

Eva Kriehuber
Florian Boch
Claudia Nerdel

Technische Universität München

Experimentieren als zentraler Aspekt in der Chemielehrerbildung

Chemie als experimentelle Naturwissenschaft

Das Experiment gehört zu den grundlegenden Arbeitsweisen der Naturwissenschaften und dient dem Erkenntnisgewinn. Theoretische Überlegungen, Annahmen und Voraussagen sollen mit Hilfe von aussagekräftig geplanten Experimenten überprüft oder Zusammenhänge hergestellt werden.

Da das Experiment eine zentrale Rolle in der Fachwissenschaft Chemie einnimmt, gilt es deshalb auch in internationalen und nationalen Standards, welche Kompetenzen Schüler und Schülerinnen mit Blick auf die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen erwerben sollten, als fester Bestandteil und sollte in einem qualitativ anspruchsvollen Chemieunterricht implementiert werden (NRC, 2013; KMK, 2005b). Neben dem Beobachten und Modellieren spielt das Experimentieren hier eine wichtige Rolle in der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung.

Um den Kompetenzerwerb der Schülerinnen und Schüler zu ermöglichen, sollten angehende Lehrkräfte selbst mit dem Experimentieren vertraut gemacht werden. Laborpraktika sind daher unverzichtbare Bestandteile eines naturwissenschaftlichen Studiums (Reid & Shah, 2007). Dazu gehören nicht nur die handwerklichen Fähigkeiten im Sinne eines „kochbuchartigen Nachkochens“ von Versuchsvorschriften (Hofstein & Lunetta, 2003), sondern auch das Verständnis des Experimentes als einen Teil eines Problemlöseprozesses zum Erkenntnisgewinn (vgl. auch SDDS-Modell, Klahr und Dunbar 1988), sowie seine didaktische Gestaltung und unterrichtliche Einbindung für die Schule. Hierzu gehört insbesondere die Berücksichtigung der Variablenkontrolle in der Planung und Durchführung, die sowohl Schülerinnen und Schülern als auch Studierenden häufig Schwierigkeiten bereitet (De Jong und Joolingen, 1998).

In einem interdisziplinären Ansatz werden daher im Teach@TUM Projekt fachwissenschaftliche und fachdidaktische Aspekte verknüpft. Den Lehramtsstudierenden werden neben den fachwissenschaftlichen Aspekten die Einsatzmöglichkeiten in der Schule und ein selbstreflektierter Umgang mit der Arbeitsweise Experimentieren nähergebracht.

Ausgangslage

Um die experimentellen Kompetenzen angehender Lehrkräfte von Beginn an zu stärken wurde das Anorganisch-chemische Grundpraktikum, welches die Studierenden als erstes Praktikum in der Fachwissenschaft besuchen, ausgewählt und die bisherige Ausgestaltung evaluiert.

In seiner bisherigen Form fanden sich in den jeweiligen Fachprüfungsordnungen Unterschiede bezüglich Inhalte und Dauer des Praktikums, je nach gewählter Fächerkombination des Studiums der Naturwissenschaftlichen Bildung an der Technischen Universität München. Für Studierende der Fächerkombination Biologie und Chemie war hierbei ein Praktikum im ersten Semester mit vier Semesterwochenstunden vorgesehen, in welchem neun quantitative und vier qualitative chemische Analysen vorgesehen waren. Bei Studierenden der Naturwissenschaftlichen Bildung mit den Fächern Mathematik und Chemie hingegen war ein Praktikum im dritten Semester mit sechs Semesterwochenstunden und damit elf quantitativen,

vier qualitativen chemischen Analysen und eine eigenständigen Präparat Synthese gefordert. Nichtsdestotrotz wurden und werden am Ende des Studiums in der Chemie die gleichen Kompetenzerwartungen an alle Studierenden unabhängig von ihrer ursprünglichen Fächerkombination gestellt.

Die subjektiven Einschätzungen der Studierenden (N=15) des bisherigen Praktikumsformates wurden hinsichtlich der Organisation, Themenrelevanz und ihres eigenen Kompetenzzuwachses analysiert. Das Feedback wurde mit Hilfe eines Rating-basierten Fragebogens und offenen Antwortformaten erhoben.

Skala	Gruppe	N	M	SD	Signifikanz
Kompetenzzuwachs ¹ (9 Items, $\alpha=.71$)	B/C	6	1,50	0,36	n.s.
	M/C	9	1,40	0,20	
Organisation ² (7 Items, $\alpha=.76$)	B/C	6	2,67	0,44	p < .01
	M/C	9	1,89	0,41	

Tabelle 1: Vergleich der Fächerkombinationen Biologie/Chemie (B/C) und Mathematik/Chemie (M/C), ¹3-stufige Rating-Skala von (1) eigenständig bis (3) nur mit Hilfe, ²4-stufige Rating-Skala von (1) stimme vollkommen zu bis (4) stimme nicht zu

Dabei zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen aus der Fächerkombination Biologie/Chemie ($N_{B/C} = 6$) oder Mathematik/Chemie ($N_{M/C} = 9$) in Bezug auf die eingeschätzte Relevanz des Studiums für ihr weiteres Studium und Berufsleben oder den selbstberichteten Kompetenzzuwachs durch das Praktikum. So konnte aus Sicht der Studierenden das Ziel des sicheren Umgangs mit Chemikalien und Laborgeräten erreicht werden (Tabelle 1). Bei der Einschätzung hinsichtlich der Relevanz des Praktikums für ihren zukünftigen Beruf als gymnasialer Chemielehrer zeigte sich vor allem bei der bei der Beantwortung der offenen Frage nach Änderungswünschen für das Praktikum noch Verbesserungspotential. Hier äußerten mehr als die Hälfte der Studierenden den Wunsch nach einem stärkeren Lehramtsbezug für das Praktikum. Weitere Wünsche, welche von mindestens acht Personen (entspricht mehr als der Hälfte der Teilnehmer) genannt wurden, waren mehr Zeit für die praktische Chemie-Ausbildung während des Studiums und eine weniger strenge Benotung der praktischen Arbeit. Einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen zeigte sich nur in der Bewertung der Organisation des Praktikums, was vielleicht an der unterschiedlichen Erfahrung der beiden Gruppen mit Universitätspraktika liegen kann. Für die Gruppe der Biologie/Chemie Studierenden war es das erste Laborpraktikum überhaupt und daher waren vielleicht die Erwartungen an das Praktikum noch höher.

Umstrukturierung

Mit dem oben näher beschriebenen Hintergrund wurde begonnen, das Anorganisch-chemische Grundpraktikum umzugestalten und hinsichtlich einer Kompetenzorientierung zu optimieren.

Im Zuge der Neustrukturierung beider Studiengänge der Naturwissenschaftlichen Bildung mit der Kombinationsmöglichkeit Chemie konnte eine Vereinheitlichung des Praktikums erreicht werden, so dass ab dem Wintersemester 2017/2018 für beide Kombinationsmöglichkeiten Biologie/Chemie und Mathematik/Chemie ein gemeinsames, einheitliches Anorganisch-chemisches Grundpraktikum mit fünf Semesterwochenstunden angeboten wird. Im Verlauf des Curriculums ist es weiterhin das erste chemische Praktikum für die Lehramtsstudierenden und darauf aufbauend werden schulrelevante Experimente und deren fachdidaktischer Einsatz im Fachdidaktischen Praktikum vertieft, bevor die Studierenden im Seminar „Übungen im Vortragen mit Demonstrationen“ Demonstrationsexperimente im Kommilitonen-Kreis

erproben und ihre erarbeiteten experimentellen und didaktischen Kompetenzen schließlich im Schulpraktikum in die Praxis umsetzen können.

Neben der strukturellen Neuorganisation wurden auch bereits erste inhaltliche Veränderungen vorgenommen. Dabei wurde bei der Auswahl der Praktikumsexperimente, wie zum Beispiel der Wasserhärtebestimmung, auf einen möglichst starken Praxisbezug geachtet. Dieser Praxisbezug und die mögliche Anwendung und Umsetzung der Experimente für die Schule sollen in einem Begleitseminar thematisiert werden. Eine weitere Steigerung der Relevanz des Praktikums für das bayerische Staatsexamen soll durch die Bearbeitung von thematisch zugehörigen, alten Staatsexamensaufgaben schon zu diesem frühen Zeitpunkt im Studium gestärkt werden.

Dem Wunsch der Studierenden entsprechend und um zunächst ein interessen- und verständnisvolles Auseinandersetzen mit der Arbeit im Labor zu ermöglichen wird die Lern- und Leistungssituation zu Beginn getrennt. In den neu eingeführten sechs Grundlagenversuchen wird deshalb nicht das Ergebnis und die Abweichung vom Zielwert als Kriterium für die Punktevergabe herangezogen, sondern den Teilnehmern werden bei vollständiger Durchführung und Protokollführung der jeweiligen Versuche automatisch fünf volle Punkte (entspricht später der erreichbaren Maximalpunktzahl) gutgeschrieben.

Inhaltlicher Schwerpunkt aus der Perspektive des Fachwissens sollen bei den experimentellen Kompetenzen weiterhin die handwerklichen Fähigkeiten, der genaue und sichere Umgang mit Chemikalien, das Wissen über die jeweiligen notwendigen Sicherheitsvorkehrungen und Entsorgungsvorschriften sein. Darüber hinaus sollen die Experimente jedoch auch theoretisch reflektiert werden und dabei zum Beispiel das praktische Vorgehen bei einer qualitativen Substanzanalyse erarbeitet und begründet werden. Gleichzeitig wird Wert auf eine korrekte und vollständige Protokollführung des Experimentierens gelegt.

Unterstützung beim Geräteaufbau und in den Grundtechniken bekommen die Studierenden hierbei nicht nur durch das zwar neugestaltete und angepasste, aber bereits früher angebotene Skript, sondern auch durch die Bereitstellung von kurzen videobasierten Aufbauanleitungen. Diese werden auf der zum Praktikum zugehörigen und den Studierenden bereits vertrauten moodle-Plattform bereitgestellt und sollen durch die Möglichkeit im Video den Aufbau mit den auch real zu verwendenden Komponenten nahezu live mitverfolgen zu können zu einer verbesserten Anschaulichkeit im Vergleich zu konventionellen Aufbauskizzen im Skript beitragen.

Ausblick

Aktuell fand die erstmalige Umsetzung des neugestalteten Anorganisch-chemischen Grundpraktikums an der Technischen Universität München statt und die erhobenen Daten zur Evaluation des Praktikums aus Studierendensicht und der Expertenmeinung hinsichtlich der intendierten Kompetenzsteigerung werden analysiert und ausgewertet. Aufgrund dieser erhobenen Daten soll das Praktikum kontinuierlich angepasst und weiter verbessert werden. Bewährt sich das neu gestaltete Format und trägt es zu einer stärkeren Kompetenzorientierung bei, so soll dieses, wenn möglich, auch auf weitere Studiengänge mit Anorganisch-chemischen Grundpraktika wie die Berufliche Bildung mit den Studiengangsspezifischen Anpassungen übertragen werden.

Literatur

- De Jong T, Joolingen W (1998) Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Rev Educ Res* 68(2):179–201
- Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (2003). The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88 (1), 28-54
- Klahr D, Dunbar K (1988) Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Sci* 12:1–48
- KMK (2005b) Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Luchterhand (Wolters Kluwer Deutschland GmbH), München, Neuwied. <https://www.kmk.org/themen/qualitaetssicherung-in-schulen/bildungsstandards.html#c2604> Zugegriffen: 08.10.2017
- National Research Council (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington DC: The National Academies Press
- Reid, N. & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 172