

Evaluation eines Seminars zur Planung selbstgesteuerter Experimente

Theoretischer Hintergrund

Während Schülerexperimente im naturwissenschaftlichen Unterricht als wichtige Methode zum Kompetenzerwerb angesehen werden, gibt es einen Dissens über ihre tatsächliche Lernwirksamkeit (Kechel, 2016). Die Art der Gestaltung und Einbettung der Experimentierprozesse ist entscheidend für den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler (Wahser & Sumfleth, 2008; Kechel, 2016; Walpuski & Hauck, 2017). Für eine angemessene Planung selbstgesteuerter Experimentierprozesse bedarf es einiger Kriterien, die wechselseitig aufeinander abgestimmt werden müssen. Dazu zählen die Anpassung des Experimentierprozesses an vorher klar definierte und transparente Lernziele, die ziel- und adressatenorientierte offene Gestaltung, sowie Strukturierungs- und Unterstützungsmaßnahmen während des Experimentierens (Hofstein & Lunetta, 2004; Koenen, Emden & Sumfleth, 2016; Priemer, 2011; Thillmann, 2008; Hänze et al., 2010; Arnold, Kremer & Mayer, 2017). Zusätzlich müssen die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler in die Planung einbezogen werden (Börlin, 2012; Koenen et al., 2016). Dazu zählt neben der Einbettung des Experiments in einen für Schülerinnen und Schüler relevanten lebensweltlichen oder fachimmanenten Kontext auch die Anpassung der Offenheit und Unterstützung an das jeweilige Vorwissen der Schülerinnen und Schüler (Börlin, 2012, Koenen et al., 2016; Koenen & Kirstein, 2017). Das Wissen über Experimentierprozesse und deren Einsatz im Unterricht werden dabei als wichtige Bestandteile des fachdidaktischen Wissens von Lehrkräften erachtet (Gramzow, Riese & Reinhold, 2013). Für das Planen von Experimenten im naturwissenschaftlichen Kontext können Selbstwirksamkeitserwartungen (SWE) als medierender Faktor berücksichtigt werden (Rabe, Meinhardt & Krey, 2012). Um Chemielehramtsstudierende an die Planung von selbstgesteuerten Experimentierprozessen heranzuführen, wurde eine Planungshilfe erstellt. Diese verortet die oben genannten Kriterien innerhalb des Modells der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997). In diesem Modell werden die fachliche Klärung, die Lernerperspektive und die didaktische Strukturierung (Ziel-, Inhalts- und Methodenentscheidungen) systematisch aufeinander bezogen und in Beziehung gesetzt (Kattmann, 2007). Die Formulierung von klaren überprüfbaren Lernzielen und die Gestaltung von Experimentierprozessen hinsichtlich Offenheit, Unterstützung, Einbettung etc. können im Modell der didaktischen Strukturierung zugeordnet werden.

Bei den im Seminar verwendeten Feedbackverfahren handelt es sich um ein Peer Review Verfahren, bei dem jeder Seminarteilnehmer sowohl Feedback gibt, als auch selbst erhält (Nicol, Thomson & Breslin, 2014). Studien zur Schreibqualität in Physik zeigen, dass nicht nur das Erhalten, sondern vor allem auch das Geben von Feedback einen lernförderlichen Effekt haben kann (Cho & Cho, 2011). Außerdem scheint das Feedback von mehreren Feedbackgebern einen Vorteil gegenüber dem Feedback von nur einem Feedbackgeber zu haben (Cho & MacArthur, 2010). Die Beschäftigung mit dem Feedback in Form der Selbstreflexion stellt dabei eine wichtige Grundlage für die Lernwirksamkeit des Feedbacks dar (Nicol, Thomson & Breslin, 2014).

Ziele der Arbeit

- Entwicklung eines Seminarkonzepts zur Förderung der Planungskompetenz bezüglich selbstgesteuerter Experimentierprozesse

- Entwicklung eines Tests zur Erfassung der Planungskompetenz bezüglich selbstgesteuerter Experimentierprozesse
- Entwicklung und Evaluation eines Kodiermanuals zur Analyse der Planungskompetenzen der Studierenden

Forschungsfragen

- FF 1: Kann die Planungskompetenz der Studierenden bezüglich selbstgesteuerter Experimentierprozesse im Rahmen des konzipierten Seminars gefördert werden?
- FF 2: Kann das experimentell-fachdidaktische Wissen durch Teilnahme am Seminar gesteigert werden?
- FF 3: Inwiefern entwickeln sich die geplanten Experimentierprozesse der Studierenden im Verlauf des Seminars?

Design und Methoden

Bei der Prätestung wird zu Beginn des Seminars das experimentell-fachdidaktische Wissen, die Planungskompetenz bezüglich selbstgesteuerter Experimentierprozesse, sowie Kontrollvariablen, Zielorientierungen, fachspezifische Überzeugungen und Selbstwirksamkeitserwartungen der Studierenden durch Paper-Pencil-Tests erhoben. Das experimentell-fachdidaktische Wissen wird mit Hilfe eines Tests adaptiert nach Backes, Sumfleth & Tepner (2012) erfasst. Zur Untersuchung der Planungskompetenz wurde ein Test entworfen, bei dessen Bearbeitung die Studierenden ausgehend von einer vorgegebenen Experimentieranleitung zum Thema „unedle Metalle in verdünnten sauren Lösungen“ einen möglichst selbstgesteuerten Experimentierprozess planen sollen. Zur Auswertung soll ein Kodiermanual entwickelt und evaluiert werden.

Ähnlich einer Learning Study hat das Seminarkonzept eine zyklische Struktur und ermöglicht Prozesse der Planung, des Feedbacks, der Selbstreflexion und der Optimierung (Nilsson, 2014). Nach einer theoretischen Einführung zum Einsatz und zur Gestaltung von Schülerexperimenten planen die teilnehmenden Studierenden, ausgehend von den ihnen zugewiesenen Lehrplanthemen, je zwei selbstgesteuerte Experimentierprozesse. Die entsprechenden Experimente werden in einer Experimentierphase zunächst selbst durchgeführt. Im Verlauf des nächsten Seminartermins werden die erstellten Entwürfe von den Kommilitonen getestet und mittels Feedbackbogen evaluiert. Beim dritten Seminartermin reflektieren die Studierenden auf Grundlage der ausgefüllten Feedbackbögen ihre eigenen Entwürfe. Diese Abfolge wird im Laufe des Seminars dreimal wiederholt. Ein detaillierter Ablauf wird bei Seiler & Tepner (2019) dargestellt.

Durch den zyklischen Ablauf des Seminars ergeben sich sechs Messzeitpunkte, an denen die geplanten Experimentierprozesse (Entwürfe) der Studierenden erhoben werden. Diese werden jeweils vor der Testung durch die Kommilitonen und nach der Reflexion abgegeben. Zur Beantwortung der dritten Forschungsfrage sollen diese Entwürfe qualitativ untersucht werden. Das Seminar endet mit einem Posttest, in dem erneut das experimentell-fachdidaktische Wissen, die Planungskompetenz bezüglich selbstgesteuerter Experimentierprozesse, Zielorientierungen, fachspezifische Überzeugungen und Selbstwirksamkeitserwartungen erhoben werden.

Anpassungen nach der Pilotierung 1

Nach der Pilotierung 1 wurde von den teilnehmenden Studierenden ein Evaluationsbogen mit teils offenem teils geschlossenem Format ausgefüllt. Auf Grundlage dieses Feedbacks wurden vor der Pilotierung 2 ausgewählte Aspekte verändert. Beispielsweise wurden die Inhalte anhand ausgewählter Beispiele konkretisiert, die Planungshilfe vereinfacht und der eingesetzte Feedbackbogen zur Konkretisierung erweitert.

Erste Ergebnisse der Pilotstudien

Die folgenden Ergebnisse beziehen sich auf den Test zum experimentell-fachdidaktischen Wissen und auf zwei der vier Skalen zur Selbstwirksamkeitserwartung (Rabe, Meinhardt & Krey, 2012). Da die Stichprobengrößen z. T. gering, aber die gefundenen Effektstärken z. T. groß sind, werden die Ergebnisse der einzelnen Teilstudien vergleichend dargestellt. Diese sind vorsichtig als Hinweise für die dargestellten Befunde zu interpretieren.

Mit einem Cronbach's Alpha von .80 weist der PCK-Test eine gute Reliabilität auf. Nachdem einige ausgewählte Aspekte zwischen den beiden Pilotstudien verändert wurden, konnte mithilfe einer Varianzanalyse ein signifikanter Einfluss der Studienzugehörigkeit auf das Posttest-Ergebnis nachgewiesen werden ($F = 7.547$, $p = .0124^*$, $\eta^2 = 0.261$). Das bedeutet, dass die Pilotierungsstichprobe 2 im Posttest signifikant besser abschneidet, als die Pilotierungsstichprobe 1. Die beiden Stichproben unterscheiden sich zum Messzeitpunkt 1 nicht signifikant voneinander ($t(27) = 0.42$, n.s.), sodass davon auszugehen ist, dass sie der gleichen Grundgesamtheit angehören und somit statistisch vergleichbar sind. Das bessere Abschneiden der Pilotierungsstichprobe 2 im Vergleich zur Pilotierungsstichprobe 1 kann ein Hinweis darauf sein, dass die oben genannten Optimierungs- und Konkretisierungsmaßnahmen gewinnbringend sind. Insgesamt konnte für beide Pilotierungsstudien ein Wissenszuwachs im experimentell-fachdidaktischen Wissen beobachtet werden, der nur im Falle der zweiten Pilotierung signifikant wird. Mittels Cohen's d konnten mittlere (Pilotierung 1) bis sehr hohe (Pilotierung 2) Effektstärken berechnet werden.

Die beiden Skalen zu den Selbstwirksamkeitserwartungen weisen durchgehend eine gute Reliabilität auf. Bei den Selbstwirksamkeitserwartungen zeigt sich stichprobenübergreifend eine hoch-signifikante Verbesserung mit sehr hohen Effektstärken. Über beide Pilotierungsstudien hinweg scheinen die Studierenden ihre Kompetenzen bezüglich der Planung und Durchführung von Experimenten nach dem Seminar hoch-signifikant besser einzuschätzen, als vor dem Seminar.

Tabelle 1: Ergebnisse des PCK-Tests und der SWE zur Planung und Durchführung von Experimenten

	Pilotierung 1	Pilotierung 2	Pilotierung 1 + 2
experimentell-fachdidaktisches Wissen Reliabilität: $\alpha = .80$	$t(16) = 1.63$ $p = .12$ $d = .40$	$t(6) = 2.78$ $p = .03^*$ $d = 1.05$	$t(23) = 2.88$ $p < .01^{**}$ $d = 0.59$
Selbstwirksamkeitserwartungen			
Planung von Experimenten Reliabilität: $\alpha = .86$	$t(16) = 4.86$ $p < .001$ $d = 1.18$	$t(6) = 4.61$ $p < .01$ $d = 1.74$	$t(23) = 6.53$ $p < .001$ $d = 1.33$
Durchführung von Experimenten Reliabilität: $\alpha = .86$	$V = 105$ $p < .0001$ $d = 1.06$	$t(6) = 3.74$ $p < .01$ $d = 1.41$	$V = 210$ $p < .001$ $d = 1.14$

Ausblick

Im Wintersemester 2019/20 beginnt die Hauptstudie. Um Aussagen über die Planungskompetenz der Studierenden zu ermöglichen, wird das oben genannte Kodiermanual fertiggestellt und evaluiert. Eine qualitative Analyse der im Rahmen des Seminars entstandenen Entwürfe soll Aufschluss über die Entwicklung der Experimentierprozesse über den Seminarzeitraum hinweg geben. Ergänzend werden in der Hauptstudie mögliche Probleme erhoben, die bei den Studierenden während der Planung der Experimentierprozesse auftreten.

Literatur

- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23 (1), 21–37.
- Backes, A., Sumfleth, E. & Tepner, O. (2012). *Test zum experimentell-fachdidaktischen Wissen von Chemielehrkräften*. Unveröffentlichtes Manuskript, Essen.
- Börlin, J. (2012). *Das Experiment als Lerngelegenheit. Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 132). Zugl.: Basel, Univ., Diss., 2012. Berlin: Logos-Verl.
- Cho, K. & MacArthur, C. (2010). Student Revision with Peer and Expert Reviewing. *Learning and Instruction*, 20, 328–338.
- Cho, Y. H. & Cho, K. (2011). Peer reviewers learn from giving comments. *Instructional Science*, 39 (5), 629–643.
- Gramzow, Y., Riese, J. & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 7–30.
- Hänze, M., Schmidt-Weigand, F. & Stäudel, L. (2010). Gestufte Lernhilfen. In S. Boller & R. Lau (Hrsg.), *Innere Differenzierung in der Sekundarstufe II: Ein Praxishandbuch für Lehrerinnen und Lehrer der Sekundarstufe II* (S. 63–73). Weinheim: Beltz.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education. Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88 (1), 28–54.
- Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion – eine praktische Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (Springer-Lehrbuch, S. 93–104). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3, 3–18.
- Kechel, J.-H. (2016). *Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren*. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.
- Koenen, J., Emden, M. & Sumfleth, E. (Hrsg.). (2016). *Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung* (Ganz In - Materialien für die Praxis). Münster: Waxmann.
- Koenen, J. & Kirstein, D. (2017). Ein unbekanntes Gas identifizieren. Öffnungsgrade von Experimentiersituationen. *Naturwissenschaften im Unterricht/Chemie*, 28, 14–18.
- Nicol, D., Thomson, A. & Breslin, C. (2014). Rethinking feedback practices in higher education: a peer review perspective. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 39 (1), 102–122.
- Nilsson, P. (2014). When Teaching Makes a Difference: Developing science teachers' pedagogical content knowledge through learning study. *International Journal of Science Education*, 36 (11), 1794–1814.
- Priemer, B. (2011). Was ist das Offene beim offenen Experimentieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 315–337.
- Rabe, T., Meinhardt, C. & Krey, O. (2012). Entwicklung eines Instruments zur Erhebung von Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 293–315.
- Seiler, F. & Tepner, O. (2019). Entwicklung eines Seminarkonzepts zur Planung von Experimenten. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (Bd. 39, S. 858–861). Regensburg.
- Thillmann, H. (2008). *Selbstreguliertes Lernen durch Experimentieren: Von der Erfassung zur Förderung*. Dissertation. Universität Duisburg-Essen, Duisburg-Essen.
- Wahser, I. & Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 219–241.
- Walpuski, M. & Hauck, A. (2017). Experimente und Lernerfolg. Wie können Experimentierphasen optimiert werden, um Interesse und Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler zu erhöhen? *Naturwissenschaften im Unterricht/Chemie*, 28, 8–13.