

Simon Tautz¹
Stefan Sorge¹
Marcus Kubsch²

¹IPN Kiel
²FU Berlin

Mithilfe von Bayesian Updating Activities zur epistemischen Kognition?

In der öffentlichen Debatte zu gesellschaftlichen Herausforderungen wie dem Klimawandel oder der Energieversorgung zeigt sich immer wieder, dass naturwissenschaftliche Erkenntnisse von Teilen der Bevölkerung abgelehnt werden (z.B. in der Leugnung des menschlichen Einflusses auf den Klimawandel). Dabei kann die Ablehnung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse nicht allein durch einen Mangel an Fachwissen erklärt werden (Sinatra & Hofer, 2021). Vorstellungen über das naturwissenschaftliche Wissen, dessen Eigenschaften und den Erkenntnisgewinnungsprozess - kurz die epistemische Kognition (Greene et al., 2008) - spielen bei diesem Problem eine zentrale Rolle (Rosenberg et al., 2022).

Die epistemische Kognition spielt vor allem dann eine Rolle, wenn verschiedene Erklärungen für ein Phänomen gegeneinander abgewogen werden müssen oder die Verlässlichkeit (oder Sicherheit) einer Information bewertet werden muss. Eine besondere Herausforderung stellt hier der Umgang mit der Unsicherheit des Wissens dar. Es gilt zwischen der unhinterfragten Akzeptanz von Befunden und der nihilistischen Ablehnung aller Wissenschaft als vorläufige Erkenntnis abzuwägen (Sinatra et al., 2014). Die bayessche Wissenschaftsphilosophie bietet Ansätze mit dieser Unsicherheit produktiv umzugehen (Sprenger & Hartmann, 2019). Angelehnt an die bayessche Statistik, wird das Vorwissen in die Bewertung neuer Evidenz einbezogen. Die Statistik liefert dabei einen mathematischen Rahmen, um die Wahrscheinlichkeit unter Berücksichtigung vorliegender Evidenz als Sicherheit des Kenntnisstandes zu bewerten. Mit jeder zusätzlich hinzugezogenen Evidenz kann das Verfahren wiederholt werden. Auf diese Weise kann die Verlässlichkeit des eigenen Wissens beständig aktualisiert werden.

Die von Warren (2018) entwickelten Bayesian Updating Activities (BUA) sind ein expliziter Ansatz um die epistemische Kognition unter Einsatz der bayesschen Statistik im Unterricht zu behandeln. Bei den BUA werden bestehende oder eigens dafür gestellte Aufgaben mit epistemischen Aktivitäten wie dem Aufstellen einer auf dem Vorwissen basierenden Hypothese, dem Sammeln von Evidenz und der Bewertung dieser verbunden. Das Vorwissen findet dabei als Wahrscheinlichkeit, dass die aufgestellte Hypothese zutrifft, mit Eingang in die Rechnung. Die Evidenz wird mathematisch mit dem Bayes Faktor R berücksichtigt.

$$R = \frac{P(E|H)}{P(E|\neg H)}$$

Dieser gibt das Verhältnis der Wahrscheinlichkeiten an, mit der eine bestimmte Evidenz E unter der Annahme der Hypothese H im Vergleich dazu auftritt, wenn H nicht zutrifft. Die Lernenden werden bei einer Aufgabe also zunächst aufgefordert eine zu untersuchende Hypothese aufzustellen. Dann geben sie eine Wahrscheinlichkeit an, mit der sie annehmen, dass die Hypothese zutrifft. Mit der Hypothese und der Abschätzung der Wahrscheinlichkeit wird das Vorwissen ausgedrückt. Nachdem die Aufgabe bearbeitet wurde und somit neue Evidenz vorliegt, wird der Bayes Faktor als Korrektur der Vorerwartungen abgeschätzt. Dabei können in die Bewertung z.B. die Ergebnisse selbst oder auch die Quelle der Evidenz (z.B. bei Rechercheaufträgen) mit eingehen. Mit Hilfe dieses Vorgehens untersuchte Warren (2020)

die Entwicklung der epistemischen Kognition von Studierenden unter Verwendung des Epistemological Beliefs Assessment for Physical Sciences (EBAPS) (Elby, 2001). Durch die Verwendung von BUA konnten signifikante Zugewinne in den EBAPS Dimensionen *Structure of scientific knowledge* und *Real life applicability* beobachtet werden (Warren, 2020). Ob und wie die BUA die epistemische Kognition von Schüler*innen auch bereits in der Mittelstufe beeinflussen kann, ist noch unklar.

Aus der Beschreibung der BUA ist bereits ablesbar, dass nicht jede beliebige Aufgabe durch eine BUA ergänzt werden kann. Forschend-entdeckender Unterricht ist aufgrund seiner Strukturierung geeignet um BUA einsetzen zu können, da hier Inhalte und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen gleichermaßen integriert werden.

Geplante Studie

Im Projekt „Forschen mit epistemischer Unsicherheit lernen“ (FEUL) wird untersucht, wie sich die epistemische Kognition von Schüler*innen im Unterricht mit BUA verändert. Dazu werden Unterrichtsmaterialien entwickelt, die den Ansatz des Projekt-basierten Lernens (PBL) verfolgen, in denen die BUA dann eingesetzt werden können.

Als Vorlage für die Materialien dienen die Unterrichtseinheiten aus dem OpenSciEd Projekt (Edelson et al., 2021). Diese wurden für Schulen in den USA entwickelt und bezüglich ihrer Lernwirksamkeit bereits beforscht (OpenSciEd, o.J.).

Die von Warren (2018) entwickelten BUA sind für den Unterricht in der Schule weniger geeignet, da dort mit dem mathematisch anspruchsvollen Satz von Bayes gearbeitet wird. Die BUA werden daher in der Studie mithilfe des von Rosenberg et al. (2022) entwickelten Confidence Updaters durchgeführt (siehe Abb. 1). Dieser bietet eine einfach zu bedienende Oberfläche, die als Rahmen die epistemischen Aktivitäten scaffolded. Zur Berücksichtigung des Vorwissens wird in einem Textfeld die Hypothese festgehalten und mit einem einfachen Schieberegler eingestellt, wie sicher sich die Schüler*innen sind, dass ihre Hypothese zutrifft. Zur Abschätzung der Evidenz ist eine 7-stufige Likert Skala mit jeweils eigenem, beschreibendem Prompt gegeben. Damit wird die komplizierte Wahrscheinlichkeitsabschätzung auf diese Stufen reduziert. Dabei ist eine Begründung der Wahl durch die Schüler*innen in der unterrichtlichen Einbettung wichtig. Nach der Eingabe berechnet der Confidence Updater mithilfe des Satzes von Bayes die Zutreffenswahrscheinlichkeit der Hypothese. Dadurch wird es auch möglich, die berechnete Wahrscheinlichkeit aus der Durchführung als neue vorherige Sicherheit in die nächste Anwendung zu übernehmen.

Zur Einführung der BUA in den Unterricht soll das Vorgehen an einem Beispiel erarbeitet werden. In diesen wird die historische Entwicklung des Kenntnisstands zum Planeten Vulkan nachvollzogen und der Confidence Updater wiederholt angewendet. Dabei werden keine Fachinhalte vermittelt, sodass der Fokus allein auf den epistemischen Aktivitäten liegt.

Die zur Untersuchung der epistemischen Kognition adaptierten Einheiten sollen von sechs Lehrkräften eingesetzt werden. In der Treatment Gruppe (3 Lehrkräfte) wird nach der ersten Aufgabe mit Bezug zu Evidenz die BUA eingeführt und bei den folgenden Aufgaben mit Evidenz eingesetzt. Die Kontrollgruppe (3 Lehrkräfte) führt die Einheit ohne BUA durch. In einem Prä-Post-Test Verfahren wird die epistemische Kognition der Schüler*innen mithilfe von validierten Tests erhoben (z. B. EBAPS). Zusätzlich sollen die Argumentationen von Schüler*innen in Gruppenarbeitsphasen mithilfe von Ansteckmikrofonen aufgezeichnet werden. Dadurch ist ein Einblick in die Argumentationsstruktur möglich und die Wirkung des


Confidence Updater

What I know **Estimated confidence**

What is your hypothesis?

How sure are you that your hypothesis is true? Use the slider to select a percentage value that best fits with what you already know!

%0 %50 %100



How compatible is the evidence with your hypothesis relative to an alternative hypothesis? Choose the best fitting option!

- the evidence strongly favors my hypothesis
- the evidence favors my hypothesis
- the evidence somewhat favors my hypothesis
- the evidence not conclusive
- the evidence somewhat favors an alternative hypothesis
- the evidence favors an alternative hypothesis
- the evidence strongly favors an alternative hypothesis

Abb. 1 Eingabemaske des Confidence Updaters

Scaffolding kann nachvollzogen werden. Zusätzliche Interviews mit Lehrkräften und Schüler*innen dienen als weitere Datenquelle.

Zusammenfassung

Naturwissenschaftliche Erkenntnisse spielen eine wichtige Rolle bei der Bewertung und Lösung von Problemen. Insbesondere die inhärente Unsicherheit dieser Erkenntnisse stellt für viele Menschen eine Herausforderung dar. Mit den Bayesian Updating Activities existiert ein vielversprechender Ansatz, die epistemische Kognition von Schüler*innen zu verbessern (Warren, 2020). Durch den reflektierten Umgang mit Erkenntnissen sollen die Schüler*innen parallel zum Fachwissen naturwissenschaftliche Arbeitsweisen bzw. naturwissenschaftliches Denken erlernen. Durch das Scaffolding mit dem Confidence Updater wird erwartet, dass produktive Diskussionen zum Stand des Wissens und zur Bewertung vorliegender Evidenz entstehen. Hierbei stellt sich noch die Frage, welche Dimensionen der epistemischen Kognition dabei besonders angesprochen werden und ob die beeinflusste Dimension mit der von den Lernenden bewerteten Evidenz zusammenhängt. So scheint zum Beispiel ein stärkerer Einfluss auf die EBAPS Dimension *evolving knowledge* durch einen iterativen Einsatz des Confidence Updaters plausibel. Diese Dimension stellt dar, wie die Lernenden zwischen den Polen *absolute Wissen* (alles Wissen ist fest und unveränderlich) und *extremer Relativismus* (keine Unterscheidung zwischen einer Evidenzbasierten Argumentation und einer einfachen Meinungsäußerung) stehen (EBAPS, o.J.). Warren (2020) konnte in dieser Dimension keine signifikanten Änderungen feststellen, gibt aber zu bedenken, dass in der Durchführung zu selten die gleiche Hypothese beim Bayesian Updating verwendet wurde. Hier könnte die Kombination von BUA und der Storyline geleiteten PBL Einheit von OpenSciEd ein anderes Ergebnis begünstigen.

Danksagung

Diese Arbeiten werden durch die Joachim Herz Stiftung gefördert.

Literatur

- EBAPS. (o.J.). EPISTEMOLOGICAL BELIEFS ASSESSMENT FOR PHYSICAL SCIENCE (EBAPS). <http://www2.physics.umd.edu/~elby/EBAPS/home.htm>
- Edelson, D. C., Reiser, B. J., McNeill, K. L., Mohan, A., Novak, M., Mohan, L., Affolter, R., McGill, T. A. W., Buck Bracey, Z. E., Deutch Noll, J., Kowalski, S. M., Novak, D., Lo, A. S., Landel, C., Krumm, A., Penuel, W. R., Van Horne, K., González-Howard, M., & Suárez, E. (2021). Developing Research-Based Instructional Materials to Support Large-Scale Transformation of Science Teaching and Learning: The Approach of the OpenSciEd Middle School Program. *Journal of Science Teacher Education*, 32(7), 780–804. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2021.1877457>
- Elby, A. (2001). Helping physics students learn how to learn. *American Journal of Physics*, 69(S1), S54–S64. <https://doi.org/10.1119/1.1377283>
- Greene, J. A., Azevedo, R., & Torney-Purta, J. (2008). Modeling Epistemic and Ontological Cognition: Philosophical Perspectives and Methodological Directions. *Educational Psychologist*, 43(3), 142–160. <https://doi.org/10.1080/00461520802178458>
- Kunda, Z. (1990). The case for motivated reasoning. *Psychological Bulletin*, 108(3), 480–498. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.108.3.480>
- OpenSciEd. (o.J.) *Committed to Quality*. OpenSciEd. <https://www.openscienced.org/quality/>
- Rosenberg, J. M., Kubsch, M., Wagenmakers, E.-J., & Dogucu, M. (2022). Making Sense of Uncertainty in the Science Classroom: A Bayesian Approach. *Science & Education*, 31(5), 1239–1262. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00341-3>
- Sinatra, G. M., & Hofer, B. K. (2021). *Science Denial: Why It Happens and What to Do about It*. Oxford University Press, Incorporated. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/christianalbrechts/detail.action?docID=6638293>
- Sinatra, G. M., Kienhues, D., & Hofer, B. K. (2014). Addressing Challenges to Public Understanding of Science: Epistemic Cognition, Motivated Reasoning, and Conceptual Change. *Educational Psychologist*, 49(2), 123–138. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.916216>
- Sprenger, J., & Hartmann, S. (2019). *Bayesian Philosophy of Science*. Oxford University Press.
- Warren, A. R. (2018). Quantitative critical thinking: Student activities using Bayesian updating. *American Journal of Physics*, 86(5), 368–380. <https://doi.org/10.1119/1.5012750>
- Warren, A. R. (2020). Impact of Bayesian updating activities on student epistemologies. *Physical Review Physics Education Research*, 16(1), 010101. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010101>