

Thomas Dickmann<sup>1</sup>  
 Stefan Rumann<sup>1</sup>  
 Maria Opfermann<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>2</sup>Ruhr-Universität Bochum

## Visuelles Modellverständnis: Ein Prädiktor für Studienerfolg?!

In nationalen und internationalen Untersuchungen zum Studienabbruch (Chen, 2013; Heublein, 2017) wird die hohe Drop-Out-Quote insbesondere in den MINT-Fächern bemängelt. Diese Befunde waren ein Grund dafür, differentielle Wirkmechanismen von personenbezogenen Variablen sowie fachspezifischen Anforderungen auf Studienerfolg in der Chemie zu untersuchen. Darüber hinaus zeigt die Studienabbruchsforschung auf, dass die Drop-Out-Quote in den ersten beiden Semestern besonders hoch ist, weshalb das vorliegende Projekt die Studieneingangsphase in den Blick nimmt.

Eine zentrale Anforderung im Chemiestudium ist der Umgang mit Visualisierungen in jeglicher Form (Symbole, Molekülmodelle, Diagramme, etc.), da diese essentiell für das Verständnis und damit für den Studien-/Lernerfolg sind (Coll & Lajum, 2011; Harrison & Treagust, 2000; Ramadas, 2009). Daher befasst sich die Studie mit dem visuellen Modellverständnis als einem wichtigen Studienerfolgsprädiktor in der Chemie.

### Theoretischer Hintergrund

In der Lehr-Lern-Forschung, speziell im Bereich des multimedialen Lernens, werden Visualisierungen als besonders lernförderlich angesehen und sind aus Lehrmaterialien nicht mehr wegzudenken. So zeigt eine Lehrbuchanalyse zur Studieneingangsliteratur in der Chemie, dass 85% aller Lehrtextseiten Visualisierungen enthalten (Dickmann et al., 2016). Selbst die Frage nach der Lernförderlichkeit spezieller Formen von Visualisierungen, wie z.B. Diagrammen, ist Gegenstand zahlreicher Studien. So zeigt Tippet (2016) in einer Metaanalyse auf, dass allein im Zeitraum von 2000 – 2014 mehr als 80 Publikationen die Verwendung von Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht im Blickpunkt hatten. Visualisierungen und ihre Funktion im Lehr-Lern-Prozess sind somit von einem großen wissenschaftlichen Interesse, welches auch darin begründet liegt, dass Lernen in den Naturwissenschaften, speziell in der Chemie, nur über bzw. durch Visualisierungen stattfinden kann (Larkin & Simon, 1987; Wu & Shah, 2004).

Auch aus psychologischer Perspektive der Lehr-Lern-Forschung wird deutlich, dass Visualisierungen eine zentrale Rolle im Prozess des Lernens innehaben. Die Dual Coding Theory (Paivio, 1986) geht davon aus, dass Lernen durch die gemeinsame Verwendung von Bild und Schrift aufgrund der so im Arbeitsgedächtnis stattfindenden doppelten Kodierung gefördert wird (Mayer, 2014). Den Ansatz der doppelten Kodierung haben Schnotz (2005) und Mayer (2014) im Rahmen der Cognitive Theory of Multimedia Learning aufgenommen und weiter ausdifferenziert (Abb. 1). Demnach werden dargebotene Informationen durch zwei verschiedene Kanäle, einen auditiven und einen visuellen, aufgenommen. Das

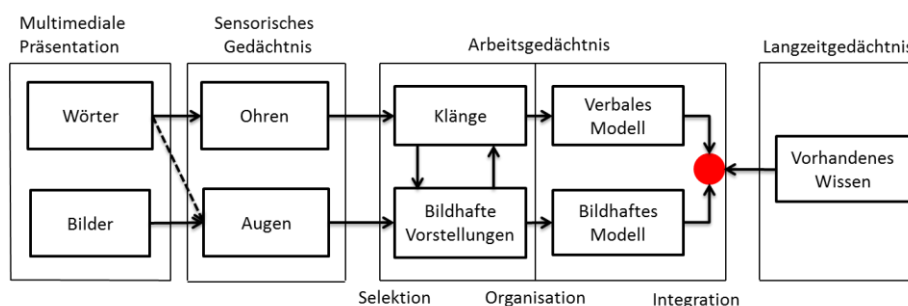


Abbildung 1: Die Verarbeitung von Text-Bild-Materialien nach Mayer (2009)

Arbeitsgedächtnis selektiert nun in einem ersten Schritt die relevanten Informationen, welche daraufhin zu einem verbalen und einem bildhaften Modell organisiert werden, um im letzten Schritt durch die Integration dieser Modelle mit vorhandenem Wissen aus dem Langzeitgedächtnis ein kohärentes mentales Modell zu formen.

Das bislang noch ungeklärte Problem ist, dass trotz der vielfach nachgewiesenen Lernförderlichkeit von Visualisierungen noch nicht abschließend geklärt werden konnte, welche Arten von Visualisierungen unter welchen Umständen und für welchen Lernertyp geeignet sind (Höffler, Schmeck & Opfermann, 2013). Diesem Forschungsdesiderat geht die vorliegende Studie nach, indem sie sich mit der Rolle des visuellen Modellverständnisses im Hinblick auf den Studienerfolg befasst. Unter visuellem Modellverständnis verstehen wir die Fähigkeit von Lernenden, unter der Berücksichtigung von domänenspezifischen Eigenheiten, relevante Informationen aus den unterschiedlichen Visualisierungen herauszufiltern, zu übersetzen und aufeinander zu beziehen.

### **Forschungsfragen**

Folgende Forschungsfragen werden mit der Studie adressiert:

- Welche individuellen Eigenschaften und Voraussetzungen der Lernenden sagen das visuelle Modellverständnis vorher?
- Inwiefern ist visuelles Modellverständnis ein Prädiktor für Studienerfolg in der Studieneingangsphase der Chemie?

### **Design & Methode**

Ein zentraler Bestandteil der Studie ist, zunächst einen Test zu entwickeln, welcher reliabel und valide das Konstrukt des visuellen Modellverständnisses erfasst. Die Items für diesen Test („Visueller Modellverständnistest“, VMVT) wurden anhand einer vorher durchgeführten Analyse von im Studium gängigen Lehrbüchern und Instruktionsmaterialien entwickelt. Da unsere Studie im Rahmen eines umfassenderen Projektes zu Studienerfolgsprädiktoren in Chemie und Ingenieurwissenschaften durchgeführt wurde, welche auch auf domänenspezifische Unterschiede fokussiert, ist der VMVT wie folgt aufgebaut: Der gesamte Test beinhaltet 33 Items (Cronbach's  $\alpha = .853$ ), die sich wiederum in drei gleich große Subskalen, eine chemiespezifische Skala (Cronbach's  $\alpha = .736$ ), eine allgemeine Skala (Cronbach's  $\alpha = .669$ ) und eine ingenieurspezifische Skala (Cronbach's  $\alpha = .751$ ) mit jeweils 11 Items gliedern. Die allgemeine Subskala wurde eingefügt, um eine Vergleichbarkeit beider Kohorten zu ermöglichen, z.B. indem die betreffenden Items keine fachspezifischen Visualisierungen enthalten. Es ist noch zentral zu erwähnen, dass auch die fachspezifischen Items zwar in chemische und ingenieurspezifische Kontexte eingebettet sind, jedoch bewusst so gestaltet wurden, dass sie grundsätzlich auch ohne domänenspezifisches Vorwissen lösbar sind. Somit ist es für beide Kohorten möglich, alle Teilbereiche des visuellen Modellverständnistests zu bearbeiten. Zudem erlaubt die Dreiteilung des Tests eine Aussage darüber, ob visuelles Modellverständnis als eher allgemeines oder eher domänenspezifisches Konstrukt angesehen werden kann. Anzumerken ist, dass die nachfolgenden Ergebnisse sich ausschließlich auf die Chemiekohorte beziehen, da das Aufbereiten der Bauingenieurdaten noch nicht abgeschlossen ist und somit ein Kohortenvergleich noch nicht leistbar ist.

Erste Ergebnisse einer latenten bivariaten Korrelations- und Dimensionsanalyse zeigen auf, dass die Subfacetten des visuellen Modellverständnisses in einem mittleren bis hohen Maße miteinander korrelieren ( $.716 \leq r \leq .768$ ), dass sie aber andererseits empirisch gut voneinander trennbar sind. Hieraus kann interpretiert werden, dass es je nach Fach ein domänenspezifisches visuelles Modellverständnis gibt, welchem aber gleichzeitig ein allgemeineres abstrakteres visuelles Modellverständnis zugrunde liegt. Die anschließend durchgeführte Studie ist eine Längsschnittstudie. Es wurden 248 Chemiestudierende

(Weiblich: 40,3%; Ø20,9 Jahre) über den gesamten Zeitraum des ersten Semesters begleitet. Von diesen liegen für 135 Chemiestudierende (Weiblich: 48,9%; Ø21,4 Jahre) zusätzlich Daten vom Ende des zweiten Semesters vor. Dabei wurden mehrfach über beide Semester hinweg der VMVT sowie fachspezifische Leistungstests eingesetzt. Während der Semester wurden zudem Begleitvariablen (d.h. potentielle Kovariaten) erhoben, wie kognitive Fähigkeiten (verbal und figural), Motivation, räumliche Fähigkeiten und akademisches Selbstkonzept. Die Studienleistungen (Klausurnoten) wurden am Ende der jeweiligen Semester überprüft.

### **Ergebnisse**

In multiplen Regressionsanalysen wurde überprüft, welche Variablen visuelles Modellverständnis vorhersagen. Die Ergebnisse dieser Analyse zeigen, dass das visuelle Modellverständnis von Chemiestudierenden am stärksten von chemiespezifischen Vorwissen ( $\beta = .339$ ), sowie weniger stark vom sprachlichen Denken ( $\beta = .225$ ), figuralen Denken ( $\beta = .186$ ), räumlichem Vorstellungsvermögen ( $\beta = .163$ ) und von mathematischen Fähigkeiten ( $\beta = .125$ ) vorhergesagt wird.

Weitere Ergebnisse der gerade abgeschlossenen Hauptstudienhebung zeigen mithilfe von Regressions- und Mediationsanalysen auf, dass visuelles Modellverständnis Studienerfolg (erhoben über Klausurnoten und Fachleistungstests) vorhersagen kann. So ist visuelles Modellverständnis sowohl für die allgemeine Chemie ( $\beta = .270$ ) als auch für die organische Chemie ( $\beta = .308$ ), hinter dem Vorwissen der zweitstärkste Prädiktor. Zudem zeigt sich, dass visuelles Modellverständnis die Klausurnote der allgemeinen Chemie ( $\beta = .456$ ) und der organischen Chemie (Pilotstudie:  $\beta = .335$ ) jeweils signifikant vorhersagt.

Zur Klärung der Frage, ob die Beziehung zwischen Vorwissen und Vorwissen über visuelles Modellverständnis mediiert werden kann, wurden Mediationsanalysen gerechnet. Die Ergebnisse der Mediationsanalysen zeigen auf, dass das Vorwissen, sowohl in der allgemeinen Chemie (direkter Effekt:  $\beta = .547$ ), als auch in der organischen Chemie (direkter Effekt:  $\beta = .528$ ) nicht ausschließlich direkt auf das Fachwissen wirkt, sondern dass die Beziehung zwischen Vorwissen und Fachwissen in der allgemeinen Chemie (indirekter Effekt:  $\beta = .143$ ), sowie in der organischen Chemie (indirekter Effekt:  $\beta = .175$ ) in der Tat partiell über visuelles Modellverständnis mediiert wird. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass visuelles Modellverständnis eine wichtige Rolle in Bezug auf Studienerfolg besitzt.

### **Fazit & Ausblick**

Die vorgestellten Analysen und Resultate stellen einen Auszug aus den Ergebnissen der Hauptstudie dar. Sie geben Indizien und Hinweise auf bestehende Zusammenhänge zwischen visuellem Modellverständnis, seinen Prädiktoren und Studienerfolg. Ein Großteil der Pilotstudienresultate (Dickmann et al., 2017) konnte in der Hauptstudie repliziert werden, so dass folgendes Fazit aus der Studie gezogen werden kann: Visuelles Modellverständnis scheint eine notwendige (aber nicht hinreichende) Voraussetzung für akademisches Lernen und somit Studienerfolg zu sein. Darüber hinaus wurde gefunden, dass visuelles Modellverständnis durch fachspezifisches Vorwissen und kognitive Fähigkeiten vorhergesagt werden kann. Ein weiterer erwähnenswerter Befund ist, dass visuelles Modellverständnis die Beziehung zwischen Vor- und Fachwissen partiell mediiert.

In den Analysen konnte aber noch nicht überprüft werden, ob visuelles Modellverständnis ein eher statisches oder dynamisches Konstrukt ist und inwiefern eine Extremgruppenanalyse der Low- und High-Achiever weiteren differenzierten Aufschluss über Studienerfolgskriterien geben kann. Diese Fragen sollen in weiteren Studien geklärt werden.

### Literatur

- Ainsworth, S. E. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16, 183-198.
- Chen, X. (2013). STEM Attrition: College Students' Paths Into and Out of STEM Fields (NCES 2014-001). National Center for Education Statistics, Institute of Education Sciences, U.S. Department of Education. Washington, DC.
- Coll, R. K. & Lajjium, D. (2011). Modeling and the Future of Science Learning. In M. S. Khine & Salhe, I. M. (Eds.), *Models and Modeling. Cognitive Tools for Scientific Inquiry* (S. 3-21). New York: Springer.
- Dickmann, Thomas, Opfermann, Maria, Rumann, Stefan, Dammann, Elmar, Lang, Martin & Schmuck, Carsten (2016). Prädiktoren von visuellem Modellverständnis in der Chemie. In: C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015.* (S. 392). Universität Regensburg. Online verfügbar unter: [http://www.gdcp.de/images/tb2016/TB2016\\_392\\_Dickmann.pdf](http://www.gdcp.de/images/tb2016/TB2016_392_Dickmann.pdf)
- Dickmann, Thomas, Opfermann, Maria & Rumann, Stefan (2017). Studienerfolg und visuelles Modellverständnis in der Chemie und den Ingenieurwissenschaften. In: C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016.* (S. 67). Universität Regensburg. Online verfügbar unter: [http://www.gdcp.de/images/tb2017/TB2017\\_67\\_Dickmann.pdf](http://www.gdcp.de/images/tb2017/TB2017_67_Dickmann.pdf)
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22, 1011-1026.
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., Woisch, A. (2017). Zwischen Studierwartungen und Studienwirklichkeit, Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen. (Forum Hochschule 1|2017). Hannover: DZHW.
- Höffler, T., Schmeck, A., & Opfermann, M. (2013). Static and dynamic visualizations: Individual differences in processing. In Schraw, G., M. McCrudden, & D. Robinson (Eds.), *Learning through visual displays* (pp. 133-163). Charlotte: Information Age Publishing.
- Larkin, J. H. & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 11, 65-99.
- Mayer, Richard E. (Hg.) (2014): *The Cambridge handbook of multimedia learning*. 2. ed. New York, NY: Cambridge Univ. Press (Multimedia learning).
- Pavio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford: Oxford University Press.
- Ramadas, J. (2009). Visual and spatial models in science learning. *International Journal of Science Education*, 31, 301-318.
- Schnotz, W. (2005). An integrated model of text a picture comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 49-69). Cambridge: Cambridge University Press.
- Tippet, C. D. (2016). What recent research on diagrams suggests about learning with rather than learning from visual representations in science. *International Journal of Science Education*, 38, 725-746.
- Wu, H. K. & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88, 465-492.