

Epistemische Botschaften in Vorlesungen der Organischen Chemie

Einleitung

Das Lernen Organischer Chemie (OC) stellt Studierende vor eine Vielfalt an Herausforderungen. Manche dieser Herausforderungen ergeben sich aus den Fachinhalten der OC selbst, z. B. durch die Vielzahl verschiedener Repräsentationen für OC-Strukturen (Talanquer, 2022) oder durch die Komplexität von Reaktionsmechanismen (Crowder et al., 2024; Haskel-Ittah, 2023). Andere Herausforderungen entstehen dadurch, wie OC gelehrt wird und wie dies die Perspektive von Studierenden auf OC-Wissen und dessen Erwerb beeinflusst (Bowen et al., 2022). So wurde beispielsweise beobachtet, dass Studierende dazu tendieren, OC-Aufgaben durch Reproduktion auswendiggelernter Muster zu begegnen (Bhattacharyya & Bodner, 2005) und weniger chemisches Wissen oder kausal-mechanistisches Denken beim Problemlösen nutzen (Dood & Watts, 2023; Krist et al., 2019; Scharlott et al., 2024). Die Herangehensweise der Studierenden an Aufgaben kann dabei als Manifestation ihrer Perspektive auf OC-Wissen und wie dieses angewendet wird aufgefasst werden (Russ, 2018). Damit ist anzunehmen, dass zumindest ein Teil der Herausforderungen, mit denen Studierende beim Lernen von OC konfrontiert sind, durch ihre epistemische Kognition bedingt ist.

Das dargestellte Forschungsprojekt zielt daher darauf ab, epistemische Botschaften in Lehrveranstaltungen zu identifizieren, d.h. explizite Aussagen oder implizite Signale darüber, was (OC)Wissen ist, wie es generiert, validiert oder angewendet wird. Im Kontext von Lehrveranstaltungen können epistemische Botschaften beispielsweise in Form von Zielen des Wissenserwerbs kommuniziert werden, welche unter Umständen auch bestimmten Formen des Wissens einen bestimmten Wert zuschreiben. Aufbauend auf der Annahme, dass epistemische Botschaften beeinflussen können, wie Lernende über Wissen denken und in der Folge wie sie lernen (Berland et al., 2016; Ke & Schwarz, 2021; Russ, 2018), wurden zwei Forschungsfragen formuliert:

- Welche epistemischen Botschaften mit Bezug zu Zielen des Wissenserwerbs in OC-Vorlesungen lassen sich identifizieren?
- Wie verteilen sich zielbezogene Botschaften über den Verlauf der Vorlesung?

Ziel der qualitativen Studie ist es, durch die Charakterisierung der vermittelten Ziele des Wissenserwerbs, Einblicke zu gewinnen, welcher Wert bestimmten Wissens-elementen zugeschrieben wird, um zukünftig besser abbilden zu können, inwiefern epistemische Botschaften die epistemische Kognition von Studierenden in Lehrveranstaltungen beeinflussen können. Schwerpunktmäßig sollen Einführungsvorlesungen der OC untersucht werden, da die Vorlesung (VL) an vielen Universitäten die zentrale Lehrveranstaltung für den Einstieg in die OC darstellt und die epistemischen Botschaften in dieser Veranstaltung die Grundlagen für eine Perspektive auf die Disziplin der Organischen Chemie legen.

Methoden

Für diese qualitative, explorative Studie wurden Videoaufzeichnungen von sieben VL von sechs verschiedenen Lehrenden aus verschiedenen Universitäten aus Deutschland und den USA untersucht. Der Schwerpunkt der Untersuchung lag dabei auf den VL zur Nukleophilen Substitution (S_N), da die zugehörigen Reaktionsmechanismen zu den wichtigsten Mechanismen beim Einstieg in die OC gehören. Das Thema S_N -Reaktionen wurde in den untersuchten VL im Umfang von 45 bis 303 Minuten behandelt. Diese große Bandbreite ist u.a. dadurch bedingt, dass in einzelnen VL S_N -Reaktionen zusammen mit Eliminierungsreaktionen vermittelt wurden. Auch wurde in unterschiedlichem Maße VL-Zeit für die Bearbeitung und Besprechung von Übungsaufgaben zu S_N -Reaktionen eingesetzt.

Ausgehend von den VL-Aufzeichnungen wurden Transkripte des VL-Gesprächs erstellt. Die Transkripte wurden zunächst in strukturelle Abschnitte gegliedert, um einen Überblick zu erhalten, in welchen Teilen der Vorlesung neue Inhalte vermittelt wurden oder wo z. B. Übungsaufgaben besprochen wurden. Dann wurden die Transkripte durch induktives Coding auf kommunizierte epistemische Ziele des Wissenserwerbs untersucht. Die verschiedenen Botschaften wurden dann in Bezug auf ihre Verteilung und Position innerhalb der VL-Struktur analysiert und die Ergebnisse in Form eines Barcodes dargestellt (vgl. *Abb. 1*).

Vorläufige Ergebnisse

Welche epistemischen Botschaften mit Bezug zu Zielen des Wissenserwerbs in OC-Vorlesungen lassen sich identifizieren?

Hier konnten im induktiven Coding drei verschiedene Qualitäten von Botschaften gefunden werden: In eine erste Kategorie (*Knowing for Knowing*) wurden Botschaften eingeteilt, die rahmen, welches Wissen die Studierenden in der VL lernen sollen, ohne dass genauer spezifiziert wird, welchen Wert dieses Wissen für die Studierenden besitzt, z.B.: „*Was wir jetzt tun werden, ist, dass ich natürlich die Reaktion selbst sowie alle beteiligten Faktoren vorstelle und versuchen werde, Ihnen ein Gefühl dafür zu geben, wann welche Faktoren wichtiger sind.*“ (Prof. Meyer)

Der zweiten Kategorie (*Knowing for Assessment*) wurden dagegen Botschaften zugeordnet, die zusätzlich zu einem Zielbezug den Wissensinhalt um eine Wertdimension ergänzten, wobei für diese Kategorie ein Bezug zur Leistungsüberprüfung maßgeblich war, z. B.: „*Sie wollen ja das Vorhersagen können und nicht immer eine Reaktionskinetik aufnehmen. Das können Sie zum Beispiel in der Abschlussklausur nicht machen, dass Sie bei einer Aufgabe das dann testen und die Nucleophile, also die Nucleophil-Konzentration verändern und die Reaktionsgeschwindigkeit messen. Wir müssen also das direkt aus der Struktur vorhersagen können.*“ (Prof. Fischer)

In der dritten Kategorie (*Knowing for Doing Science*) wurden dagegen Botschaften zusammengefasst, die den zu erlernenden Wissensinhalten v.a. in ihrer Anwendung in einem professionellen Kontext einen Wert zuschrieben, z.B.: „*Und das ist natürlich sehr wichtig, wenn man an die Bedeutung in der synthetischen Chemie denkt: Man möchte eine bestimmte Stoffgruppe in eine andere umwandeln, und die nukleophile Substitution ist da ein wichtiger Schlüsselschritt, um dies zu erreichen.*“ (Prof. Fischer)

Für alle VL wurden so verschiedene Botschaften zu den Zielen des Wissenserwerbs gefunden. Während dabei Ziele der Kategorie *Knowing for Knowing* in allen untersuchten VL-Abschnitten häufig waren, zeigten sich in Bezug auf die Häufigkeit von Botschaften der

Kategorien *Knowing for Assessment* und *Knowing for Doing Science* deutliche Unterschiede zwischen verschiedenen VL-Abschnitten (vgl. Abb. 1).

Wie verteilen sich zielbezogene Botschaften über den Verlauf der Vorlesung?

Zum Zeitpunkt der Tagung war die Analyse der Verknüpfung von Zielen und VL-Inhalten noch nicht abgeschlossen. Als vorläufiges Ergebnis kann hier jedoch die Verteilung der Ziele über den Verlauf einer VL dargestellt werden. In Bezug auf die strukturellen Abschnitte der VL lässt sich festhalten, dass die meisten Botschaften zu Zielen des Wissenserwerbs in den VL-Teilen zu finden waren, in denen neue Inhalte vermittelt bzw. eingeleitet wurden (vgl. Abb. 1). Zielbezogene Botschaften im Kontext der Besprechung von Übungsaufgaben waren seltener zu finden, wobei der Anteil des VL-Gesprächs, der auf Übungen entfiel im Allgemeinen deutlich geringer war als der Anteil, in dem neue Inhalte vermittelt wurden. Was das Vorkommen epistemischer Botschaften über den gesamten Verlauf einer VL betrifft, ließ sich kein allgemeines Muster beschreiben. *Knowing for Knowing*-Botschaften treten über den ganzen VL-Verlauf verteilt auf, wohingegen die beiden anderen Kategorien eher punktuell zu finden sind.

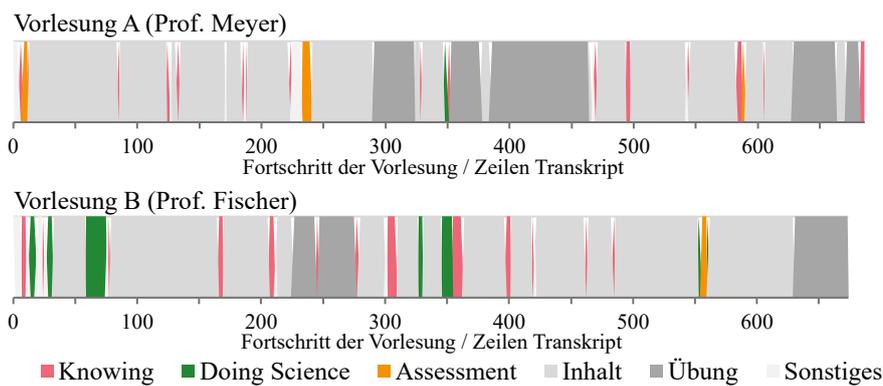


Abb. 1 Auftreten zielbezogener Botschaften in zwei OC-VL zu S_N -Reaktionen.

Ausblick

Die bisherige Analyse zeigt, dass in allen untersuchten VL-Abschnitten epistemische Botschaften zu Wissenszielen vermittelt werden, jedoch mit unterschiedlicher Häufigkeit. Um weitere Schlüsse ziehen zu können, werden die VL-Abschnitte weiter auf die Verknüpfung zwischen Zielen und Inhaltsvermittlung analysiert. Im Kontext dieser Untersuchung der Passung zwischen Botschaft und vermitteltem Inhalt soll ein Fokus auf die kommunizierten Wissensprozesse gelegt werden: Es ist anzunehmen, dass die Bandbreite von Heuristiken bzw. Merkgeln bis zu kausal-mechanistischen Erklärungen reichen kann (Talanquer, 2013 & 2021).

Literatur

- Berland, L. K., Schwarz, C. V., Krist, C., Kenyon, L., Lo, A. S. & Reiser, B. J. (2016) Epistemologies in Practice: Making Scientific Practices Meaningful for Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 53 (7), 1082-1112.
- Bhattacharyya, G. & Bodner, G. M. (2005) "It Gets Me to the Product": How Students Propose Organic Mechanisms. *Journal of Chemical Education*, 82 (9), 1402-1407.
- Bowen, R. S., Flaherty, A. A. & Cooper, M. M. (2022) Investigating student perceptions of transformational intent and classroom culture in organic chemistry courses. *Chemistry Education Research and Practice*, 23, 560-581.
- Crowder, C. J., Brandon, J. Y., Frost, S. J. H., Cruz-Ramírez de Arellano, D. & Raker, J. R. (2024) Impact of Prompt Cueing on Level of Explanation Sophistication for Organic Reaction Mechanisms. *Journal of Chemical Education*, 101 (2), 398-410.
- Dood, A. J. & Watts, F. M. (2023) Students' Strategies, Struggles, and Successes with Mechanism Problem Solving in Organic Chemistry: A Scoping Review of the Research Literature. *Journal of Chemical Education*, 100, 53-68.
- Haskel-Ittah, Michal (2023) Explanatory black boxes and mechanistic reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 60, 915-933.
- Ke, L. & Schwarz, C. V. (2021) Supporting students' meaningful engagement in scientific modeling through epistemological messages: A case study of contrasting teaching approaches. *Journal of Research in Science Teaching*, 58 (3), 335-365.
- Krist, C., Schwarz, C. V. & Reiser, B. J. (2019) Identifying Essential Epistemic Heuristics for Guiding Mechanistic Reasoning in Science Learning. *Journal of the Learning Sciences*, 28 (2), 160-205.
- Russ, R. S. (2018) Characterizing Teacher Attention to Student Thinking: A Role for Epistemological Messages. *Journal of Research in Science Teaching*, 55 (1), 94-120.
- Schafer, A. G. L., Kuborn, T. M., Schwarz, C. E., Deshayé, M. Y. & Stowe, R. L. (2023) Messages about valued knowledge products and processes embedded within a suite of transformed high school chemistry curricular materials. *Chemistry Education Research and Practice*, 24, 71-88.
- Scharlott, L. J., Rippey, D. W., Rosa, V. & Becker, N. M. (2024) Progression toward Causal Mechanistic Reasoning through Phenomenon-Based Learning in Introductory Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 101 (3), 777-788.
- Talanquer, V. (2013). When Atoms Want. *Journal of Chemical Education*, 90, 1419-1424.
- Talanquer, V. (2021). Multifaceted Chemical Thinking: A Core Competence. *Journal of Chemical Education*, 98, 3450-3456.
- Talanquer, V. (2022). The Complexity of Reasoning about and with Chemical Representations. *JACS Au*, 2, 2658-2669.