

Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit

Den Aspekten der Vorläufigkeit und der soziokulturellen Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse kommt in aktuellen Debatten um die Glaubwürdigkeit von Erkenntnissen eine zentrale Rolle zu (Bell, 2009; Kampourakis, 2018). Dies wurde auch in der Corona-Pandemie noch einmal besonders deutlich, während der in der medialen Öffentlichkeit permanent darüber diskutiert wurde, inwiefern bzw. wie schnell sich naturwissenschaftliche Erkenntnisse ändern können und welches Verhältnis zwischen Naturwissenschaften und Gesellschaft besteht (Martin, Hanna, McCartney & Dingwall, 2020). Zahlreiche Studien weisen allerdings darauf hin, dass Lernende und Lehrende bezüglich beider Aspekte von „Nature of Science“ (NOS) häufig über naive oder inkonsistente Ansichten verfügen (Abd-El-Khalick, 2006; Lederman, 2007; McComas, 2017; Cofré, Núñez, Santibáñez, Pavez, Valencia & Vergara, 2019). Zudem scheinen die Vorstellungen von Lehramtsstudierenden über die Vorläufigkeit sowie über die soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse besonders resistent gegenüber Veränderungen zu sein (Mesci & Schwartz, 2017). Dementsprechend widmete sich ein Promotionsprojekt an der Universität zu Köln den folgenden Forschungsfragen:

- Inwiefern sind die Vorstellungen von Chemielehramtsstudierenden über die Vorläufigkeit bzw. über die soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse resistent gegenüber Veränderungen?
- Wie lässt sich mithilfe von schulrelevanten Kontexten und NOS-Aktivitäten ein adäquates und kompetenzorientiertes Verständnis der Vorläufigkeit und soziokulturellen Eingebundenheit bei zukünftigen Chemielehrenden fördern?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden zu beiden Aspekten zunächst Arbeitsdefinitionen für die Chemielehrer*innenbildung formuliert. Dabei handelt es sich um Leitrahmen, welche zukünftigen Lehrenden bei der Erstellung von Lernarrangements zur Verständnisförderung helfen sollen. Zudem wurden drei empirische, qualitative Studien mit Lehramtsstudierenden der Universität zu Köln im Rahmen chemiedidaktischer Seminare durchgeführt, deren zentrale Ergebnisse im Folgenden zusammengefasst werden. Die Arbeitsdefinitionen zur Vorläufigkeit und zur Eingebundenheit sowie detaillierte Informationen über die eingesetzten Datenerhebungsinstrumente, Auswertungsmethoden und das generelle Studiendesign finden sich bei Müller (2021) sowie bei Müller und Reiners (2020b, 2021).

Studie 1: Vorstellungen von Lehramtsstudierenden über die Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit

Im Mittelpunkt der ersten Studie ($n_{S1} = 41$) stand vor allem die Erhebung der Vorstellungen der Studierenden zu den beiden betrachteten NOS-Aspekten. Zusammenfassend zeigt sich, dass einige Lehramtsstudierende tatsächlich naive oder inkonsistente Ansichten über die beiden Aspekte aufweisen, wobei sich die Vorstellungen zur Vorläufigkeit im Vergleich als veränderungsresistenter erweisen. Hierfür konnten mehrere Gründe ausgemacht werden: Zum einen sind viele Studierende auch nach der Intervention nicht in der Lage, ihre Ansichten zu begründen. Zudem beziehen sie in ihren Argumentationen nicht alle Erkenntnisarten mit ein, sondern betrachten vor allem naturwissenschaftliche Theorien und

Modelle als vorläufig, insbesondere geprägt durch das Beispiel der Entwicklung der Atommodelle, welches sie als aus der eigenen Schul- bzw. Hochschulzeit besonders prägendes Beispiel anführen. Darüber hinaus scheint die Auseinandersetzung mit der Vorläufigkeit von Erkenntnissen einige Studierende zu verunsichern. Als Konsequenzen für die zweite Studie ergaben sich, dass offenbar eine intensivere Auseinandersetzung mit der Vorläufigkeit sowie weitere Maßnahmen zur Verständnisförderung notwendig sind. Um einer Verunsicherung der Studierenden vorbeugen zu können, sollte in gleichem Maße zudem auch die Beständigkeit und Glaubwürdigkeit von Erkenntnissen thematisiert werden. Des Weiteren gilt es die Einschätzung der Studierenden zur Vorläufigkeit einzelner Erkenntnisarten noch differenzierter zu erheben.

Studie 2: Erprobung und Evaluation verständnisfördernder Maßnahmen

Durch die Berücksichtigung der oben beschriebenen Konsequenzen konnten in Studie 2 ($n_{S2} = 47$) zwischen Pre- und Post-Test signifikante Vorstellungserweiterungen bezüglich der Vorläufigkeit bei den Studierenden erzielt werden. So begründeten diese im Anschluss an die Intervention nicht nur die Vorläufigkeit von Erkenntnissen differenzierter, sondern auch deren Beständigkeit. Dabei schätzten die Teilnehmenden vor allem die eingesetzten dekontextualisierten Aktivitäten sowie eine Strukturierungshilfe (Müller & Reiners, 2021) als verständnisfördernd ein. Die sechs Monate nach der Intervention durchgeführten Follow-Up-Interviews weisen zudem darauf hin, dass eine während der Intervention arrangierte Medienreflexion einen besonders nachhaltigen Eindruck auf die Studierenden hinterlassen hat. So gaben die interviewten Studierenden an, dass sie mittlerweile Filme oder Fernsehserien kritischer betrachten und fast automatisch reflektieren würden, inwiefern diese ein adäquates Bild naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung vermitteln.

Tab. 1: Einschätzungen der Studierenden ($n_{S2} = 47$) zur Vorläufigkeit bzw. Beständigkeit verschiedener Erkenntnisarten im Pre-Test und Post-Test von Studie 2.

Erkenntnisart	Pre-Test					Post-Test				
	vorläufig		beständig			vorläufig		beständig		
Daten	6	12	10	11	8	9	10	9	11	8
Definitionen	6	8	13	18	2	6	17	13	9	2
Gesetze	0	5	4	17	21	2	4	12	27	2
Hypothesen	30	9	7	1	0	33	9	4	0	1
Naturkonstanten	0	3	5	15	24	2	2	9	25	9
Ordnungssysteme	2	9	10	20	6	5	16	15	11	0
Theorien/Modelle	11	20	13	3	0	8	20	14	5	0

Die Teilnehmenden sollten vor und nach der Intervention von Studie 2 zudem jeweils entlang einer fünf-stufigen Skala einschätzen, ob sie einzelne Erkenntnisarten eher für vorläufig oder eher für beständig halten. Die in Tabelle 1 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass die Studierenden Naturkonstanten und naturwissenschaftliche Gesetze vor der Intervention als besonders beständig erachteten. Umgekehrt wurden naturwissenschaftliche Hypothesen sowie Theorien und Modelle von den meisten Studierenden offensichtlich eher als vorläufig betrachtet. Die Post-Test-Resultate zeigen, dass diese Tendenzen auch nach der Intervention noch vorliegen. Allerdings schätzten die Studierenden im Post-Test einzelne Erkenntnisarten deutlich seltener als „völlig beständig“ ein. Mithilfe des zweiseitigen t-Tests

für abhängige Stichproben konnten bei Definitionen, Gesetzen, Naturkonstanten und Ordnungssystemen sogar signifikante Unterschiede ($\alpha = 0,05$) zwischen den Studierendeneinschätzungen im Pre- und im Post-Test festgestellt werden (Rasch, Friese, Hofmann & Naumann, 2014). Dabei haben sich die Einschätzungen der Studierenden im Mittel jeweils in Richtung „vorläufig“ verschoben. Theorien und Modelle wurden im Post-Test hingegen teilweise als „beständiger“ eingeschätzt. Dies kann als Indiz dafür gewertet werden, dass einige Studierende im Anschluss an die Intervention neben der Vorläufigkeit auch die Beständigkeit von Theorien und Modellen verinnerlicht haben.

Studie 3: Seminarkonzept zu Förderung eines adäquaten Verständnisses über die Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit

In Studie 3 ($n_{S3} = 27$) sollten die Ergebnisse der vorangegangenen Studien zu einem Seminarkonzept für die Chemielehrer*innenbildung zusammengefasst werden. Dabei musste das entwickelte Seminar aufgrund der Corona-Pandemie im Rahmen der digitalen Distanzlehre erprobt werden. Die Evaluationsergebnisse weisen darauf hin, dass die Studierenden das Seminar größtenteils als verständnisfördernd, motivierend und für ihren späteren Beruf als sehr sinnvoll einschätzten. Zudem wird der große Praxisbezug der Veranstaltung gelobt. So sollten die Studierenden auch exemplarische Unterrichtseinheiten zur Förderung des NOS-Verständnisses entwickeln, wobei sich jeweils 12 Teilnehmende der Vorläufigkeit bzw. der soziokulturellen Eingebundenheit widmeten. Die Unterrichtspläne der Studierenden zeigen, dass diese zur Förderung des Verständnisses über die soziokulturelle Eingebundenheit sehr unterschiedliche Kontexte wählten, wie z.B. erneuerbare Energien, mobile Energiequellen, Kunststoffe im Alltag oder die Geschichte der Frauen in der Chemie. Obwohl die Studierenden selbst noch weitere Beispiele benötigten, um ein adäquates Verständnis der Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zu entwickeln (Müller & Reiners, 2021), griffen die Teilnehmenden bei der Unterrichtsplanung bezüglich der Vorläufigkeit jedoch überwiegend auf den Kontext der Entwicklung der Atommodelle sowie auf das Black-Box-Experiment (vgl. Schaer, 1991) zurück. Dies wirft die Frage auf, inwiefern Studierende ihre neuen Vorstellungen auch auf ihre spätere Unterrichtspraxis übertragen.

Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse der empirischen Studien zeigen, dass eine Förderung des Verständnisses über die Vorläufigkeit und über die soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse im Rahmen der Chemielehrer*innenbildung erforderlich ist, da viele Studierende diesbezüglich über naive oder inkonsistente Ansichten verfügen und/oder ihre Ansichten nicht (differenziert) begründen können. Zu diesem Zweck wurden im Rahmen des betrachteten Forschungsprojektes neue Vermittlungsansätze sowie Methoden entwickelt, wie z. B. die BlackTube (Müller & Reiners, 2020a), und in Form eines Seminarkonzeptes zusammengetragen. Um der Veränderungsresistenz der Vorstellungen über die Vorläufigkeit begegnen zu können, sollten sich Lehramtsstudierende einerseits intensiv mit den prinzipiellen Gründen für die Vorläufigkeit auseinandersetzen, wobei eine Differenzierung nach Erkenntnisarten und die Thematisierung verschiedener Beispiele erforderlich ist. Um die Studierenden nicht zu verunsichern, sollte dabei andererseits aber auch die Beständigkeit und Glaubwürdigkeit der Erkenntnisse diskutiert werden. Auf diese Weise kann gewährleistet werden, dass die Studierenden die Naturwissenschaften weder für unveränderlich noch für unglaubwürdig halten.

Literatur

- Abd-El-Khalick, F. (2006). Over And Over And Over Again: College Students' Views of Nature of Science. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education* (S. 389–425). Dordrecht: Springer Verlag.
- Bell, R. L. (2009). Teaching the Nature of Science: Three Critical Questions. *National Geographic Learning*. Abgerufen am 09. November 2018 von http://www.ngspscience.com/profdev/monographs/sc122-0449a_sci_am_bell_lores.pdf
- Cofré, H., Núñez, P., Santibáñez, D., Pavez, J.M., Valencia, M. & Vergara, C. (2019). A Critical Review of Students' and Teachers' Understandings of Nature of Science. *Science & Education*, 28(3-5), 205–248.
- Kampourakis, K. (2018). Science and Uncertainty. *Science & Education*, 27(9–10), 830.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research in Science* (S. 831–880). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Martin, G. P., Hanna, E., McCartney, M. & Dingwall, R. (2020). Science, society, and policy in the face of uncertainty: reflections on the debate around face coverings for the public during COVID-19. *Critical Public Health*, 30(5), 501–508.
- McComas, W. F. (2017). Understanding How Science Works: The Nature of Science as the Foundation for Science Teaching and Learning. *The School Science Review*, 98, S. 71–76.
- Mesci, G. & Schwartz, R. S. (2017). Changing Preservice Teachers' Views of Nature of Science: Why Some Conceptions May be More Easily Altered than Others. *Research in Science Education*, 47, 329–351.
- Müller (2021). Die Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Kritische Reflexion, empirische Befunde und fachdidaktische Konsequenzen für die Chemielehrer*innenbildung. Berlin: Logos-Verlag, Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 317. ISBN 978-3-8325-5343-2
- Müller, S. & Reiners, Ch. S. (2020a). Die „BlackTube“ - Die Entdeckung chemischer Gesetze und Gesetzmäßigkeiten spielerisch nachvollziehen. *Chemie & Schule*, 35(2), 11-14.
- Müller, S. & Reiners, Ch. S. (2020b). Tentativeness and Sociocultural Embeddedness – Resistant Myths about Nature of Science. In O. Levrini & G. Tasquier (Hrsg.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2019 Conference. The Beauty and Pleasure of Understanding: Engaging with Contemporary Challenges Through Science Education* (S. 760–769). Bologna: ALMA MATER STUDIORUM – University of Bologna.
- Müller, S. & Reiners, Ch. S. (2021). Ist chemisches Wissen vorläufig oder beständig oder beides? – Untersuchung der Vorstellungen von Lehramtsstudierenden über die Vorläufigkeit von Erkenntnissen in der Chemie. *CHEMKON*, 28(5), 187-195. <https://doi.org/10.1002/ckon.201900080>.
- Rasch, B., Friese, M., Hofmann, W. & Naumann, E. (2014). *Quantitative Methoden 1 - Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler* (4., überarb. Aufl.). Berlin und Heidelberg: Springer.
- Schaer, M. (1991). Einführung in den Modellbegriff im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. In K. H. Wiebel (Ed.), *Zur Didaktik der Physik und Chemie: Probleme und Perspektiven* (S. 183–185). GDGP-Jahrestagung in Weingarten 1990. Alsbach: Leuchtturmverlag.