist es, die aus der Theorie abgeleiteten Feedbacktests auf deren hypothetisch angenommenen positiven Effekt für komplexe fachliche Wissensinhalte zu untersuchen. Das Experiment nimmt dabei eine Erweiterung der bislang durchgeführten gedächtnispsychologischen Studien vor: Erstens soll der Testeffekt für komplexe fachliche Lerninhalte nutzbar gemacht werden. Zweitens wird der Testeffekt in Form von Feedbacktests in unterrichtsähnliche Lernarrangements integriert.

##### 4.1.1 Forschungsdesign

Das Experiment gliedert sich in zwei Phasen. In einer ersten Phase wird das fachliche Wissen (Angepasstheit von Lebewesen an ihre Umwelt, Anatomie des Wasserfloh) in einer schulischen Unterrichtsstunde vermittelt. Die Instruktion findet computerbasiert mit Hilfe des Softwarepakets Inquisit Version 4.0.6 statt und liefert den Schülerinnen und Schülern Informationen, die in der forschenden Lernumgebung weiter aufgebaut, vertieft und praktisch umgesetzt werden. Die schulische Wissensvermittlung verfolgt die Ziele Wissen zu schaffen, das konsolidiert werden kann, das Vorwissen zu parallelisieren sowie die kognitive Belastung beim Besuch der Experimentier-Werkstatt FLOX durch den Rückgriff auf vorhandenes Wissen zu reduzieren.

Die zweite Phase stellt eine Lerneinheit in der Experimentier-Werkstatt FLOX der Universität Kassel dar. Nach dem Ansatz des Forschenden Lernens bearbeiten die Lernenden die lichtabhängige Bewegungsreaktion von Wasserflöhen (MEIER & WULFF, 2012) unter einer von drei Konsolidierungsbedingungen (Abbildung 2).

<b>EXPERIMENTALGRUPPE I</b> FEEDBACKTESTS Fachwissen	<b>EXPERIMENTALGRUPPE II</b> LESEMATERIAL Fachwissen	<b>KONTROLLGRUPPE</b> KEINE KONSOLIDIERUNGS- MAßNAHME
--	--	---

**Abbildung 2:** Konsolidierungsbedingungen

Die Schülerinnen und Schüler werden den drei Konsolidierungsbedingungen randomisiert zugeteilt, um personenbezogene Störvariablen auszuschließen (DÖRING & BORTZ, 2015). Innerhalb des Prozesses der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung erhalten die Lernenden zu zwei Zeitpunkten – vor der Hypothesenbildung und Interpretation – die Möglichkeit ihr Wissen durch Feedbacktests oder Lesematerial für die nachfolgenden Phasen abzurufen und dadurch zu konsolidieren. Die Feedbacktests sowie das Lesematerial werden den Schülerinnen und Schülercomputerbasiert mithilfe des Softwarepakets Inquisit Version 4.0.6 präsentiert. Die Aufgaben im Feedbacktest sind alle im Multiple-Choice-Format (*recognition task*, ROEDIGER & KARPICKE, 2006) angelegt. Ein solches Format bietet für die Administration den Vorteil, dass die Rückmeldung unmittelbar nach der Bearbeitung der Aufgaben erfolgen kann. So ist der Effekt der Feedbackquelle eindeutig auf den Feedbacktest zurückzuführen und wird nicht durch andere externe Faktoren mitbestimmt. Die Rückmeldung umfasst eine einfache Variante von Feedback und informiert den Empfänger über die richtige Antwort (*knowledge of correct result: KCR*) (NARCISS, 2006). Für die zeitliche Passung erhält die Kontrollgruppe ebenfalls eine Aufgabe am Laptop. Als abhängige Variable werden kurzfristige (Abrufstärke) und langfristige (Speicherstärke) Lerneffekte zu zwei Messzeitpunkten über einen schriftlichen Test erhoben (vgl. 4.1.2). Die Lernvoraussetzungen, der Need for Cognition (CACIOPPO, PETTY & KAO, 1984), die kognitive Belastung (KÜNSTING, 2007) sowie die Einschätzung des Lerneffekts (*Judgments of learning*; KORNELL & METCALFE, 2006) wird prozessbegleitend erhoben (Abbildung 3).

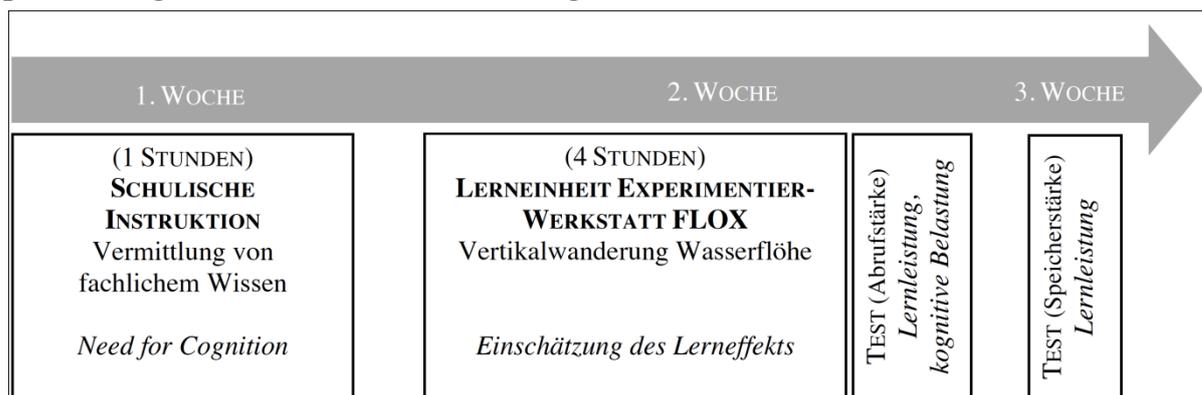


Abbildung 3: Design Experiment 1

#### 4.1.2 Erhebungsinstrument

Das Erhebungsinstrument umfasst einen schriftlichen Test, der die Memorierungsleistung sowie das Verständnis im fachlichem Wissen mit insgesamt 14 Items erhebt. Die Anforderung beschränkt sich auf die Reproduktion und Reorganisation von Wissensinhalten. Das Testinstrument

besteht aus geschlossenen (Multiple-Choice; Single-Select) und offenen Items (DÖRING & BORTZ, 2015). Im Erhebungsinstrument werden zum Feedbacktest identische sowie neue Aufgaben eingesetzt. Testungseffekte, die durch das mehrfache Bearbeiten derselben Items im Erhebungsinstrument zu erwarten sind, werden durch das systematische Umformulieren der Items sowie durch Randomisierung der Antwortalternativen minimiert (Abbildung 4). Dadurch können zum einen Effekte der didaktischen Maßnahme auf die Behaltensleistung beurteilt werden. Zum anderen kann eruiert werden, ob Feedbacktests ebenfalls das Verständnis des Lerninhaltes befördern.

<b>Feedbacktest</b>	<b>Test</b>
<p>Der Schwanzstachel der Wasserflöhe .....</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> unterstützt die Fortbewegung, da er das Gleichgewicht hält.</li> <li><input type="checkbox"/> schützt vor Fressfeinden, indem sie sich damit verteidigen.</li> <li><input type="checkbox"/> erleichtert das Fangen von Beute, indem die Nahrung mit ihm aufgespießt wird.</li> <li><input type="checkbox"/> schützt vor kleinen Fressfeinden, da sie als Beute zu groß sind</li> </ul>	<p>Warum essen sehr kleine Räuber keine Wasserflöhe? Kleine Räuber essen keine Wasserflöhe, weil sie ....</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> durch den Schwanzstachel als Beute zu groß sind.</li> <li><input type="checkbox"/> von ihnen nicht gesehen werden können.</li> <li><input type="checkbox"/> für sie zu schnell sind und blitzartig absinken können.</li> <li><input type="checkbox"/> durch die zwei Antennenpaare als Beute zu groß sind.</li> </ul>

**Abbildung 4:** Übersicht über die Variation eines geschlossenen Items in den unterschiedlichen Instrumenten

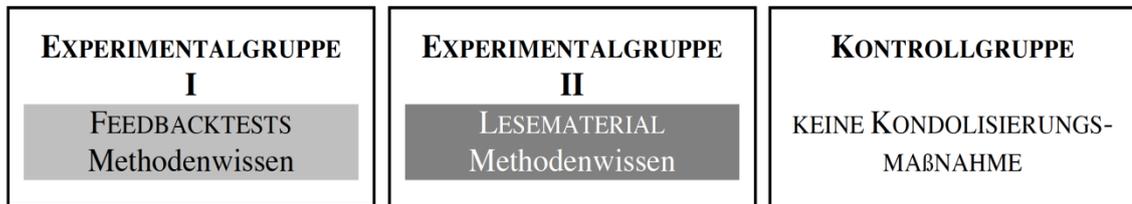
## 4.2 Experiment 2: „Effekte von Feedbacktests auf das Behalten und Anwenden von methodischen Wissensinhalten“

Das Ziel des zweiten Experiments besteht darin die Wirkung von Feedbacktests für die Memorierungsleistung in Bezug auf methodische Wissensinhalte zu untersuchen. Der Nutzen von Feedbacktests für methodische Wissensinhalte wurde in gedächtnispsychologischen Untersuchungen bislang unberücksichtigt gelassen.

### 4.2.1 Forschungsdesign

Design und Ablaufähneln Experiment 1 (vgl. 4.1.1): In einer ersten Phase wird das zu konsolidierende Wissen mittels einer computerbasierten Lernumgebung vermittelt. Im Gegensatz zu Experiment 1 wird nun der Fokus auf das Methodenkonzept der Variablenkontrolle (CHEN & KLAHR, 1999) gelegt. Dementsprechend werden in der Vorinstruktion Grundlagen des experimentellen Arbeitens vermittelt und in der Experimentier-Werkstatt FLOX in drei Konsolidierungsbedingungen gefestigt. Die Zuteilung der

Schülerinnen und Schüler auf die einzelnen Gruppen erfolgt randomisiert. Die Manipulation erfolgt in diesem Fall vor der Planung und Interpretation der Ergebnisse. Die Experimentalgruppen und Kontrollbedingung stimmen bezüglich der eingesetzten Konsolidierungsmaßnahmen mit Experiment 1 überein (Abbildung 5).



**Abbildung 5:** Konsolidierungsbedingungen

In Experiment 2 werden ebenfalls die Memorierungsleistung sowie die Anwendbarkeit der Wissensinhalte im Methodenwissen als abhängige Variable zu zwei Messzeitpunkten erhoben. Der Need for Cognition (CACIOPPO, PETTY& KAO,1984), die kognitive Belastung (KÜNSTING, 2007) sowie die Einschätzung des Lerneffekts (*Judgments of learning*; KORNEILL& METCALFE, 2006) werden zu denselben Zeitpunkten prozessbegleitend erhoben.

#### 4.2.2 Erhebungsinstrument

Der Aufbau des Erhebungsinstruments ähnelt in der Konstruktion dem aus Experiment 1. Dementsprechend wird das methodische Wissen der Schülerinnen und Schüler über 14 Items erhoben (vgl. 4.1.2).

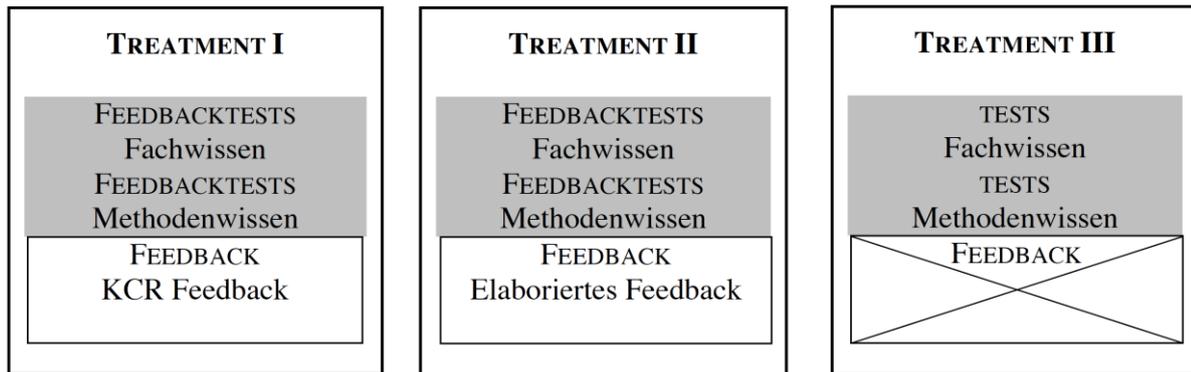
### 4.3 Experiment 3 „Einfluss von unterschiedlichen Feedbackvarianten auf den Lerntransfer von fachlichen und methodischen Wissensinhalten“

Das Experiment baut auf den gefundenen Erkenntnissen aus den beiden ersten Experimenten auf und versucht lernförderliche Bedingungen von Feedbacktests zu identifizieren, die einen Einfluss auf den Lerntransfer besitzen.

#### 4.3.1 Forschungsdesign

Der Ablauf der experimentellen Studie kombiniert das Vorgehen aus Experiment 1 und 2. Um die lernförderliche Wirkung von Feedback auf den Lerntransfer zu untersuchen, wird innerhalb der Lerneinheit in der Experimentier-Werkstatt FLOX nicht die Konsolidierungsbedingung, sondern der Elaborationsgrad des Feedbacks manipuliert. Die fachinhaltlichen und methodischen Lerninhalte werden in den drei Konsolidierungsbedingungen (Abbildung 6) mittels Feedbacktests gefestigt, wobei das Feedback entweder Rückmeldung über die richtige Antwort oder eine elaborierte Rückmeldung enthält. Elaboriertes Feedback umfasst in diesem Fall neben der aufgabenspezifischen die extrainstruktionale Elaboration (KULHAVY & STOCK,

1989). Angelehnt an die Klassifikation unterschiedlicher Feedback-Komponenten von NARCISS (2006) werden auf inhaltlicher Ebene den Lernenden Informationen über die Ursache des Fehlers sowie Erklärungen zu den enthaltenen Konzepten geliefert. In der dritten Bedingung erhalten die Lernenden nur Testformate ohne Feedback. Die Zuteilung der Lernenden auf die einzelnen Bedingungen erfolgt randomisiert. Die Effekte der Rückmeldung werden bezüglich der Memorierungsleistung und des Lerntransfers im fachlichen und methodischen Wissen analysiert.



**Abbildung 6:** Konsolidierungsbedingung

### 4.3.2 Erhebungsinstrument

Die Memorierungsleistung sowie der Lerntransfer werden zu zwei Messzeitpunkten durch 16 Items erhoben, wobei die Einschätzung der Transferleistung mittels Aufgaben mit unterschiedlicher Transferdistanz erfolgt. Angelehnt an das Rahmenmodell von BARNETT und CECI (2002) wurden spezifische Dimensionen für die Einschätzung des Transfermaßes erarbeitet. Das theoretische Konstrukt (Tabelle 1) wurde im Anschluss für die Konstruktion von offenen und geschlossenen Items herangezogen. So sind für beide Wissensdomänen drei Transferstufen entstanden (Transfer I-III), wobei schwierigkeiterzeugende Merkmale innerhalb der Konstruktion der Aufgaben konstant gehalten wurden.

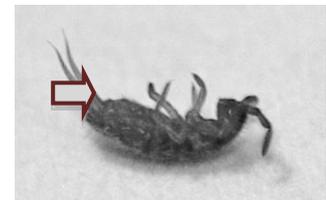
Die Aufgaben für den Transfer bestehen aus einem Aufgabenstamm, der das gesamte Fachwissen bereitstellt, das zur Lösung der Aufgabe benötigt wird (Abbildung 7). Zu jedem Aufgabenstamm gehören jeweils ein geschlossenes (Multiple-Choice; Single-Select) und ein offenes Item (DÖRING & BORTZ, 2015). Um Übungseffekte im Erhebungsinstrument zu minimieren, werden die Items wie in Experiment 1 und 2 randomisiert und abgewandelt eingesetzt (vgl. 4.1.2).

**Tabelle 1:** Transfervarianten für fachliche sowie methodische Wissensinhalte (angelehnt an BARNETT & CECI, 2002; CHEN & KLAHR, 1999) (**graue Markierung:** Übereinstimmungen zur Reproduktionsanforderung)

FACHWISSEN			
Reproduktion	Transfer I	Transfer II	Transfer III
<b>ORGANISMUS</b>	<b>ANDERER TIERISCHER ORGANISMUS</b>		<b>PFLANZLICHER ORGANISMUS</b>
Wasserfloh	Springschwanz	Köcherfliegenlarve	Kakteen
<b>UMWELTFAKTOR</b>	<b>IDENTISCH</b>	<b>VERSCHIEDEN</b>	
Licht	Licht	Strömung	Temperatur/Wasser
VERHALTENSGESTEUERTE	ANATOMISCHE	VERHALTENSGESTEUERTE	ANATOMISCHE
Wanderung	Pigmentierung	Köcherbau	Dornen
<b>FUNKTION</b>	<b>IDENTISCH</b>	<b>VERSCHIEDEN</b>	
UV-Strahlen/ Fressfeinde	UV-Strahlen/ Fressfeinde	Abdrift/ Schutz des Körpers	Verdunstungsschutz/ Fraßschutz
METHODENWISSEN			
<b>KONTROLLANSATZ</b>	<b>IDENTISCH</b>	<b>VERSCHIEDEN</b>	
Im Versuchsansatz enthalten	Im Versuchsansatz enthalten	Versuchs- und Kontrollansatz	Versuchs- und Kontrollansatz
<b>KONTEXT</b>	<b>IDENTISCH</b>	<b>VERSCHIEDEN</b>	
Biologisch	Biologisch	Biologisch	Chemisch

### Aufgabenstamm

Springschwänze sind Insekten. Einige Arten leben auf der Bodenoberfläche, andere tief im Boden. Springschwanzarten, die bei vollständiger Dunkelheit und Kälte im Boden leben, sind blind, besitzen keine Sprunggabel am Hinterleib und eine weißliche Körperfärbung. Diejenigen, die an der hellen, sauerstoffreichen, warmen und trockenen Bodenoberfläche leben, haben Augen, eine braune Körperfärbung und eine ausgeprägte Sprunggabel, mit der sie sich blitzartig vom Boden abstoßen können (siehe Abbildung roter Pfeil).



**Abbildung:** Springschwanz der Bodenoberfläche mit Sprunggabel (Pfeil)

Welche Funktion hat die dunkle Körperfärbung der Springschwänze in ihrem Lebensraum auf der Bodenoberfläche? Kreuze an!

**Die dunkle Körperfärbung** der Springschwänze ist eine **Angepasstheit** an den Lebensraum auf der Bodenoberfläche, die den Tieren hilft, ....

- die Wärmeaufnahme über die Haut zu erhöhen.
- den hohen Sauerstoffgehalt zu tolerieren.
- sich vor den schädlichen Sonnenstrahlen zu schützen.
- sich vor Austrocknung zu schützen.

**Abbildung 7:** Beispiele für Aufgabenstamm und Multiple-Choice Item für fachinhaltliches Wissen (Transferstufe I)

## 5 Ausblick

Im Anschluss an die Pilotierung im November 2015 wird im Januar 2016 die erste Teilstudie durchgeführt. Sukzessiv erfolgt die weitere Datenerhebung. Das Ziel des vorliegenden Forschungsvorhabens sind die instruktionale Unterstützung von langfristigen Lernprozessen im Allgemeinen sowie die Optimierung des Modells des Forschenden Lernens im Besonderen. Da Feedbacktests bislang nur bedingt in schulische Lernprozesse integriert wurden, versucht das Forschungsvorhaben nicht intendierte Effekte bei der Implementierung in ein unterrichtsähnliches, außerschulisches Setting zu identifizieren. Dabei soll aufgedeckt werden, ob die kognitiven Mechanismen, die für einfache Lernstimuli ebenfalls für das Behalten sowie für den Transfer von komplexen naturwissenschaftlichen Lerninhalten gelten. Dadurch kann das Projekt zur Verbesserung des naturwissenschaftlichen Lehrens und Lernens beitragen, indem es Feedbacktests für die unterrichtliche Praxis nutzbar machen möchte.

## Zitierte Literatur

- ABD-EL-KHALIK, F., BOUJAOUDE, S., DUSCHL, R., LEDERMAN, N. G., MAMLOK-NAAMAN, R., HOFSTEIN, A. et al. (2004). Inquiry in Science Education: International Perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419.
- ARNOLD, J., KREMER, K. & MAYER, J. (2014). Understanding Students' Experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36(16), 2719-2749.
- BANGERT-DORWNS, R. L., KULIK, C.-L. C., KULIK, J. A. & MORGAN, M. (1991). The Instructional Effect of Feedback in Test-Like Events. *Review of Educational Research*, 61(2), 213-238.
- BARNETT, S. M. & CECI, S. J. (2002). When and Where Do We Apply What We Learn? A Taxonomy for Far Transfer *Psychological Bulletin*, 128 (4), 612-637.
- BJORK, R. A. (2013). Desirable Difficulties Perspective on Learning. In H. Pashler [Hrsg.]: *Encyclopedia of the Mind*. Thousand Oaks: SAGE References, 1-4.
- BJORK, R. A. & BJORK, E. L. (1992). A New Theory of Disuse and an Old Theory of Stimulus Fluctuation. In A. Healy, S. Kosslyn & R. Shiffrin [Hrsg.]: *From Learning Processes to Cognitive Processes: Essays in Honor of William K. Estes*. Hillsdale: Erlbaum, 35-67.
- BJORK, R. A. & BJORK, E. L. (2006). Optimizing treatment and instruction: Implications of a new theory of disuse. In L.-G. Nilsson & N. Ohta [Hrsg.]: *Memory and society: Psychological perspectives*. Hove: Psychology Press, 109-133.
- BUCHNER, A. (2012). Funktionen und Modelle des Gedächtnisses. In H.-O. Karnath & P. Thier [Hrsg.]: *Kognitive Neurowissenschaften*. Berlin: Springer, 541-552.
- BUTLER, A. C., GODBOLE, N. & MARSH, E. J. (2013). Explanation Feedback Is Better Than Correct Answer Feedback for Promoting Transfer of Learning. *Journal of Experimental Psychology*, 105 (2), 290-298.
- BUTLER, A. C. & ROEDIGER, H. L. (2008). Feedback enhances the positive effects and reduces the negative effects of multiple-choice testing. *Memory & Cognition*, 36 (3), 604-616.
- BUTLER, A. C., ROEDIGER, H. L. & KARPICKE, J. D. (2008). Correcting a Metacognitive Error: Feedback Increases Retention of Low-Confidence Correct Responses. *Journal of Educational Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 34 (4), 918-928.
- CACIOPPO, J. T., PETTY, R. E. & KAO, C. F. (1984). The efficient assessment of need for cognition. *Journal of Personality Assessment*, 48 (3), 306-307.

- CHAN, J. C. K., MC DERMOTT, K. B. & ROEDIGER, H. L. (2006). Retrieval-Induced Facilitation: Initially Nontested Material Can Benefit From Prior Testing of Related Material. *Journal of Experimental Psychology*, **135** (4), 553-571.
- CHEN, Z. & KLAHR, D. (1999). All Other Things Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, **70** (5), 1098-1120.
- DÖRING, N. & BORTZ, J. (2015). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Auflage). Heidelberg: Springer.
- DUNLOSKY, J., RAWSON, K. A., MARSH, E. J., NATHAN, M. J. & WILLINGHAM, D. T. (2013). Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques: Promising Directions From Cognitive and Educational Psychology. *Association for Psychological Science*, **14** (1), 4-58.
- ERICHSEN, A. & MAYER, J. (2014). Nachhaltiges Lernen ermöglichen - Der Einsatz von Feedbacktests beim Forschenden Lernen. 79. Tagung der Arbeitsgruppe für Empirisch Pädagogische Forschung (AEPF) (S.217). Abstract zur Posterpräsentation. Hamburg. Verfügbar unter: [http://www.aepf2014.de/aepf\\_abstractband.pdf](http://www.aepf2014.de/aepf_abstractband.pdf)
- FURTAK, E., SEIDEL, T., IVERSON, H. & BRIGGS, D. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, **82**(3), 300-329.
- INQUISIT 4.0.6 [Computer software] (2014). Seattle, WA: Millisecond Software LLC.
- KIRSCHNER, P. A., SWELLER, J. & CLARK, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, **41**(2), 75-86.
- KLUGER, A. & DENISI, A. (1996). The effects of Feedback Interventions on performance: a historical review, a meta-analysis, and a preliminary feedback intervention theory. *Psychological Bulletin*, **119** (2), 254-284.
- KORNELL, N. & METCALFE, J. (2006). Study efficacy and the region of proximal learning framework. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **32** (3), 609-622.
- KULHAVY, R. W. & STOCK, W. A. (1989). Feedback in written instruction: The place of response certitude. *Educational Psychologist Review*, **1**(4), 279-308.
- KÜNSTING, J. (2007). Effekte von Zielqualität und Zielspezifität auf selbstreguliert entdeckendes Lernen durch Experimentieren. Universität Duisburg-Essen, Essen.
- MARKOWITSCH, H.-J. (2002). *Dem Gedächtnis auf der Spur: Vom Erinnern und Vergessen*. Darmstadt: Wiss. Buchgesellschaft.
- MAYER, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt [Hrsg.]: *Theorien in der biologiepädagogischen Forschung*. Berlin: Springer, 177-186.
- MAYER, J. & ZIEMEK, H. P. (2006). Offenes Experimentieren: Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, **317** (30), 4-12.
- MEIER, M. & WULFF, C. (2012). Auge in Auge mit dem Wasserfloh. *Biologie in unserer Zeit*, **42** (1), 49-55.
- NADEL, L., HUPBACH, A., GOMEZ, R. & NEWMAN-SMITH, K. (2012). Memory formation, consolidation and transformation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, **36** (7), 1640-1645.
- NARCISS, S. (2006). *Informatives tutorielles Feedback*. Münster: Waxmann.
- ROEDIGER, H. L. & KARPICKE, J. D. (2006). Test-Enhanced Learning: Taking Memory Tests Improves Long-Term Retention. *Psychological Science*, **17**(3), 249-255.
- ROEDIGER, H. L., MCDERMOTT, K. B. & MCDANIEL, M. A. (2011). Using Testing to Improve Learning and Memory. In M. A. Gernsbacher, R. Pew, L. Hough & J. R. Pomerantz [Hrsg.]: *Psychology and the real world: Essays illustrating fundamental contributions to society*. New York: Worth Publishing Co, 65-74.
- WICHMANN, A. & LEUTNER, D. (2009). Inquiry Learning: Multilevel Support with Respect to Inquiry, Explanations and Regulation During an Inquiry Cycle. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, **23**(2), 117-127.

