

## NOS im Fokus: Forschung zu Vorstellungen von Physiklehrkräften

Linda Zwick, Rita Wodzinski

Universität Kassel, Didaktik der Physik, Heinrich-Plett-Str. 40, 34132 Kassel  
linda.zwick@uni-kassel.de

### Kurzfassung

Im Kasseler SFB ELCH (Sonderforschungsbereich Extremes Licht für die Analyse und Kontrolle von molekularer Chiralität) ist ein Transferprojekt eingebunden, dessen Ziel es ist, durch den Transfer von ELCH-Aktivitäten das Wissenschaftsverständnis in Schulen zu fördern. Für Lehrkräfte findet diese Förderung in Fortbildungen zu Nature of Science (NOS) statt, bei der die folgenden drei Aspekte in besonderer Weise adressiert werden: (i) Erkenntnisgewinnung in naturwissenschaftlicher Forschung, (ii) Zusammenspiel von Theorie und Experiment in der Physik sowie (iii) Zusammenarbeit und Kollaboration unter Physiker:innen.

Basierend auf Einblicken in einzelne ELCH-Forschungsprojekte und fachdidaktischen Grundlagen zu NOS entwickeln die Lehrkräfte gemeinsam mit Physiker:innen des SFB innerhalb der Fortbildung Unterrichtsmaterialien zu den NOS-Aspekten (i) – (iii) für die Sekundarstufe II. Dabei wird aus Forschungsperspektive den Fragen nachgegangen, inwieweit sich Vorstellungsänderungen bei den Lehrkräften bezüglich der ausgewählten NOS-Aspekte im Verlauf und nach der Fortbildung nachweisen lassen sowie in welcher Art und Weise Elemente der Fortbildung darauf Einfluss nehmen.

### 1. Motivation

Welche Vorstellungen Lernende und angehende Lehrkräfte (Lehramtsstudierende) zu NOS sowie zu naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen haben, wird seit einigen Jahren erfolgreich beforscht (Lederman & Lederman, 2014). Eher wenige Erkenntnisse gibt es dazu, welche Vorstellungen Lehrende in naturwissenschaftlichen Fächern zu NOS haben (Cofré, Núñez, Santibáñez, Pavez, Valencia & Vergara, 2019). Dabei besteht in den naturwissenschaftlichen Didaktiken der Konsens, dass Lehrende und Lehramtsstudierende (wie auch Lernende) „vielfach über naive und inkonsistente Ansichten über NOS“ (Müller, 2021, S. 16) verfügen. Die Vorstellungen der Lehrkräfte schlagen sich (un-)gewollt im Unterricht nieder (Höttecke, 2001), wodurch die Schüler:innen in der Schule ein verzerrtes Bild der Naturwissenschaften kennenlernen. In Konsequenz sind über die letzten Jahre NOS-Aspekte in den Neufassungen der Bildungsstandards naturwissenschaftlicher Fächer aufgenommen worden (Müller, 2021). Auch in der Lehrkräftebildung an Hochschulen findet das Thema nach und nach Einzug (Kircher & Dittmer, 2004; Müller, Gimbel, Ziepprecht & Wodzinski, 2020). Fort- oder Weiterbildungsangebote zu NOS für ausgebildete Lehrkräfte gibt es in Deutschland nur vereinzelt. An diesem Punkt setzt die hier beschriebene Studie mit Fokus auf dem Fach Physik an. Das Ziel besteht darin, Informationen über die Entwicklung von Vorstellungen bei Physiklehrkräften zu ausgewählten Merkmalen von Nature of Science (NOS) zu gewinnen.

Nach der Entwicklung einer eintägigen Lehrkräfte-

Fortbildung zu NOS geht es zentral darum herauszufinden, wie wirksam die Fortbildung ist. Dazu werden die Vorstellungen der teilnehmenden Physik-Lehrkräfte zu ausgewählten Aspekten von NOS ((i) Erkenntnisgewinnung in naturwissenschaftlicher Forschung, (ii) Zusammenspiel von Theorie und Experiment in der Physik sowie (iii) Zusammenarbeit und Kollaboration unter Physiker:innen) zu unterschiedlichen Zeitpunkten erhoben: vor, während und nach der Fortbildung. Alle gesammelten Daten werden personenspezifisch in der Auswertung trianguliert, um möglichst genau die Vorstellungsentwicklungen und die Einflüsse einzelner Fortbildungselemente darauf (= Wirksamkeit der einzelnen Fortbildungselemente) rekonstruieren zu können.

Im folgenden Beitrag wird basierend auf dem theoretischen Hintergrund zum Wissenschaftsverständnis, NOS und Lehrkräftefortbildungen das entwickelte Fortbildungskonzept vorgestellt. In Bezug auf das Forschungsziel und die Forschungsfragen wird das geplante Forschungsdesign erläutert.

### 2. Theoretischer Hintergrund

Unter Wissenschaftsverständnis wird nach Grygier (2005) das Metawissen über Wissenschaft verstanden. In Bezug auf die Naturwissenschaften ist die Rede von Nature of Science (NOS). Nach McComas & Clough (2020) ist „*Nature of Science [...] a description of how the scientific enterprise works. [...] NOS addresses issues such as what science is, how science works [...], how science impacts and is impacted by society, and what scientists are like in their professional and personal lives*“ (ebd., S. 5). In der

Naturwissenschaftsdidaktik gibt es viele Arten und Weisen NOS zu beschreiben (z. B. aus der Perspektive wissenschaftlicher Bezugsdisziplinen wie der Psychologie, Geschichte, Soziologie, Ethik oder Epistemologie) oder NOS zu konzeptualisieren (z. B. als Minimalkonsens in Aspektlisten (Lederman, Abdel-Khalick, Bell & Schwartz, 2002; McComas & Olson, 1998; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar & Duschl, 2003), als Nature of Whole Science (Allchin, 2011), als Family Resemblance Approach (Erduran & Dagher, 2014) oder Nature of Science-in-Society (Höttecke & Allchin, 2020)). Bei der Fortbildung im Projekt geht es darum, den Lehrkräften ausgewählte Aspekte von Naturwissenschaften anhand von aktueller, authentischer wissenschaftlicher Forschung im ELCH zu verdeutlichen. Auf diese Weise soll eine Basis gelegt werden, auf deren Grundlage sie ein funktionales Wissensnetz zu NOS entwickeln können. Dies entspricht dem Kerngedanken von Matthews (2015), der in Allchins Sinne dafür plädiert, bei NOS-Elementarisierungen den Begriff „Nature“ durch „Features“ zu ersetzen (Billion-Kramer, 2020), da bei den Elementarisierungen nicht mehr die „Nature“ of Science, sondern Features of Science (FOS) abgebildet werden. Die ausgewählten Features bzw. NOS-Aspekte für die eintägige Fortbildung sind (i) Erkenntnisgewinnung in naturwissenschaftlicher Forschung, (ii) Zusammenspiel von Theorie und Experiment in der Physik sowie (iii) Zusammenarbeit und Kollaboration unter Physiker:innen.

Über NOS-Konzeptualisierungen und Konsensdiskussionen hinweg steht seit einigen Jahren auch die Vorstellungsforschung zu NOS bzw. FOS im Zentrum didaktischer Forschungsprojekte. Besonders Lederman hat sich diesem Forschungsfeld gewidmet. Ward & Heigh (2016) zitieren ein Review von Lederman, welches belegt, dass das limitierte Verständnis von Lehrkräften zu NOS empirisch bereits sehr gut dokumentiert ist. Darauf aufbauend gilt es derzeit zu untersuchen, welche wirksamen Methoden existieren, um NOS-Verständnisse und NOS-Vorstellungen sinnstiftend zu erweitern bzw. zu entwickeln und zu evaluieren (Müller, 2021; Bruns, 2009; Schumacher, 2015; Marniok, 2018; Stamer, 2019).

Bei der Gestaltung der Fortbildung war der Leitfaden von Lipowsky & Rzejak (2021) Grundlage, der Ergebnisse internationaler empirischer Professionalisierungsforschung für lernwirksame Fortbildungen zusammenfasst. In dem Leitfaden differenzieren die Autoren inhaltliche und gestalterische Qualitätsmerkmale. Anhand eines Abgleichs dieser Qualitätsmerkmale mit den Rahmenbedingungen und dem Fortbildungsziel, ist das im nachfolgenden Kapitel beschriebene Fortbildungskonzept entstanden.

### 3. Fortbildungskonzept

Im Forschungsprojekt wurde eine eintägige, achtstündige Fortbildung für Physik-Lehrkräfte entwickelt, die in der Oberstufe unterrichten. Die Fortbildung besteht aus einer Kombination von Input-, Diskussions-

& Erprobungsphasen, die sich im Wesentlichen durch drei Bausteine beschreiben lassen: (A) Einblicke in moderne Forschung, (B) Fachdidaktische Grundlagen zu NOS und (C) Kreativarbeit zu NOS-Aspekten - Gemeinsames Gestalten und Diskutieren von Unterrichtsideen & -materialien. Ergänzend finden vor und nach jedem der Bausteine Reflexionsphasen in Form von Concept Mapping zum Thema „Physik als Naturwissenschaft“ statt (vgl. Abb. 1).



Abb. 1: Fortbildungskonzept

Im Baustein (A) erhalten die teilnehmenden Physik-Lehrkräfte Einblicke in moderne Forschung. Die Laborführung und die Projektpräsentation werden von ELCH-Physiker:innen gehalten, die ihre aktuellen Forschungsprojekte vorstellen und von einigen bisherigen Erfahrungen mit der Wissenschaft berichten. Das Hauptaugenmerk der Präsentationen liegt dabei auf den ausgewählten NOS-Aspekten (i) – (iii). Zur Erkenntnisgewinnung in naturwissenschaftlicher Forschung (NOS-Aspekt (i)) werden so zum Beispiel die erforderliche Kreativität und Vorstellungskraft betont, die in die theoretischen Modellüberlegungen und das umsetzbare Experiment-Setups investiert wurden. Ein weiterer wichtiger Aspekt stellt die Darlegung des gesamten zyklischen Projekt-Prozesses dar, der bei jeder forschenden Person individuell verläuft. Bezüglich der NOS-Aspekte (ii) Zusammenspiel von Theorie und Experiment in der Physik und (iii) Zusammenarbeit und Kollaboration unter Physiker:innen werden besonders die Projektschnittstellen und -verknüpfungen innerhalb des SFBs aufgezeigt. Nach der Laborführung und der Projektpräsentation schauen sich die Physik-Lehrkräfte Videoclips an, die teilweise schon fertig ausgearbeitet für den Unterricht sind und teilweise kurze, (un-)vertonte Einblicke in

verschiedene ELCH-Aktivitäten (wie Postersessions, Lectures, Öffentlichkeitsarbeit, Laborführungen) zeigen. Auf Reflexionsbögen zur Laborführung, Projektpräsentation und zu den Videoclips halten die Lehrkräfte Stichpunkte zu unterschiedlichen Aspekten schriftlich fest (wie z. B. Aspekte, die neu für die Lehrkräfte sind, die sie nicht verstanden haben oder die ihre Schüler:innen unbedingt lernen sollten).

Im Baustein (B) werden den Physiklehrkräften fachdidaktische Grundlagen zu NOS nähergebracht, welche die Relevanz von NOS, Konzeptualisierungen von NOS und Anregungen für einen didaktisch sinnvollen Umgang mit dem Thema im Unterricht umfassen.

Im Baustein (C) setzen sich die Lehrkräfte in Kleingruppen gemeinsam mit den Physiker:innen der Laborführung und der Projektpräsentation zusammen und erarbeiten auf Basis der gesichteten Videoclips aus Baustein (A) Storyboards zu Videos, die sie selbst im Oberstufen-Physikunterricht einsetzen würden.

Die Methode des Concept Mappings wird im Rahmen der Fortbildung für die Lehrkräfte zur kognitiven Aktivierung und zur Reflexion des Erlebten in den Bausteinen (A) bis (C) eingesetzt. Für die vorliegende Untersuchung dient diese Methode als Diagnoseinstrument (s. Kap. 5). Nach einer kurzen Instruktion zur Erstellung von Concept Maps bekommen die Lehrkräfte die Aufgabe, eine Concept Map zu dem Thema „Physik als Naturwissenschaft“ mit mindestens den folgenden Begriffen zu erstellen: Physik, Erkenntnisgewinnung, Theorie, Experiment, naturwissenschaftliche Denkweisen, naturwissenschaftliche Arbeitsweisen, Zusammenarbeit. Im Anschluss vergleichen die Fortbildungsteilnehmenden in Kleingruppen ihre erstellten Concept Maps. Anhand identifizierter Gemeinsamkeiten und Unterschiede beim Vergleichen erarbeiten sie eine gemeinsame Concept Map. Nach jedem Baustein der Fortbildung treffen sich die Lehrkräfte in ihrer Kleingruppe wieder und entwickeln ihre gemeinsam erstellte Concept Map anhand bausteinspezifischer Reflexionsfragen und ihrer schriftlichen Notizen weiter. Nach dem Baustein (C), der Gestaltung von Unterrichtsvideos zu NOS, finalisieren die Lehrkräfte ihre Concept Maps und präsentieren sie den anderen Fortbildungsteilnehmenden.

Zum Abschluss der Fortbildung wird eine Evaluation durchgeführt, die in Kapitel 5 näher erläutert wird.

#### 4. Forschungsziel & Forschungsfragen

Das Hauptziel dieser Studie ist es, Vorstellungsentwicklungen von Physiklehrkräften zu ausgewählten Aspekten von Nature of Science (NOS) im Kontext der im vorherigen Kapitel dargestellten Lehrkräftefortbildung zu untersuchen:

- (i) Erkenntnisgewinnung in naturwissenschaftlicher Forschung
- (ii) Zusammenspiel von Theorie und Experiment in der Physik

- (iii) Zusammenarbeit und Kollaboration unter Physiker:innen

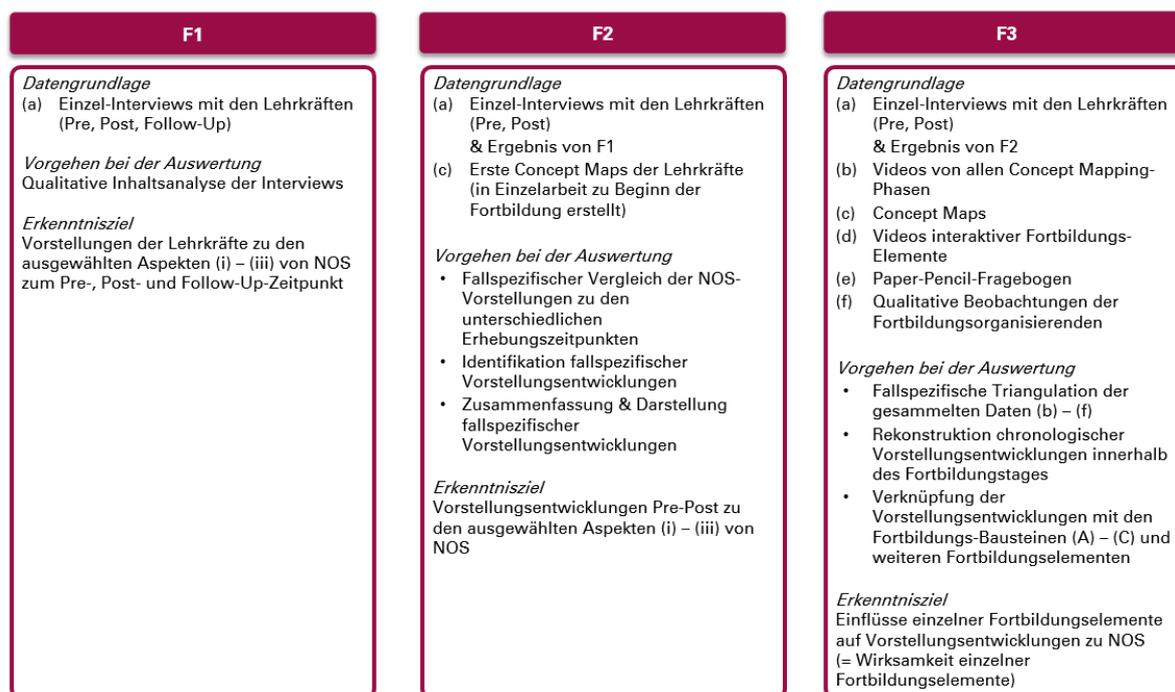
Dazu wird folgenden Forschungsfragen nachgegangen.

- (F1) Welche Vorstellungen haben Physiklehrkräfte zu den ausgewählten Aspekten (i) – (iii) von NOS?
- (F2) Welche Entwicklungen lassen sich nach der Lehrkräftefortbildung in Bezug auf die Vorstellungen von Physiklehrkräften zu den ausgewählten Aspekten von NOS feststellen?
- (F3) Welche Elemente der Lehrkräftefortbildung tragen zu den Vorstellungsentwicklungen der Physiklehrkräfte in welcher Weise bei?

#### 5. Forschungsdesign

Abb. 2 stellt das Design der qualitativen Studie vor, bei dem folgende Daten in der in Kapitel 3 vorgestellten Fortbildung erhoben werden: (a) Einzel-Interviews mit den Fortbildungsteilnehmenden und mitdiskutierenden Naturwissenschaftler:innen (Pre, Post, Follow-Up), (b) Videos von allen Concept Mapping-Phasen, die in Kleingruppen von den Lehrkräften innerhalb der Fortbildung erarbeitet und nach jedem Fortbildungselement weiterentwickelt werden, (c) alle Concept Maps als Produkte der Concept Mapping-Phasen, (d) Videoaufnahmen der interaktiven Fortbildungs-Elemente wie der Kreativarbeit zu den Unterrichtsvideos oder dem Präsentieren und Diskutieren der finalisierten Concept Maps, (e) ein Paper-Pencil-Fragebogen, um zeiteffizient die demographischen Daten, bisherigen Teilnahmen an Fortbildungen und ersten Fortbildungseindrücke der Lehrkräfte zu ermitteln und (f) qualitative Beobachtungen der Fortbildungsorganisierenden. Zentral für die Beantwortung der Forschungsfragen F1 - F3 sind die Auswertungen der Interviews und der Concept Maps (vgl. Abb. 2).

Für die Beantwortung der Forschungsfrage F1 werden die Pre-Interviews mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring & Fenzl (2022) im Hinblick auf die Vorstellungen der Lehrkräfte zu Beginn der Fortbildung ausgewertet. Analog wird auch mit den Post-Interviews verfahren. Der Vergleich der Vorstellungen liefert Anhaltspunkte für Vorstellungsentwicklungen (Forschungsfrage F2). Basierend auf diesen Ergebnissen werden alle weiteren erhobenen Daten fallspezifisch trianguliert. So sollte es möglich sein, fallspezifische chronologische Vorstellungsentwicklungen zu rekonstruieren, deren Ursachen mit den Fortbildungsbausteinen in Verbindung gebracht werden können. Der letzte dargestellte Aspekt entspricht dem Vorgehen zur Beantwortung von Forschungsfrage F3. Die Follow-Up-Interviews (Erhebungszeitpunkt einige Wochen nach der Fortbildung) dienen der Überprüfung, ob die Vorstellungsentwicklungen



**Abb. 2:** Forschungsdesign – Darstellung der geplanten Herangehensweise zur Beantwortung der Forschungsfragen F1 – F3

ausschließlich situativ oder mittelfristig anhaltend sind.

Mit den gewonnen Erkenntnissen der vorgestellten Studie soll ein Beitrag zu wirksamen Methoden in der Entwicklung von NOS-Vorstellungen bzw. NOS-Verständnissen und wirksamer Gestaltung von Lehrkräftefortbildungen zu NOS geleistet werden.

## 6. Literatur

- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. In: *Science Education*, 95(3), 518–542.
- Billion-Kramer, T. (2021). *Nature of Science. Lernen über das Wesen der Naturwissenschaften*. Wiesbaden: Springer VS.
- Bruns, J. (2009). Auf dem Weg zur Förderung naturwissenschaftsspezifischer Vorstellungen von zukünftigen Chemie-Lehrenden. Chancen und Grenzen eines kombinierten theoretisch-expliziten und praktisch-reflektierten Ansatzes. Berlin: Logos.
- 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. In: *Science & Education*, 28, 205–248.
- Erduran, S. & Dagher, Z. R. (2014). Reconceptualizing the nature of science for science education: Scientific knowledge, practices and other family categories. Netherlands: Springer.
- Grygier, P. (2005). Vermittlung von Wissenschaftsverständnis im Sachunterricht der Grundschule. In: M. Götz & K. Müller (Hrsg.), *Grundschule zwischen den Ansprüchen der Individualisierung und Standardisierung*. Jahrbuch Grundschulforschung, 215–220, VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Höttecke, D. (2001). *Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen: Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen*. Berlin: Logos.
- Höttecke, D. & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. In: *Science Education*, 104(4), 641–666.
- Kircher, E., & Dittmer, A. (2004). Lehren und lernen über die Natur der Naturwissenschaften – ein Überblick. In: C. Hößle, D. Höttecke & E. Kircher (Hrsg.), *Lernen über die Natur der Naturwissenschaften*, 2–22, Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521.
- Lederman, N. G. & Lederman, J. S. (2014). Research on Teaching and Learning of Nature of Science. In: N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education*, Vol. II, 600–620, Taylor and Francis.
- Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2021). *Fortbildungen für Lehrpersonen wirksam gestalten: Ein praxisorientierter und forschungsgestützter Leitfaden*. Bertelsmann Stiftung.
- Marniok, K. (2018). *Zum Wesen von Theorien und Gesetzen in der Chemie: Begriffsanalyse und Förderung der Vorstellungen von Lehramtsstudierenden*. Berlin: Logos.

- Matthews, M. R. (2015). *Science Teaching: The Contribution of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge.
- McComas, W. F. & Clough, M. P. (2020). Nature of Science in Science Instruction: Meaning, Advocacy, Rationales, and Recommendations. In: W. F. McComas (Hrsg.), *Nature of Science in Science Instruction. Science: Philosophy, History and Education*, 3-22, Cham: Springer.
- McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The Nature of Science in International Science Education Standards Documents. In: W. F. McComas (Hrsg.), *Science & Technology Education Library: The Nature of Science in Science Education*, Vol. 5, 41-52, Dordrecht: Springer.
- Müller, M., Gimbel, K., Ziepprecht, K. & Wodzinski, R. (2020). Nature of Science im Unterricht und in Lehrerfortbildungen. *MNU-Journal*, 73(4), 276-281.
- Müller, S. (2021). Die Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse: Kritische Reflexion, empirische Befunde und fachdidaktische Konsequenzen für die Chemielehrer\*innenbildung. Berlin: Logos.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2001). What 'ideas-about-science' should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Annual Conference of the American Educational Research*.
- Schumacher, A. (2015). *Paving the Way towards Authentic Chemistry Teaching: A Contribution to Teachers' Professional Development*. Berlin: Logos.
- Stamer, I. (2019). Authentische Vermittlung von Naturwissenschaften im Schülerlabor: Förderung der authentischen Wahrnehmung von Naturwissenschaften durch Einblicke in die Forschung des Sonderforschungsbereichs (SFB) 677 mittels Videos.
- Ward, G. & Haigh, M. (2016). Challenges and Changes: Developing Teachers' and Initial Teacher Education Students' Understandings of the Nature of Science. In: *Research in Science Education*, 47(6), 1233-1254.