

Bernd Schüssele
 Silke Mikelskis-Seifert
 Elmar Stahl

Pädagogische Hochschule Freiburg

Entwicklung, Pilotierung und Evaluation eines Instruments zur Erhebung des Wissenschaftsverständnisses in Physik

Um die Veränderungen des Wissenschaftsverständnisses in Physik durch eine Intervention zu untersuchen, wurde im Rahmen dieses Projekts ein Erhebungsinstrument entwickelt und in einer Studie mit angehenden und praktizierenden Lehrkräften pilotiert und evaluiert. Das entwickelte Erhebungsinstrument basiert auf einem Modell von Wissenschaftsverständnis, das Ansätze aus Psychologie und Naturwissenschaftsdidaktik integriert (vgl. Schüssele, Stahl & Mikelskis-Seifert, 2013). Im Rahmen dieses Modells interagieren bei der Bildung epistemischer Urteile verschiedene kognitive Elemente, wie z. B. stabilere, domänenübergreifende epistemische Überzeugungen sowie disziplinspezifische ontologische Annahmen und themenspezifisches Inhaltswissen bezüglich der Erkenntnisgewinnung und Wissensgenerierung in der Physik. Verschiedene Aspekte der Nature of Science beinhalten solche ontologischen Annahmen und themenspezifisches Inhaltswissen und können deshalb im Sinne des Ansatzes der generativen Natur epistemischer Urteile (vgl. Bromme, Kienhues & Stahl, 2008) als Grundlagen für die Bildung epistemischer Urteile gesehen werden. Ausgehend von diesen theoriegeleiteten Annahmen wurde das Erhebungsinstrument konzipiert.

Grundlagen des Erhebungsinstruments

Bei der Entwicklung des Fragebogens wurden quantitative und qualitative Methoden integriert, um unterschiedliche Aspekte von Wissenschaftsverständnis besser erfassen und analysieren zu können. Dabei wurde auf bestehende Instrumente zurückgegriffen. Als Grundlage für die quantitative Erhebung disziplin- und kontextspezifischer epistemischer Urteile dienen die Instrumente CAEB (Connotative Aspects of Epistemological Beliefs, Stahl & Bromme, 2007) und adaptierte Items des Topic Specific Epistemic Beliefs Questionnaire (Bråten, Gil, Strømsø, & Vidal-Abarca, 2009). Ansichten zu Nature of Science wurden sowohl quantitativ mit geschlossenen Items des VOSE (Views on science and education, Chen, 2006) als auch mit teilweise adaptierten offenen Items des VNOS-C (Views on Nature of Science, Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002) erhoben. Geschlossene Items in Form von Ratingskalen wurden mit offenen Items in der Form kombiniert, dass thematisch abgestimmte Aufgabenblöcken entstanden. Die Antworten der offenen Items sollen Rückschlüsse auf die kognitiven Elemente ermöglichen, die bei der Bildung epistemischer Urteile in Form der Ratings aktiviert werden.

Pilotierung des Instruments

Nach ersten Testungen wurde das Instrument in einer Studie mit einer größeren Stichprobe pilotiert. Bei der Gewinnung der Stichprobe wurde darauf geachtet, dass sich die Teilnehmer/innen sowohl aus zukünftigen und ausgebildeten Lehrkräften unterschiedlicher Fachrichtungen und Schularten zusammensetzen, um eine große Bandbreite bezüglich des Inhaltswissens zu erhalten. In der Stichprobe ($N = 211$, davon 83 männlich und 128 weiblich) hatten 32 % das Studienfach Physik ($N = 68$). Die Stichprobe setzte sich in Hinblick auf die Schularten wie folgt zusammen: Grundschule 37 %, Haupt-/Werkrealschule 26 %, Realschule 23 %, Gymnasium 10 %, Berufsschule 5 %. Die Daten wurden sowohl in Form eines Online-Fragebogens als auch in einer Paper & Pencil-Fassung erfasst.

Ergebnisse

Vorrangiges Ziel der Studie war die Überprüfung und Revision des Fragebogens, um für die Hauptstudie ein verlässliches Instrument zu erhalten. Nach Item- und Skalenanalysen wurden einige Items zur Verbesserung der Reliabilität einzelner Skalen bzw. ganze Skalen entfernt, wenn die Reliabilität für die Auswertung der Vorstudie sowie Aufnahme in den Fragebogen der Hauptstudie zu gering war. Die dreizehn verbliebenen Skalen zu epistemischen Urteilen, ontologischen Annahmen und Ansichten zu Nature of Science zeigten akzeptable bis gute Werte der Reliabilität ($\alpha_{\min} = .72$ bis $\alpha_{\min} = .87$).

Orientiert an der Vorgehensweise der strukturierenden Inhaltsanalyse (vgl. Mayring, 2010) wurden die offenen Items von zwei Kodierern ausgewertet. Dabei fand eine theoretische Orientierung an den Arbeiten von Lederman et al. (2002) und Hofheinz (2008) statt. Bei der Überprüfung der Inter-coder-Übereinstimmung zeigte sich eine gute Gesamtübereinstimmung von $C_R = .88$ nach dem Koeffizienten von Holsti.

Kriterien für die Entfernung von Items für die Hauptstudie waren neben den Ergebnissen der Item- und Reliabilitätsanalyse auch inhalts- und kapazitätsbezogene Gründe. So reduzierte sich der Umfang des Fragebogens der Vorstudie von 13 thematischen Aufgabenblöcken mit insgesamt 15 offenen und 128 geschlossenen Items auf acht Aufgabenblöcke mit acht offenen und 95 geschlossenen Items.

Bei der inferenzstatistischen Analyse der Daten interessierten unter anderem mögliche Unterschiede zwischen den disziplinspezifischen epistemischen Urteilen in Physik und Erziehungswissenschaften. Die epistemischen Urteile der Studienteilnehmer/innen in der Dimension Textur zum Wissen in Physik ($M = 2.54$, $SD = .89$) unterschieden sich hochsignifikant von epistemischen Urteilen zum Wissen in den Erziehungswissenschaften ($M = 5.01$, $SD = .80$), $t(207) = -29.08$, $p < .000$. Die Effektstärke ist mit $d_z = 2.03$ sehr hoch. Die Teilnehmer beurteilten demnach Wissen in Physik als deutlich objektiver, beweisbarer, exakter und genauer als in den Erziehungswissenschaften.

Ein ähnliches Ergebnis zeigt sich im Vergleich der Disziplinen bei der Bildung epistemischer Urteile in der Dimension Variabilität, in der die Teilnehmer/innen Wissen in Physik hochsignifikant anders beurteilen als in den Erziehungswissenschaften. So bewerten die Studienteilnehmer/innen Wissen in Physik ($M = 4.52$, $SD = 1.08$) als eher statisch, inflexibel, fertig und unwiderlegbar im Vergleich zu Wissen in den Erziehungswissenschaften ($M = 5.54$, $SD = .79$), $t(206) = -12.08$, $p < .000$. Auch hier zeigt sich ein hoher Effekt von $d_z = .84$.

Ebenso interessierte, ob bedeutsame Unterschiede zwischen disziplinspezifischen und kontext- bzw. themenspezifischen epistemischen Urteilen bestehen. Es wurden die disziplinspezifischen epistemischen Urteile zu Wissen in Physik mit den themenspezifischen epistemischen Urteilen zum Wissen über die Struktur von Atomen verglichen (Abb. 1). Auch hier konnte beobachtet werden, dass sich in der Gesamtstichprobe die themenspezifischen Urteile zum Wissen über die Struktur von Atomen ($M = 3.59$, $SD = 1.19$) hochsignifikant von den disziplinspezifischen Urteilen ($M = 2.31$, $SD = .95$) unterscheiden, $t(202) = -14.71$, $p < .000$, $d_z = 1.03$. Die

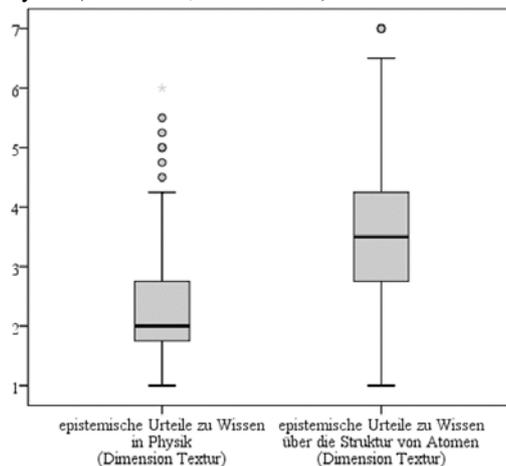


Abb. 1: Vergleich disziplin- und themenspezifischer epistemischer Urteile

Studienteilnehmer/innen beurteilten demnach das themenspezifische Wissen aus dem Bereich der modernen Physik im Vergleich zu disziplinübergreifendem Wissen in Physik als ungenauer, subjektiver, unbeweisbarer und diffuser. Dies ist ein Hinweis auf die Kontext- und Themensensibilität epistemischer Urteile.

Um den Einfluss des studierten Fachs (Physiker/Nichtphysiker) und der studierten Schulart festzustellen, wurde eine zweifaktorielle MANOVA durchgeführt, in die als abhängige Variablen alle Skalen einbezogen wurden. In der MANOVA ließen sich bezüglich der Gruppenunterschiede weder Interaktions- noch Haupteffekte feststellen. Deshalb wurden keine weiteren univariaten Analysen an den Globaltest angeschlossen.

Zum Vergleich der Antworten der offenen Items wurden nichtparametrische Verfahren genutzt. Bei einem Kruskal-Wallis-Test konnte kein signifikanter Einfluss des Faktors Schulart festgestellt werden. Zum Vergleich der angemessenen und unangemessenen Ansichten von „Physikern“ und „Nichtphysikern“ wurden Mann-Whitney *U*-Tests gerechnet. Bezüglich der unangemessenen Ansichten konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Dagegen zeigten Physiker (*Mdn* = 5) hochsignifikant mehr informierte Sichtweisen in den offenen Antwortformaten zu Nature of Science als Nichtphysiker, (*Mdn* = 4), $U = 3449,50$, $z = -3.43$, $p < .001$, $r = -.24$. Weitere Analysen ergaben, dass es vor allem Antworten in den Kategorien „Kreativität und Vorstellungskraft“ und „Beobachtungen, Schlussfolgerungen, Denkmodelle“ waren, in denen die Teilnehmer/innen mit studiertem Fach Physik signifikant mehr informierte Sichtweisen zeigten.

Zusammenfassung

Die in der Literatur (z. B. Bromme et al., 2008) beschriebene Kontextabhängigkeit epistemischer Urteile konnte in der Studie bestätigt werden. Die Analyse des Wissenschaftsverständnisses ergab auf Skalenebene keine signifikanten Unterschiede zwischen den Lehrkräften sowie Physikern und Nichtphysikern. Die Auswertung der offenen Items legt nahe, dass bedeutsame Unterschiede in der Qualität der Antworten zwischen Physikern und Nichtphysikern bestehen. Dabei beinhalten die Antworten der Physiker häufiger angemessene Ansichten. Im Vergleich zu den Lehrkräften ohne das Studienfach Physik scheinen Lehrkräfte mit dem Studienfach Physik fundierteres Wissen darüber zu haben, wie physikalisches Wissen generiert wird und dass Kreativität und Vorstellungskraft dabei eine wichtige Rolle spielen.

Literatur

- Bråten, I., Gil, L., Strømsø, H. I. & Vidal-Abarca, E. (2009). Personal epistemology across cultures: exploring Norwegian and Spanish university students' epistemic beliefs about climate change. *Social Psychology of Education*, 12 (4), 529–560.
- Bromme, R., Kienhues, D. & Stahl, E. (2008). Knowledge and Epistemological Beliefs: An Intimate but Complicate Relationship. *Knowing, Knowledge and Beliefs*. In M. S. Khine & M. S. (Khine (Hrsg.), *Knowing, knowledge and beliefs: Epistemological studies across diverse cultures* (S. 423–441). New York: Springer Science + Business Media.
- Chen, S. (2006). Views on science and education (VOSE) questionnaire. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching* (7), 1–11.
- Hofheinz, V. (2008). Erwerb von Wissen über "Nature of Science". Dissertation, Siegen, Universität.
- 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. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (6), 497–521.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (Studium Paedagogik, 11. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Schüssele, B., Stahl, E. & Mikelskis-Seifert, S. (2013). Veränderung des Wissenschaftsverständnisses von Lehramtsstudierenden im Rahmen eines "Learning by Design"-Ansatzes. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Jahrestagung in Hannover 2012* (S. 671–673). Kiel: IPN.
- Stahl, E. & Bromme, R. (2007). The CAEB: An instrument for measuring connotative aspects of epistemological beliefs. *Learning & Instruction*, 17 (6), 773–785.