

Marvin Rost¹
Hannah Leinenbach²
Martina Zödl²
Anja Lembens²

¹Technische Universität München
²Universität Wien

Wie fühlst du dich damit? Emotionen bei Experimenten mit KI-Assistenz

Einleitung

Technologische Innovationen sind seit jeher ein integraler Bestandteil der Wissenschaft. In der Chemie reichen diese Entwicklungen von immer präziseren Messinstrumenten bis hin zu KI-gestützten Vorhersagen des molekularen Verhaltens. Auch der Chemieunterricht hat sich entsprechend weiterentwickelt und nutzt heute digitale Tools zur Dokumentation, Kollaboration sowie für individualisierte Lernpfade (Eitemüller et al., 2023). Dabei stellt die Untersuchung von affektiven Variablen für die chemiedidaktische Forschung ein Desiderat dar (Flaherty, 2020). Im vorliegenden Beitrag wird darum das Zusammenspiel von Emotion und Kognition beim digital unterstützten Experimentieren im Chemieunterricht untersucht; konkret, wie ein sprachgesteuertes Laborassistenzsystem Einfluss auf die emotionale Valenz von Schüler*innen in Abhängigkeit ihres Vorwissens nimmt.

Theoretischer Hintergrund

Die enge Verflechtung von kognitiven und emotionalen Prozessen im Lernkontext ist in pädagogisch-psychologischen Forschungsprogrammen seit Langem etabliert (Lange et al., 2020). Emotionen sind nicht nur Begleiterscheinungen des Lernens, sondern wirken aktiv auf kognitive Prozesse wie Aufmerksamkeit, Gedächtnis und Problemlösen ein (Lauermann & Butler, 2021; Muis et al., 2018; Pekrun et al., 2023). Diese Wechselwirkungen sind in der Folge auch relevant für den naturwissenschaftlichen Unterricht beispielsweise im Hinblick auf Interesse, Selbstwirksamkeit und Engagement im Laborunterricht (Hofstein, 2004) oder bezüglich Lernfreude und Neugier beim Erwerb einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (Fortus et al., 2022). Trotz dieser Anerkennung bleibt die empirische Bearbeitung emotionaler Prozesse in der chemiedidaktischen Forschung bislang punktuell. Flaherty (2020) kritisiert, dass affektive Variablen häufig nur am Rande betrachtet werden, und plädiert für eine systematische Integration emotionaler Dimensionen in die Forschung zu Lernprozessen im Chemieunterricht. Gerade experimenteller Chemieunterricht bietet zahlreiche Gelegenheiten für die Untersuchung des Zusammenspiels von Kognition und Emotion. Zur gewinnbringenden Verknüpfung dieses Zusammenspiels mit der Nutzung digitaler Tools im Allgemeinen bedarf es gezielter Interventionsstudien, um die fundamentalen Mechanismen in Lehr-/Lernsettings aufzuklären und die über reine Medienvergleichsstudien hinausgehen (Buchner & Kerres, 2023). Weil Emotionen das Wechselspiel zwischen Langzeit- und Kurzzeitgedächtnis regulieren (Plass & Kalyuga, 2019) und Promptingstrategien erfolgreich zur effizienten Auslastung des Kurzzeitgedächtnisses führen (Graulich et al., 2021; Reid, 2021), ergibt sich die folgende Fragestellung.

Wie beeinflusst eine kurzfristige metakognitive Intervention die emotionale Valenz von Lernenden bei der Nutzung eines digitalen Sprachassistenten beim Experimentieren in Abhängigkeit vom Vorwissen?

Design & Methode

Im Rahmen des Projekts wurde von Schüler*innen ein Experiment zur Bestimmung des Massenanteils von Natriumperoxid in einem Waschmittel durchgeführt (permanganometrische Titration). Die Versuchsanleitungen wurden in Zusammenarbeit mit Lehrkräften entwickelt, um curricular und ökologisch valide zu sein. Die Stichprobe bestand aus $N = 144$ Schüler*innen (Klassen 10 & 11), $N = 3$ Schulen sowie $N = 11$ Klassen, die im Umfang von je ca. 120 Minuten unter Nutzung des Sprachassistentensystems eine Versuchsvorschrift in zwei zufällig zugewiesenen Interventionsbedingungen bearbeiteten. In Bedingung A folgten sie einer Schritt-für-Schritt-Anleitung, in Bedingung B erhielten sie einen zusätzlichen Überblick über den gesamten Ablauf (metakognitive Intervention). Zur Erfassung des Vorwissens wurde ein Multiple-Choice-Test (14 Items, Rasch-skalierte Selbstentwicklung, $M_2=119.8(104)$, $p=.13$; CFI=.94; RMSEA=.054, 95%CI[0;0.093]; SRMSR=.14) eingesetzt. Die Schätzung der emotionalen Valenz erfolgte über offene Fragen, die mittels Latent Semantic Scaling (LSS; Remus et al., 2010; Watanabe, 2021; Benoit et al., 2018) analysiert wurden. In den offenen Antworten formulierten die Schüler*innen, wie sie sich prospektiv und retrospektiv im Hinblick auf die Arbeit mit dem Sprachassistentensystem fühlten.

Ergebnisse

In Bedingung B (mit Überblick) zeigte sich eine positive Korrelation zwischen Vorwissen und emotionaler Valenz. In Bedingung A (ohne Überblick) war diese Beziehung negativ (Abbildung 1).

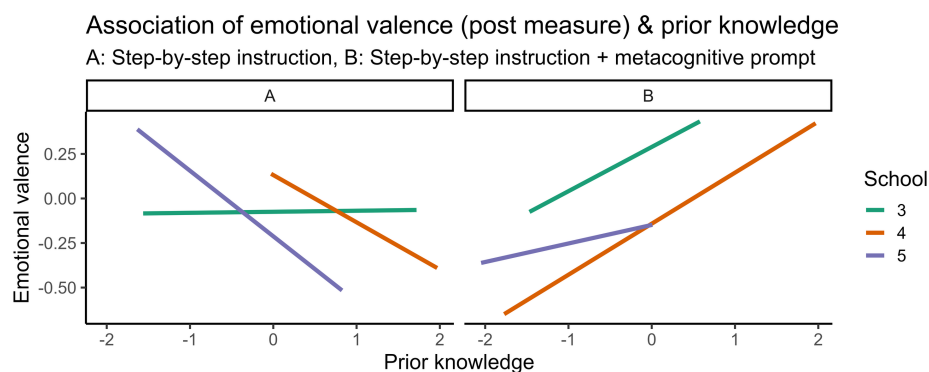


Abb. 1: Der Zusammenhang von emotionaler Valenz mit Vorwissen zum Post-Zeitpunkt. Während sich die Teilnehmenden in der Schritt-für-Schritt-Anleitung mit steigendem Vorwissen eher negativ bezüglich des Sprachassistentensystems äußern, kehrt sich der Trend in der Interventionsbedingung um.

Diskussion

Die Umkehr des Zusammenhangs zwischen Vorwissen und emotionaler Valenz kann exemplarisch entlang verschiedener lerntheoretischer Linien interpretiert werden. Eine Schritt-für-Schritt-Führung ohne Überblicksprompt kann für Noviz*innen hilfreich sein, wirkt jedoch bei höherem Vorwissen restriktiv. Für fortgeschrittene Lernende bietet der Überblicksprompt das Potential für die Aktivierung anschlussfähiger kognitiver Ressourcen aus dem Langzeitgedächtnis. Das resultierende Gefühl der Einschränkung (Expert*innen) oder verbesserter Führung (Noviz*innen) in der A-Bedingung, bzw. der überfordernde (Noviz*innen) oder aktivierende (Expert*innen) Gesamtüberblick in der B-Bedingung passt sich gut in die Merkmale des sog. Expertise-Reversal-Effekts (Van Nooijen et al., 2024) ein. Fokussiert auf Chemiedidaktik kann der Überblicksprompt als metakognitiv aktivierend verstanden werden (Graulich et al., 2021; Plass & Kalyuga, 2019). Lernende mit mehr Vorwissen zu Titrationen können diese Aktivierung produktiv nutzen und bspw. schon kritische Arbeitsschritte antizipieren. Ohne diesen Überblick bleibt die prozessregulierende Antizipation für fortgeschrittene Lernende aus und das Experiment wird als frustrierend empfunden, während Lernende mit wenig Vorwissen gar nicht die kognitiven Ressourcen hätten, um die Übersicht produktiv nutzen zu können.

Limitationen und Ausblick

Obwohl die Schätzung emotionaler Valenz mittels LSS neue Zugänge zum überfälligen Lückenschluss zwischen Kognition und Emotion in der chemiedidaktischen Forschung eröffnet, bleiben bestimmte Aspekte nach wie vor ungeklärt. Die Konstruktvalidität der Valenzmessung ist verbesserungsbedürftig, weil sie auf computerlinguistischen Valenz-Wort-Zuordnungen beruht: bestimmten Worten sind allgemeinspsychologische Valenzwerte zugeordnet. Spezialbegriffe, die im Zusammenhang mit Titrationen auftreten (bspw. „Endpunkt“, „neutral“ oder „sauer“) haben im allgemeinen Sprachgebrauch andere Bedeutungen als in der Chemie. Die Generalisierbarkeit des Messverfahrens sollte daher in weiterführenden Studien mit Kreuzvalidierungsverfahren abgesichert werden. Die Studie ist grundsätzlich durch eine hohe ökologische Validität gekennzeichnet, weil das Experiment und die dazugehörige Anleitung sowohl curricular angemessen eingebettet wurden als auch in enger Abstimmung mit den jeweiligen Lehrkräften entwickelt wurden. Auf diese Weise wurde ein einheitliches Design über verschiedene Klassen und Schulen ermöglicht. Trotzdem ist der starke Einfluss von Schul- und Klasseneffekten immer eine Herausforderung, die mit mehrerebenenanalytischen Verfahren angegangen werden sollte. Für die Schulpraxis ergibt sich dennoch bereits jetzt aus den Daten, dass das Wechselspiel aus Kognition und Emotion in Laborstunden sichtbar gemacht werden kann und die Annahme einer einheitlichen emotionalen Zu- oder Abwendung zum Unterrichtsgegenstand zurückgewiesen werden muss. Darüber hinaus kann diese Zu- oder Abwendung in Abhängigkeit vom Vorwissen bereits mit verhältnismäßig geringem Aufwand positiv oder negativ beeinflusst werden.

Literatur

- Buchner, J. & Kerres, M. (2023). Media comparison studies dominate comparative research on augmented reality in education. *Computers & Education*, 195, 104711. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104711>
- Eitemüller, C., Trauten, F., Striwe, M. & Walpuski, M. (2023). Digitalization of multistep chemistry exercises with automated formative feedback. *Journal of Science Education and Technology*, 32(3), 453–467. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10043-2>
- Flaherty, A. A. (2020). A review of affective chemistry education research and its implications for future research. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(3), 698–713. <https://doi.org/10.1039/C9RP00200F>
- Fortus, D., Lin, J., Neumann, K. & Sadler, T. D. (2022). The role of affect in science literacy for all. *International Journal of Science Education*, 44(4), 535–555. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2036384>
- Graulich, N., Langner, A., Vo, K. & Yuriev, E. (2021). Scaffolding metacognition and resource activation during problem solving: A continuum perspective. In G. Tsapalis (Hrsg.), *Problems and Problem Solving in Chemistry Education: Analysing Data, Looking for Patterns and Making Deductions* (S. 38–67). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/9781839163586-00038>
- Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 5(3), 247–264. <https://doi.org/10.1039/b4rp90027h>
- Lange, J., Dalege, J., Borsboom, D., Van Kleef, G. A. & Fischer, A. H. (2020). Toward an integrative psychometric model of emotions. *Perspectives on Psychological Science*, 15(2), 444–468. <https://doi.org/10.1177/1745691619895057>
- Lauermann, F. & Butler, R. (2021). The elusive links between teachers' teaching-related emotions, motivations, and self-regulation and students' educational outcomes. *Educational Psychologist*, 56(4), 243–249. <https://doi.org/10.1080/00461520.2021.1991800>
- Muis, K. R., Chevrier, M. & Singh, C. A. (2018). The role of epistemic emotions in personal epistemology and self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 53(3), 165–184. <https://doi.org/10.1080/00461520.2017.1421465>
- Pekrun, R., Marsh, H. W., Elliot, A. J., Stockinger, K., Perry, R. P., Vogl, E., Goetz, T., Van Tilburg, W. A. P., Lüdtke, O. & Vispoel, W. P. (2023). A three-dimensional taxonomy of achievement emotions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 124(1), 145–178. <https://doi.org/10.1037/pspp0000448>
- Plass, J. L. & Kalyuga, S. (2019). Four ways of considering emotion in cognitive load theory. *Educational Psychology Review*, 31(2), 339–359. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09473-5>
- Reid, N. (2021). Johnstone's triangle: Why chemistry is difficult. In N. Reid (Hrsg.), *The Johnstone Triangle: The Key to Understanding Chemistry* (S. 48–71). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/9781839163661-00048>
- Van Nooijen, C. C. A., De Koning, B. B., Bramer, W. M., Isahakyan, A., Asoodar, M., Kok, E., Van Merriënboer, J. J. G. & Paas, F. (2024). A cognitive load theory approach to understanding expert scaffolding of visual problem-solving tasks: A scoping review. *Educational Psychology Review*, 36(1), 12. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09848-3>