

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

<sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen  
<sup>2</sup>Universität Utrecht

## Studienerfolg und visuelles Modellverständnis in der Chemie und den Ingenieurwissenschaften

Im Rahmen der DFG-Forschergruppe ALSTER (Akademisches Lernen und Studienerfolg in der Eingangsphase von naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen) wurde ein Rahmenmodell entwickelt, welches den Studienerfolg mit Hilfe von personenbezogenen Variablen, sowie von fachspezifischen Anforderungen erklären soll. Ziel ist es, Einflussfaktoren zu identifizieren, die besonders relevant für Studienerfolg sind. Das im Folgenden vorgestellte Projekt geht davon aus, dass insbesondere die Fähigkeit zum Umgang mit Visualisierungen zentral für das Verständnis und den Studien-/Lernerfolg in naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen ist (Coll & Lajium, 2011; Harrison & Treagust, 2000; Ramadas, 2009). Die hier vorgestellte Studie befasst sich dabei insbesondere mit visuellen Anforderungen der Fächer Chemie und Bauingenieurwesen.

### Theoretischer Hintergrund

Die Literatur ist in Bezug auf die Bedeutung von Visualisierungen in den Naturwissenschaften sehr ergiebig. Es scheint die einhellige Meinung zu geben, dass Visualisierungen in jeglicher Form eine besondere und hohe Bedeutung in der Chemie und den Ingenieurwissenschaften haben. So geben Wu und Shah (2004) an, dass Chemie eine „visuelle Wissenschaft“ sei. Larkin und Simon (1987) haben sich tiefergehend mit Diagrammen beschäftigt und sind zu dem Schluss gekommen, dass Diagramme (manchmal) effizienter als „tausend Wörter“ sind. Hier wird ersichtlich, dass Lernen in den Naturwissenschaften in vielen Fällen nur über bzw. durch Visualisierungen stattfinden kann. Aus einer psychologischen Perspektive betrachtet kann gesagt werden, dass Lernen durch die gemeinsame Verwendung von Bild und Schrift (Mayer, 2009 & 2014) gefördert wird. Der Grund hierfür wird in der Dual-Coding Theory von Paivio (1986) beschrieben. Schnotz (2005) und Mayer (2009) haben den Ansatz der doppelten Kodierung aufgenommen und weiter ausdifferenziert. Für eine nähere Erläuterung wird nun die Cognitive Theory of

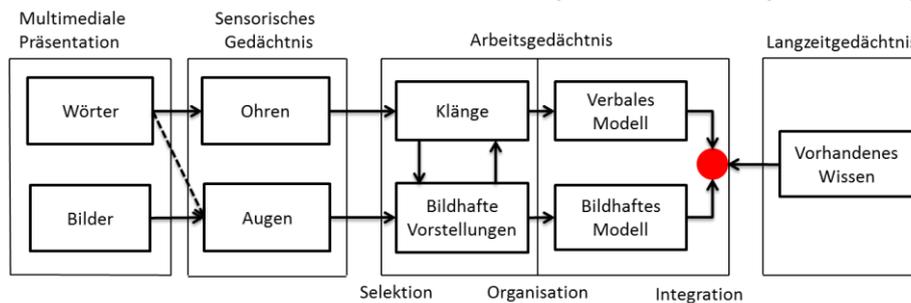


Abb. 1: Die Verarbeitung von Text-Bild-Materialien nach Mayer (2009)

Multimedia Learning von Mayer (2009) vorgestellt (Abb. 1). Die Lernenden können dargebotene Informationen durch zwei verschiedene Kanäle, einen auditiven (Ohren) und einen visuellen (Augen), verarbeiten. Diese Informationen werden in einem ersten Schritt im Arbeitsgedächtnis gefiltert (d.h. es erfolgt die Auswahl relevanter Informationen, denen dann Aufmerksamkeit zuteilwird) und in einem zweiten Schritt zu einem verbalen und einem bildhaften Modell organisiert. Im letzten Schritt werden das verbale und bildhafte Modell

optimalerweise mit vorhandenem Wissen aus dem Langzeitgedächtnis zu einem gemeinsamen mentalen Modell integriert.

Der Literaturüberblick zeigt bisher auf, dass zum Text hinzugefügte Visualisierungen das Lernen fördern können. Diese Aussage ist möglicherweise allerdings ein wenig zu eindimensional, da zum Beispiel nach Höffler, Schmeck und Opfermann (2013) die Lernförderlichkeit verschiedener Visualisierungsarten durch individuelle Lerneigenschaften moderiert bzw. mediiert werden kann. Es liegt also nahe zu untersuchen, welche Visualisierungstypen im Wechselspiel mit unterschiedlichen individuellen Lernercharakteristika zu einem erfolgreichen Lernergebnis führen.

Aus der bisherigen Theorie wurde dafür folgende Arbeitsdefinition aufgestellt: Visuelles Modellverständnis ist die Fähigkeit von Lernenden, unter der Berücksichtigung von domänenspezifischen Eigenheiten, relevante Informationen aus den unterschiedlichen Visualisierungen herauszufiltern, zu übersetzen und aufeinander zu beziehen. (In Anlehnung an Ainsworth, 2006)

### **Forschungsfragen**

Die Forschungsfragen fokussieren die Rolle von visuellem Modellverständnis in Bezug auf Studienerfolg sowie die Erfassungen des Konstrukts auf Lernerebene:

- Über welche individuellen Voraussetzungen, insbesondere visuelles Modellverständnis, verfügen Studierende zu Beginn ihres Studiums der Chemie und der Ingenieurwissenschaften?
- Welche dieser individuellen Eigenschaften und Voraussetzungen, insbesondere das visuelle Modellverständnis der Lernenden sagen den erfolgreichen Umgang mit Visualisierungen und Studienerfolg vorher?

### **Design & Methode**

Um die Forschungsfragen beantworten zu können musste zunächst ein Test entwickelt werden, welcher visuelles Modellverständnis erfasst. Anhand einer vorher durchgeführten Lehrbuch- und Instruktionsmaterialanalyse (Dickmann et al., 2015) wurden Items für diesen visuellen Modellverständnistest (VMVT) entwickelt. Da Chemie- und Ingenieurstudierende getestet werden und wir auf domänenspezifische Unterschiede fokussieren, ist der VMT folgendermaßen aufgebaut. Der gesamte Test beinhaltet 30 Items (Cronbach's  $\alpha = .827$ ), die sich wiederum in drei gleich große Subskalen, eine chemiespezifische Skala (Cronbach's  $\alpha = .689$ ), eine allgemeine Skala (Cronbach's  $\alpha = .624$ ) und eine ingenieurspezifische Skala (Cronbach's  $\alpha = .668$ ) mit jeweils 10 Items gliedern. Die allgemeine Subskala wurde aufgrund der Annahme hinzugenommen, dass die Chemie- und Ingenieurstudierenden in ihren spezifischen Skalen die jeweils andere Kohorte übertreffen und eine Vergleichbarkeit somit nur über eine Skala zu treffen ist, in welcher keine fachspezifischen Visualisierungen abgefragt werden. Zudem lässt sich über die Verwendung aller drei Skalen auch überprüfen, ob visuelles Modellverständnis als eher allgemeines oder eher domänenspezifisches Konstrukt angesehen werden kann. Eine Prämisse für die Itementwicklung war dabei, dass die Studierenden alle Items ohne größeres fachspezifisches Vorwissen lösen können, so dass es für die Ingenieurstudierenden möglich ist, alle Items aus der chemiespezifischen Skala zu beantworten und vice versa.

Die Studie war eine „Quasi-Langzeiterhebung“. Es wurden 287 Studierende (146 Chemiker und 141 Ingenieure) über den gesamten Zeitraum des ersten Semesters befragt. Dabei wurden zu Beginn und zum Ende des Semesters der VMVT sowie fachspezifische Leistungstests eingesetzt. Während des Semesters wurden zudem diverse Begleitvariablen (d.h. potentielle Kovariaten) erhoben, wie kognitive Fähigkeiten, Motivation, etc. Die Studienleistungen (Klausurnoten) wurden am Ende des Semesters erhoben.

### Ergebnisse

Die Tabelle 1 zeigt deutlich auf, dass die Chemie- und Ingenieurstudierende sich in ihren individuellen Eingangsvoraussetzungen unterscheiden. In fast allen Bereichen (außer mathematischen Fähigkeiten) erzielen Chemiestudierende bessere Werte.

	Chemiestu- dierende	Ingenieurstu- dierende	Effektstärke: Cohen's $\delta$
VMVT: Gesamtskala	.633	.568	.47**
VMVT: Chemieskala	.663	.529	.67**
VMVT: Allgemeine Skala	.600	.540	.34**
VMVT: Ingenieurskala	.620	.568	n.s.
Räuml. Vorstellungsvermögen	.766	.691	.36**
Verbale Fähigkeiten	.525	.438	.63**
Figurale Fähigkeiten	.718	.636	.45**
Mathematische Fähigkeiten	.455	.492	n.s.

*Tab. 1: Ein Vergleich der individuellen Voraussetzungen der Chemie- und Ingenieurstudierenden anhand von Lösungshäufigkeiten.*

Wird nun geschaut, welche Einfluss visuelles Modellverständnis auf Studienerfolg besitzt, so fällt auf, dass VMV einerseits nur einen geringen signifikanten Einfluss auf Klausurnoten (Ingenieur  $\beta = .07$  und Chemie  $\beta = .06$ ) hat, aber andererseits Fachwissen in einem hohen Maße prädiziert (Ingenieur  $\beta = .48$  und Chemie  $\beta = .30$ ).

Diese Ergebnisse weisen auf Mediationseffekte hin, die ebenfalls berechnet wurden. Für die Chemie konnte festgestellt werden, dass sich der fachliche Wissenszuwachs partiell über die Performanz in der chemiespezifischen Skala erklären lässt, während beim Ingenieurwesen die Gesamtskala des VMVT eine partielle mediiierende Wirkung aufweist.

Wird nun resümiert, so fällt auf, dass die Ingenieurstudierenden andere Voraussetzungen in ihre akademische Laufbahn einbringen. So zeigen die Ergebnisse auf, dass Ingenieurstudierende im Gegensatz zu Chemiestudierenden ihr Studium mit wenig Vorwissen beginnen. Dies erklärt einerseits die nicht vorhandenen Unterschiede in der ingenieurspezifischen Skala des VMVT und andererseits den Mediationseffekt der Gesamtskala des VMVT. Die Chemiestudierenden hingegen weisen vergleichsweise höheres Vorwissen auf, und ihr Wissenszuwachs kann auch über fachspezifisches visuelles Modellverständnis erklärt werden.

### Fazit & Ausblick

Die vorgestellten Ergebnisse sind ein Auszug aus der Pilotstudie. Sie dienen der Verbesserung des Messinstruments und können vorerst nur Indizien und Hinweise auf bestehende Zusammenhänge geben. Die Hauptstudie muss zeigen, inwiefern sich die Ergebnisse reproduzieren lassen.

Es lässt sich erkennen, dass Ingenieurstudierende mit deutlich anderen Voraussetzungen in ihr Studium gehen als Chemiestudierende, und dass visuelles Modellverständnis ein Konstrukt zu sein scheint, welches zumindest partiell Studienerfolg erklären kann.

Perspektivisch sind ferner die Fragen zu klären, ob visuelles Modellverständnis statisch oder dynamisch ist und welche Spezifika visuelles Modellverständnis aufweist und ausmacht.

**Literatur**

- Ainsworth, S. E. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16, 183-198.
- Coll, R. K. & Lajium, 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, T., Opfermann, M., Rumann, S., Dammann, E., Lang, M., & Schmuck, C. (2015, September). Prädiktoren von visuellem Modellverständnis in der Chemie. [Predictors of visual model comprehension in chemistry.] Poster presented at the annual meeting of the German Association for the Didactics of Chemistry and Physics (GDGP).
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22, 1011-1026.
- 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, R. E. (2009). *Multimedia learning*. 2nd Edition. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- 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.
- Wu, H. K. & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88, 465-492.