

HÜSING, Sven & SCHÖNBRODT, Sarah
Paderborn, Salzburg

Förderung von Epistemic Agency – Entwicklung von Computational Essays bei der Bearbeitung datengetriebener, realer Problemstellungen

Die Fähigkeit, Wissen nicht nur aus bestehenden Quellen aufzunehmen und zu verarbeiten, sondern selbst zu konstruieren ist in der heutigen Zeit von zunehmender Bedeutung und stellt ein wichtiges Ziel im Sinne von Science Education und damit auch MINT-Bildung dar (Odden et al., 2022). Odden et al. (2022) nennen die Übernahme einer sog. Epistemic Agency als wesentlichen Aspekt, um handlungsfähig zu werden und das Lernen in den jeweiligen Fächern eigenverantwortlich steuern und gestalten zu können. Ein zentrales Element bei der Förderung von Epistemic Agency im MINT-Bereich ist die authentische Einbindung von Schüler:innen in wissenschaftliche Prozesse und Tätigkeiten, wie sie auch von Expert:innen durchlaufen werden (ebd.).

Gerade auch im Bereich *Data Science* spielt die Frage nach sozialer Teilhabe, Selbstbestimmung und Selbstverwirklichung eine immer größer werdende Rolle (Heinemann et al., 2018). Diesbezüglich haben wir ein Konzept zur Förderung von Epistemic Agency im Kontext datengetriebener Modellierungsprojekte entwickelt. In diesem Beitrag gehen wir auf die Grundpfeiler dieses Konzeptes ein und stellen erste Ergebnisse einer Pilotstudie zur Evaluation des Konzeptes vor.

Förderung von Epistemic Agency durch Computational Essays

Um Lernende zu unterstützen, Epistemic Agency im Sinne der Kontrolle über und Verantwortung für den eigenen Lern- und Forschungsprozess im MINT-Bereich zu übernehmen, schlagen Odden et al. (2022) die Erstellung sog. Computational Essays vor. Unter einem Computational Essay versteht man ein interaktives Medium, in dem Code, dessen Output sowie erläuternder Text (inkl. Bilder, Formeln, ...) an einer Stelle kombiniert werden, um eine Idee auszuführen, für etwas zu argumentieren oder Ergebnisse zu einer Forschungsfrage nachvollziehbar und reproduzierbar darzustellen (s. a. diSessa, 2000; Odden et al., 2022). Digitale Werkzeuge zur Erstellung von Computational Essays sind z. B. Jupyter Notebooks (<https://jupyter.org>).

In ihrer Studie haben Odden et al. (2022) einen Computational Modeling und Data Science Kurs sowie einen Physikkurs durchgeführt, in denen Studierende Computational Essays zu eigenen Forschungsfragen entwickelt haben. Die Ergebnisse zeigen, dass Computational Essays diesbezüglich ein viel-

versprechendes Werkzeug zur Förderung von Epistemic Agency bei Studierenden sein können. Diese Ergebnisse aufgreifend, haben wir ein Lehrkonzept für den Einsatz von Computational Essays in datengetriebenen Modellierungsprojekten für Oberstufenschüler:innen entwickelt und pilotiert. Ziel ist es dabei, Lernende darin zu fördern, Epistemic Agency zu übernehmen.

In diesem Beitrag stellen wir die Grundpfeiler des Lehrkonzeptes, die erste Implementierung sowie Erkenntnisse aus der Pilotstudie vor. Die leitende Forschungsfrage lautet dabei: Welche Aspekte hinsichtlich der Übernahme von Epistemic Agency nehmen Schüler:innen durch die Entwicklung von Computational Essays in datengetriebenen Modellierungsprojekten wahr?

Lehrkonzept und Rahmenbedingungen

Ziel unseres Lehrkonzeptes ist es, Schüler:innen zu befähigen, eigenständig an datengetriebenen, realen Problemen zu arbeiten, dabei authentische wissenschaftliche Tätigkeiten im Bereich datengetriebene Modellierung durchzuführen und entsprechende Lernprozesse eigenverantwortlich gestalten zu können. Das Lehrkonzept baut dabei auf drei Grundpfeilern auf: (I) die Bearbeitung offener, realer, datengetriebener Probleme, (II) die Entwicklung von Computational Essays bei der Bearbeitung der Probleme, sowie (III) die Nutzung eines Worked Examples – ein ausgearbeitetes Computational Essay, das als Lösungsbeispiel und Strukturierungshilfe dient (Atkinson et al., 2000; Hüsing et al., i. D.).

Umgesetzt wurde das Konzept erstmalig im Rahmen der CAMMP week 2023, einer computergestützten mathematischen Modellierungswoche des Schülerprogramms CAMMP (s. www.cammp.online). Hier arbeiten Schüler:innen ab Klasse 10 fünf Tage lang in Gruppen an realen Problemen aus der Forschung von universitären Instituten oder von Firmen (I). Bei den Problemen handelt es sich zumeist (aber nicht ausschließlich) um datengetriebene Fragestellungen. Die Lernenden entwickeln weitestgehend selbstbestimmt und mit ihren eigenen mathematischen Werkzeugen und Programmierertools eine Lösung des jeweiligen Problems (Schönbrodt et al., 2022).

Bei der CAMMP week 2023 sollten die Schüler:innengruppen ihren Modellierungs- und Programmierprozess sowie ihre Erkenntnisse erstmalig in einem Computational Essay (basierend auf einem Jupyter Notebook und Python als Programmiersprache) dokumentieren (II) und dieses am Ende der Woche abgeben. Als Hilfestellung diente ein Worked Example (III).

Erhebung und erste Ergebnisse

Bei der CAMMP week 2023 wurde ein Fragebogen zur Einschätzung der Aspekte *Computational Essay* und *Worked Example* sowie zum Vorgehen bei der Bearbeitung der Problemstellungen eingesetzt. Zudem wurden die

Computational Essays der Gruppen eingesammelt. Um die Möglichkeiten von Computational Essays zur Förderung von Epistemic Agency zu evaluieren, wurden bis dato die Antworten auf die offene Frage „Welche Vorteile hatte für dich das Erstellen eines Computational Essays?“ basierend auf den vier übergeordneten Kategorien *Programmieren / Datenverarbeitung*, *Investigation*, *Modellieren / Datenanalyse* sowie *Kommunikation*, die in Odden et al. (2022) der Operationalisierung des Konzeptes Epistemic Agency dienen, qualitativ analysiert. Für jede Kategorie wurde gezählt, wie viele Schüler:innen in ihren Antworten darauf Bezug genommen haben. Im Folgenden stellen wir erste Ergebnisse hieraus dar.

Bei den Vorteilen hinsichtlich der Erstellung von Computational Essays nannten 32 der 41 befragten Schüler:innen Aspekte, die der Kategorie *Kommunikation* zugeordnet werden können. Dabei gingen sie insbesondere auf die Dokumentation des Projektverlaufes ein: 18 Schüler:innen hoben hervor, dass der Projektprozess durch das Erstellen des Computational Essays gut dokumentiert und strukturiert werden konnte („Wir könnten [sic] mit Code und Text unseren Lösungsweg besser darstellen.“). Zudem empfanden 16 Schüler:innen das Erstellen des Computational Essays als hilfreich für die Reflexion und Übersicht über den eigenen Modellierungs- und Programmierprozess sowie für ein tieferes Verständnis desselben („Ich konnte meine Gedankengänge besser verstehen“ und „Man konnte seine Arbeit sehr gut nachvollziehen und reflektieren, auch noch im Nachhinein“), während 5 Schüler:innen äußerten, dass sie im Computational Essay die Ergebnisse und den Prozess für andere erklären können („[...] andere können auf Informatik und Sachebene verfolgen, was wir genau gemacht haben“).

Im Gegensatz zur Kategorie *Kommunikation* ließen sich den anderen drei Kategorien von Odden et al. (2022) nur einzelne Antworten zuordnen, so dass sich hier keine Aussagen treffen lassen. Dies ist nicht verwunderlich, da die Kategorien primär für die Analyse von Computational Essays als Lernprodukt entwickelt wurden.

Insgesamt wird die Erstellung eines Computational Essays als Möglichkeit zur Prozessdokumentation wahrgenommen – insbesondere mit dem Vorteil, den eigenen Modellierungs- und Programmierprozess reflektieren zu können. Die Essays wurden hingegen selten als Mittel angesehen, um den Prozess für andere nachvollziehbar und verständlich zu machen (vgl. diSessa, 2000). Um diesen Einsatzzweck der Computational Essays zu betonen, könnten die Schüler:innen in zukünftigen Durchführungen aufgefordert werden, ihre finalen Essays den Problemstellenden und anderen interessierten Schüler:innen zur Verfügung zu stellen.

Diese Pilotstudie zeigt erste Indizien, dass Schüler:innen durch die Entwicklung von Computational Essays Epistemic Agency mindestens im Hinblick auf die wissenschaftliche Dokumentation des eigenen (Modellierungs- und Programmier-)Prozesses übernehmen. Computational Essays könnten folglich ein geeignetes Werkzeug sein, um Lernenden das wissenschaftliche Dokumentieren (und damit eine authentische wissenschaftliche Praxis!) in computergestützten, datengetriebenen Modellierungsprozessen zu ermöglichen.

Ausblick

Um die Chancen von Computational Essays zur Förderung von Epistemic Agency in datengetriebenen Modellierungsprojekten hinsichtlich aller vier von Odden et al. (2022) genannten Kategorien zu untersuchen, ist die qualitative Analyse der bei der CAMMP week 2023 erstellten Computational Essays geplant. Zusätzlich soll der Einsatz von Worked Examples als Hilfestellung bei datengetriebenen Modellierungsprojekten evaluiert werden. Hierzu gibt es erste Ergebnisse, die zeigen, dass Worked Examples Lernende darin unterstützen können, eigenen Erkenntnisinteressen im Kontext von Datenexplorationen nachzugehen (Hüsing et al., i. D.). Durch weiterführende Studien soll das auf Computational Essays als Lernprodukt und Worked Examples als Hilfestellung basierende Lehrkonzept so weiterentwickelt werden, dass es nicht nur in außerschulischen Projekten, sondern auch im MINT-Unterricht eingesetzt werden kann, um Schüler:innen darin zu fördern, Epistemic Agency im Bereich datengetriebene Modellierung zu übernehmen.

Literatur

- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A., & Wortham, D. (2000). Learning from Examples: Instructional Principles from the Worked Examples Research. *Review of Educational Research*, 70(2), 181–214. <https://doi.org/10/csm67w>
- diSessa, A. A. (2000). *Changing minds: Computers, learning, and literacy*. MIT Press.
- Heinemann, B., Opel, S., Budde, L., Schulte, C., Frischmeier, D., Biehler, R., Podworny, S. & Wassong, T. (2018). Drafting a Data Science Curriculum for Secondary Schools. In *Proceedings of the 18th Koli Calling International Conference* (S. 1–5). ACM. <https://doi.org/10.1145/3279720.3279737>
- Hüsing, S., Schulte, C., Sparmann, S. & Bolte, M. (im Druck). Using Worked Examples for Engaging in Epistemic Programming Projects. In: *Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education* <https://doi.org/10.1145/3626252.3630961>
- Odden, T. O. B., Silvia, D. W. & Malthe-Sørensen, A. (2022). Using computational essays to foster disciplinary epistemic agency in undergraduate science. *J Res Sci Teach*. 60(5), 937–976. <https://doi.org/10.1002/tea.21821>
- Schönbrodt, S., Wohak, K. & Frank, M. (2022). Digital Tools to Enable Collaborative Mathematical Modeling Online. *MSEL*, 15(1), 151-174. <https://doi.org/10.4995/msel.2022.16269>