

Christoph Bley<sup>1</sup>  
Volker Woest<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Friedrich-Schiller-Universität Jena

## Konstruktion & Rezeption von Lernvideos

Die Chemie als Wissenschaft über Aufbau, Eigenschaften und Umwandlung von Stoffen ist wie keine andere Wissenschaft auf adäquate Formen der Visualisierungen angewiesen. Da insbesondere Prozesse der Stoffumwandlung oft nur unzureichend von statischen Repräsentationen abgebildet werden können, rücken dynamische multimediale Repräsentationen als „Lernvideos“ zunehmend in den Fokus der fachdidaktischen Forschung.

### Ausgangslage

Hochschuldidaktische Untersuchungen zeigen, dass speziell die organische Chemie von vielen Studierenden als anspruchsvolle Teildisziplin des Chemiestudiums empfunden wird. Ursache dafür ist neben dem häufigen Wechsel der Repräsentationsebenen auch die ausladende und informationsreiche Symbolsprache des Fachs (O' Dwyer & Childs, 2017). Insbesondere komplexe Reaktionsmechanismen stellen eine Herausforderung für Studierende dar, da viele kognitive Ressourcen für die Deutung dieser Symbolsprache aufgewendet werden müssen. Infolgedessen fokussieren sie bei der Bearbeitung von Mechanismen verstärkt auf Oberflächenmerkmale wie funktionelle Gruppen, ohne dabei die zugrunde liegenden strukturellen Eigenschaften der Moleküle zu erkennen (Graulich & Bhattacharyya, 2017). Allerdings liefern gerade diese entscheidende Anhaltspunkte für den Verlauf chemischer Reaktionen, sodass Studierende durch Überbewertung der Oberflächenmerkmale oft fehlerhafte mechanistische Vorhersagen treffen. Die hohe Auslastung des kognitiven Systems hat außerdem zur Folge, dass weniger Ressourcen für die Konstruktion und Modifikation mentaler Modelle zur Verfügung stehen, wodurch die Lernleistung und die Performanz beeinträchtigt werden (Cranford et al., 2014). Ausgehend von einem kognitionspsychologischen Ansatz soll im Folgenden erläutert werden, wie und warum Studierende durch den Einsatz dynamischer Multimedien beim Lernen mit komplexen Reaktionsmechanismen kognitiv entlastet werden können. Als Multimedien gelten dabei solche Medien, die die Eigenschaften Multikodalität sowie Multimodalität vereinen (Weidenmann, 1997). Durch die Kombination von gesprochener Sprache und bewegtem Bild können „Lernvideos“ folglich als dynamische Multimedien bezeichnet werden.

### Theoretischer Hintergrund

Die Cognitive Theory of Multimedia Learning nach Mayer (2014) liefert ein empirisch abgesichertes Modell für das Lernen in multimedialen Lernumgebungen. (Abb. 1) Die Theorie postuliert die Zweiteilung des kognitiven Systems in Langzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis, wobei das Arbeitsgedächtnis den Kern des Modells bildet. Es gilt in seiner Kapazität als stark begrenzt und stellt somit den limitierenden Faktor im Lernprozess dar. Eine Überlastung des Arbeitsgedächtnisses hat den sog. *Cognitive Overload* zur Folge, welcher mit einer unmittelbaren Beendigung des Lernprozesses einhergeht. In der Konsequenz zielen daher alle abzuleitenden Gestaltungsprinzipien für multimediale Lernumgebungen auf eine Reduktion der kognitiven Belastung im Arbeitsgedächtnis ab.

Weiterhin geht die Theorie von einer Teilung des Arbeitsgedächtnisses in zwei autonom arbeitende Subsysteme aus. Beide Kanäle verarbeiten Informationen entsprechend ihrer

Modalität bzw. Kodalität, sodass vereinfachend von einem Sprach- sowie einem Bildkanal innerhalb des kognitiven System ausgegangen werden kann (Mayer, 2014). Durch den Gebrauch ausladender Symbolsprache überbeanspruchen viele Lehrformate der organischen Chemie den bildhaften Teil des Arbeitsgedächtnisses und lassen dabei wertvolle Ressourcen des Sprachkanals ungenutzt.

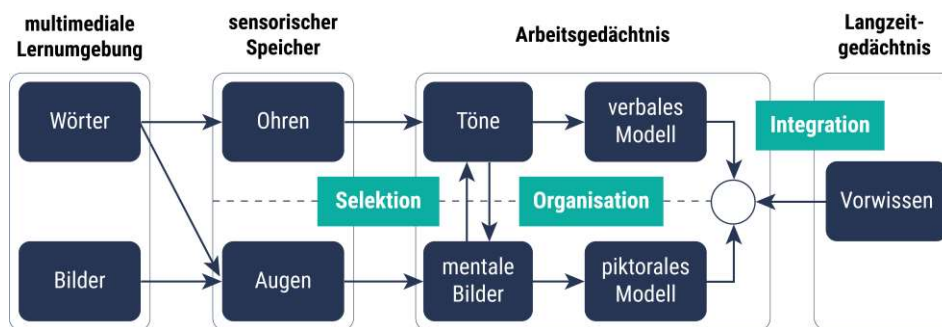


Abb. 1: Informationsverarbeitung nach der Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2014)

Durch den Einsatz von Multimedien können beide Kanäle gleichermaßen beansprucht werden. Die so eingesparten kognitiven Ressourcen stehen den Studierenden dann für die Konstruktion und Manipulation ihrer mentalen Modelle zur Verfügung, was einen positiven Einfluss auf Lernleistung und Performanz erwarten lässt. Durch die gleichmäßige Nutzung beider Kanäle werden außerdem zwei gleichberechtigte Modelle konstruiert. Dies hat den Vorteil, dass Informationsaustausch zwischen beiden Subsystemen erfolgen kann und somit bei der Integration auf elaboriertere Modelle zurückgegriffen werden kann. (Abb. 1)

Darüber hinaus können Studierende durch Supplantation bei der Arbeit mit komplexen Reaktionsmechanismen entlastet werden (Salomon, 1972). Da Reaktionsmechanismen als statische Repräsentation nicht in der Lage sind, die Dynamik von Stoffwechselprozessen abzubilden, sind Studierende gezwungen, eben jene durch kognitive Modellierungsprozesse nachzuempfinden (Al-Balushi & Al-Hajri, 2014). Insbesondere bei komplexen mechanistischen Operationen müssen dafür viele kognitive Ressourcen aufgebracht werden. Multimedien bieten die Möglichkeit, diese Dynamik abzubilden und somit anspruchsvolle Modellierungsprozesse beispielsweise in Form von intramolekularen Umlagerungen in die Lernumgebung auszulagern. Die auf diese Weise eingesparten Kapazitäten können wiederum für den Aufbau elaborierter mentaler Modelle eingesetzt werden.

### Vorarbeiten

Im Rahmen einer Examensarbeit der Friedrich-Schiller-Universität Jena wurde untersucht, inwieweit der oben skizzierte Ansatz für die Erstellung von Lernvideos im Fach Chemie genutzt werden kann. Auf Basis der Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2014) wurden 6 Gestaltungsprinzipien herausgearbeitet, die der kriteriengeleiteten Konstruktion einer Lernvideoreihe dienen. Als Lerninhalt wurde dabei die elektrophile aromatische Substitution ( $S_{E,Ar}$ ) gewählt, da der zu Grunde liegende Mechanismus hoher Visualisierung bedarf und wegen der mesomeriestabilisierten  $\sigma$ -Komplexe in besonderer Weise von einer dynamisch

multimedialen Aufarbeitung profitiert (Vorwerk et al., 2015). In Kooperation mit dem Institut für Organische und Makromolekulare Chemie der Universität Jena entstand dabei eine digitale Lerneinheit, die zur Aus- und Weiterbildung von Chemielehrkräften genutzt werden kann.

Zur Evaluation der Lernvideoreihe wurden Lehramtsstudierende des 8. und 10. Semesters befragt. (N = 28) Dazu diente ein Fragebogen, der mit einer ordinal skalierten, vierstufigen Likert-Skala erfragte, ob die Befragten die einzelnen Gestaltungsprinzipien als umgesetzt oder nicht umgesetzt ansahen. Zur fragebogeninternen Validitätskontrolle wurden die Resultate inhaltsgleicher, aber umgekehrt gepolter Fragen verglichen. Dieser Fragebogen lieferte ein konsistent positives Stimmungsbild und konnte zeigen, dass (1) Lehramtsstudierende die Lernvideoreihe ohne Kenntnis des Modells und dessen Gestaltungskriterien als positiv bewerten und dass (2) Lehramtsstudierende die erarbeiteten Gestaltungskriterien als umgesetzt ansahen. Daraus kann geschlossen werden, dass die Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2014) einen geeigneten kognitionspsychologischen Ansatz zur Erstellung von Lernvideos im Fach Chemie darstellt.

### **Ausblick**

Im Rahmen eines Promotionsvorhabens wird nun untersucht, ob und inwieweit die zu erwartenden Unterschiede beim Lernen mit dynamischen multimedialen und statisch monomedialen Repräsentationen empirisch sichtbar gemacht werden können. Als Lerninhalt wird auch hier ein mechanistisch anspruchsvoller Lerninhalt der höheren organischen Chemie dienen, der ebenso wie die elektrophile aromatische Substitution einer ausgeprägten Visualisierung bedarf (Vorwerk et al., 2015). Geplant ist dabei eine Stärkung der Kooperation zu Fachinstituten der Universität, was einen Wechsel von der Schul- zur Hochschuldidaktik impliziert. Dabei dient der Fragebogen der Vorarbeit als Ausgangspunkt für die Erstellung von Messinstrumenten für die weiterführende Arbeit.

In einem Kontrollgruppendesign soll untersucht werden, ob sich Behaltensleistung und Transferleistung beider Gruppen unterscheiden. Dazu wird außerdem der Vorwissensstand erhoben, um zu untersuchen, ob vorwissenschwache oder vorwissensstarke Studierende von der dynamisch multimedialen Aufbereitung des Mechanismus profitieren. Ein weiteres Forschungsdesiderat stellt der Einfluss des räumlichen Vorstellungsvermögens auf die o.g. Konstrukte dar. Fraglich ist, ob unter den o.g. Bedingungen Lernende mit geringem räumlichen Vorstellungsvermögen (ability-as-compensator Hypothese) oder Lernende mit hohem räumlichen Vorstellungsvermögen (ability-as-enhancer Hypothese) stärker vom Lernen mit dynamischen Medien profitieren (Huk, 2006). Um dieser Frage nachzugehen, wird außerdem das räumliche Vorstellungsvermögen erfasst.

**Literatur**

- Al-Balushi, S. M. & Al-Hajri, S. H. (2014). Associating animations with concrete models to enhance students' comprehension of different visual representations in organic chemistry. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 15(1), 47–58. <https://doi.org/10.1039/C3RP00074E>
- Cranford, K. N., Tiettmeyer, J. M., Chuprinko, B. C., Jordan, S. & Grove, N. P. (2014). Measuring Load on Working Memory: The Use of Heart Rate as a Means of Measuring Chemistry Students' Cognitive Load. *Journal of Chemical Education*, 91(5), 641–647. <https://doi.org/10.1021/ed400576n>
- Graulich, N. & Bhattacharyya, G. (2017). Investigating students' similarity judgments in organic chemistry. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 18(4), 774–784. <https://doi.org/10.1039/C7RP00055C>
- Huk, T. (2006). Who benefits from learning with 3D models? the case of spatial ability. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22(6), 392–404. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00180.x>
- Mayer, R. E. (Hg.). (2014). *Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge University Press.
- O' Dwyer, A. & Childs, P. E. (2017). Who says Organic Chemistry is Difficult? Exploring Perspectives and Perceptions. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7). <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00748a>
- Salomon, G. (1972). Can we affect cognitive skills through visual media? An hypothesis and initial findings. *AV communication review*, 20(4), 401–422. <https://doi.org/10.1007/BF02768450>
- Vorwerk, N., Schmitt, C. & Schween, M. (2015). Elektrophile Substitutionsreaktionen an Aromaten verstehen -  $\sigma$ -Komplexe als (experimentelle) Schlüsselstrukturen. *CHEM-KON*, 22(2), 59–68. <https://doi.org/10.1002/ckon.201410237>

Cornelia Borchert<sup>1</sup>  
 Dagmar Hilfert-Rüppell<sup>1</sup>  
 Gesa Uhde<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität Braunschweig

## Professionalisierung in der MINT-Lehrerbildung vernetzt gestalten

### Anliegen und Ziele

Professionalisierung von (angehenden) Lehrkräften umfasst Fachwissen sowie fachdidaktisches und pädagogisch-psychologisches Wissen und Können (Baumert & Kunter, 2011) und ist ein zentrales Anliegen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung (QLB; Frister, 2018). Die Gestaltung vernetzter Vermittlung dieser Kompetenzen ist ein aktuelles Forschungsdesiderat, dessen Relevanz bereits in der ersten Förderphase der QLB an mehreren Universitätsstandorten herausgearbeitet wurde (Glowinski, Borowski, Gillen, Schanze & von Meien, 2018). Wie aber universitäre Lerngelegenheiten didaktisch-methodisch konkret ausgestaltet werden müssen, um zum Kompetenzaufbau von Studierenden beitragen zu können, auch gerade unter den aktuellen Herausforderungen der COVID-19-Pandemie, einschließlich der Nutzung digitaler oder virtueller Tools, bedarf weiterer Klärung. Daher werden an der TU Braunschweig in der QLB II und III disziplinübergreifend vielfältige Lehr-Lerngelegenheiten geschaffen, die auf vernetzte Förderung der oben genannten Dimensionen des Professionswissen zielen. Im Format der Design-Based Research (Prediger, 2019) werden Lernumgebungen für die universitäre Lehre gestaltet und gleichzeitig Lerntheorien im konkreten Kontext geprüft und unter Dokumentation grundlegender Implementierungsmerkmale weiterentwickelt. Im Symposium wurden die im Folgenden beschriebenen, speziell auf die naturwissenschaftlichen Lehramtsfächer abgestimmten, Projekte vorgestellt und diskutiert.

### Überblick über die Einzelbeiträge

Ein Kooperationsprojekt der Fachdidaktik der Naturwissenschaften fokussiert gemeinsam mit der Pädagogischen Psychologie fachspezifische Anforderungen sowie die Förderung der professionellen Wahrnehmung von Master-Lehramtsstudierenden der naturwissenschaftlichen Fächer hinsichtlich des (fachspezifischen) Classroom Managements (CM). Das Teilprojekt *Diagonal-NaWi Classroom* widmet sich anknüpfend an die Expertise aus dem Teilprojekt *Diagonal-MINT* (QLB I) (Hilfert-Rüppell, Eghtessad & Höner, 2018) der Entwicklung diagnostischer Fähigkeiten hinsichtlich des naturwissenschaftsspezifischen CM von Studierenden im Master-Lehramtsstudium der Fächer Biologie, Chemie und Physik. In diesem fachübergreifenden Lehr- und Forschungskonzept werden dazu neue Lehr- und Lernmethoden unter Einbeziehung von videografierten Unterrichtsvignetten entwickelt und erprobt sowie das naturwissenschaftsspezifische CM von (angehenden) Lehrkräften erforscht (vgl. Beitrag Denecke, Hilfert-Rüppell & Höner).

Im Teilprojekt *KoBB CMenT* werden Trainingselemente zum fachspezifischen Classroom Management für Masterstudierende entwickelt, um sie adäquat während der fünfmonatigen Praxisphase zu begleiten. Dazu wurden zunächst anhand von Fokusgruppeninterviews mit Lehramtsstudierenden (N=13) und Expert\*innen-Interviews (N=7) mit schulischen und universitären Mentor\*innen Bedarfe und Bedürfnisse bezüglich