

Das Fach ‚Integrierte Naturwissenschaften‘ in der Evaluation

Ausgangslage und Zielstellung

Das Studienfach ‚Integrierte Naturwissenschaften‘ an der Freien Universität Berlin (entwickelt im Projekt ‚FU.MINT – Lehrerbildung neu denken‘, gefördert durch die Deutsche Telekom Stiftung) bereitet zukünftige Lehrkräfte auf die Anforderungen des Schulfachs ‚Naturwissenschaften‘ vor. Zu den Qualifikationszielen des Studienangebotes gehört es, den Studierenden Basiskenntnisse hinsichtlich des wissenschaftlichen Argumentierens und Experimentierens zu vermitteln. Den Rahmen dafür bilden Lernumgebungen im Sinne des Inquiry-based Science Learning (IBSL; vgl. Höttecke 2013; Bybee 2002; Pedaste 2015). Ungeklärt ist bisher, inwiefern die Studierenden Argumentations- und Experimentierfähigkeiten ausprägen.

Theoretischer Hintergrund

Dem *Argumentieren* wird in naturwissenschaftlichen Unterrichtskontexten eine bedeutende Rolle zugemessen, da es das Einnehmen von Standpunkten, das Rechtfertigen von Erkenntnissen und Vorhersagen und das Verbinden von Behauptungen und Belegen herausfordert (vgl. z.B. Fleischhauer 2013, S. 129; Gromadecki 2008, S. 1; Sampson & Clark 2008, S. 447; Sandoval & Millwood 2005, S. 27). Die Qualität von Argumentationen wird auf zwei Ebenen beurteilt: Die *strukturelle* Analyse bezieht sich auf das Vorhandensein bestimmter Argumentationselemente, die *inhaltsbezogene* zieht fachspezifische Qualitätskriterien heran. Strukturelle Argumentationsanalysen werden häufig auf Basis des ‚Toulmin Argumentation Pattern‘ (kurz: TAP) vorgenommen (Toulmin 1975; z.B. in Untersuchungen von: Means & Voss 1996; Riemeier et al. 2012; Osborne, Eduran & Simon 2004). Kritik an einer rein strukturellen Qualitätsbewertung äußern z.B. Sampson und Clark (2008). Sie weisen darauf hin, dass diese sowohl inhaltliche als auch domänenspezifische Qualitätskriterien unberücksichtigt lasse (vgl. Sampson & Clark 2008, S. 452). Auch Sandoval und Millwood (2005) untersuchen beispielsweise, ob Belege zur Stützung von Behauptungen (*‚rhetorical references‘*, vgl. Sandoval & Millwood 2005, S. 35) angeführt werden und ob diese fachlich hinreichend (*‚sufficient‘*, ebd.) sind. Darüber hinaus wird die Sinnhaftigkeit der Schlussfolgerungen (*‚degree of warrant‘*, vgl. ebd., S. 33) beurteilt (z.B. Erläuterungen durch Heranziehen von Gesetzen, Theorien, Regeln).

Um naturwissenschaftliche Argumentationen anzuregen, eignen sich Experimentiersituationen. Obwohl die Prozesse des Argumentierens und Experimentierens in Hinblick auf die Erkenntnisgewinnung eng miteinander verwoben sind, ist die gemeinsame Betrachtung bisher nur selten Teil von Untersuchungen (z.B. McNeill & Knight 2013; Robertshaw & Campbell 2013). Dies realisieren wir daher in unserer Studie.

Bezüglich der Bewertung des *Experimentierens* scheint nach Emden (2011) eine vereinfachende „Basisstruktur“ aus Planung, Durchführung und Auswertung des Experimentierprozesses „konsensfähig zu sein“ (Emden 2011, S. 19). Diese kann durch sechs Kategorien operationalisiert werden (vgl. ebd., S. 23): In Bezug auf die Planung wird unterschieden, ob die Proband*innen Ideen oder Hypothesen generieren, in der Durchführung, ob diese an eine Idee oder Hypothese anschließt oder ob die Durchführung explorativ stattfindet. Auswertungen werden danach differenziert, ob die enthaltenen Schlussfolgerungen einen Rückbezug zu geäußerten Ideen oder Hypothesen herstellen.

Stichprobe, Fragestellungen, Studiendesign und Instrumente

In unserer Studie werden Argumentationen und Experimentierprozesse bei Grundschulpädagogikstudierenden aus vier Fachsemestern und mit dem Nebenfach ‚Integrierte Naturwissenschaften‘ (NaWis; n=12) sowie anderen Nebenfächern (n=12) untersucht. Gruppen zu je drei Studierenden mit identischem Nebenfach und Fachsemester setzen sich über einen Zeitraum von jeweils 80 Minuten forschend mit einer wasserbasierten Flüssigkeit auseinander, die Glimmerflocken enthält. Das Vorgehen der Proband*innen wurde videographiert und transkribiert. Für die Untersuchung der Strukturierung der Argumentationen wird auf das Categoriesystem von Fleischhauer (2013) zurückgegriffen. Die Experimentierprozesse werden mithilfe des Categoriesystems nach Emden (2011) analysiert, die angewendeten naturwissenschaftlichen Methoden nach Wellnitz & Mayer (2013) klassifiziert. Die Bewertung der Qualität von Argumentationen erfolgt mit Hilfe eines adaptierten Instruments nach Sandoval & Millwood (2005).

Ergebnisse

In allen acht Proband*innen-Gruppen konnten Argumentationsstränge identifiziert werden: bei den NaWis 34 und bei den Nicht-NaWis 21. 12 von 34 Argumentationssträngen der NaWis konnten als (vollständig) fachlich richtig eingestuft werden, während dies nur bei vier von 21 Argumentationen bei den Studierenden mit anderen Nebenfächern der Fall war. Behauptungen wurden entweder nur implizit oder gar nicht mit Belegen gestützt, Behauptungen zu Vorhersagen nicht belegt und Vorhersagen nicht mit Belegen verbunden. 16 Belege, 12 bei den NaWis und vier bei den Nicht-NaWis, waren aber fachlich hinreichend. Lediglich ein Argumentationsstrang (vgl. Fleischhauer 2013, S. 53) konnte als strukturell vollständig und gleichzeitig fachlich kohärent bewertet werden. Über alle acht Studierendengruppen hinweg konnten nur sechs explizite Erläuterungen kodiert werden. Bezüglich des Experimentierens wurden 318 Untersuchungsansätze identifiziert, bei denen Planung *und/oder* Durchführung *und/oder* Auswertung beobachtbar waren (vgl. Emden 2011, S. 22). 156 davon entfallen auf die NaWis und 162 auf die Studierenden mit anderen Nebenfächern. Elf Ansätze können eindeutig als ‚Experimentieren‘ im Sinne einer vollständigen „Basisstruktur“ (ebd., s.o.) bewertet werden. Das Ausgehen von theoriebasierten Hypothesen konnte nicht beobachtet werden. Dieses mit Blick auf Studienziele zunächst ernüchternde Ergebnis wird jedoch relativiert, wenn man einem weiteren Experimentbegriff folgt, wie ihn z.B. Hering & Höttecke (2014, S. 1480) vorschlagen: „According to a current understanding, a scientific experiment is, instead, an act of intervention, where questions, interests, public and private perspectives, background knowledge and skills, an experimenter’s body, instruments, rooms and spaces, material and theoretical entities, and procedures interact to develop science within a cultural and societal context“. Folgt man dieser Einschätzung oder spricht statt vom ‚Experimentieren‘ von ‚Erkenntnisgewinnung‘, fallen fast alle Aktivitäten der Studierenden unter diese Kategorie. Das Untersuchungssetting, das die Studierenden durch eine Phänomenbegegnung offensichtlich dazu herausfordert, herauszufinden, worum es sich bei der Flüssigkeit handelt, kann als in hohem Maße authentisch angenommen werden, ähnelt es doch sowohl vom Forschungsgegenstand als auch von der Fragestellung her einem originär wissenschaftlichen Vorgehen (vgl. Höttecke 2013). Beobachten konnten wir demgemäß nicht „nur“ das (klassische) Experimentieren, sondern ein großes „Methodenarsenal“ der Erkenntnisgewinnung, das die Studierenden zur Anwendung brachten. Insgesamt konnten z.B. 33 verschiedene naturwissenschaftliche Verfahren gezählt werden, 27 bei den NaWis und 24 bei den Nicht-NaWis (16 Verfahren wurden von Proband*innen beider Gruppen eingebracht). Von insgesamt 122 Anwendungen dieser Methoden wurden diese in 108 Fällen auch (vollständig) fachlich sinnvoll eingesetzt. Davon entfallen 49 Fälle auf die NaWis, die in ihrem Vorgehen insgesamt zielgerichteter agieren (vgl. Galow & Köster

2016). Inwiefern die Ergebnisse auf das Studium zurückzuführen sind, kann nicht sicher beantwortet werden. Bei den NaWis konnten aber in sechs Fällen explizierte Rückbezüge auf Studieninhalte registriert werden.

Zwar ist es mit den gewählten Instrumenten bisher noch nicht möglich ein Qualitätsniveau des gekoppelten Argumentier-Experimentierhandelns zu bestimmen, jedoch können theoriebasiert verschiedene Indikatoren für Prozess- und Produktqualität bestimmt und diese jeweils differenziert bewertet werden, zum Beispiel die Frage, ob die Studierenden beim Argumentieren Belege einbeziehen oder fachlich sinnvolle Schlüsse ziehen, die dann auch in das Experimentierhandeln übernommen oder weitergeführt werden. Die Weiterentwicklung des Untersuchungsinstrumentariums in Hinblick auf Fragen des kombinierten Argumentations-Experimentierhandelns ist eine Herausforderung, der sich aktuell auch andere Arbeitsgruppen widmen (vgl. Ludwig, Priemer & Lewalter 2017 in diesem Band).

Literatur

- Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In W. Gräber et al. (Hrsg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*, 21-43. Opladen: Leske + Budrich.
- Emden, M. (2011). Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen*: Bd. 118. Berlin: Logos.
- Fleischhauer, J. (2013). Wissenschaftliches Argumentieren und Entwicklung von Konzepten beim Lernen von Physik. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen*: Bd. 143. Berlin: Logos.
- Galow, P. & Köster, H. (2016). Umgang mit Phänomenen – Handlungskompetenzen in naturwissenschaftlichen Kontexten von Grundschulpädagogikstudierenden der Integrierten Naturwissenschaften. In: *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Gromadecki, U. (2008). Argumente in physikalischen Kontexten. Welche Geltungsgründe halten Physikanfänger für überzeugend? In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen*: Bd. 91. Berlin: Logos.
- Heering, P. & Höttecke, D. (2014). Historical-investigative approaches in science teaching. In M. R. Matthews (Hrsg.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching*
- Höttecke, D. (2013). Forschend-entdeckenden Unterricht authentisch gestalten. Ein Problemaufriss. *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen*, 32-42.
- Kultusministerkonferenz. (2017). *Qualifikationsrahmen für deutsche Hochschulabschlüsse*.
- Ludwig, T., Priemer, B. & Lewalter, D. (2017). Argumentieren beim Experimentieren: Ergebnisse zweier Studien. In C. Maurer (Hrsg.): *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017*. Universität Regensburg.
- McNeill, K., & Knight, A. M. (2013). Teachers' pedagogical content knowledge of scientific argumentation: the impact of professional development on K-12 teachers. *Science Education*, 936-972.
- Means, M. L., & Voss, J. F. (1996). Who reasons well? Two studies of informal reasoning among Children of Different Grade, Ability, and Knowledge Levels. *Cognition and Instruction*, 14, 139-178.
- Osborne, J., Eduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of research in science teaching*, 41, 994-1020.
- Pedaste, M. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61.
- Riemeier, T., Aufschnaiter, C. v., Fleischhauer, J., & Rogge, C. (2012). Argumentationen von Schülern prozessbasiert analysieren. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 143-182.
- Robertshaw, B. & Campbell, T. (2013). Constructing arguments: Investigating pre-service science teachers' argumentation skills in a socio-scientific context. *Science Education International*, 24(2), 195-211.
- Sampson, V. D. & Clark, D. B. (2008). Assessment of Argument in Science Education: A critical review of the literature. Paper presented at the Proceedings of the 7th international conference on Learning sciences.
- Sandoval, W. A. & Millwood, K. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23 – 55.
- Toulmin, S. (1975). *Der Gebrauch von Argumenten*. Kronberg: Scriptor Verlag.
- Wellnitz, N., & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie – Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 315-345.