

Cornelia Borchert  
Dagmar Hilfert-Rüppell  
Kerstin Höner

Technische Universität Braunschweig

## Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Lehramtsstudium

### Ausgangslage

Experimente sind ein elementarer Bestandteil des Chemieunterrichts, die Förderung von Experimentierkompetenz wird deshalb sowohl für Schüler\*innen als auch für Lehrkräfte gefordert (KMK, 2005 a,b,c; 2008). Die Vermittlung handlungsbezogener Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung ist dabei grundlegender Bestandteil der Bildungsanforderungen naturwissenschaftlicher Fächer. Trotzdem sehen weder fachtheoretische noch fachpraktische Lehrveranstaltungen im Lehramtsstudium die explizite Vermittlung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen vor. Die Studierenden nehmen implizite Lerngelegenheiten kaum wahr (Patzwald & Tiemann, 2014) und zeigen überwiegend ein mangelhaftes Experimentierverständnis (Hilfert-Rüppell et al., 2013). Vertiefende Seminare zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung anhand spezieller fachlicher Ausrichtungen könnten dem entgegenwirken (Krämer et al., 2012). Im Beitrag wird die Umstrukturierung von Teilen der fachdidaktischen und fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen beschrieben. Dabei zielt das Vorhaben auf die facettenreiche Begleitung der Studierenden in ihrem Lernprozess im gesamten Studienverlauf hinsichtlich des methodischen und inhaltsbezogenen Kompetenzaufbaus sowie perspektivisch in der 2. und 3. Phase der Lehrerbildung.

### Theoretischer Hintergrund

Im Rahmenmodell für die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung beschreibt Mayer (2007) drei zentrale Dimensionen: wissenschaftliche Arbeitstechniken (*practical work*), wissenschaftliche Erkenntnismethoden (*scientific inquiry*) sowie Charakteristika der Naturwissenschaften (*nature of science*). *Practical work* umfasst fachmethodisches Handwerkzeug und manuelle Fertigkeiten. *Scientific inquiry* bezeichnet den hypothetisch-deduktiven Erkenntnisprozess inklusive der Nutzung von Modellen. Im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess sind die Experimentierenden in das experimentelle Handeln mit einbezogen und setzen Bedingungen, die den Verlauf des Experiments und damit auch das Ergebnis beeinflussen können (Reiners & Saborowski, 2017). Dabei ist vor allem die Fehleranalyse ein wichtiger Lernprozess, der insbesondere das Verständnis naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen unterstützt (vgl. Derkse, 1981). *Nature of science* (NOS) ist in der Literatur vielfältig konzeptualisiert, es umfasst das Verständnis der Grundzüge von Naturwissenschaft und ihrer Grenzen. Reiners und Saborowski (2017, S. 79) fassen ein Verständnis von NOS als eine konzeptbezogene Kompetenz „[...] die die prozessbezogene Kompetenz im Bereich der Erkenntnisgewinnung unmittelbar adressiert und mittelbar die Kompetenzen im Bereich der Kommunikation und Bewertung erst ermöglicht.“ Wenngleich auch dem Fähigkeitserwerb in allen vier Kompetenzbereichen gleichgroße Bedeutung beigemessen wird, sind Publikationen jedoch bisher eher auf die inhaltsbezogene Kompetenz, d.h. das Fachwissen, ausgerichtet (Becker, Kühlmann & Parchmann, 2014), so dass diese Forschungslücke mit dem hier beschriebenen Projekt gefüllt wird.

### Design und Methodik

An der TU Braunschweig werden am Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften (IFdN) fachpraktische Veranstaltungen neu konzipiert, anhand derer ein Spiralcurriculum

„Erkenntnisgewinnung im Lehramtsstudium“ eingeführt wird. Die Idee des Spiralcurriculums von Schmidtkunz und Büttner (1985) zur didaktischen Strukturierung chemischer Fachinhalte wird aufgegriffen und erweitert, um anschlussfähiges fachliches und wissenschaftsmethodisches Wissen gekoppelt aufzubauen (Abb. 1). Folgende Fragestellungen werden u. a. im Rahmen dieser Studie fokussiert:

1. Inwiefern lassen sich die Kompetenzen von Lehramtsstudierenden im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung durch die neuen Lehrveranstaltungskonzepte fördern? („Eigener Erwerb“)
2. Inwiefern lassen sich Zusammenhänge zwischen den Kompetenzen hinsichtlich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und der Diagnose experimenteller Problemlösekompetenzen von Schüler\*innen nachweisen? („Anwendung“)
3. Wie schätzen die Proband\*innen rückblickend und Fach(seminar)leitungen den Nutzen der neu konzipierten Lehrveranstaltungen am IFdN hinsichtlich der erworbenen Kompetenzen bezüglich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung für die 2. respektive 3. Phase der Lehrerbildung ein?

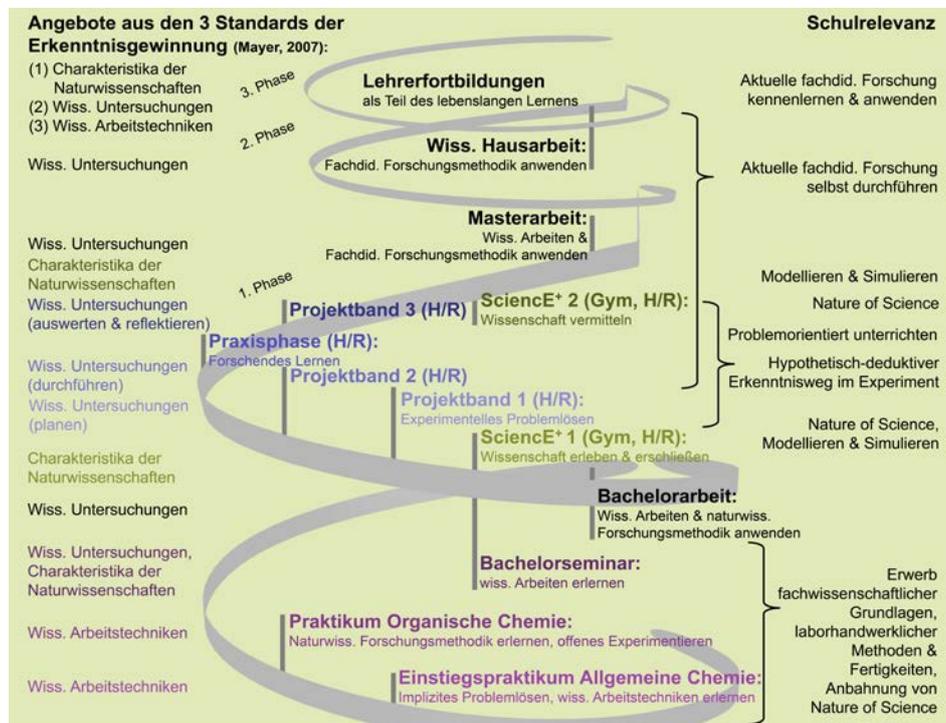


Abb.1: Inhalte zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung im erweiterten Spiralcurriculum im Lehramtsstudium der naturwissenschaftlichen Fächer am IFdN, hier am Beispiel der Chemie. Das Curriculum ist potenziell erweiterbar auf die 2. und 3. Phase der Lehrerbildung

Ausgehend von eigenen experimentellen Erfahrungen im ersten Bachelorsemester verknüpft mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen im Sinne des Problemlösens werden die Studierenden kontinuierlich und vertiefend bis hin zur Diagnose experimenteller Kompetenzen von Schüler\*innen im dritten Mastersemester gefördert. Experimentelles

Problemlösen wird hierbei als das hypothesengeleitete Untersuchen kausaler Zusammenhänge definiert, bei dem unter kontrollierten Bedingungen eine hypothetische Einflussgröße variiert und die Auswirkungen auf die betrachteten Größen beobachtet oder gemessen werden (Gyllenpalm & Wickmann, 2011). Abbildung 1 zeigt die Zuordnung der Veranstaltungsschwerpunkte im Rahmenmodell nach Mayer (2007). Die Studierenden belegen zunächst Lehrveranstaltungen (Praktika und Seminare), in denen sie wissenschaftliche Arbeitstechniken (*practical work*) erlernen und anwenden (Einstiegspraktikum und Praktikum Organische Chemie), darauf aufbauend wissenschaftliche Untersuchungen (*scientific inquiry*) unter vertiefter Anwendung wissenschaftlicher Arbeitstechniken durchführen und am Ende des Bachelors eine experimentelle wissenschaftliche Arbeit eigenständig anfertigen. Im Masterstudium werden in Lehrveranstaltungen (Seminaren) Charakteristika der Naturwissenschaften (*nature of science*), Modellbildung und experimentelles Simulieren thematisiert (ScienceE<sup>+</sup>).

Während der einsemestrigen Praxisphase unterrichten die Studierenden problemorientiert und planen ein schulisches Forschungsprojekt zum experimentellen Problemlösen von Schüler\*innen, bei dessen Durchführung und Auswertung sie im Format des Forschenden Lernens von den Universitätsdozent\*innen begleitet werden (Projektband) (Hilfert-Rüppell et al., 2018a). Hierbei wenden die Studierenden ihre in universitären Seminarsitzungen erworbenen Diagnosefähigkeiten in der Praxis an. Zum Ende des Studiums verfassen sie eine Abschlussarbeit, in der idealerweise eine Fragestellung aus der Didaktik des naturwissenschaftlichen Faches auf fortgeschrittenem wissenschaftlichen Niveau selbstständig bearbeitet wird. Die Inhalte der Lehrveranstaltungen orientieren sich an den niedersächsischen Kerncurricula für die naturwissenschaftlichen Fächer und verdeutlichen auch explizit die Relevanz der fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Inhalte für den (späteren) Beruf der Lehrkraft in den naturwissenschaftlichen Fächern (Schulrelevanz, rechte Spalte, Abb.1).

Das Design der Längsschnittstudie sieht eine Kompetenzerfassung zu vier Zeitpunkten (Studienbeginn, Mitte Bachelor, Ende Bachelor, Ende Master) mit einem Paper-Pencil-Test zum theoretischen Wissen über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung und mit Videografie von praktischen Experimentiersituation vor, um festzustellen, ob vergleichbare Leistungen in beiden Testformaten zu einem Testzeitpunkt, jedoch gesteigerte Leistungen mit fortschreitendem Studium von den Lehramtsstudierenden erbracht werden. Darüber hinaus erfolgen weitere Teilerhebungen, in denen die Studierenden anhand schriftlicher Arbeitsaufträge experimentelle Problemlösesituationen von Schüler\*innen in Videovignetten (Hilfert-Rüppell et al., 2018b) diagnostizieren.

Ziel des vorgestellten Projekts ist es, unterschiedlich gestaltete Lehrveranstaltungsformate zu entwickeln, mit denen die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung und die problemlösende Experimentierkompetenz bei Lehramtsstudierenden der naturwissenschaftlichen Fächer angebahnt und vertiefend vermittelt werden können, so dass diese fruchtbar für den eigenen Unterricht in schulischen Praktika und in der 2. und 3. Phase der Lehrerbildung werden. Eine Erprobung der neu konzipierten Teile der Lehrveranstaltungen beginnt im Wintersemester 2019/2020. Ob und inwiefern die Studierenden von den erworbenen Kompetenzen hinsichtlich naturwissenschaftlicher Methoden der Erkenntnisgewinnung unter Einbezug problemlösenden Experimentierens bei der Diagnose der experimentellen Problemlösefähigkeiten von Schüler\*innen profitieren, wird ab dem Wintersemester 2021/2022 untersucht. Darüberhinaus wird eine Befragung von Fach(seminar)leitungen und die subjektive rückblickende Einschätzung der sich bereits im Anwärterdienst bzw. Referendariat befindenden Proband\*innen hinsichtlich der im Studium erworbenen Kompetenzen durchgeführt.

**Literatur**

- Becker, H.J., Kühlmann, J.K., & Parchmann, I. (2014). Trendbericht Chemiedidaktik. Der Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“. *Nachrichten aus der Chemie*, 62 (9), 356-359.
- Derkse, W. (1981). Popper's Epistemology as a Pedagogic and Didactic Principle, or: Let Them Make More "Mistakes". *Journal of Chemical Education*, 58 (7), 565-567.
- Gyllenpalm, J., & Wickman, P.-O. (2011). "Experiments" and the Inquiry Emphasis Conflation in Science Teacher Education. *Science Education*, 95 (5), 1-19.
- Hilfert-Rüppell, D., Penrose, V., Höner, K., Eghtessad A., Koch, K., & Hormann, O. (2018a). Forschendes Lernen zur naturwissenschaftlich-experimentellen Problemlösefähigkeit von Schülerinnen und Schülern. *Herausforderung Lehrer\_innenbildung - Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion*, 1, 345-365. doi.org/10.4119/UNIBI/hlz-46
- Hilfert-Rüppell, D., Eghtessad, A., & Höner, K. (2018b). Interaktive Videovignetten aus naturwissenschaftlichem Unterricht. Förderung der Diagnosekompetenz von Lehramtsstudierenden hinsichtlich der Experimentierfähigkeit von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift für Medienpädagogik*, 31, 125-142. doi: http://dx.doi.org/10.21240/mpaed/31/2018.03.31.X.
- Hilfert-Rüppell, D., Looß, M., Klingenberg, K., Eghtessad, A., Höner, K., Müller, R., Strahl, A., & Pietzner, V. (2013). Scientific Reasoning of Prospective Science Teachers in Designing a Biological Experiment. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand* 6 (2), 135-154.
- Krämer, P., Nessler, S., & Schlüter, K. (2012): Probleme und Schwierigkeiten Lehramtsstudierender mit der Methode des Forschenden Lernens. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 11, 21-35.
- KMK (Hrsg.), (2005a). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss, Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.
- KMK (Hrsg.), (2005b). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss, Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.
- KMK (Hrsg.), (2005c). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss, Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.
- KMK (Hrsg.), (2008). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Beschluss vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2019.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 177-186). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Patzwaldt, K., & Tiemann, R. (2014). Assessing Inquiry Skills of Chemistry Pre-Service Teachers. *ECER 2014, The Past, the Present and the Future of Educational Research*.
- Reiners, C.S., & Saborowski, J. (2017). *Auf dem Weg zum Chemieunterricht*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Schmidtkunz, H., & Büttner, D. (1985). *Chemieunterricht im Spiralcurriculum. Ein Grundmuster zum Aufbau, zur übersichtlichen Gestaltung und zur besseren Abstimmung des Chemieunterrichts. Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/ Chemie*, 33 (1), 19-22.