

Tim Billion-Kramer  
Hendrik Lohse-Bossenz  
Tobias Dörfler  
Markus Rehm

Pädagogische Hochschule Heidelberg

### **Veränderung des Professionswissens zu NOS im Längsschnitt - eine Messinvarianzprüfung**

#### **Nature of Science (NOS)**

In der Naturwissenschaftsdidaktik wird Professionswissen zum Wissenschaftsverständnis domänenübergreifend unter der Bezeichnung Nature of Science (NOS) diskutiert und gelehrt (z. B. Lederman, 2007; Höttecke & Henke, 2010; McComas, 2014; Allchin, 2017). Frühe Unterrichtsbemühungen und Untersuchungen zu NOS konzentrierten sich in den USA der 50er und 60er Jahre auf Erkenntniswege wissenschaftlichen Wissens, also *Scientific Inquiry* (vgl. Lederman et al., 2019), z. B. Welch & Pella (1967). Später traten Aspekte der Wissenschaftsphilosophie, -historie und -soziologie hinzu, z. B. im Sinne von Popper (1935) oder Kuhn (1962). Zunehmend bekommt das Wissen und Reflektieren über NOS als Teil naturwissenschaftlicher Bildung auch im deutschsprachigen Raum Gewicht (z. B. KMK 2005; Höttecke, 2001).

In aktuellen Ansätzen beinhaltet NOS ein reflektiertes Verständnis der Rolle der Naturwissenschaften im gesellschaftlichen, technischen, ökologischen und ansatzweise historischen Kontext sowie Eigenschaften naturwissenschaftlicher Erkenntnis (z. B. Gebhard et al. 2017, Allchin, 2017). Mit der Reflexion über NOS nimmt naturwissenschaftlicher Unterricht eine grundlegende allgemeinbildende Funktion wahr: Schülerinnen und Schüler sollen über Kenntnisse naturwissenschaftlicher Inhalte und Methoden verfügen, damit sie Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlichen Wissens und Handelns reflektieren können. Dabei beinhaltet diese Reflexion nicht nur naturwissenschaftliches Fachwissen, sondern auch erkenntnis- und wissenschaftstheoretisches sowie wissenschaftshistorisches und -soziologisches Wissen (Gebhard et al., 2017).

In der anglo-amerikanischen Naturwissenschaftsdidaktik wurden unterschiedliche Vorschläge gemacht, um das Lernen über NOS zu strukturieren, woraus sich bestimmte berufliche Anforderungen an das fachdidaktische Wissen und Können von Lehrkräften ergeben. Insbesondere wurde das Konstrukt NOS elementarisiert, um die Komplexität des Themas für Lernprozesse besser greifbar, und vor allem vermittelbar zu machen. Eine prominente Elementarisierungsmaßnahme stellt ein Minimalkonsens dar, der durch zentrale NOS-Aspekte beschrieben wird.

#### **Minimalkonsens zu NOS**

Seit etwa zwei Jahrzehnten werden in der Naturwissenschaftsdidaktik Aspekte eines Minimalkonsenses diskutiert, der NOS-Eigenschaften skizziert, die Lernende, aber auch Lehrkräfte kennen und reflektiert haben sollten (z. B. Osborne et al., 2003; Lederman, 2007; kritisch dazu z. B. Irzik & Nola, 2011; Erduran & Dagher, 2014; Allchin, 2017). Die Strukturierung bzw. Elementarisierung von NOS ergibt sich aus einer fachlichen Analyse der Naturwissenschaften unter Berücksichtigung der Schülerperspektive.

Die Aspekte (a) Wissen über die Bedeutung von Kreativität und Subjektivität für wissenschaftliche Erkenntnis (KS), (b) Wissen über die Veränderung wissenschaftlicher Erkenntnisse im Laufe der Zeit (VZ) und (c) Wissen über die Differenzierung zwischen Beobachtung und Schlussfolgerung (BS) stehen im Zentrum häufig diskutierter Elementarisierungen zu NOS.

### **Stand der Forschung zu NOS: Wissen und Können von Lehrkräften**

Die internationale Forschungslage zeigt derzeit ein unzureichendes Professionswissen bei Lehrkräften in Bezug auf NOS. Fachdidaktische Konzeptualisierungen von NOS finden sich häufig nicht in Wissenschaftsvorstellungen von (angehenden) Lehrkräften wieder (z. B. Deng et al., 2011). Weitere Befunde weisen darauf hin, dass Lehrkräfte mit angemessenen Vorstellungen zu NOS diese nicht automatisch in ihre Unterrichtspraxis integrieren bzw. übertragen (z. B. Bartos & Lederman, 2014). Zudem betrachten Lehrkräfte der Naturwissenschaften NOS im Vergleich zu „konkreten“ naturwissenschaftlichen Konzepten, wie beispielsweise „Bewegung“ oder „Evolution“, nicht als gleichwertiges Ziel naturwissenschaftlicher Bildung (z.B. Duschl & Wright, 1989). Insgesamt zeigt die Befundlage anhand weniger Studien ein mangelndes Wissen und Können bei Lehrkräften für den naturwissenschaftlichen Unterricht zu NOS; Abd-El-Khalick et al. (2008) vermuten die Gründe in der Lehrerbildung (Hochschule und Vorbereitungsdienst) sowie in verwendeten Schulbüchern. Die zitierten Studien referieren internationale Befunde aus Ländern, in denen ein spezielles fachdidaktisches Studium allerdings nicht Teil der Lehrerbildung ist, also anders als in Deutschland, Österreich und der Schweiz. In der deutschsprachigen Naturwissenschaftsdidaktik wird NOS inzwischen prominent diskutiert. Es kann angenommen werden, dass sich dies auf die hochschulische Lehre und in besseren Ergebnissen bei (angehenden) Lehrkräften auswirkt. Eine Analyse von Schulbüchern haben Marniok und Reiners (2016) vorgelegt, in der allerdings kein Schulbuch in Hinblick auf NOS überzeugt. Grundsätzlich stellt sich die Frage, ob sich mangelndes Wissen und Können zu NOS auch bei Lehrkräften in deutschsprachigen Ländern zeigt, insbesondere ungeklärt ist, welchen Beitrag der Vorbereitungsdienst zu Wissen und Können zu NOS leistet.

### **Erfassung von professioneller Kompetenz**

Grundsätzlich soll in einem Längsschnitt geprüft werden, welchen Beitrag der Vorbereitungsdienst zu Wissen und Können zu NOS leistet. Eine zentrale methodische Herausforderung an die empirische Erfassung professioneller Kompetenz von Lehrkräften liegt in der Schaffung eines möglichst authentischen Bezugsrahmens (Shavelson, 2013). Dieser Herausforderung soll mit der Verwendung von kurzen Unterrichtssequenzen in Textform begegnet werden, sogenannten Vignetten. Vignettentests lassen sich im Gegensatz zu Unterrichtsbeobachtungen vergleichsweise zeitökonomisch einsetzen. Sie ermöglichen quantitative und zugleich unterrichtsnahe Erhebungen von Professionswissen (Rehm & Bölsterli, 2014; Brovelli et al., 2014; Rutsch et al., 2018). Zu den oben genannten Facetten (a bis c) wurde ein Vignettentest mit hinreichend authentischen Unterrichtssituationen und verschiedenen Handlungsoptionen beschrieben. Proband/-innen sollen diese Handlungsoptionen nach ihrer situationsspezifischen Angemessenheit auf einer Skala von eins bis sechs bewerten. Zu den drei oben beschriebenen NOS-Facetten wurden jeweils drei Vignetten in den finalen Test übernommen. Zu den Vignetten erfolgt eine Punktevergabe zunächst auf Itemebene (vgl. Meschede et al., 2015; Rutsch et al., 2018). Zur Testwertberechnung wurde eine Musterlösung entwickelt, an der sich Naturwissenschaftsdidaktiker/-innen ( $N = 8$ ) beteiligten, die an deutschsprachigen Hochschulen zu NOS forschen. Mit dem Modalwert dieser Musterlösung werden die Antworten der Proband/-innen verglichen. Eine Dimensionalitätsprüfung des Tests ergab (Billion-Kramer et al., 2019), dass ein dreidimensionales Modell (mit den drei NOS-Facetten) einem eindimensionalen Modell nicht überlegen ist; seitdem wird mit einem eindimensionalen Modell weitergearbeitet.

### Fragestellung

Um zu prüfen, welchen Beitrag der Vorbereitungsdienst zum Wissen und Können zu NOS leistet und Längsschnittdaten belastbar analysieren zu können, ist zunächst eine Prüfung der Messinvarianz notwendig, um zu allen Messzeitpunkten möglichst identische Konstrukte abzubilden. Diese Prüfung soll im Folgenden durchgeführt werden.

### Methode

An der Studie nahmen 289 Referendar/-innen des Lehramts für die Sekundarstufe 1 im Alter von 22 bis 49 Jahren teil ( $M = 26.64$ ,  $SD = 3.39$ , 204 weiblich), von denen 257 (181 weiblich) mindestens ein naturwissenschaftliches Unterrichtsfach studiert haben. Darunter 176 (138 weiblich) angehende Lehrkräfte mit dem Unterrichtsfach Biologie, 76 (52 weiblich) mit Chemie und 45 (18 weiblich) mit Physik.

Entsprechend der Dimensionalitätsprüfung wurde das Konstrukt NOS eindimensional spezifiziert (Abbildung 1).

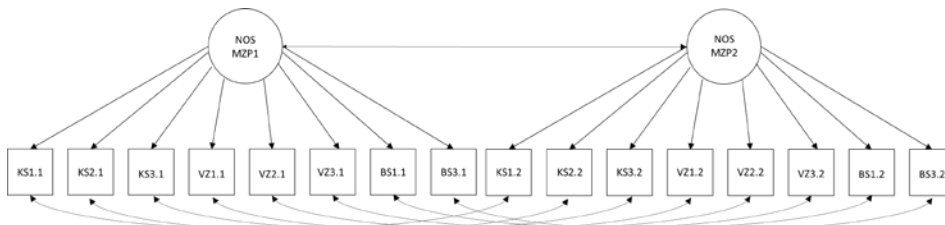


Abb. 1 Modell zu Prüfung der Messinvarianz

### Ergebnis

Die Messinvarianzprüfung wurde auf Basis von  $\chi^2$ -Tests durchgeführt. Sie zeigt gute Modellfitwerte, sofern schwache und starke Messinvarianz jeweils nur partiell spezifiziert wurde (Tabelle 1). Die latente Korrelation zwischen den beiden Messzeitpunkten liegt bei .567.

Tab. 1: Ergebnisse der Messinvarianzprüfung

	CFI	TLI	RMSEA	SRMR	$\chi^2$	df	$\Delta\chi^2$	$\Delta df$	p
Konfigural	0.99	0.99	0.01	0.07	97.23	95			
Schwach*	0.98	0.98	0.01	0.07	103.23	99	6.76	4	.149
Stark*	0.97	0.97	0.02	0.08	109.94	103	6.15	4	.188
Strikt	0.95	0.94	0.02	0.09	124.64	111	15.01	8	.059

Abkürzungen: CFI = Comparative Fit Index, TLI = Tucker-Lewis Index, RMSEA = Root Mean Square Error of Approximation, SRMR = Standardized Root Mean Square Residual,

\* = nur partiell erreicht

### Diskussion und Ausblick

Die hier durchgeführte Prüfung zeigt keine substantiellen Probleme in Bezug auf die Messinvarianz. Zumindest sechs der acht Vignettenscores laden messinvariant über beide Messzeitpunkte auf dem eindimensional abgebildeten Konstrukt NOS. Zunächst besteht zwar scheinbar eine hohe Stabilität der Rangreihe von Personen, aber die Größe der Veränderungen sowie die interindividuellen Unterschiede in diesen Veränderungen werden in weiteren Schritten über ein Latent-change-score-model geschätzt.

## Literatur

- Allchin, D. (2017). Beyond the consensus view: Whole Science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17, 18-26.
- Abd-El-Khalick, F., Waters, M., Le, A.-P. (2008). Representations of Nature of Science in High School Chemistry Textbooks over the Past Four Decades. *JRST* 45, 835–855.
- Bartos, S. A. & Lederman, N. G. (2014). Teachers' knowledge structures for nature of science and scientific inquiry: Conceptions and classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(9), 1150–1184. <https://doi.org/10.1002/tea.21168>.
- Billion-Kramer, T., Lohse-Bossenz, H., Dörfler, T. & Rehm, M. (2019). Pilotierung des Nature of Science-Vignettestests EKoL-NOS. In: C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 54-57). Universität Regensburg.
- Brovelli, D., Bölsterli, K., Rehm, M., & Wilhelm, M. (2014). Using Vignette Testing to Measure Student Science Teachers' Professional Competencies. *American Journal of Educational Research*, 2(7), 555-568.
- Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C.-C. & Chai, C. S. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. In: *Science Education* 95 (6), S. 961–999. <https://doi.org/10.1002/sce.20460>.
- Erduran S. & Dagher Z. R. (2014). Reconceptualizing Nature of Science for Science Education. In: *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education*. Contemporary Trends and Issues in Science Education, vol 43. Dordrecht: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9057-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9057-4_1).
- Gebhard, U., Höttecke, D. & Rehm, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften*. Ein Studienbuch. Berlin: Springer VS.
- Höttecke, D. (2001). *Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen*. *Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen*. Berlin: Logos.
- Höttecke, D. & Henke, A. (2010). Über die Natur der Naturwissenschaften lehren und lernen - Geschichte und Philosophie im Chemieunterricht? *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie*, Themenheft Natur der Naturwissenschaften, Heft 4+5, 2-7.
- Irzik, G. & Nola, R. (2011). A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. In: *Sci & Educ* 20 (7-8), S. 591–607. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>.
- KMK. (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004.
- Kuhn, T.S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lederman, N.G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research in science education*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Publishers, 831-879.
- Lederman, J., Lederman, N., Bartels, S., Jimenez, J., Akubo, M., Aly, S., . . . Zhou, Q. (2019). An international collaborative investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry: Establishing a baseline. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 1057-1084. <https://doi.org/10.1002/tea.21512>.
- Marniok, K., & Reiners, C. S. (2016). Die Repräsentation der Natur der Naturwissenschaften in Schulbüchern. *CHEMKON*, 23(2), 65–70. [Doi.org/10.1002/ckon.201610265](https://doi.org/10.1002/ckon.201610265).
- McComas, W. F. (2014). Nature of Science. In W. F. McComas, *The Language of Science Education*. Rotterdam: Sense.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., Duschl, R. (2003). What "Ideas about Science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 40 (7), S. 692–720. <https://doi.org/10.1002/tea.10105>.
- Popper, K. (1935): *Logik der Forschung*. Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft. Wien: Springer.
- Rehm, M., & Bölsterli, K. (2014). Entwicklung von Unterrichtsvignetten. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (pp. 213-225). Berlin, Heidelberg: Springer. [Doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_18).
- Rutsch, J., Vogel, M., Seidenfuß, M., Dörfler, T., & Rehm, M. (2018). Professionalisierungsprozesse angehender Lehrkräfte untersuchen. In J. Rutsch, M. Rehm, M. Vogel, M. Seidenfuß, & T. Dörfler (Eds.), *Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung* (pp. 9-25). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. [Doi.org/10.1007/978-3-658-20121-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-658-20121-0_1).
- Welch, W. W. & Pella, M. O. (1967). The development of an instrument for inventorying knowledge of the processes of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 5, 64–68. <https://doi.org/10.1002/tea.3660050115>.