

Evaluation eines Seminarkonzepts zur Planung von Experimenten

Theoretischer Hintergrund

Die Unterrichtsplanung stellt neben der Durchführung und Reflexion von Unterricht eine der Kernaufgaben und Kernkompetenzen von Lehrkräften dar (Sekretariat Kultusministerkonferenz, 2019). Darunter fallen alle Maßnahmen, welche zur Optimierung des Unterrichts im Vorhinein getroffen werden (Gassmann, 2013). Da Unterricht ein komplexes Geschehen ist, handelt es sich bei dessen Planung um kognitive Entscheidungsprozesse, welche nicht linear, sondern zirkulär und sprunghaft sind und von analysierten Voraussetzungen ausgehen (Shavelson & Stern, 1981; Vogelsang & Riese, 2017). Auch im Refined Consensus Modell of PCK (RCM) wird der zyklische Ablauf des Planens, Durchführens und Reflektierens von Unterricht ins Zentrum des Handlungsfeld von Lehrkräften gestellt (Carlson & Daehler, 2019). Die Kompetenzen, Unterricht zu gestalten, werden in diesem Modell als Teil des persönlichen fachdidaktischen Wissens und Könnens (pPCK) gesehen. Das Planungs-handeln von Lehrkräften wird als Teil des enacted PCK (ePCK) betrachtet. Dabei handelt es sich um die fachdidaktischen Kompetenzen einer Lehrkraft, die in einer spezifischen Handlungssituation tatsächlich abgerufen und eingesetzt werden (Carlson & Daehler, 2019). Zwischen dem pPCK und dem ePCK gibt es einen wechselseitigen Wissensfluss. Beispielsweise kann sich durch bewusste oder unbewusste Reflexion von Unterrichtsplänen und deren Ausführung das pPCK einer Lehrkraft weiterentwickeln (Alonzo, Berry & Nilsson, 2019).

Speziell im naturwissenschaftlichen Unterricht ist das Wissen über Experimente und deren lernförderlicher Einsatz eine bedeutende Teilfacette fachdidaktischen Wissens und Könnens (Gramzow, Riese & Reinhold, 2013). Studien zeigen, dass im naturwissenschaftlichen Unterricht häufig stark vorstrukturierte Experimentieranleitungen zum Einsatz kommen, wodurch insbesondere das eigenständige Entwickeln von Experimenten seitens der Schülerinnen und Schüler vernachlässigt wird (Reiss, Sälzer, Schiepe-Tiska, Klieme & Köller, 2016). Insgesamt zeigt sich in verschiedenen Teilprozessen unterrichtlicher Experimentiersituationen ein hoher Anteil der Lehrkraft. Viele Aspekte werden vorgegeben oder gemeinsam im durch die Lehrkraft angeleiteten Unterrichtsgespräch erarbeitet (Stiller, 2015). Der Erwerb der vielfältigen Kompetenzen, wie sie insbesondere im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung der nationalen Bildungsstandards (Sekretariat der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005) formuliert werden, kann durch den bloßen Einsatz gelenkter Unterrichtsformen nicht sichergestellt werden (Kremer, Möller, Arnold & Mayer, 2019). Eine Möglichkeit, den aktiven Anteil der Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren zu erhöhen, ist der Einsatz von selbstgesteuerten bzw. offenen Schülerexperimenten (Priemer, 2011). Um dabei die Lernenden nicht zu überfordern, gilt es einen geeigneten Grad an Offenheit und Strukturierung zu finden. Offene bzw. forschende Formen des Schülerexperiments, in denen gleichzeitig adäquate Unterstützung geboten wird, weisen ein lernwirksames Potential auf (Furtak, Seidel, Iverson & Briggs, 2012), insbesondere hinsichtlich wissenschaftsmethodischer Kompetenzen (Hof, 2011). Bei der Planung selbstgesteuerter Experimentierumgebungen bedarf es deshalb vieler Überlegungen. Beispielsweise benötigt die Lehrkraft Wissen darüber, auf welche Art und Weise Offenheit beim Experimentieren generiert werden kann (Priemer, 2011). Darüber hinaus sollten im Voraus die jeweiligen Zielsetzungen geklärt werden, um einerseits Zielklarheit für die Schülerinnen und Schüler zu

schaffen (Börlin, 2012; Hofstein & Lunetta, 2004) und andererseits nicht zu viele Ziele gleichzeitig zu verfolgen (Rincke, 2016). Ausgehend von den Voraussetzungen der spezifischen Lerngruppe muss geklärt werden, inwiefern der Experimentierprozess geöffnet werden kann und wie viel Unterstützung für die Schülerinnen und Schüler bereitgestellt werden muss (Koenen, 2016). Experimentieren kann als kontextorientierte Tätigkeit betrachtet werden (Börlin, 2012). Das Herstellen von Bezügen zu vorher behandelten Inhalten und zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler kann daher einen Vorteil für das Lernen und die Motivation der Schülerinnen und Schüler bringen (Habig, van Vorst & Sumfleth, 2018; Schulz, 2011).

Ziele und Forschungsfragen

Hauptziel des Projektes ist es, ein Seminarkonzept zu entwickeln, in dem die experimentelle Planungskompetenz von Chemie-Lehramtsstudierenden gefördert werden kann. Im Rahmen der Evaluation des Seminarkonzepts wird die Entwicklung des experimentell-fachdidaktischen Wissens (FF 1) und der experimentellen Planungskompetenz (FF 2) der teilnehmenden Studierenden untersucht. Darüber hinaus wird die Entwicklung der Qualität der während des Seminars von den Studierenden erstellten Experimentierprozesse, untersucht (FF 3). Der zur Erhebung des Planungshandelns entwickelte Performanztest sowie das zur Analyse der Planungen entwickelte Kodiermanual sollen hinsichtlich ihrer Güte empirisch überprüft werden (FF 4).

Methodik und Design

Im Rahmen des Seminars erhalten die Studierenden die Aufgabe, nach einer einführenden Theoriephase unter Zuhilfenahme einer Planungshilfe und ausgehend von recherchierten Experimentieranleitungen selbstständig insgesamt sechs verschiedene Experimentierprozesse (Entwürfe) zu planen. Das Seminarkonzept ist zyklisch aufgebaut, sodass in je drei zusammenhängenden Seminarterminen pro Person je zwei Experimentierprozesse geplant werden. In einem jeweils ersten Termin („Experimentierphase“) führen die Studierenden die recherchierten Experimente zunächst selbst durch. Bis zum nächsten Seminartermin entwickeln die Studierenden daraus (offene) Experimentierprozesse. Diese Experimentierrumgebungen werden dann von Kommiliton*innen durchgeführt und mittels Feedbackbogen evaluiert („Anwendungsphase“). In einem jeweils abschließenden Seminartermin reflektieren die Studierenden ihre eigenen Experimentierprozesse schriftlich, in dem sie die ausgefüllten Feedbackbögen heranziehen („Reflexionsphase“). Dieser Zyklus aus Planung, Durchführung und Reflexion (vgl. RCM of PCK) findet insgesamt dreimal statt. Das Seminar umfasste insgesamt zwischen 13 und 15 Seminartermine. An der Hauptstudie im Sommersemester 2019 und im Wintersemester 2019/20 nahmen insgesamt 31 Studierende teil. Zur Untersuchung der Forschungsfragen wurden unmittelbar vor dem Seminar (Pretest), unmittelbar nach dem Seminar (Posttest) und im Falle der Hauptstudie im Wintersemester 2019/20 sechs Monate nach Abschluss des Seminars (Follow-Up-Test) u. a. Instrumente zur Messung des experimentell-fachdidaktischen Wissens (Backes, Sumfleth & Tepner, 2012) und zur experimentellen Planungskompetenz (Seiler, in Druck) eingesetzt. Darüber hinaus wurden die von den Studierenden entwickelten Experimentierprozesse pseudonymisiert erhoben. Die Auswertung der schriftlichen Planungen im Rahmen des Planungskompetenztests und der Experimentierprozesse erfolgt mit Hilfe eines entwickelten Kodiermanuals, welches insgesamt 26 Subkategorien umfasst. Zur Bildung eines Score-Wertes pro Dokument werden die durch die Kodierung vergebenen Codes aufsummiert, durch die mögliche Gesamtpunktzahl geteilt und mit 100 multipliziert.

Ergebnisse

Die Proband*innen erreichten im Mittel Score-Werte von 61.50 % ($SD = 15.51$) zum Pretest-Zeitpunkt und 70.71 % ($SD = 15.05$) zum Posttest-Zeitpunkt. Der mittlere Score-Wert der 23 Personen, die an der Follow-Up-Erhebung teilnahmen, betrug 66.24 % ($SD = 14.95$). Die Mittelwertsunterschiede waren dabei statistisch signifikant bei mittlerer Effektstärke (Pre/Post: $t(30) = 3.92$; $p < .001$; $d = 0.70$; Pre/Follow-Up: $t(22) = 2.51$; $p < .05$; $d = .52$). Im Test zur experimentellen Planungskompetenz ergab sich zum ersten Messzeitpunkt ein mittlerer Score-Wert von 37.45 % ($SD = 9.76$) und ein Score-Wert von 53.82 % ($SD = 10.59$) zum zweiten Messzeitpunkt. Sechs Monate nach dem Seminar erzielten die Studierenden einen durchschnittlichen Score-Wert von 48.81 % ($SD = 10.89$). Auch hier zeigten sich statistisch signifikante Mittelwertsunterschiede mit großer Effektstärke (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Inferenzstatistik experimentelle Planungskompetenz

Vergleich der Messzeitpunkte	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i> *	<i>d</i>
Pre-Post	7.38	23	< .001	1.51
Pre-Follow-Up	4.56	20	< .001	1.00

Hinweis: *p** = Bonferroni korrigierter *p*-Wert

Die Entwicklung der Qualität der Experimentierprozesse hängt nicht vom Zyklus ab, in dem die jeweiligen Entwürfe geplant wurden ($F(2, 46) = 1.04$, $p = 0.36$, $\eta^2 = .01$). Dies bedeutet, dass die Qualität der Entwürfe nicht von der ersten über die zweite zur dritten Lerngelegenheit gesteigert werden kann.

Zur Bewertung der Objektivität der Messinstrumente wurden Übereinstimmungskoeffizienten von je zwei Kodierer*innen von je 15 Dokumenten (ca. 20 % des Datenmaterials) bestimmt. Die prozentuale Übereinstimmung von 83 % (Entwürfe) bzw. 78.8 % (Tests) sowie die Krippendorffs Alpha-Koeffizienten von .91 (Entwürfe) bzw. .86 (Tests) sprechen für eine angemessene Objektivität der Messung. Mit akzeptablen bis guten Werten hinsichtlich der internen Konsistenz ($\alpha_{Tests} = .71$ bzw. $\alpha_{Entwürfe} = .84$) und der Split-Half-Reliabilität nach Spearman-Brown ($r_{tt} = .86$ bzw. $r_{tt} = .81$) konnte eine angemessene Skalenreliabilität sichergestellt werden. Die Konstruktvalidität der Messung wurde u. a. mit der Berechnung gemischter linearer Modelle überprüft. Dabei zeigten sich ein signifikanter Einfluss des experimentell-fachdidaktischen Wissens ($\gamma = 0.285$; $p < .01$) und des Messzeitpunktes ($\gamma = 13.889$; $p < .001$) auf die experimentelle Planungskompetenz. Gleichzeitig hatte die experimentelle Planungskompetenz einen signifikanten Einfluss auf das experimentell-fachdidaktische Wissen ($\gamma = 0.491$; $p < .05$), während der Messzeitpunkt hier keinen signifikanten Effekt zeigte ($\gamma = 0.656$; $p = .876$). Damit konnten Zusammenhänge, wie sie im RCM postuliert werden (vgl. Alonzo et al., 2019), empirisch nachgewiesen werden.

Fazit

Die Ergebnisse weisen insgesamt auf eine hohe Lernwirksamkeit der Seminarkonzeption hin. Sowohl das experimentell-fachdidaktische Wissen (FF 1) als auch die experimentelle Planungskompetenz (FF 2) konnten durch die Teilnahme am Seminar gesteigert werden. Eine Qualitätssteigerung der geplanten Experimentierprozesse konnte dagegen nicht bestätigt werden (FF 3). Die Güte der entwickelten Instrumente konnte durch die Analysen empirisch belegt werden (FF 4).

Literatur

- Alonzo, A. C., Berry, A. & Nilsson, P. (2019). Unpacking the Complexity of Science Teachers' PCK in Action: Enacted and Personal PCK. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Hrsg.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (S. 271–286). Singapore: Springer.
- 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). Berlin: Logos.
- Carlson, J. & Daehler, K. R. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Hrsg.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapore: Springer.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching. *Review of educational research*, 82 (3), 300–329.
- Gassmann, C. (2013). *Erlebte Aufgabenschwierigkeit bei der Unterrichtsplanung. Eine qualitativ-inhaltsanalytische Studie zu den Praktikumsphasen der universitären Lehrerbildung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-00243-5>
- Gramzow, Y., Riese, J. & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 7–30.
- Habig, S., van Vorst, H. & Sumfleth, E. (2018). Merkmale kontextualisierter Lernaufgaben und ihre Wirkung auf das situationale Interesse und die Lernleistung von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24 (1), 99–114.
- Hof, S. (2011). *Wissenschaftsmethodischer Kompetenzerwerb durch forschendes Lernen. Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie*. Zugl.: Kassel, Univ., Diss., 2010. Kassel: Kassel Univ. Press.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education. Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88 (1), 28–54.
- Koenen, J. (2016). Gestaltung von Experimentiersituationen - Wahl verschiedener Öffnungsgrade. In J. Koenen, M. Emden & E. Sumfleth (Hrsg.), *Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung* (Ganz In - Materialien für die Praxis, S. 19–24). Münster: Waxmann.
- Kremer, K., Möller, A., Arnold, J. & Mayer, J. (2019). Kompetenzförderung beim Experimentieren. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann & J. Zabel (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (S. 113–128). Berlin: Springer.
- Priemer, B. (2011). Was ist das Offene beim offenen Experimentieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 315–337.
- Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E. & Köller, O. (Hrsg.). (2016). *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Münster: Waxmann.
- Rincke, K. (2016). *Experimente in ihren Funktionen für das Lernen*. Zugriff am 30.11.2017.
- Schulz, A. (2011). *Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht. Eine Videostudie* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 113). Berlin: Logos.
- Seiler, F. (in Druck). *Entwicklung und Evaluation eines Seminarkonzepts zur Förderung der experimentellen Planungskompetenz von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 320). Berlin: Logos.
- Sekretariat der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Bildungsabschluss. Beschluss vom 16.12.2004* (Kultusministerkonferenz, Hrsg.). Zugriff am 12.12.2017. Verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf
- Sekretariat Kultusministerkonferenz. (2019). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Zugriff am 22.01.2021.
- Shavelson, R. J. & Stern, P. (1981). Research on Teachers' Pedagogical Thoughts, Judgments, Decisions, and Behavior. *Review of educational research*, 51, 455–498.
- Stiller, J. (2015). *Scientific Inquiry im Chemieunterricht - Eine Videoanalyse zur Umsetzung von Erkenntnisgewinnungsprozessen im internationalen und schulstufenübergreifenden Vergleich*. Dissertation. Humboldt-Universität, Berlin.
- Vogelsang, C. & Riese, J. (2017). Wann ist eine Unterrichtsplanung "gut"? Planungsperformanz in Praxisratgebern zur Unterrichtsplanung. In K. Zierer & S. Wernke (Hrsg.), *Die Unterrichtsplanung: Ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich?! Status Quo und Perspektiven aus Sicht der empirischen Forschung*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.