

Sebastian Keller¹
Sebastian Habig²
Stefan Rumann¹

¹Universität Duisburg-Essen
²Universität Paderborn

Potentiale von Augmented Reality für das Erlernen der organischen Chemie

Ausgangslage

Bei der Kommunikation naturwissenschaftlicher Inhalte bedient man sich typischerweise multipler externer Repräsentationsformen – so auch bei der Vermittlung der organischen Chemie. Hier existiert eine Vielzahl bildlicher Repräsentationsformen wie Strukturformeln, Keilstrich-Formeln oder Kugel-Stab-Modelle, die zwar ein und dasselbe Molekül beschreiben, sich hierbei aber auf verschiedenen Abstraktionsebenen befinden können. Spezifisch für die Vermittlung der organischen Chemie ist, dass Verbindungen und Reaktionen dreidimensional gedacht und entsprechend durch die jeweiligen Darstellungsformen auch dreidimensional repräsentiert werden müssen. Die Vielfalt der Darstellungsformen sowie die Dreidimensionalität stellen hohe kognitive Anforderungen an Lernende, insbesondere an deren mentale Rotationsfähigkeit (Oliver-Hojo & Sloan, 2014). Dieser Beitrag stellt eine Untersuchung vor, die den Einfluss von Augmented Reality auf die kognitive Belastung beim Erlernen der organischen Chemie untersucht.

Theoretischer Rahmen

Instruktionsmaterialien wie z. B. Lehrbücher gelten als externe Repräsentationsformen. Sobald mehrere Formen externer Repräsentationen simultan dargeboten werden, spricht man von multiplen externen Repräsentationen. Die Verarbeitung der externen Repräsentationen erfolgt im Arbeitsgedächtnis, basierend auf den Annahmen der Cognitive Load Theory. Diese differenziert die kognitive Anstrengung beim Lernen in die intrinsische, extrinsische sowie die lernbezogene Belastung (Sweller, 2011). Bei der Gestaltung von Instruktionsdesigns und der Darbietung multipler externer Repräsentationen ist darauf zu achten, dass die extrinsische Belastung beim Lernen möglichst gering gehalten wird, damit ein möglichst hoher Anteil der kognitiven Kapazität für das Lernen selbst aufgewendet werden kann (germane load).

Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung und der weiten Verbreitung mobiler Endgeräte bieten sich auch für Instruktionsdesigns neue Perspektiven, die extrinsische Belastung beim Erlernen der organischen Chemie zu reduzieren.

Die Technik Augmented Reality (AR) ermöglicht es, die Realwelt um dreidimensionale virtuelle Objekte zu erweitern und mit diesen zu interagieren (Herber, 2012). Im Falle einer markerbasierten AR wird durch die Kamera eines Smartphones oder Tablets ein Marker (z. B. eine Abbildung in einem Lernmaterial) erfasst und ein vordefiniertes dreidimensionales Objekt über dem jeweiligen Marker auf dem Bildschirm dargestellt.

Per Fingerbewegung lassen sich die Objekte in ihrer Darstellungsgröße variieren und frei im Raum rotieren. Ebenso können Animationen eingebunden werden.

Erste empirische Untersuchungen über die Potentiale von AR im Bildungskontext belegen eine Steigerung des Lernerfolges, einhergehend mit einem tieferen Verständnis des Lerninhaltes gegenüber Vergleichsgruppen (Lindgen & Moshell, 2011; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018). Studien zeigen weiterhin, dass das räumliche Vorstellungsvermögen mittels AR gefördert werden kann (Lindgen & Moshell, 2011; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018).

Forschungsfragen und Design

Wenngleich die bisherigen Befunde positive Indizien zum AR-Einsatz aufzeigen, stellt AR ein bisher wenig erprobtes Medium im Lernprozess dar. Im Falle einer unzureichenden Benutzerfreundlichkeit, würde die extrinsische kognitive Belastung unbeabsichtigt erhöht. Daher sollen im Rahmen einer Untersuchung folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

FF1: Wird durch die Nutzung von AR die kognitive Belastung von Studierenden beim Erlernen organisch-chemischer Inhalte im Vergleich zu Text-Bild-basiertem Lernen reduziert?

FF2: Wie bewerten Studienanfängerinnen und -anfänger die Benutzerfreundlichkeit der entwickelten AR-App?

FF3: Besteht ein Zusammenhang zwischen der kognitiven Belastung der Studierenden beim Erlernen der Fachinhalte und der Bewertung der Benutzerfreundlichkeit der AR-App?

Zur Beantwortung dieser Forschungsfragen wurde eine Interventionsstudie durchgeführt, die in die Vorlesung Organische Chemie II an der Universität Duisburg-Essen eingebunden war. An drei Einzelterminen wurden Interventionen zu den Themen Stereochemie, Carbonylchemie sowie zu pericyclischen Reaktionen im Experimental-/Kontrollgruppen-Design durchgeführt. Zu jedem Thema wurde in Anlehnung an gängige Hochschullehrbücher ein Text-Bild-Lernmaterial entwickelt. Die Studierenden beider Gruppen bearbeiteten während der Interventionstermine ca. 60 Minuten lang das jeweils inhaltlich identische Lernmaterial in Einzelarbeit. Die Experimentalgruppe nutzte zusätzlich AR mittels der App *ARC* (Habig, 2019) auf einem iPad. Über die Kamera des iPads werden ausgewählte zweidimensionale Abbildungen aus den Lernmaterialien eingelesen und dreidimensional dargestellt bzw. animiert. Für das Thema der Stereochemie können beispielsweise 14 Modelle per Fingerbewegung auf dem Display manipuliert werden. Bei weiteren 8 Modellen handelt es sich um dreidimensionale Animationen.

Im Anschluss an die Bearbeitungsphasen wurde jeweils ein 30-minütiger Posttest bearbeitet. Neben 15 Fachwissensfragen zum Thema der jeweiligen Interventionssitzung, waren Fragen zur kognitiven Belastung bei der Bearbeitung des Lernmaterials (nach Klepsch, 2017) enthalten. Die Experimentalgruppe wurde außerdem mittels eines Fragebogens von Brooke (1996) zur Benutzerfreundlichkeit der App *ARC* befragt.

Ergebnisse

Kognitive Belastung

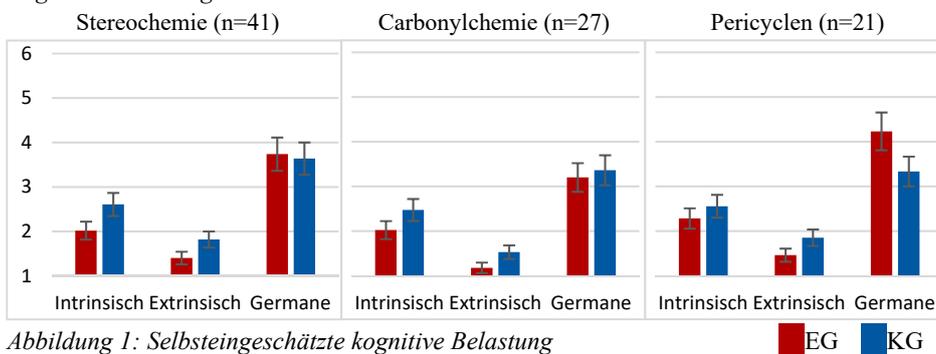


Abbildung 1: Selbsteingeschätzte kognitive Belastung

EG KG

Die Studierenden der Experimentalgruppe haben im Vergleich zur Kontrollgruppe bei der Bearbeitung aller drei Themen eine geringere intrinsische sowie extrinsische kognitive Belastung erfahren. Der germane load liegt für beide Gruppen bei den Themen Stereochemie und Carbonylchemie auf einem vergleichbaren Niveau. Bei den pericyclischen Reaktionen berichten die Studierenden der Experimentalgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe, mehr kognitive Kapazität in das eigentliche Lernen investiert zu haben.

Benutzerfreundlichkeit

Die Studierenden der Experimentalgruppe haben die Benutzerfreundlichkeit der App *ARC* mittels 10 Fragen bewertet. Aus diesen 10 Fragen lässt sich ein individueller Benutzerfreundlichkeitsindex auf einer Skala von 0 (sehr schlecht) bis 100 (bestmöglich) berechnen. Über alle drei Themen und alle Probanden beträgt dieser Benutzerfreundlichkeitsindex im Mittel 84,11. Nach einer von Bangor et al. (2009) entwickelten Interpretationsskala lässt sich die Benutzerfreundlichkeit somit nahezu als *exzellent* beschreiben.

Korrelation zwischen Benutzerfreundlichkeit und kognitiver Belastung

Wie in Forschungsfrage 3 aufgeworfen, soll ein möglicher Zusammenhang zwischen der kognitiven Belastung beim Lernen und der Benutzerfreundlichkeit untersucht werden.

	Stereochemie (n=19)	Carbonylchemie (n=15)	Pericyclen (n=12)
Intrinsisch	$r = -.262, p = .279$	$r = -.120, p = .671$	$r = .023, p = .944$
Extrinsisch	$r = -.524^*, p = .021$	$r = -.588^*, p = .021$	$r = -.641^*, p = .025$
Germane Load	$r = .163, p = .505$	$r = .099, p = .724$	$r = .013, p = .967$

Tabelle 1: Biv. Korrelationen zwischen der Benutzerfreundlichkeit und der kogn. Belastung

** Die bivariaten Korrelationen sind auf dem Niveau von $p < .05$ signifikant*

Die Ergebnisse in Tabelle 1 zeigen signifikante negative Zusammenhänge zwischen der extrinsischen Belastung sowie der eingeschätzten Benutzerfreundlichkeit. Weitere signifikante Zusammenhänge treten nicht auf.

Diskussion und Ausblick

Die berichteten Ergebnisse geben Hinweise darauf, dass durch die Nutzung von AR die intrinsische sowie die extrinsische Belastung beim Lernen der hier abgedeckten Inhalte reduziert werden kann. Die Tatsache, dass sich negative Korrelationen der Skala Benutzerfreundlichkeit ausschließlich mit der Sub-Skala *extrinsische Belastung* nachweisen lassen, lässt sich als Argument für die Validität des eingesetzten Fragebogens interpretieren. Einschränkend ist natürlich anzumerken, dass die gewonnenen Ergebnisse durch die relativ geringe Stichprobengröße limitiert sind. Dennoch geben Sie Anlass, die Untersuchung im Rahmen einer Studie mit einer größeren Stichprobe zu wiederholen. Die gefundenen Ergebnisse sollen dabei repliziert und weitere Aspekte wie z. B. der Einfluss von AR auf den Lernzuwachs beider Gruppen oder der Einfluss der Fähigkeit des mentalen Rotierens betrachtet werden. Um den Kontaktbeschränkungen im Zusammenhang der Corona-Pandemie zu genügen, sollen alle Materialien den Teilnehmenden zum eigenständigen Bearbeiten von zuhause aus bereitgestellt werden. Hierzu soll ebenfalls die App *ARC* genutzt werden, die den teilnehmenden Studierenden über die bekannten App-Stores zur Verfügung gestellt wird.

Literatur

- Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of Usability Studies*, 4(3), 114–123.
- Brooke J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability Eval Ind.* 1996;189(4).
- Habig, S. (2019). Augmented Reality Chemistry–Förderung internaler Modellrepräsentation in Organischer Chemie durch AR. In *Proceedings of DELFI Workshops 2019*. Gesellschaft für Informatik e.V..
- Herber, E. (2012). Augmented Reality - Auseinandersetzung mit realen Lernwelten In: *Zeitschrift für E-Learning*, Themenheft 03/2012.
- Ibáñez, M.B. & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented Reality for STEM learning: A systematic review. In: *Computer and Education*, 123 (2018). S. 109-123.
- Klepsch, M., Schmitz, F., & Seufert, T. (2017). Development and Validation of two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. In: *Frontiers in Psychology*. 8.
- Lindgren, R. & Moshell, J.M. (2011). Supporting children's learning with body-based metaphors in a mixed reality environment. In: *Proceedings of the 10th int. Conference on Interaction Design and Children*. ACM-Press 2011.
- Oliver-Hoyo, M. & Sloan, C. (2014). The development of a Visual-Perceptual Chemistry Specific (VPCS) assessment tool. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(8), 963-981.
doi:10.1080/0950069032000032199
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. New-York City: Springer-Verlag.