

## **Gemeinsame Beschreibung, Erhebung und Modellierung von Vorstellungen und Kompetenzen im Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen**

### **Einführung**

Die Einbindung von Untersuchungen in den Chemie-, Physik- und Biologieunterricht ist mit vielfältigen Zielen verknüpft. Neben der Entwicklung von fachinhaltlichen Konzepten oder der Förderung von Motivation, Interesse oder positiven Einstellungen ist die Beherrschung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen ein zentral formuliertes Moment der internationalen fachdidaktischen Diskussion. Entsprechend formulierte Ziele finden sich in den Curricula verschiedener Länder (DFE, 2013; EDK, 2011), so auch in Deutschland (KMK, 2005), wieder. Dabei wird sowohl auf den Aufbau Kompetenzen, d. h. von Dispositionen zum problemlösenden Handeln fokussiert (Weinert, 2001), als auch auf die Entwicklung von adäquaten Vorstellungen über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen.

### **Zielstellungen**

Dabei nehmen die Vorstellungen eine Doppelfunktion ein, da sie als Kovariable auf die Kompetenzen wirken können, ihr Aufbau aber auch ein eigenständiges Bildungsziel darstellt. Eine Beschreibung, Erhebung und Modellierung von Kompetenzen und Vorstellungen auf einer gemeinsamen theoretischen Grundlage sind bisher jedoch ausgeblieben und sollen in diesem von der DFG geförderten Projekt vorgenommen werden (NE 2105/1-1). Dabei kann gerade eine Passung zwischen Vorstellungen und Anforderungen in einer Leistungssituation eine Voraussetzung für erfolgreiches Handeln bzw. Lernen sein (Bromme, Pieschl & Stahl, 2010).

In diesem Sinne wird, auf Grundlage eines bestehenden Kompetenzmodells, ein Fragebogeninstrument für die quantitative Erhebung der Zustimmung zu Vorstellungen über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen entwickelt. In einer deskriptiven Querschnittstudie wird damit eine empirisch gestützte Verhältnisklärung zwischen Vorstellungen und Kompetenzen in den Fachbereichen der Chemie sowie der Biologie vorgenommen.

### **Theoretischer Hintergrund**

Die theoretische Grundlage für dieses Vorhaben bildet, das sog. VerE-Modell (Abb. 1), das zur vernetzenden, d. h. fächerübergreifenden Beschreibung der kompetenzorientierten Umsetzung naturwissenschaftlicher Untersuchungen abgeleitet wurde. Das Modell diente in bisherigen Studien als Grundlage für die Erhebung von Kompetenzen in den Fachkontexten der Chemie (Nehring, 2014), der Biologie (Nowak, Nehring, Tiemann & Upmeyer zu Belzen, 2013) sowie zur videobasierten Analyse von Unterricht (Nehring, Stiller, Nowak, Upmeyer zu Belzen & Tiemann, 2016).

Im Sinne eines hypothetisch-deduktiven Verlaufs von Untersuchungen gliedern sich die definierten Arbeitsweisen in das Aufstellen von Fragestellungen und Hypothesen, das Planen und Durchführen von Untersuchungen sowie deren Auswertung und Reflexion (Klahr, 2002). Die Arbeitsweisen beschreiben für die Fächer Chemie und Biologie verschiedene Qualitäten naturwissenschaftlicher Untersuchungen. Während beim „Beobachten, Vergleichen, Ordnen“ das theorie- und kriteriengeleitete Bestimmen von Phänomen- bzw. Objektmerkmalen auch unter Anwendung von Hilfsmitteln im Vordergrund steht, fokussiert das „Experimentieren“ die Überprüfung von kausalen

Zusammenhängen bzw. Einflüssen auf diese Phänomene oder Objekte. Hier sollen die Schülerinnen und Schüler insbesondere die Variablenkontrollstrategie anwenden. Im Falle des „Modelle nutzen“ wird die Durchführung eigenständiger Untersuchungen am Modell beschrieben, bei der die Schülerinnen und Schüler Erkenntnisse z. B. an gegenständlichen oder an grafischen Modellobjekten durchführen, um Aussagen über ein Original zu generieren.

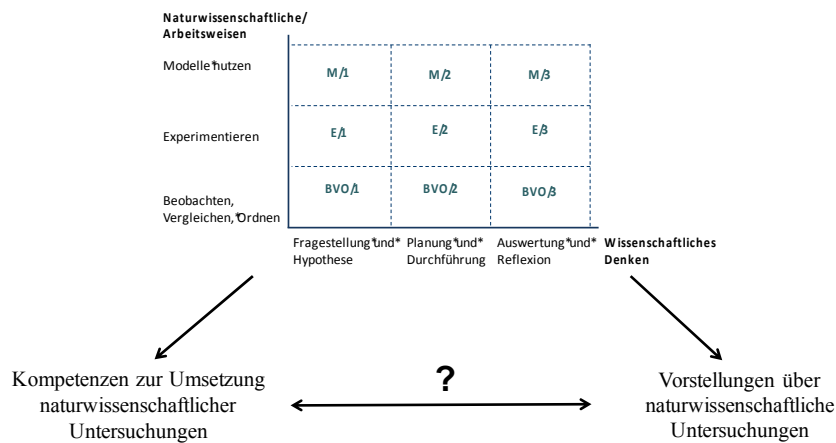


Abb. 1: Grafische Repräsentation des VerE-Modells inklusive des Studienfokus auf die Beschreibung, Erhebung und Modellierung von Kompetenzen und Vorstellungen auf Grundlage einer gemeinsamen theoretischen Basis.

### Instrumententwicklung

Zur Entwicklung des Fragebogeninstrumentes wurden wissenschaftstheoretisch adäquate als auch nicht adäquate Vorstellungen über naturwissenschaftliche Untersuchungen aus der Literatur abgeleitet und als in Bezug die Spezifika des VerE-Modells systematisiert (Tab. 1). Als wissenschaftstheoretisch adäquat werden dabei Vorstellungen klassifiziert, die einem subjektorientierten und damit rationalistischen Wissenschaftsverständnis zugeordnet werden können und einem eher empiristischen und zufallsgetriebenen Wissenschaftsverständnis entgegenstehen (Carey, Evans, Honda, Jay & Unger, 1989; Mahr, 2008).

Auf Grundlage dieser Vorstellungen werden Items generiert und Schülerinnen und Schülern mittels einer vierstufigen Likert-Skala zur Zustimmung oder Ablehnung vorgelegt. Konkrete Fachbeispiele der Chemie und der Biologie sind diesen Items zur Konkretisierung vorgeschaltet.

Strukturelement des VerE-Modells	Adäquate Vorstellungen (eher rationalistisch, subjektorientiert und planvoll)	Nicht adäquate Vorstellungen (eher empiristisch bzw. zufallsgetrieben)
<i>Wissenschaftliches Denken</i>		
Hypothetisch-deduktives Vorgehen	planvolles und hypothesengeleitetes Vorgehen, Bestätigung und Widerlegung von Hypothesen	Vorgehen nach dem Versuchs-und-Irrtums-Prinzip, Confirmation Bias
<i>Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen</i>		
Beobachten	theorie- und kriteriengeleitetes Beobachten	Beobachten als Finden von vorhandenem Wissen in der Natur; Versuche und Experimente als Test, ob etwas „klappt“

Experimentieren	gezielte Variablenmanipulation und -kontrolle	Variablenkonfundierung; Variablenmanipulation zum Erzielen eines interessanten Effektes
Modelle nutzen	Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung, Modellobjekte als Umsetzung mentaler Modelle	Modelle als exakte Kopie der Realität; alleiniger Zweck von Modellen als Medium bzw. Mittel zur Kommunikation von Inhalten

*Tab. 1: Vorstellungen zu Strukturelementen des VerE-Modells, die die Grundlage für die Entwicklung von Fragebogen-Items bilden.*

### **Ergebnisse der quantitativen Vorstudie zur Entwicklung des Fragebogeninstruments**

Zur Absicherung der Praktikabilität und der kognitiven Validität dieser Entwicklungsschritte wurden in einem ersten Schritt 56 Items konstruiert und in einer ersten Fragebogenversion qualitativ (lautes Denken und nachgeschaltete Interviews) und quantitativ überprüft. Dabei wurden sowohl adäquate als auch nicht adäquate Vorstellungen zum hypothetisch-deduktiven Vorgehen und zur Anwendung der Variablenkontrollstrategie in Likert-skalierte Items überführt. An der quantitativen Vorstudie nahmen insgesamt 135 Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 9 und 10 eines Gymnasiums und einer Oberschule teil (Anteil Schülerinnen: 43 %). Die dabei generierten Daten mittels Trennschärfen-, Reliabilitäts- und Faktorenanalysen ausgewertet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt.

<b>Faktor</b>	<b>Inhaltliche Beschreibung</b>	<b>rotierte Faktorladungen</b>	<b>Trennschärfen</b>	<b>Cronbachs <math>\alpha</math></b>
1	adäquate Vorstellungen: hypothetisch-deduktives Vorgehen	$.33 < \lambda_1 < .76$	$.32 < r_{it} < .60$	.83
2	adäquate Vorstellungen: Variablenkontrollstrategie	$.47 < \lambda_2 < .70$	$.39 < r_{it} < .68$	.88
3	inadäquate Vorstellungen: hypothetisch-deduktives Vorgehen	$.34 < \lambda_3 < .59$	$.25 < r_{it} < .65$	.78
4	inadäquate Vorstellungen: Variablenkontrollstrategie	$.37 < \lambda_4 < .82$	$.23 < r_{it} < .32$	.56

*Tab. 2: Ergebnisse der quantitativen Vorstudie.*

Die Ergebnisse der exploratorischen Faktorenanalysen (Parallelanalyse mit nachgeschalteter Faktorenanalyse inkl. Promax-Rotation; Varianzaufklärung: 40 %) verweisen auf das Vorliegen von vier Faktoren. Dabei zeigen sich substantielle Faktorladungen für jeweils die Items, die je auf adäquate als auch auf nicht-adäquate Vorstellungen zurückgehen. Dementsprechend bilden diese Items in drei von vier Fällen auch vergleichsweise reliable Skalen.

#### *Schlussfolgerung und Ausblick*

Diese ersten Ergebnisse verweisen auf ein mögliches gleichzeitiges Vorliegen von adäquaten als auch nicht-adäquaten Vorstellungen über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen. Als Konsequenz wird die weitere Entwicklung der Fragebogenitems eigene Skalen zu jeder einzelnen Vorstellung umfassen, um hier detailliertere Analysen mit Blick das Verhältnis verschiedener Vorstellungen über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen vornehmen zu können. Qualitative Daten über die Denkprozesse der Schülerinnen und Schüler beim Lösen der Items werden diese Analysen begleiten.

#### *Information zur Projektförderung*

Dieses Projekt wird durch die DFG unter der Projektnummer NE 2105/1-1 gefördert.

### Literatur

- Bromme, R., Pieschl, S. & Stahl, E. (2010). Epistemological beliefs are standards for adaptive learning: A functional theory about epistemological beliefs and metacognition. *Metacognition and Learning*, 5 (1), 7–26. doi:10.1007/s11409-009-9053-5
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E. & Unger, C. (1989). 'An experiment is when you try it and see if it works': a study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11 (5), 514–529. doi:10.1080/0950069890110504
- Department for Education. (2013). The National Curriculum in England: Key Stages 1 and 2 framework document. Verfügbar unter: <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-primary-curriculum>
- EDK. (2011). Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften. Nationale Bildungsstandards. Bern. Verfügbar unter: [http://edudoc.ch/record/96787/files/grundkomp\\_nawi\\_d.pdf](http://edudoc.ch/record/96787/files/grundkomp_nawi_d.pdf)
- KMK. (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.
- Lazonder, A.W. & Egberink, A. (2014). Children's acquisition and use of the control-of-variables strategy: effects of explicit and implicit instructional guidance. *Instructional Science*, 42, 291–304. doi:10.1007/s11251-013-9284-3
- Mahr, B. (2008). in *Modell des Modellseins. Ein Beitrag zur Aufklärung des Modellbegriffs. Modelle* (S. 187–218). Frankfurt am Main: Peter Lang Internationaler Verlag der Wissenschaften.
- Nehring, A. (2014). *Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie. Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung*. Berlin: Logos Verlag.
- Nehring, A., Stiller, J., Nowak, K.H., Upmeier zu Belzen, A. & Tiemann, R. (2016). *Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht – eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung*. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 1–21. doi:10.1007/s40573-016-0043-2
- Nowak, K.H., Nehring, A., Tiemann, R. & Upmeier zu Belzen, A. (2013). Assessing students' abilities in processes of scientific inquiry in biology using a paper-and-pencil test. *Journal of Biological Education*, 47 (3), 182–188. doi:10.1080/00219266.2013.822747
- Upmeier zu Belzen, A. & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Struktur und Entwicklung*. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16, 41–57.
- Weinert, F.E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessung in Schulen* (S. 17–31). Weinheim: Beltz.
- Wellnitz, N. & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie – Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 315–346.