

Tablet oder Textbook? Evaluation einer multimedialen Lernumgebung zur Aldolreaktion

Problemstellung

Viele Studierende sehen in der organischen Chemie die zentrale Herausforderung innerhalb ihres Studiums (Bhattacharyya, Bodner, 2005). Das Teilgebiet kennzeichnet sich durch eine Vielzahl von Schwierigkeiten. So zum Beispiel durch hohe Abstraktheit der Inhalte sowie die Tatsache, dass beim Lösen von Problemen stets verschiedene Konzepte gegeneinander abgewogen werden müssen. Empirisch evident ist, dass Studierende bei mechanistischen Problemen häufig auf inadäquate Lösungsstrategien zurückgreifen. Besonders Anfänger*innen gelingt es selten, die strukturellen Eigenschaften eines Moleküls in Gänze deuten und basierend darauf eine begründete Voraussage für den Ausgang einer chemischen Reaktion zu formulieren (Graulich, Bhattacharyya, 2017). In den letzten Jahren sind unter dieser Problemstellung multimediale Lernumgebungen zunehmend in den Fokus der fachdidaktischen Forschung gerückt.

Theoretischer Hintergrund

Ausgangspunkt für das Design von multimedialen Lernumgebungen ist MAYERS Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2014). Die Theorie ist ihrerseits tief in der Cognitive Load Theory (Sweller, van Merriënboer, Paas, 1998) verwurzelt und übernimmt die Annahme, dass das Arbeitsgedächtnis als zentrale Instanz für das Lernen in seiner Kapazität streng begrenzt ist. In Anlehnung an PAIVIO (1969) postuliert die CTML weiterhin eine Zweiteilung des menschlichen Arbeitsgedächtnisses in einen Bild- und einen Sprachkanal. Die Kanäle verarbeiten die jeweilige Art von Informationen und liefern ein visuelles sowie ein auditives mentales Modell. Beide Modelle werden gemeinsam mit dem Vorwissen des Langzeitgedächtnisses zu einem höherwertigen mentalen Modell zum Problemlösen integriert.

Design

Als Lerngegenstand diente die Aldolreaktion, da ihr Mechanismus ein vergleichsweise komplexes Problem darstellt, allerdings in wenigen Reaktionsschritten übersichtlich dargestellt werden kann. Neben dem prominenten Multimedia Principle wurden bei der Erstellung der multimedialen Lernumgebung ebenso das Spatial Contiguity Principle, das Signalling Principle, das Redundancy Principle, das Segmentation Principle sowie das Worked Example Principle umgesetzt (Mayer, Fiorella 2014). Für die Makrostruktur der Lernumgebung wurde weiterhin das 4C/ID-Modell herangezogen (van Merriënboer, 2020). Schließlich erfolgte ein inhaltsgleicher Übertrag auf das monomediale Format als Treatment der Kontrollgruppe.

Forschungsfragen und Studiendesign

Im visuell ohnehin höchst anspruchsvollen Teilgebiet der organischen Chemie nehmen Lehrbücher und Skripte nach wie vor eine sehr prominente Stellung ein. Durch die zahlreichen visuellen Informationen kann der Bildkanal laut CTML leicht überladen, was den Lernprozess beeinträchtigen kann (Mayer, 2014). In Reaktion darauf liefert die CTML zahlreiche Gestal-

tungskriterien für multimediale Lernumgebungen, die die besondere Architektur des Arbeitsgedächtnis und damit das Lernen unterstützen können. Sie alle zielen darauf ab, kognitive Ressourcen bei der Verarbeitung einzusparen, welche dann für die Konstruktion elaborierterer und leistungsfähiger mentaler Modelle eingesetzt werden können. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden daher folgende Forschungsfragen untersucht:

FF1: Wie bewerten Studierende die Gestaltungskriterien der CTML in Abhängigkeit vom Treatment?

FF2: Unterscheiden sich Kontroll- und Experimentalgruppe hinsichtlich ihrer Transferleistung?

FF3: Unterscheiden sich Kontroll- und Experimentalgruppe hinsichtlich ihrer Argumentationsfähigkeit?

Ergebnisse

Die Studie wurde über einen Zeitraum von 2 Semestern mit Studierenden des Nebenfachs durchgeführt ($N = 43$). Die Teilnehmenden waren Studierende des Lehramts, der Ernährungswissenschaften sowie der Biochemie, die laut Musterstudienplan alle das gleiche Modul besuchten. Die Studierenden hatten zum Zeitpunkt der Evaluation keinerlei Vorwissen zur Aldolreaktion, allerdings zum für Carbonylverbindungen typischen Additions-Eliminierungs-Mechanismus. Via Fragebogen wurden die Studierenden gefragt, inwieweit sie die o.g. Gestaltungskriterien im jeweiligen Treatment auf einer 6-stufigen Likert-Skala bewerten.

	<i>α</i>	<i>M (SD)</i>		<i>t (43)</i>	<i>p</i>
		KG	EG		
Spatial Contiguity	0.89	4.72 (0.67)	3.67 (1.39)	3.115	< 0.001
Signaling	0.84	5.50 (0.38)	4.37 (1.20)	4.212	< 0.001
Redundancy	0.83	5.34 (0.41)	4.79 (1.13)	2.103	0.004
Segmentation	0.81	5.33 (0.47)	4.46 (1.21)	3.140	0.001
Worked Example	0.84	5.10 (0.70)	4.42 (1.38)	2.067	< 0.001

Tabelle 1: Ergebnisse *t*-Test für unabhängige Stichproben zur Bewertung der Gestaltungskriterien

Zur Beantwortung der **FF2** wurde mit dem Fragebogen von Klepsch et al. (2017) zunächst der Cognitive Load gemessen (Abb. 3). Die Transferfähigkeit wurde mit Hilfe eines Post-Tests gemessen, der aus 3 unbekannten Aufgaben zur Aldolreaktion bestand. Tab. 2 zeigt den Score für Kontroll- und Experimentalgruppe sowie den Cognitive Load.

	<i>M (SD)</i>		<i>p</i>
	KG	EG	
Cognitive Load			
ICL	3.57 (1.39)	4.42 (1.73)	0.089
GCL	6.51 (0.49)	5.44 (1.47)	0.004
ECL	2.21 (0.74)	3.47 (1.99)	0.012
Score (Post-Test)	4.57 (2.01)	7.45 (1.89)	< 0.001

Tabelle 2: Ergebnisse der Cognitive Load-Messung und summierte Scores des Post-Tests

Schließlich wurden die Teilnehmenden in einem Interview gebeten, die im Post-Test gegebenen Antworten zu verbalisieren. Dazu wurden sie möglichst erzählgenerierend aufgefordert, zunächst die Umlagerung von Atomen und Elektronen zu beschreiben und schließlich auch zu erklären. Die Interviews wurden transkribiert und mit Hilfe von MAXQDA nach dem Framework von Toulmin codiert, dem zufolge eine Argumentation aus Claim, Evidence und Reasoning besteht (Lieber, Graulich, 2022). Die vorläufigen Ergebnisse (N = 27) zeigt Tab. 3.

	<i>M (SD)</i>		<i>t (27)</i>	<i>p</i>
	KG	EG		
Claim	10.07 (3.08)	11.23 (2.01)	- 1.168	0.255
Evidence	12.29 (3.25)	7.00 (2.42)	4.824	< 0.001
Claim/Evidence	0.87 (0.33)	1.75 (0.53)	- 5.144	< 0.001

Tabelle 3: Ergebnisse der Analyse der Argumentationsstrukturen

Diskussion

Die Ergebnisse zur **FF1** zeigen, dass Kontroll- und Experimentalgruppe die Gestaltungskriterien in beiden Treatments grundsätzlich gut bewerteten. Die Bewertung fällt allerdings für alle Kriterien statistisch signifikant zugunsten der Experimentalgruppe aus, wenngleich die Standardabweichung in der Experimentalgruppe durchweg größer ist. Dies legt nahe, dass die Kriterien zwar auf monomediale Lernumgebungen angewendet werden können, in multimedialen Lernumgebungen allerdings effektiver sind. Die Ergebnisse der Cognitive Load-Messung sind konsistent mit den Vorhersagen der CTML und zeigt für den ECL und GCL signifikante Vorteile zugunsten der Experimentalgruppe. Einzig im ICL konnte kein signifikanter Unterschied gefunden werden, was insofern erwartungsgemäß war, als dass für beide Gruppen wegen der gleichen gestellten Aufgaben kein Unterschied zu erwarten war. Diese Befunde stehen im Einklang mit den Ergebnissen des Post-Tests: Die Experimentalgruppe erzielte hierbei signifikant bessere Scores als die Kontrollgruppe. Insofern kann für **FF2** festgehalten werden, dass die Befunde konform mit den Vorhersagen der CTML sind und dass das multimediale Treatment ursächlich für eine geringere kognitive Belastung und mithin für eine höhere Transferleistung ist. Dies wird gestützt durch die Ergebnisse der Analyse der Argumentationsstrukturen. Zwar ließen sich keine signifikanten Unterschiede in den gegebenen Claims finden, allerdings gaben die Teilnehmenden der Experimentalgruppe signifikant mehr Evidence, um ihre Behauptungen zu stützen. Ebenso zeigt die Experimentalgruppe einen geringeren Claim/Evidence-Wert, was auf ein multiperspektivisches Argumentieren schließen lässt. Der höhere Wert der Kontrollgruppe kann hingegen mit raten oder bloßem Memorieren gedeutet werden, was im Einklang mit Studien mit o.g. Studien steht. Mithin lässt sich auch **FF3** zugunsten der Experimentalgruppe bejahen.

Fazit

Der vorliegende Beitrag zeigt, dass die CTML ein vielversprechendes Instrument zur Planung und Gestaltung von multimedialen Lernumgebungen in der organischen Chemie darstellt. Im Kontext der untersuchten Forschungsfragen können auf ihrer Grundlage geplante Lernumgebungen ferner eine wertvolle Hilfe beim Erwerb adäquater Lösungsstrategien für Anfänger*innen sein.

Literatur

- Bhattacharyya G., Bodner G. M. (2005). "It Gets Me to the Product": How Students Propose Organic Mechanisms. *J. Chem. Educ.*, 82, 9, 1402
- Graulich N., Bhattacharyya G. (2017). Investigating students' similarity judgments in organic chemistry., *Chem. Educ. Res. Pract.*, 18, 774-784
- Klepsch M., Schmitz F., Seufert T. (2017). Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load., *Front. Psychol.*, 8, 1-18.
- Lieber, L., Graulich N. (2022). Investigating students' argumentation when judging the plausibility of alternative reaction pathways in organic chemistry., *Chem. Educ. Res. Pract.*, 23, 38-54.
- Mayer, R., Fiorella L (2014). Principles for Reducing Extraneous Processing in Multimedia Learning: Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity Principles. In R. Mayer (Eds.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press, 279-315
- Mayer, R. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. Mayer (Eds.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press, 43 – 71
- Paivio A. (1969). Mental imagery in associative learning and memory. *Psychological Review*, 76(3), 241–263
- Sweller J., van Merriënboer J. J. G., Paas F. G. W. C. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296
- van Merriënboer, J. J. G. (2020). Das Vier-Komponenten Instructional Design (4C/ID) Modell. In: Niegemann, H., Weinberger, A. (Eds.), *Handbuch Bildungstechnologie*. Springer, Berlin, Heidelberg, 153–170.