

Experimentieren regulieren lernen

Theoretische Einordnung und Versuchsdesign des HEiDi-Projekts

Till Bruckermann¹, Ellen Aschermann², André Bresges³ & Kirsten Schlüter¹

till.bruckermann@uni-koeln.de

¹Institut für Biologie und ihre Didaktik, Herbert-Lewin-Str. 2, 50931 Köln

²Pädagogische Psychologie I, Gronewaldstr. 2, 50931 Köln

³Institut für Physik und ihre Didaktik, Gronewaldstr. 2, 50931 Köln

Zusammenfassung

Das fachspezifische Kompetenzprofil für Biologielehrkräfte fordert, dass Lehramtsstudierende mit „basalen Arbeits- und Erkenntnismethoden“ vertraut sind sowie Kenntnisse und Fertigkeiten im hypothesengeleiteten Experimentieren besitzen. Ein wesentliches Ziel der Lehramtsausbildung in Biologie ist somit die Förderung der Experimentierkompetenz. Studien deuten an, dass der Einsatz einer Selbstregulationsförderung durch das Kölner Handlungskreismodell sowie von Tablets zu einer Steigerung des Lernzuwachses führen können. Auf der Basis dieser beiden Ansätze wird ein Konzept zur Förderung der Experimentierkompetenz für ein Anfängerpraktikum im Rahmen der Lehramtsausbildung im Fach Biologie entwickelt, implementiert und evaluiert. Zur Evaluation sollen aus qualitativen und quantitativen Daten Unterschiede in den Zuwächsen bei der Experimentierkompetenz zwischen den Gruppen identifiziert werden. In einem Prä-Posttest-Design werden mittels Fragebögen fachwissenschaftliches Vorwissen und Personenmerkmale zum eigenständigen Arbeiten erfasst. Mittels Analyse der Videographien einer praktischen Experimentieraufgabe wird anhand eines deduktiven, aus der Theorie abgeleiteten Kategorienschemas die Experimentierkompetenz der Studierenden in Prä- und Posttest qualitativ ermittelt.

Abstract

According to the standards in science teacher education students should be familiar with biological working techniques and be able to carry out hypotheses-based investigations. Therefore, a goal in science teacher education is to promote inquiry skills. Studies suggest that training self-regulation skills using an approved self-regulation model as well as tablet computers may enforce learning in inquiry settings. Based on both approaches

a practical course for pre-service teachers in biology promoting inquiry skills is developed, implemented and evaluated. The course is evaluated by measuring biological content knowledge and personality traits on self-regulated learning through questionnaires in a pre-posttest-design. Inquiry skills are measured by performance assessment. Therefore, video records of students carrying out a comparative investigation is analysed by a procedure-based scoring system. Quantitative and qualitative data is used to reveal different achievements in the experimental groups.

1 Einleitung

Das Experiment ist aus der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung nicht wegzudenken, denn es „kennzeichnet einen Modus biologischer Welterschließung“ (GROPENGLIEBER, 2013, S.284). Schülerinnen und Schüler (SuS) lernen naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten, indem sie selbstständig forschend-entdeckend Erfahrungen sammeln und so biologische Zusammenhänge selbst konstruieren (REICH, 2009). Um ihnen dies zu ermöglichen, fordert die KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK, 2010, S.18), dass Biologielehrkräfte mit „basalen Arbeits- und Erkenntnismethoden“ vertraut sein sowie über Kenntnisse und Fertigkeiten im hypothesengeleiteten Experimentieren und der Handhabung schulrelevanter Geräte verfügen sollen. HILFERT-RÜPPELL et al. (2009) konnten jedoch in ihrer Studie zeigen, dass Lehramtsstudierende unabhängig vom Fachsemester Schwierigkeiten in der Planung und Durchführung von Experimenten haben. Diese Umstände zum Anlass nehmend, wurde ein Lehr-Lernkonzept entwickelt, das den Defiziten entgegenwirkt und die Experimentierkompetenz durch zwei Maßnahmen fördern soll: Zum einen soll die Experimentierkompetenz durch eine Förderung der Selbstregulation gesteigert werden, da Studien zeigen, dass Experimentieren in computergestützten Lernumgebungen durch Maßnahmen zur Selbstregulationsförderung unterstützt werden kann (KEMPF UND KÜNSTING, 2013). Zum anderen deuten Studien an, dass der Einsatz von Tablets durch die Unterstützung der Kommunikation über den Experimentierprozess das Experimentieren verbessern kann (BRESGES et al., 2013). Die Zielgruppe unseres Lehr-Lernkonzepts sind Lehramtsstudierende im zweiten Semester, die im Rahmen ihrer bisherigen universitären Ausbildung kaum Vorerfahrung im naturwissenschaftlichen Experimentieren erworben haben.

2 Theorie

Die Notwendigkeit zur Förderung der Experimentierkompetenz ergibt sich nicht nur aus den Erkenntnissen HILFERT-RÜPPELLS et al. (2009), sondern auch

aus den Forderungen der KMK (2010). Experimentierkompetenz soll im folgenden mit GRUBE, MÖLLER UND MAYER (2008) definiert werden. Möglichkeiten zur Förderung der Experimentierkompetenz zeigen einerseits KEMPF UND KÜNSTING (2013) durch Selbstregulationsförderung und andererseits BRESGES et al. (2013, s.a. CASTEK UND BEACH, 2013) durch die Arbeit mit Tablets.

2.1 Experimentierkompetenz

HILFERT-RÜPPELL et al. (2009) beschreiben in ihrer Studie, dass $\frac{3}{4}$ der untersuchten Studierenden (n=237) in der konkreten Experimentplanung keine Hypothesen aufstellen und mehrere Faktoren gleichzeitig variieren. Sie folgern, dass die Studierenden im praktischen Experimentieren erhebliche Schwierigkeiten haben. In der Diskussion fordern HILFERT-RÜPPELL et al. (2009) die Vermittlung fachgemäßer Denk- und Arbeitsweisen spätestens im Lehramtsstudium. Damit entsprechen sie den Forderungen der KMK (2010, „Inhaltlichen Anforderungen zur Lehramtsausbildung Biologie“) nach einem Wissen über

- „basale [...] Arbeits- und Erkenntnismethoden der Biologie
- und [...] Kenntnisse und Fertigkeiten sowohl im hypothesengeleiteten Experimentieren als auch im hypothesengeleiteten Vergleichen
- sowie im Handhaben von (schulrelevanten) Geräten“ (S. 18).

Definiert man die Forderungen der KMK mit dem „Rahmenkonzept wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung“ nach MAYER (2007) lassen sich die Kompetenzkonstrukte „Wissenschaftliches Denken“ und „Manuelle Fertigkeiten“ (ebd. S. 178) wiederfinden.

Wissenschaftliches Denken wiederum wird von Prozess- und Personenvariablen beeinflusst. Prozessvariablen umfassen die Formulierung naturwissenschaftlicher Fragestellungen, die Generierung von Hypothesen, die Planung von Untersuchungen und die Analyse von Daten (vgl. MAYER, 2007, S. 181). MEIER UND MAYER (2012) konnten darüber hinaus die Prozessvariable „Durch-

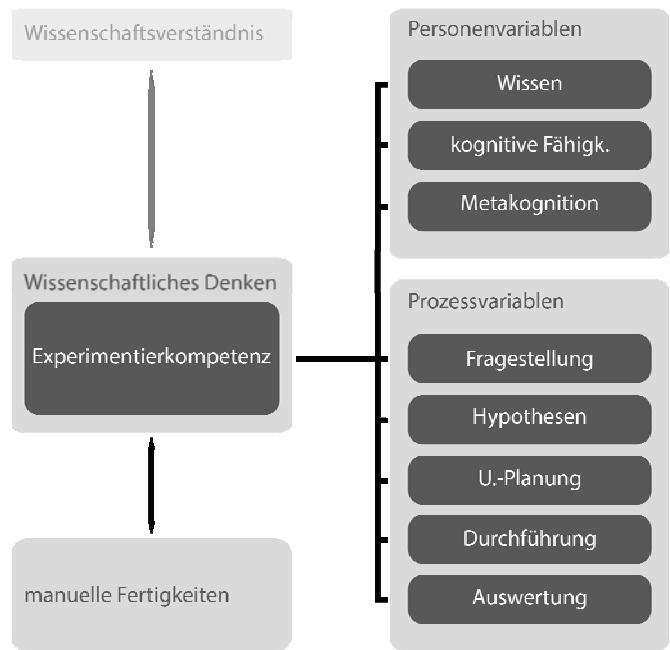


Abbildung 2: Strukturmodell „Wissenschaftliches Denken“ ergänzt und verändert nach KEMPF UND KÜNSTING (2013), MAYER (2007) UND MEIER UND MAYER (2013)

führung“ als Dimension nachweisen (ebd. S. 95). Auf Seiten der Personenvariablen werden sowohl „Wissen“ (methodisches und inhaltliches) als auch „kognitive Fähigkeiten (Intelligenz)“ beschrieben (MAYER, 2007, S.181; MAYER, GRUBE UND MÖLLER, 2008).

Mit KEMPF UND KÜNSTING (2013) sollen die Personenvariablen noch um die metakognitiven Fähigkeiten (Selbstregulationsfähigkeit) ergänzt werden, wie sie insbesondere im selbstständigen und weniger stark angeleiteten Experimentieren (hier Forschendes Lernen, vgl. MAYER UND ZIEMEKE, 2012) gefordert werden, da diese Lernform auch den Aspekt der Selbstregulation umfasst (ebd. S. 267, vgl. auch HARMS, 2007).

2.2 Selbstregulationsförderung

Experimente, die keine Möglichkeit zur Diskussion durch Interaktion und Reflexion bieten, vernachlässigen Lerngelegenheiten, da sie durch ihre Fokussierung auf technische Aspekte Möglichkeiten zur metakognitiven Aktivierung auslassen (GUNSTONE UND CHAMPAGNE, 1990 zit. n. KIPNIS UND HOFSTEIN, 2007). Der Einsatz metakognitiver Strategien umfasst dabei die Planung, Steuerung und Überwachung und somit auch die Regulation kognitiver Strategien (HASSELHORN UND GOLD, 2013), also solcher Strategien, die auch für das Experimentieren von Bedeutung sind. Bleibt die Planung, Durchführung und Auswertung eines Experiments in den Händen des Lerner, entfällt die Regulation des Experimentierprozesses durch den Lehrenden. Lernende müssen also Experimentieren selbst regulieren. Ein Modell zur Selbstregulation ist das Kölner Handlungskreismodell

(ASCHERMANN & ARMBRÜSTER, 2009). Es erscheint für die hier angestrebten Zwecke besonders gut geeignet zu sein, da seine Phasen (vgl. ARMBRÜSTER, 2013) Zielfindung, Planung, Handlung und Evaluation (Abb. 2) mit den Phasen eines Experiments (Fragestellung, Hypothesenbildung, Planung, Durchführung und



Abbildung 3: Kölner Handlungskreismodell (HKM, verändert nach ASCHERMANN & ARMBRÜSTER, 2009)

Auswertung; MAYER, 2007) korrespondieren und diese Phasierung differenzierte Möglichkeiten, d.h. unterschiedliche Ansatzpunkte, zur Förderung der Selbstregulation bietet.

KEMPF UND KÜNSTING (2013) weisen darauf hin, dass „metakognitive Lernhilfen“ die Quantität und Vielfalt der Lernstrategien im Experimentieren fördern können (vgl. auch GLOGGER et al., 2009). Die Belege für einen höheren Wissenszuwachs sind bisher jedoch rar (WICHMANN UND LEUTNER, 2009). Um die Metakognition zu verbessern, setzen die Autoren eine direkte Förderung durch ein Strategietraining sowie eine indirekte Förderung durch Prompts (metakognitive Hinweisreize) ein.

Den Studien folgend soll für das Handlungskreismodell ein Strategietraining entwickelt werden, das den Einsatz des Handlungskreises zur Regulation des eigenen Arbeitsprozesses fördert. KEMPF UND KÜNSTING weisen auf „lernförderliche [...] Effekte auch nach kurzen Trainingsphasen“ hin (2013, vgl. auch BANNERT, 2003). Es wird allerdings vor einem „mathemathantischen Effekt“ gewarnt (griech. mathema: lernen, thanatos: Tod; vgl. auch FRIEDRICH UND MANDL, 1992), wenn die neu erlernte und noch nicht genügend beherrschte Strategie (hier Einsatz des HKM) mit der alten, ineffektiveren Strategie konkurriert und der Lernerfolg infolgedessen absinkt.

Lehrende können die Lernenden durch den Einsatz des Handlungskreismodells unterstützen, indem sie Prompts einsetzen, die die Nutzung des Handlungskreismodells fördern. Prompts sind „metakognitive Hinweisreize, [...] die produktive Lernprozesse antreiben“ (GLOGGER et al., 2009). So können die Hinweisreize an den Einsatz metakognitiver Strategien erinnern und ihn forcieren. THILLMANN et al. (2009) weisen darauf hin, dass ein Effekt auf die Strategienutzung zu erwarten ist, wenn die Prompts an die Schwierigkeiten des Lerners angepasst, also adaptiv sind.

Die Autoren KEMPF UND KÜNSTING (2013) konnten positive Effekte auf das Experimentieren in einer computergestützten Lernumgebung belegen, indem sie die Selbstregulation direkt durch ein 20-minütiges Strategietraining und indirekt durch den Einsatz von drei Hinweisreizen nach zeitlicher Taktung förderten. Es bleibt jedoch offen, wie der Effekt von Strategietraining und Prompting in realen Experimenten ist.

2.3 Videoprotokolle

Das naturwissenschaftliche Versuchsprotokoll dient der Dokumentation des Erkenntnisprozesses, doch der Nutzen kann auch über die eigentliche Dokumentation hinausgehen: Die dem Experiment zugrundeliegenden Sachverhalte

werden aufgearbeitet und präsentiert, indem die Problemstellung verdeutlicht, die Versuchsplanung entwickelt, die Durchführung aufgezeichnet und die Ergebnisse unter Verwendung von Fachsprache aufbereitet werden. Somit unterstützt das Protokoll die Kommunikation im Erkenntnisprozess (MAYER, 2002). RETZLAFF-FÜRST (2013, S. 312) erklärt, dass das „Protokollieren [...] das Verstehen der Prinzipien des Experimentierens“ fördert.

BRESGES et al. (2013) deuten an, dass sich das selbstständige Experimentieren durch Tablets im Rahmen pädagogischer Konzepte fördern lässt (s.a. CASTEK UND BEACH, 2013), indem Tablets die Kommunikation über das Experiment bestärken.

CASTEK UND BEACH (2013) beschreiben den Aspekt der Kommunikation wissenschaftlicher Erkenntnisse mit dem Begriff „shared productivity“ als „the ability to produce reports or products to share publicly with others“ (ebd. S. 555). Die Autoren erklären, dass Tablet-Apps die Fähigkeit zur Kommunikation wissenschaftlicher Erkenntnis fördern können, wenn sie in entsprechende Lehr-Lernkonzepte eingebettet sind. Forschendes Lernen kann durch den Einsatz von Apps unterstützt werden, indem die Lernenden das Tablet einsetzen, um Vorwissen durch Internetrecherchen zu aktivieren, Fragestellungen zu kommunizieren, Versuchsplanungen zu dokumentieren, Daten zu sammeln, graphisch aufzubereiten und überzeugende Präsentationen der eigenen Ergebnisse zu erstellen (BRUCKERMANN et al., 2014). Anweisungen sollten die Lernenden dazu ermuntern, aussagekräftige Bilder und Grafiken auszuwählen, um ihre Peer-Group durch das Protokoll von ihrem Experiment zu überzeugen. Das Anfertigen eines Videoprotokolls mit einem Tablet führt die Lernenden zur sorgfältigen Auswahl von Inhalten, um dem Publikum aus ihrer Peer-Group entsprechende Belege zur Beantwortung der Fragestellung zu liefern. Das Tablet bietet mit seinen Apps die Möglichkeit vielfältige Inhalte zu bearbeiten (z.B. Bilder, Videos, Tabellen, Graphen), ist aber noch kein Garant für deren sinnvollen Einsatz, sondern ein „mediating tool“ (CASTEK UND BEACH, 2013).

Neben dem Austausch unterstützt der Tableteinsatz den „multimodal transfer“ (CASTEK UND BEACH, 2013). Durch die Übertragung von Inhalten in Bilder und in Sprache nutzen die Lernenden das Potenzial der Multimodalität, um über ihren Experimentierprozess zu kommunizieren. Dazu müssen Bilder durch Sprache ergänzt und kommentiert werden, um das Verständnis der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung auszudrücken. Durch den Wechsel zwischen Bild und Sprache können die Lernenden von der inhaltlichen Wiedergabe zur überzeugenden Darstellung ihrer Experimente gelangen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass das Protokoll die Denk- und Arbeitsschritte im Experiment verdeutlicht (vgl. WAGNER, 1992 zit. n. RETZLAFF-FÜRST, 2013) und das Verständnis über die Prinzipien des Experimentierens fördert (RETZLAFF-FÜRST, 2013). Apps stellen als Mediatoren Lernangebote zur Verfügung („shared productivity“ und „multimodality“), die die Kommunikation über den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess fördern.

3 Fragestellungen und Hypothesen

Auf Grundlage der Hinweise aus der Literatur (KEMPF UND KÜNSTING, 2013; BRESGES et al., 2013, CASTEK UND BEACH, 2013) wurde ein Lehr-Lernkonzept entwickelt, das die Experimentierkompetenz bei Lehramtsstudierenden durch eine Selbstregulationsförderung und Videoprotokolle fördern soll. Im Sinne einer Evaluation des Konzepts stellt sich die Frage:

Lässt sich die Experimentierkompetenz der Studierenden durch das tablet- und handlungskreisgeleitete Experimentieren steigern?

Es ergeben sich folgende Hypothesen:

H1: Die Förderung der Selbstregulation durch das Handlungskreismodell führt zu einer Steigerung der Experimentierkompetenz (KEMPF UND KÜNSTING, 2013).

H2: Der Einsatz von Tablets zur Anfertigung von Videoprotokollen führt zu einer Steigerung der Experimentierkompetenz (BRESGES et al., 2013; CASTEK UND BEACH, 2013).

H3: Der gemeinsame Einsatz von Selbstregulationsförderung und Tablets zur Anfertigung von Videoprotokollen führt zu einer größeren Steigerung der Experimentierkompetenz als der getrennte Einsatz der beiden Fördermaßnahmen (vgl. H1 und H2).

4 Methodik

In dem durch die Universität zu Köln im Rahmen der Initiative „Innovation in der Lehre“ geförderten Projekt HEiDi (Handlungsregulationsgeleitetes Experimentieren mit innovativen Medien in den Didaktiken) wurde ein Lehr-Lernkonzept entwickelt, das im Sommersemester 2014 implementiert und evaluiert wird. Dazu wird das Konzept in einem quasi-experimentellen Design als Vergleichsstudie in drei Experimentalgruppen (EG2-4) und einer Kontrollgruppe (EG1) umgesetzt.

4.1 Stichprobe

Die Stichprobe besteht aus $n_{\text{ges}} = 64$ Studierenden des Lehramts Biologie an der Universität zu Köln. Davon entfallen $n_{\text{BA}} = 58$ Studierende auf den Bachelor Biologie an Haupt-, Real- und Gesamtschulen und $n_{\text{SP}} = 6$ Studierende auf das Staatsexamen für Biologie an Sonderschulen und $n_{\text{GHR}} = 1$ Studierende auf das Staatsexamen für Biologie an Haupt-, Real- und Gesamtschulen. Dem 2×2 faktoriellen Design entsprechend verteilen sich die Studierenden zufällig auf vier Experimentalgruppen: $n_{\text{EG1}} = 15$, $n_{\text{EG2}} = 16$, $n_{\text{EG3}} = 16$ und $n_{\text{EG4}} = 16$. Strukturelle Gründe, wie die Belegung der Veranstaltung entsprechend dem Stundenplan der Studierenden, führen zu einem quasi-experimentellen Design (s. 4.3).

4.2 Lehr-Lernkonzept

Das Lehr-Lernkonzept gliedert sich in die aufeinander aufbauenden Praktika „Allgemeine Biologie I und II“. Das Praktikum „Allgemeine Biologie I“ vermittelt Laborfertigkeiten (z.B. Lösungen ansetzen, Laborgeräte nutzen) und führt Nachweisreaktionen (z.B. Fehlingprobe, Biuretnachweis) ein. Zusätzlich schult ein Medientutorium den Einsatz von Tablets zum Dokumentieren von Versuchen, sodass erste Videoanleitungen erstellt werden. Das Praktikum „Allgemeine Biologie I“ ist jedoch nicht Bestandteil der Evaluation.⁸

Das Praktikum „Allgemeine Biologie II“ baut im zweiten Semester auf den Laborfertigkeiten auf und führt die Studierenden auf dem Weg der naturwissenschaftlichen Erkenntnis zum selbstständigen Experimentieren. Im Sinne einer gestuften Offenheit beim Forschenden Lernen (MAYER UND ZIEMEK, 2006) experimentieren die Studierenden zunächst unter Anleitung (vgl. KREMER UND ARNOLD, 2012). Dabei geben die Anleitungen die jeweilige Fragestellung vor (z.B.

zu den Themen Enzyme, Atmung, Gärung, etc.) und fordern die Studierenden

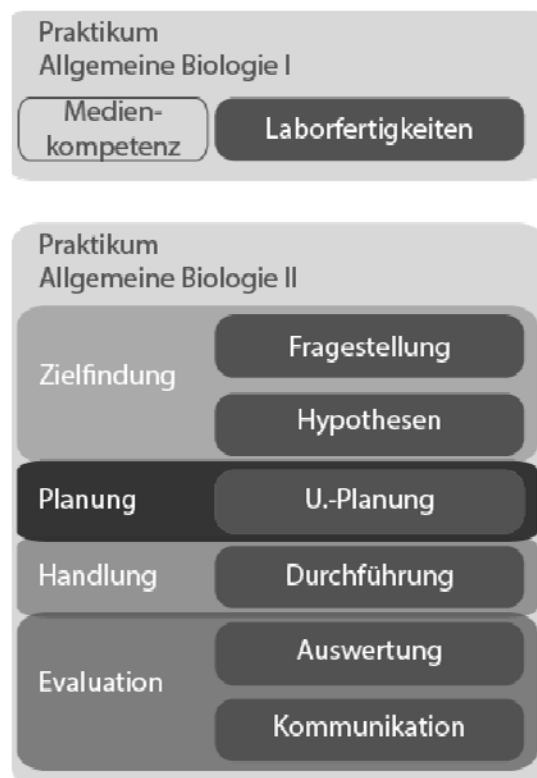


Abbildung 4: Kurskonzept Praktika Allgemeine Biologie (Institut für Biologie und ihre Didaktik, UzK)

⁸ Da die Studierenden im ersten Semester noch unerfahren sind, sollen hier zunächst Grundlagen zur Arbeit im Labor gelegt werden.

zur Hypothesenbildung, Planung, Durchführung und Auswertung der Experimente auf. Das Vorwissen der Studierenden zu den Fragestellungen wird durch Vorarbeit zu Hause aktiviert und in kurzen Onlinetests abgefragt. Im Praktikum dokumentieren die Studierenden den Experimentierprozess in Protokollen, die anschließend einem Peer- und Tutorreview unterzogen werden.

Die Studierenden experimentieren mithilfe der Anleitungen im Praktikum selbstständig. Die Unterstützung des selbstständigen Experimentierens durch die Anleitungen wird während des Semesters (10 Sitzungen + 4 Sitzungen Erhebung) sukzessive abgebaut und in freiere Formen des Experimentierens (z.B. eigene Fragestellung entwickeln) überführt (vgl. MAYER UND ZIEMEK, 2012). In weniger stark strukturierten Experimentieraufgaben kommen höhere Anforderungen an die Selbstregulation zum Tragen, da hier die Anleitung des Lernprozesses entfällt. Durch ein Strategietraining zum Einsatz des Kölner Handlungskreismodells (HKM) am Anfang des Semesters und daran anschließende Prompts werden die Studierenden in der Selbstregulation gefördert. Im Strategietraining erarbeiten die Studierenden Parallelen zwischen dem HKM und dem Experimentierprozess und lernen das HKM handlungsleitend zum Experimentieren einzusetzen. Die Prompts erinnern die Studierenden in regelmäßigen Abständen daran, das HKM einzusetzen.

4.3 Studiendesign

Zur Untersuchung der Wirksamkeit der im Lehr-Lernkonzept integrierten Selbstregulationsförderung (1. Faktor) und der Videoprotokolle (2. Faktor) wird ein 2x2 faktorielles Untersuchungsdesign eingesetzt (s. Abb. 4). Es entstehen vier unterschiedliche Faktorstufenkombinationen (Experimentalgruppen 1-4; Abb. 4), sodass die Wirkung der einzelnen Faktoren (EG2 und 3) und ihre Interaktion (EG4) gemessen werden. Aus organisatorischen Gründen ergibt die Verteilung der Versuchspersonen (Studierende) auf die Untersuchungsgruppen (Praktika) ein quasi-experimentelles Versuchsdesign, wie es in der Evaluationsforschung häufig eingesetzt wird (BORTZ UND DÖRING, 2006). In Anerkennung der

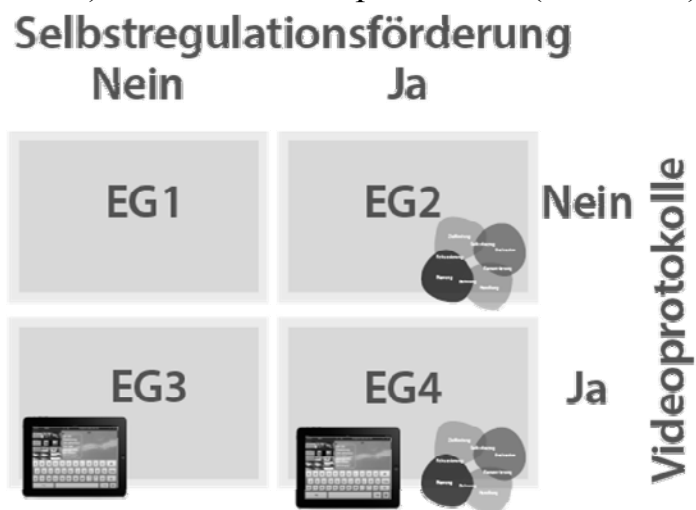


Abbildung 5: 2x2 faktorielles Untersuchungsdesign

Schwierigkeiten einer Evaluationsstudie im quasi-experimentellen Design müssen mögliche Störvariablen aber auch kontrolliert werden. So erfolgt während des Semesters eine fortlaufende Schulung der das Treatment durchführenden Tutorinnen und Tutoren. In regelmäßigen Besprechungsterminen sollen sich die Tutorinnen und Tutoren im Sinne einer Adjustierung über die Einhaltung der Instruktionen zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit austauschen. Gleichzeitig wird aber auch die Umsetzung des Treatments im Sinne des Forschenden Lernens durch ein Reflexionstool (IBSE Self-Reflection Tool: BERGMANN et al., 2012) gemessen. Schwierigkeiten in der Handhabung von Tablets bei der Protokollerstellung gegenüber von klassischen, aus der Schulzeit bekannten Papierprotokollen wird durch das Medientutorium im ersten Semester begegnet. Um dennoch nicht ausgeräumte Schwierigkeiten im Tableteinsatz aufzudecken, wird selbiger durch Videographie und einen Beobachtungsbogen zu zwei Zeitpunkten im Semester kontrolliert.

Die Messung unterschiedlicher Zuwächse in der Experimentierkompetenz zwischen den Experimentalgruppen erfolgt entsprechend dem dargelegten Kompetenzmodell (MAYER, 2007; MAYER, GRUBE UND MÖLLER, 2008) in einem Prä- und Posttest am Anfang und Ende des Semesters. Eine Vorstellung der Erhebungsinstrumente findet sich in Unterkapitel 4.4. Zur Erfassung der prozessbezogenen Teilkompetenzen werden in den Experimentalgruppen (Kurse) 4er-Gruppen aus Studierenden gebildet, die eine praktische Experimentieraufgabe bearbeiten sollen (vgl. Vorgehen bei MEIER UND MAYER, 2012). Die Zuweisung in Gruppen erfolgt auf Grundlage der Klausurnote im Praktikum Allgemeine Biologie I und dem Geschlecht, um in Bezug auf beide Aspekte heterogene Lerngruppen zu bilden.

Neben den prozessbezogenen werden auch die personenbezogenen Merkmale in einem Prä-Posttest-Design erhoben. Dazu zählen inhaltliches und methodisches Wissen (Fachwissen Allgemeine Biologie und Methodenwissen zum wissenschaftlichen Vorgehen), Intelligenz und Selbstregulationsfähigkeiten. Intelligenz wird nur im Prä-Test gemessen, da sie das für Forschendes Lernen wichtige induktive Denken umfasst (KEMPF UND KÜNSTING, 2013) und keine Effekte durch die Fördermaßnahme zu erwarten sind.

4.4 Erhebungsinstrumente

Die Komplexität des Konstrukts Experimentierkompetenz erfordert die Erfassung des deklarativen und prozeduralen Wissens sowie weiterer Personenmerkmale, wie Selbstregulationsfähigkeiten und Intelligenz. Aus diesem Grund werden unterschiedliche Instrumente eingesetzt. Da nicht immer entsprechende

Instrumente bereits entwickelt und veröffentlicht sind, wird auch auf selbstentwickelte Instrumente zurückgegriffen.

4.4.1 Wissenstest

Zur Erfassung des deklarativen Wissens werden zwei papierbasierte Wissenstests eingesetzt. Das inhaltliche Wissen wird durch einen an den Inhalten des Moduls und per Expertenbefragung validierten Multiple-Choice-Test mit 12 Items erfasst. Methodisches Wissen zum Experimentieren wird durch eine Reihenfolgenaufgabe erfasst. Hier entspricht jedes Item einem Prozessschritt wissenschaftlichen Vorgehens nach MAYER (2002, S. 12). Die Reihenfolgenaufgabe wurde ebenfalls durch eine vorangehende Expertenbefragung validiert.

4.4.2 Fragebogen zur Selbstregulation

Die Fähigkeit zur Selbstregulation wird durch einen Fragebogen mit insgesamt 55 Items auf 8 Skalen (u.a. Zielfindung, Planung, Handlung, Evaluation), der in der Pädagogischen Psychologie I der Universität zu Köln entwickelt und bereits in zwei Studien erprobt wurde (ARMBRÜSTER, 2013 und KLENZAN, in Vorbereitung), erfasst. Dazu schätzen die Studierenden ihre Fähigkeit anhand einer 4 stufigen Likert-Skala ein.

4.4.3 Praktische Experimentieraufgabe (Performance Assessment)

Experimentierkompetenz wird als „wissenschaftliches Denken“ (MAYER, 2007) nicht nur durch Personenvariablen (Wissen, Intelligenz, metakognitive Fähigkeiten und Wissen), sondern auch durch Prozessvariablen bestimmt. Die Prozessvariablen sollen als Teilkompetenzen (Hypothesen generieren, Untersuchungen planen, Untersuchungen durchführen und Daten analysieren) nach MAYER (2007) und MEIER UND MAYER (2013) durch praktisches Experimentieren (performance assessment, SHAVELSON UND RUIZ-PRIMO, 1999) erhoben werden, da im Gegensatz zu paper and pencil-Tests die tatsächliche Experimentierleistung eher mit den Daten, die bei praktisch durchgeführten Experimenten erhoben wurden, korreliert (ebd., 1999).

Entsprechend der Definition von „performance assessment“ bearbeiten die Studierenden in 4er-Gruppen eine praktische Experimentieraufgabe, in der (1) eine gegebene Fragestellung (*Veränderung von Kartoffelstücken in Abhängigkeit von Salzlösungen unterschiedlicher Konzentration*) untersucht, (2) ein offener Protokollbogen ausgefüllt und die Videographie und der Protokollbogen anhand (3) eines Scoring-Systems ausgewertet werden sollen. Es wird also eine Problemstellung, die praktisches Experimentieren erfordert, ein Antwortformat, das die Protokollierung des Vorgehens verlangt, und ein Scoring-

System, das theoriegeleitet entwickelt wurde, vorgegeben (vgl. Tab. 1). Die Experimentieraufgabe lässt sich als vergleichende Untersuchung (Comparative Investigation) klassifizieren, die ein prozessbasiertes Scoring-System erfordert (SHAVELSON UND RUIZ-PRIMO, 1999, S. 115). Entsprechend werden die Prozessvariablen nach MAYER (2007) als Teilkompetenzen in ein deduktives Kategorienschema überführt und auf die Videographie der Experimentieraufgabe angewandt, so dass die Messmethode der Experimentieraufgabe eine offene (im Gegensatz zu verdeckte), nicht-teilnehmende Beobachtung (Videographie) ist. Das Scoring-System soll als deduktives Kategorienschema an das Videomaterial herangetragen werden (MAYRING, 2008) und in einer skalierenden Strukturierung ausgewertet werden. Die skalierende Strukturierung soll das Material so aufbereiten, dass die Experimentierkompetenz anhand der praktischen Experimentieraufgabe mindestens ordinalskaliert eingeschätzt werden kann.

Tabelle 4: Testtyp nach SHAVELSON UND RUIZ-PRIMO, 1999, S.117

Type of Assessment	Task	Response Format	Scoring System
Comparative Investigation	Studierende untersuchen, welche Auswirkung	Studierende dokumentieren Schritte ihrer Unter-	Prozess-basiert: misst die „Wissenschaftlichkeit“
<i>Osmotische Wirkung bei Kartoffelstücken</i>	Salzlösungen unterschiedlicher Konzentration auf Kartoffelstücke haben.	suchung und erstellen ein aussagekräftiges Protokoll.	des Vorgehens (Hypothese, Planung, Durchführung, Auswertung) und die Plausibilität der Ergebnisse

Die praktische Experimentieraufgabe im performance assessment bearbeiten die Studierenden in Gruppen. Die Gruppen entsprechen der Zusammensetzung, in der die Studierenden auch während des Semesters arbeiten, so dass eine Aussage über die Entwicklung der Gruppe möglich wird.

5 Ausblick

Die erhobenen Daten sollen anhand des Kompetenzmodells nach MAYER, GRUBE UND MÖLLER (2008) miteinander in Verbindung gesetzt werden, um eine Aussage über die Lernzuwächse in den Experimentalgruppen zu ermöglichen. Erste Ergebnisse liegen nach dem Sommersemester 2014 vor. Wir versprechen uns Aussagen über Lernzuwächse beim Experimentieren, indem quantitativ erhobene Daten über das inhaltliche und methodische Wissen mit qualitativ erhobenen Daten über den praktisch umgesetzten Experimentierprozess trianguliert werden.

Zitierte Literatur

- ARMBRÜSTER, C. (2013). Lernprozesse vielfältig gestalten: Entwicklung, Durchführung und Evaluation eines Modells zur Förderung des selbstregulierten Lernens. Hamburg: Verlag Dr. Kovač.
- ASCHERMANN UND ARMBRÜSTER (2009): get involved – Persönliche Kompetenzen erkennen und fördern. Abschlussbericht des SERGE-Projekts an der Universität zu Köln. Universität zu Köln: Köln.
- BANNERT, M. (2003). Effekte metakognitiver Lernhilfen auf den Wissenserwerb in vernetzten Lernumgebungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17 (1), 13-25.
- BERGMAN, G., BORDA CARULLA, S., ERGAZAKI, M., HARLEN, W., KOTUALKOVA, K., PASCUCCI, A., SCHOULTZ, J., TRANSETTI, C. UND ZOLDOVA, K. (2012): Tools for Enhancing Inquiry in Education. The Fibonacci Project.
- BORTZ, J. UND DÖRING, N. (2009): Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. Springer Verlag: Heidelberg.
- BRESGES, A., SCHMOOCK, J., QUAST, A., SCHUNKE-GALLEY, J., WEBER, J., FIRMEINICH, D., BECKMANN, R., KREITEN, M. (2013): Einfluss des iPads als Lernwerkzeug beim Lernen an Stationen: Erste Zwischenergebnisse mit dem „Reichshofer Experimentierdesign“. *MNU Themenspezial MINT*, 52-61.
- BRUCKERMANN, T., ASCHERMANN, E., BRESGES, A. UND SCHLÜTER, K. (2014): Selbstreguliertes Experimentieren mit dem Tablet. *MNU Themenspezial MINT: Unterricht mit Tablet-Computern lebendig gestalten*, 43-51.
- CASTEK, J. UND BEACH, R. (2013): Using Apps to Support Disciplinary Literacy and Science Learning. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 56 (17). 554-564.
- EID, M., GOLLWITZER, M. UND SCHMITT, M. (2010): Statistik und Forschungsmethoden. Beltz, Weinheim.
- FRIEDRICH, H.F. UND MANDL, H. (1992): Lern- und Denkstrategien- ein Problemaufriss. In: H. MANDL UND H.F. FRIEDRICH [Hrsg.]: Lern- und Denkstrategien: Analyse und Intervention. Hogrefe, Göttingen, 3-54.
- GLOGGER, I., HOLZÄPFEL, L., SCHWONKE, R., NÜCKLES, M. & RENKL, A. (2009): Activation of learning strategies in writing learning journals. The specificity of prompts matters. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23 (2), 95-104.
- GROPENGIEBER, H. (2013): Experimentieren. In: GROPENGIEBER, H. et al. [Hrsg.]: *Fachdidaktik Biologie* (284-293). Aulis Verlag, Hallbergmoos.
- GUNSTONE, R.F. UND CHAMPAGNE, A.B. (1990). Promoting conceptual change in the laboratory. In HEGARTY-HAZEL, E. [Hrsg.]: *The student laboratory and the science curriculum*. Routledge, London, 159-182.
- HARMS, U. (2007) Theoretische Ansätze zur Metakognition. In: KRÜGER, D. & VOGT, H. [Hrsg.]: *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 129-140.
- HASSELHORN, M. UND GOLD, A. (2013): *Pädagogische Psychologie*. Kohlhammer, Stuttgart.
- HILFERT-RÜPPELL, D., LOOß, M., MÜLLER, R., HÖNER, K., PIETZNER, V., STRAHL, A., EGHTESSAD, A., KLINGENBERG, K., GLÄSER, E. (2009): Fehlerfrei experimentieren? – Wie Studierende ein Experiment planen. In Harms, U. et al. (Hrsg.): *Heterogenität erfassen – individuell fördern im Biologieunterricht*. Tagungsband zur Internationalen Tagung der FDdB des IPN Leibniz- Instituts für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- KEMPE, J. UND KÜNSTING, J. (2013). Wirksamkeit metakognitiver Lernhilfen bei entdeckendem Lernen durch Experimentieren in der Sekundarstufe 1. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 60 (4), 267-281.
- KIPNIS, M. UND HOFSTEIN, A. (2008): The inquiry laboratory as a source for development of meta-cognitive skills. *International Journal of Science and Mathematic Education* 6 (2008), 601-627.

- KLENZAN, J. (in Vorbereitung): Selbstregulation im Mathematikunterricht gemeinsam entwickeln (Arbeitstitel). Universität zu Köln, Köln.
- KREMER, K. UND ARNOLD, J. (2012): Lipase in Milchprodukten. Schüler erforschen die Temperaturabhängigkeit von Enzymen. *Praxis der Naturwissenschaften - Biologie in der Schule*, 61 (7), 15-21.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK) (2010): Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und die Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.09.2010. Online abgerufen unter http://www.akkreditierungsrat.de/fileadmin/Seiteninhalte/KMK/Vorgaben/KMK_Lehrerbildung_inhaltliche_Anforderungen_aktuell.pdf am 13.12.2012.
- MAYER, J. (2002). Vom Schulversuch zum Forschenden Unterricht - Wissenschaftliches Arbeiten im Biologieunterricht am Beispiel der Fotosynthese. Materialien zum BLK-Programm "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts". Kiel: IPN. Online abgerufen unter <http://sinus-transfer.uni-bayreuth.de/fileadmin/MaterialienDB/61/Photosynthese.doc> am 22.04.2014
- MAYER, J. (2007): Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In: KRÜGER, D. & VOGT, H. [Hrsg.]: *Theorien in der biologiepädagogischen Forschung*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 177-184.
- MAYER, J. UND ZIEMEK, H.P. (2006): Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. In: MAYER, J. [Hrsg.]: *Unterricht Biologie*, 317, 4-12.
- MAYER, J., GRUBE, C. UND MÖLLER, A. (2008): Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In: HARMS, U. UND SANDMANN, A. [Hrsg.]: *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik*, Band 3, Studienverlag, Innsbruck, 63-79.
- MAYRING, P. (2008): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Beltz, Weinheim.
- MEIER, M.; MAYER, J. (2012): Experimentierkompetenz praktisch erfassen. Entwicklung und Validierung eines anwendungsbezogenen Aufgabendesigns. In: HARMS, U. UND BOGNER, F. X. [Hrsg.]: *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik. Didaktik der Biologie - Standortbestimmung und Perspektiven*. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO, Bayreuth 2011. Studienverlag, Innsbruck, Wien, Bozen (5), 81-98.
- MEIER, M.; MAYER, J. (2014): Selbstständiges Experimentieren Teil1. Entwicklung und Einsatz eines anwendungsbezogenen Aufgabendesigns. *Der mathematisch naturwissenschaftliche Unterricht*, 67 (1), 4-9.
- REICH, K. (2009): Konstruktivistische Didaktik - Kontexte und handlungsbezogene Perspektiven. In: PLÖGER, W. [Hrsg.]: *Lernen in der Schule*. Aschendorff, Münster.
- RETZLAFF-FÜRST, C. (2013): Protokollieren, Zeichnen und Mathematisieren. In: GROPPENGIEBER, H. et al. [Hrsg.]: *Fachdidaktik Biologie* (312-324). Aulis Verlag, Hallbergmoos.
- SHAVELSON, R. UND RUIZ-PRIMO, M. (1999): Leistungsbewertung im naturwissenschaftlichen Unterricht [H. Beister, Übers.]. *Unterrichtswissenschaft* 27 (2), 102-127.
- THILLMANN, H., KÜNSTING, J., WIRTH, J. & LEUTNER, D. (2009). Is it merely a question of „What to prompt“ or also „When“ to prompt? The role of point of presentation time of prompts in self-regulated learning. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23 (2), 105-115.
- 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.

