

Besim Enes Bicak¹
 Cornelia Borchert¹
 Kerstin Höner¹

¹Technische Universität Braunschweig

Förderung von Erkenntnisgewinnung mit experimentellem Problemlösen und Lernvideos im organisch-chemischen Praktikum

Einleitung

Die Vermittlung von Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung ist elementarer Bestandteil der Bildungsanforderungen naturwissenschaftlicher Schulfächer (KMK, 2005). Jedoch zeigen Untersuchungen, dass Experimente im Schulunterricht vorwiegend zur Vermittlung von Fachinhalten eingesetzt werden (Abrahams & Millar, 2008) und nur geringer Fokus auf hypothesenprüfendem Experimentieren im Sinne der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung liegt (Walpuski & Schulz, 2011). Auch in der universitären, fachwissenschaftlichen Lehre im Chemiestudium sind kochrezeptartige Experimentiervorschriften üblich (Fischer, 2017), durch die vorwiegend praktisches Arbeiten im Labor geschult wird. Die ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen an das Chemielehramtsstudium gehen jedoch deutlich über diese Dimension hinaus: Die Absolventinnen und Absolventen sollen auch „die wesentlichen Arbeits- und Erkenntnismethoden der Chemie und [...] den Prozess der Gewinnung chemischer Erkenntnisse“ kennen (KMK, 2008, S. 24). Um dieses Bildungsziel des Lehramtsstudiums zu adressieren, wurde das Projekt *PEGASUS* (Problemlösen zur Förderung von Erkenntnisgewinnung und Arbeitsweisen bei Studentinnen und Studenten des Lehramts Chemie) aufgelegt, das hier vorgestellt wird.

Theoretischer Hintergrund

Einen wichtigen Anteil der naturwissenschaftlichen Bildung nimmt der Kompetenzbereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung ein: Dieser lässt sich in die Dimensionen „[p]raktische Arbeitstechniken (*practical work*), wissenschaftliche Erkenntnismethoden (*scientific inquiry*) und Charakteristika der Naturwissenschaften (*nature of science*)“ unterteilen (Mayer, 2007, S. 177; Herv. im Orig.). Empirisch konnten als Teilbereiche von *scientific inquiry* u.a. das Aufstellen von naturwissenschaftlichen Fragen, das Generieren von Hypothesen, die Planung von Untersuchungen, die Auswertung von Daten und das hypothesenbezogene Schlussfolgern nachgewiesen werden (Grube, 2011; Nawrath, Maiseyenko & Schecker, 2011; Hammann, 2004). Die Gewinnung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse kann als ein komplexer Problemlöseprozess interpretiert werden (Mayer, 2007), der in der Lehre mithilfe von offenen Experimentieraufgaben angenähert (Priemer, 2011) und gefördert werden kann (Bohrmann & Möller, 2016; Nunaki, Siagian, Nusantara, Kandowangko & Damopolii, 2020; Philipp & Leuders, 2011). Als „offen“ bzw. „geöffnet“ werden Experimente verstanden, in denen die o.g. Teilbereiche vollständig bis anteilig von den Lernenden selbst ausgeführt werden müssen (Baur, Hummel, Emden & Schröter, 2020). Bell, Smetana & Binns (2005, S. 33; vgl. Emden, Koenen & Sumfleth, 2016) unterscheiden vier Stufen von *inquiry*:

- Stufe 1 „confirmation“: Bestätigungsexperiment, Fragestellung und Experiment sind vorgegeben, das Ergebnis ist bereits bekannt und soll bestätigt werden.

- Stufe 2 „structured inquiry“: Vorstrukturiertes Experiment, Fragestellung und Experiment sind vorgegeben, Lernende schlussfolgern selbst.
- Stufe 3 „guided inquiry“: Geführtes Experiment, die Fragestellung ist vorgegeben, Lernende entwerfen Experiment und schlussfolgern selbst.
- Stufe 4 „open inquiry“: Offenes Experiment: Lernende entwickeln eine Fragestellung zu einem vorgegebenen Thema, entwerfen ein Experiment und schlussfolgern selbst.

Die Unterstützung von Problemlöseprozessen mithilfe von interaktiven Lernvideos bietet Potential für den Lernerfolg (Singh, 2004; Findeisen, Horn & Seifried, 2019) und die Motivation der Lernenden (Choi & Johnson, 2005). Es ist jedoch nicht abschließend geklärt, welche Formen der Interaktivität ausschlaggebend für Lernförderlichkeit sind (Findeisen, Horn & Seifried, 2019; Niegemann, Domagk, Hessel, Hein, Hupfer & Zobel, 2008).

Projekt PEGASUS

Durch das Projekt PEGASUS wird die Frage adressiert, wie Chemielehramtsstudierende im Erwerb von *inquiry*-Kompetenzen gefördert werden können. Zu diesem Zweck wurden in ein organisch-chemisches Laborpraktikum (3. Bachelorsemester) geöffnete Problemlöse-Experimente implementiert: Insgesamt wurden acht Experimentiervorschriften entsprechend des o.g. Stufenmodells nach Bell et al. (2005) überarbeitet. In Folge dessen erhielten einige Experimente vorgegebene Fragestellungen bzw. Hypothesen und einen erweiterten Chemikalien- und Materialienpool. Bei einigen Experimenten wurden explizite Durchführungen und Auswertungshinweise durch *inquiry*-anleitende Aufgabenstellungen substituiert. Zur Unterstützung des Problemlöseprozesses wurden 8 Lernvideos zu den Teildimensionen der *scientific inquiry* (SI-Videos) ausgearbeitet: (1) Forschungsfragen stellen, (2) Hypothese bilden, (3) Experimente planen, (4) Variablenkontrolle, (5) Blind- und Vergleichsproben, (6) Beobachten und Messen, (7) Daten aufbereiten, (8) Schlussfolgerungen ziehen. Komplementiert werden die SI-Videos durch 8 Lernvideos zu praktischen Arbeitstechniken (*practical work*, PW-Videos), wie beispielsweise das Aufbauen von Apparaturen, die Durchführung einer fraktionierten Destillation oder die Extraktion mittels Scheidetrichter. Die Videos sind zwar allgemein für die im Praktikum vermittelten Fertigkeiten von Relevanz, weisen jedoch keinen Bezug zu den geöffneten Problemlöse-Experimenten auf; sie dienen als Alternativtreatment (s. Forschungsdesign).

Fragestellungen

Im Projekt ergeben sich im Wesentlichen folgende Fragestellungen:

F1: Wie lassen sich *inquiry*-Kompetenzen von Chemielehramtsstudierenden im Rahmen eines fachwissenschaftlichen Laborpraktikums fördern?

F1.1: Lassen sich die Teilkompetenzen von *scientific inquiry* durch experimentelles Problemlösen mit geöffneten Experimentieraufgaben fördern?

F1.2: Lassen sich die Teilkompetenzen von *scientific inquiry* durch die Kombination von experimentellem Problemlösen mit geöffneten Experimentieraufgaben und Lernvideos stärker fördern?

Hypothesen:

H1.1: Studierende zeigen nach dem Laborpraktikum mit experimentellem Problemlösen anhand geöffneter Experimentieraufgaben verbesserte *inquiry*-Kompetenzen als nach dem Laborpraktikum ohne entsprechendes experimentelles Problemlösen.

H1.2: Studierende zeigen nach dem Laborpraktikum mit experimentellem Problemlösen anhand geöffneter Experimentieraufgaben in Kombination mit SI-Lernvideos verbesserte *inquiry*-Kompetenzen als nach einem entsprechenden Laborpraktikum ohne SI-Lernvideos.

Forschungsdesign

Im Pre-Post Design werden die Kompetenzen der Studierenden in den Teilkompetenzen von *scientific inquiry* je einmal vor und einmal nach Absolvieren des Praktikums mittels videographierter Experimentiersequenzen, Paper-Pencil-Tests (adaptiert nach Kraeva, 2020 und Heimann & Neumann, 2011) und Selbsteinschätzungen erhoben. Als Kontrollgruppe (KG) dienen Studierende, die das Praktikum ohne geöffnete Experimente und ohne Lernvideos durchlaufen haben. Die Kontrollgruppe wird mit einer Interventions- und einer Alternativtreatment-Gruppe verglichen (Tab. 1): Die Interventionsgruppe erhält geöffnete Experimentieraufgaben und SI-Lernvideos. Die Alternativtreatment-Gruppe erhält geöffnete Experimentieraufgaben und aus motivationalen Gründen (vgl. Choi & Johnson, 2005) ebenfalls Videos, jedoch zur Dimension *practical work* ohne Bezug zu den *inquiry*-Experimenten.

	Exp. Problemlösen	SI-Videos	PW-Videos	n
Kontrollgruppe	nein	nein	nein	15
Interventionsgruppe	ja	ja	nein	12
Alternativtreatment-Gruppe	ja	nein	ja	14

Tab. 1: Übersicht der bisherigen Untersuchungsgruppen

Erste Ergebnisse und Ausblick

Erste Auswertungen zeigen, dass mit den eingesetzten Testinstrumenten ein Zuwachs der *scientific inquiry*-Teilkompetenzen messbar ist. Erwartungskonform deutet sich für die Kontrollgruppe an, dass das Praktikum ohne Intervention bereits einen positiven Effekt auf einige Teilkompetenzen (u.a. „Beobachten und Messen“) hat. Ein erster Vergleich der Interventions- und Alternativtreatment-Gruppe legt jedoch nahe, dass der Inhalt der Lernvideos die Selbsteinschätzungen der Studierenden zu ihrem Kompetenzerwerb nicht beeinflusst (Schaate, 2020). Da der Stichprobenumfang von $n(\text{SI}) = 12$ und $n(\text{PW}) = 14$ Praktikant*innen bisher gering ist, handelt es sich noch nicht um belastbare Erkenntnisse. Pandemiebedingte Änderungen der Praktikumsdurchführung und Videografie in Einzelarbeit kommen ab Kohorte 2020 zum Tragen. Sie bedingen auch eine Anpassung des Forschungsdesign, beispielsweise durch Einführung von Lautem Denken während der Videografie-Sequenz. Künftig sollen die Lernvideos durch Ergänzung interaktiver Elemente weiterentwickelt und ihre Wirksamkeit bei der strukturierten Vorbereitung des Problemlöseprozesses untersucht werden.

Förderhinweis:

Das diesem Beitrag zugrundeliegende Vorhaben (Anteil Lernvideos) wird im Rahmen der gemeinsamen "Qualitätsoffensive Lehrerbildung" von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2028 gefördert. Die Entwicklung des Lehr-Lern-Konzepts wurde vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur im Projekt Innovation Plus (Nr. 93) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Literatur

- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work?. *International Journal of Science Education*, 30, 1945-1969
- Baur, A., Hummel, E., Emden, M., & Schröter, E. (2020). Wie offen sollte offenes Experimentieren sein? Ein Plädoyer für das geöffnete Experimentieren. *MNU Journal*, 73 (2), 125–128
- Bell, R. L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying Inquiry Instruction. Assessing the Inquiry Level of Classroom Activities. *The Science Teacher*, 72 (7), 30 – 34
- Bohrmann, M., & Möller, K. (2016). Förderung experimenteller Kompetenzen im Sachunterricht der 3. Klasse. In C. Maurer (Ed.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Regensburg: Universität Regensburg, 270–272
- Choi, H. J., & Johnson, S. D. (2005). The Effect of Context-Based Video Instruction on Learning and Motivation in Online Courses. *American Journal of Distance Education*, 19 (4), 215–227
- Emden, M., Koenen, J., & Sumfleth, E. (2016). Fördern im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung - Experimentieren im Inquiry-Ansatz. In J. Koenen, M. Emden & E. Sumfleth (Eds.), *Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung*. Münster: Waxmann, 9–18
- Findeisen, S., Horn, S., & Seifried, J. (2019). Lernen durch Videos – Empirische Befunde zur Gestaltung von Erklärvideos. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 16–36
- Fischer, Roland A. (2017). Den Pulsschlag der Chemie fühlen - schon im Grundpraktikum. *Angew. Chem.* 129 (27), 7792-7793
- Grube, C. (2011). *Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung*. Dissertation. Universität Kassel
- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung - dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *MNU*, 57 (4), 196–203
- Heimann, R., & Neumann, S. (2011). Naturwissenschaftliches Denken. *NiU Chemie*, 22 (124/125), 26–31
- Kraeva, L. (2020). Problemlösestrategien von Schülerinnen und Schülern diagnostizieren. Berlin: Logos
- Kultusministerkonferenz (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand
- Kultusministerkonferenz (2008). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. Berlin, Bonn: Sekretariat der Kultusministerkonferenz
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer, 177-180
- Nawrath, D., Maisyenko, V., & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz. Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *PdN Physik*, 60 (6), 42–49
- Niegemann, H. M., Domagk, S., Hessel, S., Hein, A., Hupfer, M., & Zobel, A. (2008). *Kompodium multimediales Lernen*. Berlin: Springer
- Nunaki, J. H., Siagian, S. I. R., Nusantara, E., Kandowanko, N. Y., & Damopolii, I. (2020). Fostering students' process skills through inquiry-based science learning implementation. *JPCS*, 1521, 1-6
- Philipp, K., & Leuders, T. (2011). Experimentelles Denken fördern. In R. Haug & L. Holzäpfel (Eds.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2011*. Münster: WTM, 619-622
- Priemer, B. (2011). Was ist das Offene beim offenen Experimentieren?. *ZfDN*, 17, 315–337
- Schaate, K. (2020). *Konzeption und Evaluation von Lernvideos zu Teilkompetenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung für die universitäre Lehre*. Bachelorarbeit. TU Braunschweig
- Singh, C. (2004). Interactive video tutorials for enhancing problem-solving, reasoning, and meta-cognitive skills of introductory physics students. *AIP Conference Proceedings*, 720, 177–180
- Walpuski, M., & Schulz, A. (2011). Erkenntnisgewinnung durch Experimente. Stärken und Schwächen deutscher Schülerinnen und Schüler im Fach Chemie. *chim. &ct. did.*, 37 (104), 6-27