

### Erste Ergebnisse der Vermittlung von NOS im Schüler\*innen-Labor Physik

Die Vermittlung der Natur der Naturwissenschaften (NOS) (Lederman, 2006; Osborne et al., 2003; McComas, 2002) nimmt in nationalen und internationalen Diskussionen um Bildungsziele im MINT-Bereich eine hohe Relevanz ein (Jung, 1979; Niedderer & Schecker, 1982; Euler, Schüttler & Hausmann, 2015; Höttecke, 2001, 2008; Kircher, Girwidz & Häußler, 2015; OECD, 2016; Pommeranz et al., 2016). Dies begründet sich sowohl aus gesellschaftlichen (Klafki, 1963, 130 ff) als auch lernpsychologischen Aspekten (Hofer & Pintrich, 2016) sowie erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Fragen (Kircher, Girwidz & Häußler, 2015). Ferner konnte in der lernpsychologischen Forschung der Einfluss von epistemischen Überzeugungen auf Lernprozesse und -ergebnisse nachgewiesen werden (Hofer & Pintrich, 2016). Demzufolge scheint das Wissen über NOS eine Schlüsselkompetenz zum Verständnis und Lernerfolg in Physik zu sein (Hofer & Pintrich, 2016; Köller, Baumert & Neubrand, 2000). Dabei gelten, zumindest im unterrichtlichen Kontext, explizite anstelle der impliziten Instruktion von NOS (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000) sowie die fundierte Auseinandersetzung mit authentischen Kontexten (Roth, 1995) als grundsätzliche Gelingensfaktoren.

Ausgehend von diesen Überlegungen wurde an der TU Darmstadt ein Schüler\*innen-Labor Physik entwickelt, das die Vermittlung von Aspekten von NOS und der Variablenkontrollstrategie (VKS) in den Mittelpunkt stellt. Dies erfolgt durch die adressatengerechte Aufbereitung der aktuellen Forschung am Fachbereich in einem forschend-entdeckenden Setting.

#### Untersuchungen zu NOS und VKS - Studiendesign

Um die Wirksamkeit des Labors zu erfassen, wird eine Begleitstudie durchgeführt. Diese erhebt nicht nur, welche Vorstellungen die Schüler\*innen zu NOS und VKS im Anfangsunterricht haben, sondern auch, wie sich diese über ein Schuljahr bzw. durch den Besuch im Labor verändern. Es wurde ein Studiendesign gewählt, das dazu eine Kontroll- und eine Treatmentgruppe über ein Schuljahr begleitet (vgl. Abbildung 1).

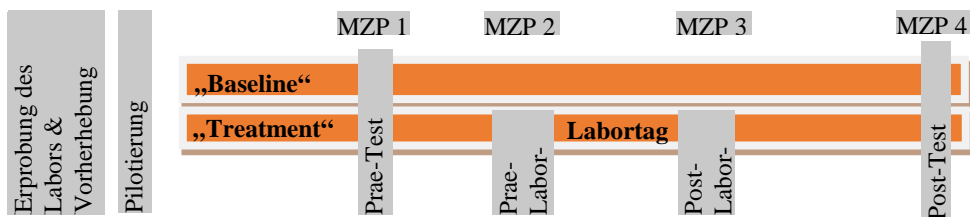


Abb.1: Studiendesign

Zum Zeitraum der Konzeption der Studie war im deutschen Sprachraum nur das Messinstrument von Kremer (2010) präsent. Kremer konnte mithilfe von 54 Items auf einer fünfstufigen Lickert-Skala sieben verschiedene Dimensionen von NOS identifizieren. Davon wurden für die vorliegende Studie vier Kategorien, nämlich „Kreativität“, „Entwicklung“, „Zweck“ und „Rechtfertigung“, herausgenommen, da diese Aspekte von NOS im Schüler\*innen-Labor Physik besonders gefördert werden sollen. Die Kompetenzen der VKS werden mithilfe selbstentwickelter Aufgaben nach Ehmer (2008) erfasst. Dabei werden die

Fähigkeiten „Planen von Experimenten“ und „Identifizieren von Hypothesen“ entsprechend des SDDS-Modells von Dunbar und Klahr (2000) getestet.

### Ergebnisse der Vorerhebung

Vor der eigentlichen Studie wurde am Ende des Schuljahrs 2017/ 2018 eine Erprobung des Schüler\*innen-Labor zusammen mit einer Vorerhebung des Frageinstruments durchgeführt. Dazu wurde vor und nach dem Besuch im Labor eine Erhebung zu NOS und VKS durchgeführt (Ungermann & Spatz, eingereicht). Eine konfirmatorische Faktorenanalyse (Kline, 2005) mit der Modellannahme der Skalen nach Kremer zu NOS konnte nicht gelöst werden, da die Kovarianzmatrix der latenten Faktoren nicht positiv definit gewesen ist. Es scheint eine Linearität zwischen der Skala „Rechtfertigung“ und anderen Skalen zu herrschen (vgl. Tabelle 1).

	Zweck	Entwicklung	Kreativität	Rechtfertigung
Zweck	0.086			
Entwicklung	0.108	0.234		
Kreativität	-0.076	0.021	0.312	
Rechtfertigung	0.035	0.068	-0.020	0.021

Tabelle 1: Interkorrelationen der vier Skalen des Fragebogens zu NOS nach Kremer

Die Ergebnisse zu den Aufgaben der VKS zeigten jedoch, dass die Annahme zweier latenter Faktoren nämlich „Identifizieren von Hypothesen“ und „Planen von Experimenten“ bestätigt werden konnten. Mit einer explorativen Faktorenanalyse konnten so 50,7 % der Gesamtvarianz aufgeklärt werden.

Die Ergebnisse der Vorerhebung zeigen, dass die Vorstellungen der Lernenden zu NOS sowohl vor als auch nach einem Treatment durch das reduzierte Messinstrument von Kremer nicht abgebildet werden können. Eine neue Skalenfindung bezüglich des NOS-Messinstruments über die Vorstellung der Schüler\*innen über NOS erscheint daher sinnvoll.

### Pilotierung – Entwicklung des Fragebogens

Für die Skalenfindung wurde zu Beginn des Schuljahres 2018/2019 eine Erhebung mit 427 Schüler\*innen (244 m., 186 w., 7 o. A.; 172 Klassenstufe 7, 255 Klassenstufe 8; 183 GYM, 217 IGS, 27 o. A.) durchgeführt. Die Erhebung fand im regulären Physikunterricht durch die jeweilige Lehrkraft statt. Die Angaben der Fragebögen zu NOS wurden einer explorativen Faktorenanalyse nach der Hauptkomponentenmethode mit Varimax-Rotation unterzogen. Ein Scree-Test nach Catell (1966) und die Linearität in der Skala „Rechtfertigung“ legt eine Unterteilung in drei Faktoren nahe.

Skala	Itembeispiel	Itemanzahl	Cronbachs Alpha
Zweck*	Ziel naturwissenschaftlicher Theorien ist es, Naturvorgänge zu erklären.	6	.653
Entwicklung*	Naturwissenschaftliche Theorien verändern und entwickeln sich mit der Zeit.	8	.643
Kreativität	Das naturwissenschaftliche Wissen zeigt die Kreativität von Naturwissenschaftlern.	5	.483

Tabelle 2: Itembeispiele Anzahl der Items und Reliabilitäten der neu gefundenen Skalen

Dadurch können im Wesentlichen die Skalen „Kreativität“, „Entwicklung“ und „Zweck“ reproduziert werden, wobei in allen Skalen Items der Skala „Rechtfertigung“ einstreuen. Nach inhaltlicher Überprüfung und Entfernung der nicht passenden Items können so die drei Skalen „Kreativität“, „Entwicklung“ und „Zweck“ fast vollständig repliziert werden (vgl.

Tabelle 2). Nach dieser Überarbeitung ergeben sich eine aufgeklärte Gesamtvarianz von 34,7%, eine Gesamtreliabilität von .65 und Trennschärfen, die im unteren akzeptablen Bereich liegen.

Betrachtet man die Mittelwerte, so zeigt sich, dass die Skala „Zweck“ bereits sehr adäquat von den Schüler\*innen eingeschätzt wird (vgl. Tabelle 3). Eine Verbesserung ist jedoch in allen drei Faktoren noch möglich. Wie bei Kremer gibt es Interkorrelationen der Skalen untereinander. Gerade die Skalen „Zweck“ und „Entwicklung“ sind offensichtlich nicht unabhängig voneinander.

Skala	Mittelwert	Standardabweichung	(1)	(2)	(3)
(1) Entwicklung*	3,65	,62	-	,447	-,193
(2) Zweck*	3,96	,70		-	-0,37
(3) Kreativität	2,79	,70			-

*Tabelle 3: Mittelwerte, Standardabweichung und Interkorrelationen der neu gefundenen drei Skalen des Fragebogens zu NOS*

Auch bei der Pilotierung des Messinstruments zur VKS wurde eine explorative Faktorenanalyse nach der Hauptkomponentenmethode mit Varimax-Rotation durchgeführt. Bei einer Extraktion zweier Komponenten werden, bei einer Gesamtreliabilität von .78, bereits 51,8% der Gesamtvarianz aufgeklärt. Die beiden Skalen „Planen von Experimenten“ und „Identifizieren von Hypothesen“ werden wie bei der Vorerhebung mit Trennschärfen  $>.30$  abgebildet.

Skala	Item-anzahl	Cronbachs Alpha	Mittelwert	Standardabweichung	(1)	(2)
(1) Identifizieren von Hypothesen	4	.58	,49	,33	-	,571
(2) Planen von Experimenten	4	.72	,50	,35		-

*Tabelle 4: Anzahl der Items, Reliabilitäten, Mittelwerte, Standardabweichung und Interkorrelationen der Skalen zur VKS*

Die Mittelwerte der Lösungswahrscheinlichkeiten der Aufgaben sind im moderaten Bereich, so dass diese Aufgaben sehr gut als Testinstrument eingesetzt werden können (vgl. Tabelle 4). Auch hier treten Interkorrelation zwischen den Kategorien auf, was jedoch inhaltlich nicht verwundert.

### **Erster Messzeitpunkt –Bestätigung des Fragebogens**

In der Hauptstudie soll eine Längsschnittuntersuchung durchgeführt werden. Dafür wurden zu Beginn des Schuljahres 2018/2019 in einem ersten Messzeitpunkt Daten zu den Vorstellungen der Schüler\*innen zu NOS und VKS erhoben. Wendet man die neugefundenen Skalen mittels einer konfirmatorischen Faktorenanalyse auf diese Gruppe an, so ergeben sich als Kennwerte für den konfirmatorischen Fitindex (CFI) .91, für die Approximationsdiskrepanzwurzel (RMSEA) .03 und für die standardisierte Residualdiskrepanzwurzel (SRMR) .06. Bezüglich der VKS ergibt sich ein ähnlich gutes Bild: Hier liegt der konfirmatorischen Fitindex (CFI) bei .95, die Approximationsdiskrepanzwurzel (RMSEA) ist .05 und standardisierte Residualdiskrepanzwurzel (SRMR) bei .04.

Dies zeigt, dass sich die Modellannahmen sowohl für die neugefundenen Skalen zu NOS als auch für die Aufgaben zur VKS gut in der Treatment- und Kontrollgruppe wiederfinden lassen. So erscheint das Messinstrument zur VKS sehr gut replizierbar. Der geringe CFI für NOS, der aber immer noch über der Toleranzgrenze von .90 (Hu & Bentler, 1999) liegt, erscheint unter dem Aspekt der geringen aufgeklärten Gesamtvarianz und vor allem der kleinen Reliabilität der Skala „Kreativität“ jedoch akzeptabel.

**Literatur**

- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science. A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665–701.
- Cattell, R.B. (1966). The Scree Test For The Number Of Factors. *Multivariate behavioral research*, 1(2), 245–276.
- Ehmer, M. (2008). *Förderung von kognitiven Fähigkeiten beim Experimentieren im Biologieunterricht der 6. Klasse*. Kiel, Christian-Albrechts-Universität, Diss., 2008. Universitätsbibliothek Kiel.
- Euler, M., Schüttler, T. & Hausamann, D. (2015). Schülerlabore. Lernen durch Forschen und Entwickeln. In Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.), *Physikdidaktik (S. 759–782)*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Hofer, B.K. & Pintrich, P.R. (2016). The Development of Epistemological Theories. Beliefs About Knowledge and Knowing and Their Relation to Learning. *Review of Educational Research*, 67(1), 88–140.
- Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der "Natur der Naturwissenschaften". *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(7), 7–23.
- Höttecke, D. (2008). D. (2008). Was ist Naturwissenschaft. Physikunterricht über die Natur der Naturwissenschaften. in: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik 103/2010, S. 4-12. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik*(103/2010), 4–12.
- Hu, L.-t. & Bentler, P.M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis. Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55.
- Jung, W. (1979). *Aufsätze zur Didaktik der Physik und Wissenschaftstheorie*, Frankfurt am Main, Berlin, München: Diesterweg.
- Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.) (2015). *Physikdidaktik*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Klafki, W. (1963). *Studien zur Bildungstheorie und Didaktik*, Weinheim: Beltz.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (2000). *Exploring science. The cognition and development of discovery processes*, Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Kline, R.B. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling*, New York, NY: Guilford Press.
- Köller, O., Baumert, J. & Neubrand, J. (2000). Epistemologische Überzeugungen und Fachverständnis im Mathematik- und Physikunterricht. In Baumert, J., Bos, W. & Lehmann, R. (Hrsg.), *Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe (S. 229–269)*. Opladen: Leske + Budrich.
- Kremer, K.H. (2010). *Die Natur der Naturwissenschaften verstehen*. Kassel, Univ., Diss., Kassel: Universitätsbibliothek Kassel.
- Lederman, N.G. (Hrsg.) (2006). *Inquiry and Nature of Science. Syntax Of Nature Of Science Within Inquiry And Science Instruction*.
- McComas, W.F. (Hrsg.) (2002). *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Niedderer, H. & Schecker, H. (1982). Ziele und Methodik eines wissenschaftstheoretisch orientierten Physikunterrichts. In , *Der Physikunterricht. PU (Band 2) (S. 58–71)*. Seelze.
- 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. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692–720.
- (2016). *PISA 2015 assessment and analytical framework. Science, reading, mathematics and financial literacy*, Paris: OECD Publishing.
- Pommeranz, H.-P., Dittmer, F., Kaminski, E., Schülbe, R. & Talanow, M. (2016). Fachlehrplan Gymnasium - Physik. [https://www.bildungs-lsa.de/pool/RRL\\_Lehrplaene/Erprobung/Gymnasium/FLP\\_Gym\\_Physik\\_LTn.pdf?rl=106](https://www.bildungs-lsa.de/pool/RRL_Lehrplaene/Erprobung/Gymnasium/FLP_Gym_Physik_LTn.pdf?rl=106) (7.8.2018).
- Roth, W.-M. (1995). *Authentic School Science*, Dordrecht: Springer Netherlands.
- Ungermann, M. & Spatz, V. (eingereicht). Die Natur der Naturwissenschaften im Schüler\*innen-Labor Physik vermitteln. *PhyDid B - Didaktik der Physik*.