

Mit Blick zurück einen Schritt vor: Eine blickbewegungsgestützte Retrospektive

Ausgangslage und theoretischer Rahmen

Das Lösen von Problemen kann als Kompetenz des 21. Jahrhunderts angesehen werden (Voogt & Roblin, 2012). Besonders in der Chemie ist die Problemlösekompetenz mit einer domänenspezifischen Repräsentationskompetenz verknüpft (Kozma & Russell, 2005). In der Organischen Chemie werden symbolisch-ikonische Repräsentationen verwendet (Hoffmann & Laszlo, 1991) aus denen Chemiker*innen implizite Informationen mithilfe chemischer Konzepte ableiten müssen, um auf chemische Eigenschaften schließen zu können (Goodwin, 2010). Lernende der Organischen Chemie haben oft Schwierigkeiten beim Ableiten dieser impliziten Eigenschaften, da sie oft auf Heuristiken zurückgreifen (Talanquer, 2014) oder sich auf oberflächliche Merkmale konzentrieren (Graulich, Hedtrich & Harzenetter, 2019). Zwar konnten Studien in anderen Disziplinen zeigen, dass unterschiedliche Lerninstruktionen eingesetzt werden könnten, um Lernende mit einem bestimmten Vorwissensniveaus beim Problemlösen zu unterstützen (z. B. *Example-Based Learning* (van Gog & Rummel, 2010)), jedoch fehlt es derzeit im Sinne der *Differentiated Instruction* (Tomlinson, 2017) weitestgehend an Instruktionsansätzen, welche die individuellen Bedürfnisse von Lernenden berücksichtigt und diese in ihrem Problemlöseprozess im Umgang mit organisch-chemischen Repräsentationen unterstützen. Ein möglicher differenzierender Instruktionsansatz könnte hierbei die Reflexion über den eigenen Problemlöseprozess darstellen, da das kritische Hinterfragen eigener zugrundeliegender Annahmen bei der Anwendung von Fachwissen eine Möglichkeit sein kann neue Erkenntnisse zu gewinnen (Ng, Kinsella, Friesen & Hodges, 2015). Dieser Prozess kann einerseits durch angeleitete Reflexionen (Boud, Keogh & Walker, 1985) und andererseits zusätzlich durch die Präsentation sensorbasierter Daten unterstützt werden, welche dem Lernenden ansonsten nicht zugänglich wären (Fleck & Fitzpatrick, 2010). Besonders in Domänen mit komplexen Repräsentationen, wie in der Organischen Chemie, könnten die eigenen Blickbewegungen den Reflektierenden neue Informationen über den visuellen und konzeptuellen Verarbeitungsprozess liefern. So könnten Lernende in einer blickbewegungsgestützten Retrospektive über ihren Problemlöseprozess reflektieren, weitere konzeptuelle Ressourcen aktivieren (diSessa, 1993; Hammer, Elby, Scherr & Redish, 2005), einen produktiven *Sensemaking*-Prozess durchlaufen (Odden & Russ, 2019) und idealerweise Konsequenzen für zukünftige Problemlösesituationen ableiten. Das Potenzial einer solchen retrospektiven Betrachtung der eigenen Blickbewegungen zur Förderung von Reflexionsprozessen wurde jedoch bisher nicht erforscht.

Forschungsziel

In einer explorativen Studie wurde untersucht, inwiefern eine blickbewegungsgestützte Retrospektive Studierende in der Organischen Chemie anregen kann über ihren Problemlöseprozess zu reflektieren. Dabei wurde untersucht, welche Reflexionsmuster sich während der Retrospektive beobachten lassen (FF1) und inwiefern die strukturelle Komplexität dieser Reflexionsmuster mit produktiven, konzeptuellen *Sensemaking*-Prozessen zusammenhängt (FF2).

Studiendesign

22 Studierende der Organischen Chemie lösten insgesamt drei Aufgabensets zu verschiedenen Kontexten der Organischen Chemie (Stereochemie, Brønsted-Säuren, Elektrophilie). Jedes Aufgabenset beinhaltete eine pre-Aufgabe, das semi-strukturierte, blickbewegungsgestützte Retrospektive-Interview (siehe Abb. 1) und eine post-Aufgabe.

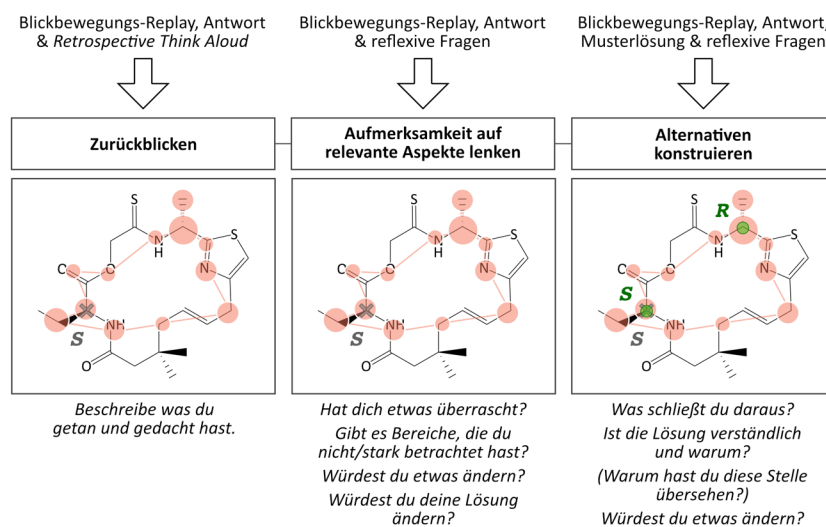


Abb. 1: Aufbau der blickbewegungsgestützten Retrospektive (angelehnt an ALACT-Modell (Korthagen, 1985))

Datenanalyse

Während der Retrospektive reflektierten die Probanden über mehrere einzelne strukturelle Bereiche in den Molekülen. Pro Aufgabe wurden jeweils zwei charakteristische Analysebereiche ausgewählt, wodurch insgesamt 132 Reflexionsprozesse untersucht wurden. Die Analyse der Reflexionsprozesse erfolgte mehrschrittig. Reflexionselemente (Erfahrungen beschreiben, Herausforderung identifizieren, Alternativen suchen, Konsequenzen ableiten) innerhalb der Reflexionsprozesse wurden dichotom kodiert. Je nach Kombination der vergebenen Codes wurden die Reflexionsprozesse in Reflexionsmuster kategorisiert und die Entstehung der Reflexionsmuster über den Verlauf der drei Phasen der Retrospektive hinweg untersucht (FF1). Anschließend wurden ausgewählte Beispiele hinsichtlich des produktiven, konzeptuellen *Sensemaking*-Prozesses gegenübergestellt und das visuelle Problemlöseverhalten dieser vor und nach der Retrospektive verglichen (FF2).

Ergebnisse

Insgesamt ließen sich fünf Reflexionsmuster beobachten: deskriptiv, nicht-elaboriert, Alternativen-orientiert, Konsequenzen-orientiert und elaboriert. Bei Betrachtung der Entwicklung der Reflexionsmuster zeigte sich, dass der Großteil der Reflexionsprozesse in den ersten beiden Phasen der Retrospektive auf einem deskriptiven oder nicht-elaborierten Niveau verblieben (erste Phase: 88 %; zweite Phase 69 %). Erst in der letzten Phase wechselte ein Großteil der Reflexionsprozesse auf ein Konsequenzen-orientiertes oder elaboriertes Niveau (60%). Folglich ist ein blickbewegungsaugmentiertes *Retrospective Think Aloud* (erste

Phase der Retrospektive) nicht ausreichend um strukturell-komplexere Reflexionsprozesse anzuregen. Jedoch können weitere Elemente der Retrospektive (z. B. reflexive Fragen, Musterlösung) zu strukturell-komplexeren Reflexionsprozessen führen (FF1). Weiterhin konnte beobachtet werden, dass trotz gleicher struktureller Komplexität sich die Reflexionsprozesse im produktiven, konzeptuellen *Sensemaking* unterscheiden (FF2). Beispielsweise in einer Aufgabe zur Identifikation von elektrophilen Zentren zeigte sich in Marias elaborem Reflexionsprozess über ein nicht-erfolgreich identifiziertes β -Kohlenstoffatom einer α,β -ungesättigten Carbonylgruppe, dass Maria zusätzliche konzeptuelle Ressourcen zum Mesomerie-Konzept aktivieren konnte und so die Konsequenzen ableitete, in Zukunft verstärkt auf Mesomerie zu achten und ihren Blick auszuweiten. Dies resultierte in einer gleichmäßigeren Verteilung der Blickdauer über die α,β -ungesättigte Carbonylgruppe, mehr Transitionen zwischen der Doppelbindung und der Carbonylgruppe und der erfolgreichen Identifikation des β -Kohlenstoffatoms der α,β -ungesättigten Carbonylgruppe in der post-Aufgabe (siehe Abb. 2, links). Im Gegensatz dazu konnte James in seinem elaborem Reflexionsprozess sich zu diesem Zentrum keinen Sinn erschließen und zog die Konsequenz, in Zukunft verstärkt auf die Doppelbindung zu achten und, sofern er die gleiche Struktur wiedererkennen würde, diese einfach zu markieren. Die resultierte dazu, dass James in der post-Aufgabe eine erhöhte Blickdauer auf der Doppelbindung aufwies, deutlich mehr Transitionen zwischen der Doppelbindung und der Carbonylgruppe zeigte und letztendlich das falsche Kohlenstoffatom markierte (siehe Abb. 2, rechts).

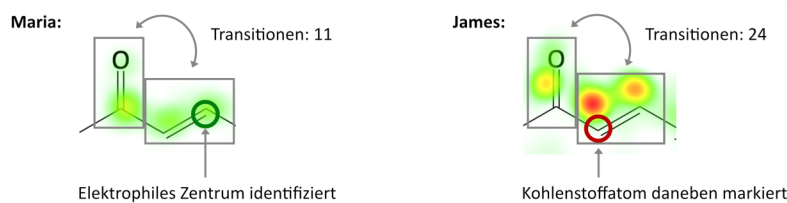


Abb. 2: Marias und James Performanz bei der α,β -ungesättigten Carbonylgruppe in der post-Aufgaben zur Identifikation von elektrophilen Zentren. Rote Bereiche weisen auf eine erhöhte Blickdauer hin.

Implikationen

Durch die blickbewegungsgestützte Retrospektive konnten verschiedene Reflexionsprozesse angeregt werden, die sich sowohl in der Struktur der Reflexion und in ihrem Maß an produktiven, konzeptuellen *Sensemaking* unterscheiden. Die Ergebnisse der explorativen Studie weisen darauf hin, dass verschiedene Aspekte der Retrospektive zu einer erhöhten strukturellen Komplexität der Reflexionsprozesse führen können, dies jedoch nicht direkt produktives, konzeptuelles *Sensemaking* impliziert. Die blickbewegungsgestützte Retrospektive zeigt das Potenzial eines differenzierenden Instruktionsansatzes, jedoch bedarf es noch weiterer Optimierungen. Die Ergänzung durch *Scaffolding* (Wood, Bruner & Ross, 1976) zur metakognitiven Unterstützung der eigenen Reflexionsstruktur oder der Einsatz von *Machine Learning* Feedback zur Adaption der Retrospektive an das Vorwissen der Lernenden könnte Gegenstand zukünftiger Forschung werden.

Literatur

- Boud, D., Keogh, R., & Walker, D. (1985). *Reflection: Turning experience into learning*. Routledge.
- diSessa, A. A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, 10 (2/3), 105-225
- Fleck, R., & Fitzpatrick, G. (2010). Reflecting on reflection: framing a design landscape. *Proceedings of the 22nd Conference of the Computer-Human Interaction Special Interest Group of Australia on Computer-Human Interaction*
- Goodwin, W. (2010). How do Structural Formulas Embody the Theory of Organic Chemistry? *The British Journal for the Philosophy of Science*, 61 (3), 621-633
- Graulich, N. (2015). The tip of the iceberg in organic chemistry classes: how do students deal with the invisible? *Chemistry Education Research and Practice*, 16 (1), 9-21
- Hammer, D., Elby, A., Scherr, R. E., & Redish, E. F. (2005). Resources, framing, and transfer. In J. P. Mestre (Ed.), *Transfer of Learning from a Modern Multidisciplinary Perspective*. Greenwich: Information Age Publishing, 89-119
- Hoffmann, R., & Laszlo, P. (1991). Representation in Chemistry. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 30 (1), 1-16
- Korthagen, F. A. (1985). Reflective teaching and preservice teacher education in the Netherlands. *Journal of teacher education*, 36 (5), 11-15
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education*. Netherlands: Springer, 121-145
- Ng, S. L., Kinsella, E. A., Friesen, F., & Hodges, B. (2015). Reclaiming a theoretical orientation to reflection in medical education research: a critical narrative review. *Medical Education*, 49 (5), 461-475
- Odden, T. O. B., & Russ, R. S. (2019). Defining sensemaking: Bringing clarity to a fragmented theoretical construct. *Science Education*, 103 (1), 187-205
- Talanquer, V. (2014). Chemistry Education: Ten Heuristics To Tame. *Journal of Chemical Education*, 91 (8), 1091-1097
- Tomlinson, C. A. (2017). *How to differentiate instruction in academically diverse classrooms*. ASCD.
- van Gog, T., & Rummel, N. (2010). Example-Based Learning: Integrating Cognitive and Social-Cognitive Research Perspectives. *Educational Psychology Review*, 22 (2), 155-174
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44 (3), 299-321
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry*, 17 (2), 89-100