

Justin Gantenbein<sup>1</sup>  
 Vanessa Lang<sup>1</sup>  
 Christopher W.M. Kay<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universität des Saarlandes  
<sup>2</sup>University College London

## Modelle als Mittler – Digitale Elemente beim Umgang mit Modellen zu chemischen Reaktionen

### Zielsetzung und Bezug zum Symposium

Modelle liefern im naturwissenschaftlichen Unterricht Erklärungsansätze für Phänomene der realen Welt und wirken somit als Mittler zwischen dem Lernenden und dem Fachinhalt. In dieser Arbeit wirkt zusätzlich noch das digitale Medium als Mittler, da im folgend vorgestellten Forschungsprojekt digitale Modelldarstellungen und deren Auswirkung auf die Förderung von Modellbildungskompetenz sowie das kognitive Belastungserleben der Lernenden erforscht.

### Theoretisch-konzeptionelle Vorüberlegungen

#### *Cognitive Load Theory (CLT)*

Die CLT (Sweller, 1988) beschreibt die drei Quellen des kognitiven Belastungserlebens *extraneous cognitive load (ECL)*, *intrinsic cognitive load (ICL)* und *germane cognitive load (GCL)*. Während der ICL im Lerngegenstand selbst besteht, wird der ECL durch die Darbietung des Arbeitsmaterials hervorgerufen. Der GCL wird als lernförderlicher cognitive load definiert, da dadurch die Bildung kognitiver Schemata unterstützt wird. Somit stellt ein Ziel der Lehrperson bei der Konzeption von Unterrichtsmaterialien dar, den ECL durch Einhalten der Gestaltungsprinzipien (Ballstaedt, 1997) zu vermindern und den GCL zu fördern.

#### *Modellbildungskompetenz und Modellbildungsprozess*

Nach Lang et al. (2021) beinhaltet die Modellkompetenz Bereiche *nature of models (N)* und *multiple models (M)*, während die Modellbildungskompetenz die Bereiche *purpose of models (P)*, *testing models (T)* und *changing models (C)* umfasst.

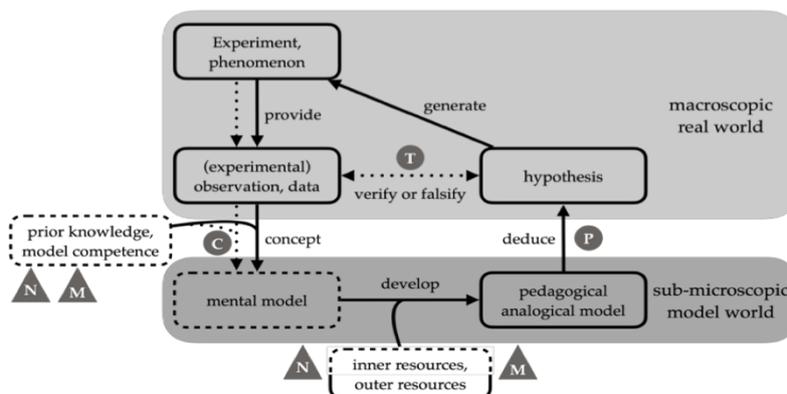


Abb. 1 Modellierungsprozess der Chemie nach Lang et al. (2021, Seite 11)

Basierend auf diesen Kompetenzen entwickelten Lang et al. (2021) einen fünfgliedrigen Modellierungsprozess, der durch seine Strukturierung die Modellkompetenz (N, M) aktivieren und die Modellbildungskompetenz (C, P und T) fördern soll. Dieser ist nach den Repräsentationsebenen nach Johnstone (1991) in die makroskopische und submikroskopische Welt unterteilt.

#### *Einsatz digitaler Medien*

Im naturwissenschaftlichen Unterricht findet eine große Vielfalt unterschiedlicher digitaler Medien Verwendung, wie beispielsweise interaktive E-Books, Augmented Reality (AR) (z.B. Seibert et al., 2020)), Lernapps oder Stop-Motion-Videos (z.B. Krause & Eilks, 2020)). Diese weisen ein hohes Potential auf, den Fachwissenszuwachs und das Modelldenken in Lernprozessen zu unterstützen (z.B. Chauhan (2017)). Diese Potenziale sollen im vorgestellten Projekt zur Unterstützung der Entwicklung von Modellbildungskompetenz und Fachwissen ausgeschöpft werden.

#### **Forschungsvorhaben**

##### *Digitale Medien als Gelingensbedingung der Modellbildung*

Ausgehend von einer evaluierten Unterrichtseinheit zum Gesetz der Erhaltung der Masse wurden zwei verschiedene digitale Umsetzungen entwickelt. Beide Umsetzungen nutzen die Abbildung des Modellierungsprozesses als optischen Anker, um durch die Unterrichtseinheit zu leiten. Die erste Umsetzungsvariante wurde als interaktives e-Book entwickelt, in dem alle Aufgabestellungen und Bearbeitungen – abgesehen von den Experimenten – in digitaler Form dargeboten werden. Jede Seite des e-Books ist im gleichen Grunddesign gestaltet, welches eine Kopf- und Fußzeile sowie den zum Modellierungsprozess gehörigen Arbeitsbereich umfasst. Die Fußzeile enthält die Symbole der einzelnen Arbeitsschritte und dient somit als Navigationsleiste, aus der die SchülerInnen ihren Fortschritt ablesen können. In der Kopfzeile befindet sich neben Steuerungselementen und dem Symbol des Modellierungskreislaufs der Arbeitsauftrag. Der Arbeitsbereich lässt neben dem Arbeitsauftrag auch Platz für Bearbeitungen. Im Gegensatz zu dieser rein digitalen Umsetzung der Unterrichtseinheit wurde in der zweiten Variante eine Mischform zwischen analogem und digitalem Arbeitsmaterial entwickelt. Dazu wurde ein Arbeitsblatt mit AR derart angereichert, dass die SchülerInnen die Arbeitsaufträge in der AR einsehen können und diese auf dem analogen Arbeitsblatt bearbeiten. In der Mitte des Arbeitsblattes befindet sich eine didaktisch reduzierte Abbildung des Modellierungsprozesses (Abb. 1) und um diese Abbildung wurden Textfelder platziert, in denen die SchülerInnen ihre Antworten notieren. Zudem werden in der AR-Variante, Prozesse auf der Teilchenebene als Stop-Motion-Videos dargestellt, um die Dynamik der chemischen Reaktion darzustellen (Mamlök-Naaman et al., 2022). Dadurch soll eine tiefere Auseinandersetzung mit dem Fachinhalt stattfinden (Krause & Eilks, 2020), sodass ein positiver Effekt auf die Ausbildung der Modellbildungskompetenz bewirkt wird. Darüber hinaus wurden in beiden Umsetzungen zur Genese der mentalen Modelle Verständnis- und Sprachtipps implementiert, die die SchülerInnen zum einen dabei unterstützen sollen mentale Modelle zu entwickeln und zum anderen die Begrifflichkeit *mental* zu definieren.

### *Forschungsfragen*

Aus den theoretisch-konzeptuellen Vorüberlegungen sowie den Potenzialen digitaler Medien für die Förderung der Modellbildungskompetenz lassen sich drei Forschungsfragen ableiten:

- Wirkt dich der Einsatz von AR als Mittler positiver auf das Fachwissen der SchülerInnen aus?
- Entwickelt sich die Modellbildungskompetenz der SchülerInnen durch die dynamische Darstellung der Teilchenebene in einem Stop-Motion-Video stärker?
- Führt eine gemischte Darstellung der Lernmaterialien in Form eines mit AR angereicherten Arbeitsblattes zu einem größeren kognitiven Belastungserleben als eine rein digitale Lernumgebung?

### *Design*

Beide Varianten wurden in einer zehnten Klasse der Gemeinschaftsschule getestet (n=45). Die Forschungsfragen wurden mittels Fragebögen in einem Prä-Post-Vergleichsgruppendesign erhoben, welcher sowohl offene als auch geschlossene Items bezüglich des Fachwissens beinhaltet. Im Hinblick auf das externe kognitive Belastungserleben und die Modellbildungskompetenz wurden geschlossene Items (5-Punkt-Likert-Skala von 4 = *trifft völlig zu* bis 0 = *trifft gar nicht zu*) eingesetzt.

### *Ergebnisse*

Die Auswertung der Fragebögen erfolgt mittels t-Test, um Aussagen bezüglich der Forschungsfragen zu ermöglichen.

Die Auswertung zeigt, dass das kognitive Belastungserleben der SchülerInnen bei der Mischform aus analog und digital signifikant höher ist als bei der rein digitalen Umsetzung ( $t(45)=-1.71$ ,  $p < 0.05$ ). Die Umsetzung mit AR zeigt einen signifikanten Anstieg der Modellbildungskompetenz der SchülerInnen ( $t(25)=-5.98$ ,  $p < 0.001$ ), während bei der anderen Umsetzung kein signifikanter Zuwachs festgestellt wurde ( $t(20)=-0.56$ ,  $p=0.29$ ). Beide Varianten zeigen signifikante Anstiege des Fachwissens der SchülerInnen (AR:  $t(25)=-3.64$ ,  $p < 0.01$ ; e-Book:  $t(20)=-2.77$ ,  $p < 0.01$ ).

### *Interpretation der Ergebnisse*

Die Signifikanzanalyse zeigt keinen signifikanten Unterschied des Fachwissens der beiden Varianten ( $t(45)=-0.75$ ,  $p=0.23$ ), der Vergleich der Mittelwerte ( $M(\text{AR})=3.20$ ;  $M(\text{e-Book})=2.90$ ) lässt allerdings positive Tendenzen bzgl. der ersten Hypothese erahnen. Die Hypothese bezüglich der stärkeren Entwicklung der Modellkompetenz durch Stop-Motion-Videos wurde durch die Signifikanzanalyse bestätigt ( $t(45)=-2.94$ ,  $p=0.003$ ), ebenso wie die Hypothese bezüglich der kognitiven Belastung ( $t(45)=-1.71$ ,  $p=0.05$ ).

### *Fazit und Ausblick*

Das vorgestellte Projekt weist positive Ergebnisse im Hinblick auf die Modellbildungskompetenz der SchülerInnen auf. Dabei zeigte sich, dass vor allem die dynamische Darstellung der Teilchenebene einen großen Einfluss auf die Entwicklung der Modellbildungskompetenz der SchülerInnen hat. Zudem konnte gezeigt werden, dass die Art der Digitalisierung unterschiedliche Einflüsse auf das externe kognitive Belastungserleben der SchülerInnen aufweist, welche vor allem durch den Wechsel zwischen analogem und

digitalem Arbeitsmaterial hervorgerufen wird. Bezüglich des Fachwissens sind Zuwächse durch die Intervention erkennbar, jedoch weist die Art der Digitalisierung in diesem Projekt keinen Einfluss auf die Ausbildung des Fachwissens der SchülerInnen auf.

Aufgrund der kleinen Stichprobe sind die Ergebnisse nicht als absolut, sondern als Tendenzen zu bewerten. Durch wiederholte Testungen und die somit vergrößerte Stichprobe können empirisch belegte Aussagen getroffen werden, die zu diesem Zeitpunkt nicht möglich sind.

Eine Erweiterung des Projektes würde der Vergleich beider Umsetzungen darstellen, in dem beide Varianten mit sowohl analogen wie auch dynamischen Modelldarstellungen eingesetzt werden. Dadurch würden spezifischere Kausalaussagen ermöglicht werden.

#### Literatur

- Ballstaedt, S.-P. (1997). Wissensvermittlung. Die Gestaltung von Lernmaterial. Weinheim: Beltz-PVU.
- Chauhan, S. (2017). A meta-analysis of the impact of technology on learning effectiveness of elementary students. *Computers & Education* (105), 14-30.
- Johnstone, A.H. (1991). Why is science so difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning* 7(2). S. 75-83.
- Krause, M. & Eilks, I. (2020). Lernen durch das Erstellen von Stop-Motion-Videos – Strategien aus dem naturwissenschaftlichen Unterricht. In S. Dorgerlog, & K. Wolf (Hrsg.), *Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos* (S. 163-170). Weinheim: Beltz
- Lang, V., Eckert, C., Perels, F., Kay, C.W.M. & Seibert, J. (2021). A Novel Modelling Process in Chemistry: Merging Biological and Mathematical Perspectives to Develop Modelling Competences. *Education sciences*.
- Mamlouk-Naaman, R., Bodner, G., Hofstein, A., & Eilks, I. (2022). Professional Development of Chemistry Teachers: Theory and Practice. London, UK: Royal Society of Chemistry.
- Seibert, J. Marquardt, M., Pinkle, S., Carbon, A., Lang, V., Heuser, K., Perels, F., Huwer, J. & Kaay, C. W. M. (2020). Linking Learning Tools, Learning Companion and Experimental Tools in a Multitouch Learning Book. *World Journal of Chemical Education* 8(1), 9-20.
- Sweller, J. (1998). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. In *Cognitive Science*, 12 (S. 257-258).