

Förderung von Scientific Inquiry im Chemie - Bachelorstudium

Motivation und Hintergrund

Laborpraktika sind ein bedeutender Teil der naturwissenschaftlichen Ausbildung im Bereich Higher Education. Dennoch trägt die laborpraktische Arbeit gerade in der Bachelorausbildung wenig zur Entwicklung experimenteller Problemlösestrategien und zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen bei (Hilosky, Sutman, & Schmuckler, 1998). Strategien wie die gezielte Variablenkontrolle werden in der Regel nicht benötigt, da die laborpraktische Ausbildung an vielen Universitäten im In- und Ausland immer noch tradierten Abläufen mit einem Fokus auf der quantitativen Analyse und dem Abarbeiten von Versuchsvorschriften folgt (Reid & Shah, 2007). Die Grundlagenpraktika in allgemeiner und analytischer Chemie weisen größtenteils eine Orientierung an traditionellen Skripten und einschlägigen Experimenten auf und fokussieren laborpraktische Techniken. Sie sprechen daher eher lower - order cognitive skills an (Meester & Maskill, 1995) und tragen somit nicht dazu bei, Studierenden zum selbstständigen wissenschaftlichen Arbeiten zu befähigen (Hilosky, Sutman, & Schmuckler, 1998). Diese Befunde sind bemerkenswert, da das Ausbilden naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen zur Lösung naturwissenschaftlicher Probleme (Inquiry Skills) bereits seit Jahrzehnten als einschlägiges Ziel laborpraktischer Ausbildung verstanden wird (Schoffstall & Gaddis, 2007; Abraham & Millar, 2008).

Ansatzpunkte zur Implementierung von Scientific Inquiry im Chemie-Bachelorstudium

Um wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im (Chemie-)Bachelorstudium zu fördern, bieten sich grundlegend zwei Ansatzpunkte an. Zum einen die Vermittlung von Wissen über Scientific Inquiry durch direkte Instruktion. Hierzu würden Seminare zählen, in denen Wissen über Scientific Inquiry auf einem Metalevel gelehrt wird. Zum anderen ist eine entsprechend angepasste Gestaltung der Aufgaben für die laborpraktische Arbeit direkt im Rahmen des Praktikums denkbar. Scientific Inquiry – Aufgaben sind derart gestaltet, dass sie Fachwissen und Wissen über Experimentierstrategien gleichermaßen fördern. Das Arbeiten mit diesen Aufgaben erfordert bei den Lernern ein hohes Maß metakognitiver Selbstregulation (Wirth & Leutner, 2006). Als erfolgsversprechend haben sich hier insbesondere das Scaffolding über das Aufgabendesign und metakognitive Prompts zur Unterstützung des Lernprozesses erwiesen (Bannert, 2003; Wichmann & Leutner, 2009).

Ziel der Studie

Das Ziel dieser explorativen Fallstudie ist es, zunächst die Fähigkeiten der Bachelorstudierenden im Monobachelor Chemie sowie im Kombinationsbachelorstudiengang Chemie mit Lehramtsoption zu erheben und zu vergleichen. Interessant ist hierbei, dass die Curricula in Bezug auf die fachlichen Inhalte in beiden Gruppen vergleichbar sind. Sie unterscheiden sich im Wesentlichen durch ein Zusatzseminar in der Lehramtsausbildung, welches auch epistemologisches Wissen und Wissen über Scientific Inquiry thematisiert. Des Weiteren wird der Umgang der Lernenden mit den metakognitiven Prompts zur Unterstützung des Lernprozesses untersucht, indem die Probanden bei der Bearbeitung einer zweiten Aufgabe durch metakognitive Prompts in ihrem Regulationsprozess unterstützt werden.

Aufgabedesign und Vorstudie 1

Für die Studie wurden daher Aufgaben aus dem Bereich der analytischen Chemie entwickelt, die naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Bachelor- Grundlagenpraktikum Analytik fördern. Für die Entwicklung der Aufgaben ist maßgebend, dass sie selbstgesteuertes Experimentieren zulassen, unter den speziellen zeitlichen und praktischen Gegebenheiten des Analytik-Praktikums umsetzbar sind und zudem vergleichbar in Bezug auf die kognitiven und technischen Anforderungen sind. Daher wurden zunächst fünf Aufgaben aus dem Bereich Titrimetrie entwickelt, die in einer ersten Vorstudie mit $N = 9$ Studierenden des Masterstudiengangs Lehramt Chemie pilotiert wurden. Eingesetzt wurde die Methode des lauten Denkens (Ericsson & Simon, 1993), die es erlaubt, ein detailliertes Verständnis der kognitiven Prozesse beim Bearbeiten der Aufgaben zu erlangen. Die so gewonnenen Ergebnisse wiesen drei der fünf Aufgaben also geeignet aus. Zwei der fünf Aufgaben erwiesen sich aufgrund der kognitiven Anforderungen als zu komplex.

Basierend auf dieser ersten Vorstudie wurde das endgültige Aufgabedesign entwickelt. Jede Aufgabe besteht aus einem Aufgabenstamm mit einem kurzen, einführenden Text, der gleichzeitig die relevanten Variablen thematisiert. Entsprechend der drei zentralen Inquiry Phasen (Doran, Lawrenz, & Helgeson, 1993; Dunbar & Klahr, 1989) wurden drei Teilaufgaben designt. Die erste Teilaufgabe fokussiert die Suche im Hypothesenraum. Die Probanden werden aufgefordert ein auf den im Aufgabenstamm gegebenen Informationen basierendes wissenschaftliches Experiment mit den ihnen zur Verfügung stehenden Materialien und Chemikalien zu entwickeln.

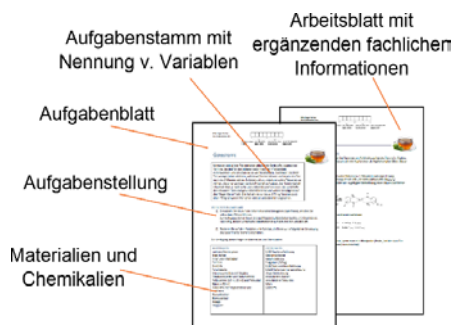


Abbildung 1. Aufgabedesign

Nach der Bearbeitung der ersten Teilaufgabe erhalten sie Teilaufgabe 2, mit der sie aufgefordert werden, das designte Experiment im Labor umzusetzen und ihre Hypothesen zu testen. Nach der Arbeit im Labor folgt Teilaufgabe 3, die sie explizit auffordert, ihr Experiment zu evaluieren.

Entwicklung und Evaluierung der metakognitiven Prompts, Vorstudie 2

Das beschriebene Aufgabedesign findet sich in allen Experimentieraufgaben wieder. Eine der Aufgaben wird zudem mit Prompts begleitet, um den Einsatz metakognitiver Regulationsstrategien zu unterstützen (Bannert, 2009). Für die Entwicklung der Regulationsprompts wurde das Modell metakognitiver Regulation, basierend auf Schraw (1998), herangezogen. Metakognitive Regulationsprompts sollen demnach den Lernenden unterstützen, seinen Lernprozess zu planen, zu überwachen und zu reflektieren. Für jede der drei Inquiry-Phasen „Fragestellung und Hypothesen aufstellen“, „Untersuchungen planen und durchführen“ und „Daten analysieren und interpretieren“ wurden daher Prompts entwickelt, die die Probanden auffordern, für die jeweilige Phase ein Ziel zu formulieren und die Umsetzung zu planen. Für die konkrete Phase der Umsetzung wurde auf begleitendes

Prompting verzichtet, um den Experimentierprozess nicht zu stören. Nach Abschluss der jeweiligen Phase wurden Reflektionsprompts angeboten (vgl. Bannert & Mengelkamp, 2013), die die Probanden auffordern, ihr Handeln in der jeweiligen Phase zu reflektieren. Während der Bearbeitung der Aufgaben sind die Probanden zudem aufgefordert, laut zu denken. Die Wirksamkeit der Prompts wurde in einer zweiten Vorstudie mit $N = 5$ Studierenden des Mono-Bachelorstudiengangs Chemie evaluiert. Basierend auf den Resultaten kann evidenzbasiert die Wirksamkeit der Prompts bestätigt werden.

Ausblick

Mit Hilfe der so entwickelten Inquiry-Aufgaben und der zusätzlichen Reflektionsprompts soll im Rahmen einer nachfolgenden Studie untersucht werden, ob sich die unterschiedlichen Vorbildungen im Bereich Scientific Inquiry auf den Umgang mit den Materialien auswirken.

Literatur

- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30 (14), 194-1969.
- Bannert, M. (2003). Effekte metakognitiver Lernhilfen auf den Wissenserwerb in vernetzten Lernumgebungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17(1), 13-25.
- Bannert, M. (2009). Promoting Self-Regulated Learning through Prompts. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(2), 139-145.
- Bannert, M., & Mengelkamp, C. (2008). Assessment of metacognitive skills by means of instruction to think aloud and reflect when prompted. Does the verbalisation method affect learning? *Metacognition and Learning*, 3(1), 39-58.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1993). *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data*. Cambridge, London: MIT Press Ltd.
- Doran, R. L., Lawrenz, F., & Helgeson, S. (1993). Research on assessment in science. In D. L. Gabel (Eds.), *Handbook of research on science teaching and learning* (S. 388-442). Toronto: Macmillan.
- Dunbar, K., & Klahr, D. (1989). Developmental differences in scientific discovery strategies. In H. A. Simon, D. Klahr, & K. Kotovsky (Eds.), *Complex information processing. The impact of Herbert A. Simon* (S. 109-143). Hillsdale, NJ: L. Erlbaum Associates.
- Hilosky, A., Sutman, F., & Schmuckler, J. (1998). Is Laboratory Based Instruction in Beginning College-Level Chemistry Worth the Effort and Expense? *Journal of Chemical Education*, 75(1), 100-104.
- Meester, M. A. M. & Maskill, R. (1995). First-year chemistry practicals at universities in England and Wales: organizational and teaching aspects. *International Journal of Science Education*, 17 (6), 705-719.
- Reid, N., & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 172-185.
- Schraw, G. (1998). Promoting general metacognitive awareness. *Instructional science*, 26(1-2), 113-125.
- Schoffstall, A. M., & Gaddis, B. A. (2007). Incorporating guided-inquiry learning into the organic chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 84(5), 848-851.
- Wichmann, A., & Leutner, D. (2009). Inquiry Learning. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(2), 117-127.
- Wirth, J., & Leutner, D. (2006). Selbstregulation beim Lernen in interaktiven Lernumgebungen. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Eds.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 172-184). Göttingen: Hogrefe.