

Wie arbeiten Wissenschaftler wirklich?

Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in der Forschung und im Physikunterricht

Ein Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts ist es, Schülerinnen und Schüler mit den „spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung“ (KMK, 2005, S.6) der Naturwissenschaften vertraut zu machen. Dazu gehört unter anderem auch, dass sie Vorstellungen aufbauen über Arbeitsmethoden in der (aktuellen) Forschung, über die Rolle von Experimenten beim Erkenntnisprozess oder den Einfluss von Faktoren wie Kreativität und Objektivität, die beim Erkenntnisprozess nicht außer Acht gelassen werden dürfen (vgl. Urhahne, Kremer & Mayer 2008). Diese Aspekte werden in der didaktischen Diskussion als Vorstellungen über Nature of Science verortet. Für eine erfolgreiche Vermittlung von Vorstellungen über Nature of Science ist es wichtig, dass die Lehrkraft selbst über angemessene Vorstellungen verfügt. Verschiedene Studien zeigen jedoch, dass (angehende) Lehrkräfte häufig über wenig ausgeprägte und inkonsistente Vorstellungen zu verschiedenen Bereichen von Nature of Science verfügen (Metaanalyse von Deng et al., 2011; Höttecke & Rieß, 2007). Angehende Lehrkräfte haben insbesondere keine angemessene Vorstellung davon, welche Rolle dem Experiment im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess zugeschrieben wird und wie Experimente in der fachlichen Forschung entwickelt und durchgeführt werden (Deng et al., 2011; Gyllenpalm & Wickmann, 2011; Höttecke & Rieß, 2007). In der Schule erscheint das Experiment oft als „eine Art ‚Antwortmaschine‘“ (Höttecke & Rieß, 2007, S.7), die Gesetze belegt oder Hypothesen überprüft.

In der Fachwissenschaft und der Fachdidaktik haben Experimente unterschiedliche Funktionen. In den Naturwissenschaften dient das Experiment dazu, empirische Belege für Forschungsfragen zu generieren. Das Experiment wird zu diesem Zweck meist in einem längeren Prozess überarbeitet und überdacht (Höttecke & Rieß, 2015).

Auch im Unterricht kann das Experiment dazu dienen, empirische Belege für naturwissenschaftliche Fragen zu gewinnen. Darüber hinaus kann das Experiment abhängig vom Unterrichtsziel aber viele weitere Funktionen erfüllen (Hopf, Schecker & Wiesner, 2011). Zum Beispiel werden Experimente häufig am Anfang eines neuen Themas eingesetzt, um über einen Überraschungseffekt das Interesse und die Motivation der Schülerinnen und Schüler zu wecken. Experimente werden primär als unterstützendes Lernmedium eingesetzt, z.B. um physikalische Zusammenhänge erarbeiten zu lassen. Viele angehende Lehrkräfte sehen das Experiment entsprechend eher als Unterrichtsmethode, um Fachwissen zu vermitteln, und betrachten Experimente weniger aus der Sicht des naturwissenschaftlichen Prozesses (Gebhard, Höttecke & Rehm, 2017).

Eine wichtige Funktion von Experimenten im Unterricht ist, naturwissenschaftliche Arbeitsmethoden zu verdeutlichen und einzuüben. Schulexperimente können jedoch kein umfangreiches Bild von moderner naturwissenschaftlicher Forschung darstellen, sondern eher elementare Arbeitsschritte des physikalischen Erkenntnisprozesses aufzeigen (Girwidz, 2015). Dies kann dazu führen, dass im Unterricht ein verzerrtes Bild von Wissenschaft entsteht. Um dem zu begegnen, müssen zunächst angemessene Vorstellungen zu Nature of Science bei angehenden Lehrkräften aufgebaut werden. Dazu können authentische Begegnungen mit moderner naturwissenschaftlicher Forschung beitragen.

Beschreibung der Lernumgebung

Ein Ziel der konzipierten Lernumgebung ist es, den Studierenden authentische Einblicke in moderne und aktuelle physikalische Forschung zu geben. Das Seminarkonzept sieht in einer

ersten Phase die Auseinandersetzung mit aktuellen fachlichen Forschungsthemen und aktueller Forschungspraxis vor. Die Studierenden besuchen dafür eine physikalische Forschungsgruppe der Universität Kassel. Während ihres Aufenthalts in den Forschungsgruppen haben sie die Gelegenheit, an aktuellen Experimenten, Arbeitsgruppensitzungen, Laborführungen oder allgemein dem Alltag der Arbeitsgruppe teilzunehmen, um so einen möglichst authentischen Einblick in die Forschungspraxis zu erhalten. Die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Forschungsgruppe und die Studierenden stehen in engem Kontakt miteinander und tauschen sich über verschiedene Bereiche der Forschungspraxis aus. Gleichzeitig haben die Studierenden die Gelegenheit, Fragen zu Nature of Science, wie z.B. „Welche Rolle spielen Experimente im Erkenntnisprozess?“ oder „Wie kommen Wissenschaftler zu neuen Erkenntnissen?“, in der Forschungspraxis fokussiert nachzugehen.

In einer zweiten Phase steht die Generierung möglicher Ideen, wie eine Begegnung mit aktueller Forschung im Unterricht umgesetzt werden kann, im Mittelpunkt. Dazu wählen sich die Studierenden einen inhaltlichen Themenaspekt oder einen Aspekt der Forschungspraxis aus und führen für diesen eine didaktische Analyse durch. Die verschiedenen Ideen werden anschließend im Seminar vorgestellt und diskutiert.

Die Lernumgebung verknüpft fachliches und fachdidaktisches Wissen nach dem Integrationsmodell (Mayer, Ziepprecht, & Meier 2018, im Druck). Beim fachdidaktischen Wissen steht die didaktische Rekonstruktion zu Themen moderner Forschung im Mittelpunkt. Dem Fachwissen sind die fachlichen Grundlagen der inhaltlichen Schwerpunkte der physikalischen Forschungsgruppen zugeordnet. Dazu gehören beispielsweise Elemente aus der Oberflächenphysik oder Laborastrophysik.

Forschungsfragen und Forschungsdesign

Im ersten Seminardurchgang im Sommersemester 2016 mit sieben Studierenden deutete die Analyse der begleitenden Portfolios der Studierenden bereits darauf hin, dass die Vorstellungen zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen deutlich von einer verkürzten fachdidaktischen Sicht beeinflusst waren und sich mit den oben beschriebenen Vorstellungen decken. Für den Fortgang des Projektes soll deshalb der Fokus auf der Veränderung der Vorstellungen zum naturwissenschaftlichen Arbeiten durch die Lernumgebung gelegt werden.

Es soll insbesondere erfasst werden,

- welche Vorstellungen die Studierenden zu Beginn des Seminars zum naturwissenschaftlichen Arbeiten im Kontext aktueller Forschung haben (FF1)
- und inwiefern die Lernumgebung die Vorstellungen zum naturwissenschaftlichen Arbeiten beeinflusst (FF2).

Dazu werden strukturierte Interviews und ein offener Fragebogen im Prä-Post-Design eingesetzt. Der Fragebogen erhebt die Vorstellungen der Studierenden über Nature of Science in Anlehnung an Höttecke und Rieß (2007). Der Interviewleitfaden greift verschiedene Aspekte von Nature of Science auf. Einen Schwerpunkt bilden dabei die Vorstellungen der Studierenden zu den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen in der Forschung. Um den Einfluss der Lernumgebung auf die Vorstellungen der Studierenden über Nature of Science detaillierter zu erfassen, führen die Studierenden semesterbegleitend ein Portfolio. In regelmäßigen Abständen werden die Studierenden über Arbeitsaufträge aufgefordert, ihre Erfahrungen, Erwartungen und Vorstellungen zur Forschungspraxis zu reflektieren. Anhand der Portfolios sollen Elemente der Lernumgebung identifiziert werden, die zu einer Veränderung bei den Vorstellungen der Studierenden über Nature of Science führen (FF 2).

Das Datenmaterial wird mit der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) ausgewertet. Dabei wird soll ein induktives Kategoriensystem erstellt werden, welches auf das gesamte Datenmaterial angewendet werden kann.

Einblicke in erste Ergebnisse und Ausblick

Die im Folgenden präsentierten Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Portfolios der Studierenden (N=18, 5 w, 13 m) aus dem Sommersemester 2017. Schwerpunkt der Auswertung sind die Vorstellungen zum Experimentieren.

Zu Beginn des Seminars zeigen die Studierenden eine Bandbreite von verschiedenen Vorstellungen. Es wird erwähnt, dass Experimente empirische Daten liefern, aus denen Schlussfolgerungen gezogen werden, oder dass Experimente Aussagen, Hypothesen oder Theorien beweisen oder widerlegen. Neben diesen durchaus angemessenen Vorstellungen stehen weniger angemessene Vorstellungen. Beispielsweise äußert eine Studentin die Vorstellung, dass WissenschaftlerInnen ihre Messdaten per Hand erfassen oder dass WissenschaftlerInnen ein Großteil ihrer Arbeitszeit im Labor stehen. Diese Vorstellungen zum Experimentieren deuten darauf hin, dass die Vorstellungen stark von schulischen oder didaktischen Kontexten geprägt sind

Nach ihrem Aufenthalt in der Forschungsgruppe betrachten Studierende diese Vorstellungen zunehmend kritisch. So betont eine Studentin zu Beginn des Seminars, dass der Ablauf eines Experiments einem gewissen Schema folgt. Nach ihrem Aufenthalt in der Forschungsgruppe gibt sie an, dass der Forschungsprozess nicht „so stark strukturiert und geradlinig abläuft“, sondern in der Realität „eher eine kreisförmige Anordnung“ hat, die „durch eine stetige Änderung und Wiederholung“ gekennzeichnet ist“ (P1705_EW).

Einige Studierende nennen explizit Ursachen für nicht angemessene Vorstellungen. Beispielsweise erklärt die Studentin, die vorher die Vorstellung hatte, dass Wissenschaftler ihre Daten per Hand erfassen, dass ihre Vorstellung „durch die Schule geprägt ist, da in der Schule viele Messwerte per Hand aufgenommen werden müssen“ und dass sie hier „eine große Diskrepanz zwischen Schulexperimenten und Realität“ erkennt, die „auch zu falschen Vorstellungen führt“ (P1704_EB).

Die Wirkung des Seminars zeigt sich auch dort, wo Studierende Erkenntnisse als besonders überraschend oder neu kennzeichnen. Zum Beispiel betonen zwei Drittel der Studierenden, wie erstaunt sie darüber waren, dass Experimente von den Wissenschaftlern selber entwickelt und gebaut werden. In diesem Zusammenhang wird auch die bedeutsame Rolle der Kreativität bei der Entwicklung der Experimente oder beim Lösen von Herausforderungen hervorgehoben.

Zusammenfassend bestätigt dies, dass die Vorstellungen, mit denen die Studierenden in das Seminar kommen, deutlich an schulische und didaktische Kontexte gebunden sind. Der Aufenthalt in der physikalischen Forschungsgruppe trägt dazu bei, die Vorstellungen der Studierenden zu verändern. Der Großteil der Studierenden empfindet den Aufenthalt in der Forschungsgruppe als sinnvoll, um ein realistisches Bild von den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zu erhalten.

Die bisherige Analyse soll im weiteren mit der Auswertung der Interviews und des offenen Fragebogens ergänzt werden, um den Prozess der Veränderung von Vorstellungen der Studierenden zu den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen noch detaillierter zu beschreiben.

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben „Professionalisierung durch Vernetzung“ (PRONET) wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1505 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Literatur

- Deng, F., Chen, D.-T., Tasi, C.-C. & Chai, C.S. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. In: *Science Education*, 2011, 95(6), S.961-99.
- Gebhard, U., Höttecke, D. & Rehm, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften*. Ein Studienbuch. Wiesbaden: Springer.
- Girwidz, R. (2015). Medien im Physikunterricht. In: Kircher, R., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.) *Physikdidaktik*. Heidelberg: Springer Verlag, S.193-245.
- Gyllenpalm, J. & Wickman, P.-O. (2011). "Experiments" and the Inquiry Emphasis Conflation in Science Teacher Education. In: *Science Education*, 95(5), S.908-926.
- Hopf, M. (Hrsg.), Schecker, H., Wiesner, M. (2011): *Physikdidaktik kompakt*. Köln: Aulis Verlag.
- Höttecke, D., Rieß, F. (2007). Rekonstruktion der Vorstellungen von Physikstudierenden über die Natur der Naturwissenschaften - eine explorative Studie. In: *PhyDid A, Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 2007, 1/6, S.1-14.
- Höttecke, D., Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 2015, 21, S.127–139.
- Mayer, J., Ziepprecht, K. & Meier, M. (2018, im Druck). Theoretische und konzeptionelle Rahmung: Vernetzung fachlicher, fachdidaktischer und bildungswissenschaftlicher Studienelemente in der Lehrerbildung. In Meier, M., Ziepprecht, K. & Mayer, J. (Hrsg.). *Lehrerbildung in vernetzten Lernumgebungen*. Münster: Waxmann.
- Mayring, Philipp (2010): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. 11., aktualisierte und überarb. Aufl. Weinheim: Beltz (Pädagogik).
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (Hrsg.). (2005). *Bildungsstandards für das Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*. München: Wolters Kluwer.
- Urhahne, D., Kremer, K. & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens. In: *Unterrichtswissenschaft*, 2008, 36 (1), S.71-93.